

## Aplicación Móvil para la evaluación de Proyectos de Investigación haciendo uso de Tecnologías Web

GUTIÉRREZ, Citlalih\*†, DÍAZ, Sergio, HERNÁNDEZ, Bany y REYES, Isabel

Recibido Abril 5, 2017; Aceptado Junio 20, 2017

### Resumen

El seguimiento y control de los proyectos de investigación en las Instituciones de Educación Superior, resulta una tarea compleja, porque implica organizar y planear diversas actividades, así como administrar la información y gestionar la documentación. En el Instituto Tecnológico de Toluca, se solicita a los estudiantes desarrollar un proyecto de investigación durante los últimos semestres de su carrera. El problema surge cuando existe alta demanda de proyectos, ocasionando resultados insatisfactorios. La solución actual se centra en automatizar el proceso de evaluación, mediante la implementación de una aplicación móvil. La metodología en esta investigación, se constituye de un Marco de Trabajo basado en el método científico, combinado con herramientas de Ingeniería de Software. De acuerdo a los resultados obtenidos, los proyectos actualmente se evalúan en tiempo real, lo que permite agilizar el tiempo del proceso y optimizar la documentación. La principal aportación consiste en que la aplicación incluye reactivos de evaluación formal, para generar varios indicadores, que permiten tomar decisiones estratégicas y cumplir con organismos y estándares, como CACEI y la ISO 9001:2015, quienes avalan que las Instituciones ofrecen un sistema educativo efectivo y de calidad.

### Ingeniería de Software, aplicación móvil, marco de trabajo, calidad

**Citación:** GUTIÉRREZ, Citlalih, DÍAZ, Sergio, HERNÁNDEZ, Bany y REYES, Isabel. Aplicación Móvil para la evaluación de Proyectos de Investigación haciendo uso de Tecnologías Web. Revista de Tecnología Informática 2017, 1-1: 1-10

### Abstract

The monitoring and control of research projects in higher education institutions is a complex task because it involves organizing and planning different activities, as well as managing information and the documentation. In the Technological Institute of Toluca, students work in the development a research project during the last semesters of their career. The problem arises when there is high demand for projects, causing unsatisfactory results. The current solution focuses on automating the evaluation process, by implementing a mobile application. The methodology in this research consists of a framework based on the scientific method, combined with software engineering tools. According to the results, the projects are evaluated in real time, this allows to speed up the process time and optimize the documentation. The main contribution is that the app includes reactivos of formal evaluation, to generate several indicators, that allow to make strategic decisions and to comply with organisms and standards, like CACEI and ISO 9001-2015, who guarantee that the Institutions offer an effective educational system and quality.

### Process, evaluation, quality, metrics, software

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: citlalihg@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El sector educativo se rige de varios procesos, entre los cuales destacan la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación. A través del tiempo estos procesos han sufrido diversos cambios en pro de la mejora continua, lo que implica el uso de nuevos mecanismos que logren resultados eficientes y óptimos.

En las Instituciones educativas se han creado diferentes estrategias, a partir del uso de tecnologías actuales, que permiten innovar y dar valor a cada uno de sus procesos.

Esta investigación se centra en el proceso de evaluación, acción que permite medir o estimar el grado en que se logran los objetivos planteados. Un proceso de evaluación, bien definido y organizado, permite visualizar problemas o dificultades y corregirlos a tiempo o sobre la marcha.

La Carrera de Mecatrónica, del Instituto Tecnológico de Toluca, cuenta con un proceso de evaluación de proyectos de Investigación, alineado al plan de desarrollo Institucional y a los estándares de Acreditación de la Enseñanza, como CACEI y organismos de calidad como la ISO 9011-2015, quienes entre otras cosas, exigen cumplir con lineamientos y esquemas organizacionales; con el fin de dar seguimiento a los proyectos y generar los indicadores que permitan constatar que la Institución ofrece programas de calidad, y además cuenta con procesos documentados, formales y bien estructurados, en su Modelo educativo.

La ejecución de los proyectos de la Carrera de Mecatrónica está a cargo la Jefatura de Investigación y de algunos docentes de apoyo, a través de las materias del módulo de investigación, que comprende las materias de Taller de Investigación I, Taller de Investigación II, y Formulación y Evaluación de Proyectos.

