

Escuela Superior Politécnica del Litoral
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Desarrollo de una Solución Tecnológica para la Emisión y Validación de
Certificados Digitales

TECH-409

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Ciencias de la Computación

Presentado por:

Alan Fernando Villavicencio Villacis

Nicolas Mauricio Coronel Mendoza

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mis padres,
quienes con su amor, esfuerzo y apoyo
incondicional me han dado la fortaleza
para culminar esta etapa académica.

Gracias por enseñarme el valor de la
perseverancia y la disciplina.

A mi familia, que siempre ha sido un pilar
fundamental en mi vida, acompañándome
en los momentos difíciles y compartiendo
conmigo cada logro alcanzado.

A mis amigos y compañeros de carrera,
quienes con su compañía y colaboración
hicieron más llevadero este camino
universitario.

Nicolás Coronel

Dedicatoria

Le dedico este proyecto a mis padres,

Fernando e Inés, quienes han sido un pilar importante a lo largo de toda mi vida y me han apoyado en todos los momentos que los he necesitado.

Siempre que he buscado consejo o ayuda, ellos han estado ahí para mí, dándome sus ánimos para que pueda seguir adelante ante las dificultades que se me han presentado.

También quiero dedicársela a mi hermana, Miluska, quien siempre a estado a mi lado para mantenerme positivo y alegre, con ella siempre paso momentos divertidos los cuales han sido fundamentales durante mi tiempo en la Universidad para mantenerme alegre y positivo.

Por último, a todos mis amigos que he hecho a lo largo de mi vida, ya que ellos han sido un gran apoyo a lo largo de distintas etapas de mi vida.

Alan Villavicencio

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron al desarrollo y culminación de este proyecto.

En primer lugar, al Ing. Ronald Criollo, por su guía y orientación académica, siempre dispuesto a aportar sus conocimientos y a aclarar dudas en cada etapa del trabajo.

Al Msc. Milton Iván Alfonzo, por su valiosa colaboración como cliente, cuya retroalimentación permitió alinear la solución a las necesidades reales de la institución.

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), por brindarme los recursos, conocimientos y un espacio académico propicio para mi formación profesional.

Finalmente, a mi familia, por su apoyo constante, paciencia y motivación, que fueron esenciales para alcanzar este objetivo.

Nicolás Coronel

Agradecimientos

Quiero agradecer a toda mi familia que siempre ha velado por mi felicidad y siempre ha estado allí para apoyarme cuando mas los he necesitado.

Al Ing. Ronald Criollo, por compartirnos su guía y conocimientos a lo largo del proyecto, los cuales fueron esenciales para lograr nuestro objetivo

A mis profesores, ya que ellos me dieron los conocimientos para poder enfrentar los retos que se han presentado a lo largo de mi carrera universitaria.

Al Msc. Milton Iván Alfonzo, por su colaboración en este proyecto, ya que con su ayuda pudimos lograr la solución deseada.

Por último, a mis amigos, ya que ellos han hecho que pase grandes momentos a lo largo de mi vida y permitieron que haga buenos recuerdos.

Alan Villavicencio

Declaración Expresa

Nosotros Alan Fernando Villavicencio Villacis y Nicolas Mauricio Coronel Mendoza

acordamos y reconocemos que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 29 de Mayo del 2025.

Alan Villavicencio

Nicolas Coronel

Evaluadores

Ing. Ronald Raúl Criollo Bonilla

Profesor de Materia

Ing. Ronald Raúl Criollo Bonilla

Tutor de proyecto

Resumen

El presente proyecto propone el desarrollo de una solución tecnológica para la emisión y validación de certificados digitales en organizaciones que actualmente dependen de procesos manuales o poco integrados. La problemática identificada radica en la pérdida de tiempo, duplicidad de esfuerzos y baja trazabilidad en la gestión documental tradicional.

La propuesta consiste en una aplicación web con dos perfiles de usuario: administrador y usuario interno. El sistema permite la generación, aprobación, firma digital y descarga de certificados, además de notificaciones automáticas por correo y validación mediante código QR. Durante el proceso de implementación se empleó una metodología iterativa con reuniones periódicas con el cliente y pruebas de usuario. Los resultados obtenidos demuestran una reducción significativa en el tiempo de emisión de certificados, mayor seguridad en la validación y mejor trazabilidad institucional.

La solución representa un avance en la modernización de procesos administrativos, incrementa la transparencia y eficiencia, y sienta las bases para futuras mejoras como la firma masiva de documentos o la integración con otros sistemas de gestión.

Palabras Clave: Firma electrónica, Trazabilidad, Optimización, Transformación digital

Abstract

This project presents the development of a technological solution for the issuance and validation of digital certificates in organizations that still rely on manual or poorly integrated processes. The main problem identified lies in inefficiencies such as information loss, duplication of efforts, and low traceability in document management. The proposed solution is a web application with two user roles: administrator and internal user. The system enables certificate requests, approvals, electronic signatures, downloads, email notifications, and QR-based validation.

An iterative methodology was followed, including regular client meetings and user testing. Results show a significant reduction in certificate issuance time, enhanced security, and improved process traceability. This solution contributes to the digital transformation of institutional processes, increasing efficiency and transparency while providing a scalable foundation for future improvements such as bulk signing of documents and integration with external systems.

Keywords: Electronic signature, Traceability, Optimization, Digital transformation

Índice General

| | |
|---|----|
| <i>Resumen</i> | 1 |
| <i>Abstract</i> | 2 |
| <i>Índice General</i> | 3 |
| <i>Abreviaturas</i> | 5 |
| <i>Índice de figuras</i> | 6 |
| <i>Índice de tablas</i> | 6 |
| <i>Capítulo 1</i> | 1 |
| 1. Introducción..... | 2 |
| 1.1 Descripción del Problema..... | 2 |
| 1.2 Justificación del Problema..... | 3 |
| 1.3 Objetivos | 5 |
| 1.4 Marco teórico..... | 5 |
| <i>Capítulo 2</i> | 8 |
| 2. Metodología..... | 9 |
| 2.1. Análisis..... | 9 |
| 2.2 Requerimientos..... | 10 |
| 2.3 Alcance y Limitaciones de la Solución | 13 |
| 2.4 Riesgos y Beneficios de la Solución..... | 14 |
| 2.5 Usuarios..... | 15 |
| 2.6 Diseño de la Solución | 15 |
| 2.7 Prototipo | 24 |
| <i>Capítulo 3</i> | 36 |
| 3. Resultados y Análisis | 37 |
| 3.1 Plan de Implementación | 37 |
| 3.2 Pruebas | 42 |
| 3.3 Resultados..... | 46 |
| 3.4 Análisis de costos | 47 |
| <i>Capítulo 4</i> | 48 |
| 4. Conclusiones y Recomendaciones | 49 |
| 4.1 Conclusiones | 49 |
| 4.2 Recomendaciones | 50 |
| <i>Referencias</i> | 51 |
| <i>Apéndices</i> | 53 |
| Apéndice A | 53 |

| | |
|---|----|
| Manual de implementación de FirmaEC | 53 |
| Apéndice B..... | 57 |
| Formularios de Evaluación..... | 57 |
| Formulario de observación (llenado por Nicolás Coronel) | 57 |
| Apéndice C..... | 58 |
| Historias de Usuario | 58 |

Abreviaturas

API Application Programming Interface

BD Database

HTTPS Hypertext Transfer Protocol Secure

PEM Privacy Enhanced Mail

QR Quick response

URL Uniform Resource Locator

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Propuesta de Arquitectura en modelo 4+1 | 16 |
| Figura 2 Diagrama de casos de uso del sistema..... | 17 |
| Figura 3 Vista lógica del sistema | 18 |
| Figura 4 Diagrama de componentes del sistema..... | 20 |
| Figura 5 Vista física del sistema | 21 |
| Figura 6 Vista física del sistema | 23 |
| Figura 7 Prototipo de baja fidelidad (escoger certificados) | 25 |
| Figura 8 Prototipo baja fidelidad (Ver solicitudes)..... | 25 |
| Figura 9 Prototipo baja fidelidad (crear solicitud)..... | 26 |
| Figura 10 Primer prototipo en Figma (Login) | 27 |
| Figura 11 Primer prototipo en Figma (ver solicitudes)..... | 27 |
| Figura 12 Primer prototipo en Figma (ver solicitudes Admin)..... | 28 |
| Figura 13 Primer prototipo en Figma (Ventana solicitud)..... | 29 |
| Figura 14 Primer prototipo en Figma (crear solicitud)..... | 29 |
| Figura 15 Primer prototipo en Figma (Creación solicitud)..... | 30 |
| Figura 16 Primer prototipo en Figma (Vista detalles Aprobado) | 31 |
| Figura 17 Primer prototipo en Figma (Vista detalles Rechazo) | 31 |
| Figura 18 Prototipo final en Figma (ver solicitudes)..... | 33 |
| Figura 19 Prototipo final en Figma (validación QR)..... | 33 |
| Figura 20 Prototipo final en Figma (vista admin aprobar/rechazar solicitud) | 34 |
| Figura 21 Prototipo final en Figma (ingresar firma)..... | 34 |
| Figura 22 Diagrama de gantt del sprint 0 (parte 1)..... | 38 |
| Figura 23 Diagrama de gantt del sprint 0 (parte 2)..... | 39 |
| Figura 24 Diagrama de gantt del sprint 1(partie 1)..... | 40 |

| | |
|--|----|
| Figura 25 Diagrama de gantt del sprint 1 (parte 2)..... | 40 |
| Figura 26 Diagrama de gantt del sprint 2 (parte 1)..... | 41 |
| Figura 27 Diagrama de gantt del sprint 2 (parte 2)..... | 42 |
| Figura 28 Resultados del formulario post pruebas parte 1 | 44 |
| Figura 29 Resultados del formulario post pruebas parte 2 | 44 |
| Figura 30 Resultados del formulario post pruebas parte 3 | 45 |
| Figura 31 Resultados del formulario post pruebas parte 4 | 45 |

Índice de tablas

| | |
|-----------------------------------|----|
| Tabla 1 Historias de Usuario..... | 58 |
|-----------------------------------|----|

Capítulo 1

1. Introducción

En un entorno cada vez más digitalizado, la gestión eficiente de la información se ha convertido en un factor clave para el funcionamiento transparente y ágil de las organizaciones. Sin embargo, muchas instituciones aún dependen de procesos manuales y herramientas no integradas para la emisión de documentos, lo que genera múltiples limitaciones operativas. Esta situación evidencia la necesidad de adoptar soluciones tecnológicas que permitan optimizar la gestión documental, mejorar la trazabilidad de los procesos y fortalecer la confianza institucional tanto interna como externamente.

1.1 Descripción del Problema

En muchas organizaciones, especialmente aquellas con recursos limitados o estructuras operativas tradicionales, los procesos relacionados con la gestión documental; como la emisión de certificados y reportes, la recolección de firmas y el archivo de documentos, continúan realizándose de forma manual y dispersa. La dependencia de formatos físicos o herramientas no integradas genera múltiples ineficiencias operativas, como la pérdida de información, la duplicación de esfuerzos y retrasos significativos en la entrega de documentos clave. Esta situación se agrava ante la falta de una plataforma digital centralizada que permita automatizar flujos, rastrear el estado de cada documento en tiempo real y garantizar la integridad del proceso desde su creación hasta su validación final. La dependencia de formatos impresos o de soluciones tecnológicas aisladas provoca ineficiencias estructurales, como la pérdida o extravío de documentos importantes, la duplicación innecesaria de tareas, y retrasos considerables en la entrega o validación de información clave. Tales deficiencias no solo obstaculizan el trabajo diario del personal administrativo, sino que además comprometen la capacidad de la organización para

responder con agilidad y transparencia ante auditorías, requerimientos legales o solicitudes externas. La inexistencia de un sistema estructurado limita la trazabilidad de los documentos, impide el control efectivo de cada etapa y dificulta la auditoría oportuna de los procesos internos

Adicionalmente, la falta de herramientas digitales adecuadas para la autenticación, verificación y seguimiento de los documentos emitidos afecta de manera directa la confianza institucional, tanto hacia adentro como hacia el exterior. Los usuarios internos se ven obligados a implementar controles manuales paralelos que incrementan la carga laboral y aumentan el margen de error, mientras que los usuarios externos (como ciudadanos, instituciones aliadas o entes reguladores) perciben una imagen de desorganización o falta de fiabilidad documental.

Esto puede disminuir la confianza tanto de los usuarios internos como de los receptores externos de los certificados u otros reportes emitidos. En consecuencia, esta problemática impacta directamente en la productividad del personal administrativo, en la calidad del servicio ofrecido y en la capacidad de respuesta institucional ante auditorías, solicitudes ciudadanas o requerimientos legales. Frente a este contexto, se vuelve necesario diseñar e implementar una solución tecnológica que permita centralizar, automatizar y asegurar la gestión documental, optimizando así los recursos y garantizando mejores estándares de control y trazabilidad.

