UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
VALPARAÍSO - CHILE

“DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN SISTEMA DEDICADO A LA ORIENTACIÓN DEL ESTUDIANTE DE LA CARRERA INGENIERÍA CIVIL EN INFORMÁTICA DE LA UTFSM EN SU ESPECIALIZACIÓN PROFESIONAL”

BRUNO ANTONIO LIBERONA FERNÁNDEZ

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL EN INFORMÁTICA

Profesor Guía: Pedro Francisco Godoy Barrera
Profesor Correferente: Cecilia Virginia Reyes Covarrubias

Octubre - 2024

DEDICATORIA

Para mi familia y amigos, cuyo esfuerzo y apoyo me han permitido llegar hasta aquí; y para Paulina, mi compañera de aventuras a lo largo de esta complicada pero hermosa etapa universitaria. Muchas gracias <3.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia. Mis padres Ana y Cristián, que han sido un pilar fundamental a lo largo de mi vida; me han apoyado en todas mis decisiones y siempre me recuerdan lo capaz que soy para superar todo reto con el que me encuentre. También a mi hermana, Tamara, que ha sido mi ejemplo a seguir a medida que crecía y siempre ha estado ahí para mí, tanto para ayudarme como para verme crecer.

En segundo lugar, quiero agradecer a mi pareja, Paulina, la que me acompañó y ayudó durante todo este proceso, trasnochando juntos mientras estudiábamos, distrayéndonos jugando o viendo cosas, y apoyándonos cuando las cosas se complicaban y comenzaban a desbordarnos. Muchas gracias por todo, y estoy muy emocionado de comenzar esta nueva etapa junto a ti.

También quiero agradecer a mis amigos. Al "Team Potasio", que después de más de diez años de amistad siguen siendo unos excelentes amigos, apoyándonos siempre en cualquier situación y estando ahi los unos para los otros con tal de ayudarnos y acompañarnos. Agradezco también a todos mis compañeros de la universidad con los que cruce camino a lo largo de estos seis años de carrera, especialmente al equipo *SafeSym*, que no dudaron en incluirme en su grupo al momento de hacer trabajos colaborativos, incluyendo la Feria de Software.

Por último, quiero agradecer a mi profesor guía, Pedro Godoy, cuyo constante apoyo y *feedback* fueron clave para que este trabajo pudiera salir adelante.

RESUMEN

Resumen— La presente memoria describe el diseño y desarrollo de un sistema de orientación de especialización profesional, dirigido a estudiantes de Ingeniería Civil en Informática de la UTFSM. Este sistema incluye un sistema recomendador, cuyo objetivo es sugerir asignaturas electivas y líneas de especialización a los estudiantes en base a sus preferencias y calificaciones. Además, se desarrolla un sistema web, el cual disponibiliza dichas recomendaciones, junto con infomación adicional sobre las líneas de especialización, perfiles profesionales y asignaturas electivas relacionadas con la carrera. A lo largo del documento se presentan y describen los filtros de recomendación utilizados en el sistema recomendador, basándose en el estado del arte, y se detalla el diseño e implementación del sistema web, especificando sus requerimientos funcionales y arquitectura. Por último, se realiza la validación del producto final, analizando su impacto en un proceso de orientación real con estudiantes de la carrera.

Palabras Clave— Sistemas de recomendación; Orientación vocacional universitaria; Especialización profesional; Sistema web.

ABSTRACT

Abstract— This document describes the design and development of a professional specialization orientation system, aimed at students of Computer Science at UTFSM. This system includes a recommender system, whose objective is to suggest elective subjects and specialization lines to students based on their preferences and qualifications. In addition, a web system is developed, which makes these recommendations available, along with additional information on the lines of specialization, professional profiles and elective subjects related to the career. Throughout the document, the recommendation filters used in the recommender system are presented and described, based on the state of the art, and the design and implementation of the web system is detailed, specifying its functional requirements and architecture. Lastly, the final product is validated, analyzing its impact in a real orientation process with students of the career.

Keywords— Recommender systems; University vocational orientation; Professional specialization; Web system.

GLOSARIO

- ***ACM*:** Asociación de Maquinaria Computacional (*Association for Computing Machinery*).
- ***API Rest*:** Interfaz de programación de aplicaciones que se ajusta a los límites de la arquitectura REST.
- ***AWS*:** Servicios web de Amazon (*Amazon Web Services*).
- **CA:** Criterio de aceptación.
- ***CSR*:** Renderizado del lado del cliente (*Client-Side Rendering*).
- ***DBMS*:** Sistema de administración de bases de datos (*Database Management System*).
- **DI:** Departamento de Informática.
- **DII:** Doctorado en Ingeniería Informática.
- **HU:** Historia de usuario.
- **ICI:** Ingeniería Civil en Informática.
- ***JWT*:** *Token* web, utilizando la notación de objetos de *JavaScript* (*JSON Web Token*).
- **MII:** Magíster en Ciencias de la Ingeniería Informática.
- **MTI:** Magíster en Tecnología de la Información.
- **PDU:** Plan de Desarrollo de la Unidad del DI.
- ***QA*:** Aseguramiento de la calidad (*Quality Assurance*).
- ***SFIA*:** Marco de competencias para la era de la información (*Skills Framework for the Information Age*).
- **SIGA:** Sistema de Información y Gestión Académica.
- **SOEP DI-UTFSM:** Sistema de Orientación de Especialización Profesional del DI de la UTFSM.
- ***SSR*:** Renderizado del lado del servidor (*Server-Side Rendering*).
- **TIC:** Tecnologías de Información y Comunicaciones.
- ***UML*:** Lenguaje unificado de modelado (*Unified Modeling Language*).
- **UTFSM:** Universidad Técnica Federico Santa María.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN IV

ABSTRACT IV

GLOSARIO V

ÍNDICE DE FIGURAS IX

ÍNDICE DE TABLAS IX

INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA **2**
1.1 Contexto 2
1.2 Situación Actual 3
1.3 Identificación del Problema 9
1.4 Objetivos del Trabajo 10
1.4.1 Objetivos 10

CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL **11**
2.1 Especialización Profesional en la carrera ICI de la UTFSM 11
2.1.1 Asignaturas electivas 11
2.1.2 Líneas de especialización 12
2.1.3 Perfiles Profesionales 13
2.1.4 Plan de Acción 2021 14
2.2 Sistemas Recomendadores 16
2.2.1 Definiciones y aplicaciones 16
2.2.2 Componentes y técnicas de filtrado 17
2.2.3 Sistemas recomendadores en el ámbito académico 20
2.2.3.1 Sistema recomendador de asignaturas electivas 20
2.2.3.2 Sistema recomendador de asignaturas de un plan de estudio académico 22
2.3 Tecnologías de Desarrollo Web 24
2.3.1 Docker 24
2.3.2 NextJS 24
2.3.3 NestJS 25
2.3.4 MySQL 26

CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE SOLUCIÓN **27**
3.1 Sistema recomendador 27
3.1.1 Ítems y Usuarios 28
3.1.2 Filtros de recomendación 29

3.1.2.1 Filtro basado en contenido para la recomendación de líneas de especialización, en base a las preferencias del estudiante . . . 29
3.1.2.2 Filtro basado en contenido para la recomendación de asignaturas electivas . . . 33
3.1.2.3 Filtro basado en contenido para la recomendación de líneas de especialización, en base a las calificaciones del estudiante . . . 37
3.1.2.4 Filtro colaborativo para la recomendación de asignaturas electivas . . . 38
3.2 Sistema Web . . . 42
3.2.1 Diagrama general del sistema web . . . 43
3.2.2 Maquetas visuales componentes específicos . . . 43
3.2.2.1 Componente específico “Encuesta de preferencias y recomendaciones” . . . 43
3.2.2.2 Componente específico “Recomendación de líneas de especialización, perfiles profesionales y asignaturas electivas” 44
3.2.2.3 Componente específico “Información sobre líneas de especialización, perfiles profesionales y asignaturas electivas” 45
3.2.2.4 Componente específico “Preinscripción de asignaturas electivas” . . . 46
3.2.2.5 Componente específico “Edición parámetros en encuesta de preferencias” . . . 47
3.2.2.6 Componente específico “Edición parámetros en líneas de especialización, perfiles profesionales y asignaturas electivas” . . . 48
3.2.2.7 Componente específico “Dashboards e informes con información de datos estadísticos de los estudiantes” . . . 48
3.2.3 Requerimientos funcionales . . . 49
3.2.3.1 [HU01] Autenticación en el sistema . . . 50
3.2.3.2 [HU02] Completar datos académicos . . . 51
3.2.3.3 [HU03] Encuesta de preferencias . . . 52
3.2.3.4 [HU04] Encuesta de recomendaciones . . . 52
3.2.3.5 [HU05] Recomendación de líneas de especialización . . . 53
3.2.3.6 [HU06] Recomendación de perfiles profesionales . . . 53
3.2.3.7 [HU07] Recomendación de asignaturas electivas . . . 54
3.2.3.8 [HU08] Información sobre líneas de especialización . . . 54
3.2.3.9 [HU09] Información sobre perfiles profesionales . . . 54
3.2.3.10 [HU10] Información sobre asignaturas electivas . . . 55
3.2.3.11 [HU11] Preinscripción de asignaturas electivas . . . 55
3.2.3.12 [HU12] Modificacion encuesta de preferencias . . . 56
3.2.3.13 [HU13] Modificación líneas de especialización . . . 57
3.2.3.14 [HU14] Modificación perfiles profesionales . . . 58
3.2.3.15 [HU15] Modificación asignaturas electivas . . . 59

3.2.3.16 [HU16] Modificación parámetros adicionales 60
3.2.3.17 [HU17] Visualizar datos estadísticos 61
3.2.4 Arquitectura del sistema 61
3.2.4.1 Nivel de presentación - Servidor web 63
3.2.4.2 Nivel de aplicación - Servidor de aplicación 63
3.2.4.3 Nivel de datos - Servidor de base de datos 64

CAPÍTULO 4: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN **66**
4.1 Desplegado QA 66
4.2 *Testing* con usuarios 67
4.2.1 Tareas de estudiantes 67
4.2.2 Tareas del administrador 68
4.2.3 Resultados *testing* estudiantes 69
4.2.4 Resultados *testing* administrador 72
4.3 Proceso de orientación a estudiantes 74

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES **78**
5.1 Resultados principales 78
5.2 Cumplimiento de objetivos 79
5.3 Trabajo futuro y mejoras 81

ANEXOS **83**
5.1 Plan ICI 2014 83
5.2 Encuesta de Preferencias 84

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **85**

ÍNDICE DE FIGURAS

1 Porcentajes de respuestas de la pregunta número 1 de la Encuesta de Especialización Profesional. 4
2 Porcentajes de respuestas de la pregunta número 2 de la Encuesta de Especialización Profesional. 5
3 Porcentajes de respuestas de la pregunta número 3 de la Encuesta de Especialización Profesional. 5
4 Porcentajes de respuestas de la pregunta número 4 de la Encuesta de Especialización Profesional. 6
5 Porcentajes de respuestas de la pregunta número 5 de la Encuesta de Especialización Profesional. 7
6 Porcentajes de respuestas de la pregunta número 6 de la Encuesta de Especialización Profesional. 8
7 Porcentajes de respuestas de la pregunta número 7 de la Encuesta de Especialización Profesional. 8
8 Árbol del Problema. 9
9 Perfiles Profesionales ICI, en el contexto del Plan de acción 2021, acorde al PDU 2020-2024 16
10 Diagrama de las principales técnicas/filtros de recomendación presentes en los sistemas recomendadores 19
11 Gráfico con $y \in [-1{,}5, 1{,}5]$ de función sigmoide modificada σ^*. 35
12 Diagrama general del sistema web del SOEP DI-UTFSM. 43
13 *Mock-Up* componente específico ``Encuesta de preferencias''. 44
14 *Mock-Up* componente específico ``Encuesta de recomendaciones''. 44
15 *Mock-Up* componente específico ``Recomendación de líneas de especialización''. 45
16 *Mock-Up* componente específico ``Recomendación de asignaturas electivas''. 45
17 *Mock-Up* componente específico ``Información sobre líneas de especialización, perfiles profesionales y asignaturas electivas''. 46
18 *Mock-Up* componente específico ``Preinscripción de asignaturas electivas''. . 47
19 *Mock-Up* componente específico ``Edición parámetros en encuesta de preferencias''. 47
20 *Mock-Up* componente específico ``Edición parámetros en líneas de especialización, perfiles profesionales y asignaturas electivas''. 48
21 *Mock-Up* componente específico ``Dashboards e informes con información de datos estadísticos de los estudiantes''. 49
22 Diagrama de arquitectura para el sistema web del SOEP DI-UTFSM. 62
23 Modelo de datos para el sistema web del SOEP DI-UTFSM. 65
24 Plan Ingeniería Civil Informática, con fecha Marzo del 2014. 83

ÍNDICE DE TABLAS

1 Extracto del *dataset* de historial de cursos de estudiantes junto a sus calificaciones. 22
2 Matriz de notas asociada a la Tabla 1 23
3 Ejemplo de instancia para la matriz de preferencias entre los estudiantes y las asignaturas electivas del sistema. 39
4 Ejemplo de instancia para la matriz de preferencias entre los estudiantes y las afirmaciones de la encuesta de preferenccias. 40
5 Tabla resumen de las historias de usuarios para el sistema web del SOEP DI-UTFSM. 50
6 Datos académicos de estudiantes evaluados, siendo identificados por sus iniciales. Fuente: Elaboración Propia. 69
7 Resultados *testing* estudiantes, junto a problemas y observaciones encontradas en cada tarea. Fuente: Elaboración Propia. 70
8 Resultados *testing* administrador, junto a problemas y observaciones encontradas en cada tarea. Fuente: Elaboración Propia. 73
9 Líneas de especialización recomendadas a estudiantes evaluados, incluyendo además la línea de preferencia de cada uno. Fuente: Elaboración Propia. . 77
10 Encuesta de Preferencias utilizada en SOEP DI-UTFSM. 84

INTRODUCCIÓN

La especialización profesional juega un papel sumamente importante en la formación de los estudiantes de Ingeniería Civil en Informática (ICI) de la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM). Este proceso, que involucra la elección de asignaturas electivas, perfiles profesionales y líneas de especialización por parte de los estudiantes, ayuda a estos a especializarse dentro de las áreas más específicas de la computación e informática, permitiéndoles construir un perfil que logre cumplir las necesidades laborales que van surgiendo en la industria.

Por el lado del Departamento de Informática (DI) de la UTFSM, se ha buscado impulsar este proceso a través de la implementación de un plan de acción, del cual se logran definir las líneas de especialización y los perfiles profesionales asociados a la carrera, como también las relaciones que poseen estos últimos con las asignaturas electivas ofrecidas por el departamento. No obstante, persisten desafíos asociados al hecho de que un estudiante no posea la certeza suficiente de qué tipo de especialización profesional seguir, lo que puede dificultar la etapa final de su formación, su desempeño en su vida profesional o la continuación de sus estudios en algún programa de posgrado.

En respuesta a esta situación, la presente memoria se enfoca en el diseño y desarrollo de un sistema de orientación de especialización profesional para estudiantes de la carrera ICI de la UTFSM, el cual incluye un sistema recomendador que, en base a las preferencias y calificaciones del estudiante, recomienda asignaturas electivas y líneas de especialización alineadas con sus intereses y aptitudes. A su vez, se diseña, desarrolla e implementa un sistema web que, adicional a exponer las recomendaciones, proporciona información adicional sobre las líneas de especialización, perfiles profesionales y asignaturas electivas relacionadas a la carrera.

La estructura de esta memoria se organiza en cinco capítulos. En el *Capítulo 1*, se expone el contexto en el que surge la problemática y se detallan los objetivos generales y específicos del trabajo. En el *Capítulo 2*, se presenta el marco conceptual, en donde se documenta la situación actual de la carrera respecto a la especialización profesional de los estudiantes, y se estudia el estado del arte respecto a los sistemas recomendadores y sus usos en contextos académicos. En el *Capítulo 3*, se describe el diseño e implementación del sistema completo, detallando los filtros de recomendación utilizados en el sistema recomendador y los requisitos funcionales y arquitectura del sistema web. En el *Capítulo 4*, se expone la validación realizada al sistema, incluyendo los detalles y resultados de diversas sesiones de *testing* y de un proceso de orientación real con estudiantes de la carrera. Finalmente, en el *Capítulo 5*, se señalan las conclusiones del trabajo y sus resultados, junto a mejoras a realizar en posibles trabajos futuros.

CAPÍTULO 1
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Contexto

Dentro del marco de la orientación formativa de la carrera Ingeniería Civil en Informática (ICI) de la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM), se establece el plan de estudio con base en el perfil de egreso del estudiante, el cual busca el cumplimiento de una serie de competencias, las cuales se alcanzan con la aprobación de las distintas asignaturas que lo componen. Estas asignaturas se dividen en tres tipos, siendo las de primer tipo las asignaturas obligatorias, las cuales cubren el eje central de la disciplina con base en referentes internacionales y las áreas de especialidad del Departamento [Comité Autoevaluación, 2017].

Los otros dos tipos de asignaturas que componen el plan de estudio de la carrera son las asignaturas electivas y libres. En específico, las asignaturas electivas poseen la principal función de flexibilizar el plan de estudio, tanto para abordar temáticas pertinentes al medio laboral de la informática, como también para adaptarse a las preferencias de cada estudiante en cuanto a sus gustos e intereses de especialización.

Al ser esta profesión altamente demandada en múltiples sectores, la demanda de profesionales de informática y carreras afines es cada vez mayor, especialmente de profesionales con conocimientos enfocados en temas y habilidades más específicas dentro del área [Maghsoudi, 2023]. Esto puede llegar a afectar negativamente a carreras y cursos de informática o afines que no consideren mecanismos de mejora continua respecto a sus planes de estudio y sus perfiles de egreso. En el caso del Departamento de Informática (DI) de la UTFSM, este aborda dicha situación dentro de su plan estratégico, mitigando los riesgos a través de la creación de la Subdirección de Vinculación con el Medio [Comité Autoevaluación, 2017], con el fin de mantener relaciones y conversatorios con exalumnos, empleadores y otras entidades cercanas a los entornos laborales en donde se desenvuelven profesionales del área de la informática y afines. Esta iniciativa permite al departamento validar y obtener información relacionada al perfil profesional que debiese seguir la carrera, como también de la definición de las asignaturas electivas que serán dictadas, con base en las necesidades del medio laboral actual [Comité Autoevaluación, 2017].

Considerando lo anterior, las asignaturas electivas juegan un papel sumamente importante en lo que respecta al cumplimiento de las necesidades laborales que surgen en el área de informática. Además, poseen la capacidad de otorgar el primer acercamiento a los estudiantes respecto a los perfiles profesionales o cargos laborales en los que se puede desenvolver uno dentro del área. Cabe destacar de que esto último no es exclusivo para esta carrera o rama. En [Movchan y Zarishniak, 2017] se estudia el rol de los cursos electivos en el desarrollo profesional de estudiantes de economía, concluyendo de que estos cursos contribuyen en el desarrollo profesional y personal de los estudiantes, mejorando incluso la motivación

de estos en vista a destacar y alcanzar buenos resultados en las áreas escogidas. Con un objetivo similar, en [Ankit *et al.*, 2015] se busca estudiar el impacto de los cursos electivos en la educación de estudiantes de medicina, llegando a la conclusión de que estos juegan un rol de alto impacto en el conocimiento y habilidades del estudiante, especialmente en áreas externas al currículum tradicional de estas carreras.

Volviendo al contexto del DI, otro de los valores que se puede encontrar en las asignaturas electivas es la posibilidad de articularlas con los posgrados científicos que ofrece el departamento. De esta forma, según los intereses de especialización del estudiante, este puede cursar ciertas asignaturas electivas con tal de convalidarlas tanto en el plan de estudio de pregrado como en el de posgrado, optimizando sus tiempos y esfuerzos dentro de sus estudios.

1.2. Situación Actual

Un problema que se logra reconocer acerca de las asignaturas electivas es la falta de claridad sobre la formación que busca alcanzar cada una, específicamente en lo que respecta al tipo de perfil profesional o especialización a la que se enfoca [Pregrado, 2021]. Este problema es abordado dentro del Plan de Desarrollo de la Unidad (PDU) del DI en el período 2020 a 2024, generando propuestas respecto a las líneas de especialización y perfiles profesionales con los que se alinea cada electivo ofrecido por el departamento. Acá, se entenderá por “línea de especialización” a las áreas de conocimiento de la disciplina que tienen la posibilidad de seguir desarrollándose en cursos de posgrado. Por otro lado, se entiende por “perfil profesional” a las áreas de conocimiento enfocadas en puestos o cargos a nivel laboral, los cuales se encuentran asociados a una línea de especialización.

Basándose en lo anterior, la elección de una asignatura electiva puede verse altamente influenciada por los intereses del estudiante en seguir una línea de especialización o alcanzar un perfil profesional en específico. Con esto, surge un problema en el caso de que un estudiante no tenga la certeza acerca de qué línea de especialización seguir o que perfil profesional alcanzar, pues no podría aprovechar esta asociación descrita anteriormente. Esto provocaría de que el estudiante tenga que depender de otros medios para escoger que asignaturas electivas inscribir, lo cual puede llevar a situaciones perjudiciales para él, como el descontento del estudiante con la asignatura por no llegar a cumplir sus expectativas, o un mal desempeño en la asignatura por no alinearse con sus competencias e intereses.

Este hecho de poseer poca o nula certeza de qué especialización profesional[1] seguir también puede afectar en otros procesos del estudiante, como el desaprovechamiento de articular la práctica y/o memoria con alguna línea de especialización, o también el desaprovechamiento de articular las asignaturas electivas de pregrado con las de un posible posgrado. Incluso,

[1]Entiéndase como el conjunto de elecciones que envuelven a las asignaturas electivas, los perfiles profesionales y a las líneas de especialización.

este desconocimiento puede llegar a afectar la vida profesional del estudiante, pudiendo tomar malas decisiones debido a la incerteza de a qué tipo de empleos postular o qué tipo de carrera construir.

Para analizar a mayor profundidad las problemáticas mencionadas previamente, se decide crear una **Encuesta de Especialización Profesional**, dirigida a estudiantes de ICI de la UTFSM que se encuentren en cuarto año de carrera o superior, compuesta por cuatro preguntas obligatorias y tres opcionales. El objetivo de esta encuesta es obtener datos cuantitativos respecto a la percepción y experiencia de los estudiantes en relación a la especialización profesional dentro de la carrera, es decir, todo lo relacionado a la elección de asignaturas electivas a cursar, perfiles profesionales de interés y líneas de especialización a seguir. Esta fue respondida por un total de 56 estudiantes del campus Casa Central, desde el 4 de mayo al 20 de junio del 2024.

A continuación se presenta el enunciado de cada pregunta, junto al porcentaje de sus respectivas respuestas y las conclusiones derivadas de estas:

1. "¿En qué año de la carrera estás actualmente?"
   - **Respuestas:**

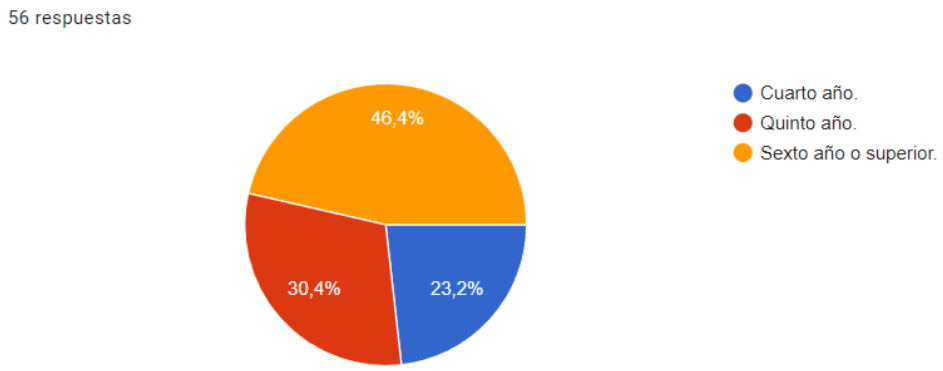

Figura 1: Porcentajes de respuestas de la pregunta número 1 de la Encuesta de Especialización Profesional.
Fuente: Elaboración Propia.

2. "¿Tienes claridad sobre el perfil profesional/laboral que deseas seguir durante el resto de tu carrera y después de egresar?"

   - **Respuestas:**

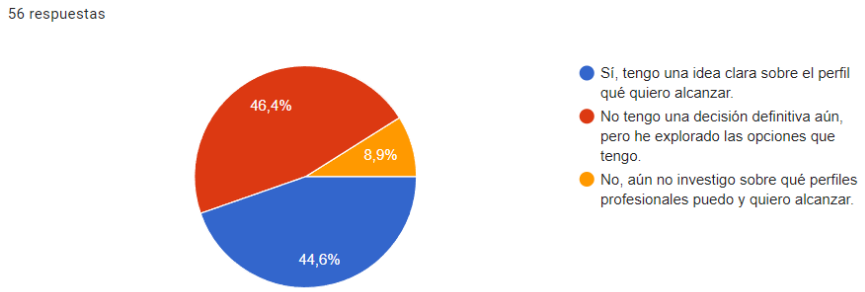

Figura 2: Porcentajes de respuestas de la pregunta número 2 de la Encuesta de Especialización Profesional.
Fuente: Elaboración Propia.

   - **Conclusiones:** Se puede observar que un $55{,}3$ % de los estudiantes encuestados no posee la certeza sobre cuál perfil profesional alcanzar durante el término de su carrera y a lo largo de su vida profesional. Sin embargo, solo el $8{,}9$ % no ha realizado investigaciones acerca de los perfiles, por lo que se espera un nivel básico de conocimiento acerca de estos por parte de los estudiantes. De igual manera, existe una oportunidad de mejora respecto a la información que poseen o a la orientación que estos necesitan, esto con el fin de aumentar el porcentaje de estudiantes que poseen una mayor claridad acerca de esta decisión.

3. "¿Cuál ha sido tu criterio principal al seleccionar las asignaturas electivas que has cursado hasta ahora? (Si es que no has cursado ninguna aún, no respondas esta pregunta)."

   - **Respuestas:**

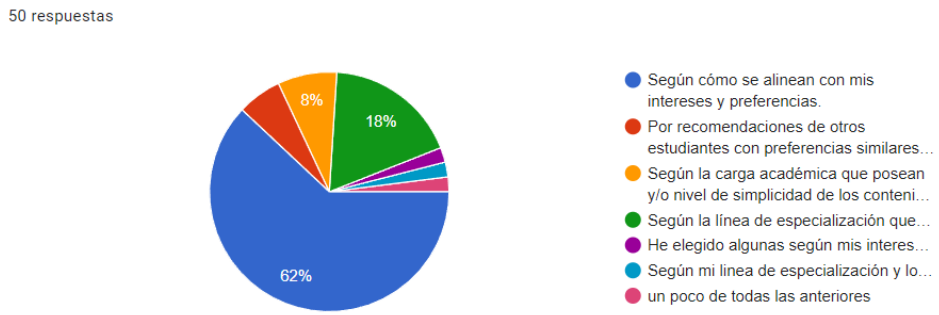

Figura 3: Porcentajes de respuestas de la pregunta número 3 de la Encuesta de Especialización Profesional.
Fuente: Elaboración Propia.