La Jefatura de Investigación mantiene la coordinación y la comunicación entre todos los involucrados, con la finalidad de indicar las actividades a ejecutar, de proveer los formatos diseñados para esta actividad, brindar apoyo y dar seguimiento a los avances correspondientes.

En los últimos cuatro semestres la administración de los proyectos se ha realizado de forma manual, lo que implica una inversión considerable de tiempo, además genera errores en la evaluación, fallas en el control y en la generación de informes finales.

Ante esta problemática se planteó como objetivo principal, desarrollar una aplicación móvil que permitiera automatizar el proceso de Evaluación del Proyectos de Investigación, haciendo uso de tecnologías web. La aplicación debería ser capaz de integrar las diferentes etapas del proceso de evaluación, de reducir tiempos, y adicionalmente debería generar, en tiempo real, los indicadores que validen un proceso formal, estructurado y que logra cuantificar las competencias desarrolladas en los alumnos. Esto se planteó con la posibilidad de crear un instrumento de apoyo que mejorara la eficiencia y efectividad de las actividades a realizar; así mismo de evitar, la pérdida de documentos, al gestionarlos de forma adecuada y oportuna.

Este artículo se centra en la concepción de la aplicación (app), llevando a cabo el análisis y diseño de las interfaces, en las diferentes etapas y módulos. La principal aportación consiste en que la app integra reactivos de evaluación formal, con los que se generan indicadores, de manera automática, definidos para organismos y estándares de calidad como CACEI y la ISO 9001-2015 [1], [2].

Esto estimula esencialmente la participación de los colaboradores y la toma de decisiones estratégicas a nivel gerencial. De modo en que estas decisiones se vinculan directamente con las actividades del proceso administrativo (planificar, organizar, dirigir y controlar).

### **Trabajos Relacionados**

En este apartado se describen algunos productos de software actuales y similares al que en este artículo se trata.

#### **Sistema de información para administración de proyectos de grado**

Gilberto Chaparro y Alejandro Forero [3], en el año 2005, desarrollaron un Sistema de Información para la Administración de Proyectos (SIAP), en la Pontificia Universidad Javeriana. Fue creado para agilizar y facilitar el manejo del gran volumen de información, generada en los proyectos de grado de la Carrera y para optimizar recursos como el tiempo. El trabajo queda limitado únicamente a la administración y parte de la gestión de proyectos.

No muestra evidencias de ser un sistema alineado a las normas y estándares de calidad actuales, donde se exige generar documentos o registros, como elementos auditables, cuando se efectúa una certificación.

#### **Desarrollo de un sistema de información para monitoreo y seguimiento de proyectos de Investigación**

Luis Sailema en colaboración con Gustavo Chango [4], del Instituto de Investigación, Desarrollo e Innovación de la Universidad Tecnológica Indoamérica de Ecuador, desarrollaron un sistema web para el monitoreo y seguimiento de proyectos de investigación, conocido como SIMONS.

Sirve como instrumento de apoyo para mejorar la eficiencia y efectividad, en el manejo de las actividades de investigación de la Universidad. Se basa en un sistema para el seguimiento y evaluación de proyectos, adicionalmente está ligado a la toma de decisiones, lo que permite redefinir objetivos y hacer ajustes en las actividades, en el momento que sea necesario. Un módulo importante a destacar en este sistema es el de *Control Financiero*, que dispone de información económica relacionada al presupuesto, gastos y montos invertidos, en los proyectos de investigación.

De acuerdo a las características que SIMONS presenta, fue uno de los trabajos que sirvió de base, para la propuesta que en este artículo se describe.

#### **ESpiRA**

Aplicación web para evaluación y seguimiento del rendimiento de asignaturas y titulaciones universitarias [5]. Surge en la Facultad de Informática de la Universidad de Coruña. Su objetivo principal se centra en llevar a cabo tareas convencionales de evaluación del alumnado, que faciliten al profesorado principalmente la tarea de evaluación de sus alumnos. Una característica sobresaliente de esta aplicación es que, dentro de sus funcionalidades introduce índices de rendimiento personalizables, para cada asignatura, lo que facilita calcular los índices de rendimiento de titulación, a partir de los índices definidos para las asignaturas.

