



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL**

**TÍTULO DE INGENIERO EN SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**TEMA: SISTEMA BASADO EN LÓGICA DIFUSA PARA EL ANÁLISIS DE**

**PREFERENCIAS Y SATISFACCIÓN DE CLIENTES**

**AUTORES: CEVALLOS JÁCOME, ENNY MAYLEV**

**LÓPEZ CALLE, ANDRÉS PAUL**

**DIRECTOR: ING. LOACHAMÍN VALENCIA, MAURICIO RENAN**

**SANGOLQUÍ**

**2019**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, "**SISTEMA BASADO EN LÓGICA DIFUSA PARA EL ANÁLISIS DE PREFERENCIAS Y SATISFACCIÓN DE CLIENTES**" fue realizado por los señores *Cevallos Jácome, Enny Maylev y López Calle, Andrés Paul* el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustenten públicamente.

Sangolquí, 25 de enero del 2019

Firma:

.....  
**Ing. Mauricio Renán Loachamín Valencia Ph.D.**

C.C 1711378362



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, *Cevallos Jácome Enny Maylev y López Calle Andrés Paul* declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***“SISTEMA BASADO EN LÓGICA DIFUSA PARA EL ANÁLISIS DE PREFERENCIAS Y SATISFACCIÓN DE CLIENTES”*** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 24 de enero del 2019

Firmas:

**Enny Maylev Cevallos Jácome**

C.C 1716036833

**Andrés Paul López Calle**

C.C 1722242771



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS E INFORMÁTICA**

**AUTORIZACIÓN**

*Nosotros, Cevallos Jácome Enny Maylev y López Calle Andrés Paul autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “**SISTEMA BASADO EN LÓGICA DIFUSA PARA EL ANÁLISIS DE PREFERENCIAS Y SATISFACCIÓN DE CLIENTES**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.*

Sangolquí, 24 de enero de 2019

Firmas:

**Enny Maylev Cevallos Jácome**

C.C 1716036833

**Andrés Paul López Calle**

C.C 1722242771

## **DEDICATORIA**

La presente tesis está dedicada principalmente a Dios, porque me ha dado las fuerzas para seguir adelante con mis estudios, para cumplir un sueño más y convertirme en profesional.

A mi Mamá, por su amor, paciencia y esfuerzo, quien con su apoyo ha permitido que continúe creciendo día a día para cumplir mis objetivos de vida. Sin ella nada de lo que he logrado sería posible, es un orgullo y privilegio ser hija de una mujer tan inteligente y fuerte. Te amo.

A mi familia, que ha sido muy importante en este caminar, por el apoyo que me han brindado con el pasar del tiempo, por sus palabras de aliento cuando todo parecía derrumbarse, por darme fuerzas para no desistir, y sobre todo por la alegría que me da saber que estamos juntos.

Enny Cevallos

## **DEDICATORIA**

La presente tesis se la dedico especialmente a mi Madre, que siempre fue la guía y conductora de mi vida, a quién le debo todo lo que soy y siempre seré. Todo siempre fue por ti, mamita.

A mi Padre y Hermana, porque me han apoyado y han estado siempre presentes, me han ayudado a cumplir mis objetivos como persona y estudiante, y han sabido ayudarme a su manera a seguir siempre para adelante.

A mis sobrinos, que con sus sonrisas y abrazos me han alegrado toda la vida, nunca podré pagarles todas las enseñanzas que me han dado.

A mi familia, que siempre han sabido aconsejarme para ser una mejor persona y han ayudado para que me proponga más y mejores metas.

Andrés López

## AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios, quien con su bendición me ha permitido culminar una etapa más de mi vida, por ser apoyo y fortaleza en momentos de dificultad y debilidad.

A mi madre, Amparito, por ser la promotora principal de mis sueños, por confiar y creer en mi capacidad para cumplirlos, porque con su esfuerzo y apoyo incondicional me dio impulso cuando todo parecía complicado e imposible, por ser el mejor ejemplo de perseverancia y valentía frente a las adversidades de la vida.

A mis amigos, que a lo largo de la carrera se han convertido en familia; con sus palabras de aliento siempre han sido un apoyo incondicional y han estado presentes en buenos y malos momentos

A todas las personas que me apoyaron para que este trabajo se realice con éxito, sobre todo a las personas que me compartieron sus conocimientos. A los profesores que me han visto crecer como persona, y que, gracias a su sabiduría, conocimiento y apoyo, he logrado avanzar profesionalmente.