- **Conclusiones:** Se observa que un $80\,\%$ de los estudiantes encuestados prefiere cursar asignaturas electivas que se alineen con sus intereses o con la línea de especialización que desean seguir. Con esto, se puede concluir que gran parte de los estudiantes posee la intención de aprovechar las asignaturas electivas con el fin de aprender y especializarse en las áreas de interés de cada uno.

4. "A nivel general, ¿cómo puntuarías tu experiencia y aprendizaje obtenido con las asignaturas electivas que has cursado hasta ahora? (Si es que no has cursado ninguna aún, no respondas esta pregunta)."

   - **Respuestas:**

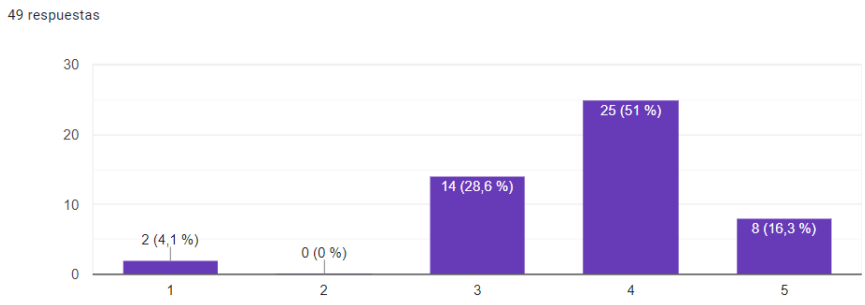

Figura 4: Porcentajes de respuestas de la pregunta número 4 de la Encuesta de Especialización Profesional.
Fuente: Elaboración Propia.

   - **Conclusiones:** Se observa una puntuación promedio de $3{,}76$ en cuanto a la experiencia y aprendizaje obtenido en las asignaturas electivas por parte de los estudiantes encuestados. Esta cifra es positiva, aunque de igual manera posee una ventana de mejora.

5. "¿Cuál crees que pueda ser el factor principal que haya contribuido a experiencias negativas al cursar asignaturas electivas, ya sea para ti o para otros estudiantes?"

   - **Respuestas:**

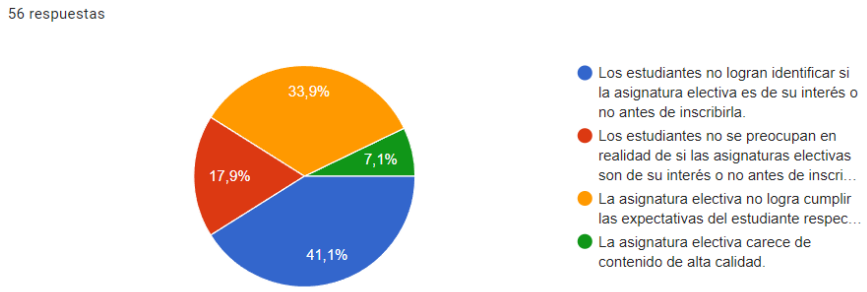

Figura 5: Porcentajes de respuestas de la pregunta número 5 de la Encuesta de Especialización Profesional.
Fuente: Elaboración Propia.

   - **Conclusiones:** Se observa que el mayor porcentaje de los estudiantes ($75\,\%$) opina que los factores principales que contribuyen en experiencias negativas al cursar asignaturas electivas tiene relación con las dificultades asociadas a escoger electivos de su interés, ya sea porque el estudiante no logra identificar lo anterior antes de inscribirlas (un $41,1\,\%$) o, una vez inscritas, estas no logran cumplir sus expectativas ($33,9\,\%$). Con esto, se puede considerar como supuesto que, mejorando la información y la manera en que esta se presenta al estudiante durante el proceso de inscripción, se facilitaría la elección de electivos y, por consiguiente, se minimizarían las experiencias negativas al cursar estas asignaturas.

6. "¿Conoces a qué perfiles profesionales contribuyen las asignaturas electivas que has cursado hasta ahora? (Si es que no has cursado ninguna aún, no respondas esta pregunta)."

   - **Respuestas:**

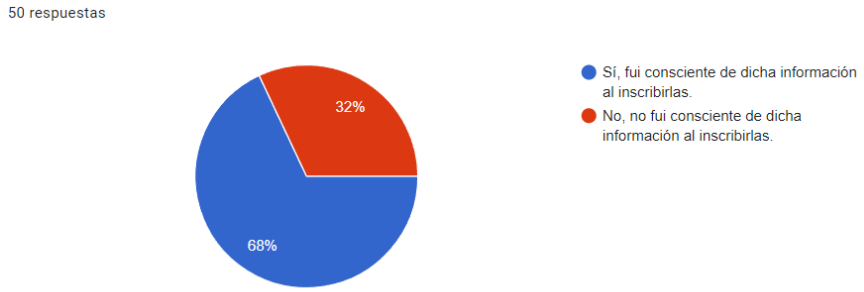

Figura 6: Porcentajes de respuestas de la pregunta número 6 de la Encuesta de Especialización Profesional.
Fuente: Elaboración Propia.

   - **Conclusiones:** Se observa que un poco más de dos tercios de los estudiantes encuestados sí conoce los perfiles profesionales a los que están asociados cada asignatura electiva que ha cursado cada uno. Sin embargo, existe una ventana de mejora considerable en el otro tercio de estudiantes que no es consciente de dicha información.

7. "¿Crees que se deben incorporar en el Departamento más mecanismos para orientar a los estudiantes en su especialización profesional?"

   - **Respuestas:**

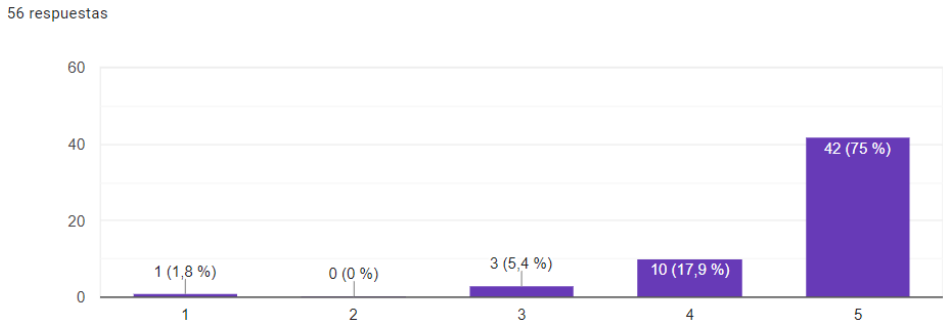

Figura 7: Porcentajes de respuestas de la pregunta número 7 de la Encuesta de Especialización Profesional.
Fuente: Elaboración Propia.

- **Conclusiones:** Se observa un alto interés por parte de los estudiantes encuestados en la inclusión de mencanismos de orientación profesional dentro del DI y de la carrera.

1.3. Identificación del Problema

El problema central puede resumirse en la estructura tipo árbol presentada en la Figura 8. Esta representación logra descomponer la problemática en sus respectivas causas y efectos, los cuales fueron identificados con base en lo previamente discutido y analizado, junto a la ayuda de la técnica de lluvia de ideas.

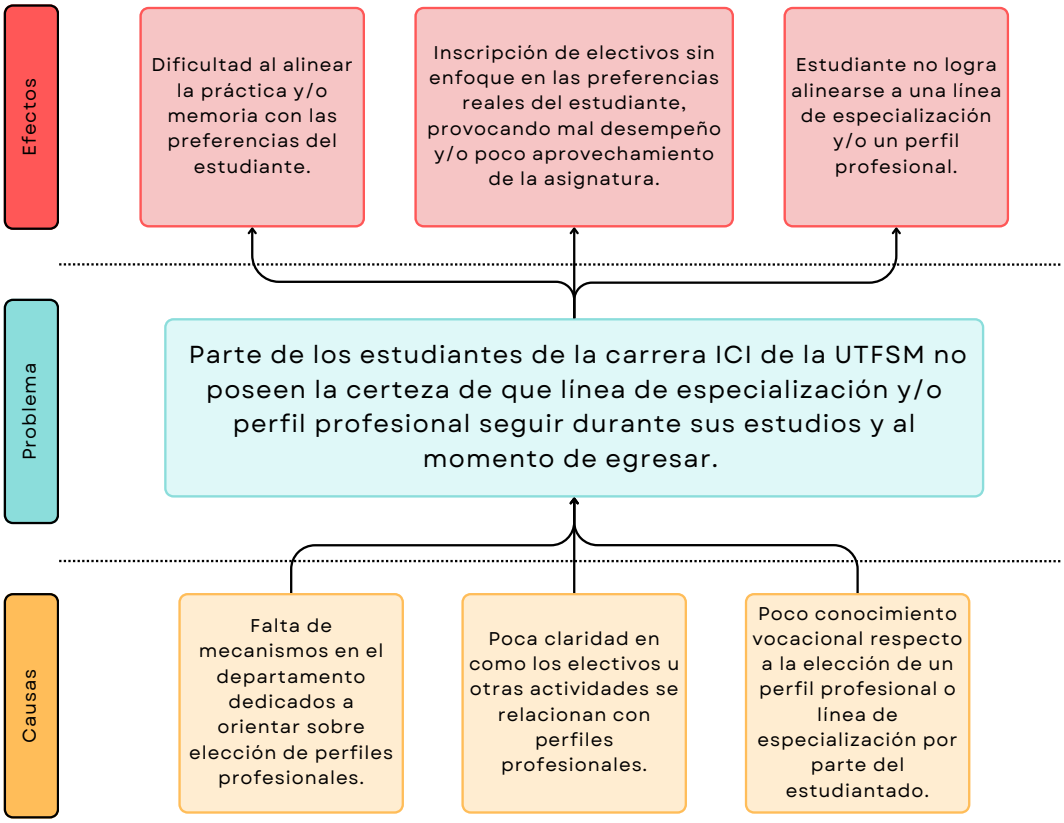

Figura 8: Árbol del Problema.
Fuente: Elaboración Propia.

1.4. Objetivos del Trabajo

En base a esta problemática, resulta pertinente el desarrollo de una solución con el fin de orientar a los estudiantes de la carrera ICI de la UTFSM en su especialización profesional. Para esto, se busca el desarrollo de un sistema de recomendación de líneas de especialización y asignaturas electivas basándose en el perfil de cada estudiante y de acuerdo a lo que puede cubrir el DI. Por otro lado, el perfil de cada estudiante se construirá teniendo en cuenta el desempeño obtenido en sus asignaturas cursadas, junto a la afinidad de este hacia las características de los atributos que serán recomendados y la similitud que posea con los perfiles de otros estudiantes que hayan utilizado el sistema. Con esto, el sistema tendrá como fin una aplicación web, en donde los estudiantes puedan autenticarse, entregar la información requerida y, por último, obtener la orientación previamente definida.

1.4.1. Objetivos

Objetivo General:

- Diseñar un sistema dedicado a la orientación del estudiante de la carrera ICI de la UTFSM en la elección de un perfil profesional, línea de especialización y asignaturas electivas.

Objetivos Específicos:

- Documentar la situación actual sobre la especialización profesional de estudiantes de la carrera ICI de la UTFSM.
- Revisar las distintas líneas de especialización y los perfiles profesionales que cubre la carrera ICI y el DI, incluyendo sus características y competencias asociadas.
- Revisar las asignaturas electivas dictadas por el DI y categorizarlas según los perfiles profesionales y líneas de especialización con las que estén asociadas.
- Diseñar e implementar un sistema de recomendación de líneas de especialización y asignaturas electivas para estudiantes de la carrera ICI de la UTFSM, basado en las preferencias de cada estudiante y su desempeño en sus asignaturas cursadas.
- Validar el sistema en un proceso de orientación real con estudiantes de la carrera ICI de la UTFSM.

CAPÍTULO 2
MARCO CONCEPTUAL

2.1. Especialización Profesional en la carrera ICI de la UTFSM

En vista de la necesidad de documentar la situación actual sobre la especialización profesional de los estudiantes de la carrera ICI de la UTFSM, se explorarán los tres factores que componen a este concepto (asignaturas electivas, perfiles profesionales y líneas de especialización), formulando sus respectivas definiciones y sus actuales estados dentro de la UTFSM y el DI.

2.1.1. Asignaturas electivas

Las asignaturas electivas dentro de la universidad y el DI juegan un papel importante en lo que respecta a enriquecer el plan curricular y profesional del estudiante. Como se mencionó previamente, generalmente es con estas con lo que el estudiante tiende a experimentar un primer acercamiento a áreas de mayor especialización o enfoque dentro de la carrera, esto debido a la naturaleza y el fin con la que se desarrollan estas asignaturas.

La inclusión de las asignaturas electivas a la carrera ICI se remonta al año 1991, en donde, con el objetivo de ajustarse a los cambios en la disciplina de la informática y por la evolución propia de esta misma, se acaba por incluir la posibilidad de cursar asignaturas de especialización (con 4 menciones), electivas y créditos libres [Comité Autoevaluación, 2017].

Por definición del propio DI, las asignaturas electivas que ofrece la universidad y la carrera tienen como principal objetivo reforzar la flexibilidad del plan de estudio y la formación profesional y complementaria del estudiante [Comité Autoevaluación, 2017]. Estas asignaturas pueden ser electivas de informática, i.e. ofrecidas por el departamento en el marco de sus áreas disciplinares y con foco profesional, o electivas, las cuales pueden cursarse en cualquier otra unidad académica de la UTFSM o, incluso, en otra institución académica del país o del extranjero, todo esto con el fin de complementar la formación para potenciar la multidisciplinariedad, la cual suele ser común en los profesionales informáticos [Comité Autoevaluación, 2017].

Según la última versión del plan de estudio de la carrera (presente en la Figura 24 del Anexo), publicada y puesta en marcha en el año 2014, un estudiante tiene a disposición la elección de 7 asignaturas libres o actividades co-curriculares, 4 electivos y 4 electivos de informática.

Dentro de este plan de estudio, las asignaturas electivas que se ofrecen cada semestre suelen cambiar e ir rotando, incorporando además nuevas asignaturas conforme surgen nuevas ideas o necesidades relacionadas con el campo laboral y las habilidades esperadas de los

estudiantes que egresan de la carrera. Otra regla que sigue el DI respecto a estas asignaturas es no ofrecer la misma dos semestres seguidos, esto con el fin de ir variando la oferta y no monopolizar las elecciones por parte de los estudiantes.

2.1.2. Líneas de especialización

La primera instancia para especializarse dentro de la carrera ICI se realizó en el año 1991, en donde se ofrecían dos menciones a los estudiantes: Sistemas y Computación [Comité Autoevaluación, 2017]. Cada estudiante debía optar por una de las dos, cursando un conjunto asignaturas definidas con tal de lograr la especialización. Luego, en 1998, el número de menciones disponibles aumentó a cuatro: Sistemas de Computación, Sistemas y Gestión, Desarrollo de Software, Modelos y Métodos Cuantitativos. Estas menciones consistieron a su vez en las áreas de desarrollo de la disciplina en el DI [Comité Autoevaluación, 2017].

En la actualidad, y según la versión del 2014 del plan de estudio de la carrera, se reconocen las siguientes áreas de desarrollo de la disciplina [Departamento de Informática, 2014]:

- Fundamentos de Informática.
- Infraestructura de Tecnologías de Información y Comunicaciones (Infraestructura TIC).
- Ingeniería de Software y de Datos.
- Sistemas de Información y de Decisión.
- Computación Aplicada en Ciencia e Ingeniería.

En lo que respecta a los cursos de posgrado, el DI ofrece los siguientes programas, con el fin de responder a la necesidad de formación de investigación y profesionales docentes dentro del departamento [Departamento de Informática, 2024b]:

- Magíster en Ciencias de la Ingeniería Informática (MII), introducido en el año 1992.
- Doctorado en Ingeniería Informática (DII), introducido en el 2003.
- Magíster en Tecnología de la Información (MTI), introducido en el 2004.

Cada uno de estos programas busca formar profesionales que deseen adquirir conocimientos avanzados en el área de la Ingeniería Informática. Para esto, cada uno define un número de áreas de especialización, en las que se clasifican las especializaciones o competencias de egreso que ofrecen [Departamento de Informática, 2024d, Departamento de Informática, 2024c, Departamento de Informática, 2024a]. Estas son:

- MII y DII :
  - Computación Aplicada.
  - Inteligencia Artificial y Ciencia de los Datos.
  - Software y Ciberseguridad.
- MTI:
  - Tecnologías de información empresarial y transformación digital.
  - Gestión de datos e inteligencia artificial.
  - Desarrollo de soluciones de software y tecnologías de información.
  - Infraestructura TIC y ciberseguridad.

Como se mencionó previamente, dentro del DI es posible la articulación de lo cursado en pregrado con el posgrado (exceptuando al MTI), esto a través de asignaturas electivas específicas acordes a los contenidos y complejidad del posgrado respectivo. Para esto, los estudiantes que estén interesados en ingresar al posgrado pueden postular desde el cuarto año de la carrera, siempre y cuando ya hayan alcanzado el grado de licienciado en Ciencias de la Ingeniería y tengan un promedio ponderado igual o superior a 70 (en la escala del 0 a 100) [Comité Autoevaluación, 2017].

2.1.3. Perfiles Profesionales

La orientación formativa del DI y la carrera ICI se basa fuertemente en el logro de competencias profesionales, de egreso y transversales, basándose a su vez en el perfil de egreso del estudiante, alineado con un perfil profesional acorde a los requerimientos del sector productivo en los dominios en que un profesional de la informática puede desempeñarse [Comité Autoevaluación, 2017].

Por el lado específico de los perfiles profesionales, algunos agentes referentes en cuanto a la documentación y su estudio dentro del área de la informática y afines son la *Association for Computing Machinery* (ACM), *IEEE Computer Society* (IEEE CS) y la fundación *SFIA*. Las primeras dos organizaciones confeccionaron en el año 2020 el documento "*Computing Curricula 2020*", en donde realizan el esfuerzo de documentar la situación actual de la educación y las prácticas en las ramas de la computación, entregando guías para la realización de estos programas académicos [Force, 2020]. Por otro lado, la fundación *SFIA* se encarga del desarrollo y mantenimiento del ecosistema y *framework SFIA*. Según esta misma fundación, este *framework* define las habilidades y competencias requeridas por profesionales que diseñan, desarrollan, implementan, manejan y protegen los datos y la tecnología que hace funcionar el mundo digital [SFIA, 2023].

El *framework* desarrollado por *SFIA* entrega una documentación bastante completa de los perfiles profesionales establecidos y emergentes que se desenvuelven en las áreas de la computación, negocios y tecnología, estableciéndolos en sus denominadas "habilidades profesionales y competencias", y siendo categorizadas a su vez en seis grandes categorías: "Estrategia y arquitectura", "Desarrollo e implementación", "Entrega y operación", "Cambio y transformación", "Relaciones y compromiso" y "Personas y habilidades", poseyendo cada una de estas sus propias sub-categorías.

Al mismo tiempo, el *framework* entrega para cada habilidad una lista de competencias y actividades asociadas a estos campos, clasificándolas a su vez en distintos niveles de responsabilidad.

2.1.4. Plan de Acción 2021

Dentro del contexto del Plan de acción 2021 referente al PDU 2020-2024, se logra proponer una serie de perfiles profesionales con el fin de orientar a los estudiantes en su futuro laboral y a la sugerencia de electivos. Al mismo tiempo, cada uno de estos perfiles profesionales se encuentra asociado a una línea de especialización, permitiendo articular estas asignaturas electivas con los posgrados científicos que ofrece el departamento [Pregrado, 2021].

Uno de los resultados de la propuesta de este plan es la especificación de ciclos dentro del pregrado de la carrera ICI, encontrándose el ciclo básico, intermedio y de especialización. Por un lado, el ciclo intermedio finaliza en el momento de obtener la Licenciatura en Ciencias de la Ingeniería, una vez finalizado los cursos de cuarto año, según el plan de estudio actual [Departamento de Informática, 2014]. Por otro lado, el ciclo de especialización se refiere a la etapa en que el estudiante comienza a cursar mayoritariamente asignaturas electivas dentro de los semestres restantes, junto a la práctica industrial y profesional, más el desarrollo y ejecución de la Feria de Software y el desarrollo de la memoria, concluyendo con esto último la carrera.

Respecto a las líneas de especialización, el Plan de acción define 6 líneas, acordes a la articulación con posgrado y, además, a las áreas de desarrollo del DI y del plan de estudio de la carrera. Las líneas definidas son las siguientes [Pregrado, 2021]:

- **Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos:**
  - **Orientación:** Orientada al estudio y aplicación de métodos y sistemas computacionales basados en aprendizaje inductivo y/o deductivo con el objetivo de resolver tareas complejas.
  - **Electivos relacionados:** Aprendizaje automático, redes neuronales artificiales, ciencia de datos, computación de alto desempeño, programación avanzada, entre otros.

- **Computación Aplicada:**
  - **Orientación:** Orientada al estudio y aplicación de métodos computacionales en ámbitos interdisciplinarios.
  - **Electivos relacionados:** Computación de alto desempeño, simulación, métodos numéricos computacionales, aprendizaje automático, computación gráfica, educación, entre otros.
- **Software:**
  - **Orientación:** Orientada al desarrollo, evaluación y despliegue de métodos y técnicas para construir sistemas de software confiables y seguros.
  - **Electivos relacionados:** Ingeniería de software avanzada, bases de datos avanzadas, programación avanzada, métodos de diseño centrados en usuarios, testing, gestión de proyectos de software, entre otros.
- **Ciberseguridad:**
  - **Orientación:** Orientada al estudio y aplicación de la seguridad de la información, la infraestructura TIC y los sistemas de software de las organizaciones.
  - **Electivos relacionados:** Seguridad de sistemas, criptografía, *hacking* ético, desarrollo de software seguro, gestión de seguridad de la información, entre otros.
- **Infraestructura Tecnológica:**
  - **Orientación:** Orientada al desarrollo, administración y gestión de sistemas de hardware y software, que constituyen la plataforma tecnológica de computación y comunicaciones sobre la que se despliegan aplicaciones y servicios informáticos.
  - **Electivos relacionados:** Programación segura de sistemas, redes, computación paralela, distribuida y ubicua, *cloud computing*, entre otros.
- **Transformación y Emprendimiento Digital:**
  - **Orientación:** Orientada al estudio y aplicación de metodologías, métodos y herramientas que permitan mejorar los procesos de las organizaciones, aplicando tecnologías digitales centradas en las personas e incentivando el espíritu emprendedor en distintos ámbitos de la industria.
  - **Electivos relacionados:** Procesos de negocio, innovación tecnológica, creación y gestión de empresas tecnológicas, desarrollo de videojuegos, entre otros.

Respecto a los perfiles profesionales, el Plan de acción enumera 23 perfiles, asociando cada uno a una de las líneas de especialización e indicando si existe la posibilidad de articular cada perfil profesional con los cursos de posgrado del DI. En la siguiente Figura 9 se presentan dichas relaciones.

				POSTGRADO	
LINEAS ESPECIALIZACION	PERFILES PROFESIONALES	PREGRADO	DIPLOMAS	CIENTIFICO	PROFESIONAL
Inteligencia Artificial & Ciencia de Datos (IA&CD)	Especialista IA	✓	✓	✓	
	Especialista automatización industrial	✓		✓	
	Científico de datos	✓	✓	✓	✓
	Analista BI	✓	A futuro		✓
Computación Aplicada (CA)	Astroinformático	✓		✓	
	Bioinformático	✓		✓	
	Especialista en computación científica	✓		✓	
Software (SW)	Desarrollador software	✓		✓	
	Arquitecto software	✓	A futuro	✓	✓
	Quality Assurance (QA)	✓		✓	✓
	Especialista UX/UI	✓	✓	✓	✓
Ciberseguridad (CS)	Especialista ciberseguridad	✓	A futuro	✓	✓
	Oficial seguridad información	✓			
Infraestructura Tecnológica (IT)	Administrador de sistemas (server y cloud)	✓	✓		
	Especialista en middleware	✓		✓	
	Especialista IoT y Smart Cities	✓			
	Gestor infraestructura y servicios	✓			✓
Transformación y Emprendimiento Digital (TED)	Analista de procesos	✓	✓		✓
	Gestor de proyectos	✓	✓		✓
	Gestor innovación	✓			
	Especialista en informática educativa	✓			
	Desarrollador videojuegos	✓			
	Emprendedor digital	✓			

Figura 9: Perfiles Profesionales ICI, en el contexto del Plan de acción 2021, acorde al PDU 2020-2024
Fuente: [Pregrado, 2021].

Por último, el Plan de acción entrega una tabla que relaciona las asignaturas electivas dictadas o en proceso de creación (hasta el año 2021), con los distintos perfiles profesionales mencionados anteriormente. De esta manera, cada asignatura electiva termina aportando al desarrollo de uno o más perfiles profesionales, pudiendo corresponder a una o más líneas de especializacion.

Este Plan de acción resulta fundamental para el diseño del sistema de orientación a desarrollar, ya que proporciona las bases para vincular los tres elementos clave de la especialización profesional: líneas de especialización, perfiles profesionales y asignaturas electivas.

2.2. Sistemas Recomendadores

2.2.1. Definiciones y aplicaciones

Un sistema recomendador o sistema de recomendación tiene como objetivo principal el determinar qué objetos ofrecer a un determinado usuario en una situación concreta [Castells y Jannach, 2023]. De esta forma, el principal problema que busca resolver este tipo

de sistemas es el definir en base a qué criterios se ordenarán una serie de objetos, según su valor o utilidad, para un conjunto de usuarios, con el objetivo de maximizar la utilidad percibida por estos últimos y las de los posibles *stakeholders* involucrados en estos mismos sistemas. Otra definición de estos sistemas es la descrita en [Lü *et al.*, 2012], donde se menciona que "la tarea de los sistemas recomendadores es la de convertir los datos de los usuarios y sus preferencias en predicciones acerca de los posibles gustos e intereses que puedan poseer estos mismos usuarios".

Otro enfoque respecto al valor de estos sistemas es en el filtro de información que provee, al lograr filtrar la información relevante de un conjunto sobrecargado de información para un usuario determinado, según sus preferencias, intereses y comportamiento [Isinkaye *et al.*, 2015]. Este caso de uso es realmente importante para los sistemas recomendadores, más considerando el problema de la sobrecarga de información digital en la que se vive actualmente [Isinkaye *et al.*, 2015], el cual perjudica la experiencia usuaria en Internet y, al mismo tiempo, dificulta el crecimiento de los negocios y plataformas digitales.

Las posibilidades de aplicaciones para este tipo de sistemas son inmensamente amplias. Por ejemplo, en sitios de venta de productos en línea, un sistema recomendador es esencial para cumplir sus objetivos de negocio, tal como reducir los tiempos de exploración por parte del usuario, maximizar la utilidad percibida de este mismo al recomendar productos que sacien sus necesidades, y maximizar las ganancias del sitio al aumentar las ventas en los casos en que los usuarios sí lleguen a concretar sus compras. Otras aplicaciones comunes de estos sistemas son [Lü *et al.*, 2012]:

- Recomendaciones en redes sociales de nuevos amigos/contactos a través del análisis de los actuales contactos y preferencias de cada usuario.
- Estaciones de radio en línea optimizan su itinerario de música a través del análisis de las canciones omitidas por parte de sus usuarios.
- Plataformas de contenido en línea recomiendan vídeos, películas y noticias, analizando el comportamiento del usuario en el sitio y qué tipo de contenidos son afines a otros usuarios con perfiles similares al suyo.