1.2 Justificación del Problema

La justificación de este problema radica en que la gestión documental es una función crítica en cualquier organización, ya que permite conservar evidencia formal de procesos, certificar hechos y asegurar la trazabilidad de la información. En cualquier organización o

institución, la correcta emisión y control de documentos como certificados, constancias y reportes es esencial para mantener la credibilidad, la eficiencia operativa y el cumplimiento normativo. En este sentido, la falta de un sistema estructurado y automatizado no solo representa un obstáculo técnico, sino también un riesgo institucional, pues compromete la integridad, la autenticidad y la disponibilidad de la información. Procesos manuales, herramientas desconectadas o controles informales pueden dar lugar a errores, manipulaciones involuntarias, demoras y pérdida de documentos, afectando negativamente la calidad del servicio ofrecido y deteriorando la confianza de los usuarios internos y externos. Además, esta situación puede generar un impacto económico significativo, ya que la duplicación de esfuerzos y la resolución de errores implican una sobrecarga operativa y administrativa.

Desde esta perspectiva, implementar un módulo de emisión y validación de certificados digitales representa una solución estratégica que aporta múltiples beneficios: permite reducir tiempos de procesamiento, incrementar la seguridad y autenticidad de los documentos, mejorar la transparencia de los procesos administrativos, reducir la carga de trabajo de varios departamentos. Además, un sistema digital bien diseñado facilita la colaboración interdepartamental, agiliza la toma de decisiones basada en datos documentales y permite responder con mayor rapidez y precisión a auditorías, solicitudes ciudadanas o requerimientos normativos. Asimismo, al integrar funcionalidades como la generación automática de certificados, validación mediante códigos QR y reportería, se proporciona una herramienta de alto valor tanto para usuarios internos como externos. La transformación digital de la gestión documental debe entenderse como una inversión estratégica que promueve la modernización institucional, optimiza el uso de recursos, y contribuye significativamente a la construcción de una cultura organizacional basada en la eficiencia, la transparencia y la rendición de cuentas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar una aplicación web para la emisión de certificados digitales, que automatice la generación de documentos personalizados, con el fin de optimizar los procesos documentales y mejorar la trazabilidad del proceso de emisión de certificados digitales.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Diseñar una interfaz de gestión para la generación automatizada de certificados digitales con campos personalizables.
2. Desarrollar una solución tecnológica, donde los usuarios puedan buscar y generar sus certificados de forma segura, con trazabilidad y control de accesos básicos.
3. Reducir tiempos y errores en la emisión de certificados digitales a través de procesos automatizados y eficientes.
4. Evaluar las funcionalidades del sistema mediante pruebas de los usuarios involucrados.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Gestión documental en organizaciones

La gestión documental se refiere al conjunto de normas y procedimientos técnicos que se emplean para manejar documentos de cualquier tipo dentro de una entidad. Su propósito es promover la recuperación de información, establecer el periodo durante el cual los documentos deben ser conservados y garantizar que permanezcan íntegros y accesibles con el paso del tiempo. [1]. En el contexto de las organizaciones sin fines de lucro, la implementación de sistemas de información ha demostrado ser un factor diferenciador, permitiendo una mejor organización y eficiencia en sus operaciones [2].

1.4.2 Certificados Digitales y su Infraestructura

Los certificados digitales son documentos electrónicos que utilizan criptografía para garantizar la autenticidad e integridad de la información. Estos certificados permiten verificar la identidad de las partes involucradas en una transacción electrónica y asegurar que los datos no han sido alterados. La infraestructura de clave pública (PKI) es fundamental en este contexto, ya que proporciona un marco para la emisión, gestión y revocación de certificados digitales [3]. Además, estándares como X.509 definen el formato de los certificados y los procedimientos para su validación [4].

1.4.3 Tecnologías Web para la Emisión de Certificados

El desarrollo de sistemas para la emisión de certificados digitales se apoya en tecnologías web que permiten construir aplicaciones accesibles desde navegadores, escalables ante un número creciente de usuarios y seguras en el tratamiento de información sensible. Estas tecnologías facilitan la creación de interfaces interactivas, así como la implementación de la lógica del sistema tanto en el cliente como en el servidor. Además, fomentan el diseño modular, la reutilización de componentes y la integración con servicios externos mediante interfaces de programación de aplicaciones (APIs). Este enfoque contribuye al desarrollo de soluciones eficientes, mantenibles y alineadas con las buenas prácticas del desarrollo web.[5]

1.4.4 Usabilidad en Sistemas de Información

La usabilidad es un aspecto crítico en el diseño de sistemas de información, ya que influye directamente en la eficiencia y satisfacción del usuario. Un sistema usable debe ser fácil de aprender, eficiente de utilizar, fácil de recordar, con pocos errores y satisfactorio en su uso [6]. En el contexto de la emisión de certificados digitales, una interfaz intuitiva y procesos simplificados son esenciales para garantizar que los usuarios puedan obtener sus

certificados sin dificultades.

1.4.5 Seguridad en la Emisión de Certificados Digitales

La seguridad en los sistemas de emisión de certificados digitales es primordial para proteger la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información. Esto implica la implementación de medidas como el cifrado de datos, autenticación de usuarios, control de accesos y auditorías de seguridad. Además, es fundamental cumplir con estándares y normativas internacionales que regulan la protección de datos y la seguridad de la información [7]. La integración de mecanismos de seguridad robustos no solo protege la información, sino que también genera confianza en los usuarios del sistema.

1.4.6 Casos de Implementación en Organizaciones sin Fines de Lucro

A nivel internacional, diversas organizaciones sin fines de lucro han adoptado sistemas de emisión de certificados digitales para mejorar sus procesos. Por ejemplo, la plataforma Sertifier ha permitido a instituciones educativas emitir certificados digitales de manera eficiente, mejorando la visibilidad y reconocimiento de sus programas [8]. En el contexto latinoamericano, iniciativas como la de Chile, con su plataforma ChileAtiende, han implementado certificados digitales para facilitar trámites ciudadanos de forma segura y eficiente [9].

Capítulo 2

2. Metodología

En el siguiente capítulo se proporcionan más detalles sobre el desarrollo de la solución tecnológica propuesta. Primero, se describen los requerimientos funcionales y no funcionales, donde se describen las distintas características y funcionalidades que debe tener la solución para cumplir los objetivos que se propusieron. Posteriormente, se limita el alcance de la solución, incluyendo las limitaciones que se encontraron, además, se detallan los riesgos y beneficios de la solución propuesta y los distintos usuarios que formarán parte de esta.

2.1. Análisis

Durante la etapa de análisis, se realizaron varias reuniones con nuestro tutor, el Ingeniero Ronald Criollo y con nuestro cliente, el Máster Milton Iván Alfonzo estas reuniones nos fueron de ayuda para obtener una mejor idea sobre cómo debería funcionar la solución, para de esta forma definir de forma asertiva a los usuarios y los requerimientos que debe cumplir nuestra solución.

La funcionalidad principal de nuestra solución debía ser la de emisión de certificados digitales, ya que, al realizar esta tarde de forma manual, se consume mucho tiempo y recursos, lo cual lleva a retrasos y a falta de comunicación entre distintos departamentos. En base a lo discutido en las distintas reuniones, se optó por desarrollar una aplicación web la cual permitiera que los usuarios internos de una empresa puedan realizar una solicitud de un certificado digital y de esta forma el encargado de dicho certificado apruebe o niegue la solicitud, en caso de aprobarse, la aplicación web generará el certificado solicitado firmado electrónicamente por el encargado.

Además, se discutieron sobre varias funcionalidades adicionales que facilitan el uso de la aplicación y mejora la experiencia tanto al usuario interno como al

encargado/administrador. Por esta razón, se plantearon funcionalidades como el uso de notificaciones por correo electrónico para que los usuarios puedan tener conocimiento de cuando haya un avance en el proceso de solicitud de un certificado digital, así mismo se planteó añadir un código QR al certificado para poder realizar una validación de autenticidad de este, lo cual añade una capa de seguridad para evitar copias o modificaciones a certificados ya emitidos.

2.2 Requerimientos

2.2.1 Requerimientos funcionales

- **Usuario interno inicia sesión con sus credenciales**

Un usuario interno debe tener la capacidad de usar sus credenciales de inicio de sesión para poder ingresar a la aplicación, haciendo uso de su usuario y contraseña podrá validarlos para así hacer uso de las funcionalidades disponibles.

- **Usuario interno solicita un certificado**

Un usuario interno debe tener la capacidad de realizar una solicitud de un certificado, para lo cual deberá primero escoger el certificado a solicitar para que se genere su solicitud, por ejemplo, un certificado de empleabilidad, donde podrá elegir si desea el certificado con sueldo o sin sueldo.

- **Usuario interno descarga un certificado**

Un usuario interno debe poder descargar un certificado de una solicitud aprobada, cuando el encargado de la aprobación del certificado aprueba dicho certificado, el usuario podrá ingresar a la aplicación para descargar el certificado generado.

- **Usuario interno visualiza todas las solicitudes que ha realizado**

Un usuario interno debe poder visualizar todas las solicitudes generadas dentro de la plataforma, de esta forma podrá revisar solicitudes antiguas y tener en un solo lugar todos los

certificados solicitados, además el usuario podrá ordenar dichas solicitudes para poder realizar una mejor búsqueda de alguna solicitud.

- **Usuario interno recibe notificaciones sobre el proceso de su solicitud**

Un usuario interno deberá recibir notificaciones a su correo electrónico para poder llevar un control del proceso de su solicitud, la aplicación enviará una notificación cuando se haya generado una solicitud correctamente y cuando una solicitud sea aprobada o negada.

- **Usuario interno valida el certificado con el código QR**

Un usuario interno deberá poder escanear el código QR incluido en el certificado digital para poder confirmar su autenticidad, dicho código QR enviará al usuario a una pestaña donde se mostrará si el certificado es válido y auténtico, además de la información incluida en el certificado.

- **Administrador recibe una notificación cuando se genera una solicitud**

Un administrador deberá recibir una notificación a su correo electrónico cuando se genera una solicitud pendiente de aprobación, de esta forma podrá llevar un control de las solicitudes e ingresar a la aplicación cuando sea necesario.

- **Administrador aprueba o niega una solicitud**

Un administrador debe ser capaz de poder aprobar o negar una solicitud, en caso de aprobarse se genera el certificado solicitado y se permitirá al solicitante descargarlo en formato PDF, además de enviarle una notificación al solicitante, en caso de negarse, el administrador podrá añadir una razón para el rechazo en caso de ser necesario.

- **Administrador visualiza las solicitudes que se han generado**

Un administrador debe ser capaz de visualizar todas las solicitudes generadas por los usuarios para poder decidir cuales aprobar o negar y así llevar un mejor control de estas y evitar la pérdida de información, además será capaz de ordenarlas para visualizarlas de forma más clara.

- **Administrador agrega más certificados a la aplicación**

Un administrador debe poder agregar más certificados a la aplicación, esto en base a las necesidades de la organización que use la aplicación, para que los usuarios internos tengan más opciones de certificados digitales a generar.

- **Administrador gestiona los roles de los usuarios**

Un administrador debe tener la capacidad de gestionar los roles de los distintos usuarios, para poder definir qué usuarios son usuarios internos o administradores, para de esta forma poder limitar las funcionalidades de cada uno de los tipos de usuario.

2.2.2 Requerimientos no funcionales

- **Usabilidad**

La interfaz de la solución tecnológica debe ser intuitiva y accesible para que usuarios que no tengan mucho conocimiento técnico puedan usarla fácilmente y sin problemas. De esta forma será fácil de comprender y los usuarios podrán navegar y hacer uso de las funcionalidades que ofrece sin dificultad.

- **Rendimiento**

La solución debe contar con tiempo de carga y tiempos de respuesta rápidos a las acciones que realice el usuario para asegurar la satisfacción de este, ya que la presencia de fallas o de lentitud por parte de la solución pueden provocar una sensación de disconformidad al usuario.

- **Trazabilidad**

La solución deberá registrar todas las solicitudes y emisiones de certificados digitales para poder llevar un control de estos y tenerlos disponibles en caso de una auditoría interna o externa.

- **Accesibilidad**

La solución debe ser accesible desde distintos dispositivos, tales como computadoras o dispositivos móviles, de esta forma se asegura que los usuarios puedan hacer uso de las funcionalidades que ofrece en el lugar y momento que lo necesiten.

- **Seguridad**

La solución debe asegurarse de mantener la integridad de los datos de los distintos usuarios que la usen, además se debe mantener las restricciones a los distintos roles establecidos. Además, deberá tener medidas de seguridad contra accesos no autorizados y debe mantener la confidencialidad de la información.

2.3 Alcance y limitaciones de la solución

2.3.1 Alcance

La solución tecnológica desarrollada consiste en una aplicación web para la emisión de certificados y documentos digitales. Esta aplicación está diseñada para cubrir las siguientes funcionalidades clave:

- Permitir a los usuarios internos solicitar certificados digitales mediante una interfaz sencilla.
- Facilitar la aprobación o rechazo de solicitudes por parte de un administrador autorizado.
- Generar certificados digitales con firma electrónica integrada.
- Gestionar usuarios y roles dentro del sistema para controlar el acceso.
- Notificar automáticamente por correo electrónico a los usuarios sobre el estado de sus solicitudes.

Esta solución está orientada a mejorar la trazabilidad, eficiencia y seguridad de los

procesos documentales en instituciones u organizaciones que requieren emitir certificados formales.