De manera especial, agradezco a nuestro Director de Tesis, Ing. Mauricio Loachamín quien ha sido una guía con sus consejos y correcciones para desarrollar este trabajo.

Enny Cevallos

## AGRADECIMIENTO

A Dios por darme salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi familia por todo su apoyo y quererme por sobre todas las cosas.

A Enny, por todo lo que compartimos haciendo la tesis, ha sido muy interesante conocerte más a fondo.

A nuestro director Ing. Mauricio Loachamín por ayudarnos y guiarnos para el desarrollo y culminación de este proyecto.

A todos los profesores que conocí durante mi carrera, por compartir sus conocimientos y vivencias con todos nosotros.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE y en especial al Departamento de Ciencias de la Computación por permitirme pertenecer a una generación de triunfadores y gente productiva para el país.

A todos mis amigos, porque todo el tiempo compartido fue muy ameno y enriquecedor.

Andrés López



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>XII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XVI</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XVII</b>
<b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Problemática.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Hipótesis.....	4
1.5. Objetivos .....	5
1.5.1. Objetivo General .....	5
1.5.2. Objetivos Específicos.....	5
1.6. Alcance.....	6
<b>CAPÍTULO II FUNDAMENTO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
2.1. Introducción .....	7

2.2.	Satisfacción del cliente.....	8
2.2.1.	Conceptos relativos al desempeño de la satisfacción del cliente .....	10
2.2.1.1.	Teoría de brechas .....	10
2.2.2.	Indicadores de la satisfacción.....	10
2.2.2.1.	ISC – Índice de Satisfacción del Cliente.....	10
2.2.2.2.	NPS - Net Promoter Score .....	10
2.3.	Inteligencia Artificial .....	12
2.3.1.	Ingeniería del Conocimiento.....	13
2.3.2.	Sistemas Basados en Reglas Difusas (SBRD) .....	14
2.3.2.1.	Inferencia del Sistema Difuso .....	15
2.3.2.2.	Obtención de la base de conocimiento para sistemas difusos.....	16
2.3.2.3.	Tareas de diseño para obtener una base de conocimiento.....	16
2.3.2.4.	Implementación de un SBRD.....	17
2.3.3.	Lógica Difusa .....	18
2.3.3.1.	Conjuntos difusos.....	19
2.3.3.2.	Funciones de pertenencia .....	20
2.3.4.	Sistemas de Lógica Difusa .....	21
2.3.4.1.	Reglas Difusas.....	22
2.3.5.	Herramientas que se aplican para el desarrollo de sistemas difusos.....	23
2.3.5.1.	XFuzzy .....	25
2.4.	Metodología para SBC.....	27
	<b>CAPÍTULO III DESARROLLO DEL SISTEMA .....</b>	<b>29</b>

3.1.	Análisis del problema.....	29
3.2.	Análisis del dominio del conocimiento.....	29
3.3.	Análisis de la viabilidad.....	30
3.3.1.	Factibilidad técnica .....	31
3.3.2.	Factibilidad económica .....	31
3.3.3.	Factibilidad operativa.....	32
3.4.	Modelado del conocimiento.....	32
3.4.1.	Análisis de los datos.....	32
3.4.2.	Desarrollo del Motor de Inferencia.....	34
3.4.2.1.	Tipos Singleton .....	34
3.4.2.2.	Tipos con componente difusa: .....	35
3.4.3.	Reglas de Inferencia.....	36
3.4.4.	Indicadores .....	38
3.4.5.	Diseño de la arquitectura.....	41
3.5.	Desarrollo del prototipo .....	42
3.5.1.	Diagrama de Casos de uso .....	42
3.5.2.	Diseño de la base de datos .....	44
3.5.3.	Desarrollo de la aplicación web.....	46
3.6.	Prueba de casos .....	55
<b>CAPÍTULO IV EVALUACIÓN Y PRUEBAS .....</b>		<b>57</b>
4.1.	Evaluación y pruebas .....	57
4.1.1.	Pruebas unitarias .....	57