En general, siempre que haya una parrilla diversa de productos junto a un conjunto heterogéneo de usuarios, utilizar un sistema recomendador suele ser ventajoso con el fin de recomendar el producto correcto al usuario correcto [Lü *et al.*, 2012].

2.2.2. Componentes y técnicas de filtrado

Formalmente, los componentes de todo sistema recomendador, a nivel general, son los siguientes [Castells y Jannach, 2023]:

- Conjunto de usuarios U.
- Conjunto de ítems a recomendar I.
- Función de utilidad $f : U \times I \rightarrow R$, la cual toma como entrada la combinación de usuarios e ítems, y entrega un valor de utilidad en R para cada combinación.

Con esto, el objetivo es maximizar la función de utilidad anterior, buscando los ítems que entreguen mayor utilidad para cada usuario del sistema. Esto se representa formalmente en la siguiente ecuación [Castells y Jannach, 2023]:

$$\forall u \in U, i_u^{'} = \underset{i \in I}{\text{argmax}}\, f(u, i) \tag{1}$$

La ecuación anterior suele ampliarse para que logre retornar un conjunto de ítems en vez de solo uno. De esta manera, se logra entregar a cada usuario N ítems de recomendación, los cuales poseen los mayores valores de utilidad de todo el conjunto.

Descubrir o aprender esta función de utilidad es la tarea de investigación más compleja relacionada a los sistemas recomendadores, existiendo diversas técnicas y algoritmos para lograr este cometido. En general, estas técnicas se clasifican en tres tipos de filtrados distintos, los cuales se resumen en la Figura 10 y se describen a continuación [Isinkaye *et al.*, 2015]:

- **Filtro basado en contenido (*content-based filtering*):** En esta técnica, las recomendaciones se realizan en base a los perfiles de los usuarios y a características extraídas de los ítems a recomendar. El perfil de cada usuario se construye en base a sus preferencias y evaluaciones realizadas a algunos ítems, ya sea de manera directa o indirecta. De esta forma, el objetivo es recomendar ítems que posean cualidades que congenien con las preferencias de un usuario en específico.

  La principal ventaja de este tipo de filtros es que no necesitan acceder a los perfiles e intereses de otros usuarios para realizar recomendaciones a uno en específico. Además, estos poseen la ventaja de poder adaptarse fácilmente si es que los perfiles de los usuarios llegasen a cambiar. Por otro lado, la principal desventaja de estos filtros es que necesitan poseer una alta cantidad de información sobre las cualidades y características de los ítems a recomendar, lo cual no es siempre factible en algunos dominios. Otra desventaja a considerar es el problema de la sobre especialización en las recomendaciones, entregando ítems que se ajustan demasiado a los perfiles de los usuarios, restringiendo la exploración y diversidad en las recomendaciones.

- **Filtro colaborativo (*collaborative filtering*):** Esta técnica funciona a través de la creación de bases de datos de preferencias o valoraciones de los usuarios hacia los ítems, para luego realizar recomendaciones analizando las similitudes existentes entre estos

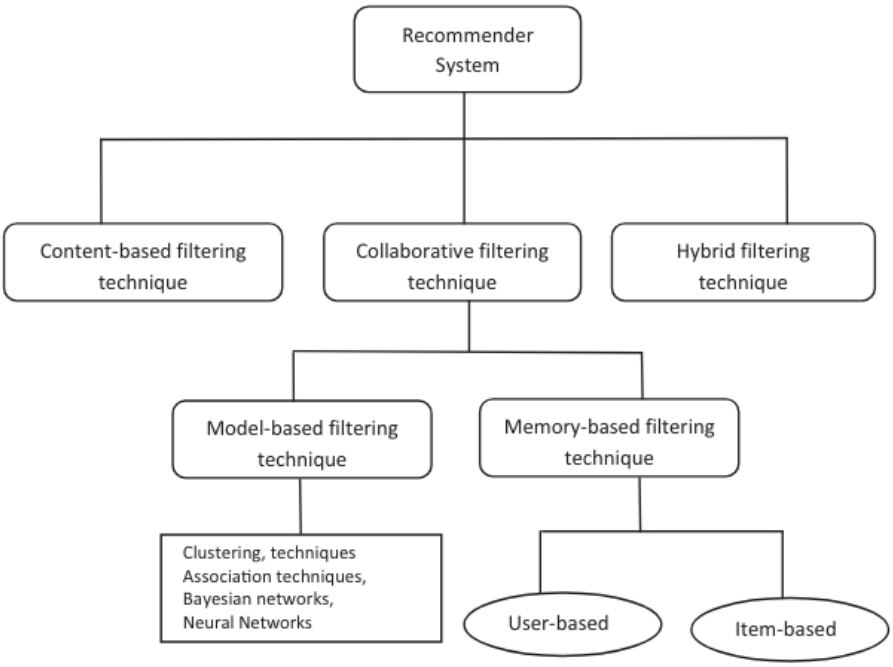

Figura 10: Diagrama de las principales técnicas/filtros de recomendación presentes en los sistemas recomendadores
Fuente: [Isinkaye *et al.*, 2015].

usuarios y entre los ítems. De esta forma, un usuario en específico obtiene recomendaciones de los ítems que aún no han valorado, pero que sí han sido valorados por parte de otros usuarios que posean perfiles similares al suyo.

Esta técnica suele dividirse en las siguientes dos sub-categorías:

- **Técnicas basadas en memoria (*memory-based filtering*):** En este enfoque, el vecindario de usuarios con perfiles similares al de un usuario en específico se construye considerando las valoraciones ya conocidas de este usuario. De esta forma, las valoraciones de los ítems que aún no ha valorado se obtienen ponderando las valoraciones de los usuarios pertenecientes al vecindario previamente mencionado. Estas ponderaciones se calculan según que tan similares sean los usuarios o los ítems recomendados, esto utilizando herramientas matemáticas que entreguen grados de similitud entre dos componentes, tales como la correlación de Pearson o la similitud coseno.
- **Técnicas basadas en modelo (*model-based filtering*):** En este enfoque, el objetivo es aprender un modelo que logre predecir los valores desconocidos de la base de datos de preferencias, en base a las valoraciones ya conocidas. Esto suele abordarse utilizando técnicas de *machine learning* o *data mining*. De esta forma, estos modelos generan variables latentes de las cuales se derivan las valoraciones finales.

La ventaja principal de este tipo de filtros es que se logran adaptar a dominios o contextos en donde sea complicado clasificar los ítems u obtener información específica acerca de estos. Además, solucionan uno de los problemas del filtro basado en contenido al poder entregar recomendaciones que posean mayor diversidad y que exploren de manera más libre los posibles gustos de los usuarios. Por otro lado, este tipo de filtros introducen nuevas problemáticas en los sistemas recomendadores. El más relevante de estos es el de la "información faltante", el cual se refiere a las situaciones en las que se posea poca o nula información respecto a algunos usuarios y/o ítems dentro del sistema. Un ejemplo de esto es el problema del *cold-start*, en donde es imposible realizar recomendaciones a usuarios nuevos que ingresen al sistema, como también recomendar ítems nuevos a los usuarios ya existentes, pues no se poseen valoraciones al no existir interacciones entre estos dos objetos en el pasado.

- **Filtrado híbrido (*hybrid filtering*):** Esta técnica de filtrado implica la utilización simultánea de diferentes técnicas de recomendación con tal de optimizar las recomendaciones y hacer que el sistema sea más robusto, aprovechando así las ventajas y mitigando las desventajas de cada uno. Un caso de uso de esta técnica sería utilizar filtrado colaborativo como técnica principal en un sistema, teniendo como alternativa un filtro basado en contenidos para mitigar el problema del *cold-start*; de esta forma, se aprovechan las ventajas de cada filtro para generar recomendaciones según lo que sea necesario en cada situación.

2.2.3. Sistemas recomendadores en el ámbito académico

A continuación, se revisan aplicaciones de sistemas recomendadores en contextos académicos, lo que resulta relevante en la construcción del sistema recomendador dentro del próximo capítulo.

2.2.3.1. Sistema recomendador de asignaturas electivas

En la tesis de grado [Torres y Ulloa, 2013], se presenta la problemática que reside en la dificultad de parte de los estudiantes de la carrera de "Ingeniería Civil en Informática" de la "Universidad del Bío-Bío" en escoger asignaturas electivas, esto debido a que no cuentan con la información necesaria para poder tomar buenas decisiones respecto a estas elecciones. Debido a esto, la tesis toma como objetivo general el desarrollar un *software* que permita recomendar asignaturas electivas a estos alumnos, aplicando algoritmos de recomendación que consideren el rendimiento académico y las preferencias de cada estudiante.

Los algoritmos de recomendación desarrollados en este trabajo se condensan en dos filtros de recomendación, ambos basadas en contenido. El primer filtro desarrollado es la "recomendación basada en preferencias", en el cual el estudiante debe responder una lista de afirmaciones con la escala de Likert (cinco opciones, desde "Muy en desacuerdo" a "Muy de

acuerdo"). De esta forma, cada afirmación se relaciona con cada asignatura electiva a través de un multiplicador, afectando positiva, negativamente o no afectándolo. Con esto, se calcula un "valor de recomendación" para cada electivo, utilizando la siguiente fórmula:

$$Valor\ de\ recomendacion_{1j} = \sum_{i=1}^{n} A_i \cdot M_{ji} \tag{2}$$

En donde:

- j corresponde al j-ésimo electivo a evaluar.
- n corresponde al número total de afirmaciones.
- A_i corresponde al valor de aceptación del alumno en la afirmación i.
- M_{ji} corresponde al multiplicador correspondiente a la afirmación i respecto al electivo j.

De esta forma, el valor obtenido representa la aceptación que se espera del alumno hacia cada electivo, representándolo como porcentaje en el sistema final para mayor entendimiento por parte del alumno.

Por otro lado, el segundo filtro desarrollado es la "recomendación basada en calificaciones", en el que, en base a las calificaciones del estudiante, se calcula otro "valor de recomendación" para cada electivo, utilizando la siguiente fórmula:

$$Valor\ de\ recomendacion_{2j} = \sum_{i=1}^{n} P_{ji} \left(\frac{A_{ji} + T_i}{2} \right) \tag{3}$$

En donde:

- j corresponde al j-ésimo electivo a evaluar.
- n corresponde al número total de especialidades dentro de la carrera.
- P_{ji} corresponde al porcentaje de pertenencia de la especialidad i en el electivo j.
- A_{ji} corresponde al promedio de las asignaturas de la especialidad i, requeridas en el electivo j.
- T_i corresponde al promedio de todas las asignaturas de la especialidad i.

De esta forma, el valor obtenido es equivalente a una calificación, la cual implicará mayor probabilidad de éxito por parte del estudiante en el electivo mientras mayor sea esta nota.

2.2.3.2. Sistema recomendador de asignaturas de un plan de estudio académico

En la memoria de título [Sandoval, 2022], se presenta la problemática que reside en la elección de asignaturas electivas por parte de los estudiantes de la "Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas" de la "Universidad de Chile", esto debido a que no poseen la claridad y seguridad suficiente al momento de inscribirlas y tomar estas decisiones asociadas a la especialización de su carrera. Debido a esto, la memoria toma como objetivo general desarrollar una herramienta que logre orientar en la toma de decisiones asociadas a la inscripción de asignaturas, a través de una interfaz web, conformación de perfiles de los estudiantes y un sistema recomendador.

El sistema recomendador implementado en este trabajo tiene como objetivo establecer un perfil a cada estudiante a partir de sus ramos cursados, con el fin de hallar similitudes entre estos e identificar aquellas asignaturas que los estudiantes no han cursado y que pudieran ser de su interés. De esta forma, se implementa un filtro colaborativo basado en el usuario, utilizando la información de los estudiantes, como el historial de asignaturas cursadas y sus calificaciones, con el fin de construir estos perfiles.

A continuación, se describe el *pipeline* utilizado para implementar el sistema recomendador dentro de este trabajo:

1. En primer lugar, se conforma un *dataset* con el historial de notas de todos los estudiantes de la facultad, incluyendo también los identificadores de los estudiantes y el de las asignaturas. En la Tabla 1 se encuentra un extracto de este *dataset*.

ID Estudiante	ID Asignatura	Nombre Asignatura	Nota
19585621	CC1000	Herramientas Computacionales para Ingeniería y Ciencias	6,2
19585621	CC3002	Metodologías de Diseño y Programación	6,0
⋮	⋮	⋮	⋮
2596348	CC1000	Herramientas Computacionales para Ingeniería y Ciencias	6,2
2596348	CC3001	Algoritmos y Estructuras de Datos	5,8
⋮	⋮	⋮	⋮
3651987	CC3002	Metodologías de Diseño y Programación	5,0
3651987	CC5002	Desarrollo de Aplicaciones Web	5,5

Tabla 1: Extracto del *dataset* de historial de cursos de estudiantes junto a sus calificaciones. Fuente: [Sandoval, 2022].

2. Con el *dataset* anterior, se crea una matriz que relaciona a los estudiantes con las notas en cada una de las asignaturas disponibles. Esto último da como resultado una matriz de notas, con posibilidad de contener valores nulos (asignaturas que los estudiantes aún no hayan cursado). Un ejemplo de esta matriz se encuentra en la Tabla 2.

	CC1000	**CC3001**	**CC3002**	**CC5002**	**CC5325**
19585621	6,2	5,8	6,0	6,9	
2596348	6,2	5,8	6,0	6,3	6,1
3651987	6,2	4,7	5,0	5,5	

Tabla 2: Matriz de notas asociada a la Tabla 1
Fuente: [Sandoval, 2022].

3. Con la matriz de notas conformada, el último paso consiste en obtener los valores aproximados para todas las celdas vacías de la matriz. Para esto, se calcula para cada asignatura sin cursar de cada estudiante, el promedio ponderado de las desviaciones de notas de dicha asignatura de los demás estudiantes que sí la hayan cursado, a través de la siguiente fórmula:

$$r_{up} = \overline{r}_u + \frac{\sum_{i \in estudiante} sim(u,i) \cdot r'_{ip}}{\sum_{i \in estudiante} |sim(u,i)|} \tag{4}$$

En donde:

- $\overline{r}_u$ corresponde al promedio de notas del estudiante u, considerando las asignaturas que tiene en común con los demás estudiantes presentes en el cálculo.
- r'_{ip} corresponde a la desviación de nota de la asignatura p del estudiante i (r_{ip}), con respecto a su promedio de notas $\overline{r}_i$:

$$r'_{ip} = r_{ip} - \overline{r}_i \tag{5}$$

- $sim(u,i)$ corresponde al factor de similitud entre los estudiantes u y i. Como medida de similitud, en este trabajo se utiliza la **similitud coseno**. Esta es utilizada frecuentemente para comparar usuarios o ítems en sistemas recomendadores en base a sus valoraciones o cualidades. El objetivo es calcular la semejanza entre dos vectores de términos, considerando el ángulo que exista entre estos dos. De esta forma, mientras menor sea el ángulo, más cercano serán los vectores y, por consiguiente, más alto será el valor de la similitud [Isinkaye *et al.*, 2015]. En este caso en concreto, esta medida se representa con la siguiente fórmula:

$$Sim(a,b) = \frac{\sum_p r'_{ap} \cdot r'_{bp}}{\sqrt{\sum_p (r'_{ap})^2}\sqrt{\sum_p (r'_{bp})^2}} \tag{6}$$

En base al *pipeline* anterior, se logra predecir las notas de los estudiantes en base a las de otros alumnos con rendimiento similar. Con estas, se recomendará a los estudiantes las asignaturas que coincidan con las notas más altas, con la esperanza de que sea en estas asignaturas en donde se obtengan los mejores resultados.

2.3. Tecnologías de Desarrollo Web

En las siguientes secciones se definen, a grandes rasgos, las tecnologías utilizadas para el diseño y desarrollo del sistema web que se presenta en el próximo capítulo.

2.3.1. Docker

Docker es una plataforma de software de código abierto, utilizado para desarrollar, desplegar y ejecutar aplicaciones, con el fin de optimizar los tiempos de desarrollo y la puesta en producción de estas mismas [Docker, 2024].

Esta tecnología funciona a través de la creación de unidades estandarizadas llamadas "contenedores", los cuales se conforman por entornos de ejecución virtuales que incluyen todo lo necesario para que una determinada aplicación se ejecute de manera correcta, independiente de la arquitectura en la que esté siendo ejecutada por debajo [AWS, 2024a].

Alguno de los casos de uso frecuentes de esta tecnología en el desarrollo de aplicaciones, según [Docker, 2024], son:

- **Entregas rápidas y consistentes del *software*:** *Docker* permite a los desarrolladores trabajar en entornos estandarizados, lo que optimiza los flujos de trabajo del tipo **CI/CD** (*continuous integration* y *continuous delivery*), puesto que se disminuyen los tiempos asociados a las pruebas del *software*, al trabajo colaborativo y al desplegaje a producción de la aplicación.
- **Desplegaje y escalado eficaz:** Debido a la naturaleza portable de *Docker*, los procesos relacionados al manejo de recurso de los contenedores y las migraciones a otras máquinas o entornos se ven facilitadas en gran medida.
- **Optimización en el uso del *hardware***: A comparación de otras herramientas que utilizan entornos virtuales, *Docker* se encuentra optimizado para ser rápido y eficiente, por lo que suele ser un caso de uso perfecto para aplicaciones que tengan a su disposición pocos recursos dentro del entorno en el que se ejecutarán.

2.3.2. NextJS

NextJS consiste en un *framework* de *Javascript*, de código abierto, utilizado principalmente para desarrollar aplicaciones web modernas y de alto rendimiento [Aplyca, 2022]. Este fue creado en base al *framework* "*React*", con el propósito de crear aplicaciones web de alta calidad, con funcionalidades más flexibles y optimizadas, pero manteniendo el uso de los componentes *React* [NextJS, 2024]. Entre estas nuevas funcionalidades que *NextJS* implementa frente a *React*, se pueden destacar las siguientes [Toptal y Ali, 2024]:

- *NextJS* optimiza los tiempos de desarrollo al incluir características que facilitan los procesos relacionados a este.
- *NextJS* simplifica la configuración de un *router* para la navegación entre páginas dentro de una misma aplicación, ofreciendo su implementación de manera nativa. Esto resulta en una gran diferencia frente a *React*, pues en este último se debe implementar una solución adicional para incluir este tipo de funcionalidad en la aplicación.
- *NextJS* ofrece *Server-Side Rendering* (SSR) para la renderización de sus componentes de manera nativa y directa, a diferencia de *React*, el cual, de manera nativa, solo ofrece *Client-Side Rendering* (CSR). La principal ventaja de SSR sobre CSR es que la renderización de las páginas de la aplicación se realiza del lado del servidor y no del cliente, lo que, generalmente, mejora el rendimiento de las aplicaciones en cuanto a tiempos de carga y experiencia de usuario. De igual manera, *NextJS* ofrece la flexibilidad de utilizar CSR en vez de SSR si es que llegase a ser necesario, como lo puede ser en páginas que ofrecen alta interactividad al usuario o en las que se necesite un menor tiempo en la carga inicial de estas.

2.3.3. NestJS

NestJS es un *framework* de *NodeJS* (entorno de ejecución de *Javascript* para desarrollar aplicaciones web y de servidor [NodeJS, 2024]), utilizado para desarrollar aplicaciones del lado del servidor y *APIs Rest* [NestJS, 2024].

La principal ventaja de utilizar *NestJS* frente a *NodeJS* por si solo se debe a la arquitectura de desarrollo que provee el primero, permitiendo desarrollar aplicaciones más mantenibles, escalables y más fáciles de probar, siguiendo así mejores prácticas de desarrollo y mejorando en gran medida los procesos de desarrollo y mantención del *software* [NestJS, 2024].

La arquitectura de *NestJS* se basa en tres grandes componentes [Medium y Culture, 2021], descritos a continuación:

- ***Controllers***: Se encargan de recibir las peticiones realizadas hacia el servidor, para luego enviar las respuestas al cliente.
- ***Providers***: Corresponden a componentes que se conectan entre sí con tal de interconectar funcionalidades y modularizar la aplicación. El componente más relevante dentro de estos *providers* es el *service*, los cuales incluyen toda la lógica de negocio presente en la aplicación.
- **Data Access Layer**: Corresponde a la capa que se encarga de las conexiones con bases de datos y del manejo de las consultas a estas mismas.

2.3.4. MySQL

MySQL es un *Database Management System* (*DBMS*) de código abierto, encargado de administrar bases de datos de tipo relacional [Oracle, 2024]. Hasta el mes de mayo de 2024, *MySQL* se posiciona en el segundo puesto de los DBMS más populares del mundo, esto según el *ranking* mensual publicado en [DB-Engines, 2024], lo que hace a *MySQL* una de las opciones preferidas de *DBMS* acorde a su comunidad y popularidad.

Los principales beneficios de utilizar *MySQL* son su fácilidad de uso, fiabilidad, escalabilidad y rapidez [Oracle, 2024], especialmente en las operaciones de lectura de alta frecuencia, en lo que generalmente destaca frente a sus *DMBS* competidores como *PostgreSQL* [AWS, 2024b].

CAPÍTULO 3
PROPUESTA DE SOLUCIÓN

La siguiente propuesta de solución se desarrolló con el objetivo de diseñar e implementar un sistema de orientación respecto a la especialización profesional del estudiante de la carrera ICI de la UTFSM, considerando los siguientes dos grandes componentes:

1. Un **sistema recomendador**, el cual logre recomendar líneas de especialización y asignaturas electivas según el perfil de cada estudiante. Este último se conformará considerando el rendimiento de este en sus asignaturas cursadas, sus preferencias respecto a diversos tópicos de la carrera y su semejanza con los perfiles de otros estudiantes que ya hayan utilizado el sistema.

2. Un **sistema web**, el cual permita capturar los perfiles de los estudiantes, con el fin de entregárselos al sistema recomendador. Además, estos podrán acceder de manera eficaz e intuitiva a las recomendaciones generadas y a la información disponible dentro del sistema, buscando alcanzar una experiencia de usuario óptima para el estudiante. Por otro lado, el sistema web entrega las herramientas necesarias para que un administrador designado sea capaz de modificar y adaptar el sistema completo respecto a cambios en el currículum, en los ítems de especialización, o cualquier otra información y/o parámetro que se relacione con el sistema. Además, se habilita al administrador un *dashboard* en el que pueda analizar datos relevantes derivados del uso del sistema, como las preferencias de los estudiantes y las tendencias en las recomendaciones realizadas.

El sistema desarrollado se ha denominado como "**Sistema de Orientación de Especialización Profesional (SOEP DI-UTFSM)**". A continuación, se detalla el trabajo realizado para diseñar e implementar cada uno de sus componentes.

3.1. Sistema recomendador

Para la construccción de este componente se siguió una serie de pasos generales con el fin de construir los filtros de manera adecuada y acorde al contexto en el que se está situado. En primer lugar, se enumeran los ítems a ser recomendados y los usuarios que recibirán las recomendaciones. Luego, se enumeran los filtros a considerar en el sistema, junto a su descripción y fundamento en base a la literatura y trabajos similares del estado del arte.

3.1.1. Ítems y Usuarios

Dado que el sistema busca orientar respecto a la especialización profesional del estudiante, los ítems a recomendar serán parte de los atributos que componen a esta última:

- **Líneas de especialización:** Descritas y enumeradas en la sección 2.1.2, constituyen el ítem clave a recomendar dentro del sistema, pues de su elección se derivan una cantidad filtrada de perfiles profesionales y asignaturas electivas que el estudiante pueda querer seguir o cursar.
- **Asignaturas electivas:** Descritas en la sección 2.1.1, corresponden al ítem a recomendar que entregará mayor valor al estudiante, pues servirá como indicatriz de qué asignaturas cursar para seguir una línea de especialización o alcanzar un perfil profesional en específico.

Respecto a los perfiles profesionales, estos no se consideran como ítems dentro del sistema recomendador. Esta elección nace a causa de la alta variedad de perfiles que existen dentro de la carrera, lo cuál dificultaría en gran medida la aplicación de los filtros de recomendación que se definirán y desarrollarán en la siguiente sección. De igual manera, estos sí serán incluidos dentro del sistema final, a través de la exposición de los perfiles profesionales que estén asociados a las líneas de especialización que se recomienden al estudiante, aprovechando de esta manera la asociación “uno a muchos” de las líneas de especialización respecto a los perfiles.

Por el lado de los usuarios del sistema recomendador, se tiene únicamente a los estudiantes de la carrera ICI de la UTFSM. Idealmente, estos se encuentran cursando su cuarto año (o superior) de carrera, por lo que aún no egresan, pero ya se encuentran en el ciclo de especialización del plan curricular, descrito en la sección 2.1.4. Adicional a esto, es importante destacar de que el requerimiento fundamental por parte de este usuario, respecto al uso del sistema, es el recibir recomendaciones sobre los ítems de especialización profesional previamente descritos.

Por último, se presentan los conjuntos en los que se encapsularán estos ítems y usuarios a lo largo de las definiciones de los filtros:

- S: Conjunto de todos los estudiantes s presentes en el sistema.
- L: Conjunto de todas las líneas de especialización existentes en el sistema, siendo cada línea denotada por la letra l.
- P: Conjunto de todos los perfiles profesionales existentes en el sistema, siendo cada perfil denotado por la letra p.

  - Cada perfil p se asocia con una única línea l, denotando dicha asociación con $p \rightarrow l$.

- E: Conjunto de todas las asignaturas electivas existentes en el sistema, siendo cada electivo denotado por la letra e.
  - Cada asignatura e se asocia con un número determinado de perfiles p, denotando dicha asociación con $e \rightarrow p$.
  - Por transitividad, e también se asocia con las líneas l asociadas a los perfiles p, denotando dicha asociación con $e \rightarrow p \rightarrow l \implies e \rightarrow l$.
  - Cada asignatura e posee parámetros respecto a las asignaturas prerrequisito que habilitan la inscripción de este, como también de a que área de desarrollo de la disciplina (enumeradas en la sección 2.1.2) están asociadas. Cabe destacar que estos parámetros y asociaciones dependerán de la malla curricular a la que esté inscrito el estudiante s al cual se le estén realizando las recomendaciones.

- E_k: Sub-conjunto de electivos e que estén asociados a un elemento k, el cual puede ser un perfil profesional o una línea de especialización.

$$E_k = \{e \in E \quad | \quad \exists k \in (L \cup P) : e \rightarrow k\} \tag{7}$$

3.1.2. Filtros de recomendación

En vista a los ítems a recomendar, se desarrollaron y definieron cuatro filtros de recomendación distintos. Dos de estos filtros tienen como objetivo recomendar líneas de especialización con un enfoque en contenido, mientras que los otros dos están destinados a la recomendación de asignaturas electivas desde dos enfoques distintos: uno basado en contenido y otro con enfoque colaborativo.

3.1.2.1. Filtro basado en contenido para la recomendación de líneas de especialización, en base a las preferencias del estudiante

El siguiente filtro se inspira fuertemente en la recomendación basada en preferencias de [Torres y Ulloa, 2013], descrita en la sección 2.2.3.1. Este consiste en la recomendación del conjunto de líneas de especialización L, según una serie de preferencias entregadas explícitamente por parte del estudiante.

