



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN WEB PARA LA GESTIÓN DE
INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO DE UNA UNIVERSIDAD
SUSTENTABLE E INTELIGENTE.

JIMENEZ JARAMILLO MARIA PAULA
INGENIERA DE SISTEMAS

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN WEB PARA LA GESTIÓN
DE INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO DE UNA
UNIVERSIDAD SUSTENTABLE E INTELIGENTE.

JIMENEZ JARAMILLO MARIA PAULA
INGENIERA DE SISTEMAS

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

TRABAJO TITULACIÓN
PROPUESTAS TECNOLÓGICAS

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN WEB PARA LA GESTIÓN DE INDICADORES
CLAVE DE DESEMPEÑO DE UNA UNIVERSIDAD SUSTENTABLE E INTELIGENTE.

JIMENEZ JARAMILLO MARIA PAULA
INGENIERA DE SISTEMAS

MAZÓN OLIVO BERTHA EUGENIA

MACHALA, 25 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA
2022

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN WEB PARA LA GESTIÓN DE INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO DE UNA UNIVERSIDAD SUSTENTABLE E INTELIGENTE

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.utmachala.edu.ec Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad Carlos III de Madrid Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	1%
4	"Proceedings of the International Conference on Information Technology & Systems (ICITS 2018)", Springer Science and Business Media LLC, 2018 Publicación	<1%
5	archive.org Fuente de Internet	<1%
6	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.ucundinamarca.edu.co Fuente de Internet	<1%

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, JIMENEZ JARAMILLO MARIA PAULA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN WEB PARA LA GESTIÓN DE INDICADORES CLAVE DE DESEMPEÑO DE UNA UNIVERSIDAD SUSTENTABLE E INTELIGENTE., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 25 de febrero de 2022



JIMENEZ JARAMILLO MARIA PAULA
0706389806

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a mi madre, apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida, pilar principal para la formación de la persona que soy actualmente, a mis abuelos quienes me vieron crecer junto a mis hermanos y nos dieron el lugar que ahora llamamos hogar, también quiero dedicar especialmente este trabajo a dos personas quienes fueron como un padre para mí, que me apoyaron hasta el último de sus días terrenales, a mi abuelo, Kléber Augusto Jaramillo Pardo, quien siempre creyó en mí y nos apoyó en los momentos más difíciles; a mi tío, Kléber Francisco Jaramillo Orozco, quien fue amigo incondicional, confidente y guía desde que tengo memoria.

María Paula Jiménez Jaramillo

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por bendecirme cada día, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A mis padres y abuelos, Lorena Jaramillo, Darlin Jiménez; Rosa Orozco y Kleber Jaramillo Pardo, por ser los principales promotores de mis sueños, de manera especial agradezco a mi madre por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me ha inculcado.

A mi tío, Abg. Kléber Francisco Jaramillo Orozco, quien me llenó de consejos, apoyo incondicional y por siempre creer en mí.

A mis hermanos, Joselyn Michelle y Marlon Orlando por su cariño, apoyo y comprensión durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A mis amigos y compañeros de clase quienes me acompañaron en este proceso académico, gracias por su apoyo, amistad y trabajo en equipo.

A los docentes de la carrera de Ingeniería de Sistemas, sin los cuales esto no hubiese sido posible, por sus enseñanzas y guía en el transcurso de la carrera.

Finalmente quiero expresar mi más grande agradecimiento a la Ing. Bertha Eugenia Mazón Olivo, principal colaboradora durante el proceso de titulación quien con sus consejos, dirección, conocimiento y enseñanza permitió el desarrollo de este trabajo.

María Paula Jiménez Jaramillo

RESUMEN

Los campus inteligentes están basados en la aplicación de nuevas tecnologías para beneficio de la sostenibilidad, el mantenimiento y adecuación de infraestructuras, como también en el desarrollo considerable de proyectos transversales de carácter interno o externo en el lugar que está implementado, las tendencias actuales buscan una convivencia armónica entre el medio ambiente y el ser humano, por lo que emplean un desarrollo sustentable; Además son una innovación que presentan algunas universidades alrededor del mundo, dando lugar al concepto de Smart University. Es decir que una universidad tradicional tiene las cualidades para transformarse en un entorno inteligente y este entorno se define como una pequeña ciudad que funciona con múltiples dispositivos y nuevas prácticas, que ayudan a optimizar procesos. Su importancia radica en la creación de nuevas oportunidades para mejorar los resultados de aprendizaje, mejorar conectividad de redes confiables, ambiente de aprendizaje innovador y funcional, junto con una interoperabilidad de la estructura creando un ambiente seguro y eficiente para todo el alumnado, cuerpo docente, administrativo y de apoyo; respetando y protegiendo el medio ambiente. En Ecuador ha existido avances considerables referente a la educación con la implementación de las tecnologías de la información, además de otros factores de desarrollo sostenible; pero la principal razón por la que no ha existido un avance representativo en la implementación de una universidad inteligente y sustentable en Latinoamérica, específicamente enfocándonos en Ecuador, se debe al entorno económico ya que el desarrollo de un campus inteligente refleja un gasto monetario considerable. En la actualidad existen modelos para evaluar el nivel y calidad en que se encuentran las universidades, pero no existe un modelo enfocado en evaluar aspectos de inteligencia y sostenibilidad de las instituciones de educación superior. El objetivo de este trabajo es analizar los diferentes enfoques de varios autores sobre los temas referentes a smart university, para tener conocimiento de que campos se utilizan para la evaluación de una universidad inteligente y sustentable, estableciendo un modelo de indicadores claves de desempeño y a su vez desarrollar una herramienta web que nos sirva para optimizar la evaluación de ese modelo. Para el desarrollo del presente trabajo se ha dado uso de metodologías tanto para el desarrollo investigativo, como para el desarrollo de la herramienta práctica. Para la parte investigativa se optó por el uso de la metodología de revisión sistemática de literatura, ya que esta nos permite realizar una mejor recopilación de información, agilizando la investigación; esta metodología se divide en diferentes fases, las cuales son: Establecimiento de preguntas, palabras claves y cadenas, búsqueda de información en diversas bases de datos, criterios de selección, criterios de inclusión y exclusión; y por último el proceso y resultados de la búsqueda. En cuanto a la parte práctica del trabajo se desarrolló con el uso de una metodología híbrida compuesta por las metodologías: XP, que es una metodología orientada a personas que adopta un formato de desarrollo basado en pruebas, y la metodología ágil Kanban, la cual consiste en minimizar y evitar los atascos en la productividad de cualquier proceso. De ambas metodologías se han extraído las mejores fases para el enfoque de este proyecto las cuales son: Fase de requisitos, planificación, diseño, programación, y pruebas. Los resultados de este trabajo son: una propuesta de modelo inicial de indicadores claves de desempeño (KPI's) para una universidad inteligente y sustentable, y una aplicación web que presenta el modelo, permite la simulación del registro de las variables y cálculos de KPI's, y finalmente presenta un dashboard con gráficos estadísticos con la valoración final de la institución respecto a cada criterio. En conclusión, la herramienta web fue sometida a una evaluación automatizada, basada en la norma ISO/IEC 9126, mediante las herramientas: GTmetrix, PageSpeed Insights, Run FAE y Pentest Tools; dando como resultado un grado de

calidad óptimo, con adaptabilidad a interfaces móvil y de escritorio, y una confiabilidad y eficiencia del 98%.

Palabras claves: Universidad sustentable e inteligente, Indicadores Claves de Desempeño, Campus Inteligente.

ABSTRACT

Smart campuses are based on the application of new technologies for the benefit of sustainability, maintenance and adequacy of infrastructure, as well as in the considerable development of cross-cutting projects of internal or external character in the place that is implemented, current trends seek a harmonious coexistence between the environment and human beings, so they use a sustainable development; They are also an innovation presented by some universities around the world, giving rise to the concept of Smart University. That is to say that a traditional university has the qualities to transform itself into an intelligent environment and this environment is defined as a small city that works with multiple devices and new practices, which help to optimize processes. Its importance lies in the creation of new opportunities to improve learning outcomes, improve reliable network connectivity, innovative and functional learning environment, along with an interoperability of the structure creating a safe and efficient environment for all students, faculty, administrative and support staff; respecting and protecting the environment. In Ecuador there has been considerable progress in education with the implementation of information technologies, in addition to other factors of sustainable development; but the main reason why there has not been a representative progress in the implementation of an intelligent and sustainable university in Latin America, specifically focusing on Ecuador, is due to the economic environment since the development of an intelligent campus reflects a considerable monetary expense. Currently there are models to evaluate the level and quality of universities, but there is no model focused on evaluating aspects of intelligence and sustainability of higher education institutions. The objective of this work is to analyze the different approaches of various authors on the issues related to smart university, to have knowledge of what fields are used for the evaluation of a smart and sustainable university, establishing a model of key performance indicators and in turn develop a web tool that will help us to optimize the evaluation of this model. For the development of this work, methodologies have been used both for the research development and for the development of the practical tool. For the research part, we opted for the use of the systematic literature review methodology, since it allows us to carry out a better collection of information, speeding up the research; this methodology is divided into different phases, which are: Establishment of questions, keywords and strings, search for information in various databases, selection criteria, inclusion and exclusion criteria; and finally, the process and results of the search. As for the practical part of the work, it was developed with the use of a hybrid methodology composed of the following methodologies: XP, which is a people-oriented methodology that adopts a test-based development format, and the agile Kanban methodology, which consists of minimizing and avoiding bottlenecks in the productivity of any process. From both methodologies we have extracted the best phases for the focus of this project which are: Requirement's phase, planning, design, programming, and testing. The results of this work are: an initial model proposal of key performance indicators (KPI's) for an intelligent and sustainable university, and a web application that presents the model, allows the simulation of the registration of variables and calculations of KPI's, and finally presents a dashboard with statistical graphs with the final assessment of the institution with respect to each criterion. In conclusion, the web tool was subjected to an automated evaluation, based on the ISO/IEC 9126 standard, using the following tools: GTmetrix, PageSpeed Insights, Run FAE and Pentest Tools; resulting in an optimum degree of quality, with adaptability to mobile and desktop interfaces, and a reliability and efficiency of 98%.

Key words: Smart and sustainable university, Key Performance Indicators, Smart Campus.

Contenido

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO.....	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN	10
1. CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS	12
1.1. Ámbito de aplicación	12
1.2. Establecimiento de requerimientos	12
1.3. Justificación del requerimiento a satisfacer	13
2. CAPÍTULO II: DESARROLLO DE PROTOTIPO	13
2.1. Definición del prototipo tecnológico.....	13
2.2. Fundamentación teórica del prototipo	13
2.2.1. Revisión sistemática de la literatura	13
2.2.2. Antecedentes Teóricos.....	15
2.2.3. Metodologías para desarrollo de aplicaciones web.....	17
2.2.4. Herramientas para el desarrollo de la aplicación web	18
2.3. Objetivos del prototipo	19
2.3.1. Objetivo general.....	19
2.3.2. Objetivos específicos	19
2.4. Diseño del prototipo	19
2.4.1. Indicadores Claves de Desempeño para una universidad Inteligente y Sostenible.....	19
2.4.2. Metodología para el desarrollo de la aplicación web	25
2.5. Ejecución y/o ensamblaje del prototipo.....	40
Página de Inicio e interfaces informativas	40
Página de Inicio de sesión y de registro de usuario	43
Página de Formulario – (Usuario Común)	44
Dashboard - (Usuario Común).....	44
Dashboard – (Usuario Administrador).....	45
3. CAPÍTULO III: EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO	45
3.1. Plan De Evaluación.....	45
3.2. Resultados De La Evaluación	45
GTmetrix 46	
PageSpeed Insights.....	47
Run FAE 48	

Pentest Tools	49
Conclusiones.....	50
Recomendaciones.....	50
BIBLIOGRAFÍA.....	51
ANEXOS.....	56
Anexo 1: Casos de uso.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 PALABRAS CLAVE Y CADENAS DE BÚSQUEDA	14
TABLA 2 MODELO DE KPI PARA UNIVERSIDAD INTELIGENTE Y SOSTENIBLE.....	25
TABLA 3 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	26
TABLA 4 CASO DE USO 01.....	27
TABLA 5 CASO DE USO 02.....	27
TABLA 6 CASO DE USO 03.....	27
TABLA 7 CASO DE USO 04.....	28
TABLA 8 CASO DE USO 05.....	28
TABLA 9 CASO DE USO 06.....	28
TABLA 10 HU01 - REGISTRAR USUARIO.....	29
TABLA 11 HU02 - REGISTRAR UNIVERSIDAD.....	29
TABLA 12 HU03 - RECUPERAR CONTRASEÑA.....	29
TABLA 13 HU04 - LLENAR FORMULARIO KPI'S.....	29
TABLA 14 HU05 - VISUALIZAR DASHBOARD.....	30
TABLA 15 HU06 - MOSTRAR INFORMACIÓN SOBRE SMART UNIVERSITY.....	30
TABLA 16 - ENTREGABLES DEL PROTOTIPO	30
TABLA 17 EVALUACIÓN DE CALIDAD ISO/IEC 9126.....	46

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURA. 1 METODOLOGÍA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA	14
FIGURA. 2 RESULTADOS DE BÚSQUEDAS EN BASES DE DATOS	15
FIGURA. 3 PROCESO Y RESULTADO DE LA BÚSQUEDA.....	15
FIGURA. 4 CRITERIOS Y SUBCRITERIOS DEL MODELO	19
FIGURA. 5 METODOLOGÍA HÍBRIDA.....	26
FIGURA. 6 ESTRUCTURA BASE DE DATOS NOSQL.....	31
FIGURA. 7 - ARQUITECTURA MVC DE LA PÁGINA WEB.....	32
FIGURA. 8 DISEÑO NAVEGACIONAL - USUARIO COMÚN	32
FIGURA. 9 DISEÑO NAVEGACIONAL – ADMINISTRADOR	33
FIGURA. 10 INTERFAZ: LOGIN Y REGISTRO.....	33
FIGURA. 11 INTERFAZ: PRINCIPAL	34
FIGURA. 12 INTERFAZ: INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO	34
FIGURA. 13 INTERFAZ: INFORMACIÓN DE HERRAMIENTA.....	34
FIGURA. 14 INTERFAZ: SOBRE NOSOTROS.....	35
FIGURA. 15 INTERFAZ: USUARIO COMÚN – FORMULARIO	35
FIGURA. 16 INTERFAZ: DASHBOARD	35
FIGURA. 17 DIAGRAMA ACTIVIDADES - INICIO DE SESIÓN.....	36
FIGURA. 18 DIAGRAMA DE ACTIVIDADES - REGISTRO DE USUARIO	36
FIGURA. 19 DIAGRAMA DE ACTIVIDADES - REGISTRO DE INFORMACIÓN FORMULARIO	37
FIGURA. 20 DIAGRAMA DE ACTIVIDADES - VISUALIZACIÓN DE DASHBOARD	37
FIGURA. 21 DIAGRAMA DE CLASES - RECUPERAR CONTRASEÑA	37
FIGURA. 22 DIAGRAMA DE SECUENCIA - INICIO DE SESIÓN	38
FIGURA. 23 DIAGRAMA DE SECUENCIA - REGISTRO DE USUARIO	38
FIGURA. 24 DIAGRAMA DE SECUENCIA - REGISTRO FORMULARIO	39
FIGURA. 25 DIAGRAMA DE SECUENCIA - VISUALIZACIÓN DE DASHBOARD.....	39
FIGURA. 26 DIAGRAMA DE SECUENCIA - RECUPERAR CONTRASEÑA	40
FIGURA. 27 INTERFAZ PRINCIPAL	41
FIGURA. 28 INTERFAZ INFORMATIVA – KPI	41
FIGURA. 29 INTERFAZ INFORMATIVA - HERRAMIENTA DASHBOARD BI.....	42
FIGURA. 30 INTERFAZ INFORMATIVA- SOBRE NOSOTROS.....	42
FIGURA. 31 INTERFAZ INICIO DE SESIÓN	43
FIGURA. 32 INTERFAZ DE REGISTRO DE USUARIO.....	43
FIGURA. 33 INTERFAZ DEL FORMULARIO A BASE DEL MODELO KPI	44
FIGURA. 34 DASHBOARD INDIVIDUAL.....	44
FIGURA. 35 DASHBOARD GLOBAL – ADMINISTRADOR	45
FIGURA. 36 GTMETRIX - RESULTADO EVALUACIÓN	46
FIGURA. 37 GTMETRIX EVALUACIÓN DE CONFIABILIDAD.....	46
FIGURA. 38 PAGE SPEED INSIGHTS - EVALUACIÓN DE USABILIDAD Y PORTABILIDAD : MÓVIL	47
FIGURA. 39 PAGE SPEED INSIGHTS - EVALUACIÓN DE USABILIDAD Y PORTABILIDAD : ESCRITORIO.....	48
FIGURA. 40 RUN FAE - EVALUACIÓN DE FUNCIONALIDAD.....	48
FIGURA. 41 PENTEST TOOLS - EVALUACIÓN DE CONFIABILIDAD.....	49
FIGURA. 42 : CU01 - REGISTRO DE USUARIO	56
FIGURA. 43 CU02 - REGISTRO DE UNIVERSIDAD	56
FIGURA. 44 CU03 - RECUPERAR CONTRASEÑA	57
FIGURA. 45 CU04 - INGRESO DE DATOS AL FORMULARIO DE LOS KPI'S.....	57
FIGURA. 46 CU05 - CÁLCULO DE VALORES Y DASHBOARD	58
FIGURA. 47 CU06 - VISUALIZAR INFORMACIÓN SOBRE SMART UNIVERSITY	58

INTRODUCCIÓN

La evolución digital de la cual está siendo partícipe el ser humano permite el uso de una diversidad de equipos y herramientas que facilitan o mejoran el desenvolvimiento normal de la mayoría de procesos. Los campus inteligentes tienen gran afluencia de personas siendo los encargados de administrar y gestionar varios recursos. Las tendencias actuales buscan una convivencia armónica entre el medio ambiente y el ser humano, por lo que emplean un desarrollo sustentable.

Las universidades también son parte de la evolución digital ya que en la actualidad han optado por usar las TIC para mejorar su calidad de enseñanza, pero también han ido un paso más adelante, implementando sistemas basados en conceptos de inteligencia y sostenibilidad. Teniendo como base el smart city o smart campus, en la actualidad las universidades desarrollan el concepto de Smart University, donde se espera aprovechar su potencial en diferentes áreas como docencia, investigación y compromiso social.

Hasta el momento el modelo de evaluación de universidades se ha enfocado en la universidad tradicional, pero no se está tomando en cuenta que la evolución tecnológica es importante en el desarrollo de la educación, por lo tanto, la universidad tradicional debe migrar, avanzar y adaptarse a esta evolución, es decir, debería existir un modelo que evalúe a las universidades con enfoques en inteligencia y sostenibilidad. El problema radica en que no existe una herramienta ni un modelo enfocado en la evaluación de universidad inteligente y sustentable.

Hasta el momento no hay un modelo definido, pero si existen indicadores referentes a universidad inteligente y sustentable, que han sido estudiados por grupos de investigación de diferentes universidades a nivel global, como es el caso de la investigación del artículo [1], donde los autores exponen el enfoque de Smart campus en la universidad, dando a conocer conceptos del análisis de demanda de Smart campus, diseños de algoritmos entre otros aspectos.

También se encuentra el estudio realizado por Sapienza, Universidad de Roma [2], donde se expone una lista de indicadores, clasificados por índices y sub-índices, que engloban las temáticas de energía, medio ambiente, movilidad, entre otras.

Se puede mencionar la “UI GreenMetric World University Ranking” de la universidad de Indonesia [3], ésta guía fue creada con el propósito de medir los esfuerzos de sostenibilidad de un campus, retratando programas de políticas de sostenibilidad en las universidades de todo el mundo.

De la misma manera existen estudios realizados por otras universidades e institutos, pero no se ha establecido un modelo general de los indicadores que deben cumplir las universidades para considerarse un Smart university, además los estudios no reflejan herramientas para evaluar los indicadores propuestos hasta el momento.

Es así que se desarrolló la idea de implementar una herramienta de evaluación para un modelo de indicadores claves de desempeño para una universidad inteligente y sustentable. Para el desarrollo del modelo se realizó una investigación profunda utilizando la metodología de la revisión sistemática de la literatura. Mientras que la metodología para el desarrollo de la herramienta, es la combinación de las metodologías XP y Kanban, de las cuales se han seleccionado las fases más importantes y relevantes para la implementación de la misma.

El modelo consiste en cinco criterios: Personas y vida, Economía, Energía, Ambiente y Movilidad, cada uno compuesto de sub criterios y sus correspondientes KPI.

La herramienta propuesta es una página web desarrollada con el framework NodeJs para el lado del servidor y jQuery, Bootstrap y el framework Handlebars para la parte del cliente, trabajando en conjunto con la base de datos MongoDB.

A continuación, se detalla la estructura por capítulos del proyecto tecnológico propuesto:

Capítulo I: Dentro de este capítulo se detalla la situación problemática del proyecto, tanto en análisis del caso de estudio presentado, como en el diseño y la propuesta para la solución del mismo, por lo tanto, se recolecta la información de forma detallada, elaborando un listado de requisitos y con la respectiva fundamentación de la selección de herramientas y tecnologías a implementar.

Capítulo II: En esta sección se define el prototipo tecnológico a implementar, se realiza el marco conceptual, se definen los objetivos del prototipo y se diseñan los diagramas y modelos necesarios para la creación del prototipo. Finalmente se realizan las pruebas de ejecución de la herramienta web propuesta.

Capítulo III: En esta sección final se recopila información de todos los resultados de las pruebas realizadas al sistema desarrollado, determinando la eficacia y eficiencia del sistema, con las respectivas recomendaciones y conclusiones obtenidas del proyecto.

1. CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES Y REQUERIMIENTOS

1.1. Ámbito de aplicación

Las universidades a nivel global buscan ofrecer una educación de calidad, para formar futuros profesionales en las diferentes áreas, que se unan y colaboren con el desarrollo de la sociedad.

En la actualidad para lograr contribuir con tal desarrollo, se debe tener presente la sostenibilidad; por ello la innovación tecnológica y aspectos sociales y económicos van de la mano permitiendo así alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible. Las universidades buscan cumplir con los ODS en su mayor alcance, como: Educación de Calidad, Trabajo decente y crecimiento económico, Igualdad de género, entre otras.

Aquellas universidades que han optado por la innovación buscan alcanzar la implementación de un smart campus, smart university, para ofrecer un ambiente de desarrollo más eficiente, confortable y útil.