4.1.1.1. Ingreso al sistema.....	57
4.1.1.2. Inicio de la aplicación .....	58
4.1.1.3. Menú de opciones .....	58
4.1.1.4. Gestión de usuarios .....	59
4.1.1.5. Reporte 1: Evaluación individual de clientes.....	60
4.1.1.6. Reporte 2: Evaluación total de clientes.....	61
4.1.1.7. Reporte 3: Evaluación de clientes detractores .....	62
4.2. Resultados .....	63
4.2.1. Resultados de prueba Ingreso al sistema e inicio de la aplicación.....	63
4.2.2. Resultados de prueba menú de opciones.....	65
4.2.3. Resultados de prueba gestión de usuarios.....	66
4.2.4. Resultados pruebas reporte 1 .....	68
4.2.5. Resultados pruebas reporte 2 .....	69
4.2.6. Resultados pruebas reporte 3 .....	71
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
5.1. Conclusiones .....	73
5.2. Recomendaciones.....	74
5.3. Líneas de trabajo futuro .....	75
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>76</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Software para análisis de Lógica Difusa</i> .....	23
Tabla 2 <i>Recursos</i> .....	31
Tabla 3 <i>Descripción de recursos</i> .....	32
Tabla 4 <i>Importancia del elemento referente al perfil</i> .....	40
Tabla 5 <i>Pruebas de ingreso al sistema</i> .....	57
Tabla 6 <i>Pruebas de inicio de la aplicación</i> .....	58
Tabla 7 <i>Pruebas de menú de opciones</i> .....	58
Tabla 8 <i>Pruebas de gestión de usuarios</i> .....	59
Tabla 9 <i>Pruebas de reporte 1</i> .....	60
Tabla 10 <i>Pruebas de reporte 2</i> .....	61
Tabla 11 <i>Pruebas de reporte 3</i> .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Evolución del estudio sobre la satisfacción del cliente.....	9
<i>Figura 2.</i> Promotores, pasivos y neutros.....	11
<i>Figura 3.</i> Sistema basado en conocimiento.....	14
<i>Figura 4.</i> Términos relativos de un conjunto difuso.....	19
<i>Figura 5.</i> Funciones de Pertenencia.....	20
<i>Figura 6.</i> Función de pertenencia triangular.....	20
<i>Figura 7.</i> Función de pertenencia Trapezoidal.....	21
<i>Figura 8.</i> Diagrama de un controlador difuso.....	21
<i>Figura 9.</i> Arquitectura de XFuzzy.....	26
<i>Figura 10.</i> Fases de la metodología de prototipado rápido.....	28
<i>Figura 11.</i> Estructura genérica XFuzzy.....	33
<i>Figura 12.</i> Tipo Singleton.....	34
<i>Figura 13.</i> Estructura genérica XFuzzy.....	35
<i>Figura 14.</i> Estructura genérica XFuzzy.....	35
<i>Figura 15.</i> Reglas de inferencia.....	36
<i>Figura 16.</i> Relación entre cobertura y perfil.....	37
<i>Figura 17.</i> Relación entre estabilidad y perfil.....	37
<i>Figura 18.</i> Motor de inferencia XFuzzy.....	38
<i>Figura 19.</i> Cálculo de NPS.....	39
<i>Figura 20.</i> Diagrama de arquitectura del sistema.....	42
<i>Figura 21.</i> Diagrama casos de uso Sistema Satisfacción.....	43

<i>Figura 22.</i> Modelo entidad relación.....	45
<i>Figura 23.</i> Logo MySQL .....	45
<i>Figura 24.</i> Logo GlassFish 4.....	46
<i>Figura 25.</i> Logo Java Server Faces.....	47
<i>Figura 26.</i> Logo Primefaces.....	47
<i>Figura 27.</i> Login del sistema .....	48
<i>Figura 28.</i> Pantalla de error .....	49
<i>Figura 29.</i> Pantalla de inicio informativa .....	49
<i>Figura 30.</i> Información adicional de la pantalla de inicio .....	50
<i>Figura 31.</i> Información de clientes en la pantalla de inicio.....	50
<i>Figura 32.</i> Preferencia de marca en la pantalla inicial.....	51
<i>Figura 33.</i> Menú del sistema.....	51
<i>Figura 34.</i> Interfaz de gestión de usuarios.....	52
<i>Figura 35.</i> Pantalla principal reporte 1 .....	53
<i>Figura 36.</i> Datos del cliente y mensaje de aviso para campaña de fidelización.....	53
<i>Figura 37.</i> Pantalla principal reporte 2 .....	54
<i>Figura 38.</i> Resultados de la evaluación dentro del periodo.....	54
<i>Figura 39.</i> Pantalla principal reporte 3 .....	55
<i>Figura 40.</i> Acceso mediante el link proporcionado.....	63
<i>Figura 41.</i> Acceso con datos erróneos.....	64
<i>Figura 42.</i> Acceso con datos correctos .....	64
<i>Figura 43.</i> Acceso con usuario estándar .....	65
<i>Figura 44.</i> Acceso con usuario administrador .....	66

