

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

DESARROLLO DE UN SISTEMA WEB PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS DELPHI Y AHP DIFUSOS

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN SISTEMAS INFORMÁTICOS Y DE COMPUTACIÓN**

BYRON RAMIRO LÓPEZ CHÁVEZ

byron.lopez@epn.edu.ec

GONZALO DAVID PROAÑO CHICAIZA

gonzalo.proano@epn.edu.ec

DIRECTOR: EDISON FERNANDO LOZA AGUIRRE, PhD.

edison.loza@epn.edu.ec

CODIRECTOR: HERNÁN DAVID ORDOÑEZ CALERO, MSc.

hernan.ordonez@epn.edu.ec

Quito, noviembre 2019

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Byron Ramiro López Chávez y Gonzalo David Proaño Chicaiza, bajo nuestra supervisión.

Edison Fernando Loza Aguirre, PhD.
DIRECTOR DEL PROYECTO

Hernán David Ordoñez Calero, MSc.
CODIRECTOR DEL PROYECTO

DECLARACIÓN

Nosotros, Byron Ramiro López Chávez y Gonzalo David Proaño Chicaiza, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Byron Ramiro López Chávez

Gonzalo David Proaño Chicaiza

DEDICATORIA

A mis padres gracias por los valores y la alegría que han sembrado en mí , a mi madre que me enseñado a trabajar muy duro desde pequeño, enseñándome de su sabiduría en cada consejo que la humildad, verdad y honradez me llevarán por el camino del bien, a mi padre enseñándome con su ejemplo como ser un hombre íntegro con un corazón noble, les estaré siempre agradecidos, porque cada esfuerzo que he hecho y haré en mi vida siempre va ser por ustedes, solo pidiéndole a Dios que me alcance la vida para devolverles un poco de lo mucho que me han dado. También una dedicatoria especial a mi perrito Lucas que hasta su ultimo día me brindó mucha alegría y cariño.

A mi hermana Aidee que ha sido como un apoyo fundamental en toda mi vida y sin el apoyo de ella hubiese sido difícil conseguir estos logros, a mi hermana Grace que ha sido un modelo con su dedicación y empeño en los estudios, a mi hermana Diana que siempre ha confiado en mí y me ha dado ánimos en momentos de problemas.

A mis sobrinos Marilin, David, Cinthia, Dominic, Camila que han llenado mi vida de momentos grandiosos.

A mis amigos de toda la vida Steven, Rai, Joselyn que me han brindado su apoyo y confianza que hemos pasado momentos llenos de alegría y de tristeza desde la niñez, pero siempre ayudándonos, gracias por esa amistad sincera.

Sonríe y comparte alegría por donde vayas talvez alguien lo necesite, se valiente y lucha por tus metas no importa las dificultades que con la ayuda de Dios todo es posible. Alcanza la sencillez de corazón que hace grande a una persona, lo más importante disfruta el regalito más lindo del cielo la Familia, amigos y el amor.

David Proaño

DEDICATORIA

A mi familia.

Byron López

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por estar conmigo a cada momento, cada paso de mi vida y sujetarme con su mano en los momentos difíciles y enseñarme que a pesar de las malas decisiones siempre se puede volver al camino correcto.

A mis padres por todo el esfuerzo que hacen por ayudarme a conseguir mis sueños y metas.

A mi amigo y compañero de proyecto de titulación Byron que gracias a su esfuerzo y trabajo de equipo logramos culminar con éxito no solo este proyecto sino todos los que afrontamos en vida universitaria.

Un agradecimiento especial a nuestro tutor PhD Edison loza por su apoyo incondicional en el proyecto de titulación y compartir sus grandes conocimientos.

Un agradecimiento al Msc. Hernán Ordoñez por confiar en nuestro proyecto y siempre recibirnos dispuesto a compartir sus conocimientos.

David Proaño

AGRADECIMIENTO

A Dios, por bendecir a mi familia y a mí.

A mis padres Edgar y Esperanza, quienes con esfuerzo, confianza y amor me permitieron llegar lejos y cumplir hoy un gran sueño.

A Mayra y Silvia, mis hermanas, por enseñarme a luchar frente a las adversidades, por cuidar de mí desde pequeño y ser mis amigas durante toda mi vida.

A mi director Edison, por su confianza y apoyo brindado durante todo el desarrollo del presente proyecto. Gracias por compartir su tiempo y conocimientos.

A mi codirector Hernán, por confiar en el presente proyecto.

A David, mi amigo, por su amistad brindada durante toda mi carrera, por su dedicación y determinación para concluir con este trabajo.

A Jennifer, quien con su cariño, amor y apoyo me motivaron a seguir en las estancias finales, por ser mucho más que una amiga, por compartir momentos muy hermosos conmigo.

A mis amigos, de quienes aprendí mucho y compartí valiosos momentos.

Byron López

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	I
DECLARACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VII
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
1 INTRODUCCION.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.2.1 Objetivo General.....	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3 MARCO TEÓRICO	2
1.3.1 Método Delphi tradicional	2
1.3.2 Método Delphi Difuso	4
1.3.1 Proceso de Jerarquía Analítica Difusa.....	10
1.3.2 Plataformas y tecnologías para desarrollo web.....	19
2 METODOLOGÍA.....	24
2.1 METODOLOGÍA SCRUM	24
2.1.1 Scrum	24
2.1.2 Flujo del proceso Scrum	24
2.1.3 Equipo Scrum	25
2.1.4 Eventos de Scrum	26
2.1.5 Artefactos de Scrum	26
2.2 DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....	27
2.2.1 Descripción.....	27
2.2.2 Alcance.....	27
2.3 INVESTIGACIÓN PRELIMINAR	28
2.4 ROLES.....	29
2.5 REQUERIMIENTOS	30
2.6 LISTA DE PRODUCTO.....	30
2.7 PLANIFICACIÓN DE LANZAMIENTO.....	32
2.8 SPRINT 1.....	32

2.8.1 Planificación del Sprint	33
2.8.2 Ejecución del Sprint	34
2.8.3 Inspección y Adaptación	34
2.9 SPRINT 2.....	36
2.9.1 Planificación del Sprint	36
2.9.2 Ejecución del Sprint	37
2.9.3 Inspección y Adaptación	38
2.10 SPRINT 3.....	39
2.10.1 Planificación del Sprint.....	40
2.10.2 Ejecución del Sprint	41
2.10.3 Inspección y Adaptación	41
2.11 SPRINT 4.....	43
2.11.1 Planificación del Sprint.....	44
2.11.2 Ejecución del Sprint	45
2.11.3 Inspección y Adaptación	45
2.12 SPRINT 5.....	46
2.12.1 Planificación del Sprint.....	47
2.12.2 Ejecución del Sprint	48
2.12.3 Inspección y Adaptación	48
2.13 SPRINT 6.....	50
2.13.1 Planificación del Sprint.....	50
2.13.2 Ejecución del Sprint	51
2.13.3 Inspección y Adaptación	52
3 RESULTADO Y DISCUSIÓN	54
3.1 PRODUCTO FINAL	54
3.1.1 Interfaz de administrador	54
3.1.2 Interfaz del cliente.....	73
3.2 CASO DE ESTUDIO	79
3.2.1 Aplicación del Método Delphi difuso	79
3.2.2 Aplicación del Método AHP difuso	89
4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
4.1 CONCLUSIONES	97
4.2 RECOMENDACIONES	98
5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
6 ANEXOS	104

6.1 HISTORIAS DE USUARIO.....	104
6.2 PROTOTIPO DISEÑO DE INTERFACES	104

RESUMEN

Tomar una decisión no siempre es fácil, se lo hace a diario, pero siempre con la incertidumbre de si será la óptima para resolver problemas. La responsabilidad de tomar una decisión podría ser más delicada si de ella depende una organización, empresa o institución. La tarea se complica más, si en la toma de decisión intervienen varios actores. Muchos estudios aplican los métodos matemáticos Delphi y AHP difusos para formalizar estas decisiones. Así, en el presente proyecto se desarrolló un sistema web que facilita la aplicación de estos de métodos. El sistema permite a la comunidad académica obtener resultados favorables basados en la opinión de expertos. Además, ofrece una interfaz de administración para gestionar encuestas, seleccionar los expertos participantes, calcular y analizar los resultados de los algoritmos Delphi y AHP difusos. En cuanto a la metodología de desarrollo, el presente proyecto trabajó bajo la metodología ágil Scrum. Finalmente, se evaluó la usabilidad del sistema web mediante dos casos de estudio.

Palabras clave: Toma de decisiones, Sistema web, Delphi difuso, AHP difuso.

ABSTRACT

Deciding is not an easy task. Even when we do it daily, there exists always uncertainty of whether it will be the most optimal solution for solving problems. The responsibility of make a decision could be more delicate if the future of an organization, company or institution depends on it. To solve these issues, many studies have applied the fuzzy Delphi and AHP mathematical methods to formalize these decisions. Thus, in the present project we developed a web system that facilitates the application of these AHP methods. It allows the academic community to obtain favorable results based on expert opinions. This system includes an interface to manage surveys, select the experts, calculate and analyze the results of the fuzzy Delphi and AHP algorithms. Concerning the development, this project was worked following the Scrum methodology. Finally, the usability of the web system was evaluated through two study cases.

Keywords: Decision making, Web system, Fuzzy Delphi, Fuzzy AHP.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ser humano en su diario vivir debe confrontarse constantemente con procesos de toma de decisiones, lo cual implica la selección de la solución más adecuada bajo ciertos criterios. Sin embargo, debido a la subjetividad e incertidumbre que ciertas decisiones pueden conllevar, se han llevado esfuerzos en la búsqueda de métodos matemáticos que simplifiquen, faciliten y brinden una precisión mayor en la elección de las mejores alternativas, y, por consiguiente, la toma de decisiones en general [1]. Es así que, científicos como: Dalkey [2], Zadeh [1], Satty [3]; idearon métodos que han permitido transformar el proceso de toma de decisiones en una ciencia matemática. Entre estos métodos encontramos los métodos Delphi y AHP, que permite obtener resultados óptimos partiendo sobre la base de una población de expertos reducida y con la relativa inversión de pocos recursos.

Los métodos Delphi y AHP se enfocan en resolver problemas que impliquen seleccionar la solución óptima de entre las diferentes alternativas posibles. Convierten la opinión de los expertos en valores numéricos nítidos y evalúan las alternativas conforme a cada criterio. Sin embargo, estos métodos se ven limitados por dos razones: (1) la información de las alternativas puede ser imprecisa, obligando a los expertos a evaluar información incompleta, aproximada, o no bien definida; (2) los criterios que los expertos deben evaluar pueden tener un alto peso de subjetividad [4]. Ambas limitaciones conducen a que las respuestas de los expertos sean muy sesgadas y se pierda la riqueza de sus opiniones. La solución a los problemas descritos se basa en combinar la teoría difusa de Zadeh [1] para convertir fenómenos poco claros en términos matemáticos, y sacar así un mayor provecho a las respuestas de los expertos, manteniendo la opinión de cada experto representada en la respuesta final [5].

Si bien, los métodos Delphi y AHP difusos han demostrado tener innumerables aplicaciones muy útiles en investigación, su aplicación en la práctica se dificulta debido a la no existencia de un sistema que permita: administrar, manejar y analizar las respuestas de los expertos. Esto lleva al investigador a recurrir a prácticas convencionales para recolectar sus datos, como: correos electrónicos, entrevistas en línea, encuestas en papel, reuniones extensas, entre otros. Estas prácticas significan una gran inversión económica y

de tiempo. Es así como, el presente trabajo de titulación tiene como objetivo implementar un sistema web que facilite la aplicación de los métodos Delphi y AHP difusos, permitiendo obtener resultados que ayuden a la comunidad académica, y al público en general, en la realización de estudios que involucren la opinión de expertos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema para la realización de estudios FDM y FAHP sobre una plataforma web que incluye una interfaz de administración y otra de utilización.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema web que responda a la aplicación de FDM y FAHP y requerimientos del cliente.
- Implementar un sistema web que facilite la aplicación de FDM y FAHP.
- Evaluar la utilidad del sistema mediante casos de estudio en dos proyectos de investigación.

1.3 MARCO TEÓRICO

1.3.1 Método Delphi tradicional

El método Delphi tradicional es un proceso iterativo que extrae y recopila la opinión anónima de un conjunto de expertos para crear un consenso. Fue diseñado para la toma de decisiones en asuntos militares, y años más tarde se reveló al público con los trabajos de Dalkey y Helmer de 1963 [6]. Su aplicación se centra en cualquiera de estos tres objetivos: (1) pronosticar eventos futuros; (2) determinar un consenso de políticas o metas dentro de una organización; y (3) identificar diversidades de criterios y obtener una retroalimentación de las partes interesadas sobre un resultado.

El método se basa en distribuir un cuestionario de manera anónima a cada integrante de un panel de expertos. El proceso es gestionado por un coordinador de encuestas (usualmente el responsable de la investigación). Al terminar cada iteración o ronda, el coordinador proporciona a los participantes las respuestas y comentarios anónimos obtenidos de todos los miembros del panel. Así, los participantes podrán reconsiderar sus opiniones en una próxima iteración. El proceso termina al alcanzar un nivel satisfactorio de consenso [2].

Existen 4 elementos esenciales de una encuesta Delphi:

1. **Anonimato:** los comentarios y respuestas de cada experto se proporcionan de forma anónima hacia el resto del panel. Los participantes no se comunican entre sí para evitar influencias de figuras dominantes o generar conflictos, manteniendo la riqueza de las opiniones.
2. **Ronda:** las iteraciones múltiples permiten al experto reevaluar sus opiniones y, gracias al anonimato del proceso, reconsiderar sus respuestas de una ronda anterior.
3. **Retroalimentación controlada:** al terminar cada ronda, los participantes reciben una retroalimentación con las opiniones del grupo y se les anima a reevaluar sus propias respuestas. A menudo estas opiniones incluyen comentarios de los participantes en favor de sus respuestas.
4. **Agregación estadística de respuestas grupales:** al finalizar la encuesta, se sintetiza las opiniones generales de los participantes en un promedio estadístico con el fin de evaluar si un consenso ha sido alcanzado.

Sin embargo, existen algunas debilidades en el método Delphi tradicional relacionadas principalmente con el hecho de que el juicio de los expertos no siempre se puede reflejar adecuadamente en términos cuantitativos. En la vida cotidiana, las personas usan términos lingüísticos (por ejemplo: “malo”, “regular” o “bueno”) para calificar sus preferencias; lo cual puede generar ambigüedad para interpretar y diferenciar sus opiniones al ser trasladadas a una medición cuantitativa. Así, el método Delphi necesita de muchas encuestas repetitivas para lograr una convergencia en los valores de pronóstico, lo que significa un coste elevado en tiempo y dinero [7], [8].

1.3.2 Método Delphi Difuso

Para resolver las debilidades del método Delphi tradicional, investigadores como Murry, Pipino y Gigch [9] propusieron combinar el método Delphi con la teoría de conjuntos difusos de Zadeh [5]. Esta combinación fue bautizada como el método Delphi difuso (FDM, *Fuzzy Delphi Method*). FDM, a diferencia del método Delphi tradicional, no necesita de múltiples rondas o iteraciones para llegar a un consenso. El número de participantes se ve reducido significativamente y los expertos no se ven obligados a cambiar su opinión para cumplir con el promedio estadístico del grupo [9].

Al aplicar la teoría difusa en el método Delphi, el investigador debe realizar dos esfuerzos importantes: (1) definir cómo calcular las distancias que reflejan la cercanía o separación existente entre la opinión de dos expertos; y (2) encontrar una forma de identificar patrones en los datos de esta distancia. En la práctica, existen muchas formas de resolver este problema de distancia, y solo una (la más utilizada) de entre las tantas existentes se ilustra a continuación [6].

1.3.2.1 Números difusos triangulares

Con el fin de abarcar las opiniones de los expertos, tener una mejor selección de criterios y simplicidad, los investigadores Hsu y Yang (2000) [9] aplicaron números difusos triangulares (TFN, *Triangular Fuzzy Number*) en FDM. Los TFN involucran el término "difuso" por la representación de un juicio subjetivo y "triangular" porque requiere de tres juicios. Así, estos números difusos necesitan de tres estimaciones por parte del experto: un valor bajo, un promedio y uno alto [7].

1.3.2.2 Pasos del método Delphi difuso

Muchas investigaciones [8], [9], [10], [11], [12] han utilizado TFN para configurar la función de membresía difusa. A continuación, se describen los pasos del método Delphi difuso en base a TFN [7]:

1. **Recopilar la opinión de expertos:** mediante variables lingüísticas se encuentra una puntuación de evaluación de la importancia de cada factor alternativo dado por cada experto.

2. Configurar números difusos triangulares: se calcula el valor de evaluación del TFN de cada factor alternativo dado por cada experto. En el presente proyecto se utilizó la media geométrica del modelo general medio propuesto por Klir y Yuan [7] para el entendimiento común de la decisión de grupo. La fórmula de cálculo se describe a continuación [8]:

Sea \tilde{W}_{ij} el valor de evaluación del j -ésimo elemento obtenido del i -ésimo experto de un total de n expertos y representado como $\tilde{W}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$, ver Figura 1.1.

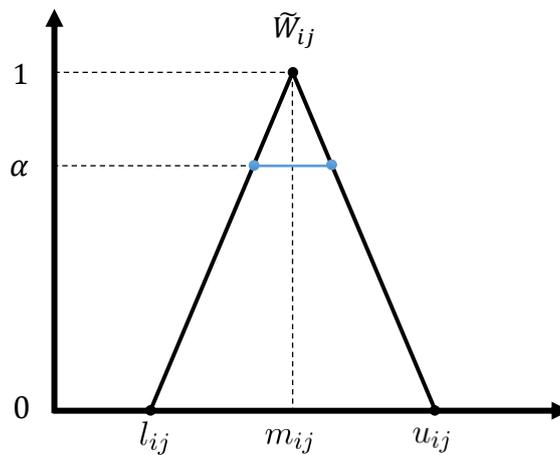


Figura 1.1. Función de membresía difusa.

Donde:

i representa un experto.

j representa un elemento.

l_{ij} representa el valor bajo otorgado por el experto i para el elemento j .

m_{ij} representa el valor promedio otorgado por el experto i para el elemento j .

u_{ij} representa el valor alto otorgado por el experto i para el elemento j .

Entonces, el peso difuso \tilde{W}_j del j -ésimo elemento es:

$$\tilde{W}_j = (L_j, M_j, U_j) \tag{1.1}$$

Dentro de los cuales,

$$L_j = \text{Min}(l_{ij}), \quad i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; \tag{1.2}$$

$$S_j = \frac{L_j + M_j + U_j}{3}, \quad j = 1, 2, \dots, m. \quad (1.5)$$

Los números nítidos se calculan para cada j -ésimo elemento. Entonces, se pueden ordenar, seleccionar y descartar aquellos que no cumplen con un umbral α seleccionado por el grupo de expertos o el coordinador de la investigación. Este umbral α (ver Figura 1.1) permite hacer la siguiente discriminación:

Si $S_j \geq \alpha$, el j -ésimo elemento debe ser seleccionado.

Si $S_j \leq \alpha$, el j -ésimo elemento debe ser descartado.

1.3.2.3 Ejemplo de Aplicación del FDM

El siguiente ejemplo se tomó de un estudio realizado para determinar qué indicadores permitían fortalecer las competencias gerenciales en ejecutivos de corporaciones multinacionales (MNC, *Multinational Corporation*) [8]. Se inicia construyendo indicadores iniciales de la competencia gerencial en ejecutivos de MNC. Luego, mediante un grupo de enfoque (establecido por grupo de expertos de MNC), se ajusta la estructura de indicadores iniciales de las competencias gerenciales. Entonces, se usa el FDM para confirmar estos indicadores. Finalmente, en base a los resultados obtenidos, se construyó una estructura jerárquica con los indicadores más importantes usando el FAHP.

FDM fue aplicada para: (1) construir la estructura de competencias gerenciales; (2) configurar las evaluaciones de ponderaciones; y (3) seleccionar qué indicadores o criterios eran importantes para mejorar las competencias gerenciales en los ejecutivos de MNC. A continuación, se describe los pasos FDM y los resultados calculados (Tabla 1.2) en este estudio.

1. **Recopilar la opinión de expertos:** para confirmar los indicadores de competencia iniciales, se recopiló la opinión de 16 expertos (cada uno con 15 años de experiencia gerencial multinacional) a través de encuestas.
2. **Configurar números difusos triangulares:** para configurar el TFN, primero se calculó el valor de evaluación del TFN dado por cada experto sobre cada indicador. Así, el valor de evaluación \tilde{W}_{11} del primer indicador (*A1 Toma de decisiones*) obtenido del primer experto sería: $\tilde{W}_{11} = (0.7, 0.85, 0.9)$, donde $l_{11} = 0.7$ representa

el menor valor, $m_{11} = 0.85$ el valor medio y $u_{11} = 0.9$ el mayor valor de evaluación. La Tabla 1.1 representaría una lista de los valores de evaluación obtenidos de los 16 expertos sobre el primer indicador. Para los demás indicadores, el proceso debe repetirse y construirse 19 tablas más para cada indicador.

Tabla 1.1. Ejemplo de valores de evaluación del Indicador A1.

Experto No.	\tilde{W}_{ij}		
	l	m	u
1	0.7	0.85	0.9
2	0.7	0.75	0.8
3	0.75	0.85	0.9
4	0.6	0.65	0.85
5	0.6	0.8	0.9
6	0.65	0.7	0.8
7	0.6	0.8	0.9
8	0.7	0.85	0.9
9	0.6	0.8	0.85
10	0.6	0.85	0.9
11	0.7	0.8	0.9
12	0.75	0.85	0.9
13	0.7	0.8	0.85
14	0.75	0.85	0.9
15	0.7	0.8	0.85
16	0.75	0.85	0.9

Así, el peso difuso \tilde{W}_1 calculado del primer indicador (A1 Toma de decisiones) es $\tilde{W}_1 = (0.6, 0.80, 0.9)$, dentro de los cuales:

- $L_1 = 0.6$, representa el menor valor de evaluación seleccionado de entre todos los expertos.
- $M_1 = \sqrt[16]{0.028678} = 0.80$, representa el valor medio global. Dónde: 0.028678 es el resultado de multiplicar los valores medios de evaluación de todos los expertos y 16 es el número total de expertos.
- $U_1 = 0.9$, representa el mayor valor de evaluación global de todos los expertos.

El peso difuso $\tilde{W}_j = (L_j, M_j, U_j)$ se calcula para todos los indicadores. Los resultados calculados de los demás indicadores se muestran en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Ejemplo del resultado calculado por el FDM [8].

Dimensión Principal	Indicadores	L_j	M_j	U_j	S_j	Decisión
A Habilidades Conceptuales	A1 Toma de decisiones.	0.6	0.80	0.9	0.77	Eliminar
	A2 Ejecución Transnacional.	0.8	0.82	1	0.87	
	A3 Gestión de crisis.	0.6	0.77	0.9	0.76	Eliminar
	A4 Capacidades de análisis.	0.7	0.77	0.9	0.79	
	A5 Adaptación.	0.7	0.81	1	0.84	
B Habilidades sociales	B1 Comunicación.	0.8	0.88	0.9	0.86	
	B2 Lengua extranjera.	0.7	0.83	1	0.84	
	B3 Negociación.	0.5	0.73	1	0.74	Eliminar
	B4 Coordinación.	0.7	0.81	1	0.84	
	B5 Liderazgo.	0.8	0.92	1	0.91	
C Habilidades técnicas	C1 Manejo del estrés.	0.8	0.86	1	0.89	
	C2 Conocimiento profesional.	0.7	0.83	1	0.84	
	C3 Gestión del tiempo.	0.5	0.66	1	0.72	Eliminar
	C4 Gestión operativa.	0.8	0.87	1	0.89	
	C5 Gestión de objetivos.	0.7	0.81	1	0.84	
D personalidad	D1 Integridad.	0.7	0.84	1	0.85	
	D2 Neuroticismo.	0.7	0.86	0.9	0.82	
	D3 Independencia propia.	0.7	0.82	0.9	0.81	
	D4 Extraversión.	0.5	0.82	0.9	0.72	Eliminar
	D5 Lealtad.	0.7	0.82	1	0.84	

3. Verificación de consensos: se llega a un consenso sobre el primer indicador (A1 Toma de decisiones) si se cumple dos condiciones: (1) $u_{i1} \geq L_1$ y (2) $G(G = u_{i1} - L_1)$ sea mayor que $C(C = M_1 - m_{i1})$. En este ejemplo, todos los expertos llegaron a un consenso sobre el primer indicador (A1 Toma de decisiones) al verificar que para todos se cumple ambas condiciones (Tabla 1.3). Este proceso debe realizarse para todos los indicadores restantes.

Tabla 1.3. Ejemplo Verificación de consensos.

Experto No.	u_{i1}	L_1	G	$u_{i1} \geq L_1$	M_1	m_{i1}	C	$G > C$
1	0.9	0.6	0.3	SI	0.80	0.85	0.05	SI
2	0.8	0.6	0.2	SI	0.80	0.75	0.05	SI
3	0.9	0.6	0.3	SI	0.80	0.85	0.05	SI
4	0.85	0.6	0.25	SI	0.80	0.65	0.15	SI
5	0.9	0.6	0.3	SI	0.80	0.8	0.00	SI
6	0.8	0.6	0.2	SI	0.80	0.7	0.10	SI
7	0.9	0.6	0.3	SI	0.80	0.8	0.00	SI
8	0.9	0.6	0.3	SI	0.80	0.85	0.05	SI
9	0.85	0.6	0.25	SI	0.80	0.8	0.00	SI
10	0.9	0.6	0.3	SI	0.80	0.85	0.05	SI
11	0.9	0.6	0.3	SI	0.80	0.8	0.00	SI
12	0.9	0.6	0.3	SI	0.80	0.85	0.05	SI
13	0.85	0.6	0.25	SI	0.80	0.8	0.00	SI

Experto No.	u_{i1}	L_1	G	$u_{i1} \geq L_1$	M_1	m_{i1}	C	$G > C$
14	0.9	0.6	0.3	SI	0.80	0.85	0.05	SI
15	0.85	0.6	0.25	SI	0.80	0.8	0.00	SI
16	0.9	0.6	0.3	SI	0.80	0.85	0.05	SI

4. Defusificación: para realizar comparaciones directas se convierte al peso difuso \tilde{W}_1 en un número nítido S_1 . Así se tiene que, el número nítido S_1 correspondiente para el primer indicador (A1 Toma de decisiones) es:

$$S_1 = \frac{L_1 + M_1 + U_1}{3} = \frac{0.6 + 0.8 + 0.9}{3} = 0.77$$

Así, los números nítidos se calculan para cada j -ésimo indicador (ver Tabla 1.2). Entonces, de acuerdo con el estudio realizado. Se eligió un umbral $\alpha = 0.79$ para eliminar aquellos indicadores que no fortalecían las competencias gerenciales en ejecutivos de MNC y seleccionar aquellos que sí. Por ejemplo:

El primer indicador fue eliminado porque el número nítido no fue mayor al umbral $S_1 \geq \alpha \rightarrow 0.77 \geq 0.79$, mientras que el segundo indicador (A2 Ejecución Transnacional) sí fue seleccionado como criterio importante para fortalecer la competencia gerencial en ejecutivos de MNC. Todos los demás resultados cálculos se pueden visualizar en la Tabla 1.2.

1.3.1 Proceso de Jerarquía Analítica Difusa

Es una técnica basada en el método matemático AHP (*Analityc Hierarchy Process*) y la teoría difusa, el objetivo de esta técnica es brindar indicadores priorizados en forma jerárquica para facilitar la toma de decisiones.

AHP fue desarrollado por Thomas Saaty en 1980, esta metodología facilita la toma de decisiones que involucren variables cuantitativas y cualitativas. No obstante, dicho método matemático tiene dificultades al cuantificar las evaluaciones subjetivas en valores. En este ámbito también, la teoría difusa permite acercar los valores definidos de las opiniones de los expertos al pensamiento humano y lograr resultados más razonables. Así, AHP difuso combina el método matemático AHP con los números triangulares TFN (l, m, n) , esta técnica se basa en la toma de decisiones multicriterio creando una jerarquía en las

alternativas, convirtiendo las evaluaciones subjetivas en un conjunto de pesos que nos permitan priorizar la mejor opción.

Fuzzy AHP toma como punto de partida un número puntual de criterios y un número puntual de alternativas para crear las matrices de comparación pareada y ser evaluadas por un grupo seleccionado de expertos, una vez recolectado los valores de las matrices de cada experto son integradas con la técnica media geométrica, para luego calcular los pesos de atributos y criterios [14].

Para la obtención de los pesos de cada una de las alternativas se debe seguir el siguiente proceso:

- Definir el problema, alternativas y criterios.
- Definir una estructura jerárquica de los criterios y alternativas (Tabla 1.4).
- Construir las matrices de comparaciones pareadas para los criterios y para las alternativas.
- Realizar el cálculo de pesos de las matrices de criterios y de la matriz de alternativas a través del método de promedios geométricos (Geometric means).
- Calcular la consistencia de las matrices para verificar la coherencia de la información ingresada y obtener resultados objetivos que con un análisis guíe en la toma de decisiones.
- Calcular los pesos finales multiplicando los pesos de cada criterio por los pesos de las alternativas por criterio.