El objetivo de este filtro es entregar un valor de recomendación para cada una de las líneas de especialización. De estos valores obtenidos se espera que, mientras mayor sean, más afinidad debiera poseer el estudiante hacia la línea respectiva, lo cual implicaría al mismo tiempo una mayor probabilidad de aceptación por parte de este.

Para capturar las preferencias del estudiante, se opta por la creación de una **encuesta de preferencias**, la cual consiste en un conjunto de afirmaciones asociadas a las distintas características presentes en las líneas de especialización y sus perfiles profesionales asociados. Cada afirmación se podrá responder con opciones en la escala de Likert, con cada opción otorgando un valor entero, negativo o positivo, a cada afirmación. Las opciones y valores de cada afirmación son los siguientes:

- "Muy en desacuerdo", con valor -2.
- "En desacuerdo", con valor -1.
- "Indiferente", con valor 0.
- "De acuerdo", con valor 1.
- "Muy de acuerdo", con valor 2.

A su vez, cada afirmación se relaciona con cada una de las líneas $l \in L$, esto a través de un peso que actúa como multiplicador, el cual nulifica o afecta positiva o negativamente al valor de la afirmación respectiva. Los pesos y sus valores son los siguientes:

- La afirmación afecta positivamente, con multiplicador 1.
- La afirmación afecta negativamente, con multiplicador -1.
- La afirmación no afecta al electivo, con multiplicador 0.

La encuesta de preferencias utilizada en el sistema final se puede encontrar en la Tabla 10 del Anexo. Esta fue construida a partir del análisis de las competencias y actividades asociadas a cada línea de especialización y a sus perfiles profesionales asociados, formulando así 15 afirmaciones en total. Estas competencias y actividades se obtuvieron en su gran mayoría del *framework* desarrollado por *SFIA* (descrito en la sección 2.1.3), asociando cada perfil profesional presente en el sistema a una o más habilidades descritas en el marco.

Con los parámetros obtenidos de la encuesta de preferencias, se presenta la fórmula LR_{sl}, la cual permite obtener los valores de recomendación para todo el conjunto de líneas de especialización $l \in L$, según las preferencias de un estudiante s cualquiera:

$$LR_{sl} = \sum_{a=1}^{n} A_{sa} \cdot M_{al} \tag{8}$$

En donde:

- n corresponde al número total de afirmaciones presentes en la encuesta.
- A_{sa} corresponde al valor de la opción escogida por el estudiante s en la afirmación a-ésima.
- M_{al} corresponde al multiplicador de la afirmación a respecto a la línea de especialización l.

Finalmente, se ordenan de mayor a menor las líneas del conjunto L según el valor de recomendación obtenido para cada una, obteniendo así una lista ordenada de recomendación de líneas de especialización para el estudiante s, según sus preferencias.

A continuación, se presenta un ejemplo del cálculo de LR_{sl} del estudiante s_i para todas las líneas l:

1. El estudiante s_i responde la encuesta de preferencias, ingresando en las 15 afirmaciones los valores $\{0, -1, 1, 2, 2, 1, -2, 1, -2, -2, 0, 1, 0, 2, 1\}$.
2. Considerando los pesos que relacionan cada afirmación a con cada línea l, se utiliza la fórmula $LR_{s_i l}$, en donde se obtienen los siguientes valores de recomendación:
   - Línea l_1 "Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos":

$$\begin{aligned} LR_{s_i l_1} &= \sum_{a=1}^{15} A_{s_i a} \cdot M_{al_1} \\ &= 0 \cdot 0 + -1 \cdot -1 + 1 \cdot -1 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot -1 \\ &+ 1 \cdot -1 + -2 \cdot -1 + 1 \cdot 1 + -2 \cdot 0 + -2 \cdot 1 \\ &+ 0 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 0 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot -1 \\ &= 2 \end{aligned}$$

   - Línea l_2 "Computación Aplicada":

$$\begin{aligned} LR_{s_i l_2} &= \sum_{a=1}^{15} A_{s_i a} \cdot M_{al_2} \\ &= 0 \cdot 1 + -1 \cdot -1 + 1 \cdot -1 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot -1 \\ &+ 1 \cdot 0 + -2 \cdot -1 + 1 \cdot -1 + -2 \cdot 0 + -2 \cdot 0 \\ &+ 0 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 0 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot -1 \\ &= 3 \end{aligned}$$

- Línea l_3 "Software":

$$\begin{aligned}
LR_{s_i l_3} &= \sum_{a=1}^{15} A_{s_i a} \cdot M_{al_3} \\
&= 0 \cdot 0 + -1 \cdot 1 + 1 \cdot 0 + 2 \cdot 1 + 2 \cdot 1 \\
&+ 1 \cdot 0 + -2 \cdot 0 + 1 \cdot -1 + -2 \cdot 0 + -2 \cdot 1 \\
&+ 0 \cdot -1 + 1 \cdot -1 + 0 \cdot -1 + 2 \cdot 1 + 1 \cdot 1 \\
&= 2
\end{aligned}$$

- Línea l_4 "Ciberseguridad":

$$\begin{aligned}
LR_{s_i l_4} &= \sum_{a=1}^{15} A_{s_i a} \cdot M_{al_4} \\
&= 0 \cdot 0 + -1 \cdot -1 + 1 \cdot 1 + 2 \cdot 0 + 2 \cdot 1 \\
&+ 1 \cdot 1 + -2 \cdot -1 + 1 \cdot -1 + -2 \cdot 0 + -2 \cdot 0 \\
&+ 0 \cdot -1 + 1 \cdot -1 + 0 \cdot -1 + 2 \cdot 0 + 1 \cdot 1 \\
&= 6
\end{aligned}$$

- Línea l_5 "Infraestructura Tecnológica":

$$\begin{aligned}
LR_{s_i l_5} &= \sum_{a=1}^{15} A_{s_i a} \cdot M_{al_5} \\
&= 0 \cdot 0 + -1 \cdot -1 + 1 \cdot 1 + 2 \cdot 0 + 2 \cdot 0 \\
&+ 1 \cdot 1 + -2 \cdot -1 + 1 \cdot -1 + -2 \cdot 0 + -2 \cdot 0 \\
&+ 0 \cdot -1 + 1 \cdot -1 + 0 \cdot -1 + 2 \cdot 0 + 1 \cdot 1 \\
&= 4
\end{aligned}$$

- Línea l_6 "Transformación y Emprendimiento Digital":

$$\begin{aligned}
LR_{s_i l_6} &= \sum_{a=1}^{15} A_{s_i a} \cdot M_{al_6} \\
&= 0 \cdot 0 + -1 \cdot -1 + 1 \cdot -1 + 2 \cdot -1 + 2 \cdot -1 \\
&+ 1 \cdot -1 + -2 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + -2 \cdot 1 + -2 \cdot 1 \\
&+ 0 \cdot -1 + 1 \cdot 1 + 0 \cdot 0 + 2 \cdot -1 + 1 \cdot -1 \\
&= -12
\end{aligned}$$

3. Por último, se ordenan de mayor a menor las líneas l según los valores de recomendación obtenidos, resultando en la lista de recomendación de líneas de especialización $\{l_4, l_5, l_2, l_1, l_3, l_6\}$, siendo l_4 ("Ciberseguridad") la línea más recomendada para el estudiante s_i, según sus preferencias.

3.1.2.2. Filtro basado en contenido para la recomendación de asignaturas electivas

El siguiente filtro se fundamenta en la recomendación basada en calificaciones de [Torres y Ulloa, 2013], descrita en la sección 2.2.3.1, ajustando las fórmulas y parámetros al contexto de la carrera ICI de la UTFSM. Este consiste en la recomendación de un sub-conjunto de asignaturas electivas E_k, según una línea de especialización o un perfil profesional k, con base en las calificaciones de las asignaturas que tengan relación con dicha línea o perfil.

El objetivo de este filtro es entregar un puntaje o nota para cada asignatura electiva. De estos valores obtenidos se espera que, mientras mayor sean, mejor rendimiento debiese alcanzar el estudiante en dicho electivo, lo cual implicaría al mismo tiempo una mayor probabilidad de aceptación por parte de este.

Para calcular el puntaje de las asignaturas electivas a recomendar, se presenta en primer lugar la fórmula EG_{se}, la cuál permite obtener una "esperanza de nota" para todo el conjunto de asignaturas electivas $e \in E$, según las calificaciones de un estudiante s cualquiera:

$$EG_{se} = \frac{A_{es} + R_{es}}{2} \tag{9}$$

En donde:

- A_{es} corresponde al promedio de notas por área de desarrollo de la disciplina asociado al electivo e, según las notas del estudiante s. Acá se presentan las siguientes consideraciones:
  - Se promedian solo las asignaturas que haya aprobado el estudiante, incluyendo tanto las asignaturas del plan común como las electivas.
  - Para los casos en que el estudiante haya cursado más de una vez alguna asignatura (por reprobación de esta), se considera como nota única el promedio de todas estas calificaciones finales.
- R_{es} corresponde a la media geométrica de notas de las asignaturas prerrequisito del electivo e, según las notas del estudiante s. Si es que este no ha aprobado alguna de estas asignaturas, dicha asignatura se considera con nota 0.

En R_{es}, se utiliza la media geométrica con el fin de llevar a cero el valor si es que aún no se ha aprobado alguna asignatura prerrequisito de dicho electivo, lo que termina afectando en

gran medida a EG_{se}. Además, usando esta cantidad se connota la importancia que implica un buen rendimiento en las asignaturas que bloquean la inscripción de cada asignatura electiva.

Con EG_{se} ya calculado, se prosigue a calcular el puntaje final para cada electivo. Para esto, se presenta la fórmula ES_{se}^{k}, la cuál permite obtener los puntajes para un sub-conjunto de asignaturas electivas $e \in E_k$, según una línea o perfil k y las calificaciones del estudiante s:

$$ES_{se}^{k} = \begin{cases} EG_{se} & k \in P \\ EG_{se} \cdot \sigma^{*}\left(\frac{p_{ke}}{p_k}\right) & k \in L \end{cases} \tag{10}$$

En donde:

- $k \in P$ indica que los asignaturas electivas se recomiendan en base a un perfil profesional k, por lo que se considera como puntaje final la "esperanza de nota" EG_{se} previamente obtenida.
- $k \in L$ indica que las asignaturas electivas se recomiendan en base a una línea de especialización k, por lo que se considera como puntaje final la ponderación de la "nota esperanza" EG_{se} con el factor σ^{*}.
- σ^{*} corresponde a la función sigmoide modificada, con $k = -5$. En la ecuación (11) y (12) se encuentra la función sigmoide tradicional y la modificada, respectivamente.

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-kx}} \tag{11}$$

$$\sigma^{*}(x) = \frac{1}{1 + e^{-5x}} \tag{12}$$

  El factor $k = -5$ permite modificar la pendiente de la sigmoide, con el fin de que la transición desde la linealidad hacia el comportamiento asintótico de la función ocurra en gran parte entre los valores $x \in [0, 1]$. Esto último puede visualizarse de mejor manera en la Figura 11.

- p_{ke} corresponde al número de perfiles profesionales asociados a la línea de especialización k, que al mismo tiempo estén asociados al electivo e.
- p_k corresponde al número total de perfiles profesionales asociados a la línea de especialización k.

En el caso $k \in L$ para la ecuación anterior, se pondera EG_{se} con el fin de atribuir la importancia de cada electivo según cuan asociado esté a la línea k, esto último considerando la cantidad de perfiles de dicha línea asociados a la asignatura a puntuar. Por otro lado, se utiliza la sigmoide para ponderar la "esperanza de nota" con el fin de ir minimizando el crecimiento

de la penalización a medida que la razón $\frac{p_{ke}}{p_k}$ vaya aumentando. La sigmoide modificada encaja perfectamente en este caso de uso, pues la pendiente de la función con $x \in [0, 1]$ varía entre 1 y un valor muy cercano a 0, disminuyendo la rápidez de variación a medida de que el valor de x se acerca a 1.

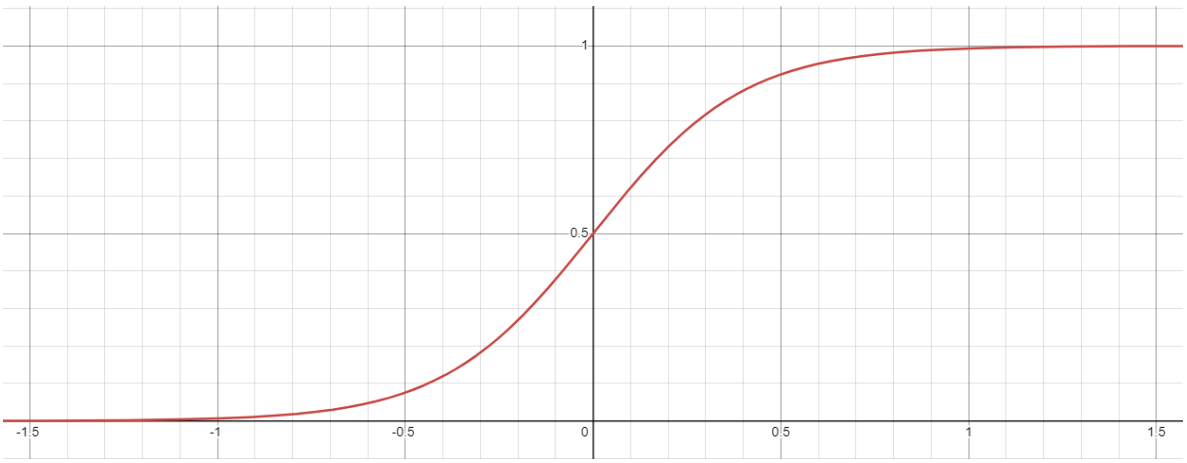

Figura 11: Gráfico con $y \in [-1{,}5, 1{,}5]$ de función sigmoide modificada σ^*.
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se ordenan de mayor a menor las asignaturas electivas del sub-conjunto E_k según el puntaje obtenida para cada una, obteniendo así una lista ordenada de recomendación de asignaturas electivas para el estudiante s, según un perfil o línea k y las calificaciones de dicho estudiante.

A continuación, se presenta un ejemplo del cálculo de ES_{se}^k del estudiante s_i para la línea $k = l_4$ (“Ciberseguridad”):

1. El primer paso a realizar es calcular EG_{se} para todos los electivos $e \in E_k$, es decir, que estén asociados a la línea k a través de sus perfiles. Para esta línea en específico se tienen los siguientes perfiles, electivos y las áreas de desarrollo asociadas a cada uno:
   - **Perfiles:** {$p_{4,1}$ (“Especialista Ciberseguridad”), $p_{4,2}$ (“Oficial Seguridad Información”)}.
   - **Electivos:** {INF-340, INF-345, INF-346, INF-356, INF-358, INF-367, INF-395, INF-396}.
   - **Áreas de desarrollo:**
     - {INF-340, INF-345, INF-346, INF-356, INF-358} pertenecen al área “Infraestructura TIC”.
     - {INF-367} pertenece al área “Sistemas de Información y de Decisión”.
     - {INF-395, INF-396} pertenecen al área “Computación en Ciencias e Ingeniería”.

Por el lado del estudiante s_i, se tienen los siguientes parámetros:

- **Conjunto de promedio de notas por área de desarrollo:** 82 ("Infraestructura TIC"), 91 ("Sistemas de Información y de Decisión"), 67 ("Computación en Ciencias e Ingeniería")}.
- **Conjunto de media geométrica de notas de los prerrequisito de cada electivo a evaluar:** {80 (INF-340), 80 (INF-345), 91 (INF-346), 72 (INF-356), 80 (INF-358), 98 (INF-367), 67 (INF-395), 67 (INF-396)}.

Ya con esto, se puede calcular EG_{se} para cada electivo e ya mencionado:

- Electivo e_1 "INF-340": $EG_{s_ie_1} = \frac{A_{e_1s_i}+R_{e_1s_i}}{2} = \frac{82+80}{2} = 81$
- Electivo e_2 "INF-345": $EG_{s_ie_2} = \frac{A_{e_2s_i}+R_{e_2s_i}}{2} = \frac{82+80}{2} = 81$
- Electivo e_3 "INF-346": $EG_{s_ie_3} = \frac{A_{e_3s_i}+R_{e_3s_i}}{2} = \frac{82+91}{2} = 86{,}5$
- Electivo e_4 "INF-356": $EG_{s_ie_4} = \frac{A_{e_4s_i}+R_{e_4s_i}}{2} = \frac{82+72}{2} = 77$
- Electivo e_5"INF-358": $EG_{s_ie_5} = \frac{A_{e_5s_i}+R_{e_5s_i}}{2} = \frac{82+80}{2} = 81$
- Electivo e_6"INF-367": $EG_{s_ie_6} = \frac{A_{e_6s_i}+R_{e_6s_i}}{2} = \frac{91+98}{2} = 94{,}5$
- Electivo e_7"INF-395": $EG_{s_ie_7} = \frac{A_{e_7s_i}+R_{e_7s_i}}{2} = \frac{67+67}{2} = 67$
- Electivo e_8"INF-396": $EG_{s_ie_8} = \frac{A_{e_8s_i}+R_{e_8s_i}}{2} = \frac{67+67}{2} = 67$

2. Con los valores anteriores ya calculados, el siguiente paso es obtener el puntaje ES^k_{se} para cada electivo e previamente mencionado. Como en este caso k corresponde a una línea de especialización, se utilizará la segunda parte de la ecuación 10:

- Electivo e_1 "INF-340": $ES^{l_4}_{s_ie_1} = EG_{s_ie_1} \cdot \sigma^* \left(\frac{p_{l_4e_1}}{p_{l_4}}\right) = 81 \cdot \sigma^* \left(\frac{1}{2}\right) \approx 74{,}86$
- Electivo e_2 "INF-345": $ES^{l_4}_{s_ie_2} = EG_{s_ie_2} \cdot \sigma^* \left(\frac{p_{l_4e_2}}{p_{l_4}}\right) = 81 \cdot \sigma^* \left(\frac{2}{2}\right) \approx 80{,}46$
- Electivo e_3 "INF-346": $ES^{l_4}_{s_ie_3} = EG_{s_ie_3} \cdot \sigma^* \left(\frac{p_{l_4e_3}}{p_{l_4}}\right) = 86{,}5 \cdot \sigma^* \left(\frac{2}{2}\right) \approx 85{,}92$
- Electivo e_4 "INF-356": $ES^{l_4}_{s_ie_4} = EG_{s_ie_4} \cdot \sigma^* \left(\frac{p_{l_4e_4}}{p_{l_4}}\right) = 77 \cdot \sigma^* \left(\frac{1}{2}\right) \approx 71{,}16$
- Electivo e_5"INF-358": $ES^{l_4}_{s_ie_5} = EG_{s_ie_5} \cdot \sigma^* \left(\frac{p_{l_4e_5}}{p_{l_4}}\right) = 81 \cdot \sigma^* \left(\frac{2}{2}\right) \approx 80{,}46$
- Electivo e_6"INF-367": $ES^{l_4}_{s_ie_6} = EG_{s_ie_6} \cdot \sigma^* \left(\frac{p_{l_4e_6}}{p_{l_4}}\right) = 94{,}5 \cdot \sigma^* \left(\frac{2}{2}\right) \approx 93{,}87$
- Electivo e_7"INF-395": $ES^{l_4}_{s_ie_7} = EG_{s_ie_7} \cdot \sigma^* \left(\frac{p_{l_4e_7}}{p_{l_4}}\right) = 67 \cdot \sigma^* \left(\frac{1}{2}\right) \approx 61{,}92$
- Electivo e_8"INF-396": $ES^{l_4}_{s_ie_8} = EG_{s_ie_8} \cdot \sigma^* \left(\frac{p_{l_4e_8}}{p_{l_4}}\right) = 67 \cdot \sigma^* \left(\frac{1}{2}\right) \approx 61{,}92$

3. Por último, se ordenan de mayor a menor los electivos e según los puntajes obtenidos, resultando en la lista de recomendación de asignaturas electivas {INF-367, INF-346, INF-345, INF-358, INF-340, INF-356, INF-395, INF-396}, según las calificaciones del estudiante s_i y la línea de especialización l_4.

3.1.2.3. Filtro basado en contenido para la recomendación de líneas de especialización, en base a las calificaciones del estudiante

El siguiente filtro consiste en la recomendación del conjunto de líneas de especialización L, según los puntajes obtenidos en las asignaturas electivas asociadas a dicha línea. Esto nace del siguiente supuesto: "*La recomendación de asignaturas electivas por calificaciones puede extenderse a las líneas de especialización, siempre y cuando se considere que el promedio de las notas de las asignaturas electivas asociadas a una línea cualquiera puede representar de manera aproximada el rendimiento esperado por parte del estudiante al seguir dicha línea*". Este supuesto se sustenta en la fuerte relación que existe entre las líneas de especialización y sus asignaturas electivas asociadas, tanto en los contenidos académicos de cada una, como en los perfiles profesionales asociados entre sí.

El objetivo de este filtro es entregar un puntaje o nota para cada línea de especialización. De estos valores obtenidos se espera que, mientras mayor sean, mejor rendimiento debiese alcanzar el estudiante al seguir dicha línea, lo cual implicaría al mismo tiempo una mayor probabilidad de aceptación por parte de este.

Para calcular el puntaje de las líneas de especialización a recomendar, se presenta la fórmula LS_{sl}, la cual permite obtener un puntaje para todo el conjunto de líneas de especialización $l \in L$, según los puntajes del estudiante s en los diversos electivos implicados:

$$LS_{sl} = \frac{1}{n_l} \sum_{e=1}^{n_l} ES_{se}^{l} \tag{13}$$

En donde:

- ES_{se}^{l} corresponde al puntaje del electivo e, según el estudiante s y la línea de especialización l (valor final obtenido en el filtro de la sección 3.1.2.2).
- n_l corresponde al número total de asignaturas electivas asociadas a la línea de especialización l, utilizando la relación transitiva entre líneas, perfiles y asignaturas ($l \rightarrow p \rightarrow e$).

Finalmente, se ordenan de mayor a menor las líneas del conjunto L según el puntaje obtenido para cada una, obteniendo así una lista ordenada de recomendación de líneas de especialización para el estudiante s, según sus calificaciones.

A continuación, se presenta un ejemplo del cálculo de LS_{sl} del estudiante s_i:

1. Considerando los puntajes $ES_{s_i e}^{l_4}$ obtenidos en el ejemplo de la sección anterior, se

calculará en primer lugar el puntaje de la línea l_4:

$$\begin{aligned} LS_{s_i l_4} &= \frac{1}{n_{l_4}} \sum_{e=1}^{n_{l_4}} ES_{s_i e}^{l_4} \\ &= \frac{1}{8}(74{,}86 + 80{,}46 + 85{,}92 + 71{,}16 + 80{,}46 + 93{,}87 + 61{,}91 + 61{,}92) \\ &\approx 76{,}32 \end{aligned}$$

2. El paso anterior se debe repetir con todas las líneas l faltantes. A modo de resumen, los puntajes $LS_{s_i l}$ para todas las líneas son $\{55{,}23; 60{,}21; 78{,}91; 76{,}32; 75{,}12; 90{,}12\}$.

3. Por último, se ordenan de mayor a menor las líneas l según los puntajes obtenidos, resultando en la lista de recomendación de líneas de especialización $\{l_6, l_3, l_4, l_5, l_2, l_1\}$, siendo l_6 ("Transformación y Emprendimiento Digital") la línea más recomendada para el estudiante s_i, según sus calificaciones.

3.1.2.4. Filtro colaborativo para la recomendación de asignaturas electivas

El siguiente filtro se inspira en el filtro colaborativo implementado en [Sandoval, 2022], descrito en la sección 2.2.3.2. A su vez, este nace del siguiente supuesto: "Se espera que a los estudiantes les agrade las mismas asiganturas electivas que otros estudiantes con perfiles similares al suyo hayan cursado y recomendado". Considerando esto, el filtro consiste en la recomendación de un sub-conjunto de asignaturas electivas E_k, según una línea de especialización o un perfil profesional k, con base en la recomendación entre estudiantes con perfiles similares.

El objetivo de este filtro es entregar un valor de recomendación para cada asignatura electiva. De estos valores obtenidos se espera que, mientras mayor sean, mayor satisfacción debiese experimentar el estudiante al cursar la asignatura en un futuro.

En primer lugar, para capturar las recomendaciones de cada estudiante, se opta por la creación de una **encuesta de recomendaciones**, la cual se genera en base a las asignaturas electivas que haya cursado dicho estudiante en el pasado. De esta forma, el estudiante asignará un valor de recomendación a cada uno estos electivos. Las opciones de recomendación, con sus respectivos valores, serán:

- "No la recomiendo", con valor -1.
- "No tengo una opinión clara", con valor 0.
- "La recomiendo", con valor 1.

Ya con las recomendaciones capturadas, se continúa con la construcción de una **matriz de preferencias** entre los estudiantes y las asignaturas electivas. Un ejemplo de instancia de esta matriz se puede encontrar en la Tabla 3. En esta, se ordenan en las filas los n estudiantes que han ingresado al sistema, mientras que en las columnas se ordenan las m asignaturas electivas registradas en este mismo. Por otro lado, la intersección de estos dos ítems representa el valor de recomendación otorgado por el estudiante s a la asignatura electiva e a través de la encuesta previamente descrita. Por último, los espacios en blanco dentro de las intersecciones implican de que dicho estudiante aún no ha cursado la asignatura electiva respectiva.

	e_1	e_2	e_3	...	e_m
s_1	1			...	-1
s_2	-1	1	0	...	
s_3	0		0	...	-1
...	...	...	...	...	...
s_n	1			...	-1

Tabla 3: Ejemplo de instancia para la matriz de preferencias entre los estudiantes y las asignaturas electivas del sistema.
Fuente: Elaboración Propia.

El objetivo de este filtro es completar lo más posible la matriz de preferencias, esto en base a la línea de especialización o perfil profesional k y a las similitudes que existan entre los distintos estudiantes s_i. De esta manera, el procedimiento será el siguiente:

- Del conjunto de asignaturas electivas $e \in E$, mantener en la tabla solamente las que estén asociadas con la línea o perfil k ($e \rightarrow k$).
- Para cada estudiante s, se obtendrá un puntaje de preferencia por cada electivo e que no haya cursado, a través de la siguiente fórmula:

$$EP_{se} = \frac{\sum_{i=1, i \neq s}^{n} w_{s,s_i} P_{ie}}{\sum_{i=1, i \neq s}^{n} w_{s,s_i}} \tag{14}$$

  En donde:

  - w_{s,s_i} corresponde al factor de similitud entre el estudiante s y el estudiante s_i.
  - P_{ie} corresponde al valor de recomendación con el que el estudiante s_i puntuó al electivo e dentro de la encuesta de recomendación. Si es que este puntaje es desconocido, el estudiante s_i se omite por completo del cálculo.

- En el caso que no existan estudiantes que hayan recomendado una asignatura electiva en específico, dicha asignatura se descartará de las recomendaciones al estudiante.