2.3.2 Limitaciones

- Dependencia de conexión a Internet: Al ser una aplicación web, requiere conexión estable para su funcionamiento.
- Firma electrónica básica: La solución implementa una firma digital sencilla; no incluye integración con servicios de firma electrónica avanzada o biométrica o mediante QR.

2.4 Riesgos y Beneficios de la Solución

2.4.1 Riesgos

- Seguridad de datos: Si no se implementan protocolos robustos de ciberseguridad, existe el riesgo de manipulación o acceso no autorizado a los certificados.
- Errores en la generación de certificados: Fallos en la lógica de generación podrían producir documentos incorrectos, afectando la confianza institucional.

2.4.2 Beneficios

- Reducción del tiempo de emisión: La automatización de procesos reduce significativamente los tiempos para generar y entregar certificados.
- Mejora de la trazabilidad: Cada solicitud y emisión queda registrada, facilitando auditorías y consultas posteriores.
- Aumento de la transparencia institucional: La trazabilidad y validación digital fortalecen la confianza en los documentos emitidos.
- Ahorro de recursos: Disminuye la dependencia de papel, impresoras y tiempo humano, lo que representa un ahorro administrativo.

2.5 Usuarios

En base a las reuniones realizadas y a la información obtenida, se ha decidido tener dos tipos de usuarios para la solución tecnológica propuesta:

- Administrador

El administrador tiene la capacidad de visualizar, aprobar y denegar las solicitudes generadas por los usuarios internos, además tiene la capacidad de gestionar los roles de los distintos usuarios en la aplicación. Así mismo, es capaz de agregar nuevos certificados a la plataforma en base a las necesidades de la organización y de validar los certificados a través de un código QR.

- Usuario interno

El usuario interno tiene la capacidad de generar solicitudes de certificados digitales para posteriormente descargarlos para su uso en caso de que la solicitud sea aprobada, además es capaz de ver las solicitudes que ha generado y de validar los certificados a través de un código QR.

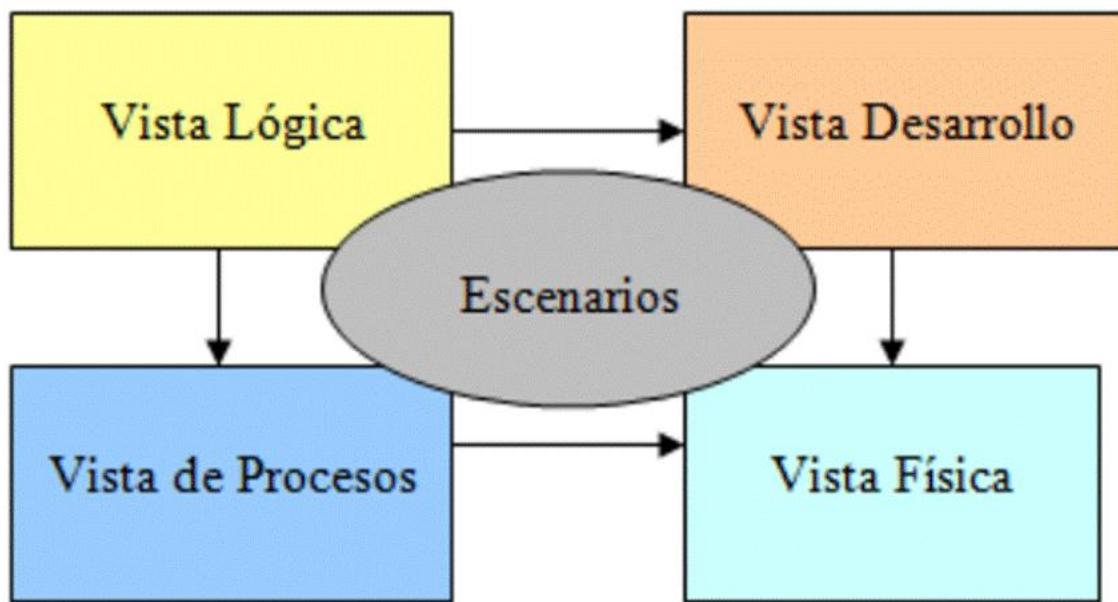
2.6 Diseño de la Solución

2.6.1 Propuesta de Arquitectura

La propuesta de la solución se basa en el modelo “4+1” vistas de la arquitectura de software propuesta por Philippe Kruchten [10], el cual plantea el uso de vistas concurrentes para abordar diferentes aspectos de un sistema. Este modelo permite hacer mas simple el diseño de la solución mediante 5 perspectivas, asegurando una cobertura integral y estructurada del diseño como se ilustra en la Figura 1.

Figura 1

Propuesta de Arquitectura en modelo 4+1 [12]



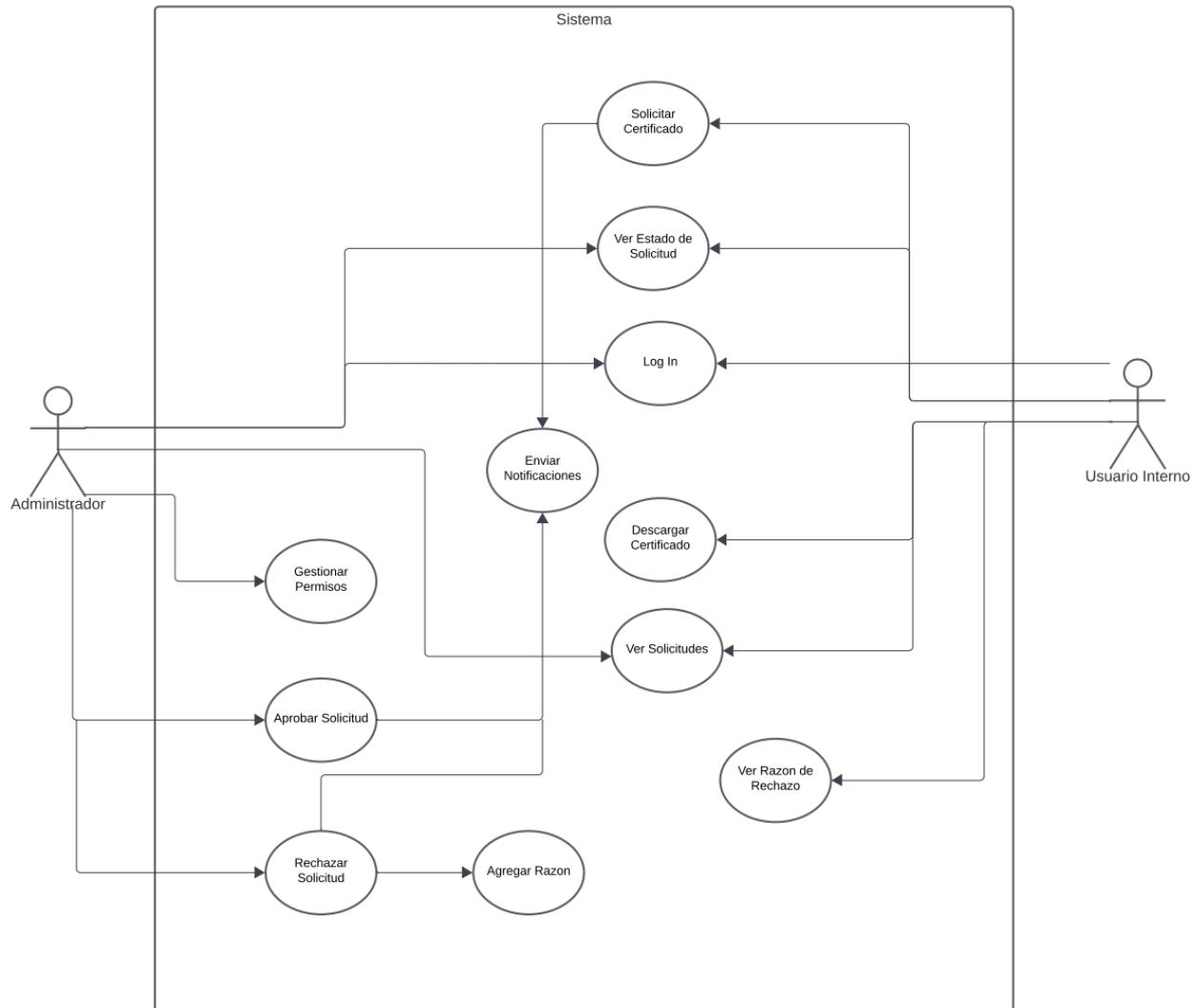
Esta arquitectura ofrece un marco estructurado para la creación de software sólido y escalable [10], asegurando que se traten todas las inquietudes pertinentes desde el diseño hasta la implementación.

2.6.2 Escenario

Se presenta el siguiente diagrama para entender lo que la solución tecnológica propone, el cual muestra los principales casos de uso del sistema de emisión de certificados digitales. Se identificaron dos actores principales, usuario interno y administrador. Se puede observar las principales funciones que podrá realizar los usuarios y el administrador. Los dos actores se comunican usando un sistema que centraliza la comunicación a través del envío de notificaciones, las cuales notifican a los usuarios acerca de las modificaciones en el estado de las solicitudes.

Figura 2

Diagrama de casos de uso del sistema



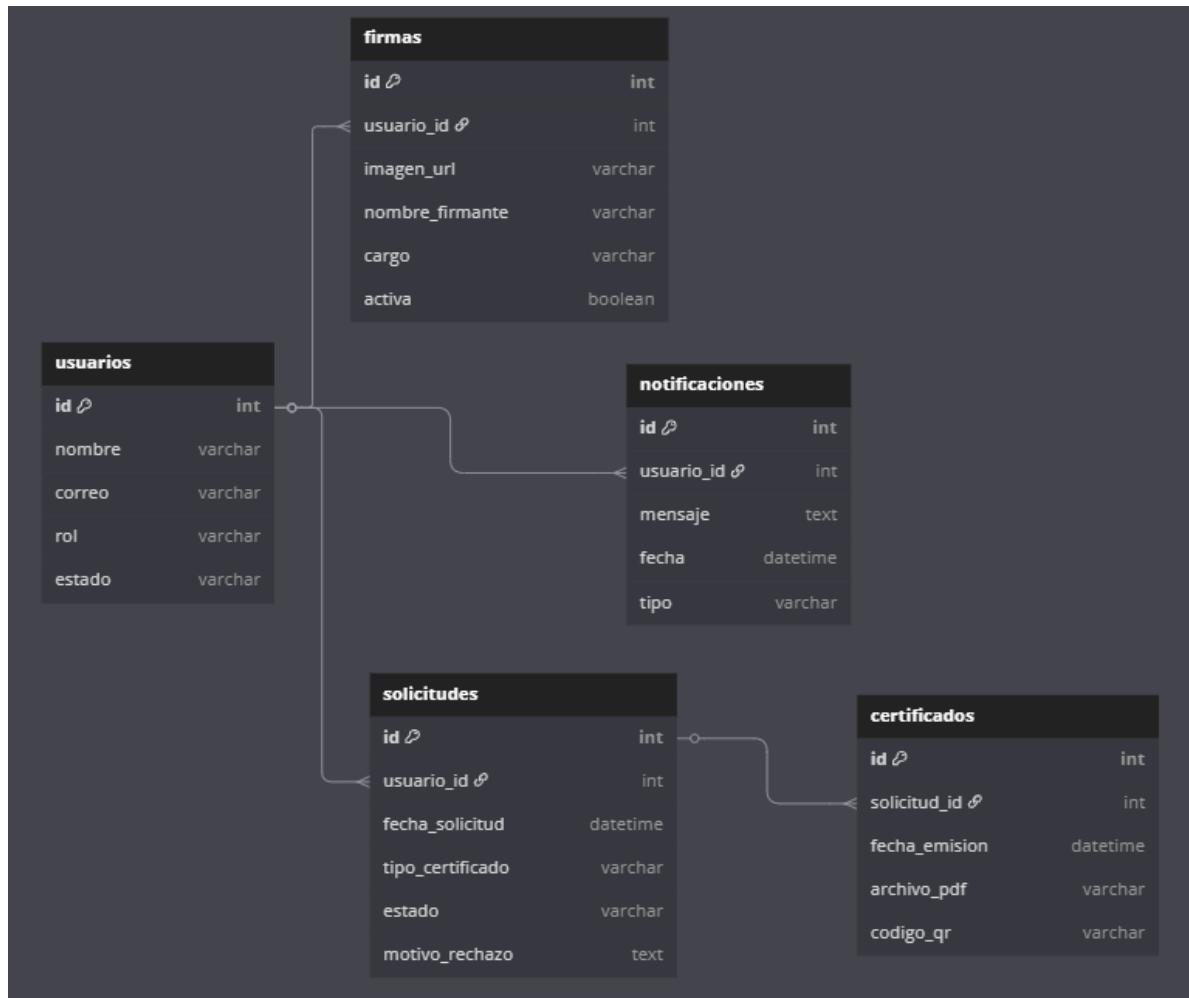
Estos escenarios propuestos validan que la arquitectura soporte todos los requisitos funcionales necesarios.