Tabla 1.4 Estructura Jerárquica de FAHP

1.3.1.1 Matriz de comparación pareadas

Se denomina así a matrices en las que se realiza una comparación por pares, entre las que tenemos la matriz de criterios y la matriz de atributos

Las matrices de comparación pareada tienen que cumplir:

- Reciprocidad: Correspondencia de una comparación con otra. Ejem: $A > B$ entonces $B < A$.
- Homogeneidad: Al comparar un criterio o atributo con sí mismo es igual a 1.
- Consistencia: verifica que la información ingresada es coherente

Matriz de criterios

Matriz de orden k donde k es número de criterios, el objetivo de esta matriz es comprar un criterio sobre otro buscando que criterio tiene más peso y poder clasificarlos en un orden jerárquico.

Matriz de atributos

Se generan k matrices de orden n donde n es número de atributos(objetos) y k el número de criterios, estas matrices buscan identificar la prioridad un atributo sobre otro, pero teniendo en cuenta el criterio de evaluación.

1.3.1.2 Cálculo de pesos

Paso 1

Obtenida las matrices de comparación pareada se calcula el valor de los pesos a través de la técnica "Geometric Mean".

$$\tilde{r}_i = [\tilde{a}_{i1} \otimes \dots \tilde{a}_{in}]^{1/n} \quad (1.6)$$

\tilde{a}_{in} = valor difuso de la comparación pareada del criterio i con respecto al criterio n .

n = Orden de la matriz de criterio.

\tilde{r}_i = Media geométrica de la posición i

Paso 2

Una vez calculada la media geométrica de cada posición i se aplica la formula x para obtener los pesos difusos.

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \quad (1.7)$$

Donde:

\tilde{w}_i = pesos difusos de cada criterio

\tilde{r}_i = Media geométrica de la posición i

n = Orden de la matriz de criterio.

Paso 3

Al tener calculado los pesos difusos para cada criterio o atributo se procese a realizar la defusificación y obtener un número real.

$$M_i = \frac{l \cdot w_i + m \cdot w_i + n \cdot w_i}{3} \quad (1.8)$$

M_i = valor de defusificación en la posición i

l = valor más bajo del número difuso

m = valor en la mitad del número difuso

n = valor más alto del número difuso

Paso 4

Calculado los valores de defusificación se procede a normalizar los pesos obtenidos con la ecuación (1.9).

$$N_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (1.9)$$

Al tener la lista de pesos de los criterios y la lista de pesos de los atributos por cada criterio, se realiza una multiplicación los pesos de cada criterio por el peso de cada atributo con el criterio i y se obtendrá los pesos finales de cada atributo.

1.3.1.3 Consistencia

Para validar que la información ingresada en las matrices de comparación pareadas es coherente, se calcula el radio de consistencia (RC), este indicador se calcula de la siguiente manera (ver (1.10) y si el valor del radio de consistencia está dentro del rango permitido como se muestra en la Tabla 1.5 la información ingresada es coherente.

Radio de consistencia (RC)

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (1.10)$$

RC = Radio de consistencia

IC = Índice de consistencia

IR = consistencia aleatoria.

Tabla 1.5 Rangos válidos de radio de consistencia

Tamaño de matriz	% máximo CR
3	5 %
4	9 %
≥ 5	10 %

Índice de consistencia (IC)

El índice de consistencia se calcula de la siguiente manera:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - k}{k - 1} \quad (1.11)$$

λ_{max} = valor propio real positivo máximo obtenido del cálculo de los vectores propios;
debe ser $\lambda_{max} \geq K$

K = Orden de la matriz de atributos o criterios

Consistencia Aleatoria

Es una constante que depende del tamaño de la matriz k y sus valores fue propuesto por Saaty [15].

Tabla 1.6 Lista de consistencia aleatoria

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

1.3.1.4 Escala de variables lingüísticas

Para la evaluación de las matrices de comparación pareada se debe tener una escala lingüística y pesos de importancia para contrastar la importancia de un atributo o criterio sobre otro. Además, en el algoritmo AHP difuso los pesos de importancia deben ser números triangulares difusos(TFN) [7] como se muestra en la Tabla 1.7.

Se debe tener en cuenta que las matrices de comparaciones pareadas son recíprocas lo que implica que si se compara un Criterio1 > Criterio2 al comparar Criterio2 < Criterio1 se colocará el recíproco del peso de importancia [16].

Tabla 1.7 Escala lingüística con pesos difusos.

Escala lingüística para la importancia	Número Difuso	Función de Membresía	Dominio	Escala difusa triangular (l, m, n)
Exactamente igual	$\tilde{1}$			(1,1,1)
Igual Importancia		$u_M(x) = (3 - x)/(3 - 1)$	$1 \leq x \leq 3$	(1,1,3)
Moderadamente importante	$\tilde{3}$	$u_M(x) = (x - 1)/(3 - 1)$	$1 \leq x \leq 3$	(1,3,5)
		$u_M(x) = (5 - x)/(5 - 3)$	$3 \leq x \leq 5$	
Fuerte Importancia	$\tilde{5}$	$u_M(x) = (x - 3)/(5 - 3)$	$3 \leq x \leq 5$	(3,5,7)
		$u_M(x) = (7 - x)/(7 - 5)$	$5 \leq x \leq 7$	
Muy fuerte importancia	$\tilde{7}$	$u_M(x) = (x - 5)/(7 - 5)$	$5 \leq x \leq 7$	(5,7,9)
		$u_M(x) = (9 - x)/(9 - 7)$	$7 \leq x \leq 9$	
Extremadamente preferido	$\tilde{9}$	$u_M(x) = (x - 7)/(9 - 7)$	$7 \leq x \leq 9$	(7,9,9)
Si la alternativa i tiene uno de los números diferentes de cero ya nombrados, cuando se compara con la alternativa j , entonces la alternativa j tiene el valor recíproco cuando se compara con la actividad i .				Valores Recíprocos $\tilde{M}_1^{-1} = (\frac{1}{n_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1})$

1.3.1.5 Ejemplo de Aplicación del FAHP

Problema de selección de coche de alquiler

El problema se refiere a una pequeña empresa de alquiler de automóviles y su selección del tipo de flota de automóviles que se adoptará. Esta selección es una decisión de inversión importante, con una gran proporción de capital de trabajo vinculado a la elección final. Aquí, uno de los tres directores de la compañía acordó hacer los juicios necesarios para ser utilizados en un análisis de FAHP de este problema de decisión [17].

La primera etapa fue la identificación de los criterios necesarios para ser considerados, que aquí fue consecuencia de una entrevista semiestructurada con el director (en adelante, DM). Tras una discusión con el DM sobre la naturaleza de la aplicación, se decidió restringir el número de criterios a tres áreas: comodidad, seguridad, precio (en adelante C1, C2, C3); Además de los tres criterios, la entrevista inicial también identificó tres tipos de automóviles. Los tres tipos de automóviles son Honda New Civic, Daewoo Lanos y Volkswagen Polo y (en adelante A1, A2, A3).

Dados los detalles necesarios de los criterios y DA, se le pidió al DM que indique preferencias entre pares de criterios y luego entre pares de alternativas en los diferentes criterios a través de la entrevista estructurada.

Las variables lingüísticas utilizadas para hacer las comparaciones por pares fueron las asociadas con la escala estándar de 9 unidades (Saaty, 1980, 1986 y 1988); ver Tabla 1.7.

<ul style="list-style-type: none"> • C1: comodidad • C2: seguridad • C3: precio 	<ul style="list-style-type: none"> • A1: Honda New Civic • A2: Daewoo Lanos • A3: Volkswagen Polo
--	--

Matriz de criterios

Comparamos la importancia de un criterio sobre otro con la escala lingüística (Tabla 1.7). El resultado se muestra en la Tabla 1.8.

Tabla 1.8 Matriz criterios.

	C1	C2	C3
C1	(1,1,1)	(1/7,1/5,1/3)	(1/5,1/3,1)
C2	(3,5,7)	(1,1,1)	(1/9,1/7,1/5)
C3	(1,3,5)	(5,7,9)	(1,1,1)

Matriz de Atributos

Criterio de evaluación: comodidad

Tabla 1.9. Matriz atributo-criterio comodidad.

	A1	A2	A3
A1	(1,1,1)	(1/7,1/5,1/3)	(1,1,1)
A2	(3,5,7)	(1,1,1)	(1/7,1/5,1/3)
A3	(1,1,1)	(3,5,7)	(1,1,1)

Criterio de evaluación: seguridad

Tabla 1.10. Matriz atributo-criterio seguridad.

	A1	A2	A3
A1	(1,1,1)	(3,5,7)	(1,1,1)
A2	(1/7,1/5,1/3)	(1,1,1)	(1/7,1/5,1/3)
A3	(1,1,1)	(3,5,7)	(1,1,1)

Criterio de evaluación: precio

Tabla 1.11 Matriz de atributos-criterio peso.

	A1	A2	A3
A1	(1,1,1)	(1/9,1/7,1/5)	(1/7,1/5,1/3)
A2	(5,7,9)	(1,1,1)	(3,5,7)
A3	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)	(1,1,1)

Al aplicar el algoritmo AHP difuso tenemos los siguientes resultados:

Tabla 1.12 Pesos de criterios.

Criterio	Peso
C1	14.46%
C2	18.51%
C3	67.02%

Tabla 1.13 Pesos de atributos

Atributo	Peso
A1	19.64%
A2	50.73%
A3	29.61%

Tabla 1.14 Consistencia

Índice de consistencia	λ Max	Radio de consistencia
3.87562217	0.43781109	4.19443964%

Primeramente, verificamos si los datos ingresados por el experto son coherentes al tener un radio de consistencia = 4.19 % es menor que el valor permitido (Tabla 1.5) entonces los datos ingresados son válidos.

El analizar los resultados nos permiten tomar una decisión, basándose en la tabla de pesos calculadas con el algoritmo AHP difuso (Tabla 1.12 y Tabla 1.13) tenemos que el atributo 2 (Daewoo Lanos) es el que tiene más prioridad de ser comprado para la empresa de alquiler de autos, teniendo en cuenta que el criterio más importante es el C3 (precio).

1.3.2 Plataformas y tecnologías para desarrollo web

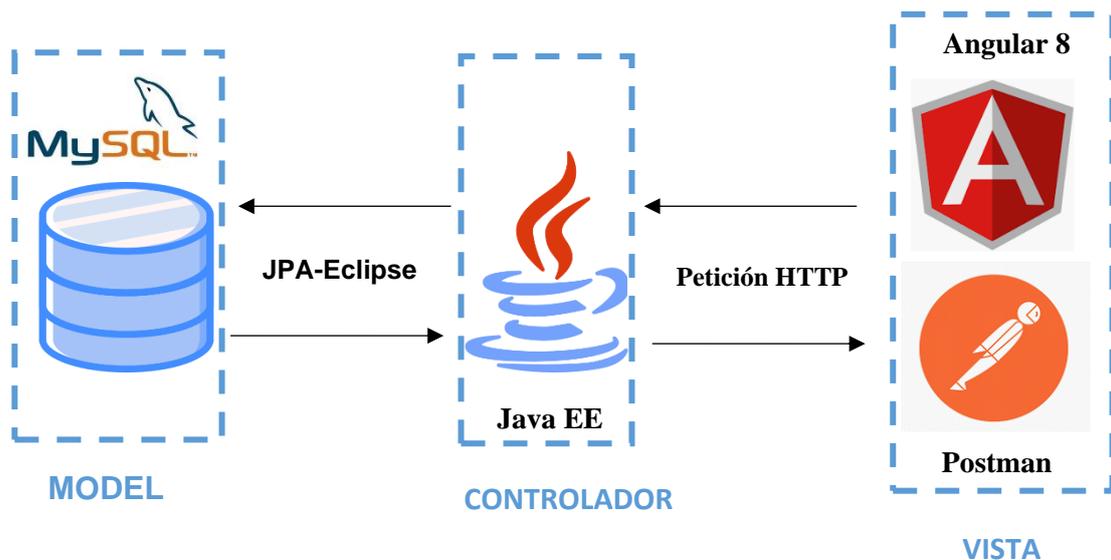
En esta sección introducimos conceptos relacionados con las plataformas y tecnologías utilizadas en el desarrollo del Sistema Web.

1.3.2.1 Arquitectura del Sistema Web

La arquitectura fue diseñada teniendo en cuenta el patrón MVC (Modelo – Vista – Controlador) tratando de separar la lógica, la interfaz y los datos (Figura 1.3) [18]:

- **Modelo.** Corresponde a la base de datos MySQL donde se almacén los datos del aplicativo web.
- **Controlador.** Aplicación desarrollada en Java EE que contiene la implementación de los algoritmos Delphi y AHP difusos. Las APIs están publicadas por el servidor de aplicaciones Payara Server. Para la seguridad de autenticación en el servidor se implementó JWT (JSON web token).
- **Vista.** Pantallas que interactúa con el usuario a través de un navegador web o un cliente REST como Postman [18]. La vista fue desarrollada en el framework de Angular, escrita en lenguaje de programación typescript.

Figura 1.3. Arquitectura MVC del Sistema web.



1.3.2.3 Herramientas y recursos utilizados

Java

Es un lenguaje de programación y una plataforma informática comercializada por primera vez en 1995 por Sun Microsystem ahora perteneciente a Oracle [19]. Java es un lenguaje que utiliza el paradigma orientada a objetos [20] y que funciona en cualquier sistema operativo debido a que se ejecuta sobre una máquina virtual (JVM, *Java Virtual Machine*).

Java EE

Java Enterprise Edición es una plataforma de programación que facilita la creación y desarrollo de una aplicación web, también se lo define como un estándar ya que se debe seguir ciertas especificaciones para construir componentes web [21]. Además, nos brinda muchas ventajas:

- Control de dependencias, el EJB junto con el servidor de aplicaciones manejan la Inyección de dependencias al reconocer las notaciones en las clases java.
- Persistencia con JPA (Java Persistence API) que permite interactúa fácilmente con la base de datos a través del lenguaje de consulta JPQL (Java Persistence Query Language).
- Manejo de Apis SOAP Y REST con objetos XML y JSON respectivamente.

Angular

Es un framework para aplicaciones web, móviles y de escritorio, desarrollado en typescript. Es un marco de código abierto mantenido por Google que sigue el patrón de diseño MVC (Modelo-Vista-Controlador), con la vista separada de los controladores [22].

Visual Code

Es un editor de código fuente disponible para Windows, macOS y Linux [23].

Netbeans

Es un IDE (Integrated Development Environment) libre y gratuito sin restricciones de uso, desarrollado principalmente para el lenguaje de programación Java, pero que también cuenta con complementos para lenguajes como PHP, HTML5 y CSS [24].

Github

Es una plataforma de almacenamiento de proyectos para el control de versiones y la colaboración de varias personas en un mismo repositorio, se almacena en la nube. Actualmente está siendo distribuido por Microsoft [25].

Postman

Es una plataforma para el desarrollo de API. Es un cliente http el cual puede realizar peticiones REST, SOAP, GraphQL ayudando a eliminar las dependencias de los equipos de desarrollo y optimizando el desarrollo de API [26].

JWT

Json Web Token (RFC 7519) es un estándar que define la manera de compartir información de forma segura a través de un objeto JSON mediante verificaciones a través de firmas digitales. En seguridad JWT se puede firmar usando una clave secreta o mediante llaves públicas y privadas [27].

MySQL

Es un sistema de gestión de base de datos SQL distribuido por Oracle Corporation. El sistema es de código abierto con una licencia GPL. MySQL es muy escalable, pudiendo usarse desde base de datos pequeñas hasta muy robustas; brindando escalabilidad, seguridad y fácil conectividad [28].

Eclipse Link

EclipseLink JPA (Java Persistence API) permite la persistencia de los datos entre el aplicativo y la base de datos. La persistencia que ofrece está basada en forma de objetos. Eclipse Link permite además la utilización de JPQL (Java Persistence Query Language)

con consultas directamente a la base de datos. Se puede utilizar tanto en base de datos relacionales como en no relacionales [29].

REST

La transferencia de estado representacional (*Representational State Transfer*) o REST es una interfaz que conecta varios sistemas apoyados en el protocolo HTTP. Sirve para obtener, realizar operaciones y generar datos en formatos como XML y JSON [30].

Apache

El proyecto Apache HTTP server es un esfuerzo para desarrollar y dar mantenibilidad a un servidor HTTP de código abierto. Funciona en sistemas operativos modernos como UNIX y Windows. El objetivo de este proyecto es brindar un servidor eficiente, extensible y seguro que proporcione servicios HTTP bajo los estándares HTTP actuales [31].

PrimeNG

PrimeNG es una librería de componentes para Angular. Ofrece una interfaz para el usuario. Sus componentes son de código abierto y uso gratuito bajo la licencia MIT [32].

Angular Material

Angular Material es una librería de estilos que ofrece componentes de Interfaz de Usuario basados en el diseño de Material Design. Esta librería fue creada por el propio equipo de Angular para que se integre a sus proyectos [33].

Payara Server

Payara server es una plataforma de código abierto para desarrollar aplicaciones JAVA EE. Fue creado en reemplazo de GlassFish Server Open Source Edition después de que Oracle dejara de darle soporte comercial [34].

2 METODOLOGÍA

2.1 METODOLOGÍA SCRUM

La metodología usada en este proyecto es Scrum. Se seleccionó esta tecnología debido a sus características del enfoque ágil y el corto tiempo estimado en cumplir los objetivos. La definición de requerimientos y validación del software se obtuvo a través de investigadores que a lo largo de los diferentes sprint han brindado la información necesaria para el desarrollo y validación del sistema.

2.1.1 Scrum

Es un marco de trabajo y metodología de desarrollo ágil de software que permite resolver problemas complejos y maximizar el beneficio de los productos desarrollados [35]. Su nombre proviene de una jugada que se realiza en los partidos de rugby (consiste en formar un grupo de jugadores alrededor del balón trabajando juntos para mover el balón a través del campo). Fue ideada por Jeff Sutherland y su equipo en los años de 1990. Scrum se caracteriza por utilizarse en proyectos con tiempo cortos de entrega, requerimientos y características cambiantes demostrando ser muy eficaz [36].

2.1.2 Flujo del proceso Scrum

El proceso de Scrum (ver Figura 2.1) empieza preparando la lista de prioridades con características y funcionalidades del producto (Product Backlog). Las actividades son realizadas por el Equipo Scrum (Scrum-team), donde cada integrante tiene un rol definido y se asignan actividades para realizarse en un tiempo definido en cada sprint, reuniéndose y comunicando los avances terminados o dificultades para obtener una retroalimentación (Scrum daily- Sprint Review) [36].

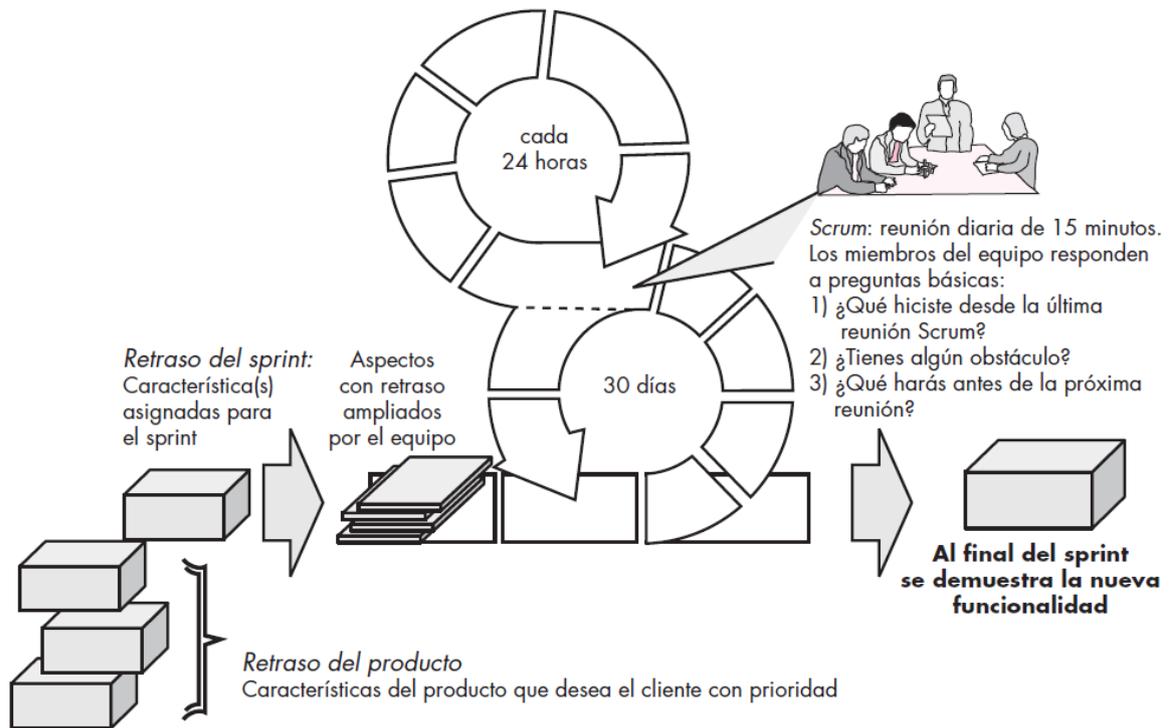


Figura 2.1. Flujo de proceso Scrum [36].

2.1.3 Equipo Scrum

El equipo Scrum (Scrum team) son grupos auto organizados y multidisciplinarios que buscan entregar un producto de manera iterativa e incremental, aumentando la oportunidad de obtener una retroalimentación a las versiones funcionales y útiles que producen [37]. Sus miembros cubren los siguientes roles:

- **Dueño del producto (Product Owner):** Responsable de maximizar y optimizar el valor del producto y del trabajo del equipo de desarrollo, asegurando que la lista de prioridades del producto (Product Backlog) sea transparente y entendida claramente por el equipo.
- **Equipo de desarrollo (Development Team):** Profesionales que desempeñan actividades a fin de entregar un incremento del producto. Son equipos multidisciplinarios y auto organizados que optimizan la eficiencia y efectividad de su trabajo.
- **Scrum máster:** Responsable de asegurar que el equipo ha entendido la teóricamente metodología y la esté usando en la práctica.

2.1.4 Eventos de Scrum

Algunas definiciones relacionadas con los momentos de ejecución de un desarrollo basado en Scrum son los siguientes:

- **Sprint:** es la iteración de trabajo que produce una parte funcional del producto. Ésta última debe estar terminada y debe poderse utilizar para poder someterse a pruebas. Dentro del desarrollo se realizan reuniones de planificación donde se planifica y se asigna las actividades a cumplir en cada Sprint para cada uno de los integrantes del Equipo Scrum.
- **Scrum diario (Scrum daily):** son reuniones diarias de alrededor de 5-15 minutos donde se evalúa el progreso para cumplir el sprint y se resuelven las siguientes preguntas ¿Qué se avanzó desde la última reunión?, ¿Qué problemas encontré desde la última reunión?, ¿Cómo se solucionaron esos problemas?
- **Revisión de Sprint (Sprint Review):** son espacios donde se evalúa el resultado al finalizar cada sprint, inspeccionando las actividades completadas. Ésta es una reunión informal en la que se busca obtener una retroalimentación. En ella participan los miembros del equipo scrum y los invitados claves convocados por el dueño del producto, haciendo una revisión tanto de la línea de tiempo como del presupuesto, las capacidades del equipo y potenciales problemas.
- **Retrospectiva de Sprint (Sprint Retrospective):** Se refiere a la tarea que permite inspeccionar la dinámica de trabajo del equipo SCRUM, sus relaciones, los procesos y las herramientas usadas; creando un plan de mejoras a ser implementadas en el siguiente sprint [37].
- **Evento:** Buscan crear una regularidad en la comunicación del equipo y disminuir la necesidad de reuniones no planeadas. Se realizan en time-boxes de manera que todos tienen una duración definida.

2.1.5 Artefactos de Scrum

Son aquellos elementos físicos que se crean al aplicar Scrum, permitiendo maximizar el entendimiento de la información que debe conocer el equipo. Los principales artefactos son los siguientes [38]:

- **Product Backlog:** es una lista ordenada de actividades con atributos como descripción, orden, estimación de tiempo y valor del producto. La lista es generada a partir de los requisitos del cliente. Su responsable es el dueño del producto, el cual la modifica, añade actividades y las ordena. Esta lista es dinámica y cambia a fin de obtener un producto adecuado, competitivo y útil [39].
- **Sprint Backlog:** es una lista de actividades pendientes donde se diseña qué actividades serán el incremento en el siguiente sprint. Además, permite identificar en qué actividades está teniendo problema el equipo y cuál es el esfuerzo que se necesita para llegar a completar dicha actividad [37].
- **Incremento:** es el resultado de un sprint terminado y debe ser utilizable. El incremento cuenta con las actividades del producto backlog terminadas y los incrementos de los sprint anteriores.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROYECTO

2.2.1 Descripción

Considerando las grandes ventajas que proporcionan los sistemas web y la necesidad de facilitar nuevas investigaciones que apliquen los métodos Delphi y AHP difusos. El presente proyecto consiste en el desarrollo de un sistema web denominado “Fuzzy System”, el cual proporciona una interfaz de uso y otra de administración, y cuya finalidad es servir como herramienta de apoyo a los investigadores que necesiten aplicar los métodos Delphi y AHP difusos en sus estudios.

2.2.2 Alcance

El sistema web está enfocado a investigadores que deseen aplicar los métodos Delphi y AHP difusos en sus estudios. Esta herramienta proporciona una primera interfaz de uso diseñada para obtener la opinión de expertos a través de una encuesta. La segunda interfaz, de administración, ha sido creada para el administrador con el fin de permitirle controlar la ejecución de las diferentes fases de los métodos Delphi y AHP difusos.

En el sistema web intervienen los expertos y el administrador, donde:

- **Experto:** se refiere al usuario que interactúa con la interfaz de uso del sistema web. Debe estar calificado por el investigador para emitir su juicio. Generalmente, el experto es un individuo con amplio conocimiento y/o experiencia en el tema que se está estudiando [6]. El sistema web le proporciona, a través de una interfaz, una encuesta que deberá ser completada.
- **Administrador:** es el usuario del sistema web que utilizará la interfaz de administración. Usualmente es el responsable de la investigación, y, por lo tanto, el encargado de administrar, manejar y analizar las respuestas de los expertos.

Para ingresar a la interfaz de administración, es necesario que el administrador se registre en el sistema web. El grupo o panel de expertos deberán ser, a su vez, registrados por el administrador en el sistema web para que puedan interactuar con la interfaz de uso.

El sistema web es desarrollado con tecnología web responsiva. Sin embargo, para una mejor experiencia de usuario, se recomienda su uso en dispositivos con pantallas de 10 pulgadas en adelante.

2.3 INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

Para desarrollar el sistema web, se realizó una investigación de los métodos Delphi y AHP difusos aplicados en anteriores estudios prácticos [1], [7], [10], [13]. Además, se identificó la tecnología web que ayudó a su desarrollo. Este conocimiento permitió fortalecer la comunicación entre el Equipo de desarrollo y el Scrum Máster. El estudio permitió también que se aporten con recomendaciones y mejoras al sistema web para brindar una mejor experiencia de utilidad y facilidad de uso al usuario. La investigación preliminar se realizó en las fechas mostradas en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Fecha de la etapa de investigación.

Fecha	Etapas
10/06/2019 - 08/07/2019	Investigación: <ul style="list-style-type: none"> • Funcionamiento de la metodología Delphi difuso en estudios prácticos. • Funcionamiento de la metodología AHP difuso en estudios prácticos. • Tecnologías web para el desarrollo del sistema web.

Tanto los métodos Delphi y AHP difusos como las tecnologías web utilizadas se describen en la sección 1.3 Marco Teórico.

Prototipado

En la etapa previa a la implementación se realizó reuniones para el diseño del sistema web: diseño de arquitectura y selección de herramientas a usar.

Para el diseño de cada pantalla se realizó reuniones con el scrum master, validando el diseño de cada una a través de prototipos (Anexo) evitando cambios dramáticos en la implementación del sistema y mejorando la experiencia de usuario al interactuar con el sistema.

El desarrollo de los prototipos se realizó con la herramienta “prototyper-Justinmind” facilitando la obtención de requerimientos y diseño final de las pantallas.

Pruebas

Después de culminar con cada actividad planificada dentro de cada sprint se realizará pruebas unitarias de su funcionamiento. Al finalizar cada módulo se realizará una etapa de pruebas de integración evaluando los componentes en grupo.

Al finalizar con todos los sprint se realizará repaso de pruebas para validar que el sistema funcione perfectamente.

Para validar el diseño y la funcionalidad realizaremos pruebas de aceptación con los expertos que comprobaran la facilidad de uso y buen funcionamiento del sistema.

2.4 ROLES

Los roles del presente proyecto fueron los que se listan en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Asignación de roles Scrum.

Rol	Responsable
Dueño del Producto	Robert Enríquez y Edison Loza
Scrum Máster	Edison Loza
Equipo de desarrollo	Byron López y David Proaño

2.5 REQUERIMIENTOS

Los requerimientos del sistema web fueron generados por el Scrum Máster y el Equipo de Desarrollo. Estos se representan mediante las Historias de Usuario (HU) detalladas en el **Error! Reference source not found.**, las cuales se han sugerido en base a:

1. Investigación preliminar de los métodos Delphi y AHP difusos en anteriores estudios.
2. Las tecnologías web que facilitan su utilización y aceptación hacia el usuario.

2.6 LISTA DE PRODUCTO

La Lista de Producto fue elaborada en base a las HU expresando las funcionalidades, características, requisitos, mejoras y correcciones a realizarse en el sistema web. La Tabla 2.3 indica la fecha de elaboración de la Lista de Producto. En la Tabla 2.4 se ordena, describe y estima cada uno de los elementos de la Lista de Producto.

Tabla 2.3. Fecha de elaboración de la Lista de Producto.

Fecha	Actividad
09/07/2019 - 11/06/2019	Elaboración de la Lista de Producto.