Para obtener los valores de w_{s_i,s_j} entre los estudiantes, se utilizarán las respuestas a la encuesta de preferencias descrita en la sección 3.1.2.1. Con estas, se construirá una nueva matriz de preferencias entre los estudiantes y las afirmaciones presentes en dicha encuesta. Un ejemplo de instancia de esta matriz se puede encontrar en la Tabla 4. En esta, se ordenan en las filas los n estudiantes y en las columnas las m afirmaciones. La intersección de estos dos ítems representa la opción que escogió cada estudiante en cada afirmación.

	a_1	a_2	a_3	...	a_m
s_1	1	2	2	...	-2
s_2	1	-1	0	...	-2
s_3	0	2	1	...	1
...	...	...	...	...	...
s_n	-1	2	2	...	-1

Tabla 4: Ejemplo de instancia para la matriz de preferencias entre los estudiantes y las afirmaciones de la encuesta de preferenccias.
Fuente: Elaboración Propia.

Ya con esta matriz, se calcularán los factores de similitud entre los estudiantes utilizando la similitud coseno. Con esto, se deriva la siguiente fórmula para calcular w_{s_i,s_j}:

$$w_{s_i,s_j} = \frac{\sum_{k=1}^{n} A_k^{s_i} \cdot A_k^{s_j}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{n} (A_k^{s_i})^2} \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^{n} (A_k^{s_j})^2}} \tag{15}$$

En donde:

- $s_{i/j}$ corresponde el estudiante i/j-ésimo de la matriz de preferencias.
- n corresponde al número total de afirmaciones.
- $A_k^{s_i/s_j}$ corresponde al k-ésimo componente de A^{s_i/s_j}, el cual corresponde al vector de afirmaciones del estudiante s_i/s_j.

Por último, se ordenan de mayor a menor las asignaturas electivas según los puntajes de preferencias obtenidos para cada una, obteniendo así una lista ordenada de recomendación de asignaturas electivas para el estudiante s, según las recomendaciones de otros estudiantes.

A continuación, se presenta un ejemplo de obtención de los puntajes de preferencias EP_{se} del estudiante s_i para los electivos de la línea $k = l_4$ (“Ciberseguridad”) que aún no haya cursado:

1. Se tiene a 3 estudiantes registrados y activos en el sistema (i.e. han respondido la encuesta de preferencia y la de recomendaciones). El estudiante al que se le recomen-

darán los electivos es el estudiante s_1. Con esto, se tienen la siguientes matrices de preferencias:

- **Matriz de preferencias entre estudiantes y afirmaciones:**

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}
s_1	0	-1	1	2	2	1	-2	1	-2	-2	0	1	0	2	1
s_2	-2	0	1	-1	1	0	0	-2	-1	-2	-1	2	-1	-2	2
s_3	-1	0	2	-1	2	1	-2	2	-2	2	2	-1	2	-1	2

- **Matriz de preferencias entre estudiantes y electivos:**

	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6	e_7	e_8
s_1	1	1	-1		1	1	-1	
s_2	-1	0		-1		-1	1	1
s_3	0	1	1	-1	0	1	-1	

2. Con lo anterior, se deben obtener los puntajes de preferencia faltantes de los electivos e_4 y e_8 para el estudiante s_1, pues este aún no los cursa. Para esto, en primer lugar se calcularán los factores de similitud entre los estudiantes con la fórmula w_{s_i,s_j}, con $i = 1$ y $j \in \{2, 3\}$, obteniendo los siguientes resultados:

   - Factor similitud entre los estudiantes s_1 y s_2:

$$\begin{aligned} w_{s_1,s_2} &= \frac{\sum_{k=1}^{15} A_k^{s_1} \cdot A_k^{s_2}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{15} (A_k^{s_1})^2} \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^{15} (A_k^{s_2})^2}} \\ &= \frac{5}{5{,}477 \cdot 5{,}477} \approx 0{,}166 \end{aligned}$$

   - Factor similitud entre los estudiantes s_1 y s_3:

$$\begin{aligned} w_{s_1,s_3} &= \frac{\sum_{k=1}^{15} A_k^{s_1} \cdot A_k^{s_3}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{15} (A_k^{s_1})^2} \cdot \sqrt{\sum_{k=1}^{15} (A_k^{s_3})^2}} \\ &= \frac{10}{5{,}477 \cdot 6{,}403} \approx 0{,}285 \end{aligned}$$

3. Ya con los factores de similitud calculados, se puede utilizar la ecuación EP_{se} para calcular los puntajes de preferencia de los electivos e_4 y e_8:

   - Puntaje de preferencia del electivo e_4:

$$\begin{aligned} EP_{s_1 e_4} &= \frac{\sum_{i=1, i \neq 1}^{3} w_{s_1,s_i} P_{i,e_4}}{\sum_{i=1, i \neq 1}^{3} w_{s_1,s_i}} \\ &= \frac{(0{,}166 \cdot -1) + (0{,}285 \cdot -1)}{0{,}166 + 0{,}285} = -1 \end{aligned}$$

- Puntaje de preferencia del electivo e_8:

$$\begin{aligned} EP_{s_1 e_8} &= \frac{\sum_{i=1, i\neq 1}^{3} w_{s_1,s_i} P_{i,e_8}}{\sum_{i=1, i\neq 1}^{3} w_{s_1,s_i}} \\ &= \frac{0{,}166 \cdot 1}{0{,}166} = 1 \end{aligned}$$

Se puede notar que en el cálculo del puntaje del electivo e_8 no se tomó en cuenta al estudiante s_3, pues este tampoco ha cursado dicho electivo.

4. Por último, se ordenan de mayor a menor los electivos e según los puntajes obtenidos, resultando en la lista de recomendación de asignaturas electivas $\{e_8, e_4\}$, según la línea l_4, las recomendaciones de otros estudiantes y las similitudes que existen entre s_i y estos últimos.

3.2. Sistema Web

Para la construcción de este componente se realizó un **levantamiento de requerimientos**, con el objetivo de construir un sistema web que logre cumplir los siguientes requisitos generales del sistema:

- Capturar los perfiles de los estudiantes.
- Alimentar al sistema recomendador con dichos perfiles.
- Entregar las recomendaciones a los estudiantes, junto a información adicional respecto a la orientación en su especialización profesional.
- Entregar las herramientas necesarias al administrador para editar, añadir o eliminar parámetros dentro del sistema.

Con estos requisitos en mente, se utilizó la metodología de diseño *Top-Down* para construir el sistema web. Esta metodología consiste en abordar la construcción de un sistema a través de su definicion general, para luego, a partir de esta, ir definiendo sub-sistemas más pequeños, específicos y manejables [GURU, 2024]. De esta forma, se comienza definiendo un diagrama general del sistema, para luego construir la maqueta visual de cada componente específico que lo compondrá, prosiguiendo con el levantamiento de los requerimientos funcionales para el desarrollo del sistema, y concluyendo con la arquitectura web y tecnológica del sistema final.

3.2.1. Diagrama general del sistema web

Los requisitos generales descritos en la sección anterior se condensan en el diagrama general del sistema web presente en la Figura 12. Este se conforma de dos componentes de alto nivel para cada actor presente en el sistema, el **estudiante** y el **administrador**, conteniendo cada uno un conjunto de componentes específicos que abarcan estos requisitos generales.

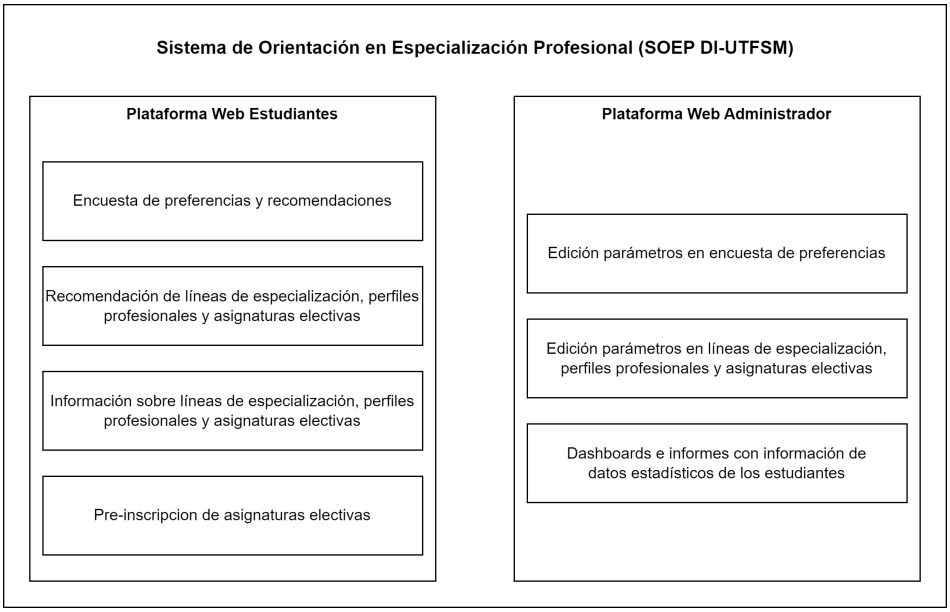

Figura 12: Diagrama general del sistema web del SOEP DI-UTFSM.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Maquetas visuales componentes específicos

En las Figuras 13 hasta la 21 se presentan las maquetas visuales o *Mock-Ups* de los componentes específicos presentes en el diagrama general.

3.2.2.1. Componente específico “Encuesta de preferencias y recomendaciones”

El objetivo de este componente es capturar los perfiles de los estudiantes, permitiendo a estos últimos responder las dos encuestas necesarias para que el sistema recomendador pueda realizar recomendaciones a través de los filtros descritos en la sección 3.1.2. En cuanto a las interfaces asociadas a este componente, en la Figura 13 se encuentra el *Mock-Up* de la interfaz asociada a la **encuesta de preferencias**, mientras que en la Figura 14 se encuentra el de la interfaz asociada a la **encuesta de recomendaciones**.

Figura 13: *Mock-Up* componente específico "Encuesta de preferencias".
Fuente: Elaboración propia.

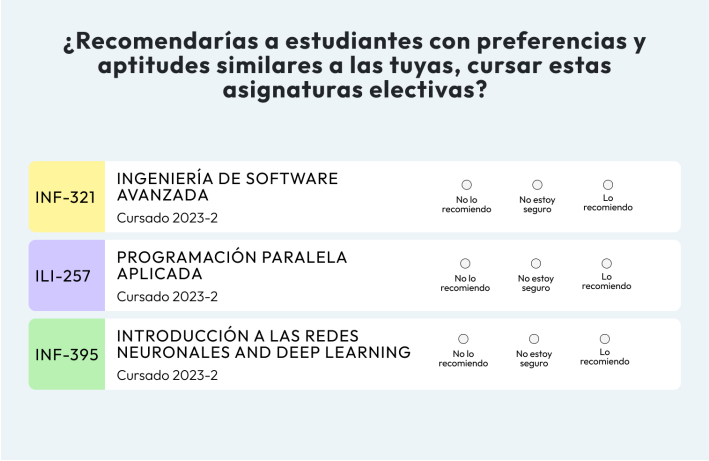

Figura 14: *Mock-Up* componente específico "Encuesta de recomendaciones".
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.2. Componente específico "Recomendación de líneas de especialización, perfiles profesionales y asignaturas electivas"

El objetivo de este componente es entregar las recomendaciones obtenidas por el sistema recomendador a los estudiantes. De esta forma, en las interfaces asociadas se expondrán los ítems recomendados, incluyendo (a grandes ragos) en qué se basa cada recomendación, información condensada de estos y botones para poder obtener más información de cada uno. Los *Mock-Up* de la interfaz asociada a la recomendación de las **líneas de especialización** puede encontrarse en la Figura 15, mientras que en la Figura 16 se encuentra el de la interfaz asociada a la recomendación de **asignaturas electivas**.

Figura 15: *Mock-Up* componente específico "Recomendación de líneas de especialización". Fuente: Elaboración propia.

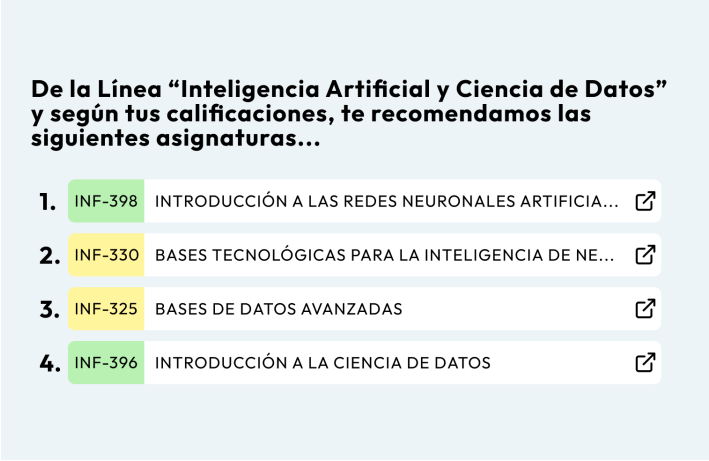

Figura 16: *Mock-Up* componente específico "Recomendación de asignaturas electivas". Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.3. Componente específico "Información sobre líneas de especialización, perfiles profesionales y asignaturas electivas"

El objetivo de este componente es proporcionar información de los ítems asociados a la **especialización profesional** de los estudiantes, incluyendo descripciones, relaciones, etiquetas (*tags*) y otros atributos relevantes. Esta información se construirá a partir de los datos ofrecidos en los programas de posgrado de la universidad, los programas de las asignaturas electivas y los perfiles profesionales definidos en el Plan de Acción 2021, complementando la información de cada perfil utilizando el *framework* facilitado por *SFIA* (ambos descritos en las secciones 2.1.3 y 2.1.4). De esta forma, los estudiantes podrán acceder a esta informa-

ción a través de una interfaz específica para cada ítem presente en el sistema. En la Figura 17 se puede encontrar el *Mock-Up* de una de las interfaces que componen este componente, específicamente, la interfaz asociada a un perfil profesional en concreto.

Figura 17: *Mock-Up* componente específico "Información sobre líneas de especialización, perfiles profesionales y asignaturas electivas".
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.4. Componente específico "Preinscripción de asignaturas electivas"

El objetivo de este componente es ofrecer la opción a los estudiantes de preinscribir **asignaturas electivas**, esto con el fin de demostrar su interés de cursar un electivo en concreto en un semestre próximo. De esta forma, este componente se relaciona directamente con el componente "Información sobre asignaturas electivas", situando un botón para preinscribir cada asignatura dentro de su interfaz de información. En la Figura 18 se puede encontrar el *Mock-Up* de la interfaz asociada a una asignatura electiva en concreto.

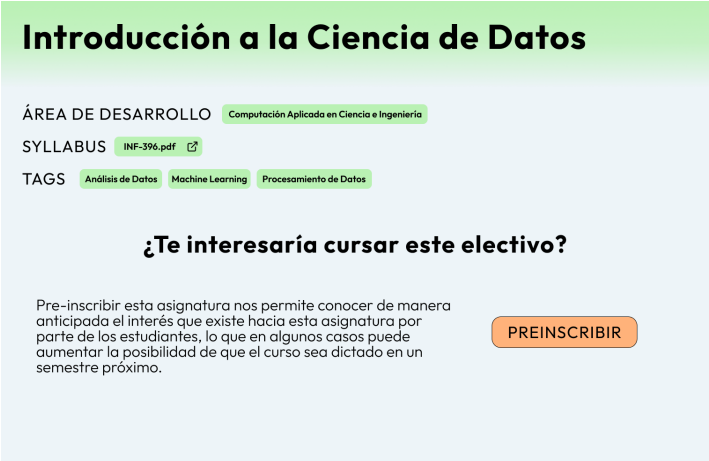

Figura 18: *Mock-Up* componente específico "Preinscripción de asignaturas electivas". Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.5. Componente específico "Edición parámetros en encuesta de preferencias"

El objetivo de este componente es ofrecer al administrador la capacidad de modificar el contenido de la **encuesta de preferencias**, pudiendo editar el enunciado, el orden y los pesos de cada afirmación, como también crear una nueva afirmación o eliminar una ya existente. En la Figura 19 se encuentra el *Mock-Up* de la interfaz asociada, enfocándose en una afirmación en concreto.

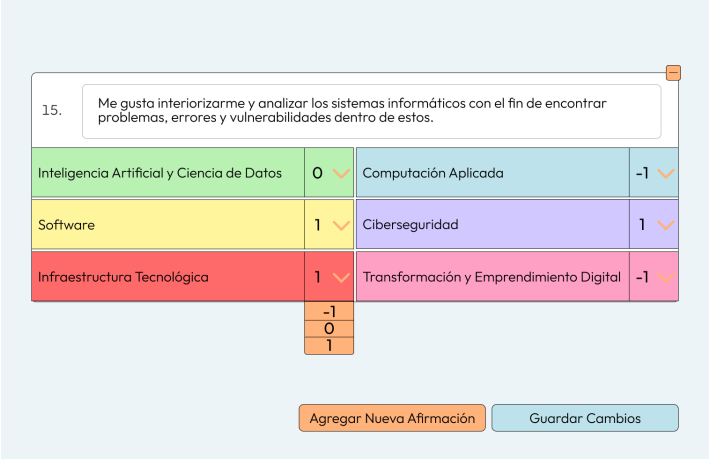

Figura 19: *Mock-Up* componente específico "Edición parámetros en encuesta de preferencias". Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.6. Componente específico "Edición parámetros en líneas de especialización, perfiles profesionales y asignaturas electivas"

El objetivo de este componente es ofrecer al administrador la capacidad de modificar los parámetros de los ítems asociados a la **especialización profesional** de los estudiantes. De esta forma, dentro de la plataforma web del administrador, se ofrecerán las opciones para crear nuevos ítems o editar y eliminar ítems existentes. El *Mock-Up* de esta interfaz puede encontrarse en la Figura 20, correspondiendo a la interfaz de edición de una línea de especialización en concreto.

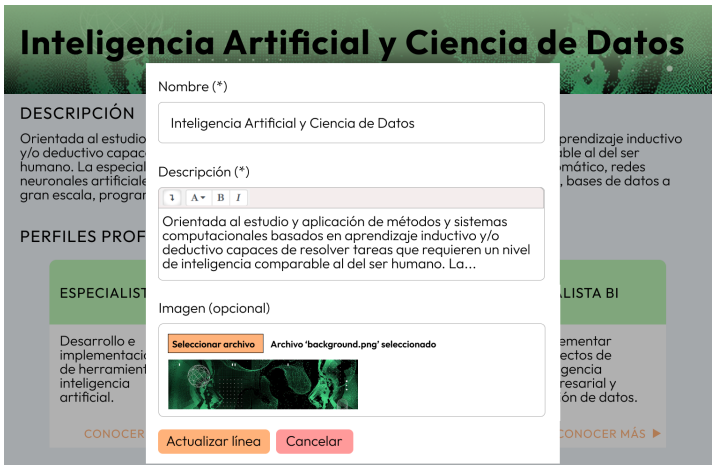

Figura 20: *Mock-Up* componente específico "Edición parámetros en líneas de especialización, perfiles profesionales y asignaturas electivas".
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2.7. Componente específico "Dashboards e informes con información de datos estadísticos de los estudiantes"

El objetivo de este componente es entregar al administrador información relevante acerca del uso del sistema y los perfiles de los estudiantes. De esta forma, la interfaz asociada se compondrá de una serie de gráficos de barras y gráficos circulares, en donde cada uno poseerá filtros para modificar el tipo de información que se esté exponiendo. Un *Mock-Up* de esta interfaz se encuentra en la Figura 21.

Figura 21: *Mock-Up* componente específico "Dashboards e informes con información de datos estadísticos de los estudiantes".
Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Requerimientos funcionales

Para el levantamiento y formulación de los requerimientos funcionales del sistema, se aplicó ingeniería de requisitos ágil a través de la formulación de diversas historias de usuarios, las cuales logran representar las funcionalidades que se espera del *software* por parte de los actores del sistema. Se escoge dicha herramienta debido a que facilita en gran medida la planificación e implementación de los requisitos, como también por su gran ayuda en incluir en primera instancia al usuario final del sistema dentro del diseño de este mismo [Manager, 2022].

Los usuarios finales o actores del sistema web, en vista a las historias de usuarios definidas, son los siguientes:

- **Estudiante:** Estudiante de ICI de la UTFSM que se encuentre cursando su cuarto año o superior de carrera, y esté interesado en obtener orientación acerca de la especialización profesional de su carrera, compuesto por cuáles electivos cursar, qué línea de especialización seguir o qué perfil profesional alcanzar.
- **Administrador:** Profesor o rol similar dentro del DI, que se encargará de administrar el sistema Web, teniendo la capacidad de editar la información relacionada a los electivos, líneas de especialización, perfiles profesionales, entre otras funcionalidades.

En la Tabla 5 se presenta un resumen con todas las historias de usuarios definidas para el desarrollo del sistema web. Luego, en las secciones siguientes, se describirá cada una de estas, junto a sus criterios de aceptación, los cuales serán útiles para descomponer cada historia en requisitos funcionales más especíicos y medibles [Manager, 2022].

ID	Título	Actor
HU01	Autenticación en el sistema	Estudiante, Administrador
HU02	Completar datos académicos	Estudiante
HU03	Encuesta de preferencias	Estudiante
HU04	Encuesta de recomendaciones	Estudiante
HU05	Recomendación de líneas de especialización	Estudiante
HU06	Recomendación de perfiles profesionales	Estudiante
HU07	Recomendación de asignaturas electivas	Estudiante
HU08	Información sobre líneas de especialización	Estudiante
HU09	Información sobre perfiles profesionales	Estudiante
HU10	Información sobre asignaturas electivas	Estudiante
HU11	Preinscripción de asignaturas electivas	Estudiante
HU12	Modificación encuesta de preferencias	Administrador
HU13	Modificación líneas de especialización	Administrador
HU14	Modificación perfiles profesionales	Administrador
HU15	Modificación asignaturas electivas	Administrador
HU16	Modificación parámetros adicionales	Administrador
HU17	Visualizar datos estadísticos	Administrador

Tabla 5: Tabla resumen de las historias de usuarios para el sistema web del SOEP DI-UTFSM. Fuente: Elaboración Propia.

3.2.3.1. [HU01] Autenticación en el sistema

Descripción: Como estudiante y administrador (usuario), necesito ingresar al sistema identificándome con mis credenciales de la universidad, para así poder tener acceso completo a este en base a mis permisos habilitados.

Criterios de aceptación:

- **CA1: Dado** que el usuario no se encuentra autenticado, **cuando** este ingrese al sitio web del sistema, **entonces** se le mostrará un botón en la parte superior de la interfaz para iniciar sesión.
- **CA2: Cuando** el usuario presione el botón para inicar sesión, **entonces** se le redireccionará al autenticador del DI de la UTFSM, en donde deberá ingresar sus credenciales para poder iniciar sesión.
- **CA3: Cuando** el usuario ingrese incorrectamente sus credenciales, **entonces** el sistema informará dicho error y se le solicitará al usuario que las ingrese nuevamente.
- **CA3: Cuando** el usuario ingrese correctamente sus credenciales, **entonces** se le redireccionará al sitio web del sistema, autenticándolo como administrador si es que su

correo está habilitado para ello en la base de datos del sistema o, en su defecto, como estudiante.

- **CA4: Cuando** el estudiante se encuentre autenticado dentro del sitio web del sistema, **entonces** se le mostrarán botones en la parte superior de la interfaz para cambiar sus datos académicos y otro para cerrar sesión.
- **CA5: Cuando** el administrador se encuentre autenticado dentro del sitio web del sistema, **entonces** se le mostrará un botón en la parte superior de la interfaz para cerrar sesión.
- **CA6: Cuando** el estudiante presione el botón para cambiar sus datos académicos, **entonces** se le rediccionará a una página para completar sus datos académicos.
- **CA7: Cuando** el usuario presione el botón para cerrar sesión, **entonces** se le redireccionará a la página principal del sitio web del sistema, siendo removida su autenticación.
- **CA8: Dado** que es la primera vez que el estudiante ingresa al sistema, **cuando** esté sea redireccionado al sitio web del sistema posterior a su autenticación, **entonces** se le llevará a una página para completar sus datos académicos.

3.2.3.2. [HU02] Completar datos académicos

Descripción: Como estudiante, necesito completar mis datos académicos, para que el sistema conozca mi situación académica, pudiendo así entregar información y recomendaciones adecuadas según esta última.

Criterios de aceptación:

- **CA1: Cuando** el estudiante ingrese a la página para completar sus datos académicos, **entonces** se le mostrarán los campos para completar su nombre, apellido, año de admisión, plan curricular al que está sujeto, campus en el que se encuentra estudiando, **y** se le mostrará un botón para adjuntar su resumen académico, **y** se le mostrará un botón para guardar los cambios.
- **CA2: Cuando** el estudiante presione el botón para adjuntar su resumen académico, **entonces** se abrirá la interfaz del dispositivo para escoger un archivo y adjuntarlo en dicho campo.
- **CA3: Dado** que el estudiante dejó algún dato vacío o en un formato incorrecto, **cuando** este presione el botón para guardar cambios, **entonces** se cancelará la actualización de datos **y** se le indicará al estudiante lo que debe corregir.
- **CA4: Dado** que el estudiante completó todos los datos correctamente, **cuando** este presione el botón para guardar cambios, **entonces** se actualizarán sus datos en la base

de datos del sistema, **y** se respaldarán sus calificaciones en la base de datos del sistema en base al resumen académico, **y** se indicará con un mensaje de que la actualización se ha realizado correctamente, **y** se redireccionará a la encuesta de preferencias si es que el estudiante aún no la ha respondido.

- **CA5: Dado** que el estudiante ya ha completado los campos mencionados en el criterio **CA1**, **cuando** el estudiante ingrese a la página para completar sus datos académicos, **entonces** los valores de estos campos se verán reflejados en cada *input*, **y** se podrán modificar nuevamente.

3.2.3.3. [HU03] Encuesta de preferencias

Descripción: Como estudiante, quiero responder una encuesta de preferencias, para que el sistema conozca mis preferencias respecto a diversas afirmaciones relacionadas a las líneas de especialización y a los perfiles profesionales.

Criterios de aceptación:

- **CA1: Cuando** el estudiante ingrese a la página de la encuesta de preferencias, **entonces** se le mostrará un conjunto de indicaciones acerca del propósito y funcionamiento de la encuesta, **y** se le mostrará la encuesta con una serie de afirmaciones ordenadas en filas y con 5 opciones cada una, en una escala de Likert, **y** se le mostrará un botón deshabilitado para enviar sus preferencias.
- **CA2: Cuando** el estudiante responda todas las afirmaciones, **entonces** el botón para enviar las preferencias se habilitará.
- **CA3: Dado** que el botón para enviar las preferencias se encuentra habilitado, **cuando** el estudiante presione dicho botón, **entonces** se cargarán las respuestas a la base de datos del sistema **y** se redireccionará al estudiante a la encuesta de recomendaciones, si es que ha cursado algún electivo o, en su defecto, a sus recomendaciones.

3.2.3.4. [HU04] Encuesta de recomendaciones

Descripción: Como estudiante, quiero responder una encuesta de recomendación de asignaturas electivas, si es que he cursado alguna en el pasado, para recomendarlas o no a estudiantes con perfiles similares al mío.