<i>Figura 45.</i> Creación de usuario.....	66
<i>Figura 46.</i> Usuario creado correctamente.....	67
<i>Figura 47.</i> Edición de contraseña.....	67
<i>Figura 48.</i> Confirmación de eliminación de usuario .....	67
<i>Figura 49.</i> Mensaje de error reporte 1 .....	68
<i>Figura 50.</i> Datos correctos reporte 1.....	68
<i>Figura 51.</i> Lista clientes dentro del periodo determinado .....	69
<i>Figura 52.</i> Cantidad de detractores, pasivos y promotores dentro del periodo.....	69
<i>Figura 53.</i> Lista de todos los clientes ingresados .....	70
<i>Figura 54.</i> Cantidad total de detractores, pasivos y promotores.....	70
<i>Figura 55.</i> Lista de detractores en el periodo determinado.....	71
<i>Figura 56.</i> Lista de todos los detractores en la base de datos .....	72



## **RESUMEN**

El sistema desarrollado se basa en técnicas de Lógica Difusa, permite analizar indicadores relacionados con la perspectiva que tienen los clientes del servicio que presta una empresa a operadores móviles. Además, permite manejar la incertidumbre en la expresión de las preferencias subjetivas de los clientes, tales como: opiniones, gustos, satisfacción y preferencias del cliente. Los datos fueron proporcionados por la empresa y se creó una base de datos para proveer al sistema difuso de información relevante para su análisis. Esta información fue analizada junto a expertos en el dominio del tema para determinar las reglas difusas. Fue creado un motor de inferencia y una base de conocimiento. El sistema posee una interfaz gráfica que permite la interacción con el usuario. También se han diseñado reportes que permiten visualizar la información resultante del análisis. Con dicha herramienta la empresa da un paso adelante frente a la competencia, ofrecerá un servicio innovador que propicie el desarrollo de una estrategia de fidelización efectiva de la cartera de clientes. Los resultados permiten detectar y comprender las necesidades del cliente, ofrecer mejoras y novedades para responder a sus requerimientos en distintos aspectos y sobre todo mantener la cartera de clientes antiguos y nuevos, así como atraer clientes potenciales.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **INTELIGENCIA ARTIFICIAL**
- **LÓGICA DIFUSA**
- **SATISFACCIÓN DE CLIENTES**

## **ABSTRACT**

The developed system is based on fuzzy logic techniques. It allows analyzing indicators related to the perspective that customers have about the service that the company provides to mobile operators. In addition, it allows handling to manage the uncertainty in the expression of the subjective preferences of the clients, such as opinions, likes, satisfaction, and preferences. The data was provided by the company and a database was created to provide the diffuse system with relevant information for analysis. This information was analyzed for experts in the domain of the subject to be able to determine the fuzzy rules. It develops an inference engine and a knowledge base. The system has a graphical interface that allows interaction with the user. Reports have also been designed to visualize the information resulting from the analysis. With this tool, the company takes a step ahead of its competition. It will offer an innovative service that encourages the development of an effective loyalty strategy of the client portfolio. The results allow us to detect and understand the needs of the client, to offer improvements, and novelties to respond to their requirements in different aspects; and above all, to maintain the portfolio of old and new customers as well as attract potential customers.

### **KEYWORDS:**

- **ARTIFICIAL INTELLIGENCE**
- **FUZZY LOGIC**
- **CUSTOMER SATISFACTION**

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

La capacidad de innovación de las empresas y organizaciones, la utilización de nuevas estrategias tecnológicas y la aplicación de técnicas para el análisis y evaluación de las preferencias y satisfacción de los clientes permite su permanencia dentro del mercado reduciendo considerablemente la posibilidad de perder sus clientes (Alcaide, 2010).