Tabla 2.4. Lista de Producto.

ID	Como un(a)	Yo quiero	Con el fin de	Prioridad	Estimación (horas)
HU01	Investigador	Ingresar al sistema web.	Acceder y utilizar las funcionalidades del sistema web.	Alta	36
HU02	Investigador	Gestionar mi panel de expertos.	Actualizar la información de los expertos que participarán en mi investigación.	Alta	24
HU03	Investigador	Crear mi encuesta de investigación.	Enviárselos a mi panel de expertos y recopilar sus opiniones.	Alta	34
HU04	Investigador	Gestionar mi encuesta Delphi difuso.	Actualizar la información de la encuesta y mejorar mi investigación.	Alta	26
HU05	Investigador	Personalizar mi encuesta Delphi difuso.	Facilitar el entendimiento de la encuesta al experto y optimizar el tiempo de mi investigación.	Alta	38
HU06	Investigador	Enviar mi encuesta Delphi difuso al correo electrónico.	Optimizar el tiempo de recopilación de las opiniones del panel de expertos.	Alta	22
HU07	Investigador	Dar un seguimiento al proceso Delphi Difuso	Tomar decisiones que favorezcan mi investigación.	Media	28
HU08	Investigador	Visualizar los resultados de mi estudio Delphi difuso.	Determinar la solución en mi investigación FDM.	Alta	32
HU09	Investigador	Gestionar mi encuesta AHP Difuso.	Manejar la información del problema, alternativas, criterios de mi investigación.	Media	36
HU10	Investigador	Enviar mi encuesta AHP difuso al correo electrónico.	Optimizar el tiempo recopilación de las opiniones del panel de expertos.	Alto	24
HU11	Investigador	Dar seguimiento al proceso AHP Difuso.	Tomar decisiones que favorezcan mi investigación.	Media	30
HU12	Investigador	Visualizar los resultados de mi estudio AHP difuso.	Determinar la solución en mi investigación FAHP.	Alta	30

2.7 PLANIFICACIÓN DE LANZAMIENTO

Con el fin de permitir al equipo Scrum tener una visión global de las características a implementarse y cuándo éstas se completarán, se planificó qué historias de usuario debían desarrollarse para cada Sprint (Tabla 2.5). La duración de cada Sprint fue fijada en 2 semanas.

Tabla 2.5. Planificación de Lanzamiento.

Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3	Sprint 4	Sprint 5	Sprint 6
HU01	HU03	HU05	HU07	HU09	HU11
HU02	HU04	HU06	HU08	HU10	HU12

2.8 SPRINT 1

La Tabla 2.6 ilustra las etapas del Sprint 1 y sus respectivas fechas de desarrollo.

Tabla 2.6. Fechas de las etapas del Sprint 1.

Fecha	Etapas
11/07/2019	Planificación del Sprint: <ul style="list-style-type: none">• Objetivo del Sprint.• Lista de Pendientes del Sprint.
12/07/2019 al 25/07/2019	Ejecución del Sprint: <ul style="list-style-type: none">• Scrum Diario.• Ejecución de las tareas.• Trabajo pendiente.
26/07/2019	Inspección y adaptación: <ul style="list-style-type: none">• Revisión de Sprint.• Retrospectiva de Sprint.• Actualización y refinamiento de la Lista de Producto y de la Planificación de Lanzamiento.

2.8.1 Planificación del Sprint

En la planificación del Sprint 1, el Equipo Scrum se reunió para definir la Lista de Producto a realizarse en este Sprint, así como las tareas que cada Historia de Usuario necesita para alcanzar su objetivo. A continuación, se describe el objetivo y la Lista de Pendientes del Sprint 1.

2.8.1.1 Objetivo del Sprint

Crear una pantalla de inicio de sesión y una de registro de expertos para que el investigador acceda y añada nuevos expertos al sistema web.

2.8.1.2 Lista de Pendientes del Sprint

La Tabla 2.7 muestra la lista de tareas de cada Historia de Usuario para el Sprint 1. El equipo de desarrollo definió que la primera HU cuente con 10 tareas pendientes con una estimación de 36 puntos. Esto debido a que la configuración del ambiente de trabajo se dividió en tareas más pequeñas. La segunda HU cuenta con 6 tareas por cumplir con una estimación de 24 puntos.

Tabla 2.7. Lista de Tareas del Sprint 1.

ID	Historia de Usuario	Esfuerzo Estimado
HU01	Como un Investigador, quiero ingresar al sistema web, con el fin de acceder y utilizar las funcionalidades del sistema web como administrador.	Total: 36
Tareas	Crear un repositorio en GitHub.	1
	Instalar node.js, Java JDK, Visual Studio Code, Netbeans.	1
	Instalar y levantar el servicio MySQL.	2
	Crear el pool de conexiones para la comunicación con la base de datos MySQL usando Payara server.	2
	Desarrollar el controlador: crear las API REST en JAVAEEEE (Back-end) y Netbeans que registre usuario nuevo.	5
	Desarrollar el modelo en la base de datos base MySQL con la entidad usuario.	6
	Crear un proyecto de Angular/Cli he inicializarlo (Front-end) usando Visual Studio Code.	2
	Diseñar e implementar la vista para registrar nuevo administrador en HTML y CSS.	7
	Diseñar e implementar la vista para inicio de sesión.	8
	Implementar un botón que permita finalizar sesión.	2
HU02	Como un investigador, quiero gestionar mi panel de expertos, con la finalidad de actualizar la información de los expertos que participarán en mi investigación.	Total: 24

ID	Historia de Usuario	Esfuerzo Estimado
Tareas	Modificar el modelo de la BDD que incluya la entidad Persona.	2
	Desarrollar el controlador: crear las API REST para agregar, actualizar, eliminar y consultar expertos.	4
	Implementar la vista con tabla que liste la información de los expertos.	4
	Implementar la vista con formulario de editar experto.	4
	Implementar la vista con formulario de agregar nuevo experto.	8
	Implementar botón para eliminar experto seleccionado.	2

2.8.2 Ejecución del Sprint

La Figura 2.2 muestra las tareas pendientes y cumplidas (Tabla 2.7) durante los días transcurridos para completar el Sprint 1. La puntuación de las tareas pendientes se estimó por horas, mientras que los días transcurridos se refiere a los días hábiles que se planificó trabajar.

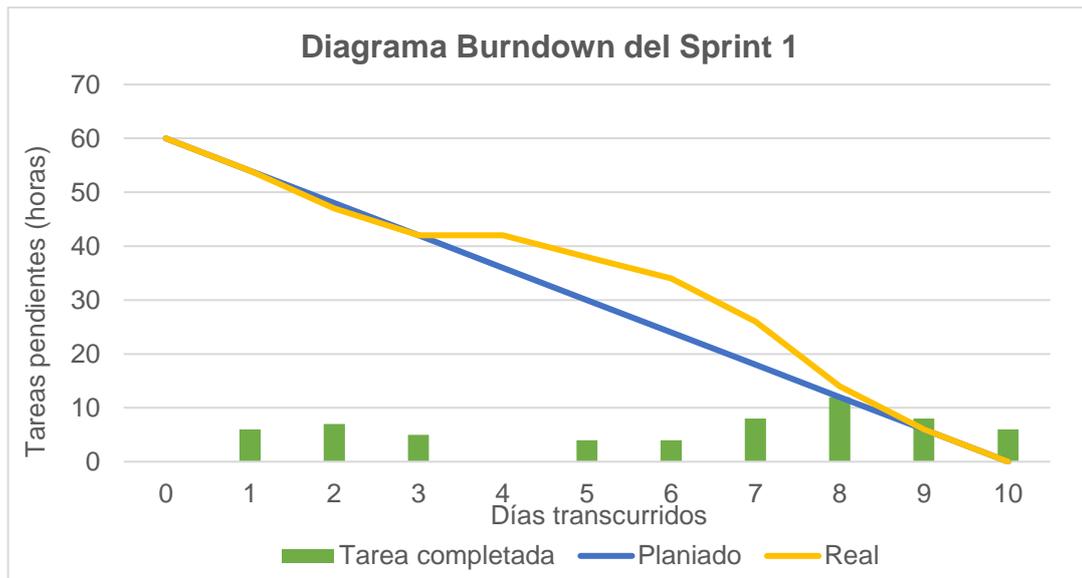


Figura 2.2. Diagrama Burndown del Sprint 1.

2.8.3 Inspección y Adaptación

Esta subsección describe la revisión y retrospectiva del Sprint 1 para inspeccionar el incremento obtenido y adaptar la Lista de Producto de ser el caso.

2.8.3.1 Revisión de Sprint

El Sprint 1 fue revisado por el equipo Scrum de acuerdo con los criterios de aceptación de las HU descritos en la Tabla 2.8. Alcanzando con éxito la meta del primer Sprint y cumpliendo con cada funcionalidad planteada en la Lista de Pendientes (Tabla 2.7).

Tabla 2.8. Criterios de Aceptación del Sprint 1.

ID: Descripción	Criterios de Aceptación	Cumplido
HU01: Como un Investigador, quiero ingresar al sistema web, con el fin de acceder y utilizar las funcionalidades del sistema web como administrador.	Existe pantalla de registro de usuario.	SI
	Existe pantalla de inicio de sesión.	SI
	Existe interfaz de administración después de iniciar sesión.	SI
	Validar que al salir de la interfaz de administración no se pueda volver acceder sin iniciar sesión.	SI
HU02: Como un investigador, quiero gestionar mi panel de expertos, con la finalidad de actualizar la información de los expertos que participarán en mi investigación.	Existe tabla de expertos.	SI
	Existe formulario de expertos.	SI
	Agregar experto y mostrarlo en una lista de expertos.	SI
	Eliminar experto de la lista.	SI
	Modifico datos del experto y reflejarlos en la lista.	SI

2.8.3.2 Actualización y refinamiento

Tras finalizar el primer Sprint y cumplir con el trabajo planificado, el equipo Scrum tuvo las siguientes observaciones:

- Mostrar logos de la institución y definir licencia del Sistema Web.
- Agregar una pantalla con información del Sistema Web (sobre nosotros).
- Mostrar ejemplo o mensajes de ayuda en cada botón y entrada de datos.
- Crear interfaces más amigables, atractivas he intuitivas al usuario.

Sin embargo, el equipo Scrum determinó que no son requisitos funcionales y se incluyeron en las Historias de Usuario de los siguientes Sprints como tareas y criterios de aceptación. Por lo tanto, no fue necesario estimar cambios sobre la Lista de Producto ni el Plan de Lanzamiento.

2.8.3.3 Retrospectiva de Sprint

En el diagrama Burndown de la Figura 2.2 se resume el desempeño del Equipo de Desarrollo durante la ejecución del primer Sprint. Los primeros tres días se dan positivamente. Sin embargo, desde el cuarto al sexto día se produce un retraso debido a incompatibilidad de versiones de MySQL y angular que complicaron el trabajo del equipo. Afortunadamente el equipo de desarrollo logró solucionar el inconveniente al séptimo día. Finalmente, el primer Sprint se logró completar añadiendo más horas de trabajo en los días restantes.

2.9 SPRINT 2

La Tabla 2.9 ilustra las etapas del segundo Sprint y sus respectivas fechas de desarrollo.

Tabla 2.9. Fechas de las etapas del Sprint 2.

Fecha	Etapas
26/07/2019	Planificación del Sprint: <ul style="list-style-type: none">• Objetivo del Sprint.• Lista de Pendientes del Sprint.
27/07/2019 al 11/08/2019	Ejecución del Sprint: <ul style="list-style-type: none">• Scrum Diario.• Ejecución de las tareas.• Trabajo pendiente.
12/08/2019	Inspección y adaptación: <ul style="list-style-type: none">• Revisión de Sprint.• Retrospectiva de Sprint.• Actualización y refinamiento de la Lista de Producto y de la Planificación de Lanzamiento.

2.9.1 Planificación del Sprint

En la planificación del Sprint 2, el Equipo Scrum se reunió para definir la Lista de Producto a realizarse en este Sprint, así como las tareas que cada Historia de Usuario necesita para alcanzar su objetivo. A continuación, se describe el objetivo y la Lista de Pendientes del Sprint 2.

2.9.1.1 Objetivo del Sprint

Implementar el módulo Encuestas que permita agregar, actualizar, eliminar y visualizar una encuesta.

2.9.1.2 Lista de Pendientes del Sprint

La Tabla 2.10 muestra la lista de tareas de cada Historia de Usuario para el Sprint 2. La primera HU cuenta con 5 tareas por cumplir con una estimación de 34 puntos. La segunda HU cuenta con 5 tareas por cumplir con una estimación de 26 puntos.

Tabla 2.10. Lista de Tareas del Sprint 2.

ID	Historia de Usuario	Esfuerzo Estimado
HU03	Como un Investigador, quiero crear mi encuesta de investigación, con el fin de enviárselos a mi panel de expertos y recopilar sus opiniones.	Total: 34
Tareas	Modificar el modelo de la BDD que incluya la entidad Encuesta, Pregunta, Ítems.	4
	Desarrollar el controlador: crear las API REST para registrar la encuesta con sus preguntas e ítems.	8
	Implementar la vista con formulario de nueva encuesta (Título, descripción, valores mínimos, medios y máximos, umbral de convergencia).	8
	Implementar la vista con formulario agregar nueva pregunta (título, Descripción, opción para borrar encuesta).	6
	Implementar la vista con formulario agregar ítems (código, clasificación, descripción).	8
HU04	Como un investigador, quiero gestionar mi encuesta Delphi difuso, con la finalidad de actualizar la información de la encuesta y mejorar mi investigación.	Total: 26
Tareas	Desarrollar el controlador: crear las API REST para eliminar, actualizar, consultar encuesta.	6
	Implementar la vista que liste en una tabla las encuestas registradas.	6
	Seleccionar un registro y detallar más información.	4
	Implementar botón y funcionalidad para eliminar encuesta.	2
	Implementar vista para actualizar información de la encuesta.	8

2.9.2 Ejecución del Sprint

La Figura 2.3 muestra las tareas pendientes y cumplidas (Tabla 2.7) durante los días transcurridos para completar el Sprint 1. La puntuación de las tareas pendientes se estimó

por horas, mientras que los días transcurridos se refiere a los días hábiles que se planificó trabajar.

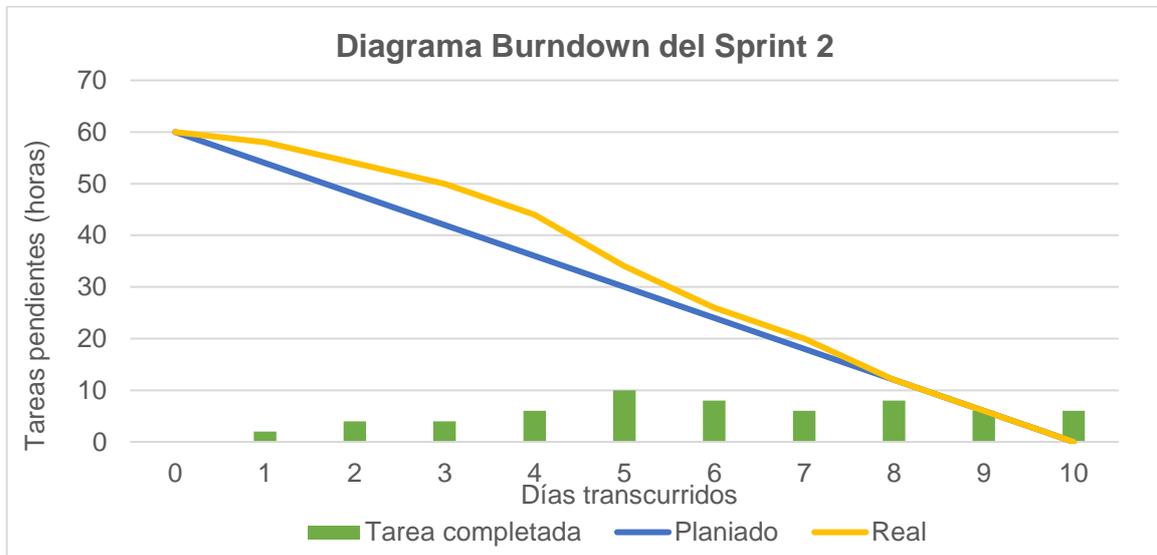


Figura 2.3. Diagrama Burndown del Sprint 2.

2.9.3 Inspección y Adaptación

Esta subsección describe la revisión y retrospectiva del segundo Sprint para inspeccionar el incremento obtenido y adaptar la Lista de Producto de ser el caso.

2.9.3.1 Revisión de Sprint

El Sprint 3 fue revisado por el Equipo Scrum de acuerdo con los criterios de aceptación de las HU descritos en la

Tabla 2.11 Alcanzando con éxito la meta del segundo Sprint y cumpliendo con cada funcionalidad planteada en la Lista de Pendientes (Tabla 2.10).

Tabla 2.11. Criterios de Aceptación del Sprint 2.

ID: Descripción	Criterios de Aceptación	Cumplido
HU03: Como un Investigador, quiero crear mi encuesta de investigación, con el fin de enviárselos a mi	Existe formulario nueva encuesta.	SI
	Se visualizar los ítems y la descripción después de ser agregadas.	SI
	Se quitan preguntas he ítems que seleccione.	SI

panel de expertos y recopilar sus opiniones.	Se puede modificar la información de encuesta seleccionada.	SI
HU04: Como un investigador, quiero gestionar mi encuesta Delphi difuso, con la finalidad de actualizar la información de la encuesta y mejorar mi investigación.	Existe la lista de encuestas registradas.	SI
	Se despliega más información de la encuesta al seleccionarla.	SI
	Se elimina la encuesta seleccionada.	SI
	Existe formulario actualizar encuesta.	SI
	Modifico una encuesta y se visualiza en la lista de encuestas.	SI

2.9.3.2 Actualización y refinamiento

Tras finalizar el primer Sprint y cumplir con el trabajo planificado, el equipo Scrum no tuvo observaciones. Por lo tanto, no fue necesario estimar cambios sobre la Lista de Producto ni modificar el Plan de Lanzamiento.

2.9.3.3 Retrospectiva de Sprint

En el diagrama Burndown de la Figura 2.3 se resume el desempeño del Equipo de Desarrollo durante la ejecución del segundo Sprint. En los tres primeros días, el diagrama muestra un ligero retraso de las tareas por cumplir debido al modelamiento de la base de datos. El equipo creyó conveniente diseñar una base de datos escalable y esto significó mayor tiempo para su modelamiento. Una vez solucionado este inconveniente, se invirtió más esfuerzo hasta el octavo día. Finalmente, gracias a la experiencia de los integrantes del Equipo de Desarrollo y la retroalimentación recibida durante la retrospectiva del Sprint 1. Se completó las tareas de las HU definidas para este Sprint en los últimos dos días.

2.10 SPRINT 3

La Tabla 2.12 ilustra las etapas del tercer Sprint y sus respectivas fechas de desarrollo.

Tabla 2.12. Fechas de las etapas del Sprint 3.

Fecha	Etapas
12/08/2019	Planificación del Sprint: <ul style="list-style-type: none"> • Objetivo del Sprint. • Lista de Pendientes del Sprint.
13/08/2019 al	Ejecución del Sprint:

Fecha	Etapas
26/08/2019	<ul style="list-style-type: none"> • Scrum Diario. • Ejecución de las tareas. • Trabajo pendiente.
27/08/2019	Inspección y adaptación: <ul style="list-style-type: none"> • Revisión de Sprint. • Retrospectiva de Sprint. • Actualización y refinamiento de la Lista de Producto y de la Planificación de Lanzamiento.

2.10.1 Planificación del Sprint

En la planificación del Sprint 3, el Equipo Scrum se reunió para definir la Lista de Producto a realizarse en este Sprint, así como las tareas que cada Historia de Usuario necesita para alcanzar su objetivo. A continuación, se describe el objetivo y la Lista de Pendientes del Sprint 3.

2.10.1.1 Objetivo del Sprint

Implementar una interfaz de encuesta FDM que permita registrar las respuestas de los expertos.

2.10.1.2 Lista de Pendientes del Sprint

La Tabla 2.13 muestra la lista de tareas de cada Historia de Usuario para el Sprint 3.

Tabla 2.13. Lista de Tareas del Sprint 3.

ID	Historia de Usuario	Esfuerzo Estimado
HU05	Como un Investigador, quiero personalizar mi encuesta Delphi difuso, con el fin de facilitar el entendimiento de la encuesta al experto y optimizar el tiempo de mi investigación.	Total: 36
Tareas	Desarrollar el modelo: modificar la BDD que incluya la entidad Ronda	4
	Desarrollar el controlador: crear las API REST que consulte la ronda, descripción, preguntas y ítems de la encuesta.	4
	Implementar la vista con slider que seleccione tres valores diferentes (mínimo, medio, máximo).	8
	Implementar la vista con descripción de la encuesta.	2
	Implementar la vista con ítems clasificados.	6
	Implementar la vista con promedio global.	4
	Implementar la vista encuesta previa.	8

ID	Historia de Usuario	Esfuerzo Estimado
HU06	Como un investigador, quiero enviar mi encuesta Delphi difuso al correo electrónico, con la finalidad de optimizar el tiempo recopilación de las opiniones del panel de expertos.	Total: 24
Tareas	Desarrollar el modelo: modificar la BDD que incluya la entidad ValoresPregunta y Ambiente.	2
	Desarrollar el controlador: crear la API REST que convierta una etiqueta HTML en texto.	4
	Desarrollar el controlador: crear la API REST que envíe un texto al correo electrónico.	6
	Desarrollar el controlador: crear la API REST que registre las respuestas de cada encuesta.	4

2.10.2 Ejecución del Sprint

La Figura 2.4 muestra las tareas pendientes y cumplidas (Tabla 2.13) durante los días transcurridos para completar el tercer Sprint.

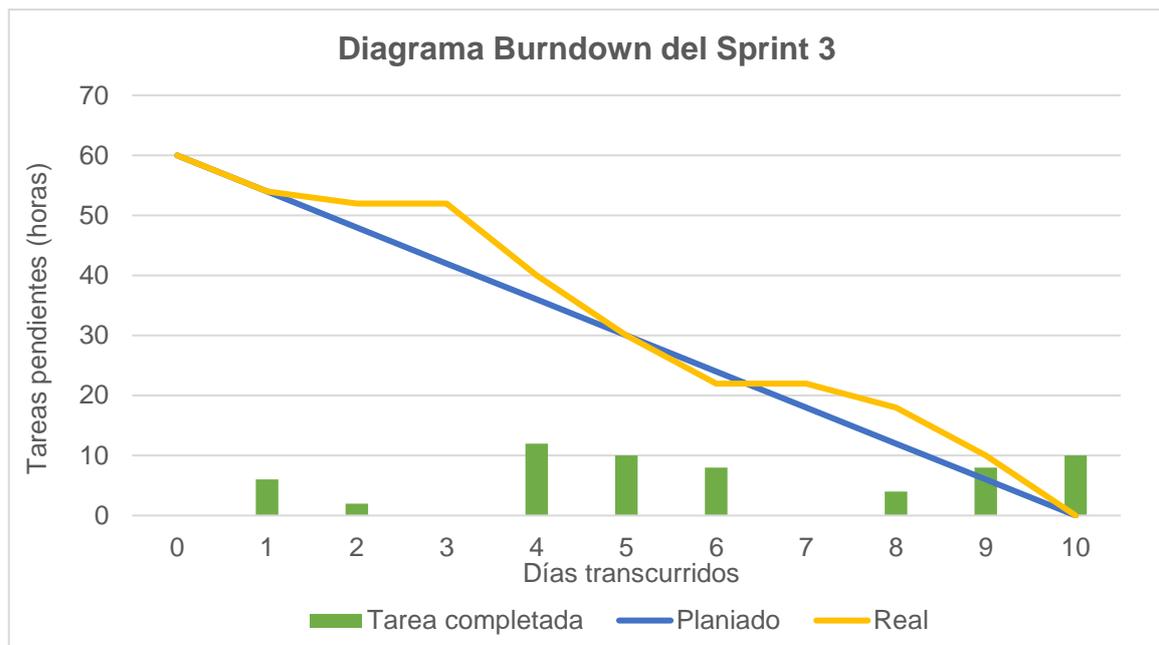


Figura 2.4. Diagrama Burndown del Sprint 3.

2.10.3 Inspección y Adaptación

Esta subsección describe la revisión y retrospectiva del Sprint 3 para inspeccionar el incremento obtenido y adaptar la Lista de Producto de ser el caso.

2.10.3.1 Revisión de Sprint

El Sprint 3 fue revisado por el equipo Scrum de acuerdo con los criterios de aceptación de las HU descritos en la Tabla 2.14. Alcanzando con éxito la meta del tercer Sprint y cumpliendo con cada funcionalidad planteada en la Lista de Pendientes (Tabla 2.13).

Tabla 2.14. Criterios de Aceptación del Sprint 3.

ID: Descripción	Criterios de Aceptación	Cumplido
HU05: Como un Investigador, quiero personalizar mi encuesta Delphi difuso, con el fin de facilitar el entendimiento de la encuesta al experto y optimizar el tiempo de mi investigación.	Existe interfaz encuesta previa.	SI
	Se muestra información de la encuesta.	SI
	Se visualiza ítems clasificados por pregunta.	SI
	Se visualiza slider con tres valores.	SI
	Se visualiza tabla de promedio global.	SI
HU06: Como un investigador, quiero enviar mi encuesta Delphi difuso al correo electrónico, con la finalidad de optimizar el tiempo recopilación de las opiniones del panel de expertos.	Se selecciona los expertos a recibir el correo electrónico.	SI
	El mensaje de correo electrónico muestra información de la encuesta he incluye un botón con la dirección de la misma.	SI
	Se selecciona los ítems a enviarse en una ronda.	SI
	Existe interfaz encuesta experto.	SI
	Se guarda las respuestas de una encuesta.	SI

2.10.3.2 Actualización y refinamiento

Tras finalizar el tercer Sprint y cumplir con el trabajo planificado, el equipo Scrum tuvo las siguientes observaciones:

- Es necesario que el sistema web sepa el estado de las encuestas, para identificar si los expertos completaron la encuesta.
- Si un experto no contestaba la encuesta, el sistema web debe ser capaz de reenviar la encuesta para notificar nuevamente al experto.
- Si un experto ya no era participe del estudio, el sistema debe permitir enviar la encuesta a un nuevo experto para no afectar el estudio.

Con esta retroalimentación, el Equipo Scrum decidió crear una nueva historia de usuario que se la añadió al sexto Sprint. Así se actualizó la Lista de Producto y por ende el Plan de Lanzamiento.

2.10.3.3 Retrospectiva de Sprint

En el diagrama Burndown de la Figura 2.4 se resume el desempeño del Equipo de Desarrollo durante la ejecución del primer Sprint. El primer día se avanza positivamente con las tareas. El segundo día, el Equipo de Desarrollo tuvo problemas con la vista previa de la Encuesta. El inconveniente surgió al obtener los tres valores que el experto debe evaluar sobre un ítem. El Slider propuesto tenía una limitación de hasta dos valores. Así, se encontró la solución exitosamente usando la librería noUISlider.

Del cuarto al sexto día se trabajó positivamente sin inconvenientes. En el séptimo día, el desarrollo se complicó y requirió de más esfuerzo, debido a la dificultad que significaba enviar un texto HTML por correo electrónico a cada participante. Finalmente, en los dos últimos días, el Equipo de Desarrollo se recuperó y dedicó más tiempo para completar con todas las tareas del tercer Sprint.

2.11 SPRINT 4

La Tabla 2.15 ilustra las etapas del Sprint 4 y sus respectivas fechas de desarrollo.

Tabla 2.15. Fechas de las etapas del Sprint 4.

Fecha	Etapas
28/08//2019	Planificación del Sprint: <ul style="list-style-type: none">• Objetivo del Sprint.• Lista de Pendientes del Sprint.
19/08/2019 al 11/09/2019	Ejecución del Sprint: <ul style="list-style-type: none">• Scrum Diario.• Ejecución de las tareas.• Trabajo pendiente.
12/09/2019	Inspección y adaptación: <ul style="list-style-type: none">• Revisión de Sprint.• Retrospectiva de Sprint.• Actualización y refinamiento de la Lista de Producto y de la Planificación de Lanzamiento.

2.11.1 Planificación del Sprint

En la planificación del Sprint 4, el Equipo Scrum se reunió para definir la Lista de Producto a realizarse en este Sprint, así como las tareas que cada Historia de Usuario necesita para alcanzar su objetivo. Se incluyó las observaciones realizadas al final del tercer Sprint. A continuación, se describe el objetivo y la Lista de Pendientes del Sprint 4.

2.11.1.1 Objetivo del Sprint

Implementar las interfaces para dar seguimiento, calcular y mostrar los resultados de FDM.

2.11.1.2 Lista de Pendientes del Sprint

La Tabla 2.16 muestra la lista de tareas de cada Historia de Usuario para el Sprint 4.

Tabla 2.16. Lista de Tareas del Sprint 4.