En Ecuador ha existido avances en la calidad de la educación con la implementación de las TICs y otros factores del desarrollo sostenible; pero aún no se logra alcanzar un nivel considerable de progreso debido a diferentes factores como por ejemplo la economía, acceso a internet, entre otras. Por parte del CACES se puede conocer los resultados de las evaluaciones a las instituciones de educación superior, evaluaciones que se realizan con la finalidad de llevar un control sobre la calidad de aprendizaje de los estudiantes y del manejo de la institución, sin embargo los datos estadísticos no reflejan el desarrollo como universidad inteligente y sostenible, por medio de documentos se expone los diferentes ODS que desean alcanzar pero no se refleja que control llevan respecto a la existencia o no de innovaciones para alcanzar la excelencia.

La importancia de innovar la universidad tradicional a una universidad inteligente (smart university), es inmensa, debido a que cada día nuestro entorno cambia, existen más avances tecnológicos y el ser humano se adapta a esos cambios; las necesidades del ahora se manejan de forma diferente y automatizada en la mayoría de casos, buscando siempre la realización de prácticas para el desarrollo sostenible ambiental, social y económico.

Los futuros profesionales deben estar preparados para todos estos avances, y la mejor manera de ofrecer a los estudiantes el conocimiento de estas tecnologías e innovaciones, es por medio del ejemplo y la práctica, es por eso que muchas universidades se encuentran avanzando a su ritmo con la implementación de un smart university.

1.2. Establecimiento de requerimientos

En el presente trabajo se propone el desarrollo de una aplicación web para la gestión de Indicadores Claves de Desempeño de una universidad inteligente y sostenible. Esta aplicación permite la evaluación de instituciones de educación superior (IES), como universidades y escuelas politécnicas, teniendo en consideración criterios de inteligente y sostenible.

Esta aplicación permite registrar variables e indicadores clave de desempeño de una universidad, y generar como respuesta un dashboard con el análisis de criterios y subcriterios relacionados con sus funciones sustantivas (docencia, investigación, vinculación y gestión) y aspectos de inteligente y sostenible; dentro de esta página se refleja el nivel en el cual se encuentra la universidad para considerarse un campus sustentable e inteligente.

1.3. Justificación del requerimiento a satisfacer

Las universidades son el centro de la investigación y progreso del país y del mundo. Un smart university facilita la comunicación, es más eficiente con el uso de recursos, mejora la seguridad, ayuda al medio ambiente y busca el ahorro económico. El uso de sistemas automatizados como, cerraduras eléctricas, iluminación y ambientación automática reduce el gasto de energía; el tener acceso a puntos wifi, mejora la conectividad de los usuarios con el mundo, permitiendo tener información actualizada en tiempo real. Existen diversos beneficios en un smart university y todos ayudan a mejorar la calidad de la educación y apoyan al desarrollo de la sostenibilidad.

Hasta el momento estos avances tecnológicos se han ido implementando en las universidades sin una guía o modelo general y no existe una herramienta que permita analizar el avance que la institución tiene para comprobar si se puede o no considerar un smart university. Debido a este hecho en el presente trabajo se expone el desarrollo de una aplicación web para la gestión de indicadores claves de desempeño, en esta herramienta se puede digitar la información solicitada de la universidad para posteriormente visualizar los resultados estadísticos a través de un dashboard con gráficas que permiten analizar la situación actual en cuanto a innovación dentro de la universidad evaluada, también se muestra el nivel en que se encuentra la institución para tener conocimiento de que tan cerca está de considerarse un campus universitario inteligente y sustentable.

Con esta herramienta las autoridades de las universidades tendrán una guía para conocer en qué áreas se debe trabajar más en innovación tecnológica, brindando así un mejor servicio a los usuarios que serían tanto empleados como estudiantes; además que sería un paso más de progreso para el desarrollo de la sostenibilidad ambiental, económica y social para el mundo.

2. CAPÍTULO II: DESARROLLO DE PROTOTIPO

2.1. Definición del prototipo tecnológico

El prototipo de esta propuesta tecnológica consta del desarrollo de una página web donde el usuario puede registrar sus datos y el de su universidad, en caso de no estar registrada, para luego proceder a llenar los formularios de diversos criterios, obteniendo como resultado un dashboard con el análisis de los indicadores claves de desempeño, para identificar si una IES puede considerarse una universidad inteligente y sustentable.

Los indicadores se agrupan en base a los criterios: Smart Economy, Smart Mobility, Smart Energy, Smart People & Living y Smart Environment. A su vez cada criterio posee subcriterios con sus respectivos indicadores, con los cuales se evaluará el estado de la universidad en inteligencia y sostenibilidad.

2.2. Fundamentación teórica del prototipo

2.2.1. Revisión sistemática de la literatura

Para la extracción de información se optó por el uso de una metodología que nos permita agilizar la investigación, Revisión Sistemática de la Literatura (RSL), tomando como ejemplo el trabajo de [4]–[6]. Esta metodología se divide en diferentes fases las cuales son:

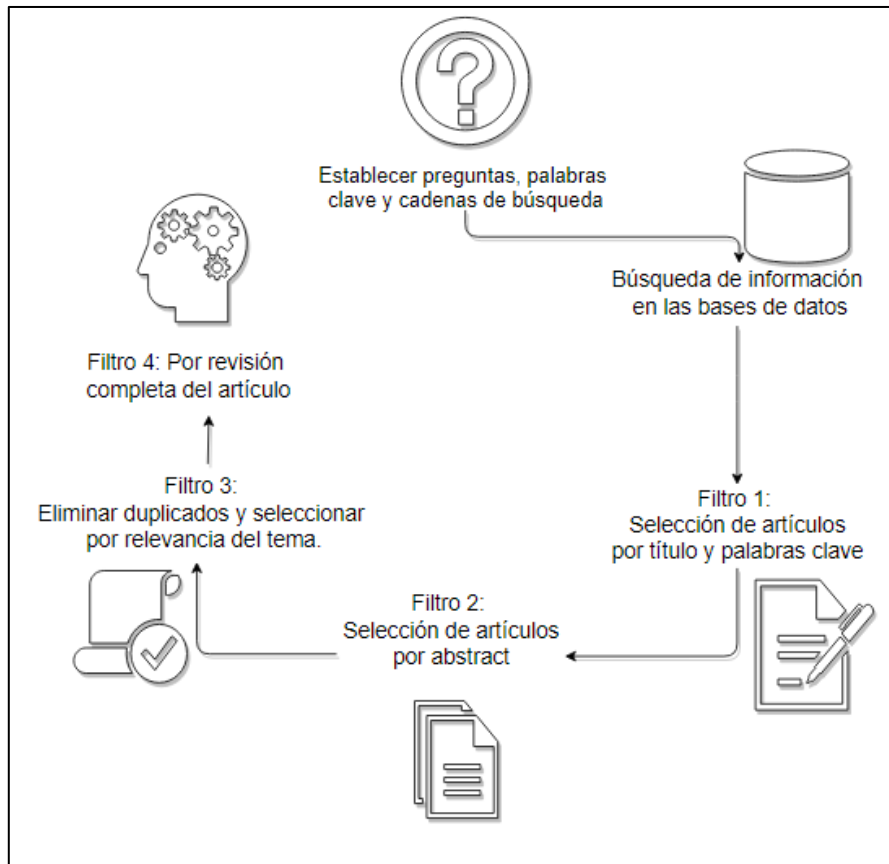


Figura. 1 Metodología Revisión Sistemática de la Literatura
Fuente: Elaboración propia

- Establecimiento de preguntas, palabras claves y cadenas de búsquedas.

Código	Pregunta/Palabras de búsqueda
P1	"Smart Campus" or "Smart University" or "Smart University Campus"
P2	"Smart Campus" and "Internet of things"
P3	"Smart University"
P4	"Smart People and Living"
P5	"Smart Energy"
P6	"Smart Economy"
P7	"Smart Government"
P8	"Smart Environment" or "Smart Green"
P9	"Smart Mobility"
P10	("Smart University" or "smart campus") + "Key performance indicators"
P11	"Smart University" and "smart green" or "smart environment" and "smart people and living" and "smart energy" and "smart economy" and "smart government" and "smart mobility"

Tabla 1 Palabras clave y cadenas de búsqueda
Fuente: Elaboración propia

- Búsqueda de información en diversas bases de datos.

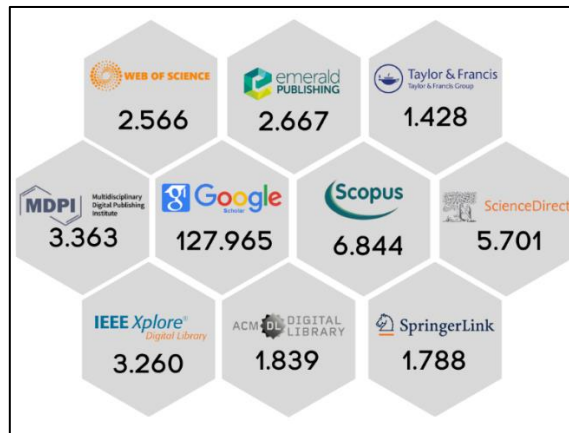


Figura. 2 Resultados de búsquedas en bases de datos
Fuente: Elaboración propia

- Criterios de selección:
 - Filtro 1: Selección de artículos por título y palabras clave.
 - Filtro 2: Selección de artículos por abstract.
 - Filtro 3: Eliminar duplicados y seleccionar por relevancia del tema.
 - Filtro 4: Por revisión completa del artículo.
- Criterios de inclusión y exclusión
 - Inclusión:
 - Artículos de revista de alto impacto.
 - Tesis de Postgrados.
 - Exclusión:
 - Artículos de bajo impacto.
 - Artículos de más de 6 años de antigüedad.
 - Fuentes no confiables.
 - Proceso y resultados de la búsqueda

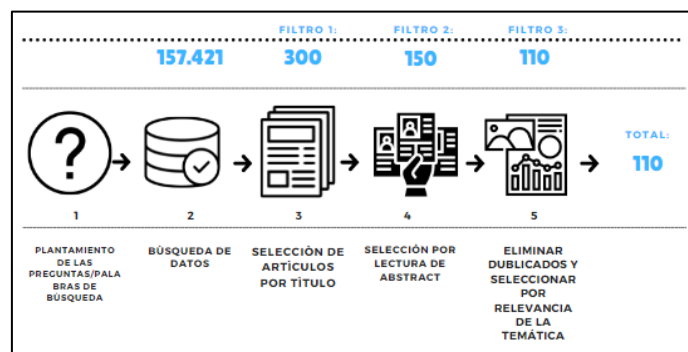


Figura. 3 Proceso y resultado de la búsqueda
Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Antecedentes Teóricos

Internet de las cosas

IOT se refiere a la interconexión digital de los objetos cotidianos con internet, que se conforma de múltiples tecnologías como sensores que permiten recolectar datos para poder analizarlos, esta infraestructura de red inteligente, mejora las operaciones, aumenta la seguridad, protección y productividad, también permite obtener una perspectiva valiosa de datos para optimizar la automatización. El término Internet de las Cosas se refiere a un sistema físico que

recibe y transmite datos a través de una red inalámbrica con poca intervención manual, a través de la integración de dispositivos informáticos en diferentes objetos[6]–[11].

Smart University

Smart University nace basado en la idea de Smart City. Un campus universitario tradicional es un entorno donde un grupo considerable de personas que engloba estudiantes, empleados y visitantes, realizan una diversidad de actividades diarias, por lo tanto, puede considerarse una ciudad pequeña [12]–[21].

Es decir, una universidad tiene las cualidades para transformarse en un entorno inteligente. Éste entorno inteligente se define como una pequeña ciudad que funciona con múltiples dispositivos como por ejemplo sensores, que al estar conectados de forma colaborativa realizan actividades cotidianas facilitando y optimizando procesos [14]–[16].

Abarca todos los aspectos de la comunidad educativa y desarrolla cambios trascendentales en los modelos tradicionales de enseñanza para acomodar la tecnología actual y futura. Las universidades inteligentes, al igual que las ciudades inteligentes, deben partir de lo que ahora se denominan campus inteligentes, espacios educativos totalmente eficientes que utilicen la informática no solo para su propio beneficio, sino también para la eficiencia energética y el medio ambiente [1].

Entonces podemos definir como Smart University a un entorno inteligente que tiene como usuarios a: estudiantes, profesores y visitantes; donde se optimizan diferentes actividades cotidianas utilizando las IOT para optimizar procesos, aportando una mejora considerable en la calidad de la educación, vida de los usuarios del campus y contribuyendo a su vez a la sostenibilidad ambiental, económica y social.

Pilares del Smart University

La educación y el intercambio de conocimientos son dimensiones de un Smart University, pero también otros factores como la comunicación, transporte, gente, etc. Por tal motivo son considerados los siguientes puntos como Pilares del Smart University [2], [12]–[29].

Smart Economy

Smart Economy tiene en cuenta la evaluación de los planes económicos promovido en el campus, las inversiones de calidad, objetivos, colaboraciones interuniversitarias, las oportunidades de trabajo, asociaciones y la financiación obtenida a través de organizaciones privadas y públicas externas, apoyo de innovación tecnológica, la competitividad y productividad de las acciones llevadas a cabo, etc., [30].

Smart Mobility

El objetivo de este pilar es evaluar los sistemas de transporte dentro del campus, el área de movilidad se analiza desde diferentes aspectos como: infraestructuras, apoyo para el transporte sostenible, educación e información sobre la movilidad, etc. Uno de los puntos importantes para mejorar la movilidad en un entorno de campus inteligente es el posicionamiento del usuario, este es apoyo para la navegación y orientación de peatones, es un requisito esencial de cualquier aplicación inteligente que pretenda mejorar la movilidad el conocer la posición real del usuario, tanto en exteriores como en interiores. Mientras que el posicionamiento en exteriores suele obtenerse mediante GPS, en la actualidad apenas se dispone de sistemas de posicionamiento precisos y exactos en interiores [31]–[35].

Smart Government

Al hablar de gobierno, se proponen acciones para apoyar el desarrollo de planes de economía inteligente porque de esa forma la gobernanza universitaria mejora y apoya la innovación en el desarrollo de productos y servicios. En otras palabras podemos decir que es con un gobierno inteligente se puede llevar a cabo una economía inteligente lo cual nos va a servir para la evolución de servicios, productos; para el desarrollo de la movilidad inteligente y demás pilares [30], [35], [36], [36]–[38].

Smart Energy

Trata los aspectos relacionados con la producción y consumo de energía, se considera que la identificación y la evaluación de: el uso de energía renovable, proceso de producción, rendimiento de redes de distribución, el consumo de energía, fugas de edificios y espacio libre, diseño y construcción, seguimiento, etc.

Existen muchas instituciones que trabajan en la mejora de esta clase, un ejemplo es la reducción de consumo de energía y las emisiones sin renunciar a ningún aspecto de consumo o la movilidad. También en diversos edificios públicos y privados se prevee como requisito fundamental para las fuentes de energía renovables, el uso de paneles solares, para el abastecimiento energético [5][36]–[42].

Smart People & Living

Dentro de esta clase se indica el rendimiento del plantel, enfocándose en el nivel académico, investigación, gestión de puntos de vista administrativos, calidad y comodidad de las estructuras, la orientación, tutorías de alumnos, recuperación de información; también se evalúan los servicios secundarios, la dirección, evaluación docente, pertinencia, plan curricular, etc., [29], [30], [46]–[48].

Smart Environment

Dentro de esta clase de evalúa el impacto ambiental en términos de contaminación, propagación y protección de las zonas verdes, gestión de residuos y aguas grises, uso de recursos, calidad del aire, los alimentos, etc.

En lugares como Tokio se ha desarrollado vanguardias basadas en estilo de vidas reales centradas al autoconsumo de energía, siendo de utilidad en la seguridad, movilidad ecológica, mejorando la salud y el apoyo a la vida comunitaria [19], [48]–[52].

2.2.3. Metodologías para desarrollo de aplicaciones web

La metodología híbrida para el desarrollo de la herramienta software consta de la extracción de fases relevantes de dos metodologías que son: la metodología Kanban y la metodología XP.

El autor de [53], nos indica que Kanban es una metodología ágil que en sus inicios estaba destinada a los procesos de fabricación, pero que con el tiempo se empezó a aplicar en el desarrollo de software, esta metodología consiste en minimizar o evitar los atascos en la productividad dentro de cualquier proceso productivo.

Por otro lado los autores de [54], nos dice que, Extreme Programming es una metodología orientada a las personas, la cual inicia con la recopilación de historias de usuarios, selecciona historias de usuarios valiosas en la planificación iterativa, adopta un formato de desarrollo basado en pruebas y las coloca en el almacén integrado después de las pruebas.

2.2.4. Herramientas para el desarrollo de la aplicación web

Visual Studio Code

VS Code es un editor de código fuente gratuito, se utiliza un sistema de carpetas o espacios de trabajo para interactuar con un plan y un sistema de documentos para manejar los archivos de código fuente en el plan. Tiene soporte incorporado para los lenguajes de programación JavaScript y TypeScript, y también permite soporte para otros lenguajes a través de un rico ecosistema de extensiones [55].

Node Js

NodeJs es un entorno de tiempo de ejecución basado en JavaScript con licencia gratuita que forma parte del proyecto Linux Foundation. Utiliza diferentes tipos de bibliotecas o paquetes de contenido que se pueden combinar según sea necesario. Como una aplicación orientada a la web fácil de implementar, es la mejor opción para el desarrollo web [56].

JavaScript

Javascript, nació en el año 1995, diseñado por Netscape Communications (Mozilla Foundation), integrado originalmente como una especie de plugin en los navegadores de la primera era web, comúnmente abreviado como JS, es un lenguaje de programación del tipo interpretado. Está basado en el estándar ECMAScript y, a pesar de ser débilmente tipado y dinámico, también como un lenguaje orientado a objetos. Su esencia se basa en la mayor parte del lenguaje C. Actualmente está integrado dentro del motor de los navegadores web más populares. Las últimas versiones de JS permiten que este sea un lenguaje del lado del clientes, como así también del servidor [57].

Handlebars

Handlebars es un lenguaje de plantilla simple. Utiliza plantillas y objetos de entrada para generar HTML u otro formato de texto. Las plantillas de Handlebars aparecen como texto sin formato con expresiones de Handlebars incrustadas [58].

Charts.JS

Charts.js es una librería que se utiliza para representar por canvas los datos proporcionados por el usuario a través de gráficos. Esta librería es compatible con todos los navegadores [59].

Bootstrap

Es una biblioteca multiplataforma o un conjunto de herramientas de código abierto para diseñar sitios web y aplicaciones web. Bootstrap es un conjunto de herramientas de código abierto para programación HTML, CSS y JS. Los marcos permiten crear interfaces de usuario limpias que se adaptan a cualquier tipo de dispositivo y pantalla de cualquier tamaño. Bootstrap proporciona las herramientas necesarias para crear varias páginas web utilizando elementos y estilos de su biblioteca. Además su compatibilidad es muy amplia con los navegadores más populares [60], [61].

Heroku

Heroku es una plataforma en la nube que admite varios lenguajes de programación como por ejemplo Java, PHP, Python, Ruby, Go, Scala, Clojure, etc. El desarrollo de Heroku es una integración de herramientas y herramientas de desarrollo, ayuda a crear aplicaciones modernas basadas en un sistema de contenedores gestionados con servicios de datos integrados y una postura más sólida. [62].

Bases de datos no relacionales

Las bases de datos no relacionales o NoSQL, nacen con la necesidad de un cambio del manejo de la información, donde la velocidad y el volumen de datos es primordial, creando la posibilidad de sistemas más distribuidos, con estructura cambiante sin afectar la integridad de

los datos, convirtiéndose en una herramienta primordial para el soporte de aplicaciones a gran escala [63].

Mongo DB Cloud

MongoDB es un SGBD NoSQL que utiliza documentos JSON. JSON es un formato de intercambio de datos similar a XML, pero con una estructura más simple. Con esta herramienta se puede manejar grandes cantidades de datos gracias a la flexibilidad de la información. [64].

Herramientas Case

Estas herramientas permiten diseñar, desarrollar y dar mantenimiento a proyectos de software, utilizando metodologías para el desarrollo de los mismos, semejante a una guía. Marcando el camino en la implementación de software de calidad, acelerando el proceso de desarrollo y permitiendo la reutilización de componentes de software [65].

2.3. Objetivos del prototipo

2.3.1. Objetivo general

- Desarrollar una aplicación web para la gestión de la evaluación de una universidad inteligente y sostenible utilizando indicadores claves de desempeño.

2.3.2. Objetivos específicos

- Realizar una revisión sistemática de la literatura respecto a universidad inteligente y sostenible para la elaboración del estado del arte del trabajo de titulación.
- Identificar indicadores claves de desempeño de una universidad inteligente y sostenible para el desarrollo de la aplicación web.
- Programar una aplicación web que permita la gestión de la evaluación de los indicadores claves de desempeño de una universidad inteligente y sostenible.
- Realizar pruebas de la aplicación web para evaluar el rendimiento general.

2.4. Diseño del prototipo

2.4.1. Indicadores Claves de Desempeño para una universidad Inteligente y Sostenible.

Los KPI seleccionados en la investigación para la evaluación a través de nuestra herramienta web, están clasificados por criterios, subcriterios y cada uno de estos posee sus KPI correspondientes.

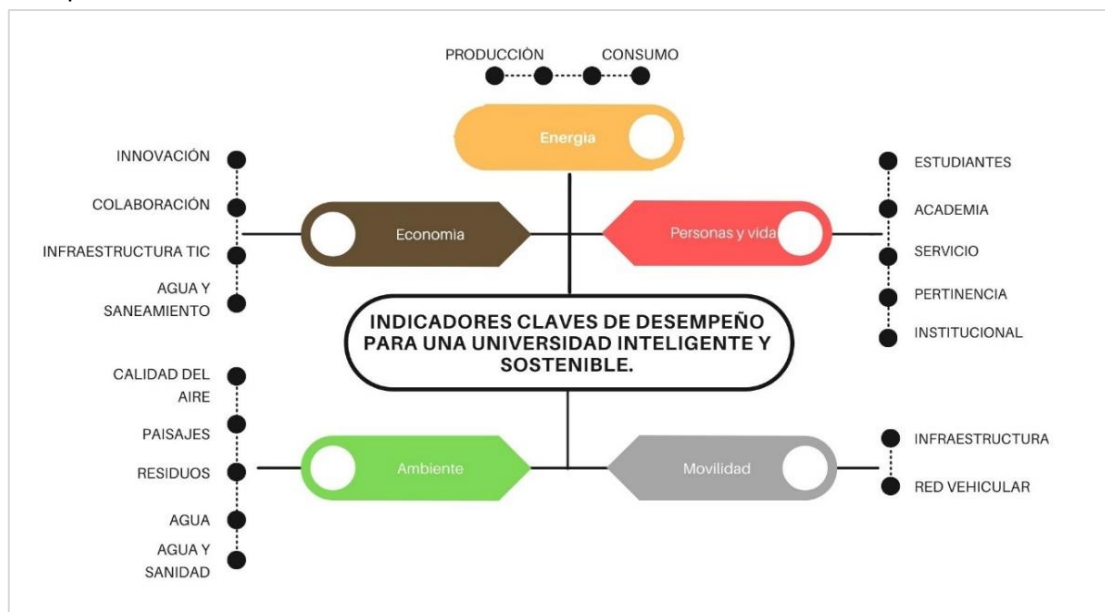


Figura. 4 Criterios y Subcriterios del modelo

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se exponen los KPI de cada uno de los subcriterios y sus fórmulas.