En la actualidad, la competencia entre las diferentes empresas que ofrecen productos y servicios se ha incrementado, sin embargo, ofrecer un producto o servicio innovador, no es suficiente hoy en día para conseguir clientes fieles, por lo que la satisfacción de los clientes se ha convertido en uno de sus principales objetivos de los negocios. Además, es necesario tomar en cuenta que la permanencia de las organizaciones en el mercado también depende de cómo fidelizar y mantener la cartera de clientes (Oghojafor, Mesike, Bakarea, Omoera, & Adeleke, 2012). Por lo tanto, su fidelización, se hace necesaria mediante estrategias efectivas, capaces de propiciar esa confianza y lealtad. Una de las estrategias es el análisis de la expresión de las preferencias de los clientes para detectar posibles clientes insatisfechos, ayudando de esta manera a la creación de nuevas estrategias que permitan inducir al cliente a permanecer (Neslin, Gupta, Kamakura, Lu, & Mason, 2006).

Según una investigación realizada por Gartner, consultora empresarial líder norteamericana, las empresas e instituciones que priorizan la experiencia del cliente generan un 60% más de beneficios que la competencia. Además, las iniciativas para mejorar dicha experiencia generan un 25% más de retención de clientes e ingresos que las iniciativas de marketing y ventas.

La empresa Plugthem tiene un segmento de negocio basado en una cartera de clientes empresariales que realizan evaluación permanente de los servicios que brindan. Dicha empresa dispone de una plataforma que recopila y procesa información a partir de las experiencias de los clientes. Mediante esta plataforma la empresa ofrece un dashboard que permite al cliente obtener reportes sobre su rendimiento y productividad, lo cual facilita la toma de decisiones en las empresas a las cuales presta servicios. Sin embargo, la plataforma mencionada no analiza indicadores sobre las opiniones, gustos, satisfacción y preferencias del cliente. Por lo que requiere desarrollar una herramienta tecnológica que permita analizar dichos indicadores. Ante tal necesidad se propone desarrollar un sistema basado en Lógica Difusa que permita analizar y manejar la incertidumbre en la expresión de las preferencias subjetivas de los clientes, y dar un paso adelante frente a la competencia, ofreciendo un servicio innovador que propicie el desarrollo de una estrategia de fidelización efectiva de la cartera de clientes. Los resultados permitirán detectar y comprender las necesidades del cliente, ofrecer mejoras y novedades para responder a sus requerimientos en distintos aspectos y sobre todo mantener la cartera de clientes antiguos y nuevos, así como atraer clientes potenciales.

## **1.2. Problemática**

La empresa Plugthem se caracteriza por tener una cartera de clientes que incluye empresas corporativas líderes en sus diferentes áreas. Dicha empresa dispone de una plataforma tecnológica que recopila y procesa información a partir de las experiencias de los clientes. Esta información se guarda en una base de datos que se encuentra alojada en la nube de la empresa. La plataforma ofrece a sus clientes un dashboard para obtener reportes relacionados con su rendimiento y productividad, lo cual facilita la toma de decisiones en las empresas a las cuales presta sus servicios.

Sin embargo, la plataforma mencionada no analiza indicadores sobre las opiniones, gustos, satisfacción y preferencias del cliente.

En vista de que la empresa dispone de información acerca de lo que piensan sus clientes de la empresa, se ha considerado la posibilidad de clasificar y analizar dichos datos, mediante una aplicación informática que aplique técnicas de Inteligencia Artificial para evaluar y conocer los niveles de satisfacción o insatisfacción de los clientes.

En este contexto, se propone desarrollar una herramienta tecnológica que permita analizar indicadores de satisfacción y preferencias de los clientes basados en Lógica Difusa. Esta técnica es adecuada para analizar y manejar la incertidumbre en la expresión de las preferencias subjetivas de los clientes. Además, se pretende trabajar con los profesionales especialistas en marketing y atención al cliente que dispone la empresa para definir los indicadores necesarios. La aplicación propuesta permitirá ofrecer un servicio innovador y novedoso a los clientes, propiciando el desarrollo de una estrategia de fidelización efectiva de la cartera de clientes.

### **1.3. Justificación**

Actualmente la competencia para las empresas que brindan un servicio ha ido aumentando, provocando que el cliente tenga más opciones al momento de escoger una, el problema radica cuando un cliente deja la empresa, convirtiéndose en una pérdida económica para las empresas. En consecuencia, podemos decir que la deserción de clientes es un problema de magnitud global de gran impacto económico en la mayoría de las empresas que brindan servicios y productos a sus clientes, lo que provoca que las empresas busquen estrategias para combatir dicha deserción. Entonces, lograr la fidelidad de los clientes es hacer una adecuada combinación entre estrategias y

acciones orientadas a la retención de los clientes y la satisfacción con la marca o producto (Doncel & Vera, 2013).