Una de las desventajas de ESpiRA, es la captura manual de las calificaciones, actividad que requiere de tiempo, no obstante esto podría automatizarse, haciendo uso de tecnologías y herramientas actuales.

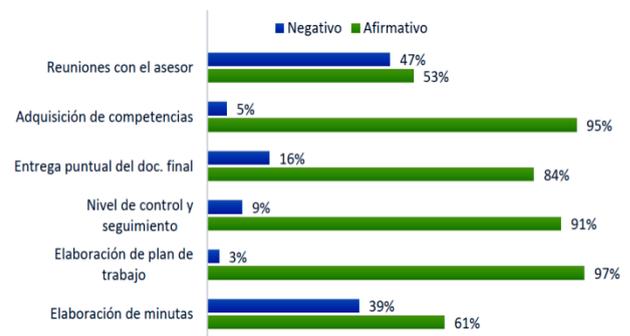
## Desarrollo de la Propuesta

La aplicación que en este artículo se describe, fue desarrollada bajo la Norma la ISO 9001-2015, cubre una metodología definida por el *modelo en cascada* [6], [7]: para la definición de requerimientos, el análisis y el diseño de los reactivos de validación; y el *modelo incremental*: para el análisis, diseño, desarrollo y validación, de la aplicación móvil. A continuación se puntualiza en las cinco etapas de la metodología.

## Búsqueda de información

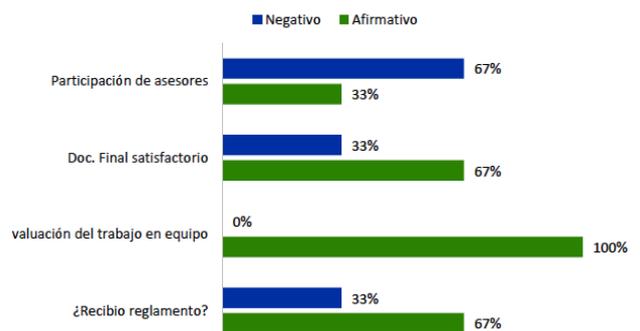
Esta etapa fue guiada por el modelo en cascada, y el método científico [8]. Se estudió de manera detallada el proceso de evaluación de proyectos de investigación, efectuado por los profesores de forma manual. Se consultaron documentos y se estudiaron productos similares, también se realizaron varias entrevistas y encuestas al personal involucrado en el proceso, del Departamento de Ingenierías. La muestra consistió en un total de 64 alumnos, 14 asesores, 3 profesores de las asignaturas del módulo de Investigación y el Jefe de Proyectos de Investigación (JPI).

Las encuestas cumplieron con el objetivo de obtener información útil en la especificación de requerimientos de la aplicación. Éstas fueron de gran utilidad para obtener datos cuantitativos, tomando en cuenta, la opinión de los alumnos y del trabajo realizado con el asesor. El gráfico 1 muestra la gráfica con el resumen de los porcentajes obtenidos de cada aspecto evaluado.



**Gráfico 1** Resultado de las encuestas aplicadas a alumnos

Los profesores de las asignaturas del módulo de investigación, también fueron encuestados, con la finalidad de obtener información desde cómo realizan el seguimiento y control a los proyectos de investigación, hasta cómo efectúan en tiempo la entrega de resultados. El gráfico 2, muestra los resultados.



**Gráfico 2** Resultado de las encuestas aplicadas a profesores

Los asesores de los proyectos de investigación, también colaboraron respondiendo las encuestas, en las que fueron evaluados los siguientes aspectos: forma en que se efectúa el registro de proyectos que asesora en el semestre y cómo llevan el control de la entrega de documentos por parte de sus asesorados para revisión.

Finalmente se realizó una entrevista al Jefe de Proyectos de Investigación (JPI), para solicitarle información en relación al flujo y actividades involucradas en el proceso manual para la gestión y evaluación de proyectos de investigación.