Criterios de aceptación:

- **CA1: Cuando** el estudiante ingrese a la página de la encuesta de recomendaciones, **entonces** se le mostrará un conjunto de indicaciones acerca del propósito y funcionamiento de la encuesta, **y** se le mostrará la encuesta, la cual consiste de una grilla que

agrupa todas las asignaturas electivas que ha cursado el estudiante en fila, con 3 opciones para cada una: "No lo recomiendo", "No estoy seguro" y "Lo recomiendo", **y** se le mostrará un botón deshabilitado para enviar sus recomendaciones.

- **CA2: Cuando** el estudiante haya escogido una opción en todas las asignaturas, **entonces** el botón para enviar las recomendaciones se habilitará.
- **CA3: Dado** que el botón para enviar las recomendaciones se encuentra habilitado, **cuando** el estudiante presione dicho botón, **entonces** se cargarán las recomendaciones a la base de datos del sistema **y** se redireccionará al estudiante a sus recomendaciones.

3.2.3.5. [HU05] Recomendación de líneas de especialización

Descripción: Como estudiante, quiero recibir recomendaciones acerca de que líneas de especialización se alinean con mi perfil académico, para así tener un primer acercamiento a qué camino seguir en mi especialización profesional.

Criterios de aceptación:

- **CA1: Cuando** el estudiante ingrese a la página de sus recomendaciones, **entonces** se le presentará una definición breve de las líneas de especialización, **y** se le recomendará una primera según sus preferencias y una segunda según sus calificaciones, **y** se le mostrará, por cada línea recomendada, información resumida, botones para dirigirse a la vista de información y para dirigirse a la sección de recomendación de perfiles profesionales.

3.2.3.6. [HU06] Recomendación de perfiles profesionales

Descripción: Como estudiante, quiero recibir recomendaciones acerca de los perfiles profesionales que pueden alcanzarse en base a una línea de especialización en específico, para así conocer qué perfiles existen en la industria y cómo alcanzarlos.

Criterios de aceptación:

- **CA1: Cuando** el estudiante ingrese a la sección de recomendación de perfiles profesionales dentro de sus recomendaciones, **entonces** se le presentará una definición breve de los perfiles profesionales, **y** se le presentarán todos los perfiles profesionales asociados a la línea de especialización recomendada, junto a un resumen breve **y** un botón para dirigirse a la vista de información de cada uno, **y** se le presentará un botón para dirigirse a la sección de recomendación de asignaturas electivas asociadas a la línea de especialización recomendada.

3.2.3.7. [HU07] Recomendación de asignaturas electivas

Descripción: Como estudiante, quiero recibir recomendaciones acerca de las asignaturas electivas que debiera cursar según mis preferencias y calificaciones, para así tenerlas en consideración al momento de inscribir asignaturas en próximos semestres.

Criterios de aceptación:

- **CA1: Cuando** el estudiante ingrese a la sección de recomendación de asignaturas electivas dentro de sus recomendaciones, **entonces** se le presentará una definición breve de las asignaturas electivas, **y** se le recomendarán a lo más ocho asignaturas electivas según sus calificaciones, **y** otras ocho asignaturas según las recomendaciones de estudiantes con perfiles similares al suyo, **y** se le presentará un botón para dirigirse a la vista de información de cada asignatura electiva recomendada.
- **CA2: Dado** que una asignatura electiva está siendo dictada en el semestre en que se estén revisando las recomendaciones, **cuando** este electivo sea recomendado a un estudiante, **entonces** se añadirá a dicha asignatura una marca visual que indique de manera explícita lo anterior.

3.2.3.8. [HU08] Información sobre líneas de especialización

Descripción: Como estudiante, quiero acceder a la información completa de una línea de especialización, para así conocer más a fondo a cada una de estas.

Criterios de aceptación:

- **CA1: Cuando** el estudiante ingrese a la página de líneas de especialización, **entonces** se le mostrarán todas las líneas de especialización presentes en el sistema, con un botón para ir a la vista de información de cada una.
- **CA2: Cuando** el estudiante ingrese a la vista de información de una línea de especialización cualquiera, **entonces** se le mostrará una descripción completa de la línea de especialización, junto a una serie de *tags* y perfiles profesionales asociados a la línea de especialización, con un breve resumen y un botón para dirigirse a la vista de información de cada uno, **y** se le presentarán recomendaciones de asignaturas electivas según la línea de especialización visitada, con un botón para dirigirse a la vista de información de cada una.

3.2.3.9. [HU09] Información sobre perfiles profesionales

Descripción: Como estudiante, quiero acceder a la información completa de un perfil profesional, para así conocer más a fondo a cada uno de estos.

Criterios de aceptación:

- **CA1: Cuando** el estudiante ingrese a la vista de perfiles profesionales, **entonces** se le mostrarán todos los perfiles profesionales agrupados por línea de especialización, con un botón para ir a la vista de información de cada uno.
- **CA2: Cuando** el estudiante ingrese a la vista de información de un perfil profesional cualquiera, **entonces** se le mostrará una descripción completa del perfil profesional, junto a una serie de competencias y asignaturas asociadas al perfil, **y** se le presentarán recomendaciones de asignaturas electivas según el perfil profesional visitado, con un botón para dirigirse a la vista de información de cada una.

3.2.3.10. [HU10] Información sobre asignaturas electivas

Descripción: Como estudiante, quiero acceder a la información completa de una asignatura electiva, para así conocer más a fondo a cada una de estas.

Criterios de aceptación:

- **CA1: Cuando** el estudiante ingrese a la vista de asignaturas electivas, **entonces** se le mostrarán todas las asignaturas electivas agrupadas por área de desarrollo, con un botón para ir a la vista de información de cada una.
- **CA2: Cuando** una asignatura electiva está siendo dictada en el semestre en que se esté revisando esta página, **entonces** se añadirá a dicha asignatura una marca visual que indique de manera explícita lo anterior.
- **CA3: Cuando** una asignatura electiva ya haya sido cursada y aprobada por el estudiante que esté revisando esta página, **entonces** se añadirá a dicha asignatura una marca visual que indique de manera explícita lo anterior.
- **CA4: Cuando** el estudiante ingrese a la vista de información de una asignatura electiva cualquiera, **entonces** se le mostrará una descripción completa de la asignatura electiva, junto a la cantidad de créditos, asignaturas prerrequisitos (con una marca visual si es que han sido aprobados o no), una serie de *tags* asociados a la asignatura, cuando fue dictado por última vez, **y** se le mostrará un botón para descargar el programa académico de la asignatura (si es que está disponible), **y** se le mostrarán los perfiles profesionales asociados a dicho electivo.

3.2.3.11. [HU11] Preinscripción de asignaturas electivas

Descripción: Como estudiante, quiero preinscribir una asignatura electiva, para dar a conocer a los profesores mi interés en cursar dicha asignatura en un próximo semestre.

Criterios de aceptación:

- **CA1: Dado** que el estudiante se encuentra autenticado, la asignatura electiva no ha sido aprobada por el estudiante y el electivo no se está dictando en el semestre actual, **cuando** el estudiante ingrese a la página de información de dicha asignatura electiva, **entonces** se le mostrará un botón para preinscribir o remover la preinscripción de la asignatura electiva visitada, dependiendo si es que esta ya ha sido preinscrita por el estudiante o no.
- **CA2: Cuando** el estudiante presione el botón para preinscribir o remover la preinscripción de una asignatura electiva, **entonces** el botón cambiará su aspecto, indicando que la asignatura electiva ha sido preinscrita o que la preinscripción fue removida con éxito, **y** se cargará el cambio en la preinscripción de la asignatura electiva a la base de datos del sistema.

3.2.3.12. [HU12] Modificacion encuesta de preferencias

Descripción: Como administrador, necesito poder modificar los parámetros de la encuesta de preferencias, para así mantener el sistema actualizado a posibles cambios en las líneas de especialización y/o en las afirmaciones utilizadas dentro de la encuesta.

Criterios de aceptación:

- **CA1: Cuando** el administrador ingrese a la página de la encuesta de preferencias, **entonces** se le mostrarán las afirmaciones de la encuesta, siendo en cada una editable su posición en la lista, su contenido y sus pesos respecto a cada línea de especialización, **y** se le mostrará, en cada afirmación, un botón para eliminar la afirmación respectiva, **y** se le mostrará al final de la página un botón para agregar una nueva afirmación y otro para guardar los cambios realizados en la página.
- **CA2: Cuando** el administrador presione el botón de eliminar una afirmación de la lista, **entonces** la afirmación se opacará, indicando de que será eliminada al guardar los cambios, **y** se mostrará un botón para descartar la eliminación de la afirmación de la lista.
- **CA3: Cuando** el administrador presione el botón para agregar una nueva afirmación a la lista, **entonces** se agregará una nueva afirmación al final de la lista **y** se podrán editar los mismos parámetros mencionados en **CA1**.
- **CA4: Cuando** el administrador presione el botón para guardar los cambios realizados en la vista, **entonces** se cargarán los cambios en la base de datos del sistema **y** se indicará con un mensaje de si es que la carga de los cambios se ha realizado correctamente o no.

3.2.3.13. [HU13] Modificación líneas de especialización

Descripción: Como administrador, necesito poder modificar los parámetros de las líneas de especialización, para así mantener el sistema actualizado a posibles cambios respecto a estas.

Criterios de aceptación:

- **CA1: Cuando** el administrador ingrese a la página de líneas de especialización, **entonces** se le mostrarán todas las líneas de especialización, con un botón para ir a la vista de información de cada una, **y** se le mostrará un botón para agregar una nueva línea de especialización.
- **CA2: Cuando** el administrador ingrese a la página de información de una línea de especialización cualquiera, **entonces** se le mostrará todo lo descrito en el criterio **CA2** de la historia **HU08**, **y** se le mostrará un botón para editar los parámetros de la línea de especialización y otro para eliminarla.
- **CA3: Cuando** el administrador presione el botón para editar los parámetros, **entonces** se le mostrará un *modal* en donde será editable el nombre, descripción, resumen, *tags*, color, perfiles profesionales asociados e imagen de la línea de especialización seleccionada, **y** se le mostrará un botón para guardar los cambios y otro para cancelar la actualización.
- **CA4: Dado** que el administrador dejó algún dato obligatorio vacío o ha ingresado alguno en un formato incorrecto, **cuando** este presione el botón para guardar cambios, **entonces** se cancelará la actualización de datos **y** se le indicará con un mensaje lo que debe corregir.
- **CA5: Dado** que el administrador completó todos los campos correctamente, **cuando** este presione el botón para guardar los cambios, **entonces** se actualizarán los parámetros afectados de la línea en la base de datos del sistema **y** se ocultará el *modal*, **y** se reflejarán los nuevos cambios en la página de información de la línea visitada.
- **CA6: Cuando** el administrador presione el botón para eliminar la línea, **entonces** se le mostrará un *modal* detallando lo que ocurrirá al eliminarla **y** se le mostrará un botón para cancelar la acción y otro para eliminar definitivamente la línea.
- **CA7: Cuando** el administrador presione el botón para eliminar definitivamente la línea, **entonces** la línea será eliminada de la base de datos del sistema **y** se redireccionará al administrador a la página principal de las líneas de especialización.
- **CA8: Cuando** el administrador presione el botón para agregar una nueva línea de especialización, **entonces** se le mostrará un *modal* en donde deberá completar los mismos campos descritos en **CA3**, **y** se le mostrará un botón para guardar cambios y otro para cancelar la creación, que funcionarán de la misma manera que lo descrito en **CA4** y **CA5**.

3.2.3.14. [HU14] Modificación perfiles profesionales

Descripción: Como administrador, necesito poder modificar los parámetros de los perfiles profesionales, para así mantener el sistema actualizado a posibles cambios respecto a estos.

Criterios de aceptación:

- **CA1: Cuando** el administrador ingrese a la página de perfiles profesionales, **entonces** se le mostrarán todos los perfiles profesionales agrupados por línea de especialización, con un botón para ir a la vista de información de cada uno, **y** se le mostrará un botón para agregar un nuevo perfil profesional en cada línea de especialización.
- **CA2: Cuando** el administrador ingrese a la página de información de un perfil profesional cualquiera, **entonces** se le mostrará todo lo descrito en el criterio **CA2** de la historia **HU09 y** se le mostrará un botón que le permitirá editar los parámetros del perfil profesional y otro para eliminarlo.
- **CA3: Cuando** el administrador presione el botón para editar los parámetros, **entonces** se le mostrará un *modal* en donde será editable el nombre, descripción, resumen, competencias, asignaturas relacionadas y la línea de especialización asociada del perfil seleccionado, **y** se le mostrará un botón para guardar los cambios y otro para cancelar la actualización.
- **CA4: Dado** que el administrador dejó algún dato obligatorio vacío o ha ingresado alguno en un formato incorrecto, **cuando** este presione el botón para guardar cambios, **entonces** se cancelará la actualización de datos **y** se le indicará con un mensaje lo que debe corregir.
- **CA5: Dado** que el administrador completó todos los campos correctamente, **cuando** este presione el botón para guardar los cambios, **entonces** se actualizarán los parámetros afectados del perfil en la base de datos del sistema **y** se ocultará el *modal*, **y** se reflejarán los nuevos cambios en la página de información del perfil visitado.
- **CA6: Cuando** el administrador presione el botón para eliminar el perfil, **entonces** se le mostrará un *modal* detallando lo que ocurrirá al eliminarlo **y** se le mostrará un botón para cancelar la acción y otro para eliminar definitivamente el perfil.
- **CA7: Cuando** el administrador presione el botón para eliminar definitivamente el perfil, **entonces** el perfil será eliminado de la base de datos del sistema **y** se redireccionará al administrador a la página principal de los perfiles profesionales.
- **CA8: Cuando** el administrador presione el botón para agregar un nuevo perfil profesional dentro de una línea de especialización cualquiera, **entonces** se le mostrará un *modal* en donde deberá completar los mismos campos descritos en **CA3**, **y** se le mostrará un botón para guardar cambios y otro para cancelar la creación, que funcionarán de la misma manera que lo descrito en **CA4** y **CA5**.

3.2.3.15. [HU15] Modificación asignaturas electivas

Descripción: Como administrador, necesito poder modificar los parámetros de las asignaturas electivas, para así mantener el sistema actualizado a posibles cambios respecto a estas.

Criterios de aceptación:

- **CA1: Cuando** el administrador ingrese a la página de asignaturas electivas, **entonces** se le mostrarán todas las asignaturas electivas agrupadas por área de desarrollo, con un botón para ir a la vista de información de cada una, **y** se le mostrará un botón para agregar una nueva asignatura electiva en cada área de desarrollo.
- **CA2: Cuando** el administrador ingrese a la página de información de una asignatura electiva cualquiera, **entonces** se le mostrará todo lo descrito en el criterio **CA2** de la historia **HU10**, **y** se le mostrará un botón que le permitirá editar los parámetros de la asignatura electiva y otro para eliminarla.
- **CA3: Cuando** el administrador presione el botón para editar los parámetros, **entonces** se le mostrará un *modal* en donde será editable el código, nombre, créditos, descripción, *tags*, área de desarrollo, prerequisitos, perfiles profesionales asociados, planes curriculares asociados y programa académico de la asignatura electiva visitada, **y** se le mostrará un botón para guardar los cambios y otro para cancelar la actualización.
- **CA4: Dado** que el administrador dejó algún dato obligatorio vacío o ha ingresado alguno en un formato incorrecto, **cuando** este presione el botón para guardar cambios, **entonces** se cancelará la actualización de datos **y** se le indicará con un mensaje lo que debe corregir.
- **CA5: Dado** que el administrador completó todos los campos correctamente, **cuando** este presione el botón para guardar los cambios, **entonces** se actualizarán los parámetros afectados de la asignatura electiva en la base de datos del sistema **y** se ocultará el *modal*, **y** se reflejarán los nuevos cambios en la página de información del electivo visitado.
- **CA6: Cuando** el administrador presione el botón para eliminar el electivo, **entonces** se le mostrará un *modal* detallando lo que ocurrirá al eliminarlo **y** se le mostrará un botón para cancelar la acción y otro para eliminar definitivamente el electivo.
- **CA7: Cuando** el administrador presione el botón para eliminar definitivamente el electivo, **entonces** el electivo será eliminado de la base de datos del sistema **y** se redireccionará al administrador a la página principal de las asignaturas electivas.
- **CA8: Cuando** el administrador presione el botón para agregar una asignatura electiva dentro de una área de desarrollo cualquiera, **entonces** se le mostrará un *modal* en donde deberá completar los mismos campos descritos en **CA3**, **y** se le mostrará un botón para guardar cambios y otro para cancelar la creación, que funcionarán de la misma manera que lo descrito en **CA4** y **CA5**.

3.2.3.16. [HU16] Modificación parámetros adicionales

Descripción: Como administrador, necesito poder modificar los parámetros adicionales del sistema, compuestos por las áreas de desarrollo, planes curriculares, campus académicos, programas académicos y periodos de preinscripción, para así mantener el sistema actualizado a posibles cambios respecto a estas.

Criterios de aceptación:

- **CA1: Cuando** el administrador ingrese a la página de parámetros adicionales, **entonces** se le mostrará un instructivo breve acerca del signficado e importancia de cada parámetro, **y** se le mostrará una fila con pestañas, cada una con el nombre de un parámetro adicional, **y** se le mostrará una tabla de instancias según la pestaña seleccionada, **y** se mostrará en la última columna de la tabla un botón para editar los parámetros de cada instancia y un botón para eliminarla, **y** se mostrará debajo de la tabla un botón para agregar una instancia nueva.
- **CA2: Cuando** el administrador presione una pestaña, **entonces** los datos del parámetro adicional seleccionado será el que utilice la tabla de instancias.
- **CA3: Cuando** el administrador presione la pestaña de "áreas de desarrollo", **entonces** se mostrará en cada columna el nombre, color, asignaturas curriculares y asignaturas electivas asociadas correspondientes a cada área.
- **CA4: Cuando** el administrador presione la pestaña de "planes curriculares", **entonces** se mostrará en cada columna el código, nombre, año de inicio de vigencia, año de término de vigencia y asignaturas curriculares correspondientes a cada plan.
- **CA5: Cuando** el administrador presione la pestaña de "campus académicos", **entonces** se mostrará en cada columna el nombre correspondiente a cada campus.
- **CA6: Cuando** el administrador presione la pestaña de "programas académicos", **entonces** se mostrará en cada columna el semestre, campus y asignaturas electivas correspondientes a cada programa.
- **CA7: Cuando** el administrador presione la pestaña de "periodos de preinscripción", **entonces** se mostrará en cada columna el semestre, inicio de preinscripciones y fin de preinscripciones correspondientes a cada periodo.
- **CA8: Cuando** el administrador presione el botón para editar una instancia, **entonces** se abrirá un *modal* en el que podrá editar los parámetros de dicha instancia, según el modelo de datos del objeto seleccionado, **y** se le mostrará un botón para guardar los cambios y otro para cancelar la actualización.
- **CA9: Dado** que el administrador dejó algún dato obligatorio vacío o ha ingresado alguno en un formato incorrecto, **cuando** este presione el botón para guardar cambios,

entonces se cancelará la actualización de datos **y** se le indicará con un mensaje lo que debe corregir.

- **CA10: Dado** que el administrador completó todos los campos correctamente, **cuando** este presione el botón para guardar los cambios, **entonces** se actualizarán los parámetros afectados de la instancia en la base de datos del sistema **y** se ocultará el *modal*, **y** se reflejarán los nuevos cambios en la tabla de instancias.
- **CA11: Cuando** el administrador presione el botón para eliminar la instancia, **entonces** se le mostrará un *modal* detallando lo que ocurrirá al eliminarla **y** se le mostrará un botón para cancelar la acción y otro para eliminarla definitivamente.
- **CA12: Cuando** el administrador presione el botón para eliminar definitivamente la instancia, **entonces** esta será eliminada de la base de datos del sistema **y** se ocultará el *modal*, **y** se reflejarán los nuevos cambios en la tabla de instancias.
- **CA13: Cuando** el administrador presione el botón para agregar una instancia dentro de una tabla cualquiera, **entonces** se le mostrará un *modal* en donde deberá completar los parámetros según el modelo de datos del objeto seleccionado, **y** se le mostrará un botón para guardar cambios y otro para cancelar la creación, que funcionarán de la misma manera que lo descrito en **CA9** y **CA10**.

3.2.3.17. [HU17] Visualizar datos estadísticos

Descripción: Como administrador, quiero poder ver datos estadísticos sobre la información capturada por el sistema acerca de los estudiantes, para así conocer las tendencias de estos acerca de los distintos ítems presentados y recomendados en el sistema.

Criterios de aceptación:

- **CA1: Cuando** el administrador ingrese a la página del *dashboard*, **entonces** se le mostrará un gráfico de barras con las asignaturas electivas con mayor cantidad de preinscripciones, pudiendo filtrar por periodo de preinscripción y área de desarrollo, **y** se le mostrará un gráfico circular con los porcentajes de líneas de especialización recomendadas a los estudiantes, pudiendo modificar el tipo de recomendación utilizado entre “Por preferencias” y “Por calificaciones”, **y** se le mostrará un gráfico circular con los porcentajes de respuestas por afirmación de la encuesta de preferencias, pudiendo modificar la afirmación analizada.

3.2.4. Arquitectura del sistema

La definición de la arquitectura del sistema web se desarrolló utilizando una **arquitectura de tres niveles**. Esta consiste en organizar el *software* en tres niveles distintos, en donde cada

uno posea una serie de responsabilidades distintas al resto, siendo ejecutado en su propia infraestructura y permitiendo la comunicación entre niveles a través del uso de interfaces previamente definidas [IBM, 2024]. En esta arquitectura, los niveles son el de presentación, el de aplicación y el de datos, los cuales serán definidos a mayor detalle en las siguientes secciones.

Por otro lado, se decidió empaquetar el *software* del sistema utilizando *Docker*, descrito en la sección 2.3.1. De esta forma, se virtualizan los entornos de ejecución de los tres servidores a desarrollar, esto debido a las ventajas que conlleva utilizar esta tecnología, como la facilidad de migrar la aplicación entre distintos entornos y las facilitaciones que entrega dentro del proceso de desarrollo de esta misma.

Por último, en la Figura 22 se presenta el diagrama general de arquitectura del sistema, el cual resume lo definido anteriormente, junto a lo que se detallará en las siguientes secciones respecto a las tecnologías, servidores e interfaces que se utlizarán en cada nivel del sistema.

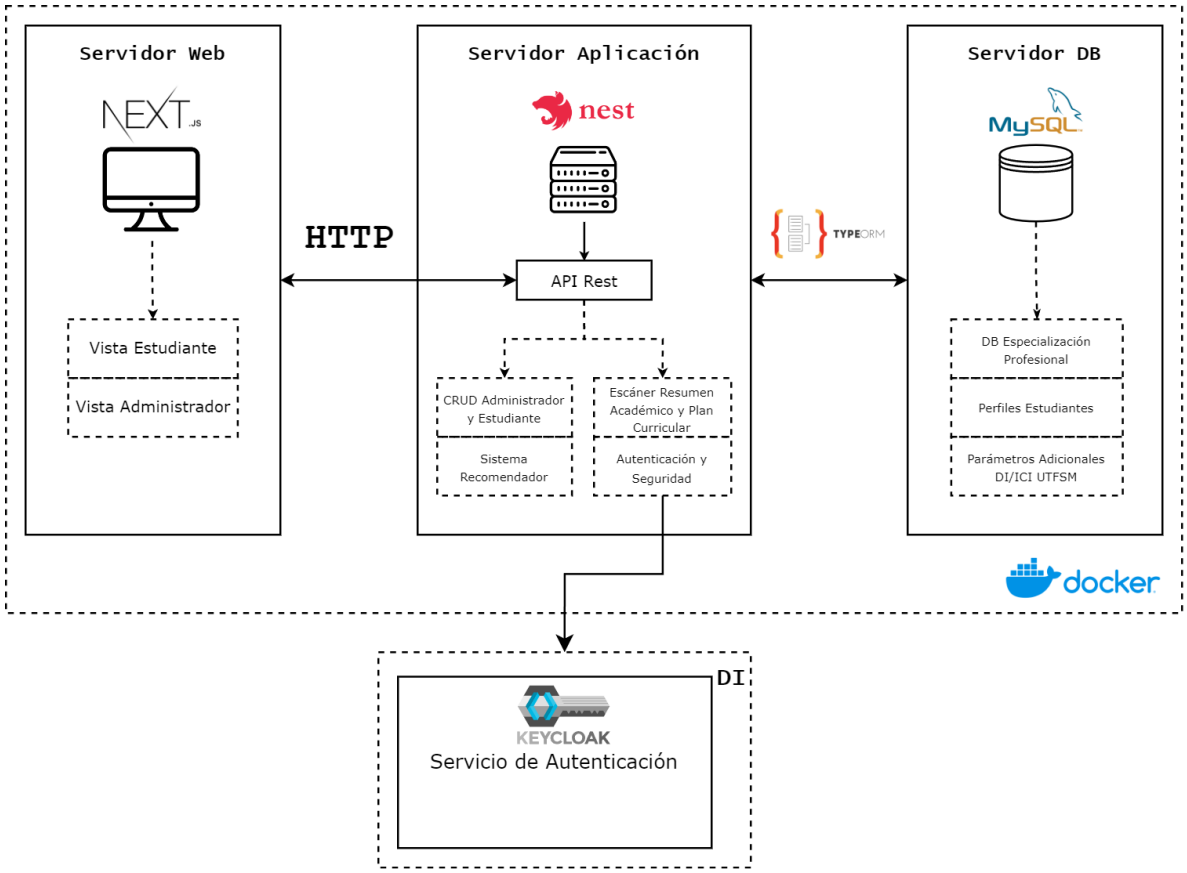

Figura 22: Diagrama de arquitectura para el sistema web del SOEP DI-UTFSM.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.4.1. Nivel de presentación - Servidor web

En este nivel de la arquitectura se implementa toda la interfaz necesaria para que los usuarios puedan interactuar con los componentes específicos del sistema y sus vistas asociadas. Para esto, se desarrolló un servidor web utilizando *NextJS*, *framework* descrito en la sección 2.3.2.

La decisión de utilizar este *framework* para la implementación de este servidor se resume principalmente en la flexibilidad que entregan los componentes *React* en el desarrollo de aplicaciones web. Además, el sistema se beneficiará en gran medida con el uso flexible de los tipos de renderización SSR y CSR, usándolos de manera personalizada en cada una de las vistas implementadas en el sitio, según los requerimientos de cada una.

3.2.4.2. Nivel de aplicación - Servidor de aplicación

En este nivel se implementa el servidor de aplicación y la *API Rest*, los cuales funcionarán como interfaz de comunicación para recibir y procesar las peticiones que realice el servidor web descrito en la sección anterior. Tanto el servidor como la *API* se desarrollarán utilizando *NodeJS* junto a su *framework NestJS*, descritos en la sección 2.3.3. Esto último permitirá utilizar el mismo lenguaje de programación tanto para el servidor web como para el de aplicación. Además, gracias a la arquitectura utilizada en *NestJS*, la aplicación resultante podrá ser fácilmente modificable y mantenible, lo cual será de mucha ayuda al momento de realizar modificaciones en el código fuente del sistema, o en la utilización de este mismo en posibles trabajos futuros.