La falta de estrategias tecnológicas e innovadoras, limitan el desarrollo de un diagnóstico oportuno de las necesidades de los clientes y por tanto conlleva a que dejen de formar parte de la empresa y/o dejen de utilizar los servicios o comprar los productos que ofrece. En la actualidad, más del 50% de empresas no cuenta con ningún aplicativo que ayude a la identificación de preferencias y satisfacción de sus clientes. Por este motivo se desea desarrollar e implementar un sistema que permita analizar y manejar la incertidumbre en la expresión de las preferencias subjetivas de los clientes, apoyados en indicadores definidos por los profesionales especialistas en marketing y atención al cliente que dispone la empresa. Para el desarrollo del sistema propuesto se aplicará Lógica Difusa puesto que es una técnica que ha demostrado fiabilidad y confiabilidad en los resultados de modelos implementados (Chougule, Khare, & Pattada, 2013).

La implementación de este sistema permitirá tomar decisiones en la empresa, basado en las necesidades, preferencias y satisfacción de sus clientes. Además, dicho trabajo contribuirá en la definición de indicadores y la creación de nuevas estrategias de fidelización de la cartera de clientes. La empresa podrá tomar medidas para garantizar y promover su servicio, logrando un vínculo más amplio con los clientes.

#### **1.4. Hipótesis**

**H0:** La aplicación propuesta basada en Lógica Difusa; ayudará a determinar los niveles de satisfacción e insatisfacción de los clientes

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Desarrollar un sistema basado en Lógica Difusa que permita el análisis de preferencias y satisfacción de los clientes de la empresa Plugthem.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- a) Realizar una revisión inicial de la literatura para determinar el estado del arte en el campo de aplicación.
- b) Definir los indicadores a evaluar y analizar junto a los profesionales especialistas en marketing y atención al cliente.
- c) Diseñar una base de datos de acuerdo con los indicadores definidos para el análisis de la información.
- d) Desarrollar una aplicación utilizando técnicas de Lógica Difusa para el análisis y evaluación de la información sobre la satisfacción y preferencias de los clientes de la empresa Plugthem.
- e) Desarrollar una interfaz web que permita visualizar de manera ágil e intuitiva los resultados.
- f) Evaluar y validar el sistema de análisis de preferencias y satisfacción de clientes apoyados en técnicas de atención al cliente propuestas por los especialistas de la empresa auspiciante.

## 1.6. Alcance

Para determinar el estado del arte se realizó una revisión sistemática de la literatura y trabajos relacionados con el análisis de preferencias y satisfacción de clientes aplicando diferentes técnicas de Inteligencia Artificial y/o Lógica Difusa.

Se trabajó juntamente con un profesional especialista en marketing y atención al cliente para definir los indicadores de evaluación y análisis. Además, se realizó el proceso de organización y extracción de la información de la base de datos que dispone la empresa y se diseñará una base de datos fundamentada en los indicadores y variables previamente definidos.

A continuación, se realizó el diseño y desarrollo de un sistema utilizando técnicas de Lógica Difusa para el análisis de los datos referentes a las preferencias y satisfacción de clientes, para lo cual se definirán las reglas y variables en base a los indicadores definidos junto con el profesional especialista en marketing y atención al cliente.

También, se desarrolló una interfaz web para visualizar los resultados obtenidos del análisis. Dicha interfaz dispone de tres reportes como ayuda para la toma de decisiones y definición de estrategias empresariales de fidelización efectiva de la cartera de clientes.

Se realizó la evaluación del sistema en base a los indicadores establecidos por el profesional especialista y será validado mediante la ejecución de casos seleccionados e identificados.

Los datos disponibles para el desarrollo de este proyecto corresponden a uno de los clientes de la empresa Plugthem, pero por motivos de confidencialidad no es posible mencionar el nombre dicho cliente, por tanto, se denominará “Cliente Anónimo”.



## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO**

A continuación, se describe la fundamentación teórica que ha sido la base para el desarrollo del presente trabajo, así como la metodología que se aplica en el desarrollo de Sistemas Basados en Conocimiento (SBC) con Lógica Difusa.