### **Análisis, Selección y Optimización de la Información**

Se efectuó el análisis de los resultados obtenidos en las encuestas, para determinar la información que aportara valor a la aplicación. En paralelo y con el fin de ser congruentes con los lineamientos que establece la norma ISO 9001-2015; en esta fase se analizó cómo serían definidas las rúbricas y los criterios de evaluación, esto con la finalidad de medir de manera cuantitativa las competencias que los alumnos adquieren, durante el desarrollo de sus proyectos de investigación. Esta fase también fue basada en el modelo en cascada y el método científico.

### **Definición de Procesos y Requerimientos**

Esta etapa se centró en analizar detalladamente cada uno de los procesos (realizados hasta este nivel de forma manual), involucrados en la administración y seguimiento de proyectos. Éstos fueron agrupados en cinco etapas:

Etapa 1: Registro de los Proyectos de Investigación (PI).

- Procedimiento para inicio de semestre.
- Procedimiento para registrar proyectos de investigación.

Etapa 2: Primera evaluación de los PI.

- Procedimiento para entrega de documentos (1<sup>er</sup> avance).
- Procedimiento para la 1<sup>a</sup> evaluación de los proyectos de investigación.

Etapa 3: Segunda evaluación de los PI.

- Procedimiento para entrega de documentos (2<sup>o</sup> avance).
- Procedimiento para la 2<sup>a</sup> evaluación de los proyectos de investigación.

Etapa 4: Tercera evaluación de los PI.

- Procedimiento para entrega de documentos (Entrega final).
- Procedimiento para la evaluación final de los proyectos de investigación.

Etapa 5: Exposición de prototipos.

- Procedimiento para realizar la logística de exposición de prototipos y posters.
- Procedimiento para evaluar prototipos, bitácoras y posters.

También se analizó como era ejecutado cada procedimiento por diferentes actores. A manera de ejemplo, en este apartado se describen dos actores involucrados en la administración de proyectos.

- Administrador: corresponde al rol del Jefe de Investigación del Departamento de Ingenierías.
- Evaluador: Encargado de la evolución de ciertos rubros del proceso, tales como presentaciones, plan de trabajo y prototipos.

Tomando en cuenta lo anterior, se definieron los requerimientos funcionales y los no funcionales [9]. La Tabla 1 muestra un extracto de estos requerimientos.

Requerimientos funcionales tomados en cuenta para el diseño de la aplicación
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe contar con una ventana de acceso inicial, donde se digite un usuario y contraseña.</li> <li>• Debe permitir al inicio solo el acceso al administrador o jefe de investigación.</li> <li>• Solo debe permitir al administrador las altas, bajas y modificaciones de etapas.</li> <li>• Debe ser capaz de reconocer el tipo de usuario que ha ingresado al sistema.</li> <li>• Debe ser capaz de crear horarios de presentaciones de forma automática.</li> <li>• Debe ser capaz de crear tableros de control de forma automática, tomando información de otros campos del sistema.</li> <li>• Permitir a profesores evaluar propuestas, registro de proyectos y minutas de sus alumnos.</li> <li>• Permitir a evaluadores evaluar el plan de trabajo, presentaciones, posters y prototipos de los proyectos.</li> <li>• Debe ser capaz de generar reportes de los entregables al final de cada etapa.</li> </ul>
Requerimientos no funcionales tomados en cuenta para el diseño de la aplicación
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El diseño debe ser realizado con tecnologías web.</li> <li>• La aplicación debe ser diseñada para posteriormente desarrollarse con apoyo de tecnologías como JSP, HTML, XHTML, CSS 3.</li> <li>• Debe tener un diseño amigable y adaptativo (o responsivo).</li> <li>• Se debe realizar una presentación de la propuesta de diseño.</li> </ul>

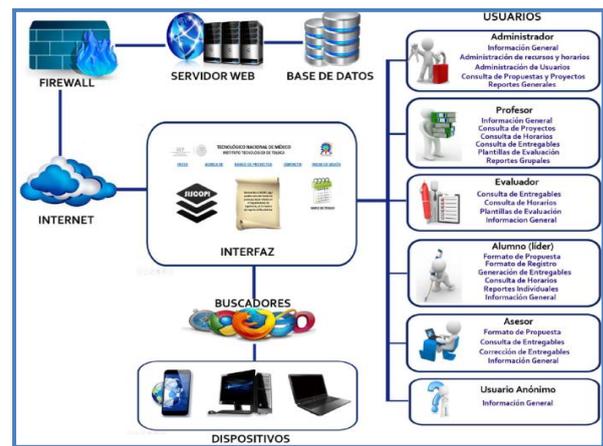
**Tabla 1** Requerimientos de la Aplicación

En paralelo se estableció la arquitectura completa de la aplicación (app) para efectuar una proyección del diseño.