Respecto a integraciones con otros servicios y librerías externas, las más relevantes fueron las siguientes:

- Con el fin de abarcar el proceso de autenticación mencionado en la historia de usuario **HU01**, se decidió integrar el servicio de autenticación del DI de la UTFSM para la autenticación inicial en el sistema. Luego, una vez el usuario haya sido autenticado correctamente, se persiste la autenticación (durante un tiempo determinado) vía un *JSON Web Token (JWT)*[2]. Esta integración fue desarrollada utilizando las librerías *passportjs*[3] y una extensión para *Keycloak*[4], el cual corresponde al servicio de autenticación utilizado internamente por el DI.
- Con el fin de abarcar el escaneo del resumen académico mencionado en la historia de usuario **HU02**, se decidió utilizar la librería *pdf-parse*[5] con tal de extraer el texto del

[2]Un *JWT (JSON Web Token)* es un estándar abierto utilizado para compartir información de manera segura entre dos partes. Más información en `https://jwt.io/`.

[3]`https://www.passportjs.org/`

[4]https://github.com/exlinc/keycloak-passport

[5]`https://www.npmjs.com/package/pdf-parse`

resumen académico descargable vía SIGA. Luego, con el texto obtenido, se utilizan expresiones regulares para extraer las notas y otros atributos de cada asignatura cursada por el estudiante, cargando cada dato a la base de datos del sistema.

- Con el fin de abarcar la creación o actualización de asignaturas de los planes curriculares del sistema, descritas en la historia de usuario **HU16**, se decidió utilizar la librería *exceljs*[6] con tal de generar y leer los archivos *excel* que contengan los datos de cada asignatura presente en un plan curricular en concreto. De esta forma, la actualización y creación de estos datos se puede realizar de manera más eficiente por parte del administrador del sistema.

3.2.4.3. Nivel de datos - Servidor de base de datos

En el tercer nivel de esta arquitectura se implementa el servidor de base de datos o *DBMS*. Para este, se utiliza *MySQL* como *DBMS*. Esta opción nace principalmente de que *MySQL* es un *DBMS* relacional, lo que, en este caso, facilita la implementación de las operaciones en el modelo de datos del sistema, pues este fue diseñado considerando relaciones y dependencias directas entre los objetos que lo componen. Adicional a esto, se decidió utilizar esta opción debido a los beneficios que implica su utilización respecto a fiabilidad, rapidez y facilidad de uso, ventajas descritas en la sección 2.3.4.

El modelo de datos previamente mencionado puede encontrarse en la Figura 23, desarrollado en base a las historias de usuario levantadas en la sección 3.2.3, y utilizando el lenguaje de modelado visual de *software UML*.

[6] `https://www.npmjs.com/package/exceljs`

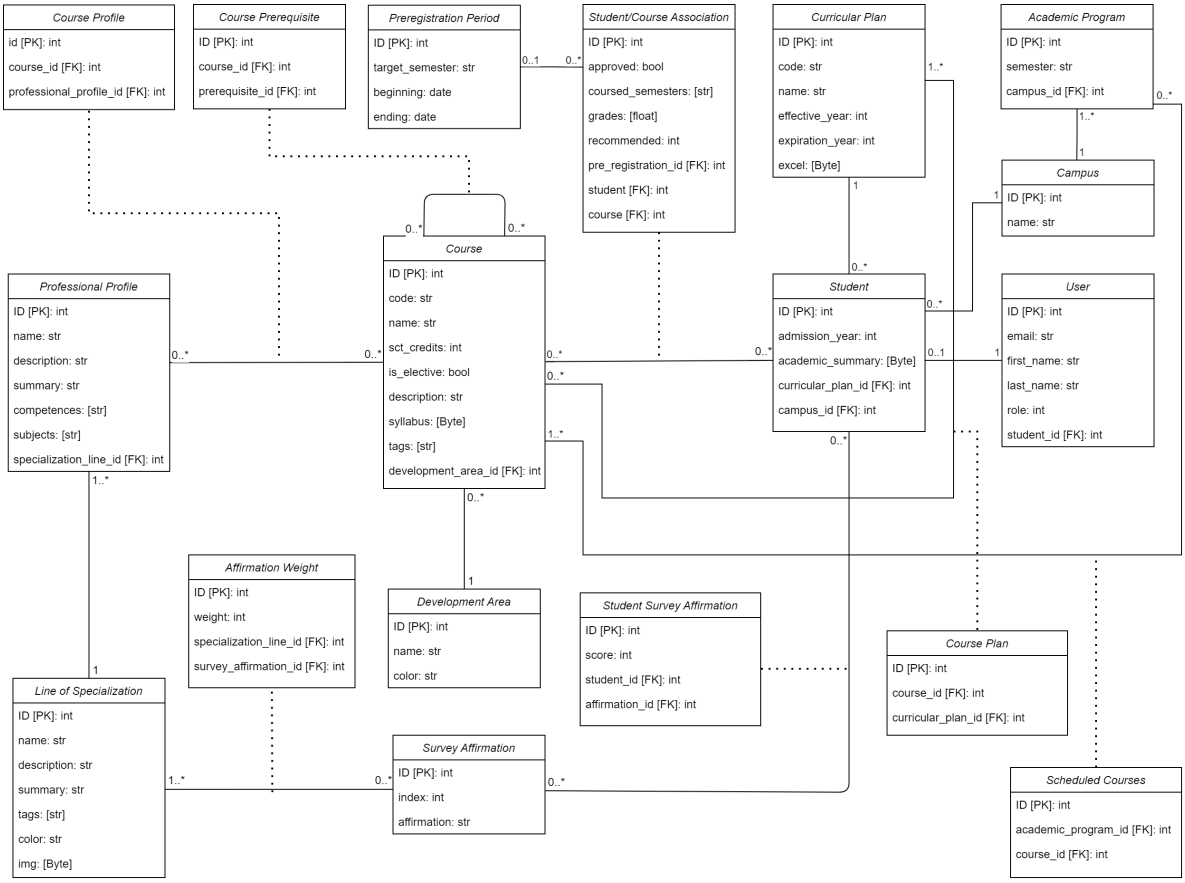

Figura 23: Modelo de datos para el sistema web del SOEP DI-UTFSM.
Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO 4
VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN

La validación de la solución propuesta en el capítulo anterior se centrará en la validación del **"Sistema de Orientación de Especialización Profesional (SOEP DI-UTFSM)"** en su totalidad, abarcando los siguientes puntos generales:

- Desplegado del sistema en ambiente *Quality Assurance (QA)*.
- Realización de *testing* de usabilidad cualitativo con usuarios, enfocándose en el cumplimiento de los requisitos funcionales de la plataforma *web* del estudiante y de la del administrador.
- Realización y evaluación de un proceso de orientación legítimo a estudiantes, validando la satisfacción de estos en vista a las recomendaciones y orientación recibida.

4.1. Desplegado QA

Para realizar la validación del sistema se utilizó una versión *QA* de este. Esta versión posee las siguientes particularidades:

- Se añadió un periodo de preinscripción inicial con tal de que los estudiantes involucrados en el *testing* del sistema puedan preinscribir asignaturas.
- Se añadieron datos de 15 estudiantes simulados, incluyendo sus preferencias y recomendaciones en la base de datos del sistema. El único objetivo de estos datos es que el filtro colaborativo del sistema (descrito en la sección 3.1.2.4) pueda funcionar correctamente.

Esta versión del sistema fue desplegada utilizando una máquina virtual en *DigitalOcean*[7], en donde se ejecuta el contenedor de *Docker* con los tres servidores presentes en la arquitectura del sistema (detalles en la sección 3.2.4). Otro aspecto a aclarar es que, para esta versión del sistema, se utilizó un servicio *Keycloak* de prueba con el fin de simular el servicio de autenticación del DI. No obstante, la implementación del módulo de autenticación es completamente compatible con el servicio que se empleará en producción, requiriendo únicamente la actualización de ciertas variables de entorno con tal de realizar la migración entre ambos servicios.

[7] `https://www.digitalocean.com/`

4.2. *Testing* con usuarios

Para validar la implementación correcta de los requisitos funcionales del sistema, se decide realizar *testing* del sistema a cinco estudiantes y un administrador, definiendo tareas que cubran lo indicado en las historias de usuario y sus criterios de aceptación (presentes en la sección 3.2.3).

El *testing* realizado fue de cáracter cualitativo, es decir, se monitorea a cada usuario a medida que resuelve las tareas, y se utiliza el protocolo *Thinkin Aloud*, con el que el usuario va narrando sus acciones y pensamientos a medida que desarrolla las actividades. Se escogió esta metodología debido a la baja cantidad de usuarios evaluados, en donde los expertos recomiendan priorizar *tests* cualitativos en vez de cuantitativos [Budiu, 2017]. Otra ventaja de esta metodología es que son útiles para lograr identificar problemas e impedimentos concretos en el uso del sistema de manera rápida y eficaz, logrando obtener un diagnóstico general de la aplicación con esfuerzo mínimo y con un número óptimo de usuarios a evaluar entre tres y cinco [Nielsen, 2000].

4.2.1. Tareas de estudiantes

A continuación se describen las tareas designadas a cada estudiante evaluado:

1. “Autentiquese e ingrese al sistema con su cuenta de estudiante”.
2. “Complete sus datos académicos dentro del sistema”.
3. “Acceda a sus recomendaciones dentro del sistema y revíselas”.
4. “Revise la información del perfil profesional “Astroinformático””.
5. “Revise la información de la línea de especialización asociada al perfil profesional recién visitado”.
6. “Preinscriba la asignatura electiva que más te llame la atención cursar en el próximo semestre”.

Las tareas previamente descritas buscan validar las siguientes historias de usuario:

- **Tarea 1:** HU01 (autenticación en el sistema).
- **Tarea 2:** HU02 (completar datos académicos).
- **Tarea 3:** HU03, HU04, HU05, HU06 y HU07 (responder encuestas y acceder a recomendaciones).

- **Tarea 4:** HU09 (acceder a información de perfiles profesionales).
- **Tarea 5:** HU08 (acceder a información de líneas de especialización).
- **Tarea 6:** HU10 y HU11 (acceder a información de asignaturas electivas y preinscribirlas).

4.2.2. Tareas del administrador

A continuación se describen las tareas designadas al administrador evaluado:

1. "Añada una nueva afirmación en la encuesta de preferencias. El contenido de esta queda a su disposición, pudiendo ser al azar".
2. "Elimine la afirmación número 10 de la encuesta de preferencias".
3. "Mueva la afirmación número 5 de la encuesta de preferencias a la primera posición de la lista".
4. "Añada una nueva línea de especialización en el sistema. Los campos de esta última quedan a su disposición, pudiendo ser al azar".
5. "Elimine la línea de especialización creada previamente".
6. "Añada un nuevo perfil profesional en el sistema, perteneciente a la línea de especialización "Ciberseguridad". Los campos de este último quedan a su disposición, pudiendo ser al azar".
7. "Elimine el perfil profesional creado previamente".
8. "Añada una nueva asignatura electiva en el sistema, perteneciente al área de desarrollo "Fundamentos de Informática". Los campos de esta última quedan a su disposición, pudiendo ser al azar".
9. "Modifique el área de desarrollo del electivo previamente creado a "Ingeniería de Software y de Datos"".
10. "Añada un nuevo plan curricular en el sistema, añadiendo a este último tres asignaturas curriculares. El contenido del plan y de las asignaturas quedan a su disposición, pudiendo ser al azar".
11. "Añada un nuevo periodo de preinscripción de asignaturas electivas, para así habilitar las preincripciones de electivos durante esta semana, en vista a la inscripción de asignaturas del próximo semestre".
12. "Revise cuál es la opción con mayor porcentaje de respuestas en la afirmación número 10 de la encuesta de preferencias".

Las historias de usuario de la plataforma web del administrador se validan con las tareas previamente descritas de la siguiente manera:

- **HU12:** Tarea 1, 2 y 3 (modificación de la encuesta de preferencias).
- **HU13:** Tarea 4 y 5 (modificación de líneas de especialización).
- **HU14:** Tarea 6 y 7 (modificación de perfiles profesionales).
- **HU15:** Tarea 8 y 9 (modificación de asignaturas electivas).
- **HU16:** Tarea 10 y 11 (modificación de parámetros adicionales).
- **HU17:** Tarea 12 (visualización de datos estadísticos).

4.2.3. Resultados *testing* estudiantes

Los usuarios evaluados que cumplieron el rol de estudiante del sistema fueron cinco alumnos de ICI de la UTFSM. Los datos académicos de estos se pueden encontrar en la Tabla 6, indicando sus iniciales, año de carrera en el que se encuentran y el número de electivos que han cursado. De esta forma, se ejecutó una sesión de *testing* para cada estudiante de manera independiente, en donde se realizaron las 6 tareas previamente establecidas para este tipo de usuario. Los resultados obtenidos se pueden encontrar en la Tabla 7.

Usuario (iniciales)	Año	Electivos cursados
R.B.B.R.	Cuarto	1
I.A.M.M.	Quinto	6
O.V.J.B.	Tercero	0
M.A.M.H.	Tercero	3
E.I.M.S	Tercero	0

Tabla 6: Datos académicos de estudiantes evaluados, siendo identificados por sus iniciales. Fuente: Elaboración Propia.

Tarea	**¿Se completó?**	**Problemas encontrados y observaciones**
1	Todos completaron la tarea correctamente.	No se encontraron problemas.
2	Todos completaron la tarea correctamente.	▪ El usuario “M.A.M.H.” menciona que le cuesta un poco entender a que se refiere el campo “Plan curricular” en la página de actualización de datos.

3	▪ "I.A.M.M." completó la tarea correctamente. ▪ "M.A.M.H.", "R.B.B.R.", "O.V.J.B." y "E.I.M.S." la completaron parcialmente.	▪ Todos los usuarios, excepto por "I.A.M.M.", tuvieron problemas en seguir el flujo de recomendaciones, debido a que no se dieron cuenta de que esta tenía continuación fuera de la primera página. Por esto, y con el fin de terminar la tarea, los cuatro usuarios decidieron seguir explorando el sitio, visitando las páginas externas de información. ▪ El usuario "I.A.M.M." tuvo dificultades para acceder a la página de recomendaciones, ya que tardó en comprender que primero debía completar las encuestas del sitio para poder ingresar a esta página. ▪ Los usuarios "M.A.M.H." y "I.A.M.M." mencionaron que, en las encuestas, las marcas visuales utilizadas para indicar las respuestas seleccionadas no se logran apreciar correctamente.
4	Todos completaron la tarea correctamente.	▪ El usuario "M.A.M.H." mencionó que no entendió el significado de la marca visual asociada a que una asignatura electiva está en curso el semestre actual. ▪ El usuario "E.I.M.S." mencionó que la interfaz relacionada a las asignaturas electivas recomendadas dentro del perfil visitado se veía muy achatada.
5	Todos completaron la tarea correctamente.	No se encontraron problemas.
6	Todos completaron la tarea correctamente.	▪ Al usuario "E.I.M.S." le pareció extraño el hecho de que pudiera preinscribir una asignatura electiva a pesar de que aún no haya aprobado todos sus prerequisitos.

Tabla 7: Resultados *testing* estudiantes, junto a problemas y observaciones encontradas en cada tarea.
Fuente: Elaboración Propia.

Como se muestra en la Tabla 7, 5 de las 6 tareas fueron completadas con éxito. La tarea que presentó mayores problemas fue la número 3, ya que 4 de los 5 estudiantes evaluados no lograron completarla correctamente. Lo anterior se debió a que estos estudiantes no lograron finalizar el flujo de recomendaciones descrito en los criterios de aceptación de las historias

de usuario **HU05**, **HU06** y **HU07**. Sin embargo, estos usuarios lograron acceder a la misma información que hubieran obtenido mediante este flujo, a través de las páginas de información de las líneas, perfiles y asignaturas electivas. Por esto, se consideró que la tarea fue completada de manera parcial en estos casos.

En vista al problema previamente mencionado, como también a los otros problemas menores encontrados en las demás tareas, se implementaron las siguientes mejoras en las historias de usuario relacionadas:

- **HU02 (completar datos académicos):**
  - Se agregan indicaciones adicionales en los campos "Plan curricular" y "Resumen académico", con el fin de entregar más contexto sobre sus significados y la razón por la cual es necesario completarlos.
- **HU03 y HU04 (responder encuestas):**
  - Se mejoran las marcas visuales de cuando un estudiante selecciona una opción dentro de las encuestas de preferencia y de recomendaciones. Ahora, estas opciones poseen un color más oscuro y un borde más llamativo que el de las demás.
- **HU05 (acceder a recomendaciones de líneas de especialización):**
  - El botón para dirigirse a la página de recomendaciones estará siempre disponible en la barra lateral del sitio. De esta forma, y si es que el estudiante accede a esta sin haber respondido antes las encuestas, se le redireccionará a la encuesta que esté pendiente y se le indicará con una alerta de que primero debe responder dicha encuesta para poder acceder a sus recomendaciones.
  - Dentro de la página de recomendaciones, se remueve el botón para acceder a la página de información de cada línea de especialización recomendada, esto con el objetivo de que el estudiante preste atención a los botones para continuar el flujo de recomendación en esta misma página.
- **HU07 (acceder a recomendaciones de asignaturas electivas):**
  - Se agrega al final de la sección de recomendación de asignaturas electivas un botón para acceder a la página de información de la línea de especialización recomendada, esto con el objetivo de que el estudiante pueda revisar esta información más detallada después de terminar el flujo de recomendación.
  - Se mejora la interfaz relacionada a la recomendación de asignaturas electivas, ocupando de mejor manera el espacio horizontal de la pantalla y cambiando la distribución de las leyendas y marcas visuales. Este cambio se replica en todas las demás páginas en donde se recomienden asignaturas electivas.

4.2.4. Resultados *testing* administrador

El usuario evaluado que cumplió el rol de administrador del sistema fue el profesor guía de este trabajo, Pedro Godoy, quién ocupa el cargo de jefe de carrera dentro de ICI en la UTFSM. De esta forma, se ejecutó una sesión de *testing* en donde se realizaron las 12 tareas previamente establecidas para este tipo de usuario. Los resultados obtenidos se pueden encontrar en la Tabla 8.

Tarea	¿Se completó?	Problemas encontrados y observaciones
1	Sí	▪ El aviso de "cambios sin guardar" generó confusión al usuario al crear una nueva afirmación. ▪ El usuario no logró comprender completamente el signficado e importancia de los pesos que se deben asignar en cada afirmación a cada línea del sistema. ▪ El usuario notó inconsistencias respecto a la disposición y el color de los botones dentro de esta página.
2	Sí	▪ El usuario se nota un poco confuso ante el hecho de tener que guardar cambios después de eliminar la afirmación. ▪ El usuario se nota frustrado ante la posición del botón para guardar cambios.
3	Parcialmente	▪ El usuario comenta que intentó primero cambiar la posición ingresando el índice de manera manual, pero no logró encontrar la opción. ▪ El usuario cambia de posición la afirmación, pero no guarda los cambios, debido a que el sistema no le avisa que debe hacerlo como en las dos tareas anteriores.
4	Sí	▪ El usuario experimenta problemas al intentar crear la línea, debido a que le cuesta entender como agregar un *tag* en el campo respectivo.
5	Sí	▪ El usuario indica que le llamó la atención que la forma de eliminar una línea de especialización sea diferente a como se eliminaban las afirmaciones de la encuesta de preferencias.
6	Sí	▪ El usuario se nota un poco confundido al terminar de agregar el perfil, pues el servidor demora un poco en mostrar los cambios realizados en la vista principal.
7	Sí	Usuario termina la tarea sin ningún problema.

8	Sí	▪ El usuario intenta agregar un valor nuevo en los campos de selección múltiple, en donde se da cuenta que no está permitida dicha acción, por lo que comenta que sería bueno que se indicara de mejor manera lo anterior. ▪ El usuario hace *click* fuera del *modal* por error, lo cual muestra una alerta de que perderá los cambios, pero no se percata de lo que indica esta, por lo que aprieta "Ok" y pierde el progreso que llevaba en la creación del electivo.
9	Sí	Usuario termina la tarea sin ningún problema.
10	No	▪ El usuario demora un poco en encontrar la sección en el sitio para completar la actividad, indicando que llegó a esta por descarte. ▪ El usuario nota que al hacer *scroll* en un campo numérico provoca que el valor de este cambie, lo que lo hace ingresar un valor por equivocación. ▪ El usuario no logra añadir el plan debido a un error interno del sistema.
11	Sí	Usuario termina la tarea sin ningún problema.
12	Sí	Usuario termina la tarea sin ningún problema.

Tabla 8: Resultados *testing* administrador, junto a problemas y observaciones encontradas en cada tarea.
Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede ver en la Tabla 8, 10 de las 12 tareas se lograron completar correctamente, aunque, de igual manera, solo 4 tareas se completaron sin ningun percance. Debido a esto, y con tal de solucionar los problemas mayores en las tareas que no se pudieron completar correctamente, se implementaron las siguientes mejoras en las historias de usuario asociadas a estas tareas:

- **HU12 (modificación de la encuesta de preferencias):**
    - Se mejora la disposición y diseño de los botones "Agregar nueva afirmación" y "Guardar cambios", asegurando que estén siempre a la vista y cambiando sus colores para que sean más coherentes con el resto del diseño del sistema.
    - Se soluciona el problema de que no se indique la alerta "Cambios sin guardar" después de cambiar la posición de una afirmación.
    - Se mejoran las marcas visuales respecto a las afirmaciones que han sido editadas o sujetas a eliminación, indicando lo anterior con un mensaje en la esquina de cada afirmación.

  - En el texto introductivo de la página, se añade una guía detallada sobre el significado e importancia de los pesos asignados a cada afirmación. Además, se incluye esta misma información dentro de un *tooltip* disponible en cada afirmación.

- **HU13 (modificación de líneas de especialización):**
  - Se agrega dentro del campo *tags* un botón que indica explícitamente la acción "Agregar". Este cambio se replica en todos los otros campos con *tags* dentro de las demás funcionalidades del sistema.

- **HU14 (modificación de perfiles profesionales):**
  - Se agregan secciones e indicaciones de carga adecuadas para cuando la página se esté actualizando posterior a la creación de un perfil. Este cambio se replica en todas las demás funcionalidades del sistema en donde el administrador pueda actualizar o añadir datos.

- **HU15 (modificación de asignaturas electivas):**
  - Se añaden indicaciones claras en los campos de selección múltiple para recordar que las opciones deben ser seleccionadas desde el menú desplegable. Este cambio se replica en todos los otros campos con selección múltiple dentro de las demás funcionalidades del sistema.
  - Se cambia la alerta de "Cambios sin guardar" (al hacer *click* fuera del *modal*) a una alerta que ocupa más espacio y relevancia dentro de la interfaz, con tal de que el mensaje sea más fácil de identificar y entender. Este cambio se replica en todos los otros *modal* de creación y edición de datos de las demás funcionalidades del sistema.

- **HU16 (modificación de parámetros adicionales):**
  - Se cambia el nombre de la página, de "Otros parámetros" a "Configuración parámetros", con tal de que sea más fácil de identificar el objetivo de esta.
  - Se desactiva el comportamiento del *scroll* al estar con el puntero dentro de un campo de tipo numérico. Este cambio se replica en todos los otros campos de tipo numérico dentro de las demás funcionalidades del sistema.
  - Se soluciona el error que impedía crear nuevos planes curriculares.

4.3. Proceso de orientación a estudiantes

Posterior al *testing* realizado con estudiantes, se permitió a los usuarios utilizar libremente el sistema, con tal de que pudieran analizar a mayor profundidad sus recomendaciones y que pudieran acceder a la información que más les interesara dentro de este. Luego, a cada estudiante se le dio acceso a una **Encuesta de Satisfacción del Sistema SOEP DI-UTFSM**, la cual tuvo como objetivos:

- Identificar cuáles eran las líneas de especialización que más le interesaban a los estudiantes evaluados.
- Conocer la satisfacción respecto a las recomendaciones e información recibida a través del uso del sistema.
- Conocer opiniones más concretas del sistema y su utilidad.

A continuación se presentan los enunciados de cada pregunta de la encuesta, junto a la respuesta de cada estudiante evaluado:

1. "De las siguientes líneas de especialización presentes en el sistema, ¿cuál es la que mejor se alinea con tus intereses de especialización o según el perfil profesional que desees seguir?"
    - **Estudiante "R.B.B.R."**: Ciberseguridad.
    - **Estudiante "I.A.M.M."**: Software.
    - **Estudiante "O.V.J.B."**: Computación Aplicada.
    - **Estudiante "M.A.M.H."**: Computación Aplicada.
    - **Estudiante "E.I.M.S."**: Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos.
2. "¿Qué tan satisfecho te encuentras con las recomendaciones realizadas por el sistema en cuanto a las líneas de especialización? (del 1 al 5)"
    - **Estudiante "R.B.B.R."**: 3.
    - **Estudiante "I.A.M.M."**: 5.
    - **Estudiante "O.V.J.B."**: 5.
    - **Estudiante "M.A.M.H."**: 5.
    - **Estudiante "E.I.M.S."**: 5.
3. "¿Qué tan satisfecho te encuentras con las recomendaciones realizadas por el sistema en cuanto a las asignaturas electivas? (del 1 al 5)"
    - **Estudiante "R.B.B.R."**: 4.
    - **Estudiante "I.A.M.M."**: 5.
    - **Estudiante "O.V.J.B."**: 5.
    - **Estudiante "M.A.M.H."**: 5.
    - **Estudiante "E.I.M.S."**: 5.
4. "¿Qué tan satisfecho te encuentras con la información y contenidos entregados a través del sitio web del sistema? (del 1 al 5)"

- **Estudiante "R.B.B.R."**: 5.
- **Estudiante "I.A.M.M."**: 4.
- **Estudiante "O.V.J.B."**: 5.
- **Estudiante "M.A.M.H."**: 5.
- **Estudiante "E.I.M.S."**: 4.

5. "¿Crees que este sistema pueda ser útil a estudiantes que deseen recibir una orientación más completa acerca de su especialización profesional? (del 1 al 5)"

   - **Estudiante "R.B.B.R."**: 5.
   - **Estudiante "I.A.M.M."**: 5.
   - **Estudiante "O.V.J.B."**: 5.
   - **Estudiante "M.A.M.H."**: 5.
   - **Estudiante "E.I.M.S."**: 5.

6. "A continuación, puedes dejar un comentario más libre acerca de tu experiencia utilizando el sistema, junto a un posible *feedback* más concreto u opiniones personales."

   - **Estudiante "R.B.B.R."**: "La interfaz muy clara y fácil de utilizar, siento que la página y la razón de ser tiene mucho sentido y compacta muy bien la información! Hay mucho que no se sabía o no se tenía claro de la carrera que la página lo aclara e incluso incentiva y emociona con la informática. Buena idea!".
   - **Estudiante "I.A.M.M."**: "Está muy bien encaminada y lograda la página, solo llamaría la atención ciertas decisiones en el uso de color, pero su funcionamiento es bueno y cumple con la recomendación de electivos según el perfil."
   - **Estudiante "O.V.J.B."**: "Muy bueno, va a ser bacán poder usarlo para tener un entendimiento claro cuando vaya definiendo mi especialización."
   - **Estudiante "M.A.M.H."**: "Sentí que el sistema es muy intuitivo y fácil de ocupar. Me gustó el diseño amigable que tiene y creo que puede ser muy útil para la carrera."
   - **Estudiante "E.I.M.S."**: "El sistema en su esencia es muy bueno, solo pequeños detalles como estilo que serán arreglados. Me gustaría que se puedan ver los libros guía de los ramos, y quizás algún tipo de métrica como por ejemplo porcentaje de aprobación, etc. Pensando más allá, no sé si sea posible pero añadir algún tipo de análisis de sentimiento con respecto al ramo, o algo por el estilo, para saber si es complicado o no. En algún momento preinscribí un ramo el cual no cumplo los requisitos, eso para observaciones."