#### **2.1. Introducción**

A lo largo de los años el concepto de satisfacción del cliente ha sufrido varias modificaciones y su enfoque ha sido desde distintos puntos de vista. En los años 70 existía ya mucho interés en el estudio de la satisfacción por lo que se habían publicado más de 500 estudios relacionados a esto (Hunt, 1982). De esta manera, mientras en los años 60 el interés de los investigadores estaba enfocado en determinar cuáles eran los indicadores que intervienen en la satisfacción del cliente, en los años 80 en cambio se analizaba las consecuencias que tenía mantener la satisfacción de los clientes (Velázquez, Contrí, & Saura, 2001).

Los primeros estudios enfocados a la satisfacción del cliente se basaron en evaluaciones que intentaban valorar atributos de los productos, cumplimiento de la expectativa de los clientes y las emociones que genera el producto. Pero, aunque se han realizado varios estudios, no se ha logrado llegar a un estándar que permita medir la satisfacción, definir un concepto general y las relaciones que tiene la satisfacción con las ventas del producto.

Los estudios más actuales determinan que la satisfacción del cliente se puede conseguir a través de los deseos del cliente, sus necesidades y expectativas. Estos conceptos se derivan de la teoría de la elección del consumidor, en la cual la principal característica de un consumidor es que

el capital disponible para adquirir productos o servicios no es ilimitado, por lo que, se consideran los precios y la utilidad que brinda al consumidor. Además, cuando un consumidor toma la decisión de adquirir un producto o servicio, se enfrenta a un dilema, necesita sacrificar algo, para obtener otra cosa, es decir, que al comprar un bien tiene menos posibilidades de ahorro para adquirir otros bienes en el futuro. Esta teoría toma en cuenta el precio, el atractivo y la calidad de los productos o servicios al momento de elegir uno u otro. Dichos conceptos son los que deberían considerarse para el modelado de la satisfacción del cliente.

Lo más relevante de la literatura revisada ha sido el enfoque orientado a garantizar la satisfacción del cliente indistintamente de la metodología que se utilice, porque esta es la manera más propicia de que la empresa no realice gastos innecesarios, y que logre enfocar sus esfuerzos directamente en los usuarios críticos, dando una atención más directa en busca de su fidelización.

## **2.2. Satisfacción del cliente**

La satisfacción del cliente ha sido estudiada en diferentes campos e incluso con diferentes enfoques, entre ellos se encuentran la economía, sociología, psicología, política, entre otros. Desde el punto de vista del marketing, se pretende identificar el nivel de satisfacción que tiene el cliente frente a las empresas, y, por lo tanto, el posible éxito dentro del mercado. Desde la década de los 70's, varios autores se han interesado por realizar investigaciones acerca de la importancia de este concepto, en consecuencia, todas las ciencias cobran un interés el estudio. Por este motivo muchas organizaciones han orientado sus estrategias a satisfacer las necesidades de los clientes, ya que, si está satisfecho volverá a usar un servicio o producto, y por otro lado recomendará a futuros clientes potenciales (López-Guzmán & Sánchez Cañizares, 2014).

Con el paso de las décadas las investigaciones se han ido depurando y definiendo nuevos conceptos acerca de la satisfacción del cliente, a continuación, se presenta un resumen de un estudio realizado por (Moliner, 2004), donde se hace una descripción detallada de cómo han ido evolucionando estas investigaciones.

DÉCADA	TENDENCIAS DE ESTUDIO
60	Teorías sobre la formación de la satisfacción, se orienta a medir la satisfacción en general
70	Se mide la satisfacción general, desarrollo de medidas de satisfacción, conceptualización de satisfacción, variables determinantes
80	Orientados a conocer la satisfacción individual, desarrollo de medidas de satisfacción, aportación al modelo de desconfirmación de expectativas, desarrollo de estándares de comparación, fenómenos post-compra
90	Procesos pre - compra y post - compra, desarrollo de modelos integrales de formación de la satisfacción, satisfacción como estrategia de retención de clientes
00'	Determinantes de la satisfacción, revisión de las consecuencias de la satisfacción

**Figura 1.** Evolución del estudio sobre la satisfacción del cliente

**Fuente:** Adaptado de (Miriam, Fernández, Dante, & Nina, 2016)

La satisfacción ha sido definida por distintos autores a lo largo del tiempo, por lo tanto, han sido numerosas y a la vez diferentes, pero esencialmente su concepto es como el conocimiento y juicio que da el cliente sobre un producto o servicio que le están presentando, refiriéndose a sus perspectivas (Neslin et al., 2006). Otros autores la precisan como la posible contestación que obtiene el cliente a la experiencia que tiene al adquirir un producto (Wirtz, 1994).