## Diseño y Modelado de Procesos y Requerimientos

El diseño de la app integra el modelado de tres factores fundamentales, definidos por: Modelado de Proceso de Negocio (haciendo uso de BPMN), el Modelado de los Requerimientos (con SysML) y el Modelado de la app (con la Herramienta UML).

Para realizar el modelado de la app, primero fue necesario entender el funcionamiento de la misma, debido a esto, se efectuó un análisis general. La Figura 1 muestra el esquema general de la aplicación, donde se describe el funcionamiento global. En ella se observa de forma general las funciones y los privilegios de cada uno de los usuarios.

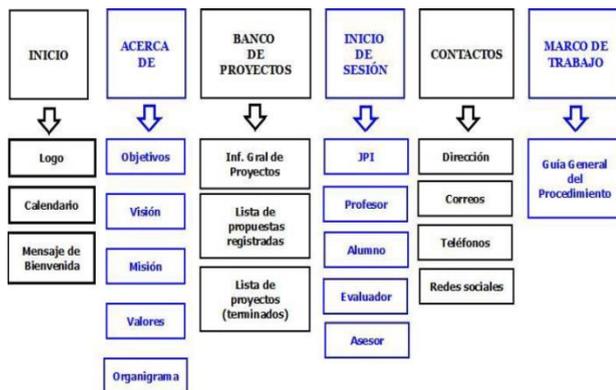


**Figura 1** Esquema general

A este nivel se estudió la forma de dar valor agregado a la aplicación. Para ello se estableció que la app debería incluir reactivos de evaluación formal, que permitieran generar de forma inmediata varios indicadores, los cuales permitirían tomar decisiones estratégicas y cumplir con organismos y normas de calidad como CACEI y la ISO 9001:2015, permitiendo a futuro estar preparados para las auditorías y acreditaciones en la carrera de Mecatrónica [10].

## Desarrollo, Pruebas e Implementación

La información general se presenta en la pantalla principal de la app. Consiste Información a la que tendrán acceso todos los usuarios registrados y no registrados, consta de aspectos generales como objetivos, visión, misión, valores, logo, mensaje de bienvenida, contactos y visualización de la Guía General de Procedimiento (reglamento). La Figura 2 muestra un diagrama detallado de la información general.



**Figura 2** Información General

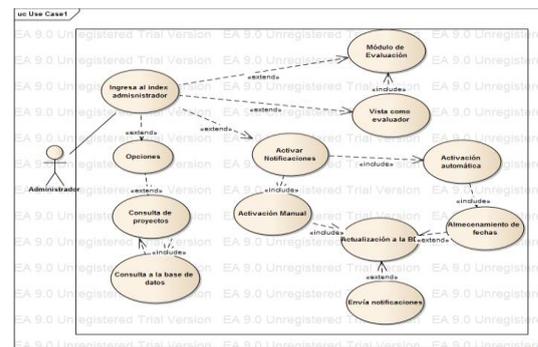
El desarrollo e implementación fue realizado con la metodología incremental, en virtud a que este modelo de ciclo de vida permite hacer entregas del producto final por pequeños incrementos.

### Primer incremento

El desarrollo del primer incremento se centró en el diseño de la aplicación y en algunos elementos necesarios para generar el módulo de administrador.

En el análisis y diseño de este módulo se definieron los sub-módulos: Index de arranque, index pantalla principal (inicio), ingreso al sistema (log in), index de administrador, opciones de administrador dentro del index de administrador, activar notificaciones para la página. La Figura 3, muestra un ejemplo de esto.

Durante el diseño se propusieron los mockups para cada uno de los diferentes sub-módulos que comprenden al módulo de administrador.