2.6.3 Vista Lógica

En la vista lógica se modelan las principales entidades del sistema y sus relaciones funcionales. Las entidades: usuario, solicitud, certificado y notificaciones corresponden tanto a componentes lógicos del backend como a tablas persistentes en la base de datos.

Figura 3

Vista lógica del sistema



Esta vista permite organizar de forma efectiva la lógica de negocio del sistema y garantizar integridad de almacenamiento, permitiendo mantener el historial completo de cada solicitud y su correspondiente validación.

Entidades principales:

- **Usuarios**: representa a los actores del sistema (usuarios internos y administradores). Contiene información como nombre, correo, rol y estado de la cuenta.
- **Solicitudes**: almacena cada solicitud de certificado realizada por un usuario. Incluye atributos como tipo de certificado, estado (pendiente, aprobado, rechazado).

- Certificados: contiene los certificados emitidos por el sistema. Cada certificado está vinculado a una solicitud aprobada y almacena datos como la fecha de emisión, el archivo generado y el código QR asociado.
- Notificaciones: registra los mensajes enviados al usuario, ya sea para confirmar la creación, aprobación o rechazo de una solicitud. Se almacena el contenido, la fecha de envío y el tipo de notificación.
- Firmas: representa las firmas digitales o imágenes asociadas a los administradores autorizados para emitir certificados. Incluye datos como el nombre del firmante, cargo, imagen (como URL o base64) y estado (activa o no).

Relaciones clave entre entidades:

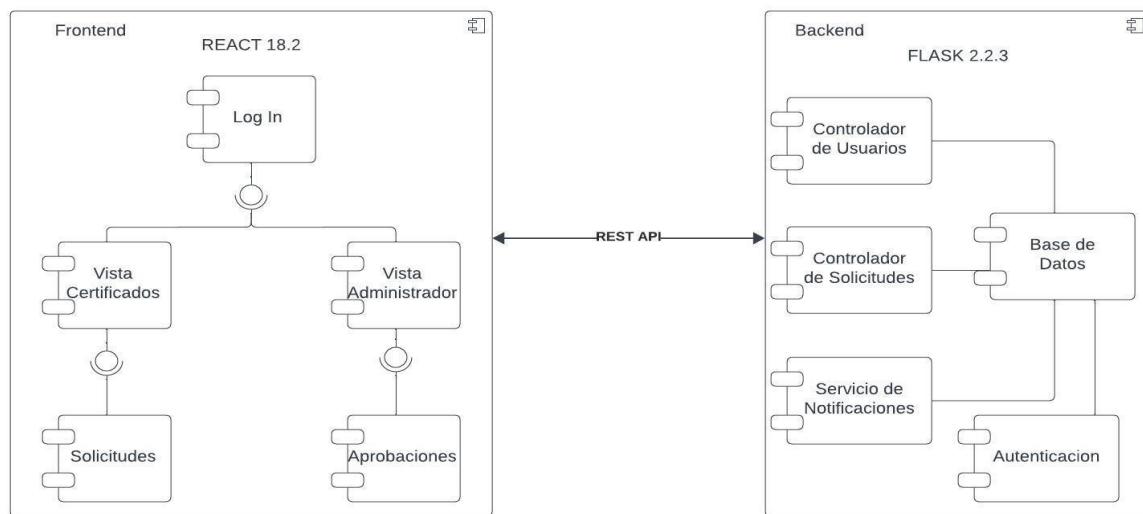
- Un usuario puede realizar múltiples solicitudes y recibir múltiples notificaciones.
- Cada solicitud está relacionada con un único usuario, y puede generar un único certificado.
- Cada certificado está asociado exactamente a una solicitud.
- Cada firma pertenece a un único usuario, generalmente con rol de administrador.

2.6.4 Vista Desarrollo

El diagrama de componentes permite visualizar el modularidad, fomentar la reutilización de código y mantener la mantenibilidad del sistema a largo plazo [12].

Figura 4

Diagrama de componentes del sistema



Frontend (React 18.2)

- Log In: manejo de autenticación del usuario.
- Vista Certificados y Solicitudes: funcionalidades para los usuarios internos.
- Vista Administrador y Aprobaciones: gestión de solicitudes por parte del administrador.
- Todos estos componentes se comunican con el backend a través de una API REST.

Backend (Flask 2.2.3)

- Controlador de Usuarios y Controlador de Solicitudes: gestionan peticiones entrantes desde el frontend.
- Servicio de Notificaciones: envía correos sobre el estado de las solicitudes.
- Autenticación: módulo de seguridad y validación.
- Base de Datos: persistencia de información.

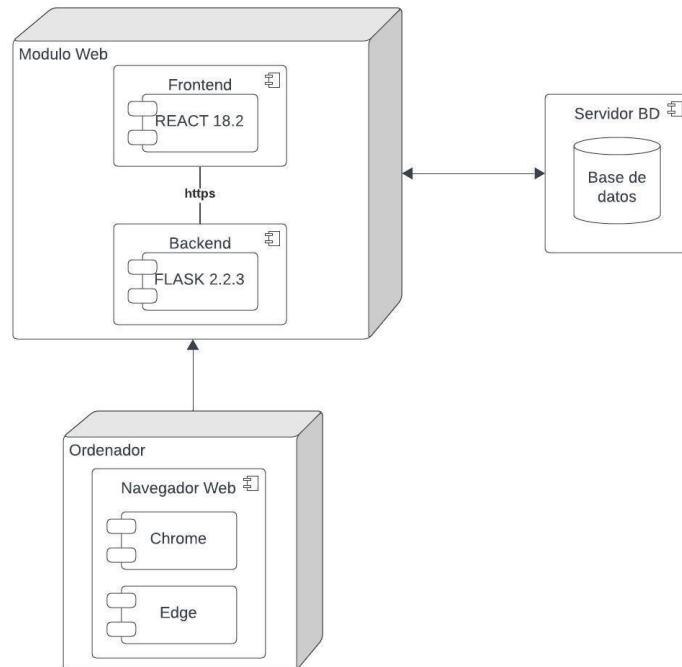
Este diseño ofrece una visión clara y precisa de la arquitectura de implementación del sistema, mostrando las dependencias entre módulos, facilitando la escalabilidad y mantenimiento del proyecto.

2.6.5 Vista Física

La vista física del sistema muestra la infraestructura de despliegue y los canales de comunicación entre los diferentes componentes de la solución tecnológica.

Figura 5

Vista física del sistema



Los módulos del sistema son los siguientes:

- El módulo web está compuesto por dos componentes: el Frontend y el Backend.
- El componente del Backend se desarrolló utilizando Flask 2.2.3, encargado de procesar la lógica del servidor, gestionar las solicitudes de los usuarios, y conectarse con la base de datos para registrar o recuperar información. Este componente se comunica a través del protocolo HTTPS, garantizando la seguridad en la transmisión

de la información.

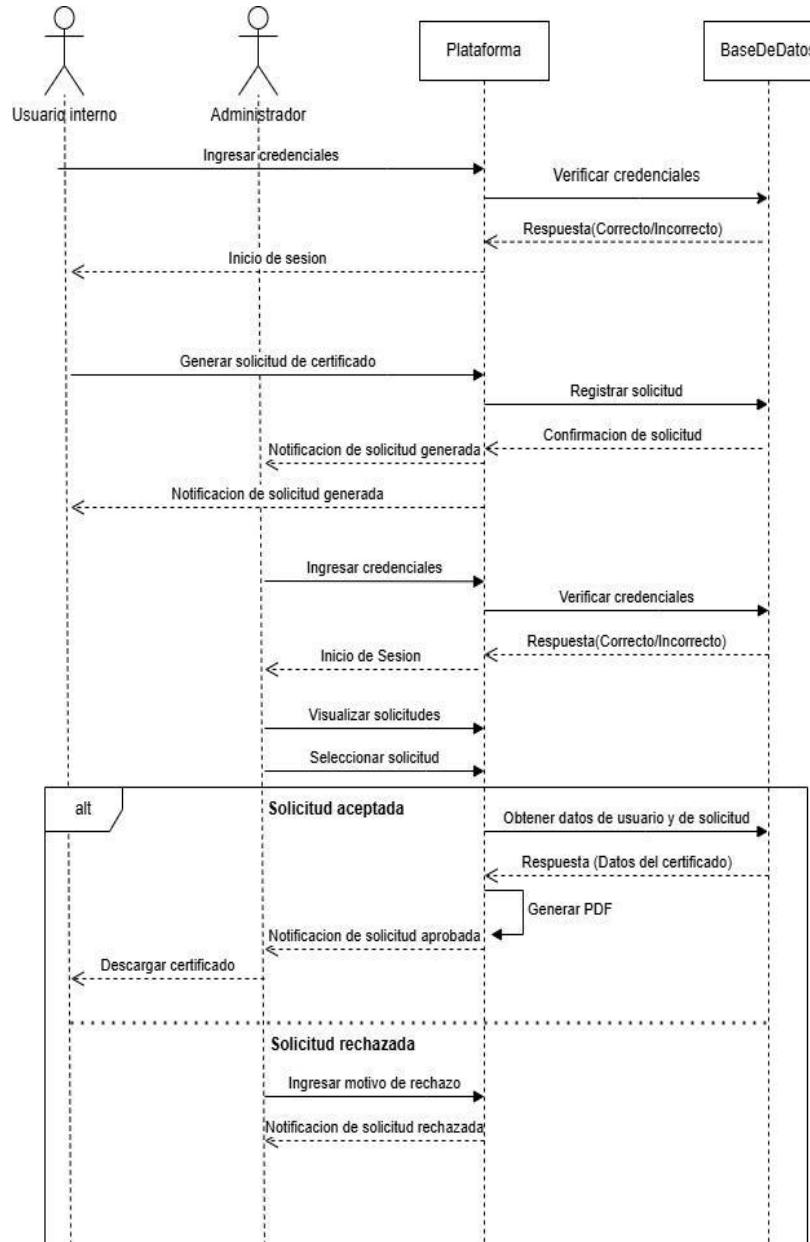
- Se utilizó React 18.2 para implementar el componente del Frontend, que ofrece una interfaz de usuario dinámica e interactiva.. Este módulo permite a los usuarios internos y administradores acceder a funcionalidades como la solicitud, consulta, aprobación y descarga de certificados digitales. La comunicación entre los componentes se realiza mediante HTTPS, asegurando la integridad y confidencialidad de la información.
- El servidor de base de datos guarda todos los datos requeridos para que el sistema funcione, incluyendo los datos de usuarios, solicitudes, certificados generados, estados de aprobación y trazabilidad del proceso.
Esta base de datos se encuentra alojada en un entorno seguro y es accedida exclusivamente por el Backend a través de consultas controladas.

2.6.6 Vista Procesos

Esta vista se encarga de mostrar el comportamiento dinámico del sistema, especialmente en cuanto la comunicación entre componentes concurrentes, flujo de mensajes y tiempo de respuesta entre ellos.[11]

Figura 6

Vista física del sistema



En la figura 6 se puede observar el diagrama de secuencia de las principales acciones que realizan el usuario interno y el administrador. El diagrama inicia con el ingreso de credenciales por parte del usuario interno, los cuales son ingresados en la plataforma para luego ser confirmado en la base de datos.

Posteriormente, el usuario interno selecciona la opción de generar solicitud en la plataforma, luego procede a escoger qué certificado necesita y la plataforma registra la

solicitud en la base de datos. Además, en caso de que se haya generado correctamente la solicitud, la plataforma enviará una notificación al correo electrónico del usuario interno para confirmar la creación exitosa de la solicitud.

Por parte del administrador, el también deberá ingresar sus credenciales en la plataforma para que sean verificadas en base de datos y de esta forma hacer uso de las funcionalidades de esta. Como siguiente paso, procederá a visualizar las solicitudes pendientes en forma de lista y escoge la solicitud que desea revisar en la plataforma para aprobar o rechazar; en caso de aprobarse, la plataforma obtendrá los datos necesarios del solicitante a través de la base de datos para luego generar el certificado correspondiente, luego enviará una notificación al solicitante que su solicitud ha sido aprobada y así el usuario interno podrá ingresar y descargar su certificado digital; en caso de rechazar la solicitud, el administrador ingresa el motivo de rechazo en la plataforma dependiendo del caso y la plataforma envía una notificación al solicitante de que se solicitud ha sido rechazada.

2.7 Prototipo

2.7.1 Prototipos iniciales

Se realizó un primer prototipo de baja fidelidad en hojas de papel, para mostrar la idea del diseño inicial que se tenía, de esta forma; si era necesario hacer un cambio de forma más rápida. Una vez obtenida la retroalimentación por parte del cliente, se realizaron los cambios necesarios y se procedió a realizar un segundo prototipo en Figma.