Indicadores Claves de Desempeño para una universidad Inteligente y Sostenible			
CRITERIO: PERSONAS Y VIDA			
Subcriterio	TIPO	KPI	Fórmula
ESTUDIANTES	ESTRUCTURAL	Tasa de Titulación	$\frac{\# \text{ Estudiantes Graduados}}{\# \text{ Estudiantes Matriculados}}$
	ESTRUCTURAL	Tasa Retención	$\frac{\# \text{ Estudiantes Admitidos}}{\# \text{ Estudiantes Matriculados}}$
	ESTRUCTURAL	Bienestar Estudiantil	$\frac{\# \text{ Estudiantes beneficiarios por becas, etc}}{\# \text{ Total estudiantes matriculados}}$
	ESTRUCTURAL	Intercambios Internacionales	$\frac{\# \text{ Estudiantes Internacionales}}{\# \text{ Total Estudiantes}}$
ACADEMIA	ESTRUCTURAL	Afinidad Formación Posgrado	$\frac{\# \text{ Prof. con título académico de posgrado}}{\# \text{ Total Profesores}}$
	ESTRUCTURAL	Investigación	$\frac{\text{Publicaciones realizadas en los últimos 6 periodos académicos}}{3 \text{ años}}$
	ESTRUCTURAL	Actualización Científica y/o Didáctica	$\frac{\text{Total de profesores que han asistido a eventos de actualización científica prolongacion}}{\# \text{ Total Profesores}}$
	ESTRUCTURAL	Titularidad	$\frac{\# \text{ Total profesores titulares}}{\# \text{ Total de Profesores}}$
	ESTRUCTURAL	Profesores de TC, MT, TP, NTD	$\frac{TC + 0,5 * MT + 0,25 * TP}{NTD}$
	ESTRUCTURAL	Estudiantes por Profesor	$\frac{NE}{TC + 0,5 * MT + 0,25 * TP}$

ACADEMIA	ESTRUCTURAL	Carga y/o Distribución Moraría	$\frac{\# \text{ Horas de clase (60 min)}}{36 * \# \text{ Total de Docentes}}$
	ESTRUCTURAL	Afinidad Formación Docencia	$\frac{\# \text{ Horas clase de prof. de titulo 3}^{\text{er}} \text{ y 4}^{\text{to}} \text{ Nivel}}{\# \text{ Total Horas Clase}}$
	ESTRUCTURAL	Libros	$\frac{1}{TP} * \left(L + \sum_{i=1}^n Ei * CLi \right)$ <p> TP= #Prof L= Total Libros Publicados n= #Total de Libros publicados Ei= Ponderación de capítulo CL= #Cap. De Libros </p>
	ESTRUCTURAL	Ponencias	$\frac{1}{TP} * \sum_{i=1}^{TDP} Bi$
SERVICIO	ESTRUCTURAL	Primario	$\frac{\# \text{ De Cursos}}{\# \text{ De aulas de clase}}$
	ESTRUCTURAL	Secundario	$\frac{\# \text{ De comedores por Facultad}}{\# \text{ De Facultades}}$
	SMART	Estructura e Infraestructura	$\frac{\text{Área cubierta con WIFI}}{\text{Área total del campus}}$
PERTINENCIA	ESTRUCTURAL	Estado Actual y Prospectiva	$\frac{\text{Planes de Mejoras Vigentes}}{\# \text{ De planes de Mejora}}$
	ESTRUCTURAL	Vinculación con la Sociedad	$\frac{\# \text{ Proyectos de vinculacion en ejecución}}{\# \text{ Proyectos de Vinculación}}$
INSTITUCIONAL	ESTRUCTURAL	Seguimiento del proceso de titulación	$\frac{\# \text{ Alumnos en proceso de titulación}}{\# \text{ Docentes}}$

INSTITUCIONAL	ESTRUCTURAL	Seguimiento de graduados	$\frac{\text{Alumnos graduados}}{\# \text{ Personal destinado a seguimiento}}$
	ESTRUCTURAL	Seguimiento prácticas pre profesionales	$\frac{\# \text{ Alumnos en proceso de pract. pre profesionales}}{\# \text{ Tutores académicos}}$
CRITERIO: ECONOMÍA			
INNOVACIÓN	ESTRUCTURAL	Creatividad	$\frac{\text{Inversion en laboratorios y Tecnologías}}{\text{Inversión Total}}$
	ESTRUCTURAL	Trabajo	$\frac{\text{Estudiantes graduados con empleo despues de 6 Meses.}}{\# \text{ Total de estudiantes graduados}}$
COLABORACIÓN	ESTRUCTURAL	Interuniversitario	$\frac{\# \text{ Proyectos interuniversitarios por Facultad}}{\# \text{ Total de proyectos y actividades}}$
	ESTRUCTURAL	Colaboración Externa	$\text{Colaboraciones con EMP. Externas por año} * 100$
INFRAESTRUCTURA TIC	SMART	Acceso a Internet en aulas	$\frac{\# \text{ de aulas con acceso a internet}}{\# \text{ de aulas de clases}}$
	SMART	Acceso a Internet en casa	$\frac{\# \text{ de casas con acceso a internet}}{\# \text{ de casas}}$
	SMART	Subscripciones de banda ancha	$\frac{\# \text{ de subscripciones de banda ancha}}{\# \text{ de casas}}$
	SMART	Suscripciones de banda ancha inalámbrica	$\frac{\# \text{ de subscripciones de banda ancha inalámbrica}}{\# \text{ de personas que conforman el campus universitario}}$

INFRAESTRUCTURA TIC	SMART	Cobertura de banda ancha inalámbrica	$\frac{\text{zona de la universidad cubierta por servicios móviles}}{\text{Total área de la universidad}}$
	SMART	Disponibilidad de wifi en zonas públicas	# Total de puntos de acceso wifi
AGUA Y SANEAMIENTO	SMART	Contadores de agua inteligentes	$\frac{\# \text{ de contadores de agua inteligentes}}{\# \text{ de contadores de agua}}$
	SMART	Control de las TIC en el suministro de agua	$\frac{\text{Longitud del sistema monitoreado por las TIC}}{\text{Longitud total del sistema}}$
CRITERIO: ENERGÍA			
PRODUCCION	SOSTENIBLE	Renovable y Sostenible	$\frac{\text{Productos producidos}}{\text{Relación demanda demanda de energía}}$
	SOSTENIBLE	Productos	$\frac{\text{Productos amigables con el medio ambiente}}{\text{Proporción de productos adquiridos}}$
CONSUMO	SOSTENIBLE	Edificio	$\frac{\text{Uuarios de la demanda}}{\text{Campus indice de energía primaria}}$
	SOSTENIBLE	Electrodomésticos	$\frac{\text{Electrodomésticos que ahorran energía}}{\text{Total de Electrodomésticos}}$
	ESTRUCTURAL	Iluminación Externa	$\frac{\text{El consumo de energía para sistemas de iluminación al aire libre}}{\text{Relación demanda de energía}}$
	SOSTENIBLE	Consumo de energías renovables	$\frac{\text{Consumo total de la electricidad Kwh procedente de fuentes renovables}}{\text{Consumo total de electricidad de la universidad}}$
	SOSTENIBLE	Consumo eléctrico	$\frac{\text{Consumo total de electricidad al año (kwh)}}{\text{Total de poblacion universitaria}}$

CONSUMO	SOSTENIBLE	Consumo de Energía Térmica	$\frac{\text{Consumo Total de energía Térmica de la Facultad}}{\text{Total de población Universitaria}}$
	SOSTENIBLE	Consumo Energético de los edificios	$\frac{\text{Kwh Consumo Energético total}}{\text{(m}^2 \text{ Área de espacio público)}}$
CRITERIO: AMBIENTE			
Calidad del Aire	SOSTENIBLE	Contaminación	$\frac{\text{Cantidad de CO2 Producido}}{\text{Usuarios del campus}}$
	SOSTENIBLE	Calidad del aire exterior	$\frac{\text{Aire acondicionado}}{\text{Volumen de aire muestreado}}$
Paisaje	SOSTENIBLE	Densidad	$\frac{\text{Área de campus}}{\text{Relación de los usuarios del campus}}$
	SOSTENIBLE	Durabilidad de la tierra	$\frac{\text{Espacios construidos permeabilidad}}{\text{Áreas permeables verde relación de áreas}}$
	SOSTENIBLE	Áreas Verdes	$\frac{\text{Áreas verdes con vegetación}}{\text{Total proporción de área del campus}}$
Residuos	SOSTENIBLE	Producción	$\frac{\text{Producción de basura no reciclable}}{\text{Cantidad de usuarios del campus}}$
	SOSTENIBLE	Administración	$\frac{\text{Basura Reciclable}}{\text{Total de basura}}$
Agua	SOSTENIBLE	Consumo	<i>Consumo de agua por año de gestión</i>
	SOSTENIBLE	Administración	$\frac{\text{Agua reutilizada, aguas pluviales y residuales}}{\text{Agua consumida}}$
Agua y Sanidad	SOSTENIBLE	Calidad de agua Potable	$\frac{\text{\# de muestras conformes a las directrices de la OMS}}{\text{\# Total de muestras}}$

Agua y Sanidad	SOSTENIBLE	Consumo de agua	$\frac{(1) \text{ Cantidad total de consumo de agua en el campus}}{\# \text{ Total de población del campus}}$
	SOSTENIBLE	Consumo de Agua Fresca	$\frac{\text{Cantidad total de consumo de agua Fresca}}{\text{Cantidad total de consumo de agua}}$
CRITERIO: MOVILIDAD			
Infraestructura	ESTRUCTURAL	Estacionamiento	$\frac{\text{Las áreas de estacionamiento}}{\text{Relación áreas libres}}$
	SOSTENIBLE	Accesibilidad	$\frac{\text{Zona accesible discapacitados}}{\text{Total Áreas del campus}}$
	ESTRUCTURAL	Transporte público	# de paradas de transporte público a 1 km desde el campus
Red Vehicular	ESTRUCTURAL	Carros	$\frac{\# \text{ Coches que entrarn}}{\text{Cantidad de usuarios en el campus}}$
	ESTRUCTURAL	Bicicletas	$\frac{\# \text{ Bicycletas que entran}}{\text{Cantidad de usuarios en el campus}}$
	ESTRUCTURAL	Servicio de autobús	$\frac{\# \text{ de bus a servicio}}{\text{Cantidadd de usuarios en el campus}}$
	ESTRUCTURAL	Elección del modo de conmutación	$\frac{\text{Las personas que usan compartir el auto o campartir el viaje}}{\text{Cantidad de usuarios en el campus}}$

Tabla 2 Modelo de KPI para Universidad Inteligente y Sostenible

Fuente: Elaboración propia

2.4.2. Metodología para el desarrollo de la aplicación web

A continuación, podremos visualizar el desarrollo de nuestra herramienta de software por fases de acuerdo a la metodología híbrida que se formuló para este prototipo.

La metodología utilizada es la unión de las características más relevantes de las metodologías KANBAN y XP; Kanban es una metodología ágil que consiste en minimizar o evitar los atascos en la productividad dentro de cualquier proceso productivo [53]. Y Extreme Programming es una metodología orientada a las personas, selecciona historias de usuarios valiosas en la planificación iterativa, adopta un formato de desarrollo basado en pruebas y las coloca en el almacén integrado después de las pruebas [54].

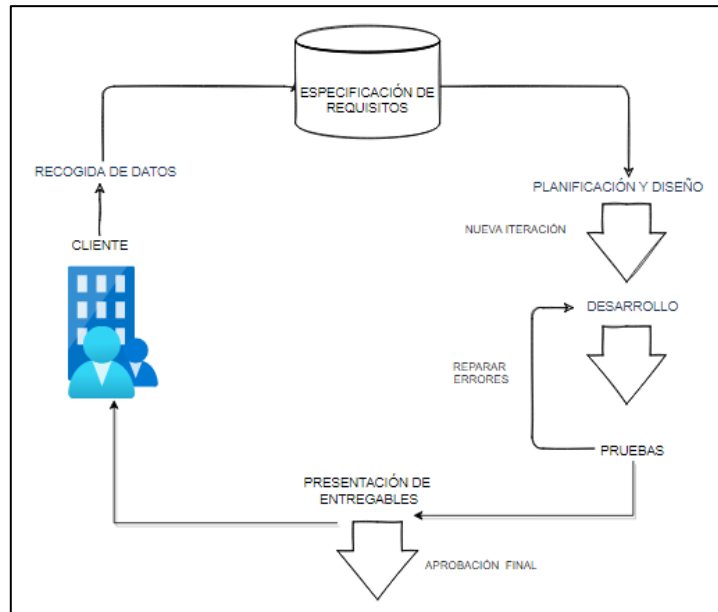


Figura. 5 Metodología Híbrida
Fuente: Elaboración propia

Fase 1: Requisitos

Una de las partes más importantes del sistema es la fase de análisis, a cuál nos permite identificar los principales requerimientos del sistema. A continuación, se detalla los requerimientos identificados para la página web.

R1	Registro de usuario y universidad
R2	Recuperar contraseñas
R3	Ingreso de datos dentro de un formulario de acuerdo a los indicadores claves de desempeño.
R4	Calcular valores ingresados y realizar las operaciones correspondientes para la obtención de resultados.
R5	Entradas con la información sobre smart university
R6	Generar un dashboard que refleje si se considera o no la universidad un smart university y los valores por cada indicador.

Tabla 3 Requerimientos del Sistema
Fuente: Elaboración propia

Casos de Uso

Numero de Caso de Uso	CU01
Caso de Uso	Registro de usuario
Actores	Usuario, Sistema
Propósito	Registrar los datos del usuario
Visión General	El sistema recibe los datos del usuario y los envía a la base de datos en la nube.

Tipo	Primario, Esencial
Referencia	R1
Curso de Eventos	1. El usuario ingresa su correo 2. Ingresa su nombre, apellido, contraseña. 3. Selecciona la universidad a la que pertenece. 5. Verifica si los datos son correctos. 7. Informar que el registro se realizó con éxito.
Curso Alternativo	4. Registrar los datos de la universidad. 6. Informar porque los datos de registro no son correctos.

Tabla 4 Caso de Uso 01
Fuente: Elaboración propia

Numero de Caso de Uso	CU02
Caso de Uso	Registrar universidad
Actores	Usuario, Sistema
Propósito	Registrar los datos de la universidad
Visión General	El sistema recibe los datos de la universidad ingresados por el usuario y los envía a la base de datos en la nube.
Tipo	Primario, Esencial
Referencia	R1
Curso de Eventos	1. El usuario ingresa el nombre de la universidad 2. Ingresa el país de la universidad 3. Ingresa la fecha. 4. Verifica si los datos son correctos. 6. Informar que el registro se realizó con éxito.
Curso Alternativo	5. Informar porque los datos de registro no son correctos.

Tabla 5 Caso de Uso 02
Fuente: Elaboración propia

Numero de Caso de Uso	CU03
Caso de Uso	Recuperar contraseña
Actores	Usuario, Sistema
Propósito	Recuperar contraseña
Visión General	El sistema recibe la petición de recuperar contraseña
Tipo	Primario, Esencial
Referencia	R2
Curso de Eventos	1. El usuario solicita la contraseña 2. Ingresa su correo 3. Se valida si el correo ha sido registrado 5. Se envía la contraseña del usuario al correo de registro 6. Se informa que la contraseña ha sido enviada al correo del usuario.
Curso Alternativo	4. Se informa que el correo ingresado no está registrado.

Tabla 6 Caso de Uso 03
Fuente: Elaboración propia

Numero de Caso de Uso	CU04
Caso de Uso	Ingreso de datos al formulario de los KPI's
Actores	Usuario, Sistema
Propósito	El usuario realiza el ingreso de datos sobre la universidad de acuerdo a los indicadores claves de desempeño especificados.

Visión General	El sistema recibe los datos correspondientes y los envía a la base de datos en la nube.
Tipo	Primario, Esencial
Referencia	R3
Curso de Eventos	1. Registra los datos de cada indicador solicitado 2. Confirma el ingreso de los datos 3. Se verifica que todos los campos estén llenos. 5. Se informa que los datos están completos y se guarda en la base de datos.
Curso Alternativo	4. Si los campos están incompletos se informa que la información está incompleta.

Tabla 7 Caso de Uso 04
Fuente: Elaboración propia

Numero de Caso de Uso	CU05
Caso de Uso	Cálculo de valores y Dashboard
Actores	Sistema
Propósito	Generar un dashboard a través del cálculo de los datos ingresados de la universidad registrados en la base de datos.
Visión General	El sistema realiza los cálculos correspondientes extrayendo la data de la base de datos, para visualizarla en un dashboard.
Tipo	Primario, Esencial
Referencia	R4, R6
Curso de Eventos	Se solicita los valores de la base de datos. Se realiza los cálculos por cada criterio y subcriterio. Se muestra los resultados por medio de gráficas.

Tabla 8 Caso de Uso 05
Fuente: Elaboración propia

Numero de Caso de Uso	CU06
Caso de Uso	Visualizar información sobre Smart University
Actores	Sistema
Propósito	Permite al usuario visualizar información recopilada sobre Smart university.
Visión General	El sistema muestra la información sobre Smart university
Tipo	Secundario, Esencial
Referencia	R5
Curso de Eventos	El usuario navega por las entradas informativas. El sistema muestra la información recopilada sobre Smart university

Tabla 9 Caso de Uso 06
Fuente: Elaboración propia

Ver anexo 1.

Fase 2: Planificación

Dentro de la fase de planificación se encuentra desglosadas las historias de usuario junto con el número de iteraciones por cada una de las mismas, además también se comparte en detalle los entregables del prototipo.

Historias de Usuario

Historia de Usuario	
Numero: 1	Usuario: Usuario
Nombre historia: Registrar Usuario	
Prioridad en negocio (Alta/Media/Baja): Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Días estimados: 3	Iteración asignada: 1
Programador Responsable: María Paula Jimenez	
Descripción: El usuario podrá ingresar los datos correspondientes para su registro y el sistema lo guardará en la base de datos.	
Observaciones: Ninguna.	

Tabla 10 HU01 - Registrar Usuario

Fuente: Elaboración propia

Historia de Usuario	
Numero: 1	Usuario: Usuario
Nombre historia: Registrar Universidad	
Prioridad en negocio (Alta/Media/Baja): Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Días estimados: 3	Iteración asignada: 1
Programador Responsable: María Paula Jimenez	
Descripción: En el caso de no encontrarse registrada la universidad en el sistema, el usuario podrá registrar los datos de la misma para completar su registro.	
Observaciones: Ninguna.	

Tabla 11 HU02 - Registrar Universidad

Fuente: Elaboración propia

Historia de Usuario	
Numero: 1	Usuario: Usuario
Nombre historia: Recuperar contraseña	
Prioridad en negocio (Alta/Media/Baja): Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Días estimados: 3	Iteración asignada: 1
Programador Responsable: María Paula Jimenez	
Descripción: En caso de olvidar la contraseña el usuario podrá solicitar que se le envíe a su correo la clave correspondiente para poder iniciar sesión.	
Observaciones: Ninguna.	

Tabla 12 HU03 - Recuperar Contraseña

Fuente: Elaboración propia

Historia de Usuario	
Numero: 1	Usuario: Usuario
Nombre historia: Llenar formulario de acuerdo a la información de la Universidad	
Prioridad en negocio (Alta/Media/Baja): Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Días estimados: 5	Iteración asignada: 1
Programador Responsable: María Paula Jimenez	
Descripción: El usuario podrá llenar un formulario con los valores de la universidad de acuerdo a los indicadores claves de desempeño especificados en el mismo.	
Observaciones: Ninguna.	

Tabla 13 HU04 - Llenar formulario KPI's

Fuente: Elaboración propia

Historia de Usuario	
Numero: 1	Usuario: Usuario
Nombre historia: Visualizar resultados del cálculo de KPI en un dashboard.	
Prioridad en negocio (Alta/Media/Baja): Alta	Riesgo en desarrollo: Alta
Días estimados: 5	Iteración asignada: 1
Programador Responsable: María Paula Jimenez	
Descripción: El usuario podrá observar la información calculada por el sistema de acuerdo a los KPI's propuestos en el formulario.	
Observaciones: Ninguna.	

Tabla 14 HU05 - Visualizar Dashboard

Fuente: Elaboración propia

Historia de Usuario	
Numero: 1	Usuario: Usuario
Nombre historia: Mostrar Información sobre Smart University	
Prioridad en negocio (Alta/Media/Baja): Alta	Riesgo en desarrollo: Media
Días estimados: 4	Iteración asignada: 1
Programador Responsable: María Paula Jimenez	
Descripción: El usuario podrá observar información relevante acerca de Smart University y los indicadores claves de desempeño.	
Observaciones: Ninguna.	

Tabla 15 HU06 - Mostrar Información sobre Smart University

Fuente: Elaboración propia

Entregables

Nº	Historia de usuario	Prioridad	Riesgo	Días estimados
1	Registrar Usuario	Alta	Alta	3
2	Registrar Universidad	Alta	Alta	3
3	Recuperar Contraseña	Alta	Alta	3
4	Llenar formulario de acuerdo a la información de la Universidad	Alta	Alta	5
5	Visualizar resultados del cálculo de KPI en un dashboard.	Alta	Alta	5
6	Mostrar Información sobre Smart University	Alta	Media	4

Tabla 16 - Entregables del prototipo

Fuente: Elaboración propia

Fase 3: Diseño

Diseño de base de datos no Relacional o NoSQL

Proyectando la magnitud de datos que puede llegar a tener la herramienta web del presente trabajo, se optó por diseñar una estructura de datos "NoSQL", es decir no relacional, debido a que este tipo de bases de datos son flexibles y permiten organizar diversidades de campos. A continuación, se puede visualizar una representación gráfica del diseño de la base de datos.