**Figura 3** Proceso del index administrador

Una vez terminada la fase anterior, se continuó con un plan de pruebas, basado en la norma ISO/IEC-9126-2. Las métricas de validación fueron: Funcionalidad, Usabilidad, Eficiencia, Confiabilidad, Portabilidad y Mantenibilidad.

En la primera prueba se examinó la portabilidad, consistió en verificar que la aplicación se ejecutara de manera correcta en varios dispositivos móviles. Los dispositivos para realizar la prueba fueron un Samsung Galaxy S6 Edge, un iPad Apple original 3G + WIFI + 64GB (1ª Generación) y un iPhone 4s de 8Gb. También se realizaron pruebas para la versión de escritorio, el modelo usado fue una Toshiba Satellite. Se obtuvo que los diseños de las interfases se visualizaban perfectamente, no obstante se presentaron algunos errores en los encabezados, porque aún no eran responsivos.

### Segundo Incremento

El segundo incremento se concretó al desarrollo del módulo de evaluación y la corrección de errores detectados. Fue dividido en: fase de captura de información (para alertas o avisos al correo), fase de pre-evaluación (para consulta de horarios y consulta de asignación de recursos) y fase de evaluación (para evaluar el plan de trabajo actualizado y los avances del proyecto). También se realizó el análisis, diseño y desarrollo del módulo, el resultado se muestra en las Figuras 4 y 5.

## Resultados

Se aplicaron varias encuestas que incluían los mismos criterios que en el incremento uno. Los encuestados fueron treinta usuarios, tres evaluadores y el administrador.

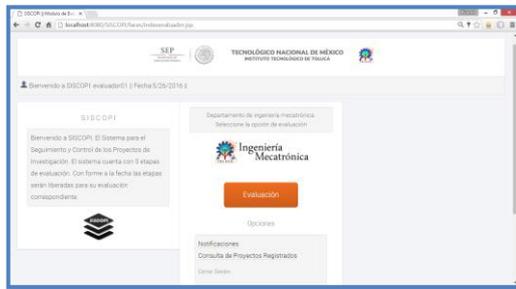


Figura 4 Diseño - Index de arranque



Figura 7 Diseño - Index de arranque

Para la *funcionalidad* se midió el fácil uso de la app, la *originalidad* (validando que en cada etapa de evaluación se incluyeran formatos e indicadores con los que sería posible cuantificar las competencias adquiridas por los alumnos), la *usabilidad* (se tomó en cuenta la organización y el diseño de la app), la *eficiencia* (donde se consideró la información que presentan los módulos y la rapidez entre las acciones), la *eficiencia* consideró la información que constituían los módulos y la rapidez entre las acciones. La *confiabilidad* fue enfocada la seguridad, tanto para quién usaría la app, como para quien obtuviera información de ella. Para la *portabilidad* se validó el diseño de la interfaz y la operabilidad de la app en cualquier dispositivo o navegador.

Finalmente la mantenibilidad, se propuso integrar soporte técnico para la aplicación, el cual no había sido considerado en el primer incremento. Los resultados se observan en el gráfico 3.

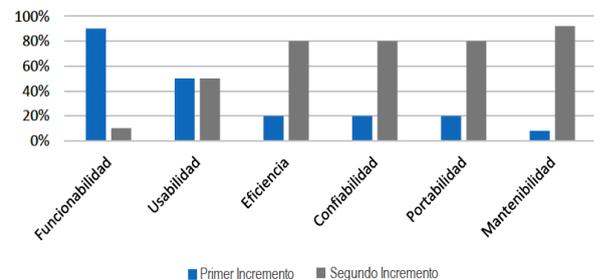


Gráfico 3 Resultados del primer prototipo de la app

Tomando en cuenta los resultados mostrados en la Figura 8, se concluyó que para este primer prototipo era necesario mejorar los aspectos de funcionalidad y usabilidad.

En relación a la funcionalidad, hubo tres sub-criterios que no se cumplieron:

*Adecuación.* Se encontró que aún es necesario mejorar algunas funciones para el seguimiento de los proyectos de investigación.

*Exactitud.* Porque al momento de efectuar la evaluación, se presentaron algunas fallas relacionadas con la disposición de resultados y de reportes en tiempo real.