ID	Historia de Usuario	Esfuerzo Estimado
HU07	Como un Investigador, quiero dar un seguimiento al proceso Delphi Difuso, con el fin de tomar decisiones que favorezcan mi investigación.	Total: 28
Tareas	Desarrollar el modelo: modificar la BDD para guardar el estado de la encuesta por cada experto.	2
	Desarrollar el controlador: crear la API REST que consulte las respuestas de los expertos.	6
	Desarrollar el controlador: crear la API REST que consulte el estado de la encuesta y los filtre por persona.	4
	Implementar la vista que muestre el estado de encuesta por experto.	4
	Implementar la vista que envíe la encuesta a nuevo experto.	4
	Implementar la vista que muestre la encuesta respondida por cada experto.	4
	Implementar el opción reenviar encuesta.	4
HU08	Como un investigador, quiero visualizar los resultados de mi estudio Delphi difuso, con la finalidad de determinar la solución en mi investigación.	Total: 32
Tareas	Desarrollar el modelo: modificar la BDD para registrar estado de encuesta, comentarios por experto he incluir la entidad CalculoFDM.	4
	Desarrollar el controlador: crear la API REST que calcule el promedio grupal por ítem.	6
	Desarrollar el controlador: crear la API REST que calcule el número nítido por ítem y valide el consenso del grupo de expertos.	8
	Implementar la vista que ejecute el algoritmo FDM.	4
	Implementar la vista que liste los resultados del algoritmo FDM por ítem y los clasifique.	6
	Implementar la vista que liste los resultados del algoritmo FDM por ítem.	4

2.11.2 Ejecución del Sprint

La Figura 2.5 muestra las tareas pendientes y cumplidas (Tabla 2.16) durante los días transcurridos para completar el Sprint 4.

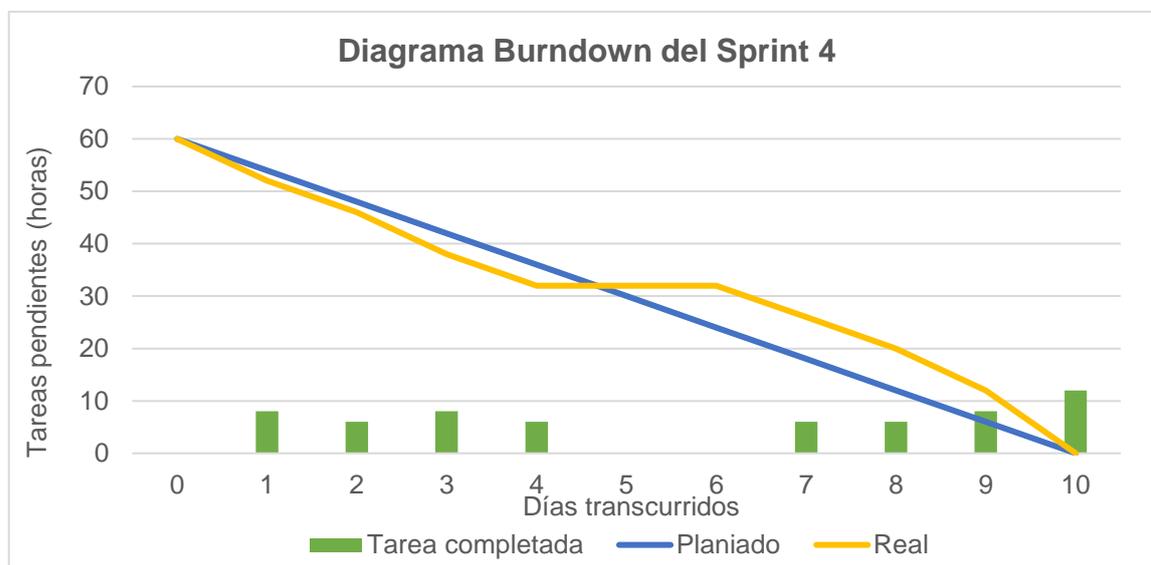


Figura 2.5. Diagrama Burndown del Sprint 4.

2.11.3 Inspección y Adaptación

Esta subsección describe la revisión y retrospectiva del Sprint 4 para inspeccionar el incremento obtenido y adaptar la Lista de Producto de ser el caso.

2.11.3.1 Revisión de Sprint

El cuarto Sprint fue revisado por el equipo Scrum de acuerdo con los criterios de aceptación de las HU descritos en la Tabla 2.17. Alcanzando con éxito la meta del primer Sprint y cumpliendo con cada funcionalidad planteada en la Lista de Pendientes (Tabla 2.16).

Tabla 2.17. Criterios de Aceptación del Sprint 4.

ID: Descripción	Criterios de Aceptación	Cumplido
HU07: Como un Investigador, quiero dar un seguimiento al proceso Delphi Difuso, con el fin	Existe una lista de expertos por encuesta.	SI
	Se puede listar expertos por ronda.	SI
	Se visualiza el estado de una encuesta (enviado, no contestado, reenviado).	SI

ID: Descripción	Criterios de Aceptación	Cumplido
de tomar decisiones que favorezcan mi investigación.	Se envía nuevamente una encuesta.	SI
	Existe la interfaz que muestre la encuesta con las respuestas de los expertos y sus comentarios.	SI
	Existe la interfaz enviar encuesta a nuevo experto.	SI
HU08: Como un investigador, quiero visualizar los resultados de mi estudio Delphi difuso, con la finalidad de determinar la solución en mi investigación.	Se muestra los resultados del promedio grupal por ítem.	SI
	Existe interfaz con una lista de los resultados del algoritmo FDM.	SI
	Existe interfaz con lista de expertos que se calculará el algoritmo FDM.	SI

2.11.3.2 Actualización y refinamiento

Tras finalizar el cuarto Sprint y cumplir con el trabajo planificado, el equipo Scrum no tuvo observaciones. Por lo tanto, no fue necesario estimar cambios sobre la Lista de Producto ni el Plan de Lanzamiento.

2.11.3.3 Retrospectiva de Sprint

En el diagrama Burndown de la Figura 2.5 se resume el desempeño del Equipo de Desarrollo durante la ejecución del cuarto Sprint. Los primeros días el equipo no tuvo problemas para realizar las tareas y avanzó fácilmente con lo planificado. En los días 5 y 6 no se completó ninguna tarea, debido a la complejidad del algoritmo FDM que también incluía validar el consenso grupal de cada ítem. Finalmente, en el séptimo día el Equipo de Desarrollo se recupera y logra cumplir con las tareas y el objetivo del cuarto Sprint.

2.12 SPRINT 5

La Tabla 2.18 ilustra las etapas del quinto Sprint y sus respectivas fechas de desarrollo.

Tabla 2.18. Fechas de las etapas del Sprint 5.

Fecha	Etapas
12/09/2019	Planificación del Sprint: <ul style="list-style-type: none"> • Objetivo del Sprint. • Lista de Pendientes del Sprint.
13/09/2019 al	Ejecución del Sprint:

Fecha	Etapas
26/09/2019	<ul style="list-style-type: none"> • Scrum Diario. • Ejecución de las tareas. • Trabajo pendiente.
27/09/2019	Inspección y adaptación: <ul style="list-style-type: none"> • Revisión de Sprint. • Retrospectiva de Sprint. • Actualización y refinamiento de la Lista de Producto y de la Planificación de Lanzamiento.

2.12.1 Planificación del Sprint

En la planificación del Sprint 5, el Equipo Scrum se reunió para definir la Lista de Producto a realizarse en este Sprint, así como las tareas que cada Historia de Usuario necesita para alcanzar su objetivo. A continuación, se describe el objetivo y la Lista de Pendientes del Sprint 5.

2.12.1.1 Objetivo del Sprint

Implementar interfaces para gestionar una encuesta FAHP y enviarla al correo electrónico de cada experto.

2.12.1.2 Lista de Pendientes del Sprint

La Tabla 2.19 muestra la lista de tareas de cada Historia de Usuario para el Sprint 5.

Tabla 2.19. Lista de Tareas del Sprint 5.

ID	Historia de Usuario	Esfuerzo Estimado
HU09	Como un Investigador, quiero gestionar mi encuesta AHP Difuso, con el fin de Manejar la información del problema, alternativas, atributos y criterios de mi investigación.	Total: 36
Tareas	Desarrollar el modelo: modificar la BDD para registrar Criterios y PreguntasFAHP.	4
	Desarrollar el controlador: crear las API REST que registre, consulte, actualice y elimine criterios.	6
	Desarrollar el controlador: crear la API REST registre los criterios por pregunta.	6
	Desarrollar el controlador: crear las API REST que actualice, elimine y consulte las preguntas FAHP.	4
	Implementar la vista que liste, actualice y elimine los criterios.	4

ID	Historia de Usuario	Esfuerzo Estimado
	Implementar la vista que personalice la pregunta FAHP.	8
	Implementar la vista que liste, actualice y elimine las preguntas FAHP.	4
HU10	Como un investigador, quiero enviar mi encuesta AHP difuso al correo electrónico, con el fin de optimizar el tiempo de recopilación de las opiniones del panel de expertos.	Total: 24
Tareas	Desarrollar el modelo: modificar la BDD para que incluya la entidad EnviarEmailPorCódigoFAHP.	4
	Implementar la vista ingresar mensaje de correo electrónico.	2
	Implementar la vista que muestre y seleccione la matriz de atributos.	4
	Implementar la vista que muestre y seleccione la matriz de criterios.	4
	Implementar la vista que muestre una vista previa de la encuesta FAHP.	6
	Implementar la vista que muestre y seleccione los expertos que recibirán la encuesta FAHP.	4

2.12.2 Ejecución del Sprint

La Figura 2.6 muestra las tareas pendientes y cumplidas (Tabla 2.19) durante los días transcurridos para completar el Sprint 5.

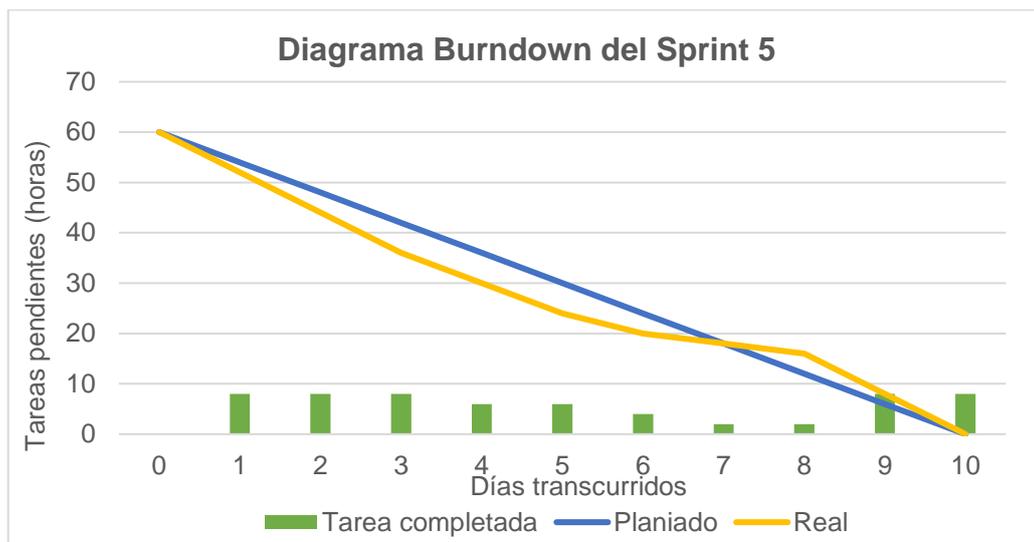


Figura 2.6. Diagrama Burndown del Sprint 5.

2.12.3 Inspección y Adaptación

Esta subsección describe la revisión y retrospectiva del Sprint 5 para inspeccionar el incremento obtenido y adaptar la Lista de Producto de ser el caso.

2.12.3.1 Revisión de Sprint

El Sprint 5 fue revisado por el equipo Scrum de acuerdo con los criterios de aceptación de las HU descritos en la Tabla 2.20. Alcanzando con éxito la meta del quinto Sprint y cumpliendo con cada funcionalidad planteada en la Lista de Pendientes (Tabla 2.19).

Tabla 2.20. Criterios de Aceptación del Sprint 5.

ID: Descripción	Criterios de Aceptación	Cumplido
HU09: Como un Investigador, quiero gestionar mi encuesta AHP Difuso, con el fin de Manejar la información del problema, alternativas, atributos y criterios de mi investigación.	Existe interfaz que registra, actualiza, lista y eliminar criterios.	SI
	Existe interfaz que registra, actualiza, lista y eliminar preguntas FAHP.	SI
	Existe interfaz que asocie criterios a una pregunta.	SI
HU10: Como un investigador, quiero enviar mi encuesta AHP difuso al correo electrónico, con el fin de optimizar el tiempo de recopilación de las opiniones del panel de expertos.	Existe interfaz enviar encuesta FAHP.	SI
	Existe interfaces de matriz de criterios y atributos.	SI
	Existe cuadro de texto que muestre el mensaje de correo electrónico.	SI
	Se selecciona la lista de expertos a los que se enviará la encuesta.	SI

2.12.3.2 Actualización y refinamiento

Tras finalizar el quinto Sprint y cumplir con el trabajo planificado, el Equipo Scrum no tuvo observaciones. Por lo tanto, no fue necesario estimar cambios sobre la Lista de Producto ni el Plan de Lanzamiento.

2.12.3.3 Retrospectiva de Sprint

En el diagrama Burndown de la Figura 2.6 se resume el desempeño del Equipo de Desarrollo durante la ejecución del quinto Sprint. En los primeros días, el Equipo de Desarrollo no tuvo problemas para realizar las tareas y avanzó fácilmente con lo planificado. En el séptimo día, debido a la dificultad del algoritmo FAHP, la vista previa de la encuesta no estaba clara y requirió de más esfuerzo para su desarrollo. El Scrum diario ayudó que nuestro Scrum Master corrija el trabajo dividiendo una tarea compleja de 8 puntos en dos, con el fin de facilitar y distribuir el trabajo al Equipo de Desarrollo. Finalmente, en los dos últimos días el equipo recupera el ritmo y logra cumplir positivamente con la meta del quinto Sprint.

2.13 SPRINT 6

La Tabla 2.21 ilustra las etapas del sexto Sprint y sus respectivas fechas de desarrollo.

Tabla 2.21. Fechas de las etapas del Sprint 6.

Fecha	Etapas
27/09/2019	Planificación del Sprint: <ul style="list-style-type: none">• Objetivo del Sprint.• Lista de Pendientes del Sprint.
28/09/2019 al 13/10/2019	Ejecución del Sprint: <ul style="list-style-type: none">• Scrum Diario.• Ejecución de las tareas.• Trabajo pendiente.
14/10/2019	Inspección y adaptación: <ul style="list-style-type: none">• Revisión de Sprint.• Retrospectiva de Sprint.• Actualización y refinamiento de la Lista de Producto y de la Planificación de Lanzamiento.

2.13.1 Planificación del Sprint

En la planificación del último Sprint, el Equipo Scrum se reunió para definir la Lista de Producto a realizarse en este Sprint, así como las tareas que cada Historia de Usuario necesita para alcanzar su objetivo. A continuación, se describe el objetivo y la Lista de Pendientes del Sprint 6.

2.13.1.1 Objetivo del Sprint

Implementar las interfaces para dar seguimiento, calcular y mostrar los resultados de FAHP.

2.13.1.2 Lista de Pendientes del Sprint

La Tabla 2.22 muestra la lista de tareas de cada Historia de Usuario para el Sprint 6.

Tabla 2.22. Lista de Tareas del Sprint 6.

ID	Historia de Usuario	Esfuerzo Estimado
HU11	Como un Investigador, quiero dar seguimiento al proceso AHP Difuso, con el fin de tomar decisiones que favorezcan mi investigación.	Total: 30
Tareas	Desarrollar el modelo: modificar la BDD para que registre ValoresMAtrizAtributos y ValoresMAtrizCriterios y respuestas de las encuestas.	6
	Desarrollar el controlador: crear la API REST que consulte las respuestas de los expertos (Valores de la matriz de atributos por criterio).	4
	Desarrollar el controlador: crear la API REST que consulte el estado de la encuesta FAHP global (enviado, creado, ejecutado).	4
	Desarrollar el controlador: crear la API REST que consulte el estado de la encuesta FAHP y los filtre por experto.	4
	Implementar la vista que muestre el estado de encuesta FAHP por experto.	2
	Implementar la vista que muestre al experto una encuesta que deberá llenar.	2
	Implementar la vista que muestre las preguntas y criterios de la encuesta FAHP.	2
	Implementar la vista que muestre los resultados de la encuesta FAHP por cada experto.	4
	Implementar la vista que muestre la lista de expertos y permita reenviar una encuesta FAHP.	2
	HU12	Como un investigador, quiero visualizar los resultados de mi estudio AHP difuso, con el fin de determinar la solución en mi investigación.
Tareas	Desarrollar el modelo: modificar la BDD para que incluya PesosAtributo, PesosCriterio, ProcesosFAHP, ResultadosFAHP.	6
	Desarrollar el controlador: crear la API REST que calcule los Pesos de la encuesta, criterios he índice de consistencia.	6
	Implementar la vista que muestre los expertos con los que se calculará el algoritmo FAHP.	2
	Implementar la vista que ingrese imágenes en cada ítem.	4
	Implementar la vista que muestre los pesos de la encuesta FAHP.	6
	Implementar la vista que muestre el índice de consistencia por experto.	2
	Implementar la vista que muestre los pesos de cada criterio de la encuesta FAHP.	4

2.13.2 Ejecución del Sprint

La Figura 2.7 muestra las tareas pendientes y cumplidas (Tabla 2.7) durante los días transcurridos para completar el Sprint 6.

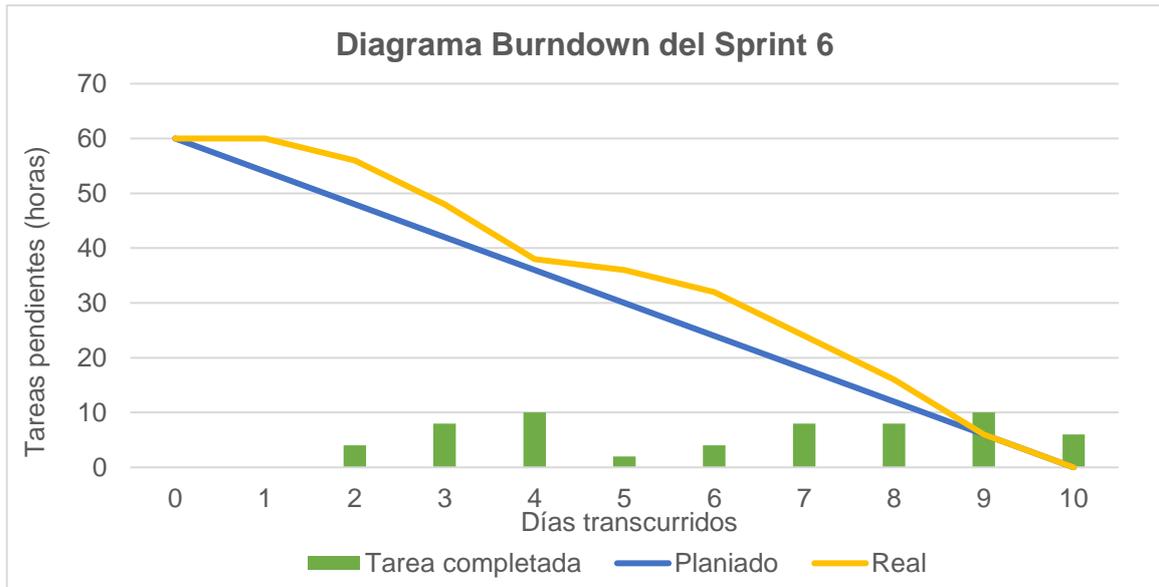


Figura 2.7. Diagrama Burndown del Sprint 6.

2.13.3 Inspección y Adaptación

Esta subsección describe la revisión y retrospectiva del Sprint 6 para inspeccionar el incremento obtenido y adaptar la Lista de Producto de ser el caso.

2.13.3.1 Revisión de Sprint

El Sprint 6 fue revisado por el equipo Scrum de acuerdo con los criterios de aceptación de las HU descritos en la Tabla 2.23. Alcanzando con éxito la meta del sexto Sprint y cumpliendo con cada funcionalidad planteada en la Lista de Pendientes (Tabla 2.7).

Tabla 2.23. Criterios de Aceptación del Sprint 6.

ID: Descripción	Criterios de Aceptación	Cumplido
HU11: Como un Investigador, quiero dar seguimiento al proceso AHP Difuso, con el fin de tomar decisiones que favorezcan mi investigación.	Existe interfaz que muestre el estado de la encuesta FAHP (creado, enviado y ejecutado).	SI
	Existe interfaz que muestra la encuesta FAHP y registre la respuesta de los expertos.	SI
	Existe interfaz que muestre una encuesta FAHP previa.	SI
	Existe interfaz que muestre los resultados de la encuesta FAHP de un experto.	SI
HU12: Como un investigador, quiero visualizar los	Existe interfaz que ejecute el algoritmo FAHP.	SI
	Existe interfaz que muestre el índice de consistencia por experto.	SI

ID: Descripción	Criterios de Aceptación	Cumplido
resultados de mi estudio AHP difuso, con el fin de determinar la solución en mi investigación.	Existe interfaz que muestre el peso de una Encuesta FAHP.	SI
	Existe interfaz que muestre los pesos de cada criterio.	SI
	Se puede registrar imágenes a un ítem.	SI

2.13.3.2 Actualización y refinamiento

Tras finalizar el último Sprint y cumplir con el trabajo planificado, el equipo Scrum no tuvo más observaciones. Por lo tanto, no fue necesario estimar cambios sobre la Lista de Producto ni el Plan de Lanzamiento.

2.13.3.3 Retrospectiva de Sprint

En el diagrama Burndown de la Figura 2.7 se resume el desempeño del Equipo de Desarrollo durante la ejecución del sexto Sprint. En este sprint, el equipo de Desarrollo tuvo estancamientos debido a la dificultad del algoritmo FAHP. Realizar la comparación y validez del algoritmo fue compleja ya que se debe manejar un mínimo de tres matrices, cada uno con números TFN para su cálculo manual. La reunión de Scrum diaria ayudó a solventar el problema usando hojas de cálculo, aunque significó más tiempo para desarrollar la API REST que calcule los índices de consistencia.

Al cuarto día, el equipo logró concretar varias tareas con facilidad. El quinto día surge otra dificultad, guardar imágenes pesadas y manejar directorios en plataformas diferentes requirió de mayor trabajo. Sin embargo, desde el séptimo día, gracias al conocimiento y experiencia del Equipo de Desarrollo se cumplió satisfactoriamente las tareas planificadas y se alcanzó a tiempo con el objetivo del último Sprint.

3 RESULTADO Y DISCUSIÓN

3.1 PRODUCTO FINAL

El sistema web que implementa los métodos Delphi y AHP difusos desarrollado en el presente proyecto integrador consta de los siguientes módulos:

3.1.1 Interfaz de administrador

La Figura 3.1 muestra en un esquema, los módulos desarrollados para la Interfaz de administrador.

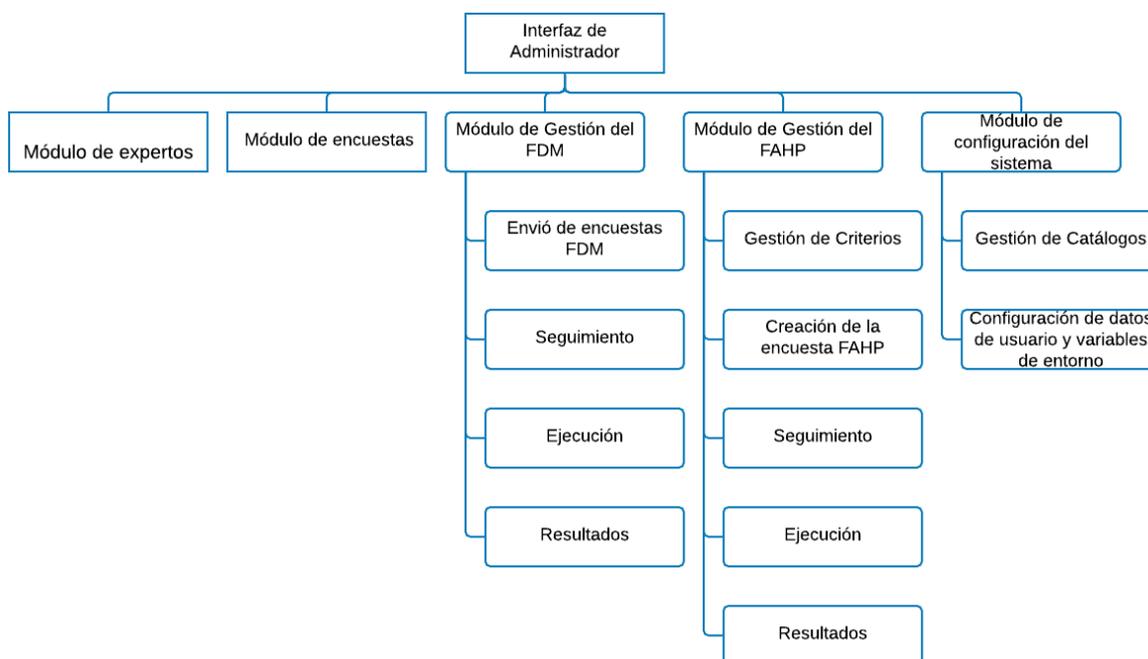


Figura 3.1. Esquema de la Interfaz de Administrador.

3.1.1.1 Módulo de expertos

El módulo contiene la gestión de listar, registrar, editar, eliminar expertos como se muestra en las Figura 3.2 y Figura 3.3. El poder gestionar los expertos facilita la aplicación de los algoritmos Delphi difuso y AHP difuso.

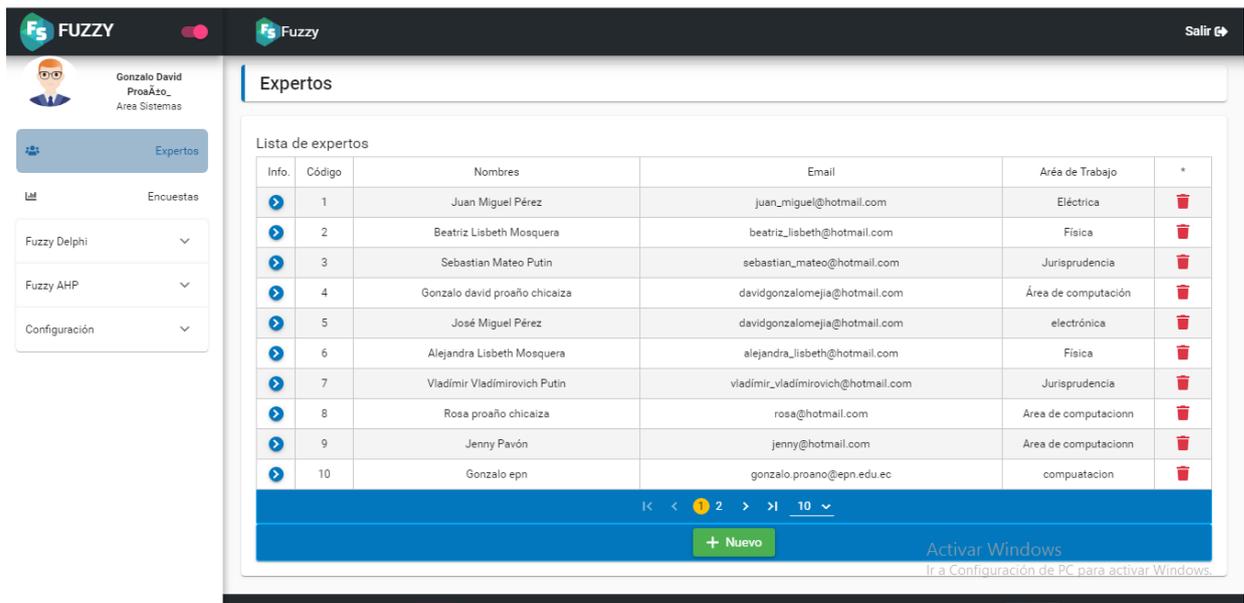


Figura 3.2. Gestión de Expertos.

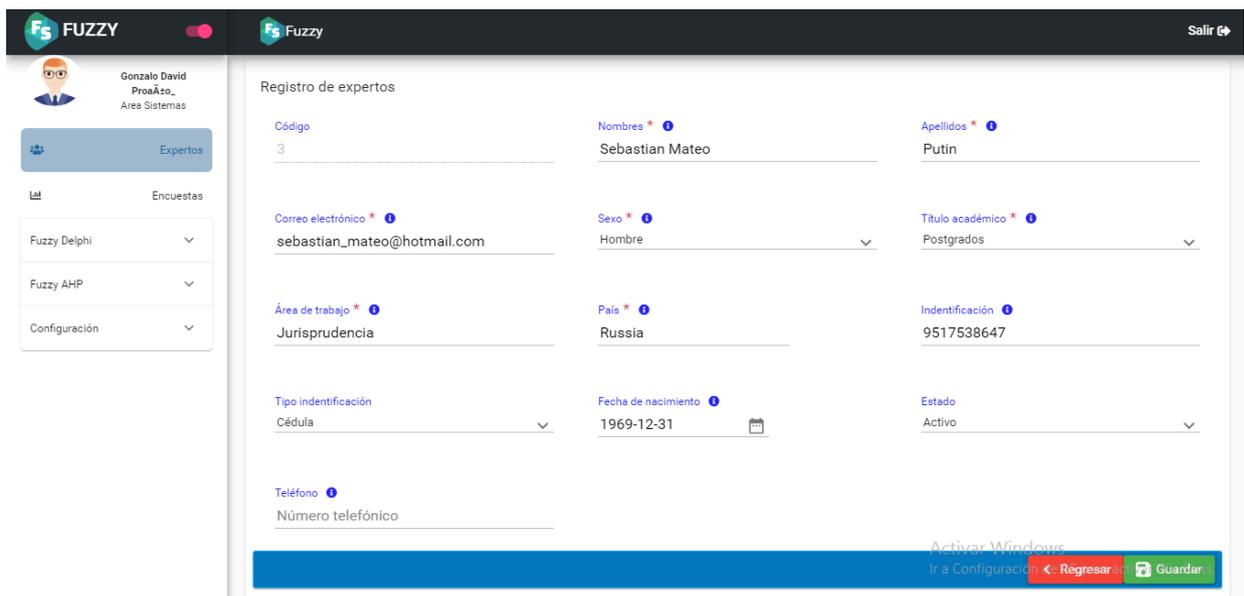


Figura 3.3. Creación y edición de expertos.