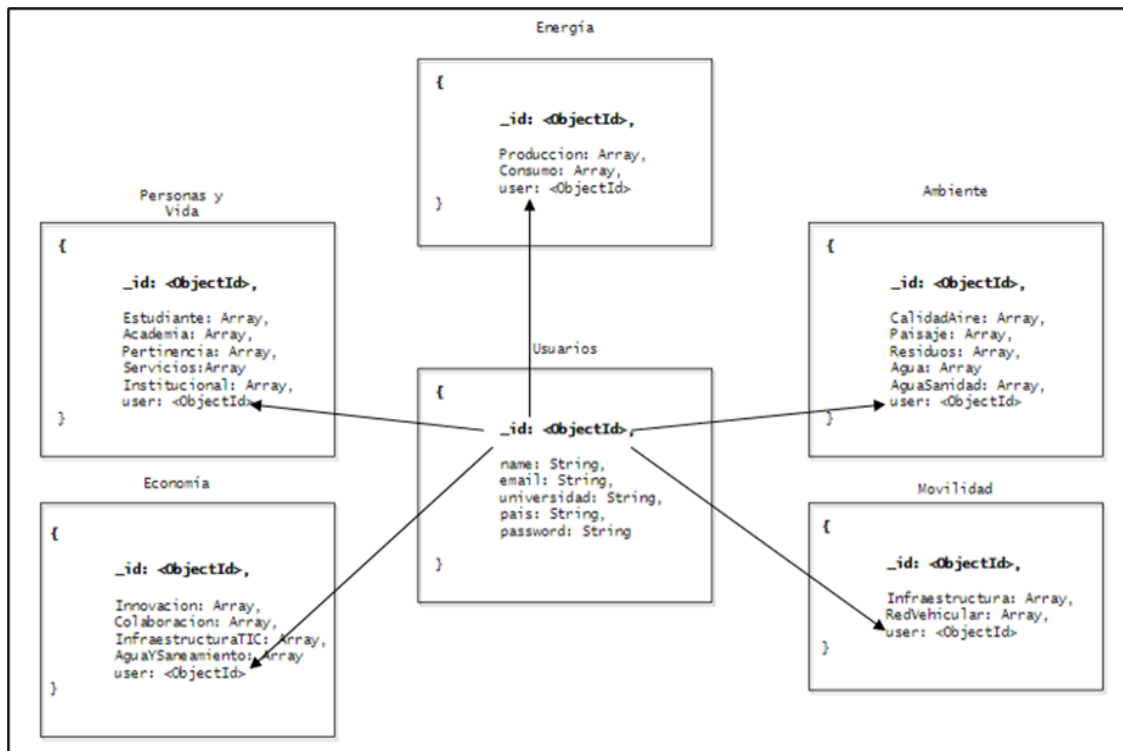


Figura. 6 Estructura base de datos NoSQL

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 6**, se puede observar que la información está estructurada por criterios los cuales se relacionan por medio del “id” del usuario registrado, y dentro de las colecciones de cada criterio se encuentra un conjunto de arreglos que permite el almacenamiento de los datos que conforman el formulario de evaluación.

Todos los “id” de cada colección son generados de manera aleatoria para así evitar el duplicado de variables. Los usuarios al registrarse deberán colocar datos esenciales como el correo electrónico, la universidad, el país al que pertenecen y su respectiva clave de acceso, luego de esto el usuario tendrá acceso al formulario donde tras completar los campos estos podrán almacenarse en su respectiva colección.

Con la información obtenida del formulario se podrán realizar los cálculos respectivos según el modelo de indicadores de clave de desempeño definido para este proyecto para poder proyectarse finalmente en un dashboard con las ponderaciones finales.

Arquitectura del prototipo

La página web del presente proyecto, consta de un frontend que es la interfaz de la página que permite la interacción entre el usuario y el backend, dentro de éste está la conexión con el servidor web que nos permite que la página se encuentre disponible a través de internet y no solo de manera local, y la conexión con la base de datos de la página que se encuentra alojada en un servidor en la nube.

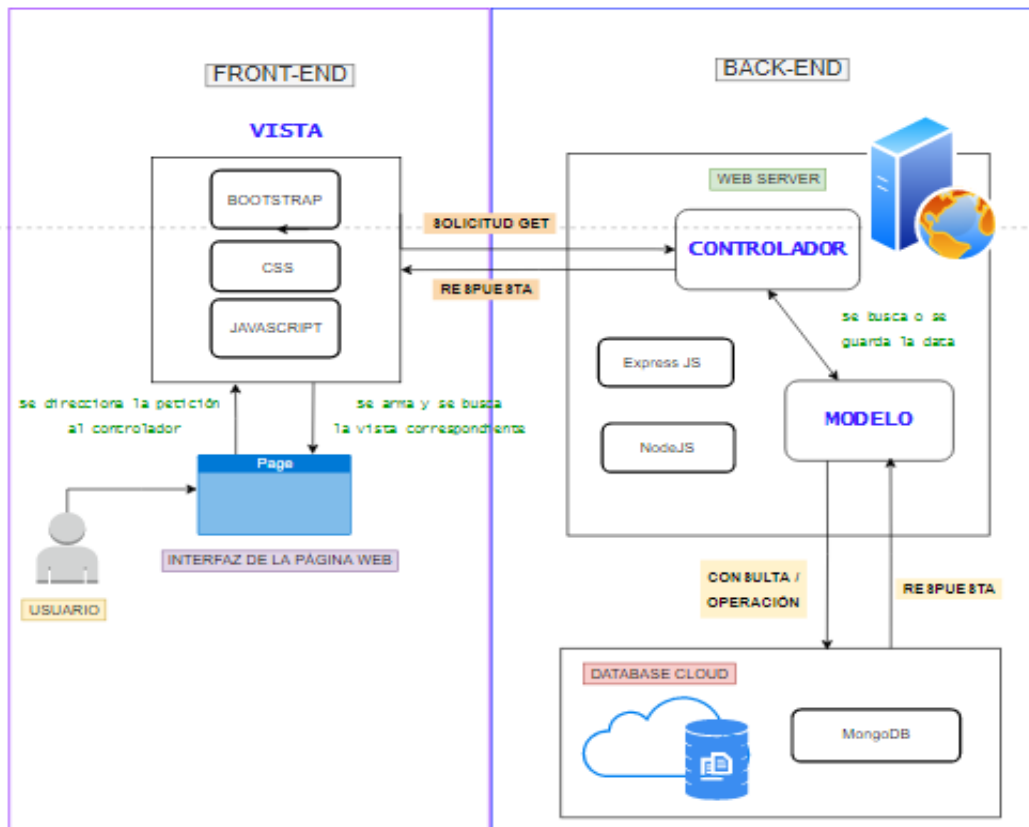


Figura. 7 - Arquitectura MVC de la Página web
Fuente: Elaboración propia

Diseño navegacional

El diseño navegacional se basa de un modelo conceptual para mantener una estructura organizacional de todos los entornos que componen la herramienta web.

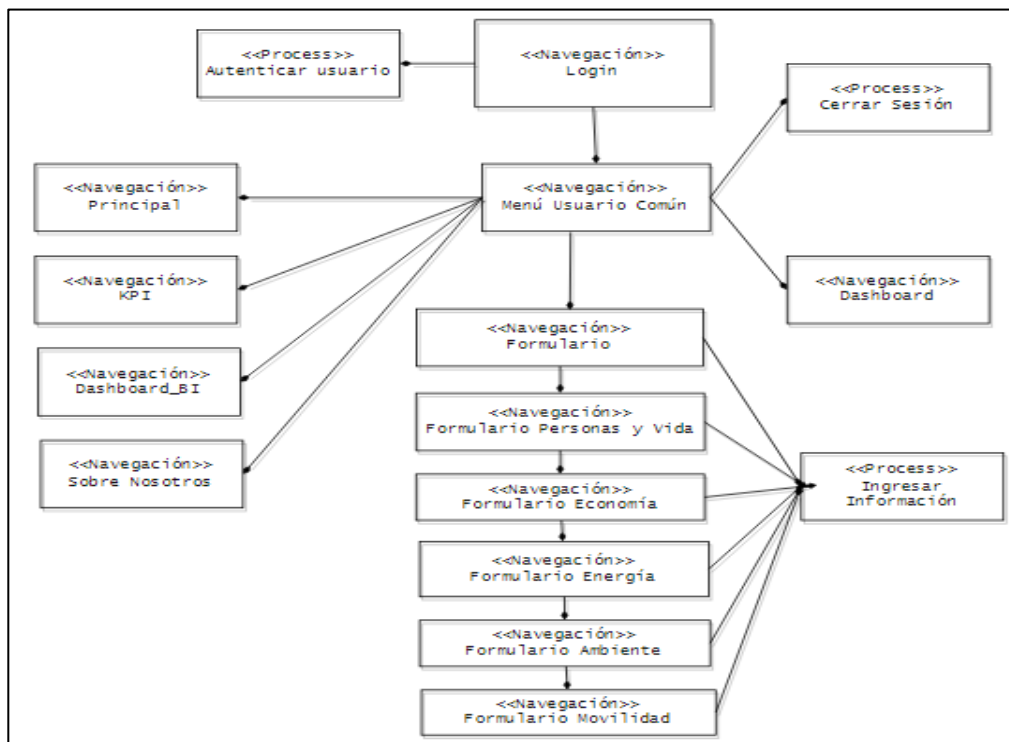


Figura. 8 Diseño navegacional - Usuario común
Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la **Figura 8**, como un usuario común registrado puede ingresar datos dentro de los formularios creados a base del modelo para Universidad Inteligente y Sustentable.

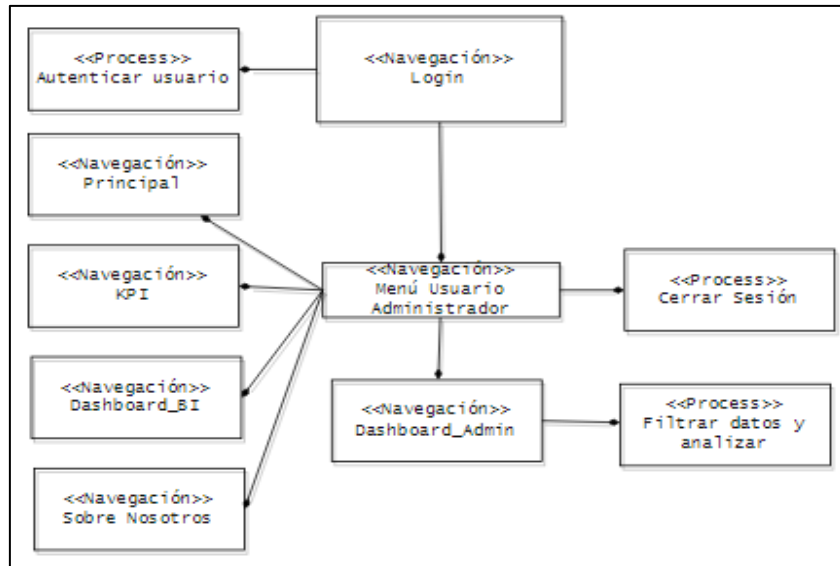


Figura. 9 Diseño navegacional – Administrador
Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 9**, se visualiza que el usuario administrador, solo podrá visualizar las pestañas informativas y el dashboard general de todos los ingresos de usuarios, pero no podrá agregar datos al formulario con el modelo, por lo tanto, no tendrá dashboard individual.

Diseño de interfaz

A continuación, se puede visualizar un diseño de interfaz provisional según las características necesarias descritas en los casos de uso del prototipo.

Figura. 10 Interfaz: Login y Registro
Fuente: Elaboración propia

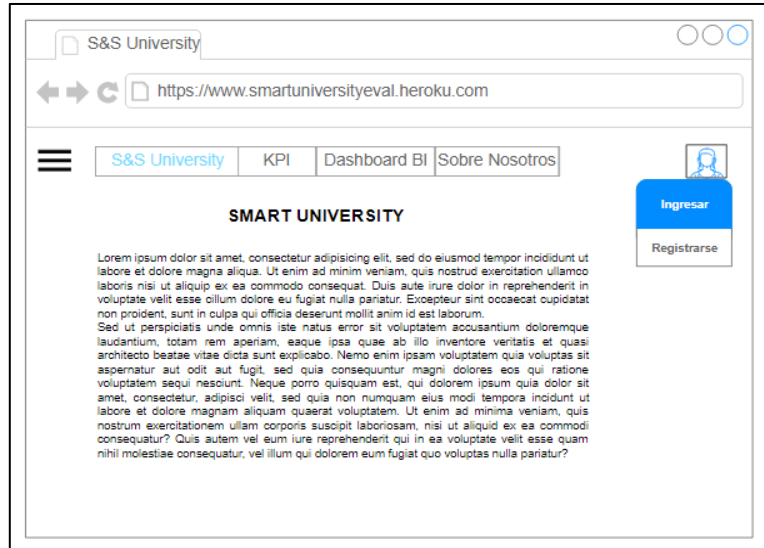


Figura. 11 Interfaz: Principal

Fuente: Elaboración propia

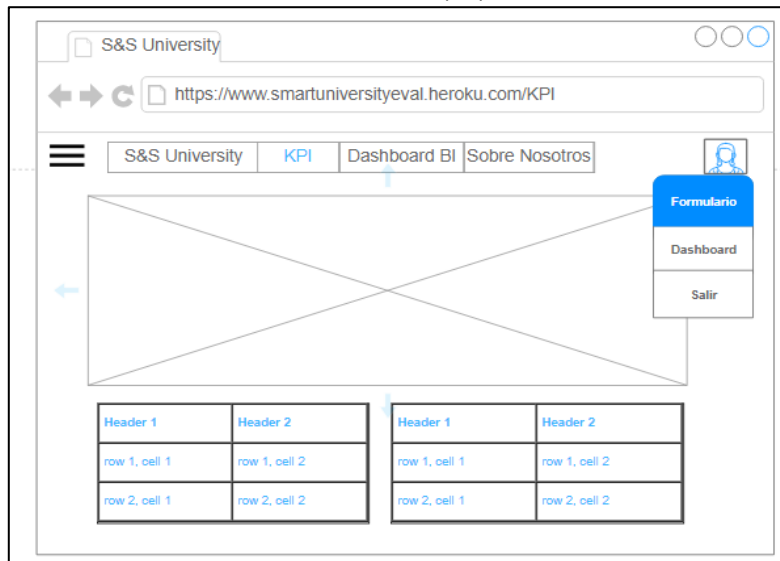


Figura. 12 Interfaz: Indicadores Claves de Desempeño

Fuente: Elaboración propia

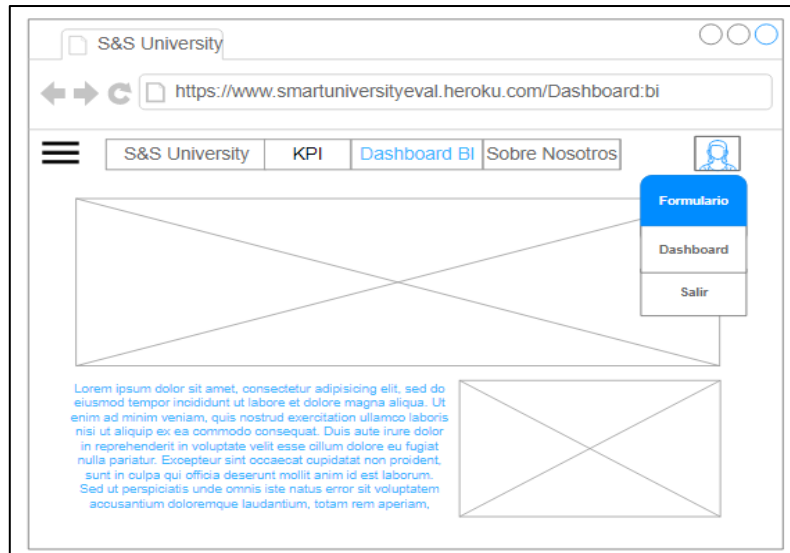


Figura. 13 Interfaz: Información de Herramienta

Fuente: Elaboración propia



Figura. 14 Interfaz: Sobre Nosotros
Fuente: Elaboración propia

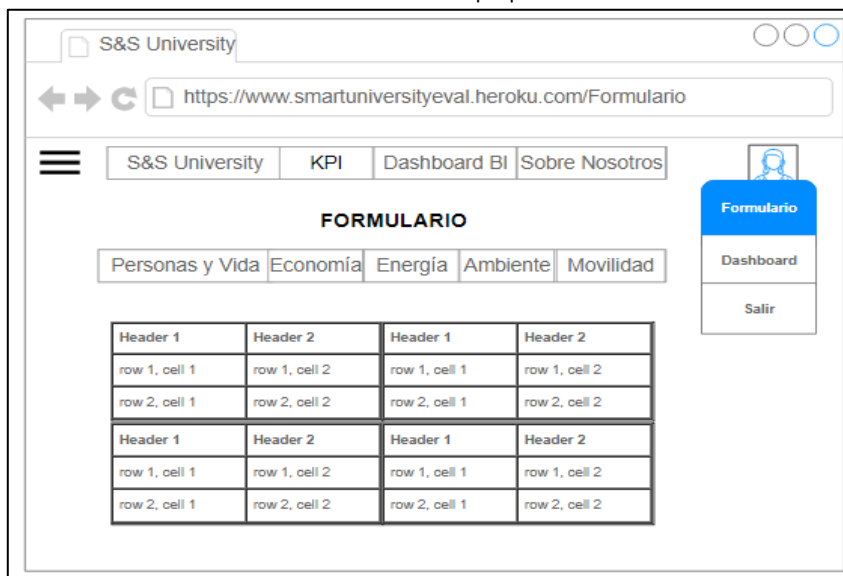


Figura. 15 Interfaz: Usuario Común – Formulario
Fuente: Elaboración propia

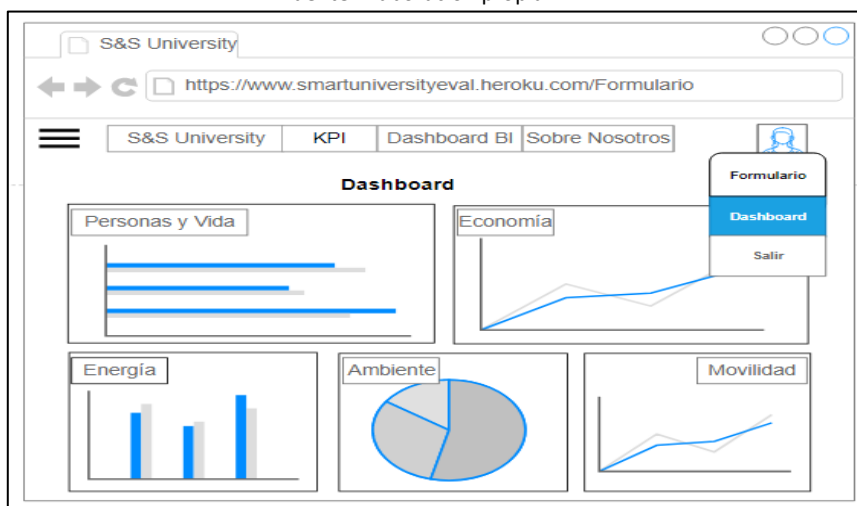


Figura. 16 Interfaz: Dashboard
Fuente: Elaboración propia

Diagramas de Actividades

En los siguientes diagramas se puede ver las acciones que realizan los dos tipos de usuarios y el sistema referente a actividades como: inicio de sesión, registro de usuario ingreso de datos en formulario y visualización del dashboard.

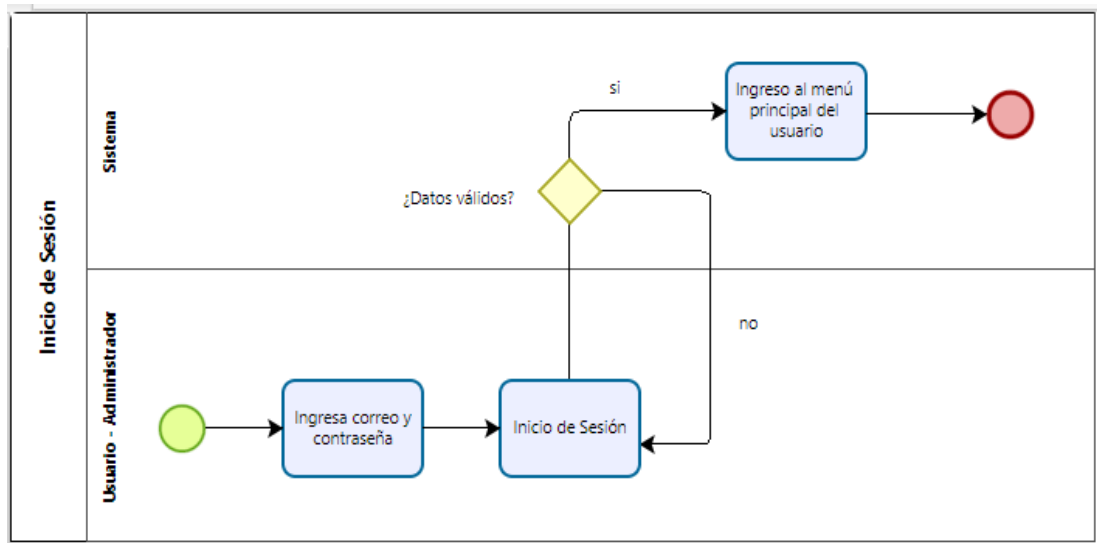


Figura. 17 Diagrama actividades - Inicio de sesión
Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 17**, se puede observar como el sistema valida si los datos del usuario para iniciar sesión son válidos, al ser los datos correctos redirecciona al menú principal del usuario.

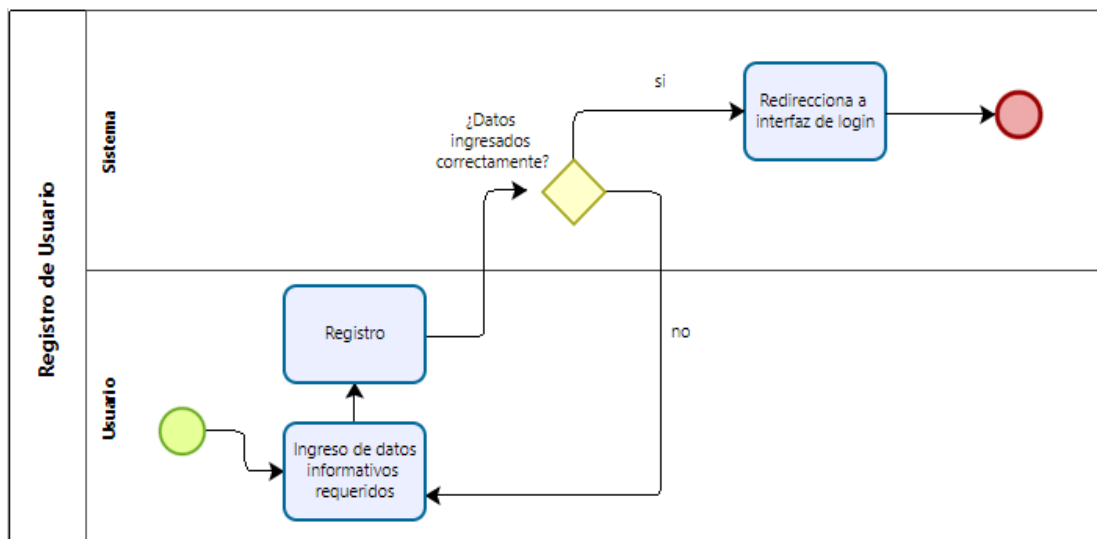


Figura. 18 Diagrama de Actividades - Registro de usuario
Fuente: Elaboración propia

Se puede visualizar que en la **Figura 18**, se muestra cómo se validan los datos ingresados para el registro de usuario.