Figura 7

Prototipo de baja fidelidad (escoger certificados)

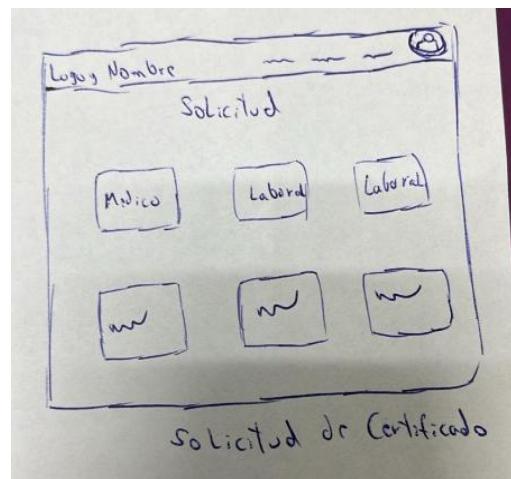


Figura 8

Prototipo baja fidelidad (Ver solicitudes)

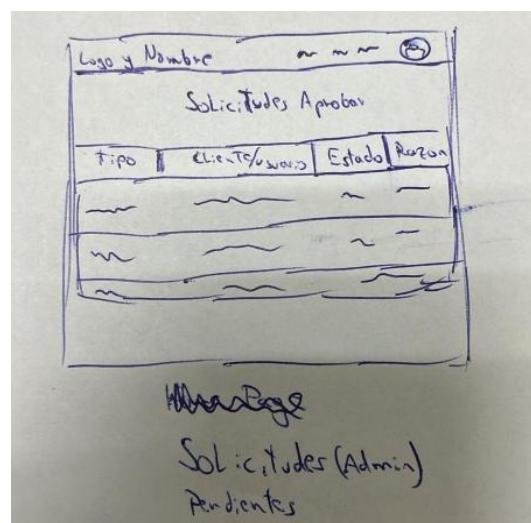
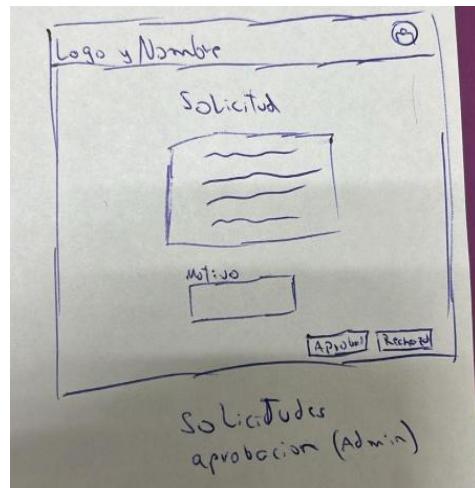


Figura 9

Prototipo baja fidelidad (crear solicitud)



En las Figuras #7, 8 y 9 se pueden observar algunas de las ventanas principales de la aplicación, entre ellas la visualización de las solicitudes de certificados por parte del usuario y del administrador, así mismo como la ventana del administrador para aprobar o rechazar alguna solicitud, estas serían las dos funcionalidades principales con las que cuenta la solución, por ende, fueron a las que se les dio más prioridad.

En base a este primer prototipo, se tomaron en cuenta los distintos detalles que nos brindó el cliente, en base a ellos se modificaron varios aspectos, principalmente la información que mostraría cada ventana de la aplicación, en la ventana de solicitudes del usuario se vería el número de la solicitud creada, el tipo certificado solicitado, la fecha de emisión y el estado actual de dicha solicitud. En cuanto a la ventana de solicitudes del administrador, se vería el nombre y correo del solicitante, el tipo de certificado solicitado, su estado actual, una observación, y la fecha de emisión de la solicitud.

Adicionalmente, se decidió unir la pestaña de solicitudes y de certificados que inicialmente habíamos hecho por separado, esto para que sea más intuitivo y que el usuario no tenga que visitar varias ventanas para poder realizar el proceso de solicitar un certificado. También se conversó sobre la información que tendría la ventana de la validación Qr, para

incluir los elementos necesarios para que se compruebe correctamente la autenticidad y validez de este.

2.7.2 Prototipo en Figma

Haciendo uso de las observaciones realizadas por el cliente, se procedió a realizar un primer prototipo en Figma, en el cual ya se podían experimentar el flujo de las distintas funcionalidades que ofrece la aplicación. Este prototipo ya incluía varias ventanas más, tales como la ventana de inicio de sesión, distintas ventanas de visualizaciones de los certificados y solicitudes en base a los distintos estados que tendría la solicitud de un certificado, la ventana para aprobar/rechazar un certificado y las ventanas para hacer la solicitud de estos.

Figura 10

Primer prototipo en Figma (Login)

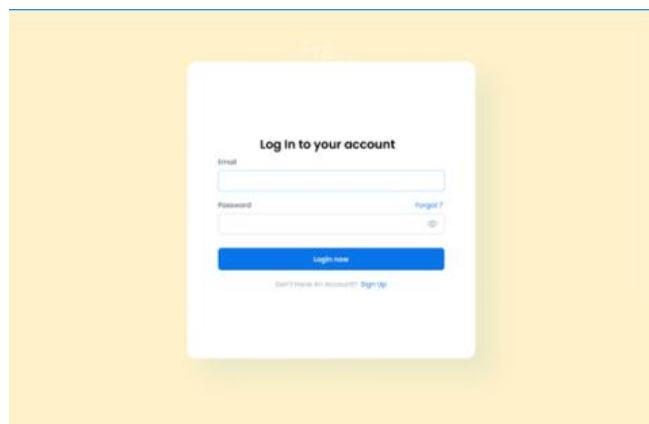


Figura 11

Primer prototipo en Figma (ver solicitudes)

A screenshot of a Figma prototype showing a dashboard for managing certificates. At the top, there's a navigation bar with "Mis Certificados", "Solicitar", "Inicio", and a user icon. Below the navigation is a section titled "Mis Certificados" with a "Solicitar +" button. A table lists three certificate requests: Solicitud N° 001 (Empleabilidad, FechaEmisión: 20-06-2025, Estado: Espera), Solicitud N° 002 (Pasantías, FechaEmisión: 10-06-2025, Estado: Aprobado), and Solicitud N° 003 (Miembro, FechaEmisión: 17-05-2025, Estado: Rechazado). Each row has a "Detalles..." link. At the bottom, there are navigation arrows for the table.

Figura 12

Primer prototipo en Figma (ver solicitudes Admin)

| Nombre | Tipo | Estado | Razón | Fecha |
|--|---------------------------|-----------|---------------------|------------|
| John Doe john.doe@gmail.com | Certificado Laboral | Aprobada | N/A | 22-06-2025 |
| Alex Ray alex.ray@gmail.com | Certificado Medico | Rechazado | Falta de requisitos | 21-06-2025 |
| Kate Huntington kate.huntington@gmail.com | Certificado Empleabilidad | Pendiente | Por revisar | 20-06-2025 |

En las Figuras #10, 11 y 12 se pueden observar las primeras ventanas de nuestro prototipo, donde se incluye la ventana de inicio de sesión, donde los usuarios deberán ingresar sus credenciales y en base al rol que tengan asignado los llevará a la ventana inicial ya sea de un usuario interno o de un administrador. Una vez que un usuario interno haya ingresado lo primero que se mostrarán serán las solicitudes que haya creado en forma de lista con los datos establecidos por el cliente anteriormente, en esta pestaña también tendrán la opción de realizar una nueva solicitud o ver más detalles de solicitudes ya creadas. De forma similar, el administrador verá las solicitudes pendientes en forma de lista y podrá seleccionar la que desee para observar más detalles sobre la misma.

Figura 13

Primer prototipo en Figma (Ventana solicitud)



Figura 14

Primer prototipo en Figma (crear solicitud)



En las Figuras #13 y 14 se puede visualizar las ventanas correspondientes a la solicitud de un certificado, como primera ventana se mostrarán los distintos tipos de certificados que el usuario pueda seleccionar y una vez escogidos pasará a la siguiente ventana donde deberá incluir el motivo por el cual hace dicha solicitud y también podrá confirmar el tipo de certificado a solicitar. En caso de que el administrador deba hacer una

solicitud, observará las mismas ventanas.

Figura 15

Primer prototipo en Figma (Creación solicitud)

Este prototipo es un diseño wireframe para una aplicación web de gestión de certificados. La interfaz muestra una barra superior amarilla con enlaces para 'Mis Certificados', 'Solicitar', 'Inicio' y 'Pendientes'. Una notificación con un icono de alerta aparece en la parte superior derecha. El título central es 'Solicitud Pendiente'. A la izquierda, se detallan los datos del certificado: 'Creado: 01 de Enero de 2020', 'CERTIFICADO DE TRABAJO' y 'A QUIEN INTERESA:'. Se incluye un texto de descripción que menciona a 'Diana Patricia González Paredes' como titular del certificado, su función como 'Asistente de la Directora Ejecutiva', su cargo como 'Asistente de la Directora Ejecutiva', sueldo de '\$1000.00' y el período de validez 'Del 01 de Febrero de 2019 hasta la presente fecha'. Se menciona que el certificado es 'Requerido para el manejo de sueldo mensual'. A la derecha, un cuadro para 'Motivo Solicitante' contiene la frase 'Necesito un certificado que demuestre mi estado de empleabilidad con sueldo'. Abajo, un botón 'Escoger firma...' permite adjuntar una firma digital. Una sección para 'Razon' tiene un cuadro vacío. Al final, se encuentran los botones 'Aprobar' y 'Rechazar'.

En la figura #15 se puede observar la ventana de aprobación/rechazo de un certificado desde la vista de un administrador, aquí podrá observar un avance sobre cómo se verá el certificado con los distintos campos ya rellenos, también podrá observar el motivo ingresado por el solicitante y tendrá la opción de escoger el archivo p12 que incluye la firma a poner en el certificado. Finalmente, tendrá un recuadro donde ingresar una observación en caso de rechazar la solicitud y al final se encuentran los botones para aprobar o rechazar dicha solicitud.

Figura 16

Primer prototipo en Figma (Vista detalles Aprobado)



Figura 17

Primer prototipo en Figma (Vista detalles Rechazo)



En las figuras #16 y 17, se puede observar las ventanas de detalles sobre una solicitud por parte de un usuario, aquí se mostrará información que irá en el certificado, la cual dependerá del certificado solicitado, así como que tipo de certificado es y también se puede observar el motivo ingresado por el solicitante. También se incluye el estado actual de una solicitud y en caso de que esté aprobada se habilitará un botón para descargar el certificado en PDF, caso contrario, si fue rechazada, se incluirá la observación ingresada por el administrador sobre el motivo del rechazo.

2.7.3 Pruebas de Usuario

Una vez realizado el primer prototipo en Figma, se procedió a hacer una prueba de

este con nuestro cliente, el cual procedió a hacer uso de las funcionalidades del prototipo y navego por todas las ventanas que se realizaron. Una vez revisado todo el prototipo, el cliente nos comentó sus observaciones y los cambios que debíamos hacer para mejorarlo y así tener el prototipo final. Las principales observaciones fueron:

- Cambio en el diseño: El cliente decidió cambiar el esquema de color y la fuente del texto a utilizar, en cuanto al color, se decidió usar un color negro para la barra de navegación y en gris en algunas secciones de la tabla y recuadros.
- Información para mostrar: En la pestaña de aceptar o rechazar se decide cambiar la ubicación de la información a mostrar, además se decidió mostrar el botón de seleccionar la firma solo cuando se apruebe un certificado, también una opción para agrandar la vista previa del certificado a emitir. Finalmente, se decidió agregar el número de teléfono y el email del solicitante a la pestaña de aceptar o rechazar.
- Mayor cantidad de filtros: Inicialmente solo se había previsto ordenar las solicitudes por fecha, pero además se optó por agregar un filtro por tipo de certificado para mejorar la experiencia de usuario.
- Información de validación Qr: Por último, se decidió la información que mostraría la pestaña al validar un certificado a través del Qr, está cambiaría en base el certificado, pero tendría una plantilla base similar, de esta forma se asegura la correcta autenticación del certificado.

2.7.4 Prototipo final

En base a las observaciones del cliente se realizaron los cambios dichos anteriormente, y se terminó de diseñar las ventanas que faltaban. Además, se cambió la gama de colores de la aplicación y la fuente del texto que forma parte de esta.

Figura 18

Prototipo final en Figma (ver solicitudes)

The screenshot shows a user interface for managing certificates. At the top, there are navigation links: 'Mis Certificados', 'Solicitar', and 'Inicio'. On the right, there is a profile icon with a question mark. Below the header, the title 'Mis Certificados' is displayed next to a 'Solicitar +' button. To the right of the title are three filter buttons: 'CEmpleabilidad', 'CPasantias', and 'CMiembro'. The main content area is a table listing three certificate requests:

| Solicitud N° | Tipo Certificado | FechaEmision ↑↓ | Estado | Detalles... |
|--------------|------------------|-----------------|-----------|-------------|
| 001 | Empleabilidad | 20-06-2025 | Espera | Detalles... |
| 002 | Pasantías | 10-06-2025 | Aprobado | Detalles... |
| 003 | Miembro | 17-05-2025 | Rechazado | Detalles... |

At the bottom of the table is a navigation bar with icons for navigating through the results.

Figura 19

Prototipo final en Figma (validación QR)

The screenshot shows a user interface for validating a QR code. At the top, there are navigation links: 'Mis Certificados', 'Solicitar', 'Inicio', and 'Pendientes'. On the right, there is a profile icon with a question mark. The main content area has a title 'Validacion QR' and a section titled 'Certificado de trabajo'. It contains the following text:

Se valida el certificado de trabajo #xxxxx, otorgado a el señor(a) Kate Huntington con cedula #xxxxxx, emitido el dia 27 de Junio del año 2025.
El señor(a) Kate Huntington puede hacer uso del presente documento como mejor convenga a sus intereses.