3.1.1.2 Módulo de encuestas

El módulo de encuestas permite listar, registrar, editar, eliminar encuestas, preguntas e ítems, además de la carga de imágenes por cada ítem.

En la Figura 3.4 se muestra la estructura de una encuesta en el sistema “Fuzzy System”, el sistema permite crear n preguntas en una encuesta y n ítems en una pregunta.

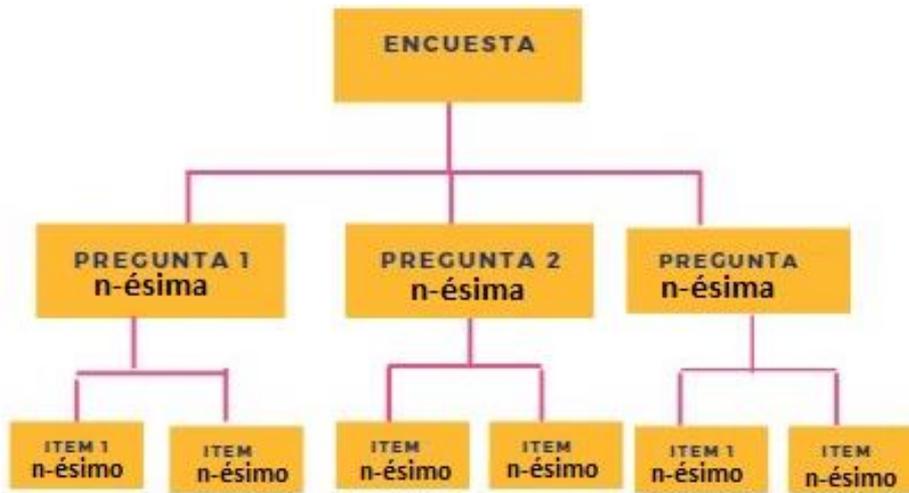


Figura 3.4. Estructura de la encuesta.

En la pantalla de listado de encuestas (Figura 3.5) se puede: crear una nueva encuesta, seleccionar una encuesta para editar o eliminar encuestas.

Encuestas

Lista encuestas

Inf.	CÓDIGO	NOMBRE	TITULO	DESCRIPCIÓN	ESTADO	*
▶	1	Pronostico del equipo ganador en la copa america	MEJOR EQUIPO PARA GANAR LA COPA AMERICA	Equipo posible ganador de la copa américa.	Activo	
▶	14	Selecion de casos de estudio universitario	Investigación de Datos Abiertos	Gracias por dedicar unos minutos a completar esta encuesta, usted ha sido escogido por su experiencia	Activo	
▶	15	Considering reusers when selecting datasets to open: a case of study from universities	Investigación Universitaria	Gracias por dedicar unos minutos a completar esta encuesta, usted ha sido escogido por su experiencia en datos abiertos y la información que nos proporcione será muy l...	Activo	
▶	21	Elección del mejor logotipo para la parroquia de NONO	Logotipo para la parroquia de NONO	Un logotipo que identifique la cultura y tradiciones de la parroquia de NONO	Activo	

10

+ Nuevo

Figura 3.5. Listado de encuestas.

Fs Fuzzy Salir ↗

← Investigación Universitaria

Titulo * ⓘ Titulo Corto * ⓘ

Considering reusers when selecting datasets to open: a case of st... Investigación Universitaria

Descripción * ⓘ

Gracias por dedicar unos minutos a completar esta encuesta, usted ha sido escogido por su experiencia en datos abiertos y la información que nos proporcione será muy útil para la investigación sobre el conjunto de datos que se debería abrir en la universidad ecuatoriana.

Para la investigación vamos a utilizar una metodología llamada Delphi Difuso que consiste en llegar a consensos con los participantes sobre sus criterios, por tanto podríamos requerir de su colaboración una o dos veces adicionales. Sus respuestas serán tratadas de forma confidencial y serán utilizadas para la investigación llevada a cabo entre la Universidad Central

[+ Nueva pregunta](#)

Discriminador de índice de convergencia * ⓘ

70

1 ¿Cuál es la probabilidad que los siguientes conjuntos de datos se reutilicen para generar aplicaciones o servicios de valor agregado para la comunidad universitaria?

[← Regresar](#) [Guardar](#)

Figura 3.6 . Creación y edición de encuestas.

Como se muestra en la Figura 3.7, en cada encuesta se puede crear, editar, eliminar preguntas.

Fs Fuzzy Salir ↗

[+ Nueva pregunta](#)

1 ¿Cuál es la probabilidad que los siguientes conjuntos de datos se reutilicen para generar aplicaciones o servicios de valor agregado para la comunidad universitaria?

Texto pregunta *

¿Cuál es la probabilidad que los siguientes conjuntos de datos se reutilicen para generar aplicaciones o servicios de valor agregado para la comunide

Descripción pregunta *

Indique el porcentaje más pesimista, moderado y optimista.

Discriminador *

70

Minimo *

0

Máximo *

100

Salto *

5

Figura 3.7. Creación y edición de preguntas.

En cada pregunta se puede crear, editar, eliminar ítems (Figura 3.8).

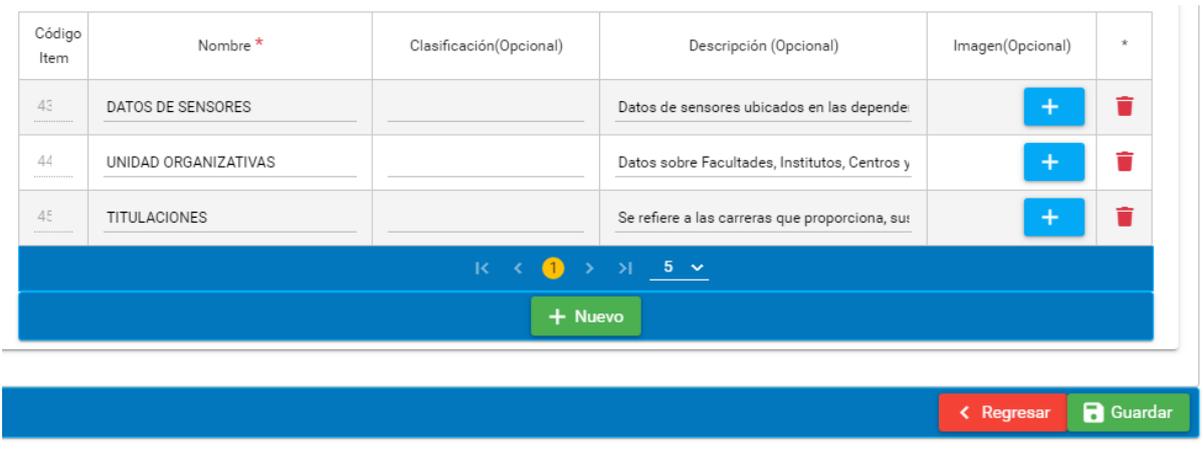


Figura 3.8. Creación y edición de ítems.

En cada ítem se puede cargar una imagen de esta manera se amplía la aplicación de los métodos Delphi difuso y AHP difuso (Figura 3.9).

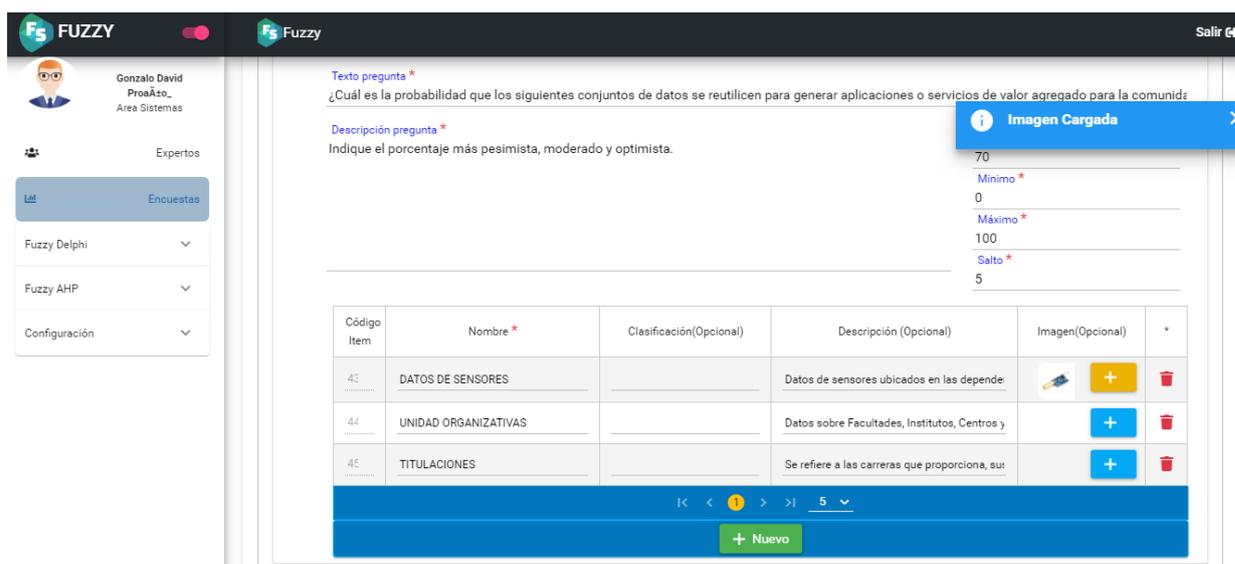


Figura 3.9. Cargar una imagen a ítem.

3.1.1.3 Módulo de Gestión del FDM.

Envío de encuestas Delphi difuso

Una vez seleccionado la encuesta a enviar se genera la respectiva ronda (Figura 3.10), entonces se procede a seleccionar el grupo de expertos como se muestra en la Figura 3.11, al recibir el correo el experto (Figura 3.12), tendrá acceso a un link con token (JWT)

[27], con identificadores y accesos para el experto y podrá ingresar los valores y opiniones que ayuden acerca del caso de estudio.

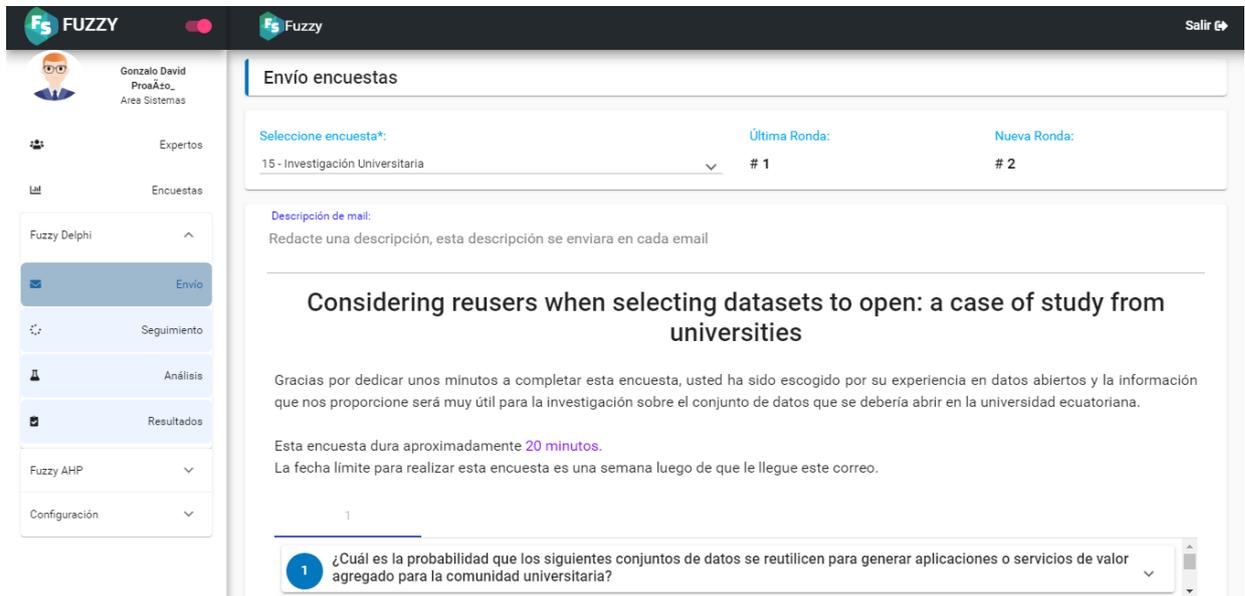


Figura 3.10. Envío de encuestas FDM.

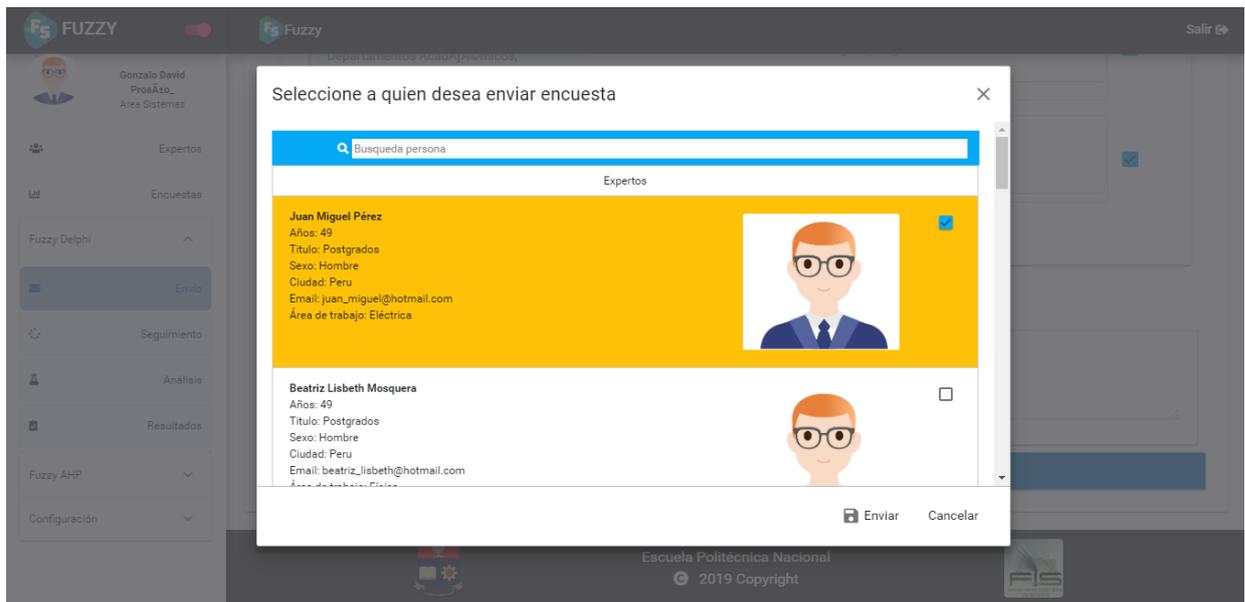


Figura 3.11. Selección de expertos para FDM

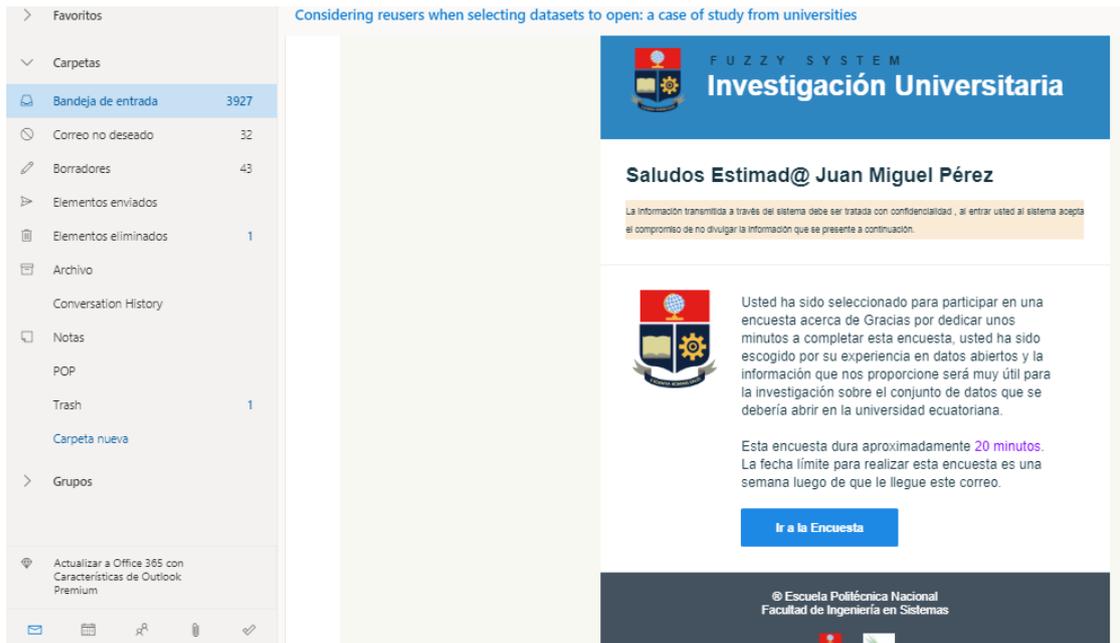


Figura 3.12. Email enviado por Fuzzy System.

Seguimiento

En este módulo se puede realizar un control del proceso Delphi difuso por ronda, permitiendo ejecutar ciertas acciones como reenviar encuesta o visualizar la encuesta contestada (Figura 3.13). Además, se pueden añadir más expertos al proceso como se muestra en la Figura 3.14.

Seguimiento				
Seleccionar encuesta:		# Ronda:	Fecha enviado:	
15 - Investigación Universitaria		1	2019-11-05	
Grupo Expertos				
Cod.Persona	Nombre	Correo	Estado	Acción
1	Juan Miguel Pérez	juan_miguel@hotmail.com	Reenviado / No contestado	
2	Beatriz Lisbeth Mosquera	beatriz_lisbeth@hotmail.com	Enviado /Contestado	
3	Sebastian Mateo Putin	sebastian_mateo@hotmail.com	Enviado /Contestado	
4	Gonzalo david proaño chicaiza	davidgonzalomejia@hotmail.com	Enviado /Contestado	
5	José Miguel Pérez	davidgonzalomejia@hotmail.com	Enviado /Contestado	
6	Alejandra Liebeth Mosquera	alejandra_lisbeth@hotmail.com	Enviado /Contestado	
7	Vladimir Vladimirovich Putin	vladimir_vladimirovich@hotmail.com	Enviado / No contestado	

Figura 3.13. Seguimiento FDM.

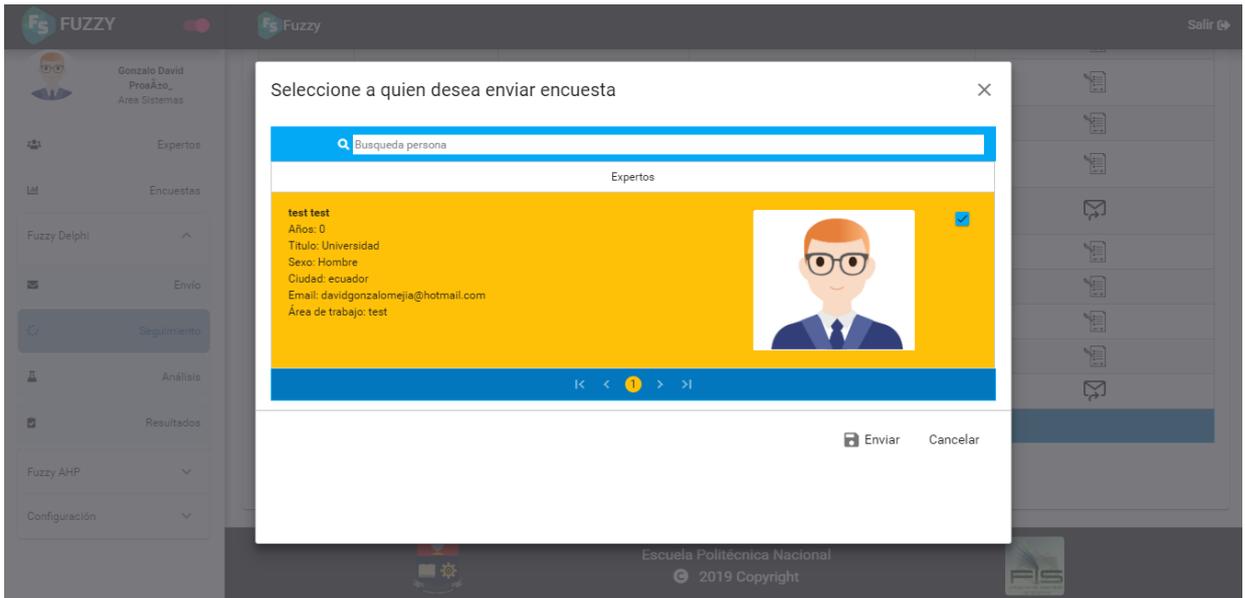


Figura 3.14. Enviar encuesta FDM a nuevo experto.

Ejecución

Esta fase se puede ejecutar cuando al menos un experto ha respondido a la encuesta, al presionar en el botón ejecutar como se muestra en la Figura 3.15 se realiza el cálculo de las variables e indicadores del algoritmo Delphi difuso. Esta ejecución se realiza por cada ronda.

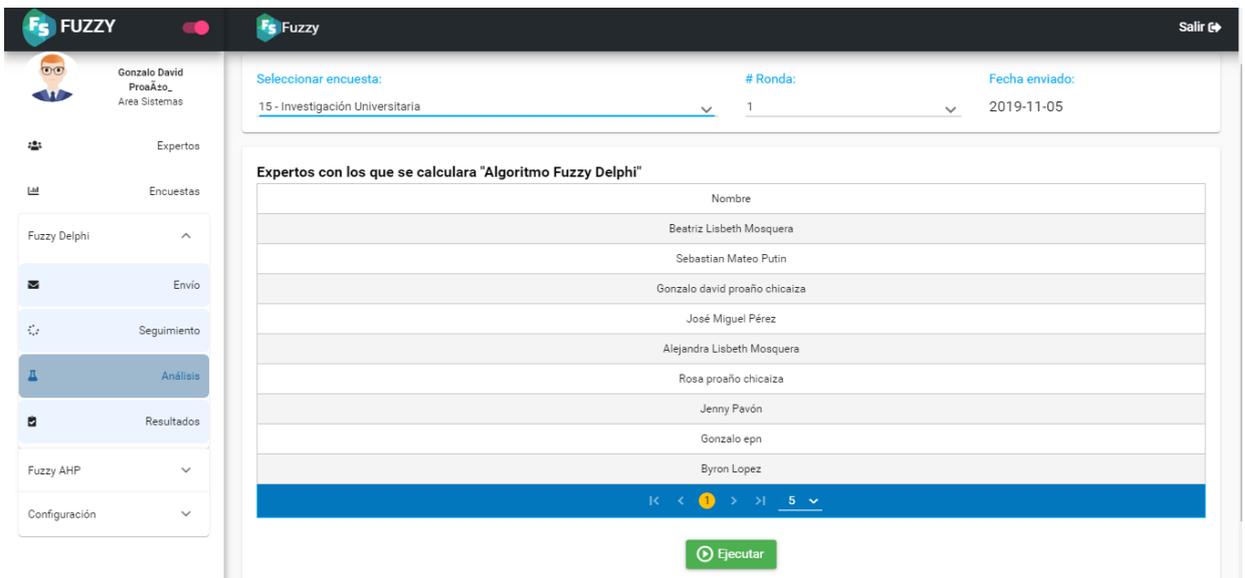


Figura 3.15. Ejecución FDM.

Resultados

Muestra una lista de indicadores y variables que intervienen en el algoritmo Delphi difuso como resultado final del mismo que ayudaran para un mejor análisis y toma de decisiones.

Los resultados son expuestos en una lista clasificada (Figura 3.16) según la variable de clasificación ingresada en el módulo de encuestas.

Info.	Cod. Pregunta	Cod. Item	Item	V. Defusificación	Determinante	Estado	Validado
ACADÉMICO							
▼	14	48	Titulaciones.	65.49	70	No converge	Si
INFORMACIÓN:							
Pregunta: ¿Cuál es la probabilidad que los siguientes conjuntos de datos se reutilicen para generar aplicaciones o servicios de valor agregado para la comunidad universitaria?							
Promedios de Grupo:							
		Valor Inferior	Valor Medio	Valor Superior			
		57.22	67.78	87.22			
>	14	49	Seguimiento a Egresados.	62.83	70	No converge	No
>	14	52	Estudiantes.	69.5	70	No converge	Si
>	14	58	Administrativos.	52.47	70	No converge	No
>	14	59	Docentes.	62.13	70	No converge	No

Figura 3.16. Lista de resultados clasificada del FDM.

3.1.1.4 Módulo de Gestión del proceso de jerarquía analítica difusa (FAHP)

Gestión de Criterios

Esta pantalla (Figura 3.17) permite crear, editar, eliminar criterios de evaluación.

Código	Nombre	Descripción	*
3	Disponibilidad	concepto de disponibilidad	
4	Precio	Ahorro de recursos como dinero	
5	Durabilidad	Tiene una duracion mayor en el tiempo	
6	Aspecto	tiene mejor rasgos	
7	Fisico	valor del dinero	
9	Tradición y cultura	El diseño debe identificar la cultura, flora y fauna de la parroquia de NONO	
10	Inolvidable	el objetivo de todo creador es obtener un resultado memorable que se recue	
11	Sencillez	es el elemento de mayor importancia para diferenciarse realizando pruebas i	

Figura 3.17. Gestión de Criterios.

Creación del proceso de jerarquía analítica difusa

En la pantalla (Figura 3.18) permite listar, crear y eliminar los FAHP.

En la creación de un nuevo proceso FAHP tenemos 3 etapas en la que el usuario debe escoger los datos requeridos en cada pantalla.

- Selección de preguntas: Una vez seleccionada la encuesta que se aplicará el algoritmo FAHP, escogemos que preguntas son seleccionadas (Figura 3.19).
- Selección de criterios: Se escoge los criterios de evaluación que considere necesarios para evaluar cada pregunta (Figura 3.20).
- Mecanismo de comparación (MC): Se escoge la escala de valores con números difusos(TFN) [7] que podrá ingresar el experto según su criterio (Figura 3.21). Los MC son personalizables permitiendo el sistema editar o crear nuevos (Figura 3.22, Figura 3.23).

Código fahp	Código Encuesta	Código Pregunta	Nombre Encuesta	Mecanismo de comparación	Estado	*
14	21	20	Elección del mejor logotipo para la parroquia de NONO	VALUEFAHPCAT	Respondido	

Figura 3.18. Lista FAHP.

Nuevo Proceso de jerarquía analítica difusa (FAHP)

< Regresar > Siguiente

☰ Preguntas ✓ Criterios 📄 Mecanismo de comparación

Selección Encuesta
21 - Logotipo para la parroquia de NONO

Seleccione las preguntas a evaluar con Algoritmo Fuzzy Analytic hierarchy Process

Elección del mejor logotipo para la parroquia de NONO

1 Según su opinión identifique el mejor logotipo para la parroquia de NONO (Quito), basado en los siguientes criterios de evaluación

< Regresar 📄 Guardar

Figura 3.19. Selección de preguntas FAHP.

< Regresar > Siguiente

☰ Preguntas ✓ Criterios 📄 Mecanismo de comparación

Criterios seleccionados
9-Tradición y cultura ✕ 10-Inolvidable ✕ 11-Sencillez ✕

Seleccione los criterios (mínimo 3 criterios)

🔍 Busqueda criterios

	Criterios
<input type="checkbox"/>	Disponibilidad - concepto de disponibilidad
<input type="checkbox"/>	Precio - Ahorro de recursos como dinero
<input type="checkbox"/>	Durabilidad - Tiene una duracion mayor en el tiempo
<input type="checkbox"/>	Aspecto - tiene mejor rasgos
<input type="checkbox"/>	Fisico - valor del dinero
<input checked="" type="checkbox"/>	Tradición y cultura - El diseño debe identificar la cultura, flora y fauna de la parroquia de NONO
<input checked="" type="checkbox"/>	Inolvidable - el objetivo de todo creador es obtener un resultado memorable que se recuerde siempre
<input checked="" type="checkbox"/>	Sencillez - es el elemento de mayor importancia para diferenciarse realizando pruebas interesantes, como: dibujarlo en la arena con facilidad y explicarlo brevemente por correo electrónico o teléfono.

Figura 3.20. Selección de criterios FAHP.



Figura 3.21. Selección del MC.



Figura 3.22. Creación de un nuevo MC.