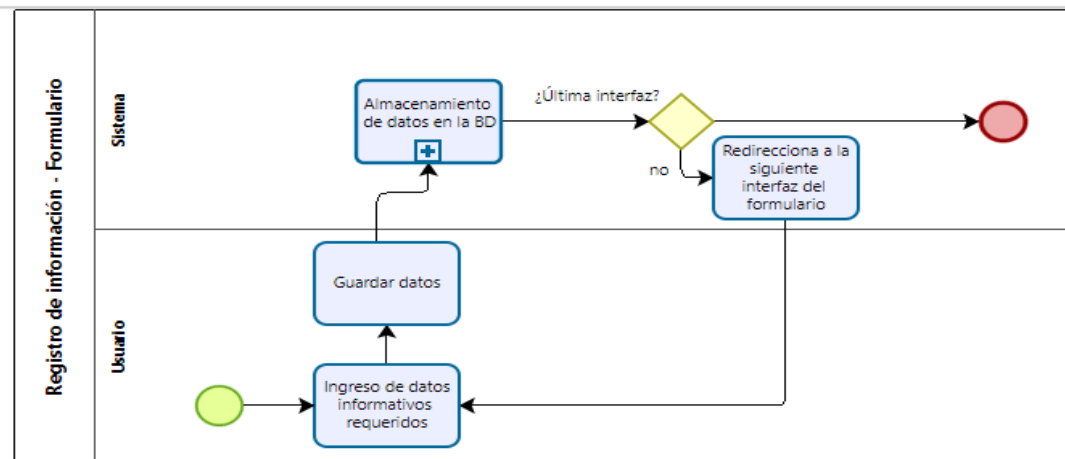


Figura. 19 Diagrama de Actividades - Registro de Información Formulario

Fuente: Elaboración propia

En la presente figura, nos indica como el sistema guarda los datos del formulario en la base de datos creada.

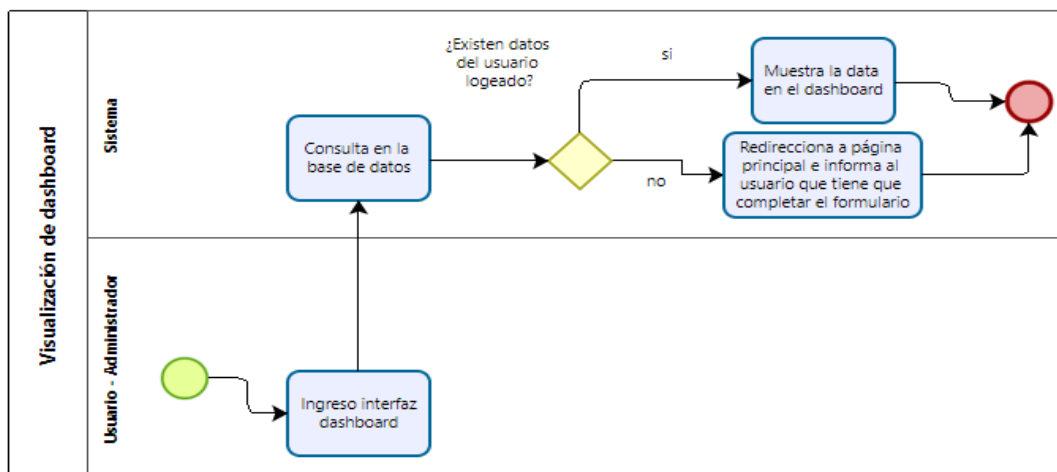


Figura. 20 Diagrama de Actividades - Visualización de Dashboard

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 20** se destaca como el sistema extrae la información de la base de datos para mostrar la información en el dashboard.

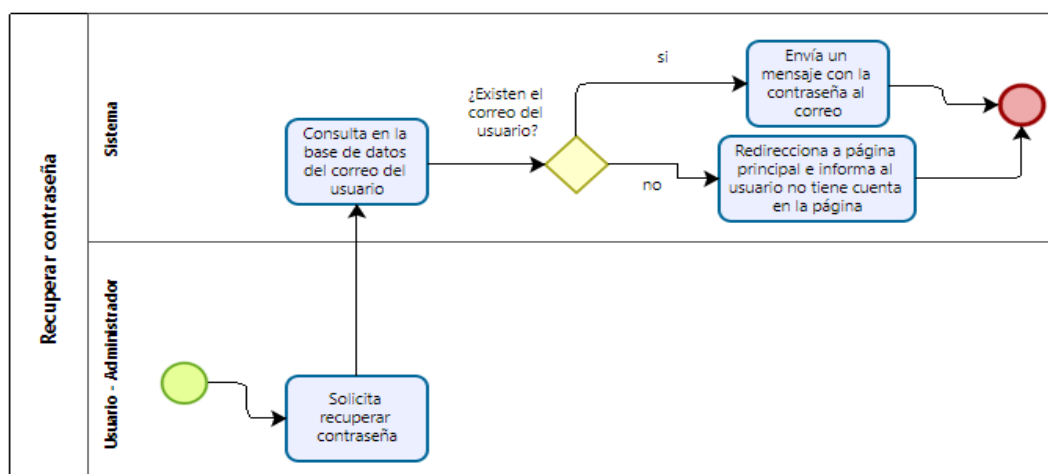


Figura. 21 Diagrama de clases - Recuperar contraseña

Fuente: Elaboración propia

En este diagrama se muestra como el sistema ayuda al usuario a recuperar su contraseña.

Diagrama de secuencia

Estos diagramas nos permiten visualizar la interacción de los objetos durante la línea de ejecución de procesos de cada actividad del sistema. A continuación, se anexan los respectivos diagramas de secuencia.

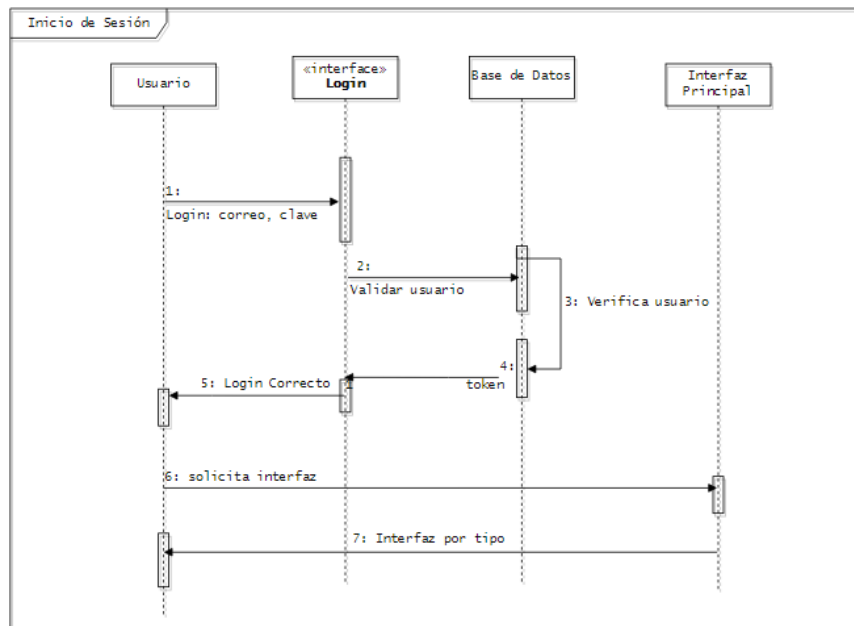


Figura. 22 Diagrama de secuencia - Inicio de Sesión

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 22**, se puede visualizar el proceso que se realiza para iniciar sesión en la página web, después de hacerse la petición, los datos ingresados en la interfaz se comparan con los datos de la BD, si estos coinciden entonces se otorga el acceso a la página.

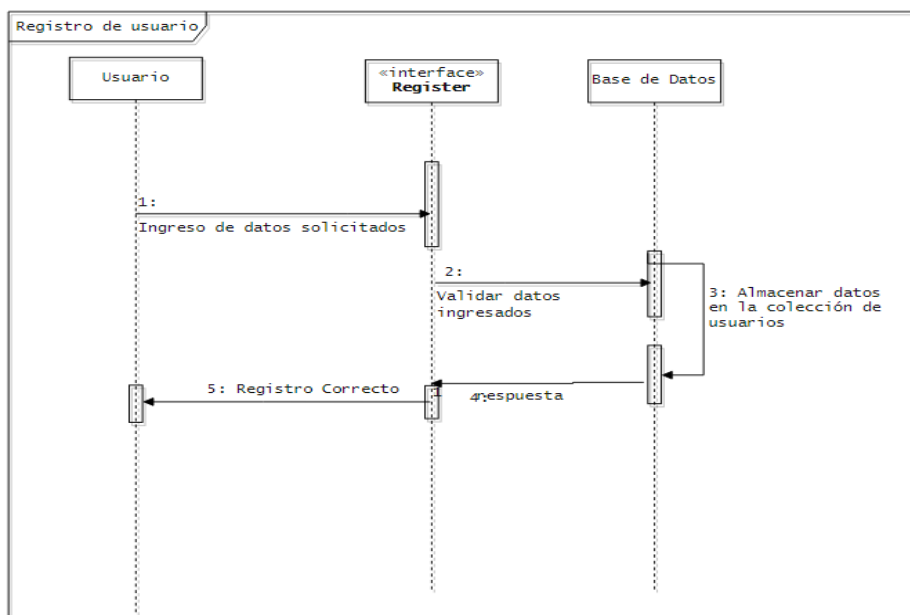


Figura. 23 Diagrama de secuencia - Registro de usuario

Fuente: Elaboración propia

La **Figura 23**, se determina el proceso de registro de usuario, donde se visualiza que se validan los datos ingresados para proceder a grabarlos en la base de datos.

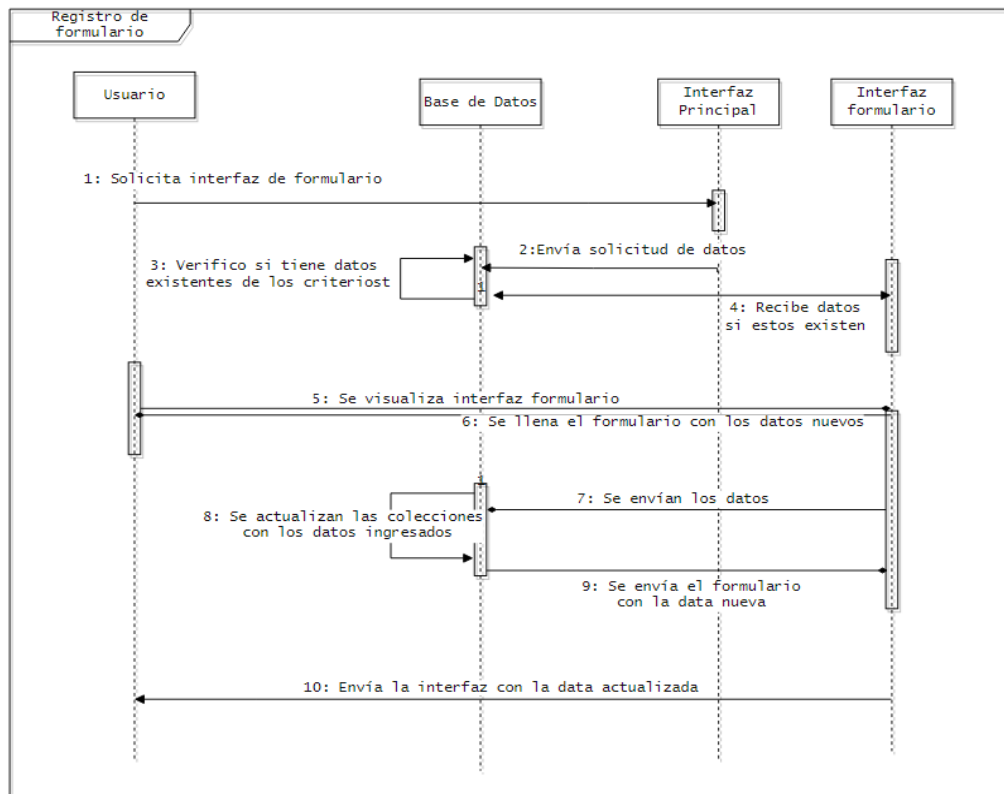


Figura. 24 Diagrama de secuencia - Registro Formulario

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 24**, se visualiza el proceso de registro de formulario, donde el usuario ingresa a la interfaz y se hace una petición a la base de datos para proporcionar la información de los criterios si ésta existiera, en caso contrario se encontrará un formulario vacío por completar.

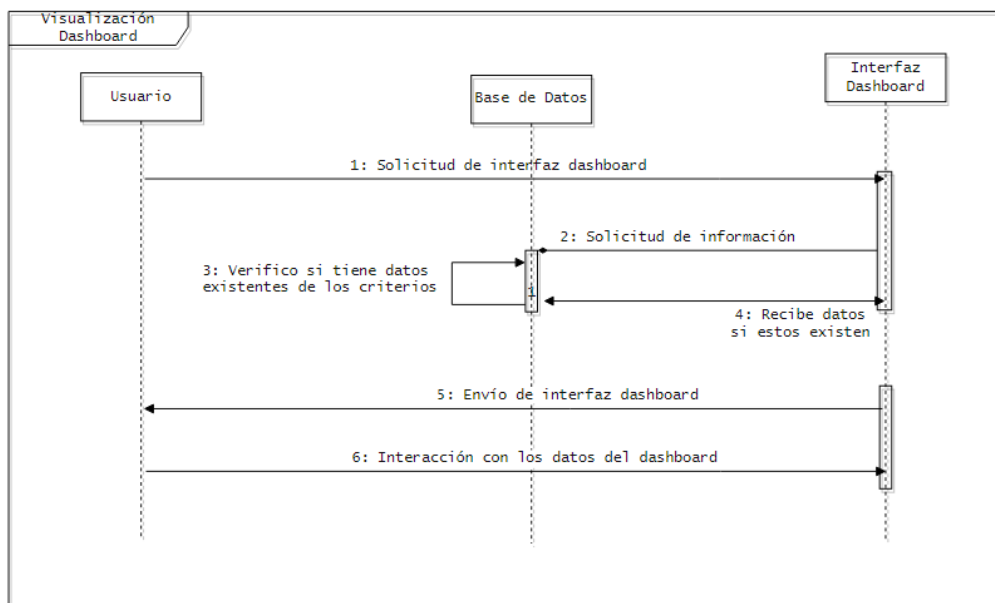


Figura. 25 Diagrama de Secuencia - Visualización de Dashboard

Fuente: Elaboración propia

Dentro de la **Figura 25**, podemos observar que al solicitar acceso a la interfaz de dashboard, primero se verifica si el usuario a ingresado los datos en el formulario, en caso de no tener información en el mismo, el sistema le notificará que el formulario está vacío o incompleto.

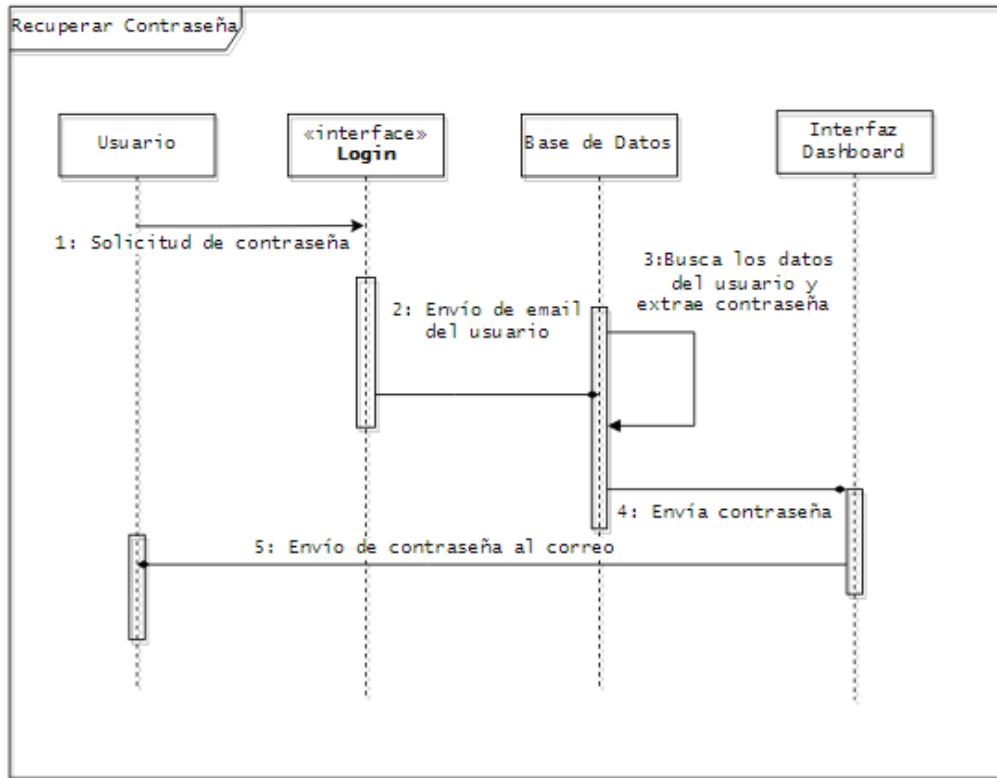


Figura. 26 Diagrama de secuencia - Recuperar contraseña

Fuente: Elaboración propia

En el último diagrama de secuencia podemos divisar el proceso recuperación de contraseña, donde el usuario hace la solicitud enviando su email, luego esta información se busca en la base de datos, se extrae la contraseña y se la envía por correo al usuario.

Fase 4: Programación

Ver sección de ejecución y ensamblaje.

Fase 5: Pruebas

Ver capítulo 3.

2.5. Ejecución y/o ensamblaje del prototipo

El presente trabajo de titulación se basa en el desarrollo de una herramienta web para la evaluación de Universidades e Institutos del 3er nivel basados en un modelo de universidad inteligente y sustentable. El desarrollo de este prototipo se ha basado en una metodología híbrida entre las metodologías: XP y Kanban, extrayendo las mejores prácticas de cada una, para un mejor desarrollo de la herramienta.

A continuación, se adjuntan las capturas de las diferentes interfaces de la página web ya alojada en la internet, por medio del servidor web Heroku, con acceso a la base de datos MongoDB Atlas que trabaja a través de la nube.

Página de Inicio e interfaces informativas

Las páginas informativas de la herramienta, exponen datos referentes al modelo de indicadores claves de desempeño para una universidad inteligente y sustentable, desarrollado a través de la investigación sistemática de la literatura. También se encuentra información sobre la herramienta de Evaluación desarrollada y datos del grupo de investigación que desarrolla la investigación del tema a profundidad.