Below this text is a signature box with the text 'Firmado por: Alan Villavicencio'.

Como se observa en las figuras #18 y 19, en cuanto a las ventanas de usuario se agregó un filtro a la ventana de visualización de las solicitudes para filtrar por tipo de

usuario, de esta forma se mejora la experiencia de usuario y permite hacer una mejor búsqueda de un certificado o solicitud específica. También, se diseñó la ventana de la validación QR, la cual incluye información del certificado y del solicitante, además de la firma del encargado de dicho certificado, de esta forma, aunque el certificado sea manipulado de forma externa, se puede verificar la información específica ligada a dicho certificado.

Figura 20

Prototipo final en Figma (vista admin aprobar/rechazar solicitud)

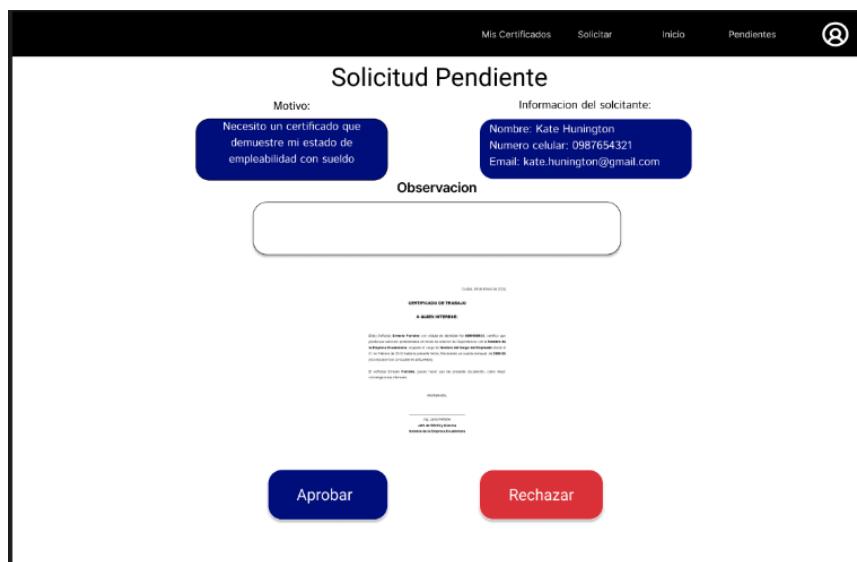
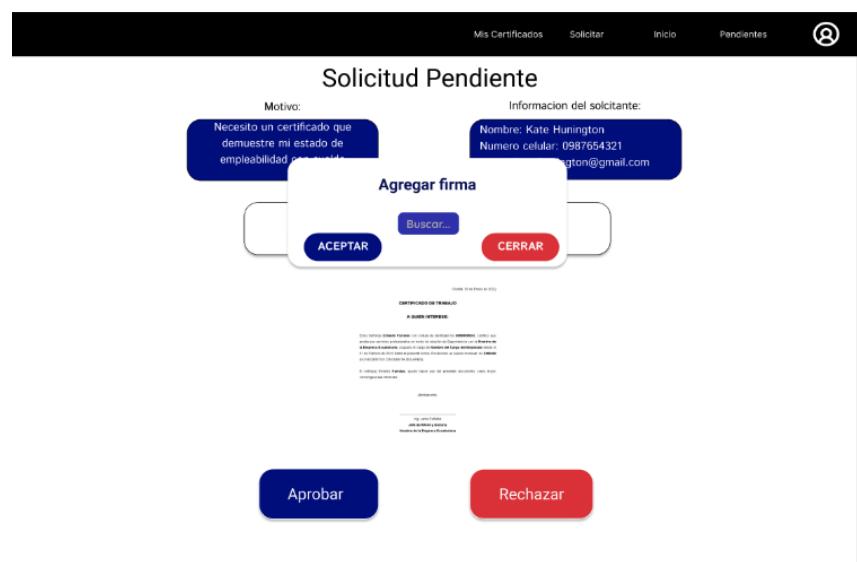


Figura 21

Prototipo final en Figma (ingresar firma)



Finalmente, como se ve en las figuras 20 y 21, para las ventanas del administrador, se agregó el mismo filtro de certificado a la ventana de visualización de las solicitudes pendientes del administrador. Además, se agregó una sección con la información de contacto del solicitante al momento de aprobar o rechazar una solicitud, de esta forma si el administrador tiene alguna duda u observación puede intentar contactar al solicitante directamente. También se cambió la disposición de las secciones en la misma ventana para que se muestre la información relevante primero.

Por último, se hizo que el botón de agregar firma solo aparezca cuando se vaya a aceptar una solicitud y se dio la funcionalidad de incrementar el tamaño de la vista previa del certificado para leerlo más detenidamente.

Capítulo 3

3. Resultados y Análisis

3.1 Plan de Implementación

Para nuestro plan de implementación se realizó un Diagrama de Gantt, donde se fueron registrando las distintas actividades como reuniones, avances y tareas que se fueron realizando a lo largo del proyecto, además se incluye información como la fecha de inicio y fin, la carga de la actividad y los participantes de esta. El diagrama registró:

- Fecha de inicio y fin de cada tarea.
- Carga de trabajo estimada.
- Participantes responsables.

A continuación, se adjuntan capturas de las distintas secciones del diagrama de Gantt realizado:

Sprint 0:

Durante las primeras semanas se realizó lo que fue el Sprint 0, durante este periodo se realizó la descripción del problema, objetivos y necesidades del cliente, para definir estos puntos se realizaron varias reuniones tanto con el cliente como con nuestro tutor. Finalmente se realizó el capítulo uno del documento final donde se recopiló la información de este Sprint.

Figura 22*Diagrama de gantt del sprint 0 (parte 1)*

| 1 Sprint 0 | | | | | | |
|------------|---|-------------------------------------|----------|----------|-------|--|
| 1.1 | Reunión con cliente 1 (Conocer al cliente, lo que esperan del proyecto y su punto de vista) | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 11/05/25 | 12/05/25 | 100 % | |
| 1.2 | Firma de Acuerdo de Confidencialidad | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 13/05/25 | 15/05/25 | 100 % | |
| 1.3 | Modificación de Ficha de Proyecto (Según las correcciones del tutor) | Alan Villavicencio | 19/05/25 | 22/05/25 | 100 % | |
| 1.4 | Planificación de Sprint 0 | Nicolas Coronel | 19/05/25 | 22/05/25 | 100 % | |
| 1.5 | Reunión con el tutor 1 (revisión de las correcciones de la ficha) | Alan Villavicencio | 20/05/25 | 20/05/25 | 100 % | |
| 1.6 | Realización de portafolio en Noción | Nicolas Coronel | 20/05/25 | 22/05/25 | 100 % | |
| 1.7 | Objetivos, Descripción del Problema, Justificación del Borrador del Capítulo 1 | Alan Villavicencio | 20/05/25 | 22/05/25 | 100 % | |
| 1.8 | Marco Teórico del Borrador del Capítulo 1 | Nicolas Coronel | 21/05/25 | 22/05/25 | 100 % | |
| 1.9 | Reunión con el Cliente 2 (realización de preguntas y discusión de ideas) | Alan Villavicencio | 22/05/25 | 22/05/25 | 100 % | |
| 1.10 | Corrección del Capítulo 1 (mejorar marco teórico, objetivos) post reunion 2 | Nicolas Coronel | 26/05/25 | 29/05/25 | 100 % | |
| 1.11 | Corrección del Capítulo 1 (mejorar descripción del problema y justificación) post reunion 2 | Alan Villavicencio | 26/05/25 | 29/05/25 | 100 % | |
| 1.12 | Documentación de alcance y resultados esperados del sistema al finalizar el semestre | Nicolas Coronel | 27/05/25 | 28/05/25 | 100 % | |
| 1.13 | Reunion 3 con tutor | Nicolas Coronel | 27/05/25 | 27/05/25 | 100 % | |
| 1.14 | Corrección de la descripción y justificación el problema post reunión 3 | Alan Villavicencio | 23/05/25 | 27/05/25 | 100 % | |

Figura 23*Diagrama de gantt del sprint 0 (parte 2)*

| | | | | | |
|------|--|-------------------------------------|----------|----------|-------|
| 1.15 | Corrección de objetivos y marco teorico del capitulo post reunion 3 | Nicolas Coronel | 23/05/25 | 27/05/25 | 100 % |
| 1.16 | Reunión con cliente 3 | Alan Villavicencio | 26/05/25 | 26/05/25 | 100 % |
| 1.17 | Corrección despues de retroalimentacion obtenida en clase | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 28/05/25 | 02/06/25 | 100% |
| 1.18 | Finalización del Capítulo 1 | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 30/05/25 | 03/06/25 | 100 % |
| 1.19 | Reunion 4 con tutor | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 02/06/25 | 02/06/25 | 100 % |
| 1.20 | Realizacion de diapositivas para presentacion de capitulo 1 | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 03/06/25 | 03/06/25 | 100 % |
| 1.21 | Grabacion de presentacion y edicion de video por parte de Alan Villavicencio | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 03/06/25 | 03/06/25 | 100 % |
| 1.22 | Elaboracion de planificacion del Sprint 1 | Nicolas Coronel | 04/06/25 | 06/06/25 | 100 % |

Sprint 1:

Para el Sprint 1, como se observa en la figura #22 y #23 se realizaron las historias de usuario a trabajar para que el cliente las apruebe y paralelo a ello también se realizó el capítulo 2 del documento, el cual se basa en la metodología usada para el proyecto, aquí se incluyen los requerimientos, diagramas y toda información relacionada a cómo realizamos nuestra solución tecnológica.

Figura 24*Diagrama de gantt del sprint 1(parte 1)*

| Sprint 1 | | | | | | |
|----------|---|-------------------------------------|----------|----------|-------|--|
| 2,2 | Elaboracion de historias de usuario | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 06/06/25 | 10/06/25 | 100 % | |
| 2,3 | Reunion con el cliente (Historias) | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 09/06/25 | 09/06/25 | 100 % | |
| 2,4 | Correccion de las historias de usuario | Nicolas Coronel, alan Villavicencio | 10/06/25 | 10/06/25 | 100 % | |
| 2,5 | Elaboracion del primer borrador del capitulo 2 | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 10/06/25 | 13/06/25 | 100 % | |
| 2,6 | Definicion de reunion para pruebas de usuario y acceso a la base de datos | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 10/06/25 | 10/06/25 | 100 % | |
| 2,8 | Elaboracion de primer prototipo de baja fidelidad | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 12/06/25 | 13/06/25 | 100 % | |
| 2,9 | Reunion con cliente primer prototipo | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 16/06/25 | 16/06/25 | 100 % | |
| 210 | Elaboracion de prototipo en figma | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 17/06/25 | 20/06/25 | 100 % | |

Figura 25*Diagrama de gantt del sprint 1 (parte 2)*

| | | | | | | |
|------|--|-------------------------------------|----------|----------|-------|--|
| 2,11 | Elaboracion del segundo borrador del capitulo 2 | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 19/06/25 | 23/06/25 | 100 % | |
| 2,12 | Pruebas de usuario | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 23/06/25 | 23/06/25 | 100 % | |
| 2,1 | Correcciones del prototipo y finalizacion del capitulo 2 | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 24/06/25 | 30/06/25 | 100 % | |
| 2,11 | Preparacion de la presentacion del sprint 1, capitulo 2 | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 27/06/25 | 30/06/25 | 100 % | |
| 2,12 | Planificacion del Sprint 2 | Nicolas Coronel | 30/06/25 | 01/07/25 | 100 % | |
| 2,13 | Reunion con cliente para visualizar cambio al prototipo | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 02/07/25 | 02/07/25 | 100 % | |

Sprint 2:

Para el Sprint 2, el cual se puede observar en la figuras #26 y #27 se realizó principalmente la implementación de la solución, primero se desarrolló el prototipo de la solución a realizará para que lo apruebe el cliente, luego se procedió a la implementación de la solución donde se realizó el proyecto en React para el frontend, Python/Flask para el

backend y se usó un servidor Wildfly para la implementación de las funcionalidades de FirmaEC, adicionalmente, se realizaron los capítulos 3 y 4 del documento.