De las respuestas a esta encuesta, se puede notar que la satisfacción de los estudiantes evaluados respecto a las recomendaciones e información recibida fue bastante buena, promediando un puntaje de $4{,}6$ de 5 en las recomendaciones de líneas de especialización, un $4{,}8$ de

5 en las recomendaciones de electivos y un $4{,}6$ de 5 en la información y contenido. Además, se recibió un puntaje promedio máximo de 5 respecto a la utilidad del sistema en su objetivo de orientar en la especialización profesional de los estudiantes.

Otro aspecto interesante a analizar son las recomendaciones de líneas realizadas por el sistema en comparación a las preferencias reales de los estudiantes. Esta información se encuentra presente en la Tabla 9, en donde se puede notar que todos los usuarios, excepto por "R.B.B.R.", recibieron dentro de sus recomendaciones la línea de especialización preferida, lo cual logra explicar los puntajes máximos en la pregunta 2 de la encuesta de satisfacción mencionada previamente.

Estudiante	Línea de preferencia	Línea recomendada por preferencias	Línea recomendada por calificaciones
R.B.B.R.	Ciberseguridad	Software	Transformación y Emprendimiento Digital
I.A.M.M.	Software	Software	Transformación y Emprendimiento Digital
O.V.J.B.	Computación Aplicada	Computación Aplicada	Software
M.A.M.H.	Computación Aplicada	Computación Aplicada	Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos
E.I.M.S	Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos	Inteligencia Artificial y Ciencia de Datos	Computación Aplicada

Tabla 9: Líneas de especialización recomendadas a estudiantes evaluados, incluyendo además la línea de preferencia de cada uno.
Fuente: Elaboración Propia.

En el caso del estudiante "R.B.B.R.", este mencionó que las recomendaciones recibidas le parecían lógicas en relación con sus competencias. Sin embargo, señaló que su preferencia personal seguía inclinándose hacia la línea de "Ciberseguridad", lo que explica su puntaje de 3 en la pregunta 2 de la encuesta de satisfacción.

CAPÍTULO 5
CONCLUSIONES

5.1. Resultados principales

En esta memoria se abordó el diseño y desarrollo del **Sistema de Orientación de Especialización Profesional** del DI de la UTFSM (**SOEP DI-UTFSM**), dirigido a los estudiantes de ICI de esta misma universidad. El objetivo principal de la creación de este sistema (y del trabajo en su totalidad) fue desarrollar una herramienta capaz de orientar a los estudiantes en su **especialización profesional**, es decir, ayudarles a escoger qué asignaturas electivas cursar, a qué perfiles profesionales enfocar su carrera y qué línea de especialización seguir en un posible posgrado.

Lo anterior se logró a través de la construcción de dos sistemas. El primero consiste en un **sistema de recomendación**, inspirado en otros sistemas recomendadores utilizados en contextos académicos, el cual tuvo como objetivo recomendar **líneas de especialización** y **asignaturas electivas** a los estudiantes. Estas recomendaciones se construyeron a través de cuatro filtros de recomendación, los cuales reciben como entrada las preferencias y calificaciones de cada estudiante.

El segundo sistema construido fue un **sistema web**, el cual resulta en una aplicación web que cumple el rol de capturar los perfiles de los estudiantes (i.e. sus preferencias y calificaciones), para luego entregar las recomendaciones previamente mencionadas, y disponibilizar información relevante acerca de los ítems asociados a la especialización profesional. Adicional a lo anterior, se dio cabida dentro de este sistema a que un administrador pueda actualizar los parámetros, ítems e información presente en la aplicación, con el fin de que el sistema pueda mantenerse actualizado a posibles cambios que vayan surgiendo a lo largo de cada semestre.

El sistema web fue diseñado utilizando la metodología *Top-Down*, comenzando con el diseño de *Mock-Ups* que iban cubriendo los requisitos generales y específicos del sistema a desarrollar, para luego ir detallando cada componente en requisitos funcionales más específicos y medibles. Luego, el desarrollo del sistema consistió en ir implementando las historias de usuarios definidas durante el levantamiento de requerimientos, siendo este proceso acompañado por una serie de revisiones con el profesor guía de este trabajo, Pedro Godoy, el cual entregaba retroalimentación de lo desarrollado y recomendaba ajustes a los diversos criterios de aceptación evaluados.

Durante el desarrollo de este sistema se utlizaron diversas tecnologías que facilitaron este proceso y mejoraron sustancialmente el producto final obtenido. Entre estas se destaca, en primer lugar, *NestJS*, el cual fue el *framework* utilizado para el servidor de aplicación del sistema web y su respectiva *API Rest*. La ventaja de utilizar esta tecnología recae principalmente

en la arquitectura que impone en el desarrollo de la aplicación, lo que dio como resultado una aplicación altamente mantenible y escalable. En segundo lugar, también se destaca el uso de *Docker* para contenerizar el sistema web completo, lo que facilitó en gran medida el despliegue del sistema en una máquina virtual de *DigitalOcean*, como también facilitará el despliegue de esta misma en los servidores del DI al momento de desplegar el sistema en producción.

El sistema como producto final fue validado a través de distintas sesiones de *testing*, de caracter cualitativo, en donde se situó a cinco estudiantes de la carrera ICI de la UTFSM y al profesor guía del trabajo, a una serie de tareas que tuvieron como objetivo validar la correcta implementación de las historias de usuario desarrolladas, como también validar la usabilidad del sitio web. A la vez, se realizó en paralelo con estos mismos cinco estudiantes un proceso orientativo a través del uso del sistema, permitiendo el libre uso de este durante un tiempo determinado, para luego consultar la satisfacción de estos respecto a las recomendaciones e información recibida. De todo este proceso se obtuvieron resultados bastante buenos, percibiendo un nivel alto de satisfación por parte de los estudiantes en el uso del sistema. De igual manera, se encontraron diversos problemas en el sistema durante estas sesiones, tanto a nivel técnico como a nivel de interfaz, los cuales afectaron la experiencia del usuario o, en algunos casos, impidieron que se completaran las tareas de manera correcta. En vista a lo anterior, se abarcó un último ciclo de desarrollo en donde se abordaron las problemáticas encontradas y se corrigieron para la la versión final del sistema.

El siguiente paso en la implementación del sistema es su despliegue en los servidores del DI, integrándolo con el servicio de autenticación del Departamento. Asimismo, se implementará en un futuro un servidor *proxy* inverso y se configurará un dominio personalizado, facilitando así el acceso e interacción de los estudiantes con la plataforma.

Con lo anterior, se espera que el sistema contribuya de manera significativa en la orientación de los estudiantes de la carrera en su proceso de especialización profesional, buscando reducir los casos en los que los estudiantes no aprovechen adecuadamente esta etapa por falta de información, permitiéndoles realizar una transición más fluida al egresar, ya sea hacia el mundo laboral o al optar por un programa de posgrado.

5.2. Cumplimiento de objetivos

Con el fin de validar los objetivos planteados en la sección 1.4, a continuación se indicará la solución diseñada e implementada para cada **objetivo específico** de este trabajo, para luego, por transtividad, validar que el **objetivo general** de la memoria se haya cumplido con éxito.

1. **Documentar la situación actual sobre la especialización profesional de estudiantes de la carrera ICI de la UTFSM.**

   A lo largo de la sección 2.1 se logra presentar la situación actual del DI y la carrera ICI

frente a los distintos ítems que componen la especialización profesional de los estudiantes, como también se mencionan los últimos esfuerzos realizados por el Departamento con tal de impulsar este proceso.

2. **Revisar las distintas líneas de especialización y los perfiles profesionales que cubre la carrera ICI y el DI, incluyendo sus características y competencias asociadas.**

   En la sección 2.1.4 se presenta el **Plan de Acción 2021**, en donde se introducen las distintas líneas de especialización y perfiles profesionales definidos durante este proceso de mejora continua. Luego, estos mismos ítems son los que se utilizan para poblar la base de datos del **SOEP DI-UTFSM**, ampliando la información de estos con el fin de parametrizar los ítems del sistema recomendador y construir la encuesta de preferencias (proceso descrito en la sección 3.1.2.1), como también para construir las páginas de información del sistema web (proceso descrito en el componente específico "Información sobre líneas de especialización, perfiles profesionales y asignaturas electivas" de la sección 3.2.2).

3. **Revisar las asignaturas electivas dictadas por el DI y categorizarlas según los perfiles profesionales y líneas de especialización con las que estén asociadas.**

   En la sección 2.1.4, y nuevamente en base a lo establecido por el **Plan de Acción 2021**, se menciona la existencia de una tabla que relaciona una serie de asignaturas electivas con las líneas de especialización y perfiles profesionales definidos en este proceso. En paralelo, se puebla la base de datos del **SOEP DI-UTFSM** con las asignaturas electivas dictadas durante los semestres **2024-1** y **2024-2**, completando sus datos en base a los programas académicos de cada electivo, como también estableciendo sus relaciones con las líneas y perfiles según la tabla previamente mencionada.

4. **Diseñar e implementar un sistema de recomendación de líneas de especialización y asignaturas electivas para estudiantes de la carrera ICI de la UTFSM, basado en las preferencias de cada estudiante y su desempeño en sus asignaturas cursadas.**

   A lo largo de la sección 3.1 se presenta el diseño de dicho sistema recomendador, el cual logra recomendar estos ítems de la especialización profesional del estudiante en base a sus preferencias (capturadas a través de una encuesta de preferencias y en base a un filtro colaborativo) y a sus calificaciones (extrayendo estas notas desde el resumen académico de cada estudiante). Luego, a lo largo de la sección 3.2 es en donde se implementa el sistema recomendador, esto último a través del diseño e implementación del sistema web. En específico, los requerimientos funcionales asociados al sistema recomendador pueden encontrarse en las historias de usuario **HU05**, **HU06** y **HU07** de la sección 3.2.3.

5. **Validar el sistema en un proceso de orientación real con estudiantes de la carrera ICI de la UTFSM.**

   En la sección 4.3 se puede encontrar el proceso orientativo realizado a los cinco estudiantes evaluados durante la validación del sistema. Este proceso obtuvo muy buenos

resultados respecto a la satisfacción en el uso del sistema, como también respecto a las recomendaciones e información recibida.

En vista que los cinco objetivos específicos fueron abordados y completados con éxito, se considera que el objetivo general de este trabajo también lo fue, el cual corresponde a **"diseñar un sistema dedicado a la orientación del estudiante de la carrera ICI de la UTFSM en la elección de un perfil profesional, línea de especialización y asignaturas electivas"**.

5.3. Trabajo futuro y mejoras

Durante el proceso de desarrollo y validación del **SOEP DI-UTFSM** fueron surgiendo varias oportunidades de mejora, tanto en el sistema recomendador como en el sistema web. Algunas de estas mejoras fueron implementadas durante el proceso de desarrollo e incluidas en el diseño del sistema, mientras que otras fueron descubiertas durante el proceso de validación e implementadas posterior a este (véase las mejoras implementadas en las secciones 4.2.3 y 4.2.4). Sin embargo, surgieron otras oportunidades de mejora que no lograron abordarse durante el desarrollo del trabajo, debido principalmente a que se escapaban de los recursos disponibles y del enfoque principal del trabajo. A continuación se indican las oportunidades de mejora más relevantes que se lograron encontrar para el **SOEP DI-UTFSM**, las cuales pudiesen ser abordadas en posibles trabajos futuros que involucren a este sistema:

- **Ampliar contenido de los ítems de la especialización profesional en el sistema web:** Durante el proceso de validación del sistema, un comentario recibido por parte de uno de los estudiantes evaluados indicaba el interés de este en que el sistema ofreciera más información respecto a las asignaturas electivas que se presentan dentro de este. Con esto, surgieron una serie de contenidos y funciones que pudiesen incluirse en una versión futura del sistema, los cuales se resumen en:

  1. Incluir la bibliografía que se revisa en cada asignatura electiva, con el fin de que los estudiantes puedan interiorizarse de mejor manera en los contenidos que se revisarán en estas.
  2. Incluir en cada perfil profesional ejemplos de industrias en las que se puede desenvolver dicho perfil, con posibles enlaces externos a otros sitios en donde el estudiante pueda conocer más información acerca de estos puestos.
  3. Habilitar una función en la que los estudiantes puedan expresar sus opiniones respecto a las asignaturas electivas que ya hayan cursado, con tal de que otros estudiantes puedan revisar estos testimonios y experiencias, y así puedan conocer opiniones más concretas acerca de estos electivos.

  En general, estas mejoras parecen bastante plausibles, aunque, de igual manera, involucran un proceso relativamente extenso de recolección de información. Sin embargo,

el tercer punto presenta diversas problemáticas, ya que involucra el manejo de contenido generado por los mismos estudiantes, lo que puede llegar a alterar la calidad general de la información expuesta en el sistema. Debido a esto, se requiere un análisis más profundo respecto a si vale realmente la pena implementar este último punto o no.

- **Inclusión de los progamas de posgrado en los contenidos del sistema:** Otra serie de contenidos que se pueden incluir en el sistema es la información acerca de los distintos programas de posgrado que ofrece el DI. Esto permitiría incluir descripciones generales de cada programa, junto a sus procesos de inscripción disponibles y sus requerimientos previos. Además, se puede incluir en el sistema las asignaturas electivas que son cursables en estos programas, posibilitando así el fácil acceso a la información de estas asignaturas más específicas.

- **Obtención de calificaciones de los estudiantes:** En la versión actual del sistema, el procedimiento asociado a obtener las calificaciones de los estudiantes se realiza escaneando el resumen académico de estos, utilizando una librería con la que se convierte en texto al archivo *pdf* de este resumen, para luego ser procesado y así extraer las calificaciones y almacenarlas en la base de datos del sistema (proceso descrito en la sección 3.2.4.2). La principal ventaja de este enfoque es que evitamos que el estudiante tenga que subir sus calificaciones de manera manual, lo cual sería un proceso bastante tedioso para este usuario. Sin embargo, este acercamiento posee la desventaja de ser sensible a posibles cambios en el formato del resumen académico manejado por SIGA, lo que dejaría inhabilitada esta funcionalidad dentro del sistema. Con este problema a la vista, se consideró durante el desarrollo de este trabajo integrarse con SIGA para la obtención de estas calificaciones a través de una *API*, pero debido principalmente a falta de tiempo y complicaciones que traía esta integración en lo que respecta al desarrollo y validación del sistema, se decidió mantener la solución anterior, dejando a esta integración como mejora futura.

- **Actualización de los ítems de la especialización profesional u otros parámetros:** Debido a la naturaleza del sistema web, es necesario que este se mantenga actualizado de manera semestral con tal de mantener su vigencia. Estas actualizaciones incluyen la incorporación de nuevos periodos de preinscripción, permitiendo que los estudiantes puedan preinscribir asignaturas electivas, así como la actualización de los programas académicos, indicando que asignaturas electivas se dictarán en cada semestre. Además, también será necesario actualizar los parámetros de la especialización profesional a medida que la carrera y la industria vayan evolucionando, como también actualizar las mallas curriculares o las áreas de desarrollo cuando se vean modificadas dentro de la carrera y del DI. Por todo lo anterior, el rol del administrador resulta muy importante para que el sistema se mantenga actualizado frente a todas estas eventualidades, aprovechando así las funcionalidades implementadas relacionadas a la actualización y adaptación del **SOEP DI-UTFSM**.

ANEXOS

5.1. Plan ICI 2014

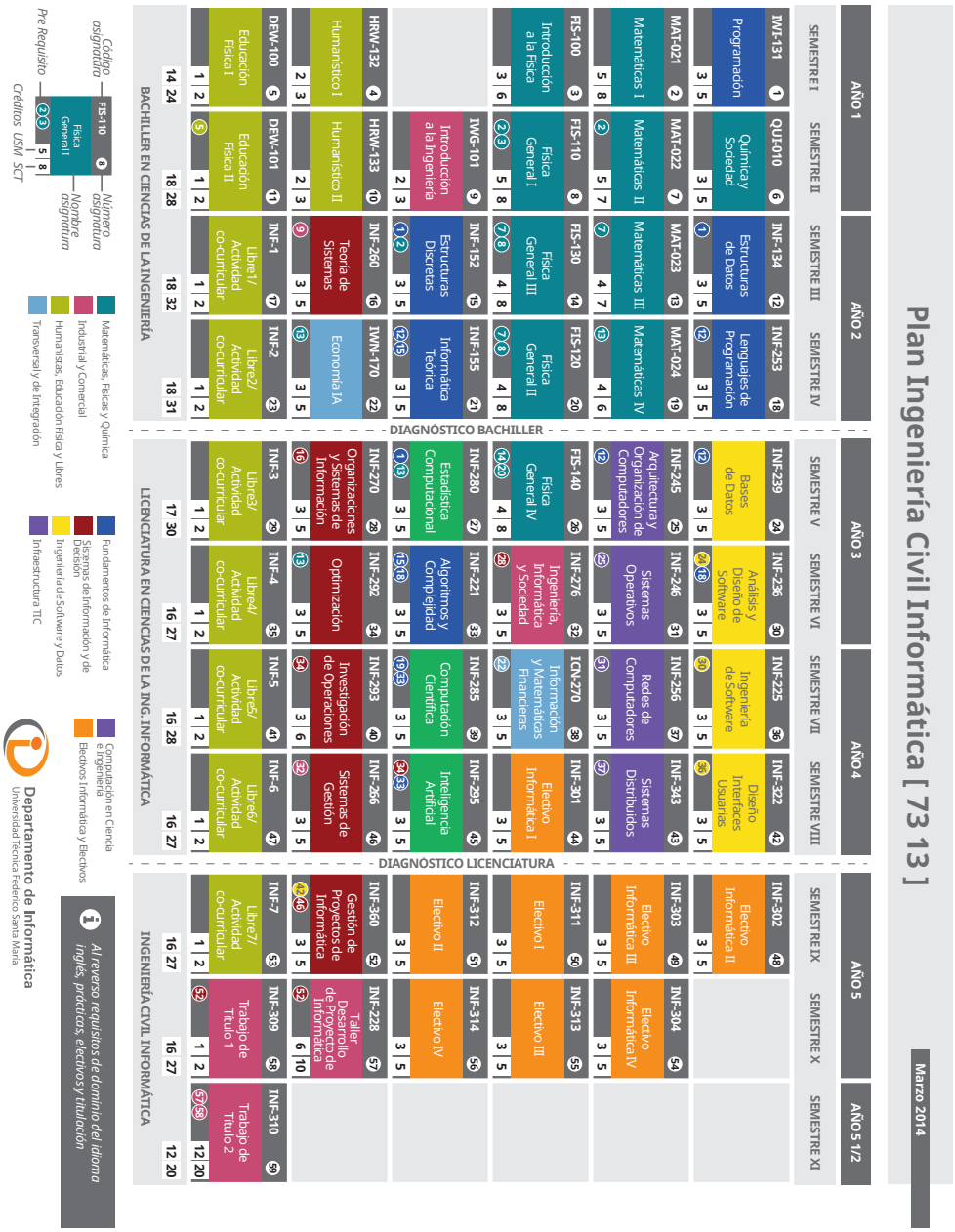

Figura 24: Plan Ingeniería Civil Informática, con fecha Marzo del 2014.
Fuente: [Departamento de Informática, 2014].

5.2. Encuesta de Preferencias

ID	Afirmación
1	“Me gusta aplicar la programación y otras herramientas informáticas para resolver problemas de otras áreas científicas.”
2	“Me interesa el diseño, construcción y la evaluación de las interfaces usuarias dentro de aplicaciones digitales.”
3	“Me interesa la protección de sistemas informáticos de posibles ataques y amenazas.”
4	“Me gusta mucho programar, siguiendo buenas prácticas y aprendiendo nuevos lenguajes y tecnologías.”
5	“Me interesa la creación y el desarrollo de software seguro y confiable.”
6	“Me gusta trabajar directamente con el hardware y las infraestructuras tecnológicas, interactuando y configurando sistemas y redes informáticas.”
7	“Me interesa el emprendimiento y la creación de empresas tecnológicas relacionadas con proyectos informáticos.”
8	“Me interesan la estrategia y análisis de negocio, analizando datos operacionales y extrayendo información de estos.”
9	“Me interesa la inclusión y aplicación de la informática en los sistemas educativos.”
10	“Me gustaría contribuir a la transformación digital de las organizaciones a través de soluciones tecnológicas innovadoras.”
11	“Me gustan las áreas relacionadas a las matemáticas y estadística y el como se relacionan con la informática.”
12	“Me gusta trabajar con datos, tanto al nivel de programación como de procesamiento y análisis.”
13	“Me interesa el desarrollo y administración de las inteligencias artificiales, tanto en implementación como a nivel diplomático.”
14	“Me gusta explotar mi creatividad a través de la programación y el diseño, desarrollando software, videojuegos y otros tipos de aplicaciones.”
15	“Me gusta interiorizarme y analizar los sistemas informáticos con el fin de encontrar problemas, errores y vulnerabilidades dentro de estos.”

Tabla 10: Encuesta de Preferencias utilizada en SOEP DI-UTFSM.
Fuente: Elaboración Propia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[Ankit *et al.*, 2015] Ankit, A., Stephanie, W., Suzanne, S., Anand, D., y Ariel, E. H. (2015). Elective courses for medical students during the preclinical curriculum: a systematic review and evaluation. *Medical Education Online*, 20(1):26615.

[Aplyca, 2022] Aplyca (2022). Nextjs: ¿el futuro de la web? `https://www.aplyca.com/blog/nextjs-el-futuro-web-que-es-nextjs`. Accessed: 2024-05-15.

[AWS, 2024a] AWS (2024a). What is docker? `https://aws.amazon.com/docker/`. Accessed: 2024-05-14.

[AWS, 2024b] AWS (2024b). What's the difference between mysql and postgresql? `https://aws.amazon.com/compare/the-difference-between-mysql-vs-postgresql/`. Accessed: 2024-05-27.

[Budiu, 2017] Budiu, R. (2017). Quantitative vs. qualitative usability testing. `https://www.nngroup.com/articles/quant-vs-qual/`. Accessed: 2024-10-03.

[Castells y Jannach, 2023] Castells, P. y Jannach, D. (2023). Recommender systems: A primer.

[Comité Autoevaluación, 2017] Comité Autoevaluación, I. C. I. (2017). Informe autoevaluación carrera ingeniería civil informática. Technical report, Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso, Chile.

[DB-Engines, 2024] DB-Engines (2024). Db-engines ranking. `https://db-engines.com/en/ranking`. Accessed: 2024-05-27.

[Departamento de Informática, 2014] Departamento de Informática, U. (2014). Plan ingeniería civil informática. `https://www.inf.utfsm.cl/images/documentos/nueva-malla-ici.pdf`. Accessed: 2024-05-04.

[Departamento de Informática, 2024a] Departamento de Informática, U. (2024a). Perfil del programa mti. `https://www.mti.cl/perfil-del-programa-mti/`. Accessed: 2024-05-04.

[Departamento de Informática, 2024b] Departamento de Informática, U. (2024b). Postgrado. `https://www.inf.utfsm.cl/estudia-con-nosotros/postgrado`. Accessed: 2024-05-04.

[Departamento de Informática, 2024c] Departamento de Informática, U. (2024c). Áreas de especialización doctorado. `https://doctorado.inf.utfsm.cl/index.php/programa/areas-de-especializacion`. Accessed: 2024-05-04.

[Departamento de Informática, 2024d] Departamento de Informática, U. (2024d). Áreas de especialización magíster. `http://magister.inf.utfsm.cl/index.php/programa/areas-de-especializacion`. Accessed: 2024-05-04.

[Docker, 2024] Docker (2024). Docker overview. https://docs.docker.com/get-started/overview/. Accessed: 2024-05-25.

[Force, 2020] Force, C. T. (2020). *Computing Curricula 2020: Paradigms for Global Computing Education*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA.

[GURU, 2024] GURU, C. S. G. (2024). Top-down design. https://www.computerscience.gcse.guru/theory/top-down-design. Accessed: 2024-05-09.

[IBM, 2024] IBM (2024). What is three-tier architecture? https://www.ibm.com/topics/three-tier-architecture. Accessed: 2024-05-12.

[Isinkaye *et al.*, 2015] Isinkaye, F., Folajimi, Y., y Ojokoh, B. (2015). Recommendation systems: Principles, methods and evaluation. *Egyptian Informatics Journal*, 16(3):261–273.

[Lü *et al.*, 2012] Lü, L., Medo, M., Yeung, C. H., Zhang, Y.-C., Zhang, Z.-K., y Zhou, T. (2012). Recommender systems. *Physics Reports*, 519(1):1–49. Recommender Systems.

[Maghsoudi, 2023] Maghsoudi, M. (2023). Uncovering the skillsets required in computer science jobs using social network analysis. *arXiv preprint arXiv:2308.08582*.

[Manager, 2022] Manager, S. (2022). *Historias de Usuario*.

[Medium y Culture, 2021] Medium y Culture, G. (2021). Nest.js — architectural pattern, controllers, providers, and modules. https://medium.com/geekculture/nest-js-architectural-pattern-controllers-providers-and-modules-406d9b192a3a. Accessed: 2024-05-25.

[Movchan y Zarishniak, 2017] Movchan, L. y Zarishniak, I. (2017). The role of elective courses in students' professional development: Foreign experience. *Comparative Professional Pedagogy*, 7.

[NestJS, 2024] NestJS (2024). Documentation - introduction. https://docs.nestjs.com/. Accessed: 2024-05-25.

[NextJS, 2024] NextJS (2024). The react framework for the web. https://nextjs.org/. Accessed: 2024-05-15.

[Nielsen, 2000] Nielsen, J. (2000). Why you only need to test with 5 users. https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/. Accessed: 2024-10-03.

[NodeJS, 2024] NodeJS (2024). Nodejs. https://nodejs.org/. Accessed: 2024-05-25.

[Oracle, 2024] Oracle (2024). What is mysql? https://www.oracle.com/mysql/what-is-mysql/. Accessed: 2024-05-27.

[Pregrado, 2021] Pregrado, S. (2021). Consideraciones sobre electivos pregrado. En *Consideraciones sobre Electivos Pregrado. Charla estudiantes - enero 2021*, Valparaíso, Chile.

[Sandoval, 2022] Sandoval, D. (2022). Categorizador y recomendador de asignaturas de una plan de estudio académico.

[SFIA, 2023] SFIA, F. (2023). Sfia - acerca de sfia. https://sfia-online.org/es/about-sfia. Accessed: 2023-10-09.

[Toptal y Ali, 2024] Toptal y Ali, A. (2024). Next.js vs. react: A comparative tutorial. https://www.toptal.com/next-js/next-js-vs-react. Accessed: 2024-05-15.

[Torres y Ulloa, 2013] Torres, M. y Ulloa, T. (2013). Sistema recomendador de electivos para estudiantes de ingeniería civil en informática.