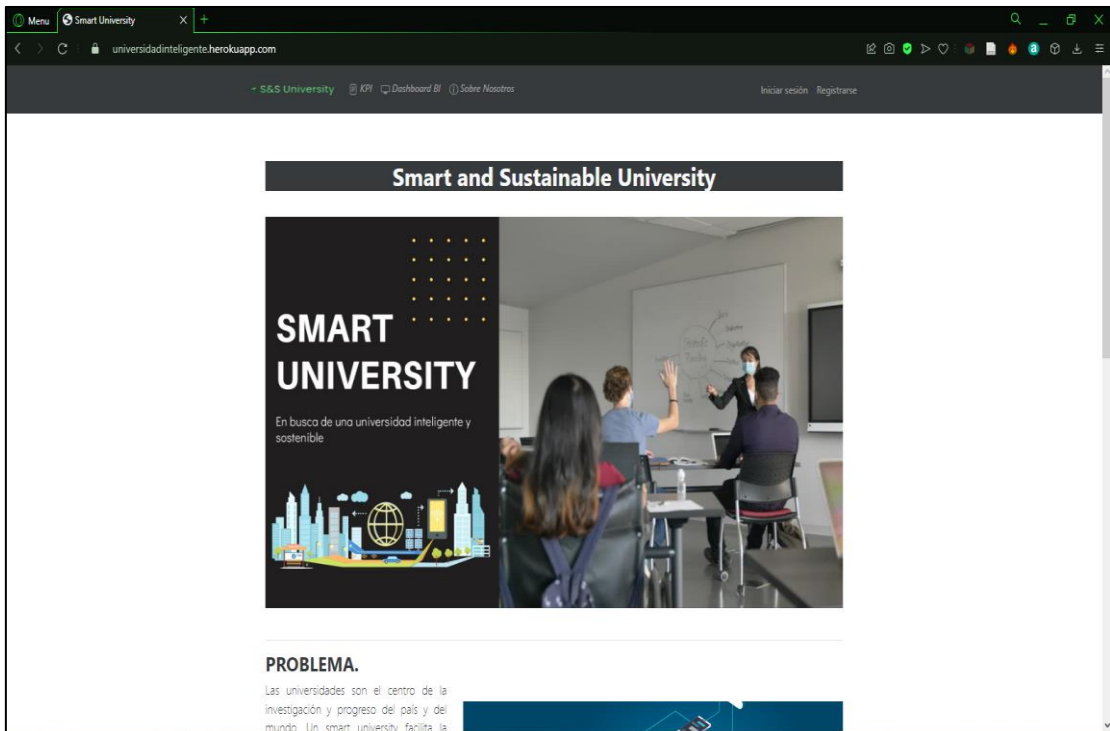


Figura. 27 Interfaz Principal
Fuente: Elaboración propia



Figura. 28 Interfaz Informativa – KPI
Fuente: Elaboración propia

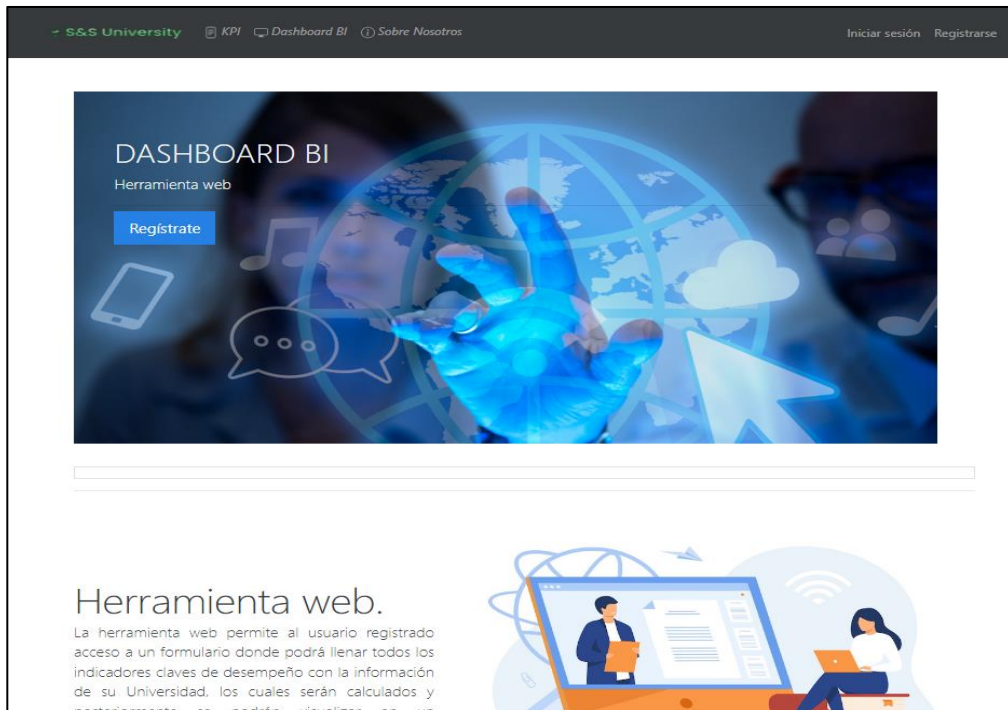


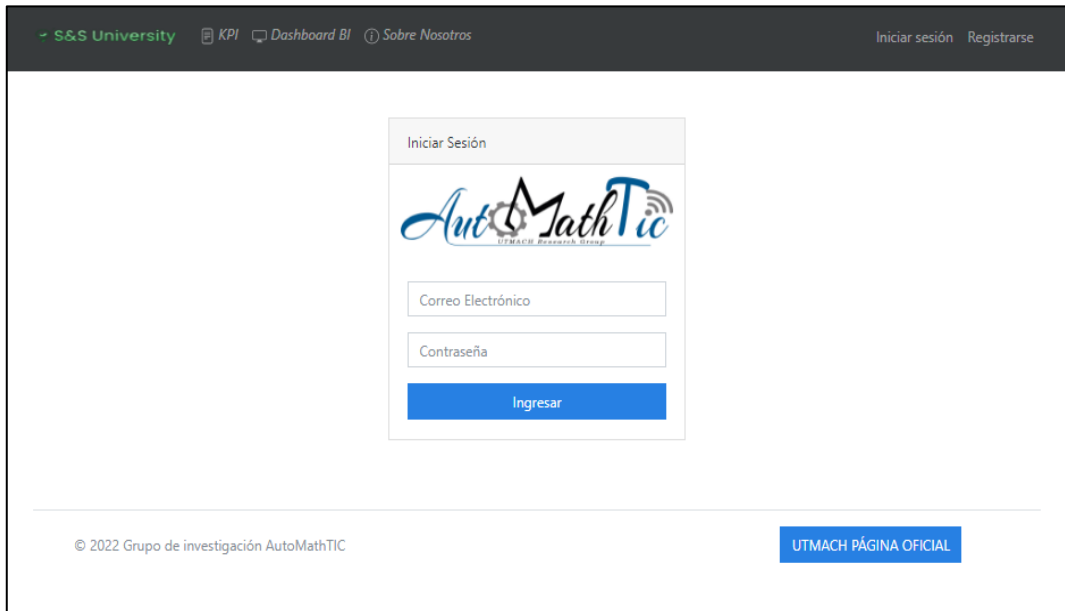
Figura. 29 Interfaz informativa - Herramienta Dashboard BI
Fuente: Elaboración propia



Figura. 30 Interfaz informativa- Sobre Nosotros
Fuente: Elaboración propia

Página de Inicio de sesión y de registro de usuario

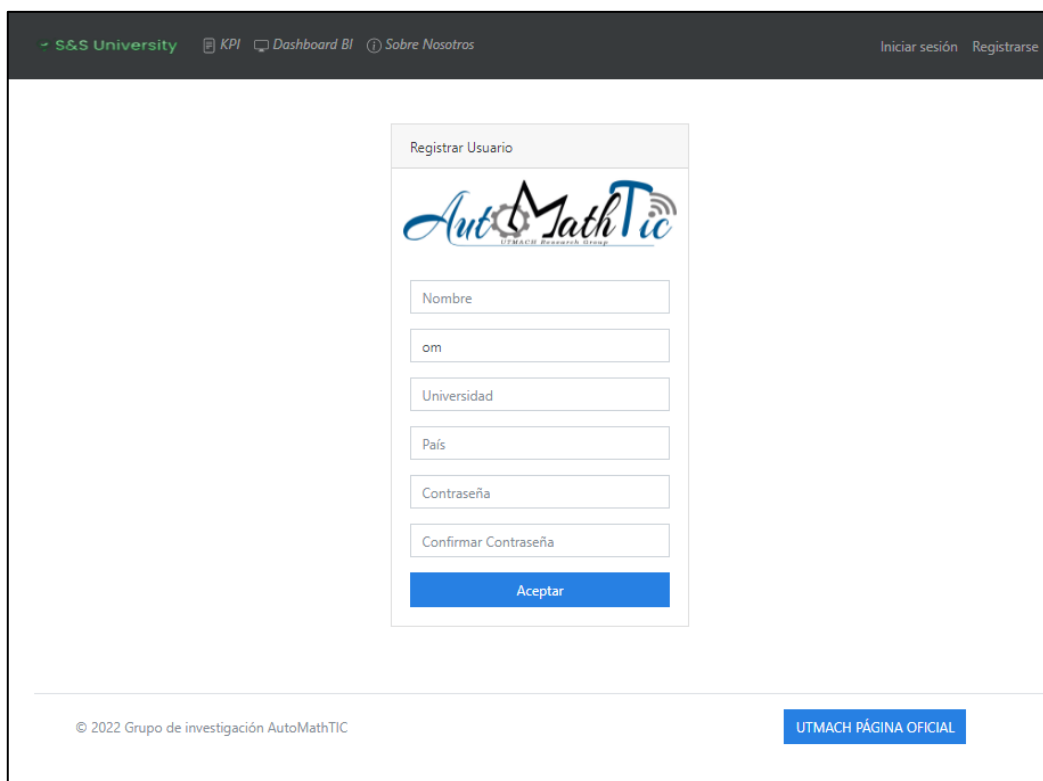
A continuación, se visualizan las interfaces de inicio de sesión y registro de usuario. Se puede observar que tiene el logo correspondiente al grupo de investigación, además al momento de registrar el usuario también se registran los datos de la universidad y el país.



The screenshot shows the login page for AutoMathTic. At the top, there is a navigation bar with the S&S University logo, links for KPI, Dashboard BI, and Sobre Nosotros, and buttons for 'Iniciar sesión' and 'Registrarse'. The main content area features a central form titled 'Iniciar Sesión'. The form includes the AutoMathTic logo, a text input field for 'Correo Electrónico', another for 'Contraseña', and a blue 'Ingresar' button. At the bottom of the page, there is a copyright notice '© 2022 Grupo de investigación AutoMathTIC' and a blue button labeled 'UTMACH PÁGINA OFICIAL'.

Figura. 31 Interfaz Inicio de Sesión

Fuente: Elaboración propia



The screenshot shows the user registration page for AutoMathTic. It has the same top navigation bar as the login page. The main content area features a central form titled 'Registrar Usuario'. The form includes the AutoMathTic logo and several text input fields: 'Nombre', 'om', 'Universidad', 'País', 'Contraseña', and 'Confirmar Contraseña'. A blue 'Aceptar' button is at the bottom of the form. The footer contains the same copyright notice and 'UTMACH PÁGINA OFICIAL' button as the login page.

Figura. 32 Interfaz de Registro de Usuario

Fuente: Elaboración propia

Página de Formulario – (Usuario Común)

En la **Figura 29**, se puede apreciar el formulario del modelo KPI, con datos ya ingresados por un usuario; además de los botones que redireccionan a los demás formularios por criterio.

MODELO DE KPI

Personas y Vida | Economía | Energía | Ambiente | Movilidad

Personas y Vida

ESTUDIANTES

Tasa de titulación	Nº de estudiantes graduados	<input type="text" value="400"/>	Nº de estudiantes matriculados	<input type="text" value="800"/>
Tasa de retención	Nº estudiantes admitidos	<input type="text" value="700"/>	Nº de estudiantes matriculados	<input type="text" value="800"/>
Bienestar Estudiantil	Nº estudiantes beneficiados por beca, etc.	<input type="text" value="600"/>	Total estudiantes matriculados	<input type="text" value="800"/>
Intercambios internacionales	Nº estudiantes internacionales	<input type="text" value="500"/>	Nº total de estudiantes	<input type="text" value="800"/>

ACADEMIA

Afinidad formación posgrado	Nº de profesores con posgrado	<input type="text" value="90"/>	Nº total de profesores	<input type="text" value="100"/>
Investigación	Nº publicaciones de los 6 últimos periodos	<input type="text" value="10"/>	Cantidad de años (3 años)	<input type="text" value="3"/>
Actualización científica	Nº de profesores que han asistido a eventos de actualización científica y/o pedagógica	<input type="text" value="30"/>	Nº total de profesores	<input type="text" value="100"/>
Titularidad	Nº total de profesores titulares	<input type="text" value="40"/>	Nº total de profesores	<input type="text" value="100"/>

Figura. 33 Interfaz del Formulario a base del Modelo KPI

Fuente: Elaboración propia

Dashboard - (Usuario Común)

En el dashboard individual por usuario se reflejan los resultados de cada Criterio de la universidad del usuario loggeado.

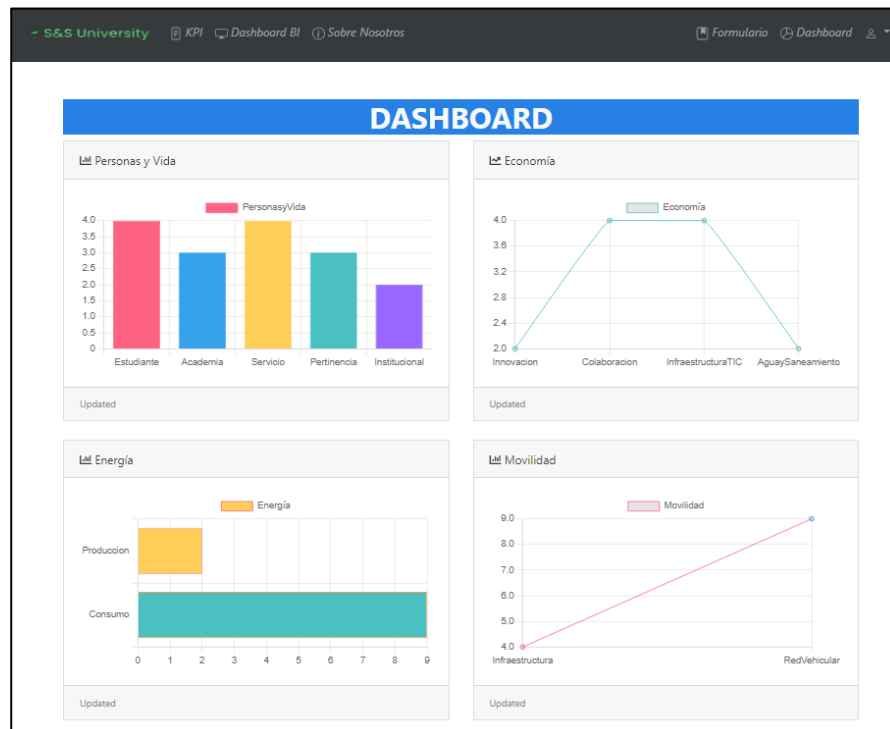


Figura. 34 Dashboard individual

Fuente: Elaboración propia

Dashboard – (Usuario Administrador)

El dashboard del administrador está generado con mongoDB Atlas, y tiene filtros a través del id del usuario, nombre de la universidad entre otros.

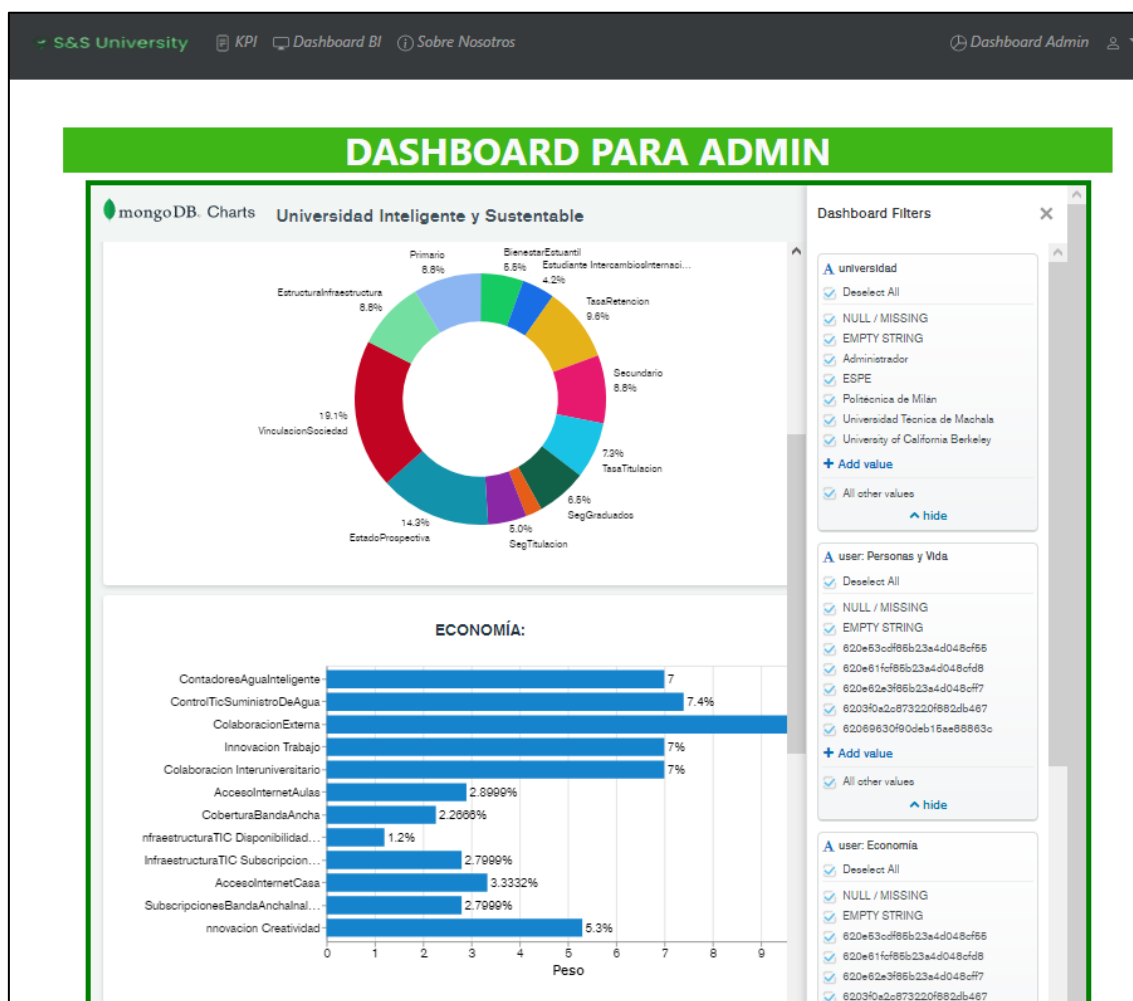


Figura. 35 Dashboard Global – Administrador
Fuente: Elaboración propia

3. CAPÍTULO III: EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO

3.1. Plan De Evaluación

Para la evaluación de la herramienta web “S&S University” desarrollada a lo largo del presente trabajo, se optó por una evaluación de calidad, evaluación de tendencias de diseño y herramientas para medir el nivel del SEO de la aplicación web.

3.2. Resultados De La Evaluación

Analizando el tipo de proyecto y de prototipo se optó por utilizar como base la norma ISO/IEC 9126, la cual evalúa los niveles de calidad del sistema a partir de la funcionalidad, usabilidad, portabilidad, confiabilidad y eficiencia.

Para la Evaluación se escogieron herramientas web que califiquen los parámetros antes mencionados.

	Funcionalidad	Usabilidad	Portabilidad	Confiabilidad	Eficiencia
GTmetrix				X	X
PageSpeed Insights		X	X		
Run FAE	X				
Pentest Tools				X	

Tabla 17 Evaluación de calidad ISO/IEC 9126

Fuente: Elaboración propia

GTmetrix

Esta herramienta ayuda a determinar el grado de fiabilidad de una página web analizando los tiempos de ejecución del navegador y el servidores de la página, reflejando a su vez los tiempos de velocidad de los mismos.

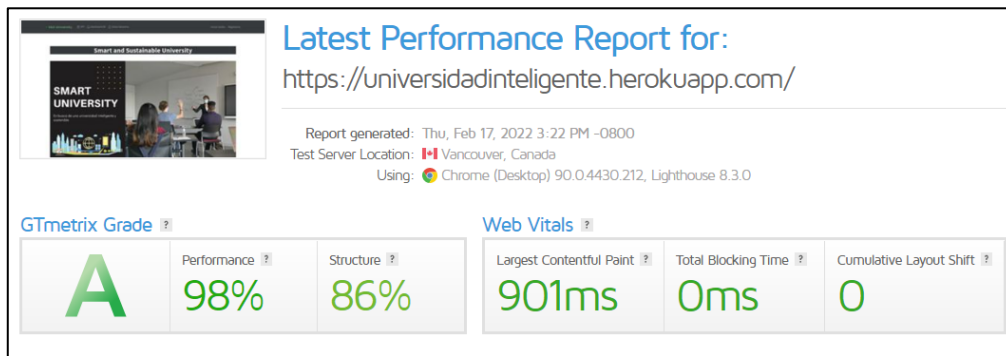


Figura. 36 GTmetrix - Resultado Evaluación

Fuente: Elaboración propia

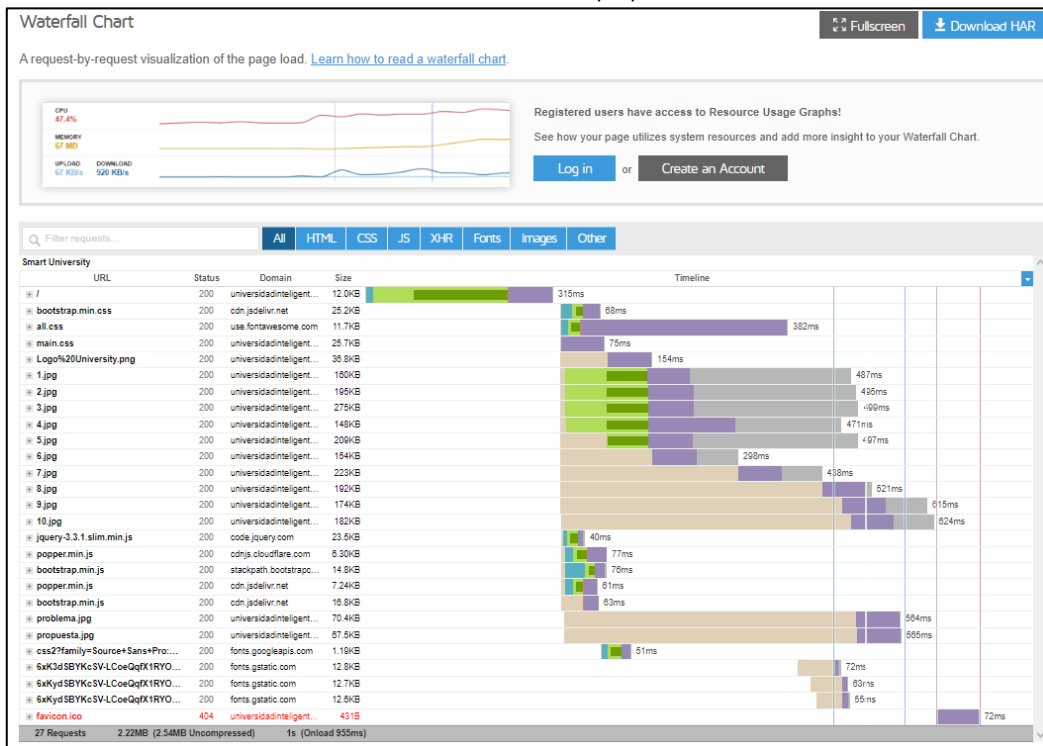


Figura. 37 GTmetrix Evaluación de confiabilidad

Fuente: Elaboración propia

Los resultados que refleja esta herramienta referente a la página web creada en este proyecto, es que tenemos valores de confiabilidad y eficiencia regulares, pero eso es debido al uso de

servidores gratuitos, así que dentro de los parámetros la página obtiene muy buena puntuación.

PageSpeed Insights

Esta herramienta evalúa el rendimiento, la usabilidad en dispositivos móviles e igual que GTmetrix el tiempo que toman las respuestas del servidor, también evalúa la optimización de imágenes y el diseño de la página en sí.