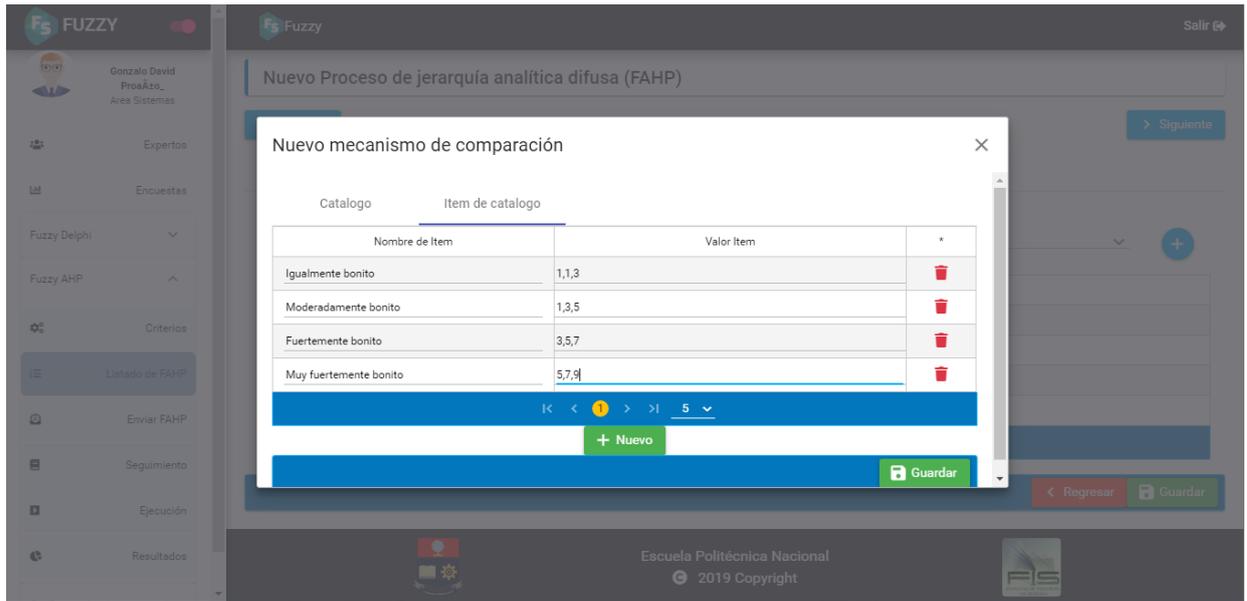


Figura 3.23. Añadir ítems para el nuevo MC.

Envío de encuestas FAHP

Envía los procesos FAHP creados con anterioridad a expertos seleccionados (Figura 3.25) con un mensaje personalizado en cada email como se observa en la Figura 3.24.

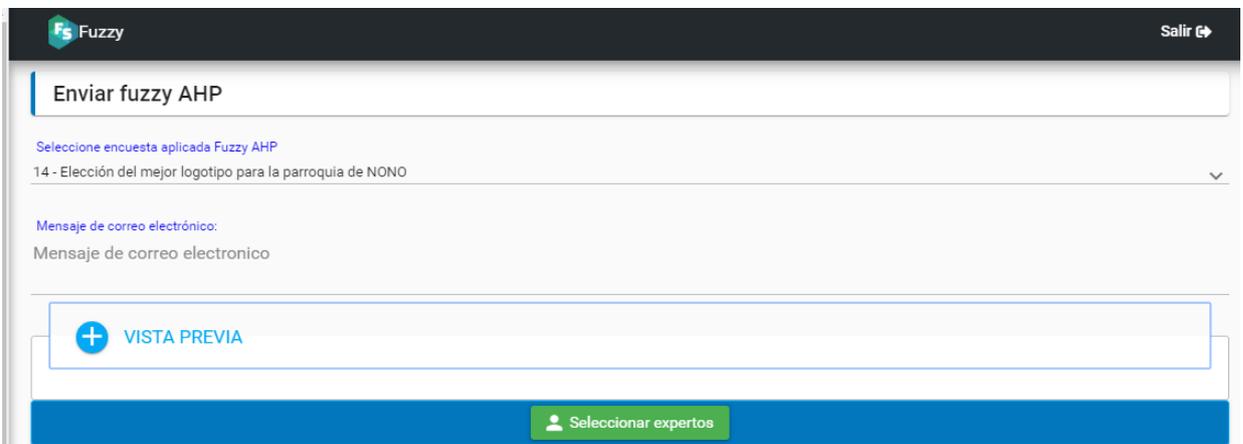


Figura 3.24. Envío de encuestas FAHP.

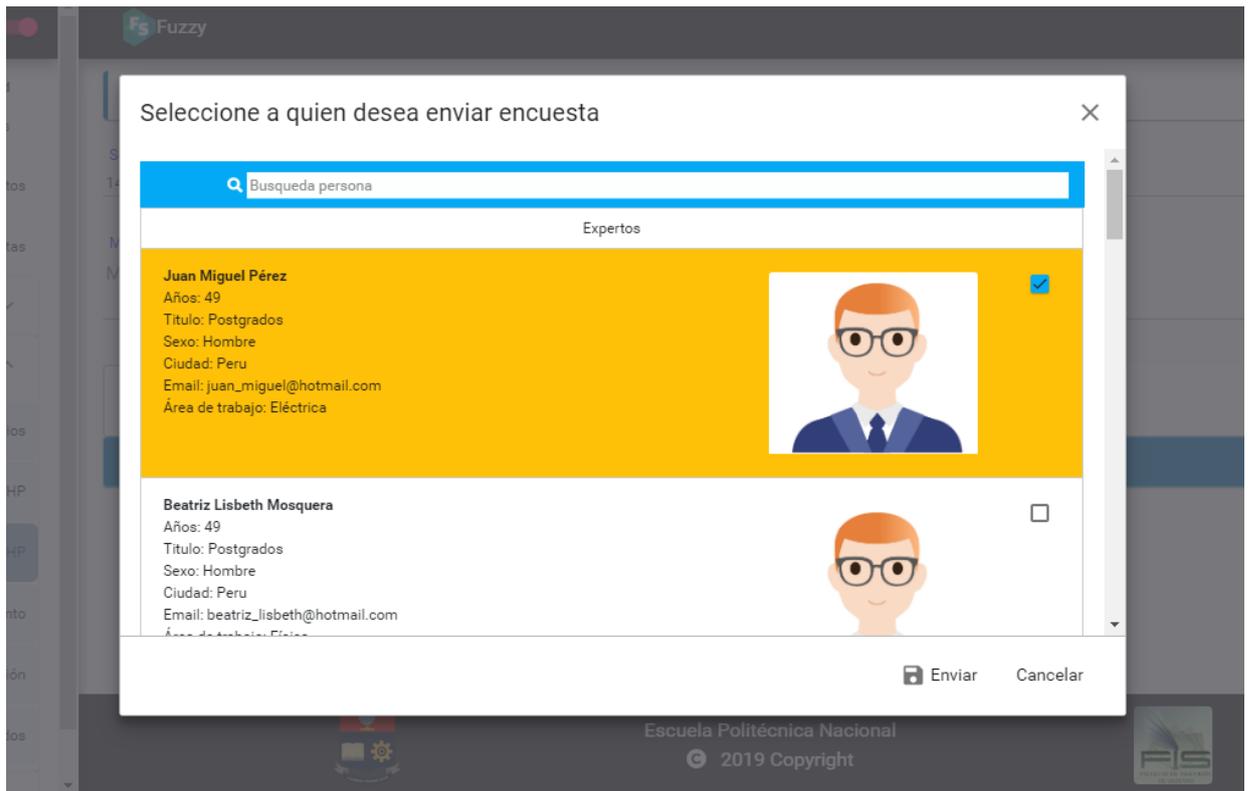


Figura 3.25. Selección de expertos para el FAHP.

Seguimiento

En esta fase se lleva un control del proceso FAHP y se muestra los componentes que integran al mismo como son:

- Preguntas seleccionadas
- Criterios Seleccionadas
- Mecanismo de comparación
- Expertos seleccionados

Además, según el estado de las encuestas FAHP enviadas, se pueden desplegar ciertas acciones como reenviar o visualizar la encuesta respondida.

Fs Fuzzy Salir ↗

Seguimiento fuzzy AHP

Seleccione la encuesta aplicada Fuzzy AHP

14 - Elección del mejor logotipo para la parroquia de NONO

Preguntas

Código	Nombre pregunta
20	Según su opinion identifique el mejor logotipo para la parroquia de NONO (Quito), basado en los siguientes criterios de evaluación

|< < 1 > >| 10 ▾

Criterios

Código fahp	Código Criterio	Nombre	Descripción
14	9	Tradición y cultura	El diseño debe identificar la cultura, flora y fauna de la parroquia de NONO
14	10	Inolvidable	el objetivo de todo creador es obtener un resultado memorable que se recuerde siempre
14	11	Sencillez	es el elemento de mayor importancia para diferenciarse realizando pruebas interesantes, como: dibujarlo en la arena con facilidad y explicarlo brevemente por correo electrónico o teléfono.

|< < 1 > >| 10 ▾

Figura 3.26. Preguntas y criterios seleccionados en Seguimiento FAHP.

Fs Fuzzy Salir ↗

Escala de Mecanismo de Comparación

Escala lingüística	Escala difusa triangular(l,m,n)
Igualmente Importante	1,1,3
Moderadamente Importante	1,3,5
Fuertemente Importante	3,5,7
Muy fuertemente Importante	5,7,9

|< < 1 > >| 10 ▾

Grupo de expertos enviados email

Código fahp	Código experto	Nombre experto	Estado	Acción
14	4	Gonzalo david proaño chicaiza	Respondido	
14	10	Gonzalo epn	Reenviado	
14	11	Byron Lopez	Respondido	

|< < 1 > >| 10 ▾

Escuela Politécnica Nacional
© 2019 Copyright

Figura 3.27. MC y expertos seleccionados.

Ejecución

Ejecuta el algoritmo FAHP con los valores de las encuestas respondidas por los expertos.

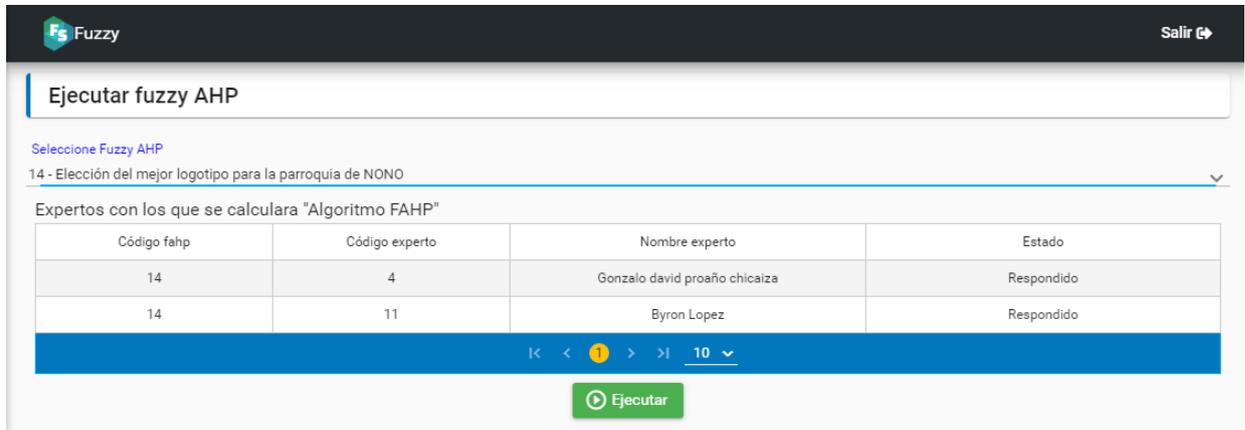


Figura 3.28. Ejecución del algoritmo FAHP.

Resultados

Calcula los indicadores resultantes al aplicar el algoritmo AHP difuso a los datos ingresados por los expertos en las encuestas.

Los indicadores resultantes son:

- Pesos de atributos: Valores que indican jerarquía o prioridad de un atributo sobre otro (Figura 3.29).
- Pesos de criterios: Valores que indican la jerarquía o prioridad de un criterio sobre otro (Figura 3.30).
- Consistencia: Valores que indican la coherencia de los datos ingresados por los expertos en las matrices de comparaciones pareadas (matriz de criterios, matriz de atributos) (Figura 3.31).

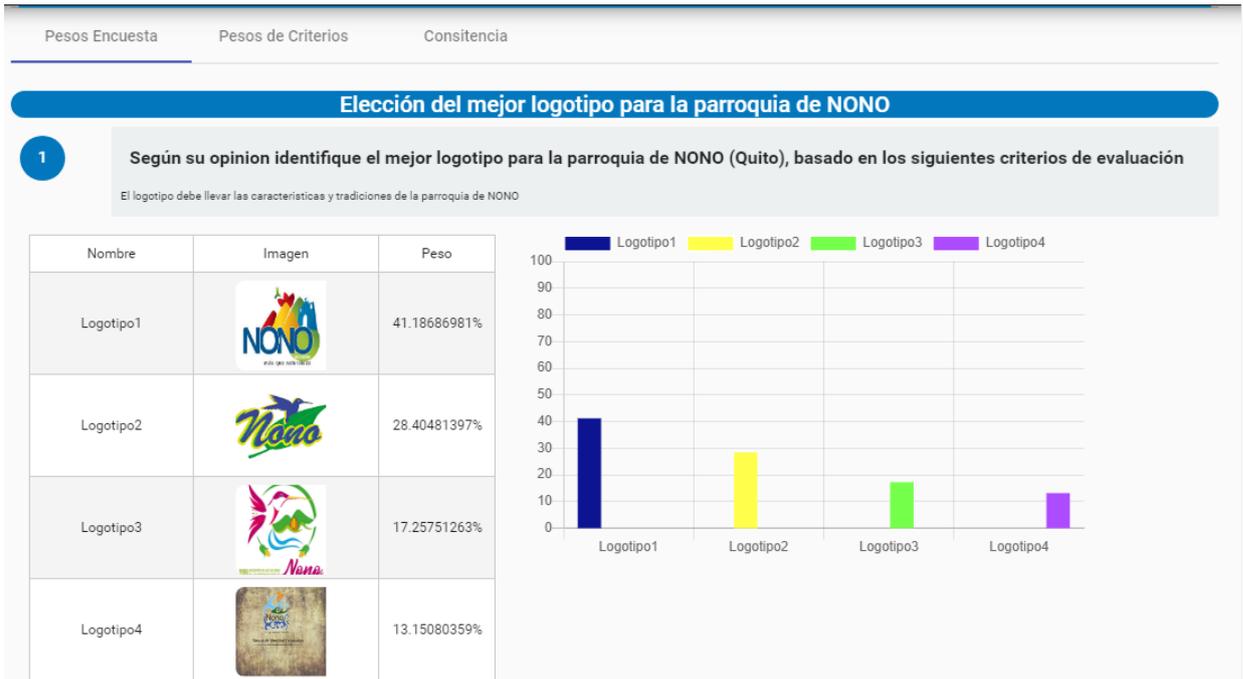


Figura 3.29. Pesos de atributos.

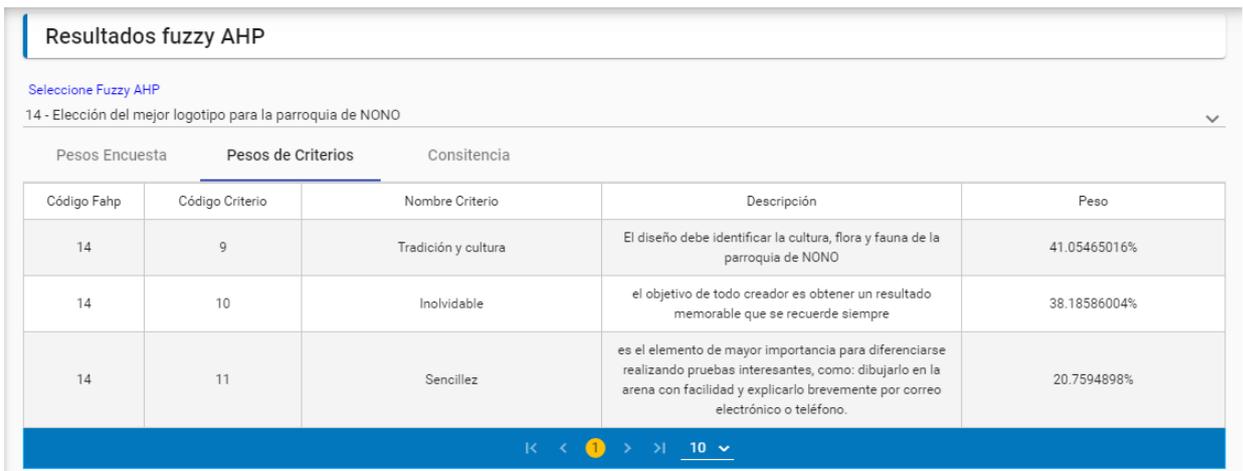


Figura 3.30. Pesos de criterios.



Figura 3.31. Consistencia.

3.1.1.5 Módulo de configuración del sistema

En este módulo se establece los elementos y variables que afectan al sistema tratando de flexibilizar y personalizar el uso y aplicación de los algoritmos Delphi difuso y AHP difuso.

Gestión de Catálogos

Catálogos: es un concepto de base de datos que ayuda a dinamizar a un sistema y permite que sea flexible debido a que contiene información relevante del sistema [40] Además, es un conjunto de tablas en la base de datos del sistema que contiene información de tablas, columnas, vistas, privilegios. El uso de este concepto en el sistema permite que el sistema sea dinámico y personalizable.

Usos en el sistema “Fuzzy System”:

- Privilegios de usuario
- Mecanismo de comparación del algoritmo FAHP.
- Valores dinámicos en los estados de FDM Y FAHP.
- Valores dinámicos en datos complementarios de expertos.

El sistema permite crear, listar, editar y eliminar catálogos.



Código.	Nombre	Descripción	*
ACADEMICDEGREECAT	ACADEMICDEGREECAT	Grado de educación de una persona	
IDENTIFYTYPECAT	IDENTIFYTYPECAT	tipo de tipo identificaciones	
SENTSTATUSCAT	SENTSTATUSCAT	Cátalogo estados de las encuestas	
SEXCAT	SEXCAT	Sexo de cada persona	
STATUSCAT	STATUSCAT	Cátalogo estados	
STATUSFAHPCAT	STATUSFAHPCAT	Cátalogo con los estados del proceso sobre el algoritmo fuzzy AHP	
STATUSRESULTCAT	STATUSRESULTCAT	Cátalogo estados de resultados de si converge o no	
STATUSSENTFAHPCAT	STATUSSENTFAHPCAT	Cátalogo de estados de envio de mail para proceso de FAHP	
TYPEPERSONCAT	TYPEPERSONCAT	tipo de personas como admin, expertos etc	
VALUEFAHPCAT	VALUEFAHPCAT	Lista de valores para fuzzy AHP	

Figura 3.32. Listado de Catálogos.

Detalle Catalogo

Catalogo Item de catalogo

Codigo * ⓘ
SEXCAT

Nombre * ⓘ
SEXCAT

Descripción * ⓘ
Sexo de cada persona

< Regresar
Guardar

Figura 3.33. Registro de catálogos.

Detalle Catalogo

Catalogo Item de catalogo

Nombre de Item	Valor Item	
Mujer	0	✖
Hombre	1	✖

+ Nuevo

< Regresar
Guardar

Figura 3.34. Registro de ítems de catálogos.

Configuración de datos de usuario y variables de entorno

Datos de usuario

Permite editar los datos de inicio de sesión como la contraseña y el área de trabajo.

Configuración Datos de usuario

👤 Usuario
 Gonzalo David Proaño_

🏢 Área de trabajo
 Área Sistemas

✉️ Correo electrónico
 gonzalo.proano@epn.edu.ec

🔑 Contraseña 🔗

🔑 Confirmación

Guardar

Figura 3.35. Configuración de inicio de sesión.

Variables de entorno

Variables dinámicas configuradas según el ambiente en el cual se despliega el sistema, además de personalización de las carpetas donde se guardan ciertos archivos del sistema.



Figura 3.36. Configuración de variables del sistema.

3.1.2 Interfaz del cliente

La interfaz del cliente o de uso se desarrolló con un solo módulo como se muestra en la Figura 3.37. A continuación, se describe el módulo de encuestas para los expertos.

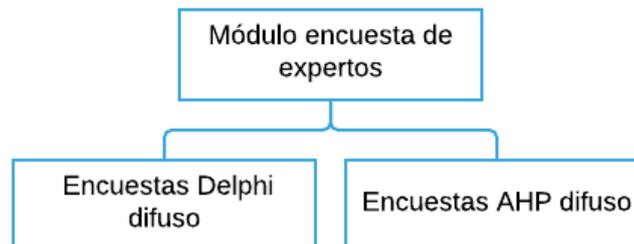


Figura 3.37. Módulo encuesta de expertos.

3.1.2.1 Modulo encuestas de expertos

Encuestas Delphi difuso

Encuestas diseñadas para aplicar el algoritmo Delphi difuso (Figura 3.38), estas encuestas tienen pequeñas variaciones dependiendo de la ronda. El objetivo de estas encuestas es recolectar la opinión más objetiva de los expertos acorde a cierto tema de discusión.

Ronda 1

Para la primera ronda todos los valores se muestran vacíos para ser ingresados. Los valores por registrar en esta encuesta son por cada ítem, se debe escoger una calificación

mínima, promedio y máxima como se demuestra en la Figura 3.39. Es posible anexar observaciones por cada pregunta y una general por toda la encuesta (Figura 3.40). Estas observaciones son focalizadas por el administrador para añadir o quitar ítems del conjunto de datos que tiene cada pregunta.

Los comentarios (Figura 3.41) son el medio por el cual los expertos expresan su pensamiento crítico o razones de la importancia de su respuesta en cada ítem, así también dejando ver sus posturas de un tema específico frente a los demás expertos, pero manteniendo su anonimato en el grupo.

Los expertos seleccionados pueden ingresar comentarios por cada ítem y son visibles para todos los expertos involucrados en esa ronda, pero de manera anónima (sin mostrar su nombre o identificador).

The screenshot displays a survey interface. At the top, there is a header for 'Datos personales' (Personal Data) with a minus sign icon. Below this, user information is presented in a grid: 'Usuario : Gonzalo Perez Chango', 'Email : gonzalo.proano@epn.edu.ec', 'Educación : Postgrados', 'N° de Ronda : 1', 'Área de Trabajo : Area de sistemas', 'Sexo : Hombre', 'Ciudad : Ecuador-Quito', and 'Edad : 24'. The main title of the survey is 'Selección de casos de estudio universitario'. A message below the title reads: 'Gracias por dedicar unos minutos a completar esta encuesta, usted ha sido escogido por su experiencia'. A progress indicator shows '1' out of a total of '1' questions. The first question is: '¿Cuál es la probabilidad que los siguientes conjuntos de datos se reutilicen para generar aplicaciones o servicios de valor agregado para la comunidad universitaria?' with a sub-instruction: 'Indique el porcentaje más pesimista, moderado y optimista.' Below the question, there are two data categories: 'DATOS DE SENSORES (Datos de sensores ubicados en las dependencias, controles, equipos, registros, Wifi, camaras, accesos.)' and 'UNIDAD ORGANIZATIVAS (Datos...'. To the right of the first category, there is a 'Seleccionar valores:' field with three empty input boxes.

Figura 3.38. Encuestas FDM.

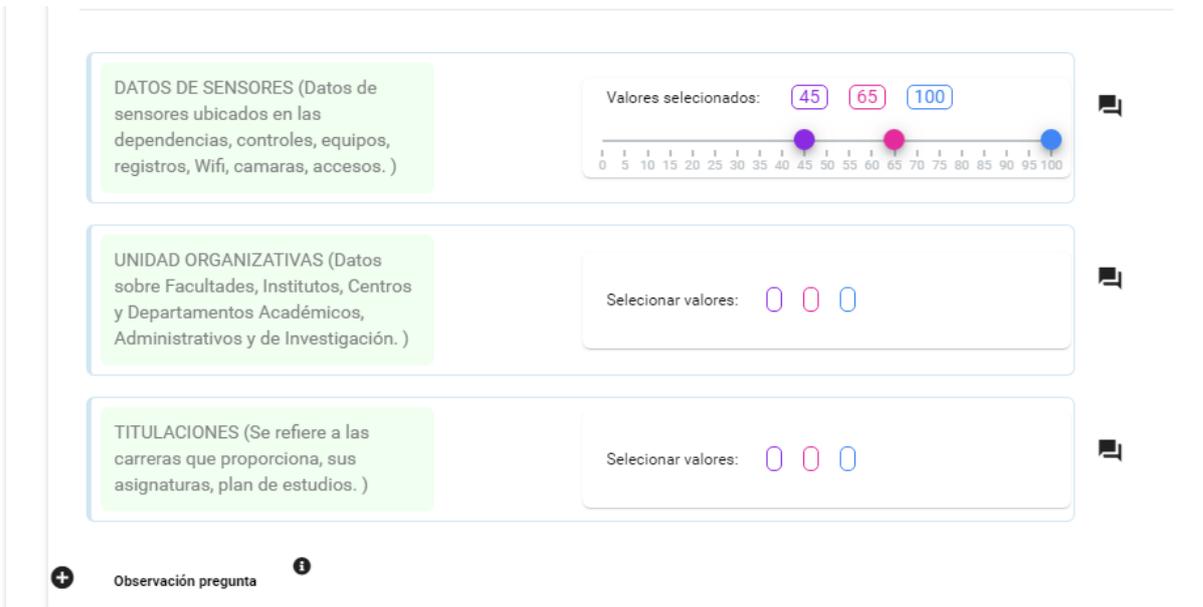


Figura 3.39. Valores de evaluación por ítem.

The figure shows a form for adding observations. It consists of two main sections, each with a plus icon, an information icon, and a text input area.

- Observación pregunta**: The text input area contains the placeholder "Describa observaciones que usted considere importante en la pregunta (opcional)".
- Observación encuesta**: The text input area contains the placeholder "Describa observaciones que usted considere importante en la encuesta (opcional)".

At the bottom right, there is a blue bar with a green button labeled "Guardar".

Figura 3.40. Observación por pregunta y por encuesta.

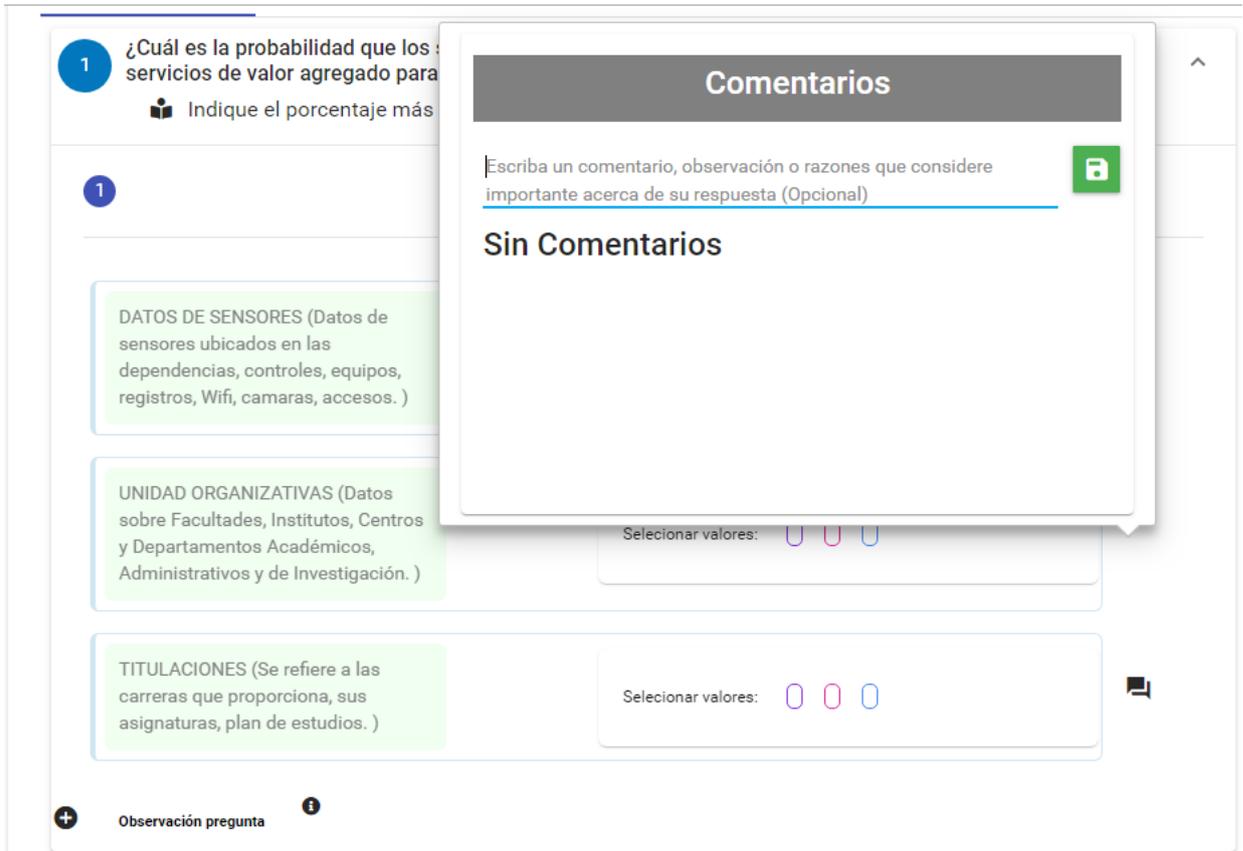


Figura 3.41. Comentarios.

Ronda mayor a 1

A partir de la ronda 2 se muestra los valores promedio del grupo de expertos y los valores ingresados por el experto de la ronda anterior (Figura 3.42). En esta ronda, los datos pueden ser cambiados o no por el experto al tener una nueva perspectiva dado que los comentarios ingresados por los demás expertos pueden tener efecto en la opinión y obviamente en los valores ingresados por el experto; llegando así a un consenso entre los miembros del grupo seleccionado de expertos para el caso de estudio (Figura 3.43).



Figura 3.42. Valores y promedio grupal de ronda anterior.



Figura 3.43. Comentarios del panel de expertos.