Figura 26

Diagrama de gantt del sprint 2 (parte 1)

| Sprint 2 | | | | | | |
|----------|---|-------------------------------------|----------|----------|--|-------|
| 3 | | | | | | |
| 3.1 | Obtener firma del capítulo 2 por parte del client | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 30/06/25 | 04/07/25 | | 100 % |
| 3.2 | Avance del prototipo(Frontend Usuario) | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 03/07/25 | 08/07/25 | | 100 % |
| 3.3 | Obtencion de acceso a la base de datos | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 09/07/25 | 09/07/25 | | 100 % |
| 3.4 | Reunion para rubrica de calificacion de capitulo 2 | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 09/07/25 | 09/07/25 | | 100 % |
| 3.3 | Realizar el primer borrador del plan de evaluacion | Nicolas Coronel | 09/07/25 | 15/07/25 | | 100 % |
| 3.4 | Avance del prototipo 2 (Frontend Admin/Backend sistema de firma) | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 11/07/25 | 15/07/25 | | 100 % |
| 3.5 | Realizar correcciones del plan de evaluacion | Nicolas Coronel | 16/07/25 | 18/07/25 | | 100 % |
| 3.6 | Avance del prototipo 3 (App del cliente) | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 16/07/25 | 22/07/25 | | 100 % |
| 3.7 | Reunion con Tutor y Ingeniero de GTSI para discutir posibles soluciones para la firma electronica | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 18/07/25 | 18/07/25 | | 100 % |
| 3.8 | Avance del borrador plan de evaluacion | Alan Villavicencio | 23/07/25 | 24/07/25 | | 100 % |

Figura 27

Diagrama de gantt del sprint 2 (parte 2)

| | | | | | |
|------|--|-------------------------------------|----------|----------|-------|
| 3.9 | Elaboracion del primer borrador del capitulo 3 | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 24/07/25 | 26/07/25 | 100 % |
| 3.10 | Avance del prototipo 4 | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 24/07/25 | 28/07/25 | 100 % |
| 3.11 | Video de presentacion para el 5min speech | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 29/07/25 | 29/07/25 | 100 % |
| 3.12 | Video de historias de usuario realizadas y por realizar | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 30/07/25 | 30/07/25 | 100 % |
| 3.13 | Finalizacion del Capitulo 3 y primer borrador del capitulo 4 | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 31/07/25 | 05/08/25 | 100 % |
| 3.14 | Finalizacion del capitulo 4 | Alan Villavicencio | 06/08/25 | 06/08/25 | 100 % |
| 3.15 | Elaboracion del poster | Nicolas Coronel | 06/08/25 | 08/08/25 | 100 % |
| 3.16 | Finalizacion del documento y entrega de poster academico | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 08/08/25 | 19/08/25 | 100 % |
| 3.17 | Video de la presentacion de la solucion terminada | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 19/08/25 | 25/08/25 | 100 % |
| 3.18 | Video de la segunda version del 5 min pitch | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 25/08/25 | 25/08/25 | 100 % |
| 3.19 | Correccion del documento final | Nicolas Coronel, Alan Villavicencio | 24/08/25 | 26/08/25 | 100 % |

3.2 Pruebas

3.2.1 Pruebas de Usuario

Se realizaron pruebas con cinco usuarios divididos en tres roles clave (empleado, administrador, talento humano). Cada participante interactuó con el sistema en escenarios reales de uso y los hallazgos obtenidos fueron:

- Claridad en la navegación: los usuarios comprendieron rápidamente cómo solicitar, aprobar certificados.
- Seguridad: el acceso a funcionalidades restringidas se mantuvo protegido según el rol del usuario.
- Validación QR: todos los usuarios confirmaron que el proceso de verificación de autenticidad era rápido y confiable.

- La velocidad en la que se encuentra listo el certificado con el sistema es mucho mayor que la del proceso manual que se tenía. Esto con un promedio de 4 minutos por el proceso completo.

Los participantes navegaron a través de la aplicación, haciendo el proceso de:

- Generar una solicitud de certificado a través de una cuenta tipo usuario internos.
- Ver el estado de la solicitud creada en la solución.
- Verificar la notificación de la creación de la solicitud en el correo electrónico del solicitante y del administrador.
- Ingresar como usuario administrador y aceptar la solicitud generada.
- Firmar el certificado con la implementación de FirmaEC, ingresando el pem de la firma deseada junto a la contraseña.
- Descargar el certificado generado el cual fue enviado por correo electrónico junto a la notificación de que se aprobó la solicitud.

Finalmente, una vez completadas las pruebas, se les dio a los usuarios el acceso a un formulario en google forms para obtener retroalimentación sobre la experiencia de uso de la solución presentada.

Figura 28

Resultados del formulario post pruebas parte 1

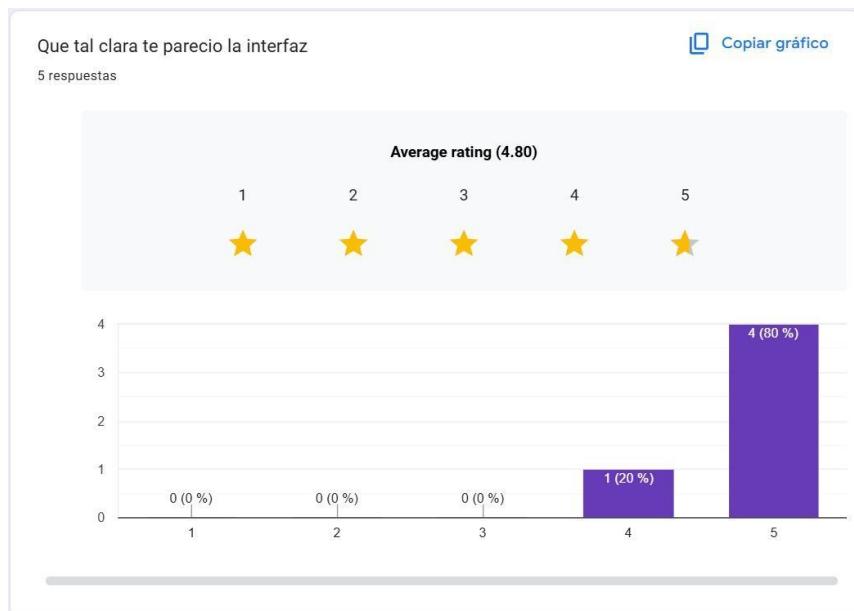


Figura 29

Resultados del formulario post pruebas parte 2



Figura 30

Resultados del formulario post pruebas parte 3

| |
|---|
| Que parte del proceso fue confusa o poco intuitiva? |
| 4 respuestas |
| Ninguna |
| No hubo ninguna |
| Pude entender bien todo el proceso |
| Hay algo que mejorarias? |
| 5 respuestas |
| No en realidad |
| Nada |
| Varios temas, se mencionaron en la demostración: Colores descriptivos, ajuste de aprobador delegado, cambios en temas de forma, entre otros |
| No |
| Me gustaria que se puedan firmar varios documentos a la vez, ya que ir de uno en uno es un proceso largo |

Figura 31

Resultados del formulario post pruebas parte 4

| |
|--|
| Comentarios adicionales |
| 3 respuestas |
| Excelente trabajo, tuvieron un buen nivel de abstracción para captar lo que se buscaba. |
| Realizar lo sugerido |
| Poder agregar que se firme la solicitud con una firma distinta a la del usuario logueado |

3.2.2 Aceptación del Proyecto

Se realizó una reunión de validación funcional con el cliente y las personas que administrarán el sistema, en la cual se presentó el sistema funcional. Se destacaron los siguientes puntos:

- Reducción significativa del tiempo en la emisión de certificados
- Flujo de aprobación claro y seguro.

- Documentación clara y mantenible.

La solución fue aceptada como viable para la implementación en producción con cambios mínimos de color y diseño. El cliente y las personas del área de talento humano destacaron que la solución reduce significativamente el tiempo de la creación de una solicitud y del firmado de un certificado, según los tiempos tomados el día de las pruebas, todo el proceso tomaba en promedio 4 minutos de realizar, siendo 1 minuto y 30 segundos el promedio en crear y visualizar una solicitud y 2 minutos y medio el tiempo para firmar el certificado. También, se habló sobre posibles mejoras, tales como la firma masiva de documentos y la creación de solicitudes para personas fuera de la empresa. Finalmente, se hablaron de mejoras básicas en diseño y forma, las cuales se realizaron después de las pruebas.

3.3 Resultados

3.3.1 Interfaz de Usuario

Las principales vistas implementadas fueron:

- Vista de Solicitud

Formulario con selección del tipo de certificado, motivo y campos autocompletados del usuario autenticado.

- Vista del Administrador

Listado de solicitudes pendientes, con opciones para revisar datos y aprobar o rechazar la generación del certificado, con integración de FirmaEC, donde se ingresa el archivo pem y su contraseña para realizar la firma del certificado.

- Vista de Certificados Emitidos

El empleado visualiza sus certificados en estado de pendiente, rechazado y aprobados, además de razones por las que el certificado fue rechazado o aprobado.

- Vista de Opciones

En esta vista se puede escoger las opciones de ver certificados, aprobar certificados y solicitar certificados. Estas interfaces fueron evaluadas con usuarios reales bajo criterios de claridad, navegación intuitiva y tiempos de respuesta.

3.2.2 Seguridad

Se implementó autenticación basada en JWT para proteger los endpoints, garantizando que solo usuarios autorizados puedan:

- Registrar solicitudes (empleados y administradores)
- Ver y aprobar solicitudes (administradores)
- Descargar certificados emitidos (usuarios autenticados)

Además, al haber implementado FirmaEC en un servidor de forma descentralizada, la firma es hecha en un servidor propio, por ende, los datos sensibles como los archivos pem de las firmas y las contraseñas de estos están seguros.

3.4 Análisis de costos

El equipo estuvo compuesto por 2 desarrolladores trabajando durante 14 semanas a 20 horas/semana, con un costo estimado de USD 700 mensuales por recurso.

- Costo por hora: USD 700 / 160 horas = USD 4,38.
- Horas por recurso: $14 \times 20 = 280$ horas.
- Costo por recurso: $280 \times 4,38 = \text{USD } 1,226$.
- Costo total: USD 2,452.

Capítulo 4

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- La solución tecnológica cumplió con el objetivo general propuesto, ya que cumplió con reducir el tiempo de emisión de certificados, logrando optimizar los procesos de creación y de firma, de esta forma, ayudando a mejorar la trazabilidad de estos. Esto se demuestra con los tiempos obtenidos en las pruebas realizadas y con la satisfacción de los usuarios al hacer uso de la solución.
- En base a la arquitectura adoptada para el desarrollo de la solución, se permite la integración de nuevas funcionalidades para mejorar aún más la solución a futuro, por ejemplo, la firma masiva de documentos para poder reducir aún más el tiempo de firma de los certificados.
- Se logró una automatización del proceso de firma de certificados, anteriormente, la firma de estos documentos se hacía a través de un proceso manual, donde los usuarios debían ir personalmente o por correo a solicitar el certificado deseado, para luego esperar días a que este sea tramitado. Ahora, gracias a la solución y a su sistema de notificaciones, los certificados se tramitan de forma más rápida y los usuarios tienen un mejor seguimiento del estado de su solicitud.
- Aunque la solución logró con el objetivo propuesto, se notó la limitación de usar firmaEC para el firmado de documentos, ya que se necesita tener instalada la aplicación de firmaEC para un correcto funcionamiento de la solución. También se destaca la falta de documentación para la implementación de firmaEC, lo cual complica el uso de esta.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda explorar otros métodos para realizar la firma de documentos, ya que, si estos son seguros y son más fáciles de implementar, pueden ayudar a hacer la solución más práctica y quitar la dependencia a la aplicación de firmaEC.
- Se recomienda también agregar más funcionalidades, el sistema de firmaEC permite implementar la firma masiva de documentos, lo cual ayudaría a reducir el tiempo que se usa para firmar los certificados al encargado correspondiente.
- Se recomienda realizar pruebas automatizadas para garantizar la estabilidad del sistema ante futuras actualizaciones, principalmente por parte del sistema de firmaEC. Así mismo, incluir un historial detallado de acciones (auditoría) para cada certificado emitido, con fecha, hora y usuario responsable, para a través de los datos obtenidos observar en que sector se puede optimizar más la solución.

Referencias

- [1] ISO 15489-1:2001, "Information and documentation — Records management — Part 1: General," International Organization for Standardization, 2001.
- [2] S. K. Nielsen, "The implementation of an information system in a non-profit organization in a developing country," ResearchGate, 2009. [En línea]. Disponible en:
<https://www.researchgate.net/publication/236953021>
- [3] M. Myers et al., "X.509 Internet Public Key Infrastructure Online Certificate Status Protocol - OCSP," IETF RFC 2560, 1999.
- [4] ITU-T Recommendation X.509, "Information technology - Open Systems Interconnection - The Directory: Public-key and attribute certificate frameworks," International Telecommunication Union, 2019.
- [5] E. Freeman and E. Robson, "Head First JavaScript Programming," O'Reilly Media, 2014.
- [6] J. Nielsen, "Usability Engineering," Morgan Kaufmann, 1993.
- [7] ISO/IEC 27001:2013, "Information technology — Security techniques — Information security management systems — Requirements," International Organization for Standardization, 2013.
- [8] Sertifier, "Case Study: The Power Business School," Sertifier Blog, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://sertifier.com/blog/case-study-the-power-business-school/>
- [9] ChileAtiende, "Certificados - ChileAtiende," [En línea]. Disponible en:
<https://www.chileatiende.gob.cl/temas/certificados>.
- [10] P. Kruchten, *The Rational Unified Process: An Introduction*, 3rd ed. Boston, MA, USA:

Addison-Wesley, 2004.

[11] I. Sommerville, *Software Engineering*, 10th ed. Boston, MA, USA: Pearson, 2015.