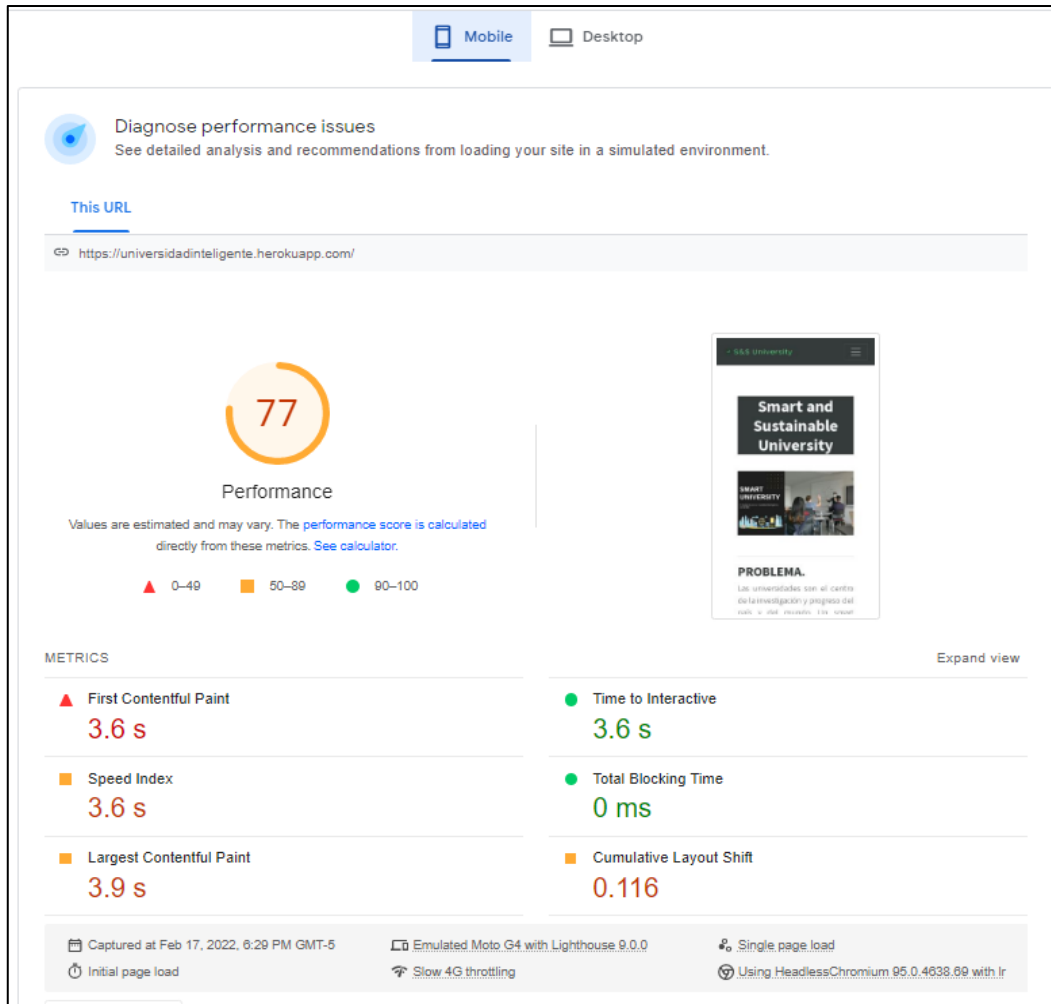


Figura. 38 PageSpeed Insights - Evaluación de Usabilidad y Portabilidad : Móvil
Fuente: Elaboración propia

Referente a la información que se encuentra en la **Figura 38**, indica que el nivel de usabilidad y portabilidad en plataforma móvil se encuentra en un nivel medio, esto es debido a la carga de la librería Chart.js, porque está adaptada principalmente para plataformas de escritorio, pero aun así la calificación en esta categoría es alta.

Por otro lado, en la **Figura 39**, podemos apreciar una calificación de 96%, es decir que el grado de usabilidad y portabilidad de la página web está en un nivel óptimo, teniendo buena velocidad de respuesta a las interacciones del usuario con la página y a su vez con el servidor.

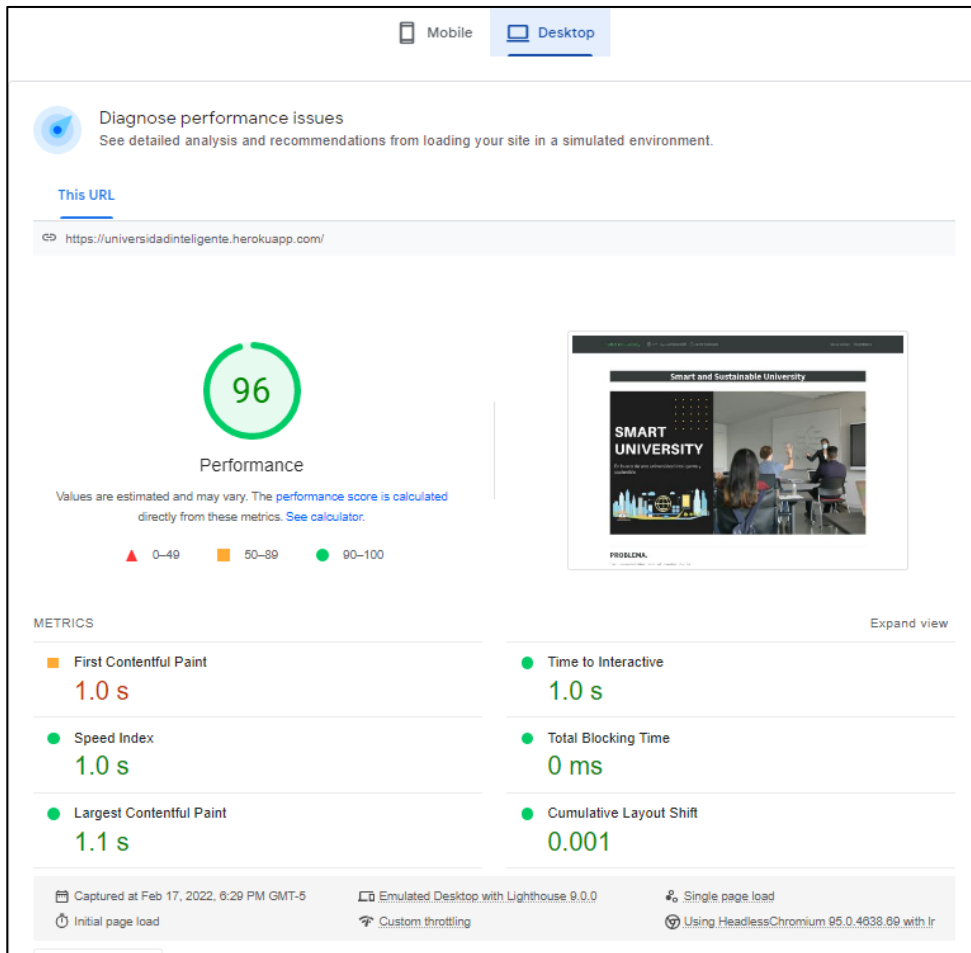


Figura. 39 PageSpeed Insights - Evaluación de Usabilidad y Portabilidad : Escritorio
Fuente: Elaboración propia

Run FAE

Esta herramienta web nos ayuda a encontrar errores y advertencias en lo que tiene que ver con codificación al momento de evaluar la funcionalidad de la página web.

En la **Figura 40**, se puede observar que se aprueba la página con tan solo unas advertencias y errores que tienen que ver con el uso de librerías actuales que hacen que el código sea un poco diferente en cuanto a interfaz.

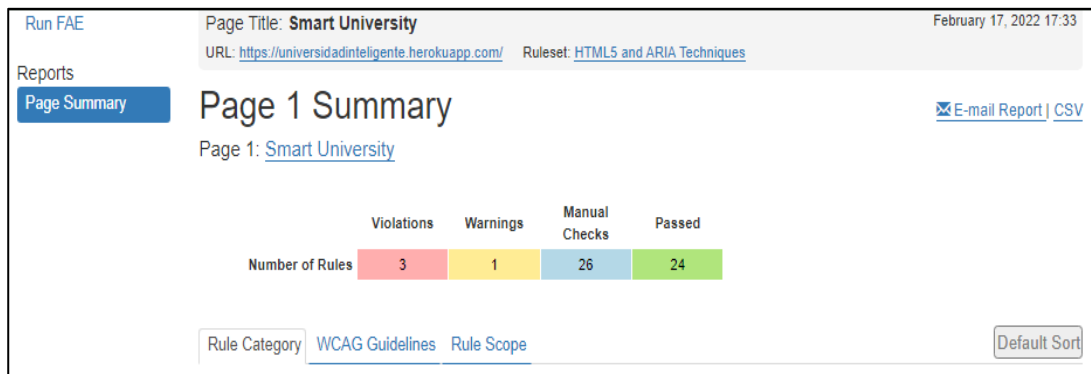


Figura. 40 Run FAE - Evaluación de funcionalidad
Fuente: Elaboración propia

Pentest Tools

Esta herramienta trabaja con un escáner que evalúa las vulnerabilidades de una página web, y a su vez analiza los posibles problemas existentes con el servidor; utilizando un conjunto de herramientas que comprenden una solución para la recopilación de información, pruebas de aplicaciones web, pruebas de CMS, evaluación de infraestructura y comprobación de SSL.

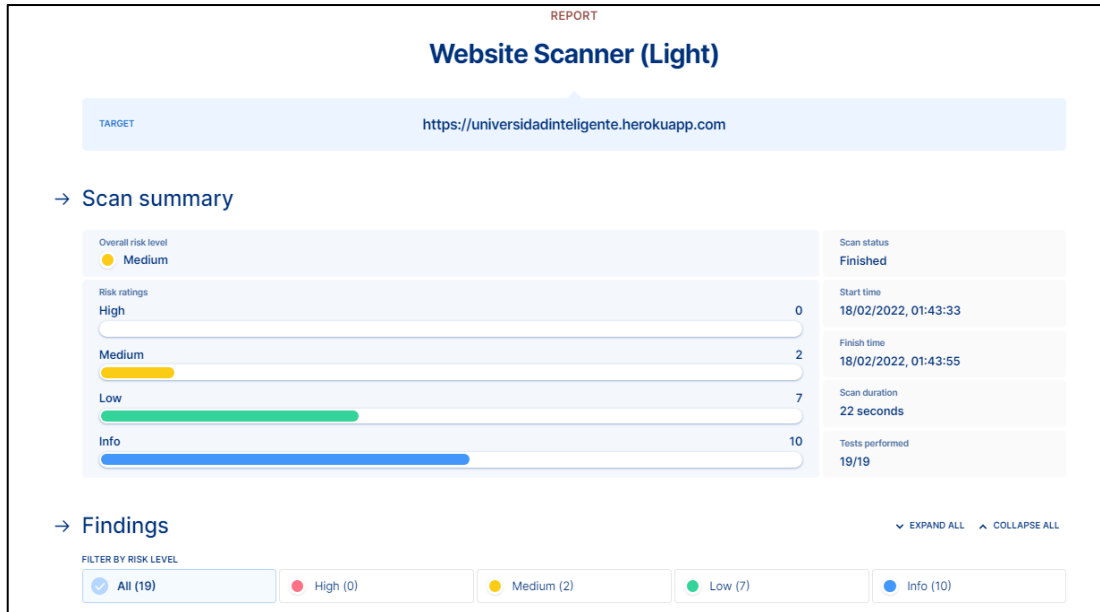


Figura. 41 Pentest Tools - Evaluación de Confiabilidad

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que los resultados son regulares, pero esto se debe al uso de servidores públicos para la publicación de la página web, aun así, los valores de aprobación son altos, así que podemos decir que la valoración de la página en cuanto a confiabilidad es aceptable.

Conclusiones

Una vez finalizado el proceso de desarrollo de la página web para la evaluación de un modelo de universidad inteligente y sostenible se concluye que:

- La revisión sistemática de la literatura es una buena metodología para la investigación de información durante la elaboración del modelo y del estado del arte del trabajo de titulación.
- Se desarrollo un modelo de indicadores claves de desempeño basados en la universidad tradicional y el enfoque sustentable e inteligente de un smart campus.
- La herramienta web implementada, permite la gestión de la evaluación de los indicadores claves de desempeño de una universidad inteligente y sostenible, en la cual los resultados se presentan a través de un dashboard.
- Se realizaron pruebas de rendimiento para evaluar la aplicación web en donde se obtuvieron resultados positivos y óptimos, referente a la funcionalidad, usabilidad, portabilidad, confiabilidad y eficiencia.

Recomendaciones

Considerando las dificultades e imprevistos manejados a lo largo del proceso de este proyecto, se recomienda que:

- Para el manejo de grandes cantidades de datos, que van en incremento es mejor utilizar un modelo de datos no relacional, debido a su flexibilidad que permite organizar diversidades de campos sin afectar la integridad de la información.
- Es importante modelar los procesos del sistema, para lograr comprender los requerimientos funcionales del software, ayudando así a optimizar los tiempos de desarrollo.
- El uso del framework Handlebars para el front-end de una página web, reduce la cantidad de código redundante, por medio de la implementación de partials, mejorando el tiempo de elaboración del lado del cliente.
- Para el desarrollo de Dashboard en aplicaciones web, es recomendable optar por la librería Chart.js ya que es fácil de manipular y el diseño de las gráficas son de calidad y responsivas.
- Para trabajos futuros, sería bueno adicionar más funciones al usuario administrador de la aplicación, donde pueda editar campos, agregar criterios, subcriterios y KPIs.
- Para la parte del usuario común, puede agregarse la opción de imprimir el reporte dashboard y el editar datos personales.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] A.-M. Yang, S.-S. Li, C.-H. Ren, H.-X. Liu, Y. Han, y L. Liu, "Situational Awareness System in the Smart Campus", *IEEE Access*, vol. 6, pp. 63976–63986, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2877428.
- [2] F. Pagliaro *et al.*, "A roadmap toward the development of Sapienza Smart Campus", en *2016 IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)*, jun. 2016, pp. 1–6. doi: 10.1109/EEEIC.2016.7555573.
- [3] Universitas Indonesia, "Guía UI GreenMetric World University". el 14 de agosto de 2018.
- [4] E. D. Madyatmadja, T. R. Yulia, D. J. M. Sembiring, y S. M. B. P. Angin, "Iot usage on smart campus: A systematic literature review", *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, vol. 11, núm. 5, pp. 45–52, 2021, doi: 10.46338/IJETAE0521_06.
- [5] J. C. Kim, T. H. Laine, y C. Åhlund, "Multimodal Interaction Systems Based on Internet of Things and Augmented Reality: A Systematic Literature Review", *Appl. Sci.*, vol. 11, núm. 4, Art. núm. 4, ene. 2021, doi: 10.3390/app11041738.
- [6] B. Mazon-Olivo y A. Pan, "Internet de las Cosas: Estado del Arte, Paradigmas Computacionales y Arquitecturas de Referencia", *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 100, núm. XXX, Art. núm. XXX, may 2021, Consultado: el 3 de agosto de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://latamt.ieeer9.org/index.php/transactions/article/view/5037>
- [7] J. Berrú-Ayala, D. Hernandez-Rojas, P. Morocho-Díaz, J. Novillo-Vicuña, B. Mazon-Olivo, y A. Pan, "SCADA System Based on IoT for Intelligent Control of Banana Crop Irrigation", en *Applied Technologies*, Cham, 2020, pp. 243–256. doi: 10.1007/978-3-030-42517-3_19.
- [8] I. Ramírez Morales y B. Mazón Olivo, *Análisis de Datos Agropecuarios*. Machala : Universidad Técnica de Machala, 2018. Consultado: el 24 de febrero de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12540>
- [9] D. Hernandez-Rojas, B. Mazon-Olivo, J. Novillo-Vicuña, C. Escudero-Cascon, A. Pan-Bermudez, y G. Belduma-Vacacela, "IoT Android Gateway for Monitoring and Control a WSN", en *Technology Trends*, Cham, 2018, pp. 18–32. doi: 10.1007/978-3-319-72727-1_2.
- [10] B. Mazon-Olivo, D. Hernández-Rojas, J. Maza-Salinas, y A. Pan, "Rules engine and complex event processor in the context of internet of things for precision agriculture", *Comput. Electron. Agric.*, vol. 154, pp. 347–360, nov. 2018, doi: 10.1016/j.compag.2018.09.013.
- [11] J. P. N. Vicuña, D. Hernandez, B. Mazon-Olivo, J. Ríos, y O. Villavicencio, *Arduino y el Internet de las cosas*. 2018. doi: 10.17993/IngyTec.2018.45.
- [12] R. A. Abougalala, M. A. Amasha, M. F. Areed, y D. Khairy, "BLOCKCHAIN-ENABLED SMART UNIVERSITY: A FRAMEWORK", . *Vol.*, núm. 17, p. 13, 2005.
- [13] I. Cebriñ, *Libro blanco: smart cities*. Bilbao: Enerlis, 2012.
- [14] M. Cañ, "Smart university, a new concept in the Internet of Things", 2015, pp. 195–197. doi: 10.1109/RoEduNet.2015.7311993.

- [15] Y. Khamayseh, W. Mardini, S. Aljawarneh, y M. B. Yassein, "Integration of Wireless Technologies in Smart University Campus Environment: Framework Architecture", *Int. J. Inf. Commun. Technol. Educ.*, vol. 11, núm. 1, pp. 60–74, mar. 2015, doi: 10.4018/ijicte.2015010104.
- [16] J. Torres-Sospedra *et al.*, "Enhancing integrated indoor/outdoor mobility in a smart campus", *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 29, núm. 11, pp. 1955–1968, nov. 2015, doi: 10.1080/13658816.2015.1049541.
- [17] A. Barbato *et al.*, "Energy Optimization and Management of Demand Response Interactions in a Smart Campus", *Energies*, vol. 9, núm. 6, Art. núm. 6, jun. 2016, doi: 10.3390/en9060398.
- [18] J. M. Bernabeu, F. Maciá Pérez, J. Berna-Martinez, I. Lorenzo-Fonseca, y A. Guilló, *Smart University: hacia una universidad más abierta*. 2016.
- [19] V. Bureš, P. Tučník, P. Mikulecký, K. Mls, y P. Blecha, "Application of ambient intelligence in educational institutions: Visions and architectures", *Int. J. Ambient Comput. Intell.*, vol. 7, núm. 1, pp. 94–120, 2016, doi: 10.4018/IJACI.2016010105.
- [20] A. Eluwaini y E. El-Dajani, "A Proposed Strategy for the Transformation of the Palestinian Universities towards Smart University, According to the Requirements of the Knowledge Economy", *Int. Conf. SMART CITIES Solut.*, ago. 2016, Consultado: el 2 de agosto de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://iugspace.iugaza.edu.ps/handle/20.500.12358/28259>
- [21] D. Mancini, R. Lamboglia, y P. Piedepalumbo, *New Business Model for Value Co-creation in Smarter Universities*. 2016.
- [22] B. Mattoni *et al.*, "A matrix approach to identify and choose efficient strategies to develop the Smart Campus", en *2016 IEEE 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC)*, jun. 2016, pp. 1–6. doi: 10.1109/EEEIC.2016.7555571.
- [23] T. G. Stavropoulos, G. Koutitas, D. Vrakas, E. Kontopoulos, y I. Vlahavas, "A smart university platform for building energy monitoring and savings", *J. Ambient Intell. Smart Environ.*, vol. 8, núm. 3, pp. 301–323, 2016, doi: 10.3233/AIS-160375.
- [24] X. Liu, "A Study on Smart Campus Model in the Era of Big Data", presentado en 2016 2nd International Conference on Economics, Management Engineering and Education Technology (ICEMEET 2016), Sanya, China, 2017. doi: 10.2991/icemeet-16.2017.191.
- [25] E. M. Malatji, "The development of a smart campus - African universities point of view", en *2017 8th International Renewable Energy Congress (IREC)*, mar. 2017, pp. 1–5. doi: 10.1109/IREC.2017.7926010.
- [26] W. Muhamad, N. B. Kurniawan, Suhardi, y S. Yazid, "Smart campus features, technologies, and applications: A systematic literature review", en *2017 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, oct. 2017, pp. 384–391. doi: 10.1109/ICITSI.2017.8267975.
- [27] J. A. Parra-Valencia, C. D. Guerrero, y D. Rico-Bautista, "IOT: una aproximación desde ciudad inteligente a universidad inteligente", *Rev. Ingenio*, vol. 13, núm. 1, Art. núm. 1, jul. 2017, doi: 10.22463/2011642X.2128.

- [28] V. L. Uskov, J. P. Bakken, S. Karri, A. V. Uskov, C. Heinemann, y R. Rachakonda, "Smart University: Conceptual Modeling and Systems' Design", en *Smart Universities*, jun. 2017, pp. 49–86. doi: 10.1007/978-3-319-59454-5_3.
- [29] V. Fernandez-Anez, J. Miguel Fernandez-Guell, y R. Giffinger, "Smart City implementation and discourses: An integrated conceptual model. The case of Vienna", *Cities*, vol. 78, pp. 4–16, ago. 2018, doi: 10.1016/j.cities.2017.12.004.
- [30] M. Jadric, M. Cukusic, y T. Mijac, "Relating Smart Governance as a University Feature to Students' University Perceptions", *J. Inf. Organ. Sci.*, vol. 45, núm. 1, pp. 1–20, 2021.
- [31] G. M. Cappelletti, L. Grilli, C. Russo, y D. Santoro, "Sustainable mobility in universities: The case of the university of foggia (italy)", *Environ. - MDPI*, vol. 8, núm. 6, 2021, doi: 10.3390/environments8060057.
- [32] T. Chen, "Smart campus and innovative education based on wireless sensor", *Microprocess. Microsyst.*, vol. 81, 2021, doi: 10.1016/j.micpro.2020.103678.
- [33] J. Mazutti *et al.*, "Smart and learning campus as living lab to foster education for sustainable development: an experience with air quality monitoring", *Int. J. Sustain. High. Educ.*, vol. 21, núm. 7, pp. 1311–1330, 2020, doi: 10.1108/IJSHE-01-2020-0016.
- [34] O. J. Adeyemi, S. I. Popoola, A. A. Atayero, D. G. Afolayan, M. Ariyo, y E. Adetiba, "Exploration of daily Internet data traffic generated in a smart university campus", *Data Brief*, vol. 20, pp. 30–52, oct. 2018, doi: 10.1016/j.dib.2018.07.039.
- [35] J. Toutouh, J. Arellano, y E. Alba, "BiPred: A Bilevel Evolutionary Algorithm for Prediction in Smart Mobility", *Sensors*, vol. 18, núm. 12, Art. núm. 12, dic. 2018, doi: 10.3390/s18124123.
- [36] A. AlEnezi, Z. AlMeraj, y P. Manuel, "Challenges of IoT Based New Generation Smart-Government", *J. Inform. Math. Sci.*, vol. 10, núm. 3, Art. núm. 3, sep. 2018, doi: 10.26713/jjims.v10i3.1092.
- [37] M. Sarrab, S. Pulparambil, y M. Awadalla, "Development of an IoT based real-time traffic monitoring system for city governance", *Glob. Transit.*, vol. 2, pp. 230–245, ene. 2020, doi: 10.1016/j.glt.2020.09.004.
- [38] A. Alenezi, "Internet of Things & Cybersecurity Readiness in Smart-government and Organizations", 2020. doi: 10.13140/RG.2.2.17160.34563.
- [39] P. Fraga-Lamas *et al.*, "Design and Experimental Validation of a LoRaWAN Fog Computing Based Architecture for IoT Enabled Smart Campus Applications", *Sensors*, vol. 19, núm. 15, Art. núm. 15, ene. 2019, doi: 10.3390/s19153287.
- [40] T. Omotayo, A. Moghayedi, B. Awuzie, y S. Ajayi, "Infrastructure Elements for Smart Campuses: A Bibliometric Analysis", *Sustainability*, vol. 13, núm. 14, Art. núm. 14, ene. 2021, doi: 10.3390/su13147960.
- [41] S. Myeong y K. Shahzad, "Integrating Data-Based Strategies and Advanced Technologies with Efficient Air Pollution Management in Smart Cities", *Sustainability*, vol. 13, núm. 13, Art. núm. 13, ene. 2021, doi: 10.3390/su13137168.