Encuestas AHP difuso

Encuestas diseñadas para aplicar el algoritmo AHP difuso, en esta encuesta tenemos las matrices de comparaciones pareadas:

- Matriz de criterios: esta matriz contiene los criterios de evaluación y busca identificar la prioridad de un criterio sobre otro (Figura 3.44).
- Matriz de atributos: es un conjunto de matrices que dependen del número de preguntas y del número de criterios de evaluación y buscan identificar la prioridad de un atributo sobre otro, teniendo en cuenta un criterio de evaluación específico (Figura 3.45).

Datos personales ?

Nombre: Juan Miguel Pérez Email: davidgonzalomeja@hotmail.com Área de trabajo: Eléctrica

Matriz de criterios

	Tradición y cultura	Inolvidable	Sencillez
Tradición y cultura	Exactamente Igual	Seleccione	Seleccione
Inolvidable	N/A	Exactamente Igual	Seleccione
Sencillez	N/A	N/A	Exactamente Igual

Figura 3.44. Matriz de criterios.

Elección del mejor logotipo para la parroquia de NONO

1 Según su opinión identifique el mejor logotipo para la parroquia de NONO (Quito), basado en los siguientes criterios de evaluación

El logotipo debe llevar las características y tradiciones de la parroquia de NONO

Criterio de Evaluación: **Tradición y cultura**
Tradición y cultura : El diseño debe identificar la cultura, flora y fauna de la parroquia de NONO

	Logotipo1	Logotipo2	Logotipo3	Logotipo4
Logotipo1	Exactamente Igual	Seleccione	Seleccione	Seleccione
Logotipo2	N/A	Seleccione Logotipo1 Igualmente Importante que Logotipo2 Logotipo1 Moderadamente Importante que Logotipo2 Logotipo1 Fuertemente Importante que Logotipo2 Logotipo1 Muy fuertemente Importante que Logotipo2	Seleccione	Seleccione
Logotipo3	N/A	N/A	Exactamente Igual	Seleccione
Logotipo4	N/A	N/A	N/A	Exactamente Igual

Figura 3.45. Matriz de atributos.

3.2 CASO DE ESTUDIO

La evaluación del sistema web se aplicó en 2 proyectos de investigación universitarios usando el algoritmo Delphi difuso y AHP difuso respectivamente en cada proyecto.

3.2.1 Aplicación del Método Delphi difuso

Se ha planteado el caso de estudio de selección del conjunto de datos abiertos en el ámbito de las universidades públicas. Esta selección se puede usar para crear productos y servicios de TI, pero la selección o toma de decisiones basándose en la intuición puede resultar complejo y costoso. La encuesta usando FDM se la realizó seleccionando un grupo de expertos del grupo REDAM (red de datos abiertos y metadatos de Ecuador) y tratando de llegar a un consenso con el grupo [41].

3.2.1.1 Definición de encuestas

Título del Proyecto de investigación: Considering reusers when selecting datasets to open: a case of study from universities

Pregunta:

¿Cuál es la probabilidad que los siguientes conjuntos de datos se reutilicen para generar aplicaciones o servicios de valor agregado para la comunidad universitaria?

Ítems o dataset: los ítems, datasets o datos abiertos para este estudio se ilustran en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Dataset utilizados en el caso de estudio.

Nombre	Clasificación	Descripción
Colectores de Basura.	Organización e infraestructura	Sistema de recolección interna de basura, tachos de basura, horarios de recolección.
Proyectos de Investigación.	Investigación	Proyectos que se están ejecutando, investigadores.
Titulaciones.	Académico	Carreras, asignaturas, plan de estudios.
Seguimiento a Egresados.	Académico	Alumnos egresados.
Datos Meteorológicos.	Datos tiempo real sensores	Temperatura, Humedad, Rayos Ultravioleta, Lluvia, Presión atmosférica, Polución.
Oportunidades de trabajo.	Bienestar estudiantil	Oportunidades de trabajo, pasantías y prácticas.
Estudiantes.	Académico	Alumnos matriculados.

Convenios.	Investigación	Convenios suscritos con entidades universitarias, empresas, gobiernos.
Eventos Culturales y Deportivos.	Bienestar estudiantil	Descripción de Eventos culturales y deportivos.
Proyectos de Infraestructura.	Organización e infraestructura	Detalle de proyectos de infraestructura en mantenimiento a implementarse.
Telefonía.	Organización e infraestructura	Consumo telefónico tomado en forma física y digital.
Jardinería.	Organización e infraestructura	Sistema de arreglo de jardinería, por zona, personal, herramientas, horarios de arreglo.
Administrativos.	Académico	Trabajadores administrativos.
Docentes.	Académico	Docentes que se encuentran con contrato.
Becas y Ayudas.	Bienestar estudiantil	Becas y ayudas existentes.
Presupuesto.	Organización e infraestructura	Presupuestos de la Universidad.
Transporte.	Bienestar estudiantil	Sistemas de transporte desde y hacia la Universidad.
Unidades Organizativas.	Académico	Datos sobre Facultades, Institutos, Centros y Departamentos Académicos, Administrativos y de Investigación.
Datos Geo posicionados.	Organización e infraestructura	Datos geo posicionados de los edificios, dependencias, equipos de comunicaciones, máquinas expendedoras, zonas de jardinería y otros.
Servicios para el Estudiante.	Bienestar estudiantil	Servicios médicos, legales, administrativos.
Agua.	Organización e infraestructura	Consumo de agua tomado en forma física y digital.
Bibliotecas.	Bienestar estudiantil	Sistema de bibliotecas dentro de la Universidad.
Restaurantes y Puestos de Comida.	Organización e infraestructura	Descripción de restaurantes, puestos de comida y bares.
Publicaciones Científicas.	Investigación	Publicaciones científicas del personal docente investigador publicados e indexados.
Datos de Sensores.	Datos tiempo real sensores	Datos de sensores ubicados en las dependencias, controles, equipos, registros, Cámaras, Wifi, accesos.
Guardianía.	Organización e infraestructura	Sistema de guardianía, por zona, personal, herramientas, rutas, cámaras.
Energía.	Organización e infraestructura	Consumo de energía tomado en forma física y digital.
Organigrama de Dirección.	Organización e infraestructura	Datos de personal que dirige las unidades administrativas, académicas e investigación.

3.2.1.2 Creación de la encuesta en el sistema web

Se creó la encuesta con la misma información de preguntas e ítems para el caso de estudio de datos abiertos (Figura 3.46).

Investigación Universitaria

Título *
 Considering reusers when selecting datasets to open: a case of study from universities

Título Curso *
 Investigación Universitaria

Descripción *
 Gracias por dedicar unos minutos a completar esta encuesta, usted ha sido escogido por su experiencia en datos abiertos y la información que nos proporcione será muy útil para la investigación sobre el conjunto de datos que se debería abrir en la universidad ecuatoriana.
 Esta encuesta dura aproximadamente 20 minutos.
 La fecha límite para realizar esta encuesta es una semana luego de que le llegue este correo.

Discriminador de índice de convergencia *
 70

+ Nueva pregunta

1 ¿Cuál es la probabilidad que los siguientes conjuntos de datos se reutilicen para generar aplicaciones o servicios de valor agregado para la comunidad universitaria?

Título pregunta *
 ¿Cuál es la probabilidad que los siguientes conjuntos de datos se reutilicen para generar aplicaciones o servicios de valor agregado para la comunidad universitaria?

Descripción pregunta *
 Indique el porcentaje más pesimista, moderado y optimista de acuerdo a su criterio de probabilidad de reutilización

Discriminador *
 70
 Mínimo *
 0
 Máximo *
 100
 Paso *
 5

Código Item	Nombre *	Clasificación(Opcional)	Descripción (Opcional)	Imagen(Opcional)	*
46	Colectores de Basura.	ORGANIZACIÓN E INFRAESTRUCTURA	Sistema de recolección interna de basura, tachos de basura, horarios de recolect.		
47	Proyectos de Investigación.	INVESTIGACIÓN	Proyectos que se están ejecutando, investigadores.		
48	Titulaciones.	ACADÉMICO	Carreras, asignaturas, plan de estudios.		
49	Seguimiento a Egresados.	ACADÉMICO	Alumnos egresados.		

Figura 3.46. Creación de encuesta para el caso de estudio FDM.

3.2.1.3 Envío de encuestas

Se seleccionó la encuesta y la ronda para aplicar la metodología Delphi difuso.

Fuzzy

Envío encuestas

Selección encuesta*
 23 - Investigación Universitaria

Última Ronda:
 # 1

Nueva Ronda:
 # 1

Considering reusers when selecting datasets to open: a case of study from universities

Gracias por dedicar unos minutos a completar esta encuesta, usted ha sido escogido por su experiencia en datos abiertos y la información que nos proporcione será muy útil para la investigación sobre el conjunto de datos que se debería abrir en la universidad ecuatoriana.
 Esta encuesta dura aproximadamente 20 minutos.
 La fecha límite para realizar esta encuesta es una semana luego de que le llegue este correo.

1

1 ¿Cuál es la probabilidad que los siguientes conjuntos de datos se reutilicen para generar aplicaciones o servicios de valor agregado para la comunidad universitaria?
 Indique el porcentaje más pesimista, moderado y optimista de acuerdo a su criterio de probabilidad de reutilización

1 ORGANIZACIÓN E INFRAESTRUCTURA 2 INVESTIGACIÓN 3 ACADÉMICO 4 DATOS TIEMPO REAL SENSORES 5 BIENESTAR ESTUDIANTIL

Anterior ORGANIZACIÓN E INFRAESTRUCTURA Siguiendo

Colectores de Basura. (Sistema de recolección interna de basura, tachos de basura, horarios de recolección.)
 Seleccionar valores: 0 0 0

Proyectos de Infraestructura. (Detalle de proyectos de infraestructura en mantenimiento a implementarse.)
 Seleccionar valores: 0 0 0

Telefonía. (Consumo telefónico tomado en forma física y digital.)
 Seleccionar valores: 0 0 0

Figura 3.47. Envío encuesta FDM.

3.2.1.4 Selección de grupo de expertos

Se selecciona los expertos, en este caso se aplica para 9 expertos participantes del grupo REDAM.

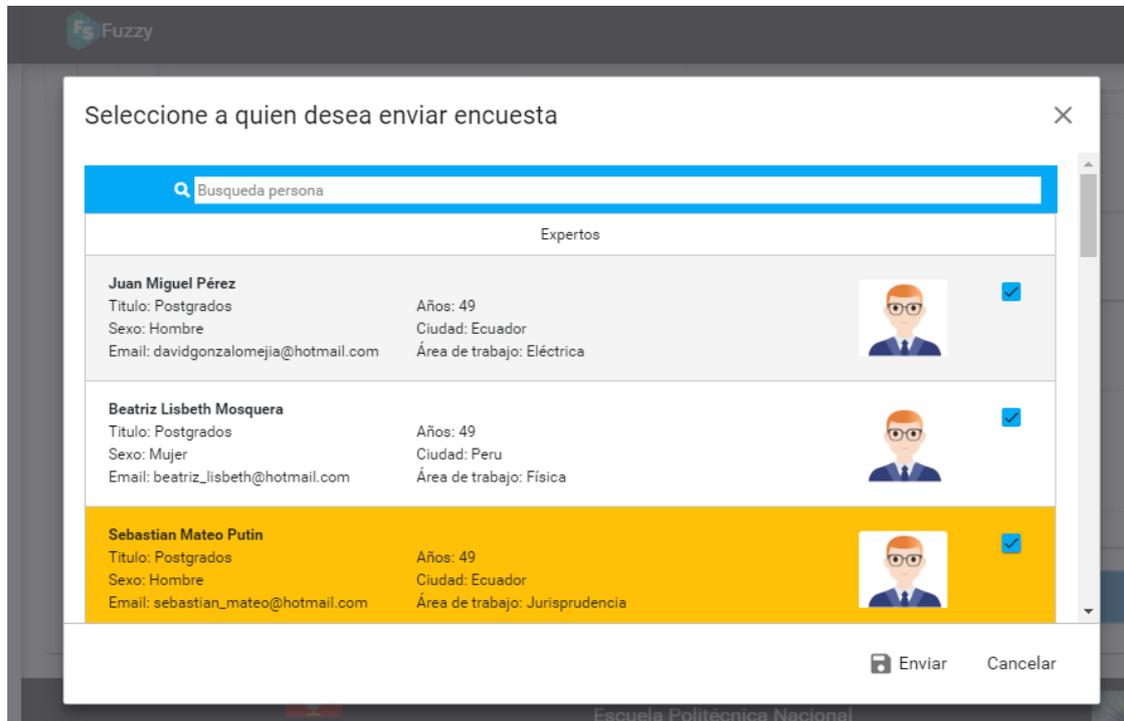


Figura 3.48. Selección de expertos.

La Figura 3.49 corresponde al email personalizado que recibe cada experto para participar en el caso de estudio.

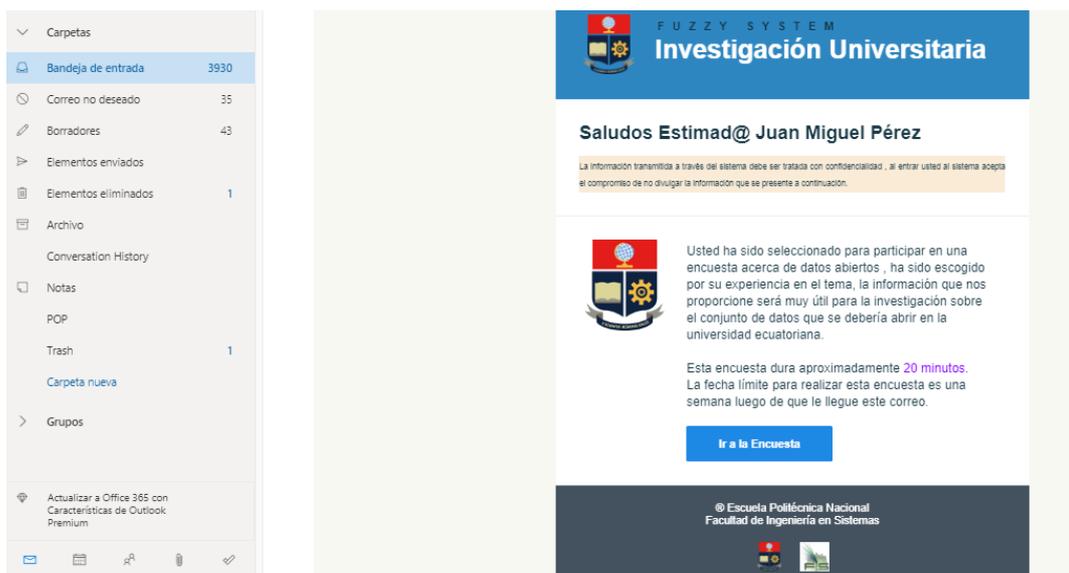


Figura 3.49. Correo estudio FDM.

Cada experto debía contestar el cuestionario, seleccionado 3 valores (TFN) por cada ítem o dataset (valor mínimo, valor promedio, valor máximo) y describir su opinión en los comentario u observaciones para llegar a un consenso con los demás expertos. La Figura 3.50 muestra un extracto de la encuesta recibida por los expertos.

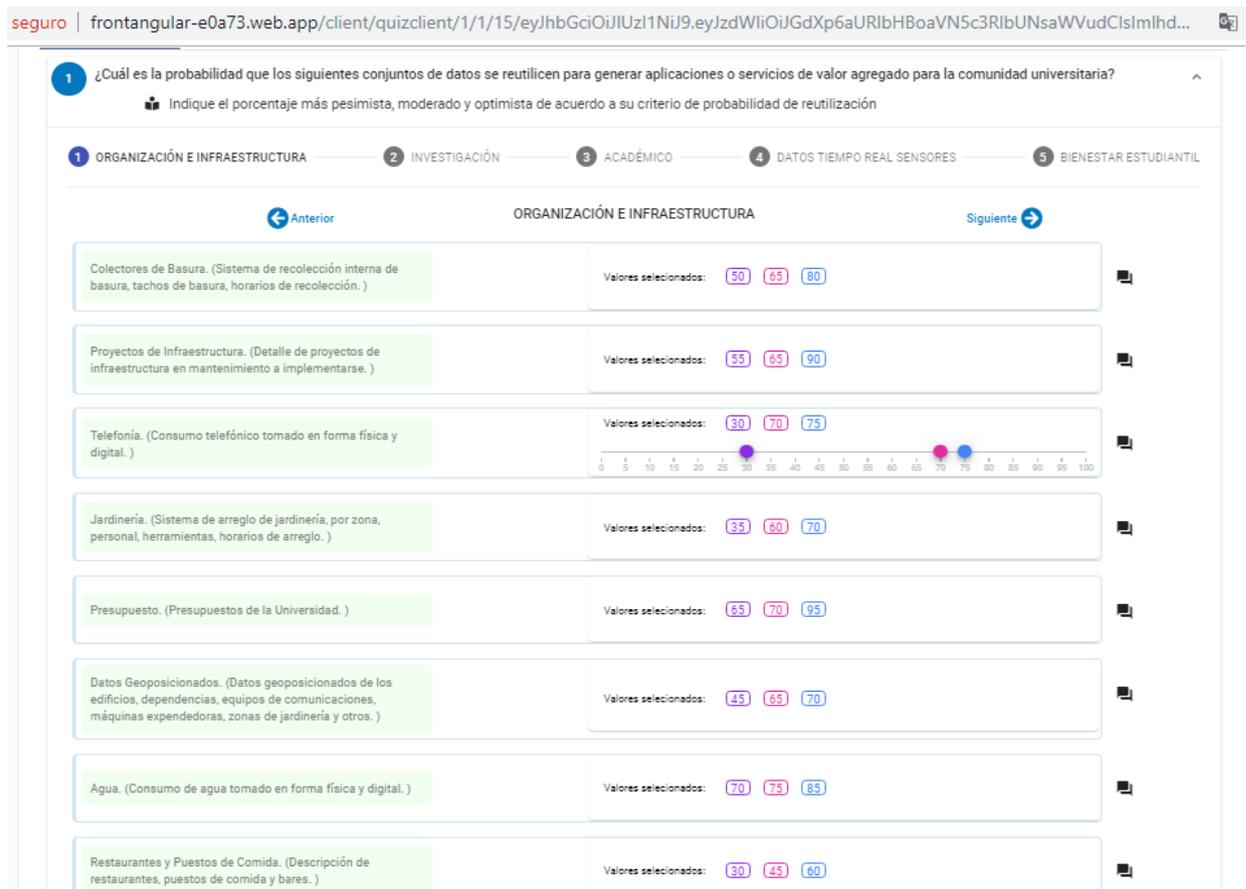


Figura 3.50. Encuesta FDM evaluada.

Una vez recolectado los datos de los expertos se procede a calcular los indicadores del algoritmo FDM.

Análisis

Seleccionar encuesta: 15 - Investigación Universitaria # Ronda: 1 Fecha enviado: 2019-11-19

Expertos con los que se calculará "Algoritmo Fuzzy Delphi"

Nombre
Beatriz Lisbeth Mosquera
Sebastian Mateo Putin
Gonzalo david proaño chicaliza
José Miguel Pérez
Alejandra Lisbeth Mosquera
Rosa proaño chicaliza
Jenny Pavón
Gonzalo Perez Chango
Byron Chávez

5

Ejecutar

Figura 3.51. Ejecución algoritmo FDM.

3.2.1.5 Resultados del caso de estudio FDM

A continuación, se presenta los resultados del algoritmo Delphi difuso calculados manualmente y calculados por el sistema "Fuzzy System".

Resultados calculados por el sistema web.

Como se muestra en la Figura 3.52 y Figura 3.51 los resultados calculados por el sistema son muy parecidos siendo un poco más exacto los valores calculados por el sistema que los calculados manualmente (ver Figura 3.52), claramente por mantener un número mayor de decimales en el cálculo.

Info.	Cod. Pregunta	Cod. Item	Item	V. Defusificación	Determinante	Estado	Validado
ACADÉMICO							
>	14	48	Titulaciones.	65.49	70	No converge	Si
>	14	49	Seguimiento a Egresados.	62.83	70	No converge	No
>	14	52	Estudiantes.	69.5	70	No converge	Si
>	14	58	Administrativos.	52.47	70	No converge	No
>	14	59	Docentes.	62.13	70	No converge	No
>	14	63	Unidades Organizativas.	63.11	70	No converge	Si
BIENESTAR ESTUDIANTIL							
>	14	51	Oportunidades de trabajo.	59.49	70	No converge	No
>	14	54	Eventos Culturales y Deportivos.	56.87	70	No converge	No
>	14	60	Becas y Ayudas.	59.14	70	No converge	Si
>	14	62	Transporte.	64.59	70	No converge	Si
>	14	65	Servicios para el Estudiante.	62.61	70	No converge	Si
>	14	67	Bibliotecas.	61.88	70	No converge	No

Figura 3.52. Resultados calculados por Fuzzy System parte 1.

Info.	Cod. Pregunta	Cod. Item	Item	V. Defusificación	Determinante	Estado	Validado
DATOS TIEMPO REAL SENSORES							
>	14	50	Datos Meteorológicos.	56.21	70	No converge	No
>	14	70	Datos de Sensores.	61.77	70	No converge	Si
INVESTIGACIÓN							
>	14	47	Proyectos de Investigación.	69.44	70	No converge	No
>	14	53	Convenios.	60.12	70	No converge	Si
>	14	69	Publicaciones Científicas.	74.1	70	Aprobado	Si
ORGANIZACIÓN E INFRAESTRUCTURA							
>	14	46	Coletores de Basura.	63.14	70	No converge	Si
>	14	55	Proyectos de Infraestructura.	52.44	70	No converge	No
>	14	56	Telefonía.	62.41	70	No converge	Si
>	14	57	Jardinería.	49.54	70	No converge	Si
>	14	61	Presupuesto.	66.33	70	No converge	Si
>	14	64	Datos Geoposicionados.	61.13	70	No converge	No
>	14	66	Agua.	65.7	70	No converge	No
>	14	68	Restaurants y Puestos de Comida.	61.48	70	No converge	Si
>	14	71	Guardianía.	61.4	70	No converge	No
>	14	72	Energía.	61.11	70	No converge	No
>	14	73	Organigrama de Dirección.	54.71	70	No converge	Si

Figura 3.51. Resultados calculados por Fuzzy System parte2.

Resultados calculados manualmente.

La Tabla 3.2 muestra los resultados calculados por el investigador de forma manual. La exactitud del valor nítido de 1 decimal. El umbral seleccionado para el caso de estudio fue de 70. De acuerdo con la tabla, el investigador obtuvo a “Publicaciones científicas” por encima del umbral.

Tabla 3.2. Resultados calculados manualmente.

No.	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	S_j	r	$S_j \geq r$	DECISIÓN
1	UNIDAD ORGANIZATIVAS	Datos sobre Facultades, Institutos, Centros y Departamentos Académicos, Administrativos y de Investigación.	63.1	70	FALSO	Descartar
2	TITULACIONES	Se refiere a las carreras que proporciona, sus asignaturas, plan de estudios.	65.5	70	FALSO	Descartar
3	ESTUDIANTES	Alumnos matriculados.	69.5	70	FALSO	Validar
4	SEGUIMIENTO DE EGRESADOS	Alumnos egresados.	62.8	70	FALSO	Descartar
5	DOCENTES	Docentes que se encuentran con contrato.	62.1	70	FALSO	Descartar
6	ADMINISTRATIVOS	Trabajadores administrativos.	52.5	70	FALSO	Descartar
7	CONVENIOS	Convenios suscritos con entidades universitarias, empresas, gobiernos.	59.9	70	FALSO	Descartar
8	PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	Proyectos que se están ejecutando, resumen ejecutivo, docente(s) investigador(es), duración, presupuesto.	69.4	70	FALSO	Descartar
9	PUBLICACIONES CIENTÍFICAS	Publicaciones científicas del personal docente investigador publicados e indexados.	74.1	70	VERDADERO	Validar
10	BECAS Y AYUDAS	Becas y ayudas existentes.	59.1	70	FALSO	Descartar
11	SERVICIOS PARA EL ESTUDIANTE	Servicios médicos, legales, administrativos.	62.6	70	FALSO	Descartar
12	TRANSPORTE	Sistemas de transporte desde y hacia la Universidad.	64.6	70	FALSO	Descartar
13	BIBLIOTECAS	Sistema de bibliotecas dentro de la Universidad.	61.9	70	FALSO	Descartar
14	OPORTUNIDADES DE TRABAJO	Descripción de oportunidades de trabajo, pasantías y prácticas pre profesionales.	59.5	70	FALSO	Descartar
15	EVENTOS CULTURALES Y DEPORTIVOS	Eventos culturales y deportivos.	57.5	70	FALSO	Descartar
16	DATOS GEOPOSICIONADOS	Datos geo referenciales de todos los edificios, dependencias, equipos de comunicaciones, máquinas expendedoras, zonas de jardinería y otros.	61.1	70	FALSO	Descartar
17	ORGANIGRAMA DE DIRECCIÓN	Datos de personal que dirige las unidades administrativas, académicas e investigación.	54.7	70	FALSO	Descartar
18	RESTAURANTES Y PUESTOS DE COMIDA	Descripción de restaurantes, puestos de comida y bares.	61.5	70	FALSO	Descartar
19	ENERGÍA ELÉCTRICA	Consumo de energía eléctrica tomado en forma física y digital.	61.1	70	FALSO	Descartar
20	AGUA	Consumo de agua tomado en forma física y digital.	65.7	70	FALSO	Descartar
21	TELEFONÍA	Consumo telefónico tomado en forma física y digital.	62.4	70	FALSO	Descartar
22	COLECTORES DE BASURA	Sistema de recolección interna de basura, tachos de basura, horarios de recolección.	63.1	70	FALSO	Descartar
23	JARDINERÍA	Sistema de arreglo de jardinería, por zona, personal, herramientas, horarios de arreglo.	49.5	70	FALSO	Descartar
24	GUARDIANÍA	Sistema de guardianía, por zona, personal, herramientas, rutas, cámaras.	61.4	70	FALSO	Descartar
25	PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA	Detalle de proyectos de infraestructura en mantenimiento a implementarse.	52.4	70	FALSO	Descartar
26	PRESUPUESTO	Presupuestos de la Universidad.	66.3	70	FALSO	Descartar
27	DATOS METEOROLÓGICOS	Temperatura, Humedad, Rayos Ultravioleta, Lluvia, Presión atmosférica, Polución.	56.2	70	FALSO	Descartar
28	DATOS DE SENSORES	Datos de sensores ubicados en las dependencias, controles, equipos, registros, Wifi, cámaras, accesos.	61.8	70	FALSO	Descartar
29	BIENES INVENTARIOS	Suministros (faltantes y sobrantes), bodega, procesos	56.2	70	FALSO	Descartar
30	MANTENIMIENTO DE BIENES	Planes, procesos, equipos, edificios y más bienes que tenga la universidad.	51.6	70	FALSO	Descartar

A continuación, se muestra la comparación del valor de defusificación calculado manualmente y calculado por el sistema.

Tabla 3.3. Comparación cálculo FDM manual y por el Sistema Web.

Dataset	Resultado calculado Manualmente	Resultado Fuzzy System
Unidades organizativas	63.1	63.14
Titulaciones	65.5	65.49
Estudiantes	69.5	69.5
Seguimiento de egresados	62.8	62.83
Docentes	62.1	62.13
Administrativos	52.5	52.47
Convenios	59.9	60.12
Proyectos de investigación	69.4	69.44
Publicaciones científicas	74.1	74.1
Becas y ayudas	59.1	59.14
Servicios para el estudiante	62.6	62.61
Transporte	64.6	64.59
Bibliotecas	61.9	61.88
Oportunidades de trabajo	59.5	59.49
Eventos culturales y deportivos	57.5	56.87
Datos geo posicionados	61.1	61.13
Organigrama de dirección	54.7	54.71
Restaurantes y puestos de comida	61.5	61.48
Energía eléctrica	61.1	61.11
Agua	65.7	65.7
Telefonía	62.4	62.41
Colectores de basura	63.1	63.14
Jardinería	49.5	49.54
Guardianía	61.4	61.4
Proyectos de infraestructura	52.4	52.44
Presupuesto	66.3	66.33
Datos meteorológicos	56.2	56.21
Datos de sensores	61.8	61.77

Después haber analizado los datos obtenidos en la primera ronda se determinó que solo convergió un solo dataset. Se decidió entonces realizar una nueva ronda para obtener un consenso entre los expertos. En esta segunda ronda los expertos cuentan con una retroalimentación del cálculo de promedios del grupo de expertos de la ronda anterior de cada dataset.

Una vez realizado la segunda ronda como resultado final obtuvimos, los conjuntos de datos abiertos con mayor aportación a crear un producto y servicio en TI estos son: publicaciones científicas, titulaciones y estudiantes.

Cabe señalar que el dataset de publicaciones científicas convergió en las 2 rondas. El indicador de defusificación de todos los datasets de la segunda ronda es:

Tabla 3.4. Resultados de la segunda ronda.