*Seguridad.* Aquí fueron detectadas dos fallas importantes, porque al revisar información confidencial de los proyectos de investigación, fue posible hacerlo sin necesidad de solicitar el acceso al sistema.

En relación a la usabilidad, el sub-criterio operatividad no se cumplió. En virtud a que para algunos usuarios resultó difícil y poco intuitiva la operación de la app.

En relación a la originalidad, este primer prototipo cumple con la información clave para iniciar la etapa de pruebas y validar el impacto social que este producto tendrá, porque los módulos que integra la aplicación integran formatos de evaluación alineados a los criterios que exigen instancias como el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A.C. (CACEI), además de organizar y tener documentado cada proceso, bajo el estándar ISO 9001:2015, donde se establecen las reglas de calidad y del servicio que se logra con la app. A manera de ejemplo, la Tabla 2 sintetiza los elementos clave del uso entre el sistema propuesto en este artículo y los presentados en la Sección 2.

Característica	SIAP	SIMONS	Espira	Propuesta
Agiliza y facilita el manejo de grandes volúmenes de información.	√	-	-	-
Optimiza recursos, entre ellos el tiempo.	√	-	-	√
Administra y gestiona proyectos.	√	√	-	√
Genera indicadores útiles para normas y estándares de calidad.	-	-	-	√
Sirve como herramienta de apoyo para mejorar la eficiencia y efectividad en las actividades de investigación.	-	√	√	√
Realiza el seguimiento y evaluación de proyectos.	-	√	-	√
Incluye módulo para el control financiero.	-	√	-	√
Trabaja en un portal web.	-	-	√	√
Requiere de internet para funcionar.	-	-	√	√
Sirve para la evaluación de alumnos.	-	-	√	-
Introduce índices de rendimiento personalizados.	-	-	√	√
Calcula índices de rendimiento de titulación.	-	-	√	√

**Tabla 2** Comparativa entre sistemas

## Conclusiones

El análisis y diseño de la app, mediante el uso de herramientas de Ingeniería de Software y el método científico, garantiza la calidad de un producto de software, además facilita el desarrollo del producto, debido a que se han definido previamente los requerimientos funcionales, requerimientos no funcionales, el modelado e incluso la división de la app en Módulos de desarrollo.

Como trabajo futuro, queda pendiente llevar a cabo el desarrollo de un sistema más completo que contemple requerimientos derivados de este primer prototipo.

## Referencias

ISO/IEC TR 9126-2. (2003). Software Engineering-product quality-Part 2: External metrics. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

ISO/IEC/IEEE. (2015). Systems and software engineering-system life cycle processes. Geneva, Switzerland: International Organisation for Standardisation / International Electrotechnical Commissions /Institute. ISO/IEC/IEEE 15288:2015.

Forero, A. Chaparro, G. (2005). “Sistema de información para administración de proyectos de grado”. Universidad Javeriana. Bogotá. Obtenido de: <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/Tesis212.pdf>

Chango, G. (2012). Desarrollo de un Sistema de información para de proyectos de investigación. TIC’S y Sociedad. CIENCIAMÉRICA, N°.1, pp (94-101). Universidad Tecnológica Indoamérica.

Dapena, A., García, J., Castro, P., & Pan, C. (2010). “Aplicación web para evaluación y seguimiento del rendimiento de asignaturas y titulaciones universitarias”. Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria. Vol. 3, pp. 152-165.

Sommerville I. (2011) Software Engineering (9th Edition). Chapter 2 & Chapter 3. ED Pearson Addison-Wesley. United States Of America.

Pressman R. (2005). Software Engineering: A Practitioner's Approach. Mc Graw Hill. Hardcover-Part Four Managing Software Projects.

Hernández Sampieri R. (2014). Metodología de la Investigación. 6ª Edición. Mc Graw Hill.

Ryan, M., Wheatcraft, L.S., Dick, J., and Zinni, R. (2015). On the Definition of Terms in a Requirement Expression. INCOSE Requirements Working Group (RWG)

Gutiérrez Citlalih, Díaz Sergio, et al. (2015). Modelado de los Procesos para el Seguimiento y Control de Proyectos de Inv. Revista de Sistemas y Gestión Educativa. Vol.2, No.5, p.p. 976-983. ECORFAN. ISSN-2410-3977.