- [42] J. O. Okeniyi, A. A. Atayero, S. I. Popoola, E. T. Okeniyi, y G. M. Alalade, "Smart campus: Data on energy generation costs from distributed generation systems of electrical energy in a Nigerian University", *Data Brief*, vol. 17, pp. 1082–1090, abr. 2018, doi: 10.1016/j.dib.2018.02.022.
- [43] V. Kourgiouzou, A. Commin, M. Dowson, D. Rovas, y D. Mumovic, "Scalable pathways to net zero carbon in the UK higher education sector: A systematic review of smart energy systems in university campuses", *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 147, p. 111234, sep. 2021, doi: 10.1016/j.rser.2021.111234.
- [44] B. Valks, M. Arkesteijn, A. Koutamanis, y A. D. Heijer, "Towards smart campus management: Defining information requirements for decision making through dashboard design", *Buildings*, vol. 11, núm. 5, 2021, doi: 10.3390/buildings11050201.
- [45] C. Ceccarini, S. Mirri, P. Salomoni, y C. Prandi, "On exploiting Data Visualization and IoT for Increasing Sustainability and Safety in a Smart Campus", *Mob. Netw. Appl.*, 2021, doi: 10.1007/s11036-021-01742-4.
- [46] M. Kwet y P. Prinsloo, "The 'smart' classroom: a new frontier in the age of the smart university", *Teach. High. Educ.*, vol. 25, núm. 4, pp. 510–526, may 2020, doi: 10.1080/13562517.2020.1734922.
- [47] A. B. Mbombo y N. Cavus, "Smart University: A University In the Technological Age", *Tem J.-Technol. Educ. Manag. Inform.*, vol. 10, núm. 1, pp. 13–17, feb. 2021, doi: 10.18421/TEM101-02.
- [48] V. Maphosa, "Using MyLSU app to enhance student engagement and promote a smart town at a rural university in Zimbabwe", *Cogent Educ.*, vol. 7, núm. 1, p. 1823143, ene. 2020, doi: 10.1080/2331186X.2020.1823143.
- [49] H. Wijaya, B. H. Chiam, K. W. Ang, Y. Xie, y S. Lai, "Smart green underground metro station in Singapore", *HKIE Trans.*, vol. 24, núm. 2, pp. 113–120, abr. 2017, doi: 10.1080/1023697X.2017.1313136.
- [50] M. Musa, M. N. Ismail, y M. F. M. Fudzee, "A survey on smart campus implementation in Malaysia", *Int. J. Inform. Vis.*, vol. 5, núm. 1, pp. 51–56, 2021, doi: 10.30630/joiv.5.1.434.
- [51] J. Cruz-Rodríguez, A. Luque-Sendra, A. de las Heras, y F. Zamora-Polo, "Analysis of interurban mobility in university students: Motivation and ecological impact", *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 17, núm. 24, pp. 1–26, 2020, doi: 10.3390/ijerph17249348.
- [52] P. Martins, S. I. Lopes, A. M. R. da Cruz, y A. Curado, "Towards a smart & sustainable campus: An application-oriented architecture to streamline digitization and strengthen sustainability in academia", *Sustain. Switz.*, vol. 13, núm. 6, 2021, doi: 10.3390/su13063189.
- [53] Universidad Nacional de Colombia, M. D. Arango Serna, L. F. Campuzano Zapata, Ingeniero de Producción. Rymel S.A.S., J. A. Zapata Cortes, y Universidad Nacional de Colombia, "Mejoramiento de procesos de manufactura utilizando Kanban", *Rev. Ing. Univ. Medellín*, vol. 14, núm. 27, pp. 221–234, 2015, doi: 10.22395/rium.v14n27a13.
- [54] S. Zhong, C. Liping, y C. Tian-en, "Agile planning and development methods", en *2011 3rd International Conference on Computer Research and Development*, mar. 2011, vol. 1, pp. 488–491. doi: 10.1109/ICCRD.2011.5764064.

- [55] J. Fitzgerald, T. Oda, y H. D. Macedo, "Proceedings of the 18th International Overture Workshop", *ArXiv210107261 Cs*, ene. 2021, Consultado: el 28 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://arxiv.org/abs/2101.07261>
- [56] A. Vera-Buitrago y J. E. Camargo-Mendoza, "Herramienta informática para notificación comunitaria como insumo para la generación de alertas en seguridad alimentaria y nutricional", *TecnoLógicas*, vol. 22, núm. 45, pp. 21–43, may 2019, doi: 10.22430/22565337.1174.
- [57] F. Luna, *JavaScript - Aprende a programar en el lenguaje de la web*. RedUsers, 2019.
- [58] "Introduction | Handlebars". <https://handlebarsjs.com/guide/#what-is-handlebars> (consultado el 28 de enero de 2022).
- [59] "Accessibility | Chart.js". <https://www.chartjs.org/docs/latest/general/accessibility.html> (consultado el 16 de febrero de 2022).
- [60] D. J. B. Logroño, O. O. E. Lara, y A. D. P. Rivera, "Implementación del bootstrap como una metodología ágil en la web", *Rev. Arbitr. Interdiscip. Koinonía*, vol. 5, núm. 9 (Enero-Julio), pp. 268–286, 2020.
- [61] D. A. Olmedo Vizueta, "Desarrollo de una aplicación web para reserva dinámica de stands utilizando el framework Bootstrap. Caso práctico: Quinta Macají.", jun. 2019, Consultado: el 28 de enero de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/12254>
- [62] B.-H. Lee, E. K. Dewi, y M. F. Wajdi, "Data security in cloud computing using AES under HEROKU cloud", en *2018 27th Wireless and Optical Communication Conference (WOCC)*, abr. 2018, pp. 1–5. doi: 10.1109/WOCC.2018.8372705.
- [63] M. Hallo, "Bases de datos NoSQL", 2014.
- [64] F. J. Moreno Arboleda, J. E. Quintero Rendón, y R. Rueda Vásquez, "Una comparación de rendimiento entre Oracle y MongoDB", *Cienc. E Ing. Neogranadina*, vol. 26, núm. 1, p. 109, abr. 2016, doi: 10.18359/rcin.1669.
- [65] A. Alarcón y E. Sandoval, "Herramientas CASE para ingeniería de Requisitos", *Cult. Científica*, núm. 6, Art. núm. 6, oct. 2008.

ANEXOS

Anexo 1: Casos de uso

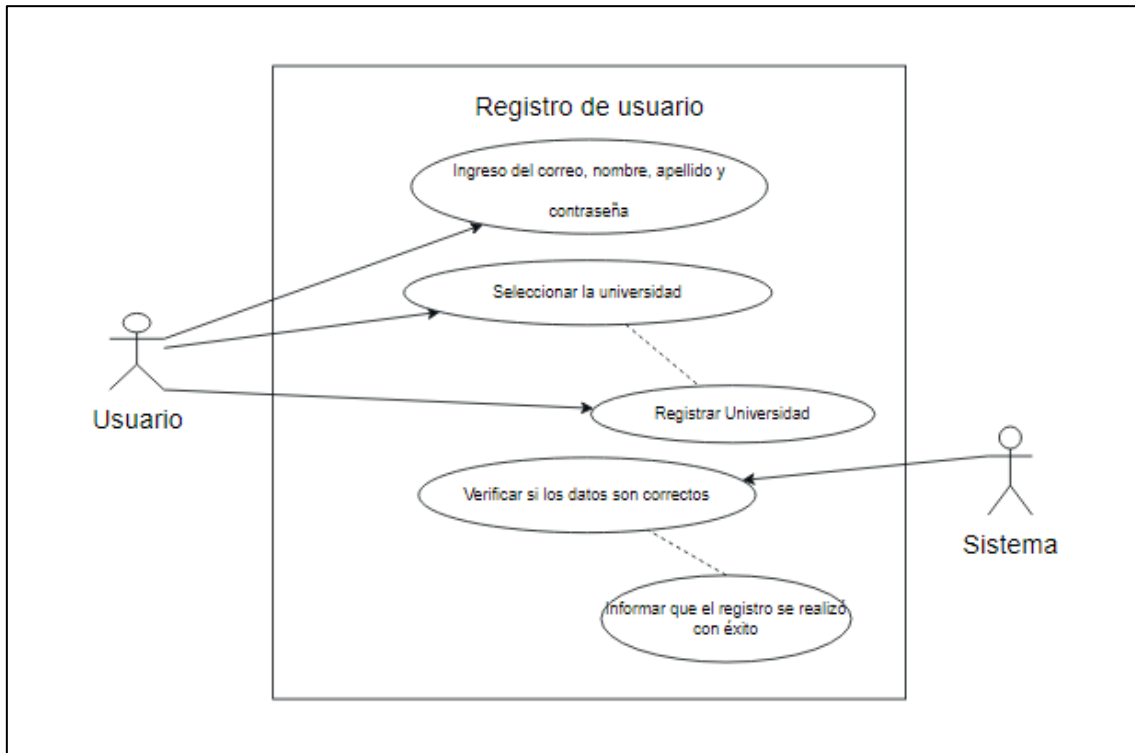


Figura. 42 : CU01 - Registro de Usuario

Fuente: Elaboración propia

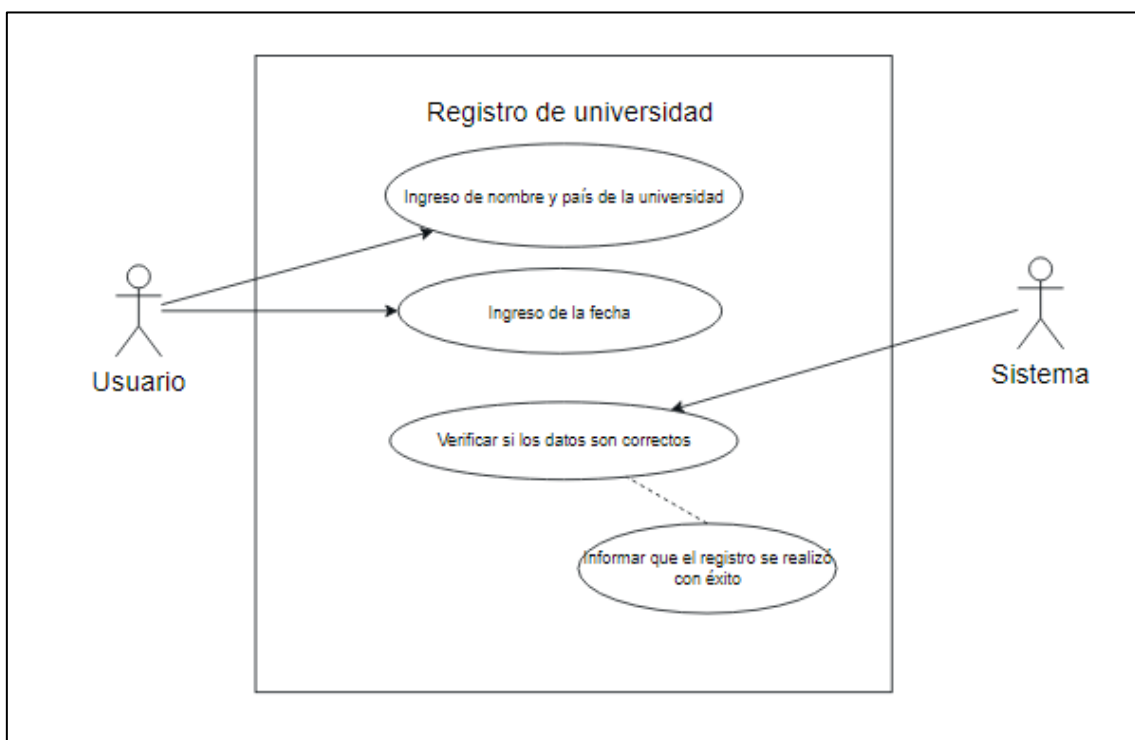


Figura. 43 CU02 - Registro de Universidad

Fuente: Elaboración propia

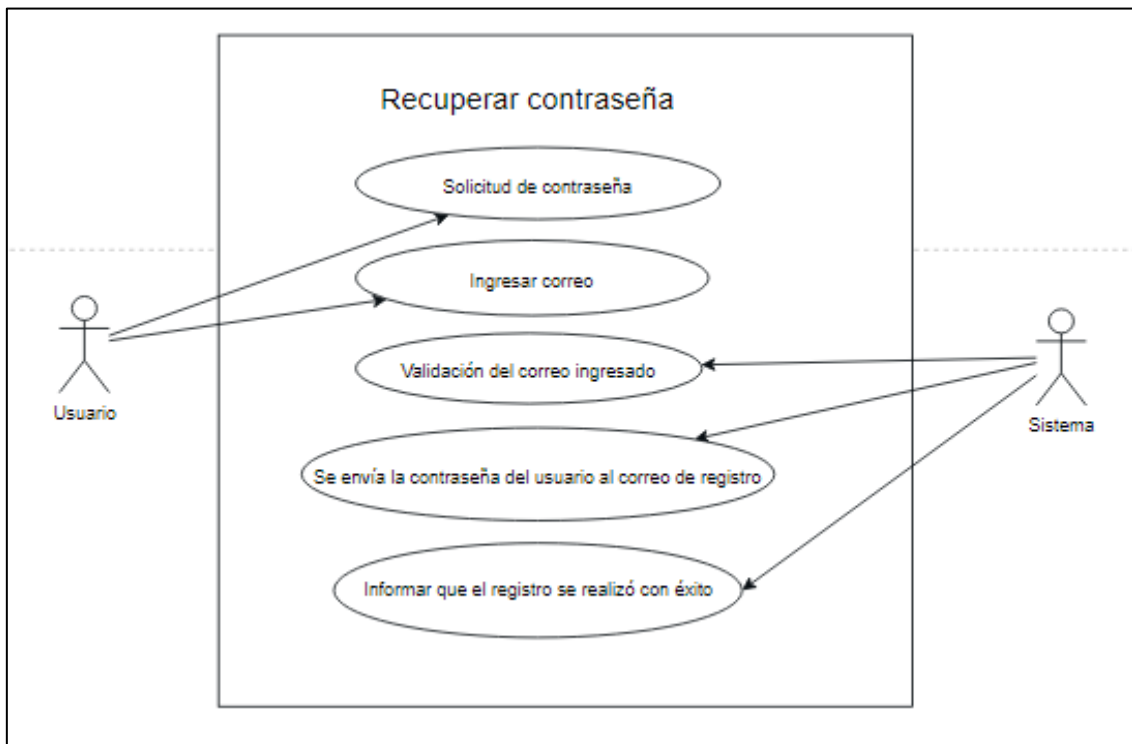


Figura. 44 CU03 - Recuperar contraseña
Fuente: Elaboración propia

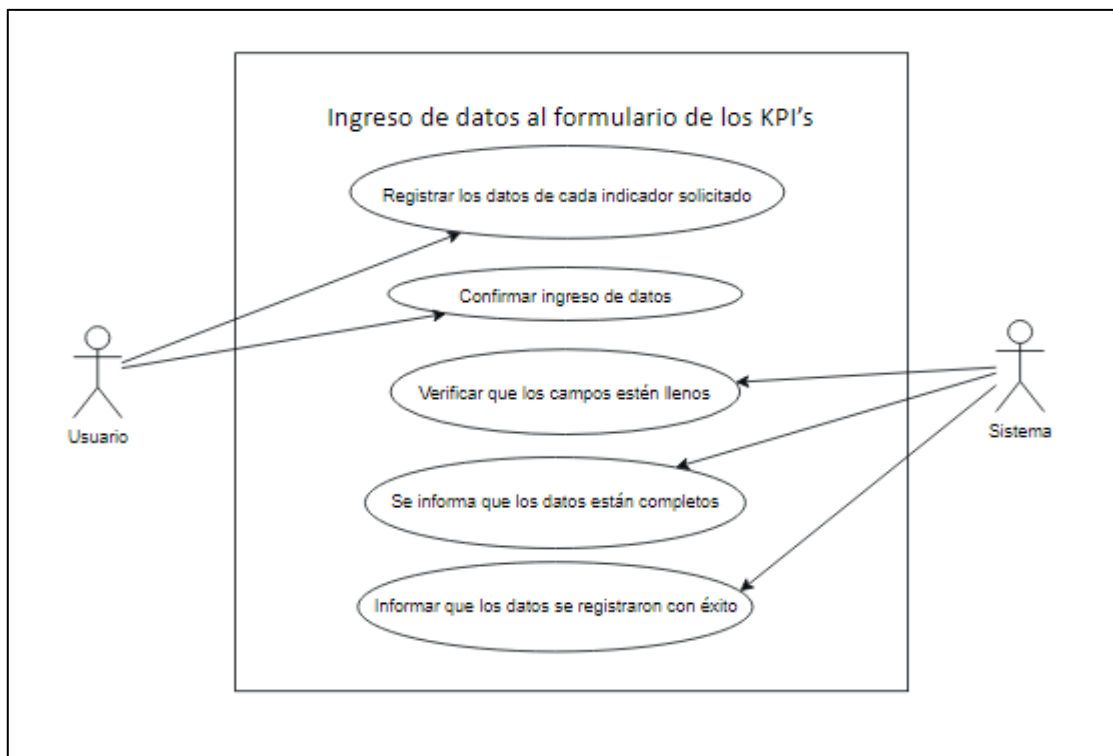


Figura. 45 CU04 - Ingreso de datos al formulario de los KPI's
Fuente: Elaboración propia

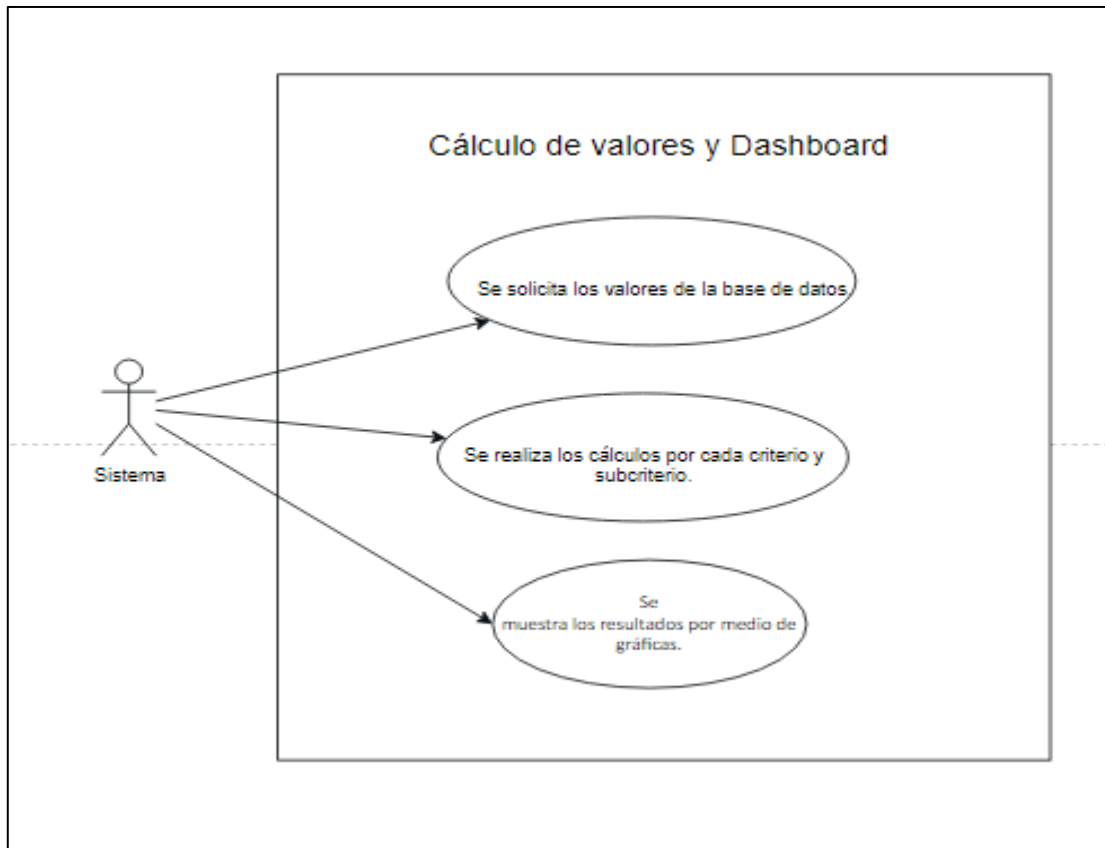


Figura. 46 CU05 - Cálculo de valores y Dashboard
Fuente: Elaboración propia

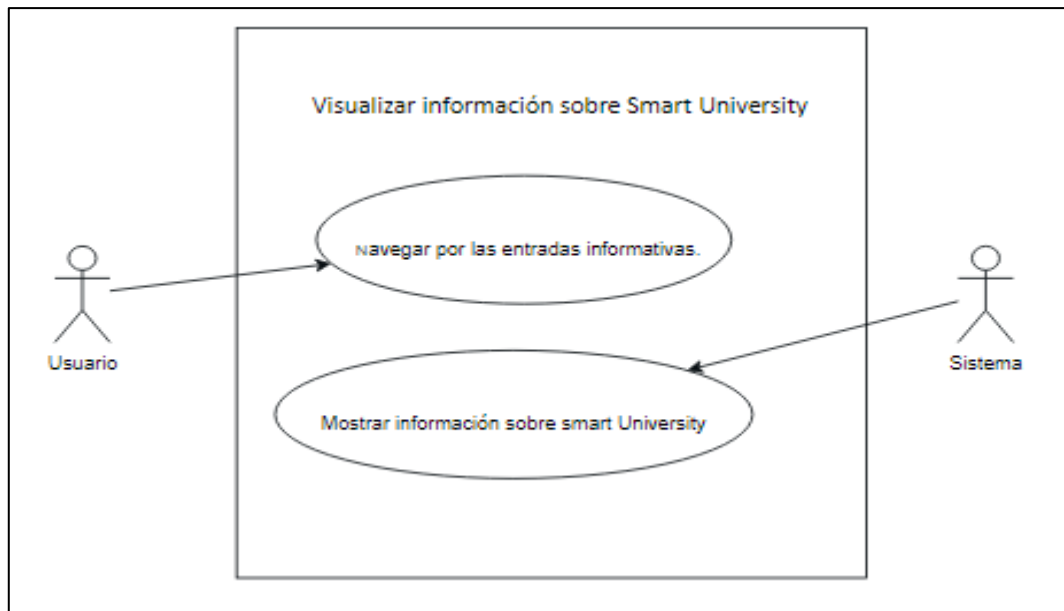


Figura. 47 CU06 - Visualizar información sobre Smart University
Fuente: Elaboración propia