[12] P. Kruchten, “Architectural Blueprints—The ‘4+1’ View Model of Software Architecture,”

Apéndices

Apéndice A

Manual de implementación de FirmaEC

A continuación, se mostrará una serie de pasos a realizar para lograr la implementación de FirmaEC de manera mas fácil, ya que uno de los problemas que encontramos al momento de desarrollar la solución, fue que la implementación de FirmaEC fue confusa y el manual ya existente en la web no da mucha información sobre la implementación. Aun así se considera que el manual ya existente es bueno para comprender como funcionan los métodos y proceso que se implementan.

Requisitos previos

- Descargar o clonar los repositorios de firmadigital-servicio, firmadigital-librería y firmadigital-api en su versión más reciente.
- Tener instalado Maven 3.8.9 o versiones similares, JDK 17, Wildfly en su versión más reciente y PostgreSQL 17

Pasos que seguir:

- En los repositorios de firmadigital hay pasos a seguir en el readme para compilar los elementos necesarios, en base a nuestra experiencia previa es mejor seguirlo de esta forma:
 1. Realizar pasos del readme de la librería, haciendo uso “mvn clean install” en una consola de comandos donde se esté en la dirección del repositorio descargado/clonado.
 2. Realizar los pasos del readme del servicio: “mvn clean package”
 3. Finalmente seguir los pasos del readme del api: “mvn clean package”

- Una vez logrado que tanto la librería, el api y el servicio estén compilados correctamente, en la carpeta “target” de tanto el servicio como el api se va a encontrar un archivo .war, por ejemplo: servicio.war y api.war. Estos archivos hay que separarlos ya que los usaremos después para levantar el servidor Wildfly
- Hay que localizar en la carpeta donde tenemos instalado los archivos de Wildfly el archivo “standalone.xml”, tendremos que ir a la carpeta “\standalone\configuration” y ahí encontraremos el archivo standalone.xml. En este archivo se encontrará la configuración del servidor.
- Este archivo se puede abrir con cualquier editor de código, aquí se debe agregar en la sección de “system-properties” debemos agregar una etiqueta “property” como variable global de esta forma:

```
<property name="firmadigital-servicio.url" value="ip-de-donde-se-levanta-el-servidor/servicio"/>.
```

- Antes de seguir es importante descargar un archivo .jar de Postgres, este puede ser el mas reciente, este archivo se lo ingresara en la carpeta de Wildfly dentro de “\modules\org\postgresql\main”. En el caso que las carpetas no existan hay que crearlas.
- Además del archivo .jar de postgres, hay que crear un archivo llamado “module.xml”, el cual debe tener dentro el siguiente código:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<module xmlns="urn:jboss:module:1.1" name="org.postgresql">
  <resources>
    <resource-root path="postgresql-42.7.7.jar"/>
  </resources>
  <dependencies>
    <module name="javax.api"/>
    <module name="javax.transaction.api"/>
  </dependencies>
</module>
```

Nota: Cambiar la versión del .jar a la que haya sido instalada.

- Despues, es necesario crear una base de datos en postgres la cual se comunicará con el api, esta puede llamarse de cualquier forma, una vez creada hay que agregar en la sección de “datasources” del archivo standalone.xml el siguiente código:

```
<datasource jndi-name="java:/FirmaDigitalDS" pool-name="FirmaDigitalDS">
    <connection-url>jdbc:postgresql://ip-bd-postgres/nombre-bd-
postgres</connection-url>
    <driver>postgresql</driver>
    <security user-name="user-de-bd-postgres" password="contraseña-bd-
postgres"/>
    <validation>
        <valid-connection-checker class-
name="org.jboss.jca.adapters.jdbc.extensions.postgres.PostgreSQLValidConnectionC
hecker"/>
        <exception-sorter class-
name="org.jboss.jca.adapters.jdbc.extensions.postgres.PostgreSQLExceptionSorter"/
>
    </validation>
</datasource>
<drivers>
    <driver name="postgresql" module="org.postgresql">
        <xa-datasource-class>org.postgresql.xa.PGXDataSource</xa-
datasource-class>
    </driver>
</drivers>
```

- Como siguiente paso, hay que agregar el archivo servicio.war y api.war a la ruta: “\standalone\deployments”.
- Luego, hay que abrir una consola de comandos donde este ubicado la carpeta “bin” de wildfly y usar el comando: “standalone.bat” para Windows y “standalone.sh” para Linux. Este comando levantará el servidor de Wildfly y se podrá usar los servicios de FirmaEC.
- Finalmente, en la base de datos creada en postgres, hay que insertar lo siguiente:
INSERT INTO sistema(nombre,url,apikey,descripción) values ('nombre',

'http://ip/nombre', '\$API_KEY_HASH', 'nombre'), para esto hay que crear un apikey y luego encriptarlo con hash256.

El funcionamiento de los métodos de FirmaEC están descritos de forma entendible en el manual de implementación del propio FirmaEC.

Apéndice B

Formularios de Evaluación

- ¿Qué tan clara te pareció la interfaz? (1-5)
- ¿Qué parte del proceso fue confusa o poco intuitiva? (Respuesta abierta)
- ¿Hay algo que mejorarías? (Respuesta abierta)
- ¿Calificarías tu experiencia general? (1-5)
- Comentarios adicionales: (Respuesta abierta/opcional)

Formulario de observación (llenado por Nicolás Coronel)

Nombre del participante:

Rol:

Cliente Empleado Administrador

Fecha:

Evaluador: Nicolás Coronel

¿El usuario comprendió fácilmente lo que debía hacer?

Sí Parcialmente No

¿Se completo exitosamente la tarea?

Tiempo en que se completó la tarea asignada:

Comentarios:

¿El usuario pidió ayuda para completar alguna tarea?

Sí No

Si respondió “sí”, ¿en qué parte?:

Errores técnicos o de validación detectados durante la prueba:

Sugerencias del evaluador tras la observación:

Apéndice C

Historias de Usuario

Tabla 1 Historias de Usuario

| Identificador de la Historia | Rol | Característica | Razón | Criterio de Aceptación | Contexto | Evento | Resultado |
|------------------------------|-------------------------|---|--|---|--|--|---|
| Doc-user-001 | Como un usuario interno | Necesito solicitar un certificado de empleabilidad | Con la finalidad de contar con la documentación oficial | Certificado de empleabilidad con sueldo | En caso de que el certificado requerido necesite incluir el valor del sueldo | Cuando seleccione la opción de solicitar certificado | El sistema generará una solicitud del certificado la cual se enviará al encargado correspondiente |
| | | | | Certificado de empleabilidad sin sueldo | En caso de que el certificado requerido no necesite incluir el valor del sueldo | Cuando seleccione la opción de solicitar certificado | El sistema generará una solicitud del certificado la cual se enviará al encargado correspondiente |
| Doc-user-002 | Como un usuario interno | Necesito validar la autenticidad del certificado | Con la finalidad de asegurarme que el certificado es legitimo | Validación qr | En caso de que se necesite validar la autenticidad y validez del certificado | Cuando se escanee el código qr del certificado | El sistema enviara al usuario a una página donde se muestre si el certificado es legítimo o no |
| Doc-user-003 | Como un usuario interno | Necesito poder ver todos los documentos que he generado en forma de lista | Con la finalidad de evitar la pérdida de información | Lista de todos los certificados | En caso de que se requiera ver una lista de todos los certificados generados | Cuando se seleccione la opción de ver todos los certificados | El sistema desplegará en forma de lista todos los certificados generados |
| Doc-user-004 | Como un usuario interno | Necesito poder ordenar la lista de los documentos que he generado | Con la finalidad de ver de una forma más ordenada los documentos | Ordenar por fecha de emisión | En caso de que se requiera ordenar los certificados por fecha de emisión para ver de forma | Cuando se seleccione la opción de ordenar por fecha | El sistema ordenara la lista de certificados por fecha de emisión |

| | | | | | | | |
|---------------|-----------------------------------|---|--|-------------------------|---|--|--|
| Doc-user-005 | Como un usuario interno | Necesito poder descargar un certificado | Con la finalidad de poder tener el archivo para hacer uso <u>del mismo</u> | Descargar certificado | En caso de que se requiera descargar el archivo del certificado | Cuando se seleccione la opción de descargar el certificado | El sistema realizará una descarga del archivo en formato pdf |
| Doc-user-006 | Como un usuario interno | Necesito poder visualizar el estado de mi solicitud | Con la finalidad de obtener información sobre una solicitud | Ver estado de solicitud | En caso de que se requiera visualizar si mi solicitud fue aprobada o no | Cuando se seleccione una solicitud | El sistema mostrara una ventana con más información de la solicitud, incluyendo su estado de aprobación, fecha emisión y que departamento está encargado de su aprobación. |
| Doc-admin-001 | Como un administrador del sistema | Necesito poder aprobar o negar una solicitud | Con la finalidad de permitir o no que se genere un certificado | Aprobar un certificado | En caso de que se vaya a aprobar la solicitud | Cuando seleccione la opción de aprobar solicitud | El sistema generara el certificado solicitado con los datos del solicitante y permite su descarga |
| | | | | Negar un certificado | En caso de que la solicitud tenga algún problema y no se pueda aceptar | Cuando seleccione la opción de negar solicitud | El sistema mostrara una caja de texto para ingresar la razón por la cual se negó el certificado |
| Doc-admin-002 | Como un administrador del sistema | Necesito poder gestionar los roles de los usuarios | Con la finalidad de controlar el acceso y las funciones de cada rol | Asignar rol | En caso de que se registre un nuevo usuario | Cuando seleccione la opción de asignar rol | El sistema desplegará una lista con los roles para que el administrador seleccione uno de ellos |

| | | | | | | | |
|---------------|--------------------------------|--|---|----------------------------------|---|--|--|
| | | | | Cambiar rol | En caso de que se requiera cambiar el rol a un usuario | Cuando seleccione la opción de cambiar rol | El sistema desplegará una lista para seleccionar el nuevo rol |
| Doc-user-007 | Como un usuario interno | Necesito poder iniciar sesión con mis credenciales | Con la finalidad de poder acceder a las funciones del sistema | Login exitoso | En caso de que las credenciales de inicio de sesión sean correctas | Cuando seleccione la opción de iniciar sesión | El sistema permitirá al usuario ingresar al portal del sistema y usar sus funciones |
| | | | | Login fallido | En caso de que las credenciales de inicio de sesión sean incorrectas | Cuando seleccione la opción de iniciar sesión | El sistema mostrara un mensaje de error y requerirá al usuario que revise sus credenciales |
| Doc-admin-003 | Como administrador del sistema | Necesito poder visualizar todas las solicitudes que se han generado en el sistema | Con la finalidad de evitar la pérdida de información | Visualizar solicitudes | En caso de que se requiera ver todas las solicitudes | Cuando se seleccione la acción de visualizar todas las solicitudes | El sistema mostrara una lista con todas las solicitudes pendientes de aprobación |
| Doc-admin-004 | Como administrador del sistema | Debo poder escribir en caso de que lo deseé, por qué se negó la solicitud | Con la finalidad de dar una retroalimentación a la persona y dejar en constancia por qué se tomó esa decisión | Visualizar el motivo de negación | En caso de que quiera escribir por qué se negó la solicitud | Cuando se niegue una solicitud | El sistema mostrara una sección donde se pueda escribir la razón de porque se niega |
| Doc-user-008 | Como un usuario interno | Necesito recibir una notificación por correo cuando se apruebe o rechace una solicitud | Con la finalidad de estar informado sin necesidad de revisar el sistema constantemente | Notificación por correo | En caso de que el encargado de la solicitud apruebe o rechace una solicitud | Cuando se actualice el estado de la solicitud | El sistema enviará una notificación por correo al solicitante |
| Doc-user-009 | Como un usuario interno | Necesito recibir una notificación por correo | Con la finalidad de estar informado sin necesidad | Notificación por correo | En caso de que la solicitud se genere | Cuando se genere la solicitud | El sistema enviará una notificación por correo |

| | | cuando se genere la solicitud | de revisar el sistema constantemente | | correctamente | | al solicitante |
|---------------|--------------------------------|---|---|-------------------------------------|--|--|--|
| Doc-user-010 | Como un usuario interno | Debo poder ver el motivo de la negación de mi solicitud en caso de ser necesario | Con la finalidad de saber por qué se negó la solicitud | Visualización en el sistema | En caso de que nieguen la solicitud | Cuando se niegue la solicitud | El sistema mostrara una sección con el motivo de la negación de la solicitud |
| Doc-admin-005 | Como administrador del sistema | Necesito que me llegue un correo de que se generó una solicitud de certificado pendiente de aprobar | Con la finalidad de estar informado cuando se genera una solicitud pendiente de certificación | Notificación por correo | En caso de que algún usuario interno genere una solicitud de certificado | Cuando se genera una solicitud de certificado | El sistema enviara una notificación por correo al administrador del sistema |
| Doc-admin-006 | Como administrador del sistema | Necesito poder agregar más tipos de certificados | Con la finalidad de cumplir con diferentes requerimientos de entidades externas | Ampliación de tipos de certificados | En caso de que se necesite agregar otro tipo de certificado | Cuando seleccione la opción de "agregar certificado" | El sistema permite al administrador agregar la plantilla de otro certificado |