TABLA II. CONJUNTO DE DATOS SELECCIONADOS			
No.	CONJUNTO DATOS	S_j	DECISIÓN
1	Publicaciones Científicas.	0.78	Aceptar
2	Titulaciones.	0.76	Aceptar
3	Estudiantes.	0.75	Aceptar
4	Presupuesto.	0.69	Validar
5	Consumo de Agua.	0.67	Validar
6	Proyectos de Investigación.	0.67	Validar
7	Datos de Guardianía.	0.65	Validar
8	Colectores de basura.	0.64	Validar
9	Becas y ayudas.	0.64	Validar
10	Unidades Organizativas.	0.64	Validar
11	Oportunidades de trabajo.	0.63	Validar
12	Convenios.	0.61	Validar
13	Datos Geoposicionados.	0.59	Descartar
14	Datos Sensores.	0.57	Descartar
15	Mantenimiento de Bienes.	0.56	Descartar
16	Bibliotecas.	0.56	Descartar
17	Seguimiento Egresados.	0.55	Descartar
18	Servicios para el Estudiante.	0.54	Descartar
19	Transporte.	0.53	Descartar
20	Restaurantes y Puestos de Comida.	0.52	Descartar
21	Consumo telefónico.	0.52	Descartar
22	Eventos Culturales y Deportivos.	0.51	Descartar
23	Proyectos Infraestructura.	0.5	Descartar
24	Bienes e Inventarios.	0.49	Descartar
25	Datos Meteorológicos.	0.47	Descartar
26	Organigrama Dirección.	0.44	Descartar
27	Administrativos.	0.43	Descartar
28	Jardinería.	0.41	Descartar

En la Tabla 3.4 muestra la incongruencia de los datos ingresados por los expertos manualmente, algunas respuestas no son válidas porque hay valores que el valor mínimo es igual que el valor promedio o casos donde el valor máximo es menor que el valor mínimo. En la lógica difusa trabajando con números triangulares difusos esto no es posible; lo cual en el sistema “Delphi System” no es válido debido a que el sistema no permite ingresar información incongruente. Sin embargo, por motivos de comparación y para contrastar los resultados obtenidos manualmente con los del sistema se modificó dichos

valores no válidos, directamente de la base de datos. Los valores incongruentes ingresados en los dataset están resaltados de color azul (Tabla 3.5).

Tabla 3.5 Respuestas incongruentes de un experto.

Dato abierto	Mínimo	Promedio	Máximo
Colectores de Basura.	50	65	80
Proyectos de Investigación.	95	100	100
Titulaciones.	60	65	75
Seguimiento a Egresados.	30	35	45
Datos Meteorológicos.	40	60	85
Oportunidades de trabajo.	55	55	65
Estudiantes.	45	55	80
Convenios.	30	55	45
Eventos Culturales y Deportivos.	20	45	65
Proyectos de Infraestructura.	55	60	90
Telefonía.	30	70	75
Jardinería.	35	60	70
Administrativos.	30	35	45
Docentes.	55	65	80
Becas y Ayudas.	20	45	85
Presupuesto.	65	70	95
Transporte.	40	45	85
Unidades Organizativas.	30	60	90
Datos Geoposicionados.	45	65	60
Servicios para el Estudiante.	35	40	80
Agua	55	70	75
Bibliotecas.	25	55	65
Restaurantes y Puestos de Comida.	35	70	75
Publicaciones Científicas.	95	95	100
Datos de Sensores.	40	70	90
Guardianía.	30	45	60
Energía.	55	65	80
Organigrama de Dirección.	45	70	75

3.2.2 Aplicación del Método AHP difuso

Para el caso del método AHP difuso, se realizaron pruebas dentro del marco del proyecto de investigación para el “Desarrollo de un sistema de indicadores de calidad para la gestión de universidades del Ecuador”. En este caso, se pretendía identificar las principales características que el sistema deberá cumplir. Para ello se realizó una evaluación con 7 expertos como se detalla a continuación:

3.2.2.1 Definición de encuesta

Título del Proyecto de investigación: Sistema de indicadores para la elicitación de requisitos no funcionales.

Pregunta:

¿Según su opinión, identifique el requerimiento del sistema de indicadores que responda mejor a cada uno de los siguientes criterios de evaluación?

Ítems:

A continuación, se listan los ítems o atributos para este estudio:

- Qué el sistema soporte el manejo de varias dimensiones de indicadores.
- Qué el sistema permita la migración de datos de diferentes fuentes.
- Qué el sistema permita la creación de tableros de control personalizados.
- Qué el sistema permita realizar tareas de minerías de datos.

Definición de criterios

Criterios de evaluación seleccionados para el caso de estudio (Tabla 3.6)

El algoritmo AHP difuso requiere de al menos 3 criterios para su funcionamiento. En este estudio se consideró tomar 4 criterios.

Tabla 3.6 Criterios seleccionados para caso de estudio.

Nombre	Descripción
Fiabilidad	El grado en que el producto de software puede mantener un nivel específico de rendimiento cuando se utiliza bajo condiciones específicas.
Mantenibilidad	El grado en que el producto de software puede ser modificado. Las modificaciones pueden incluir correcciones, mejoras o adaptación del software a los cambios en el entorno, y en los requisitos y especificaciones funcionales
Seguridad	La protección de los elementos del sistema contra el acceso, uso, modificación, destrucción o divulgación accidentales o malintencionados
Eficiencia en el desempeño	El grado en que el producto de software proporciona un rendimiento adecuado, en relación con la cantidad de recursos utilizados, bajo las condiciones establecidas

Definición mecanismo de comparación

Son los valores que selecciona el experto en las matrices de comparaciones pareadas. La escala lingüística es visualizada por el experto al comparar criterios y atributos; la escala difusa triangular son valores que se usa en el cálculo del Algoritmo AHP difuso (Tabla 3.7).

Tabla 3.7 Mecanismo de comparación para el caso de estudio.

Escala lingüística	Escala difusa triangular(l,m,n)
Menos relevante	$\frac{1}{5}, \frac{1}{5}, \frac{1}{5}$
Igual de relevante	1,1,1
Más relevante	1,3,5
Mucho más relevante	3,5,7

3.2.2.2 Creación de encuesta

Se ingresó las preguntas e ítems del caso de estudio al sistema (Figura 3.53, Figura 3.54).

Sistema de Indicadores para elicitación de requisitos no funcionales

Título * Sistema de indicadores para la elicitación de requisitos no funcionales. Título Corto * Sistema de Indicadores para elicitación de requisitos no funcionales

Descripción * Gracias por dedicar unos minutos a completar esta encuesta. La información que nos proporcione será muy útil para la investigación sobre el Sistema de indicadores para la elicitación de requisitos no funcionales en base al estándar ISO/IEC 25010. Esta encuesta dura aproximadamente 10 minutos. Discriminador de índice de convergencia * 7

+ Nueva pregunta

1 Según su opinión identifique el requerimiento del sistema de indicadores que responda mejor a cada uno de los siguientes criterios de evaluación

< Regresar Guardar

Figura 3.53. Ingreso de preguntas del caso de estudio al sistema.

Código Item	Nombre *	Clasificación(Opcional)	Descripción (Opcional)	Imagen(Opcional)	*
84	Qué el sistema soporte el manejo de varias c				
85	Qué el sistema permita la migración de dato				
86	Qué el sistema permita la creación de tablen				
87	Qué el sistema permita realizar tareas de mi				

Figura 3.54. Ingreso de ítems del caso de estudio al sistema.

3.2.2.3 Creación de criterios

Se ingresó al sistema los criterios de evaluación definidos en el caso de estudio (Figura 3.55).

Código Item	Nombre *	Descripción (Opcional)	*
11	Sencillez	es el elemento de mayor importancia para diferenciarse realizando pruebas interesant	
12	Fiabilidad	El grado en que el producto de software puede mantener un nivel específico de rendim	
13	Mantenibilidad	El grado en que el producto de software puede ser modificado. Las modificaciones pu	
14	Seguridad	La protección de los elementos del sistema contra el acceso, uso, modificación, destr	
15	Eficiencia en el desempeño	El grado en que el producto de software proporciona un rendimiento adecuado, en rela	

Figura 3.55. Creación de criterios para el caso de estudio.

3.2.2.4 Creación del proceso FAHP

La creación del proceso FAHP se realiza por etapas donde en cada etapa se selecciona las variables que intervienen en la ejecución del algoritmo AHP difuso.

- Selección de encuesta y preguntas (Figura 3.56).
- Selección de criterios (Figura 3.57).
- Selección de mecanismo de comparación (Figura 3.58).

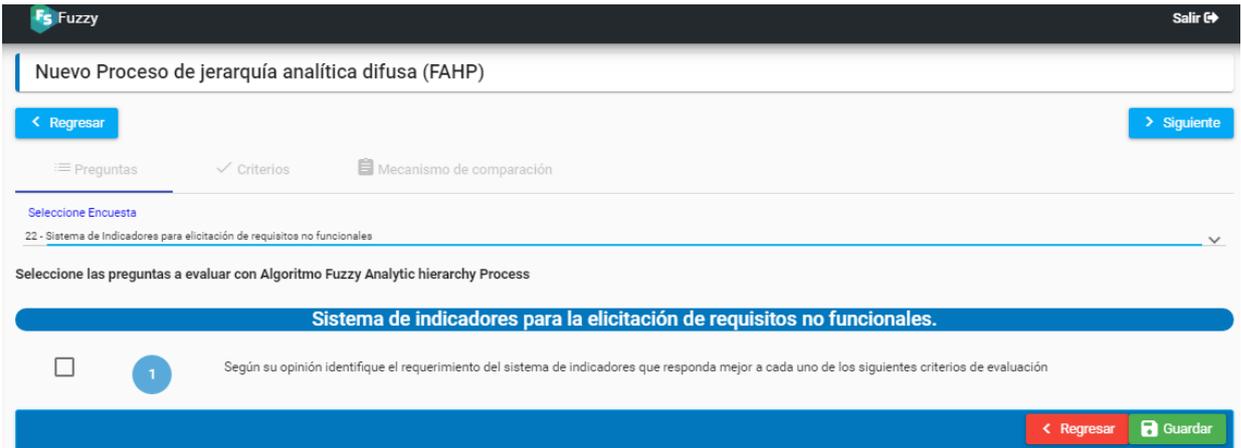


Figura 3.56. Selección de preguntas para el caso de estudio.

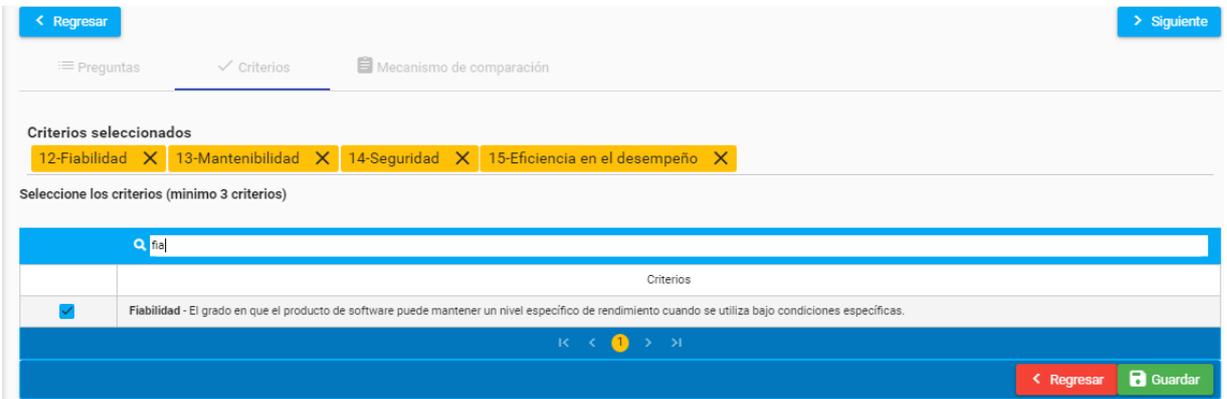


Figura 3.57. Selección de criterios para el caso de estudio.



Figura 3.58. Selección de mecanismo de comparación para el caso de estudio.

3.2.2.5 Envío de encuestas FAHP

Se selecciona el proceso FAHP y se ingresa un mensaje personalizado a los expertos.

Enviar fuzzy AHP

Seleccione encuesta aplicada Fuzzy AHP

19 - Sistema de indicadores para la elicitación de requisitos no funcionales.

Mensaje de correo electrónico:

Por favor, dedica un momento completando la información solicitada, dicha información que proporcione será utilizada con fines académicos e investigación

+ VISTA PREVIA

Seleccionar expertos

Figura 3.59. Envío de encuesta FAHP para el caso de estudio.

3.2.2.6 Seguimiento del proceso FAHP

La **Figura 3.60** muestra el estado de las encuestas enviadas a cada uno de los participantes. Dos de los participantes no contestaron la encuesta, por lo que, el administrador o responsable del caso de estudio decidió reenviar la encuesta para su correspondiente notificación.

Código fahp	Código experto	Nombre experto	Estado	Acción
19	4	Gonzalo david proaño chicaiza	Respondido	
19	13	Byron Lopez	Respondido	
19	14	Edison Loza	Respondido	
19	15	Tania Guadalupe Gualli Culqui	Respondido	
19	16	JULIAN ANDRES GALINDO LOSADA	Respondido	
19	17	SUSANA GRACIELA CADENA VELA	Reenviado	
19	18	Rodrigo Padilla Verdugo	Reenviado	

Escuela Politécnica Nacional

Figura 3.60. Seguimiento del proceso FAHP para el caso de estudio.

La ejecución del algoritmo FAHP se realizó con 5 de los 7 expertos iniciales (**Figura 3.61**). El responsable de la investigación consideró que el número de participantes era suficiente para calcular los resultados de la investigación.

Selección Fuzzy AHP

19 - Sistema de indicadores para la elicitación de requisitos no funcionales.

Expertos con los que se calculará "Algoritmo FAHP"

Código fahp	Código experto	Nombre experto	Estado
19	4	Gonzalo david proaño chicaiza	Respondido
19	13	Byron Lopez	Respondido
19	14	Edison Loza	Respondido
19	15	Tania Guadalupe Gualli Culqui	Respondido
19	16	JULIAN ANDRES GALINDO LOSADA	Respondido

K < 1 > >I 10

Ejecutar

Figura 3.61. Ejecución de FAHP para el caso de estudio.

3.2.2.7 Resultados del caso de estudio con FAHP

Una vez ejecutado el algoritmo FAHP a las respuestas de los 5 expertos. El Sistema web calculó los indicadores resultantes que se muestran a continuación:

- Pesos de atributos (**Figura 3.62**): este indicador muestra los pesos o valores de prioridad para cada atributo. Se consiguió como resultado, que el atributo “Qué el sistema permita la migración de datos de diferentes fuentes” sea el de mayor jerarquía. Seguido del atributo “Qué el Sistema permita realizar tareas de minerías de datos”. Luego “Que el sistema permita la creación de tableros de control personalizados”. Y por último se tiene al atributo “Qué el sistema soporte el manejo de varias dimensiones de indicadores” con menor prioridad.
- Pesos de criterios (**Figura 3.63**): en cuanto a la prioridad de criterios, las respuestas de los expertos ponen al criterio “Fiabilidad” con mayor prioridad. Mientras el criterio “Eficiencia en el desempeño” resulta ser menos relevante.
- Consistencia (**Figura 3.64**): los resultados indican inconsistencias en el juicio de todos los expertos. Esto puede significar la necesidad de realizar una mejor investigación a los criterios evaluados. Dos de los expertos tiene un índice de consistencia mayor a 0.2, por lo que, se recomendaría repetir la encuesta.



Figura 3.62. Peso de los atributos

Pesos Encuesta Pesos de Criterios Consistencia

Código Fahp	Código Criterio	Nombre Criterio	Descripción	Peso
19	12	Fiabilidad	El grado en que el producto de software puede mantener un nivel específico de rendimiento cuando se utiliza bajo condiciones específicas.	36.10477204%
19	13	Mantenibilidad	El grado en que el producto de software puede ser modificado. Las modificaciones pueden incluir correcciones, mejoras o adaptación del software a los cambios en el entorno, y en los requisitos y especificaciones funcionales	21.21350382%
19	14	Seguridad	La protección de los elementos del sistema contra el acceso, uso, modificación, destrucción o divulgación accidentales o malintencionados	22.16873612%
19	15	Eficiencia en el desempeño	El grado en que el producto de software proporciona un rendimiento adecuado, en relación con la cantidad de recursos utilizados, bajo las condiciones establecidas	20.51298802%

10

Figura 3.63. Peso de los criterios.

Pesos Encuesta Pesos de Criterios Consistencia

Nombre experto	λ Max	Índice de consistencia	Radio de consistencia
Gonzalo david proaño chicaiza	4.39786634	0.13262113	14.90125111%
Byron Lopez	4.91044846	0.30348282	34.09919321%
Edison Loza	4.46668301	0.155561	17.47876427%
Tania Guadalupe Gualli Culqui	4.46668301	0.155561	17.47876428%
JULIAN ANDRES GALINDO LOSADA	4.94052964	0.31350988	35.22582908%

10

Figura 3.64. Consistencia.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El sistema web ayudó a disminuir tiempo, esfuerzo y costos económicos en los dos casos de estudio de FDM y FAHP. Esto se dio gracias a la facilidad para crear una encuesta, enviarla y recopilar la opinión de los expertos. El investigador no necesitó invertir tiempo en realizar cálculos en hojas de texto. A menudo estos cálculos implicaban cometer errores. Esto significaba mayor esfuerzo y tiempo para completar los estudios.
- Errores existentes en el ingreso de las opiniones de los expertos fueron corregidos por el sistema web. Este problema era un dolor de cabeza para el investigador de FDM, porque le significaba realizar una nueva ronda con aquellos datos abiertos que presentaban este error.
- Para el investigador, determinar si un ítem (dataset) alcanzaba o no un consenso por el panel de expertos era una preocupación más. Con el sistema web la verificación de consensos se realizó automáticamente. Estos resultados se mostraban junto a los del algoritmo FDM.
- La posibilidad de ingresar comentarios en las encuestas Delphi difusas del sistema fue fundamental para la obtención de indicadores que se acerquen a la opinión de los expertos, ya que en los comentarios cada experto puede observar la opinión o criterio de los demás, que enriquece y da un valor agregado a los valores ingresados en las encuestas.
- Al analizar los resultados del algoritmo AHP difuso se encontró que las encuestas FAHP están expuestas a ingreso de datos incoherentes debido a la gran cantidad de información a analizar. Por lo tanto, para validar que la información brindada por los expertos sea coherente, se verifica que el valor de radio de consistencia esté en el rango permitido (vea Tabla 1.5), de no ser así, la encuesta es descartada y no influye en el resultado final.
- Las variables resultantes del algoritmo AHP difuso comparten información precisa y necesaria para la toma de decisiones ya que el algoritmo no solo nos permite conocer la jerarquía de los atributos evaluados sino también la jerarquía de los criterios de evaluación, siendo estos un factor importante en la toma de decisiones.

- La aplicación de la metodología Scrum facilitó el desarrollo de este proyecto. Esta metodología permitió establecer una comunicación muy estrecha entre el Dueño del Producto, el Scrum Máster y el Equipo de Desarrollo. Así se logró entregar Sprints funcionales y obtener retroalimentaciones que ayudaron con futuros cambios. Como resultado se consiguió un sistema web robusto y fácil para el desarrollo de estudios Delphi y AHP difusos.
- Finalmente, durante la aplicación de los casos de estudio, se evidenció el proceso de pruebas en ejecución. Cada experto asimiló y manejó fácilmente el sistema. Así, se validó tanto la utilidad como facilidad de uso en cada pantalla en base a las pruebas de aceptación (TAM, utilidad percibida, facilidad percibida de uso, disfrute percibido).

4.2 RECOMENDACIONES

- Si bien el sistema web permite gestionar fácilmente los expertos, las encuestas y calcular rápidamente los resultados Delphi y AHP difusos. Es recomendable mantener un número de participantes no mayor a 10 en cada ejecución.
- En futuras versiones, se recomienda implementar nuevas mejoras al algoritmo FDM como trabajar con escalas difusas (similar a la escala Likert) y así aumentar la dimensión de los estudios.
- En lo que respecta al número mínimo de selección de criterios, en el algoritmo AHP difuso se debe seleccionar un número mínimo de 3 criterios debido a que la variable radio de consistencia es inversamente proporcional a la constante índice randómico el valor de la constante para 1 y 2 criterios es 0, por lo tanto un valor ∞ para el radio de consistencia.
- El sistema permite crear un número indefinido de atributos y criterios para la aplicación del algoritmo AHP difuso, pero es recomendable que el número máximo de atributos y criterios sea 9 por cada aplicación del algoritmo. Esto debido a que a partir de 9 atributos los expertos que evalúan las matrices de comparaciones pareadas pierden la perspectiva de comparación.
- Las matrices de comparaciones pareadas dependen del número de atributos y criterios, al formar la matriz de atributos de orden $n \times n$ (n =número de atributos) y la matriz de criterios con un orden $m \times m$ (m =número de criterios), escoger demasiados criterios o atributos crearían en el sistema matrices demasiado grandes que sería casi imposible obtener una respuesta objetiva por el experto.

- El éxito de la implementación de las metodologías FDM y FAHP no solamente dependerá del sistema web, sino también del recurso humano involucrado. Es importante realizar un proceso de inducción y formación para motivar al experto, y que este, desarrolle un compromiso suficiente para llevar a cabo estas metodologías.
- Implementar en la interfaz de administración, la opción de recuperar el estado de un formulario para evitar perder los cambios realizados ante una actualización de la página o desconexión a internet.
- Levantar el sistema web en un servidor propio para aumentar la escalabilidad del proyecto, tener mayor privacidad en los estudios realizados, manejar las copias de respaldo y reducir costos económicos.
- Realizar respaldos de la base de datos periódicamente para evitar perder información de las investigaciones en caso de una falla del servidor.
- El realizar un prototipo por cada pantalla permitió identificar el diseño y la funcionalidad agilizando la obtención de requerimientos del sistema y evitando fuertes cambios en la implementación, por ello es recomendable el uso de prototipos en un proyecto de software.
- La ejecución de diferentes tipos de pruebas es fundamental para obtener un software de calidad por lo tanto es recomendable usar una herramienta de testing automatizable, en el presente trabajo no se usó una herramienta de testing pero hubiese facilitado la ejecución de pruebas.

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Çebi y H. Karal, «An Application of Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) for Evaluating Students' Project,» *Educational Research and Reviews*, vol. 12, nº 3, pp. 120-132, February 2017.
- [2] F. Hirschhorn, «Reflections on the Application of the Delphi Method: Lessons from a Case in Public Transport Research,» *International Journal of Social Research Methodology*, vol. 22, nº 3, pp. 309-322, 2019.
- [3] L. G. Vargas y J. Zoffer, «Applying AHP in Conflict Resolution,» *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, vol. 11, nº 1, pp. 143-147, 2019.
- [4] M. Hanine, O. Boutkhoul, A. Tikniouine y T. Agouti, «A new web-based framework development for fuzzy multi-criteria group decision-making,» *Springerplus*, vol. 5, nº 601, pp. 1-18, 2016.
- [5] Y. Altun Turker, K. Baynal y T. Turker, «The Evaluation of Learning Management Systems by Using Fuzzy AHP, Fuzzy TOPSIS and an Integrated Method: A Case Study,» *Turkish Online Journal of Distance Education*, vol. 20, nº 2, pp. 195-218, 2019.
- [6] G. D. Garson, *The Delphi Method in Quatitative Research*, North Carolina State: Statistical Associates Publishing, 2014.
- [7] V. B. Kreng, C.-H. Lee y Y.-L. Hsu, «The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection,» *Expert Systems with Applications*, vol. 37, nº 1, pp. 419-425, 2010.
- [8] W.-K. Liu, «Application of the Fuzzy Delphi Method and the Fuzzy Analytic Hierarchy Process for the Managerial Competence of Multinational Corporation Executives,» *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, vol. 3, nº 4, pp. 313-317, 2013.
- [9] Y.-F. Kuo y P.-C. Chen, «Constructing performance appraisal indicators for mobility of the service industries using Fuzzy Delphi Method,» *Expert Systems with Applications*, vol. 35, nº 4, pp. 1930-1939, November 2008.
- [10] P.-L. Chang, C.-W. Hsu y P.-C. Chang, «Fuzzy Delphi method for evaluating hydrogen production technologies,» *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 36, nº 21, pp. 14172-14179, 2011.

- [11] P.-L. Chang y C.-W. Hsu, «An Assessment Model for Hydrogen Fuel Cell Applications: Fuzzy Delphi Approach,» *International Journal of Social Science and Humanity*, vol. 1, nº 3, pp. 218-223, 2011.
- [12] C.-C. Lin y L. Z.-H. Chuang, «Using Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP for Evaluation Structure of the Appeal of Taiwan's Coastal Wetlands Ecotourism,» *Advances in Intelligent and Soft Computing*, vol. 143, nº 1, pp. 347-358, 2012.
- [13] C.-H. Wu y W.-C. Fang, «Combining the Fuzzy Analytic Hierarchy Process and the fuzzy Delphi method for developing critical competences of electronic commerce professional managers,» vol. 45, nº 4, pp. 751-768, 2011.
- [14] H.-M. H. a. C.-T. Chen, «Aggregation of fuzzy opinions under group decision making,» *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 79, nº 3, pp. 279-285, 1996.
- [15] T. L. Saaty, «The Analytic hierarchy Process,» 1980.
- [16] G. H. A. Kabir, «Comparative Analysis of AHP and Fuzzy AHP Models for Multicriteria Inventory Classification,» *International Journal of Fuzzy Logic Systems*, vol. 1, 2011.
- [17] Y.-C. T. a. M. J. Beynon, «Application and Development of a Fuzzy Analytic Hierarchy Process within a Capital Investment Study,» 2005.
- [18] «Servicio Informática,» Universidad Alicante, [En línea]. Available: <https://si.ua.es/es/documentacion/asp-net-mvc-3/1-dia/modelo-vista-controlador-mvc.html>. [Último acceso: 01 Octubre 2019].
- [19] Oracle, «Java,» [En línea]. Available: <https://www.java.com/es/about/>. [Último acceso: 01 Octubre 2019].
- [20] [En línea]. Available: <https://www.javatpoint.com/java-oops-concepts>. [Último acceso: 01 Octubre 2019].
- [21] Oracle, «Java EE Tutorial,» [En línea]. Available: <https://javaee.github.io/tutorial/toc.html>. [Último acceso: 10 Noviembre 2019].
- [22] «Github,» [En línea]. Available: <https://github.com/angular/angular>. [Último acceso: 01 Octubre 2019].
- [23] «Visual Studio Code,» [En línea]. Available: <https://code.visualstudio.com/docs>. [Último acceso: 01 Octubre 2019].
- [24] «Apache Netbeans,» [En línea]. Available: <https://netbeans.apache.org/>. [Último acceso: 01 Octubre 2019].

- [25] «w3schools,» [En línea]. Available: https://www.w3schools.com/whatis/whatis_github.asp. [Último acceso: 01 Octubre 2019].
- [26] «POSTMAN,» [En línea]. Available: <https://www.getpostman.com>. [Último acceso: 01 Octubre 2019].
- [27] «JWT,» [En línea]. Available: <https://jwt.io/introduction/>. [Último acceso: 01 Octubre 2019].
- [28] «Mysql,» [En línea]. Available: <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/what-is-mysql.html>. [Último acceso: 01 Octubre 2019].
- [29] «EclipseLink,» [En línea]. Available: <https://www.eclipse.org/eclipselink/>. [Último acceso: 01 Octubre 2019].
- [30] J. M. Rosa Moncayo, «OpenWebinars,» 17 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://openwebinars.net/blog/que-es-rest-conoce-su-potencia/>. [Último acceso: 20 Noviembre 2019].
- [31] T. A. S. Fundation, «Apache HTTP server Project,» APACHECON, 24 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://httpd.apache.org/>. [Último acceso: 20 Noviembre 2019].
- [32] Primefaces, «PRIMENG,» 1 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.primefaces.org/primeng/#/>. [Último acceso: 20 Noviembre 2019].
- [33] S. Veliz, «Medium,» 5 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://medium.com/@sandy.e.veliz/angular-material-design-instalaci%C3%B3n-angular-material-790caca5677b>. [Último acceso: 20 Noviembre 2019].
- [34] Payara, «Payara,» 19 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.payara.fish/about/>. [Último acceso: 20 Noviembre 2019].
- [35] K. S. y. J. Sutherland, La Guía Definitiva de Scrum: Las Reglas del Juego, 2013, p. 4.
- [36] R. S. Pressman, Ingeniería de software, un enfoque práctico, Séptima edición, 2010, p. 69.
- [37] ScrumGuides.org, «Scrum Guides,» [En línea]. Available: <https://www.scrumguides.org/scrum-guide.html>. [Último acceso: 01 Octubre 2019].
- [38] G. L. y. J. P. A. Menzinsky, Scrum: técnico y scrum avanzado, Zaragoza: Iubaris Info 4 Media SL, 2019, pp. 21-23.
- [39] «proyectosagiles.org,» [En línea]. Available: <https://proyectosagiles.org/lista-tareas-iteracion-sprint-backlog/>. [Último acceso: 01 Octubre 2019].

- [40] V. H. García, «SOFTWARE GURU,» [En línea]. Available: <https://sg.com.mx/revista/26/dise%C3%B1o-base-datos-catalogos>. [Último acceso: 20 Noviembre 2019].
- [41] A. F.-G. J. M. A. Enríquez-Reyes, Considering reusers when selecting dataset to open: a case of study from universities, Quito.
- [42] A. Al-Adwan, J. Ahmad Al-Adwan y J. Smedley, «Exploring Students Acceptance of E-Learning Using Technology Acceptance Model in Jordanian Universities.,» *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology*, vol. 9, nº 2, pp. 4-18, 2013.
- [43] «Modelo de aceptación tecnológica (TAM): un estudio de la influencia de la cultura nacional y del perfil del usuario en el uso de las TIC.,» *Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, vol. 36, nº 20, pp. 187-2013, 2010.
- [44] J. E. Oracle, «Github.io,» [En línea]. Available: <https://javaee.github.io/tutorial/overview001.html#A1046550>. [Último acceso: 10 Noviembre 2019].

6 ANEXOS

6.1 HISTORIAS DE USUARIO

6.2 PROTOTIPO DISEÑO DE INTERFACES