## **2.2.1. Conceptos relativos al desempeño de la satisfacción del cliente**

### **2.2.1.1. Teoría de brechas**

Esta teoría se basa en las disconformidades el cliente en base al servicio que se le ha dado o un producto que ha recibido, donde no se cumplió la expectativa y la percepción del resultado esperado.

Según (Parasuraman, Zeithaml, & Berry, 1985), la satisfacción es entendida como la diferencia que existe en el servicio que presto una empresa y lo que esperaba el cliente recibir, y la calidad del servicio compara lo que quiere el cliente y lo que recibe.

## **2.2.2. Indicadores de la satisfacción**

### **2.2.2.1. ISC – Índice de Satisfacción del Cliente**

El ISC es el indicador base para determinar el nivel de cumplimiento de políticas y satisfacción de usuarios ya que nos permite conocer en tiempo real cómo se encuentra el cumplimiento de expectativas de clientes y procesos internos para su mejora independiente. La escala suele variar entre 1 - 3, 1 - 5, o 1 - 10. No se recomienda un rango más amplio debido a las diferencias culturales en cuanto a cómo las personas califican su satisfacción.

### **2.2.2.2. NPS - Net Promoter Score**

Net Promoter Score o índice neto de promotores es una métrica que fue elaborada por primera vez por Fred Reichheld, es un indicador que muestra el nivel de recomendación que tiene una persona acerca de una marca o empresa, la manera de calcular ha sido estandarizada con una pregunta que se evalúa 0 a 10: “¿Cuál es la

probabilidad de que usted recomiende nuestra empresa a un amigo?”. Después se procesan las respuestas y se considera:

- **Promotores:** Valores de 9 y 10.

Poseen un nivel de fidelización muy alto y son un activo fundamental para la empresa.

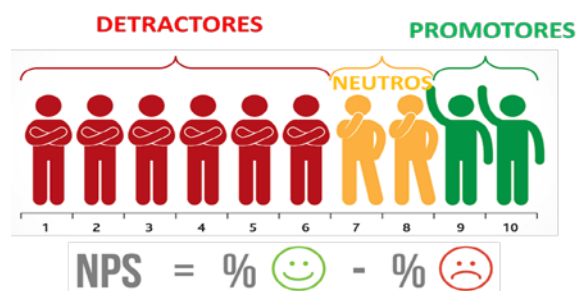
- **Pasivos:** Valores de 7 y 8.

Estos usuarios no están tan satisfechos como para promover la marca a los amigos o familiares, pero tampoco se sienten insatisfechos como para dar mala crítica de la empresa.

- **Detractores:** Valores de 6 o menos

Este tipo de clientes deben ser clasificados como insatisfechos o también conocidos como “haters”, quienes no recomiendan a la marca.

El NPS se lo calcula restando de los promotores los pasivos y detractores, de esta manera se obtiene el valor real del porcentaje de recomendación.



**Figura 2.** Promotores, pasivos y neutros

Fuente: Adaptado de (Sara Vitti, 2017)

### 2.3. Inteligencia Artificial

En la actualidad uno de los proyectos más ambiciosos de la informática es la Inteligencia Artificial, también conocida como inteligencia computacional, que surgió en la conferencia de John McCarthy en 1956 en Dartmouth College, New Hampshire, donde Marvin Minsky, Claude Shannon y N. Rochester entre otros, debatieron como simular la inteligencia humana a través de las máquinas.

Con el paso del tiempo se han generado diferentes conceptos de la Inteligencia Artificial, a continuación, se describen algunos.

- Inteligencia Artificial es parte de las Ciencias de la Computación que se ocupa del diseño de sistemas inteligentes, esto es sistemas exhiben características que asociamos con la inteligencia en las conductas humanas (Barr, Feigenbaum, & Roads, 1982)".
- “ (...) campo de la ciencia y la ingeniería dedicado a la comprensión de los procesos computables propios de lo que vulgarmente se identifica por comportamiento inteligente, y a la creación de artilugios que manifiesten dicho comportamiento” (Shapiro, 1992) .

La Inteligencia Artificial se apoya en varias técnicas para su desarrollo que combinadas podrían dar la solución a un problema planteado. Dichas técnicas son:

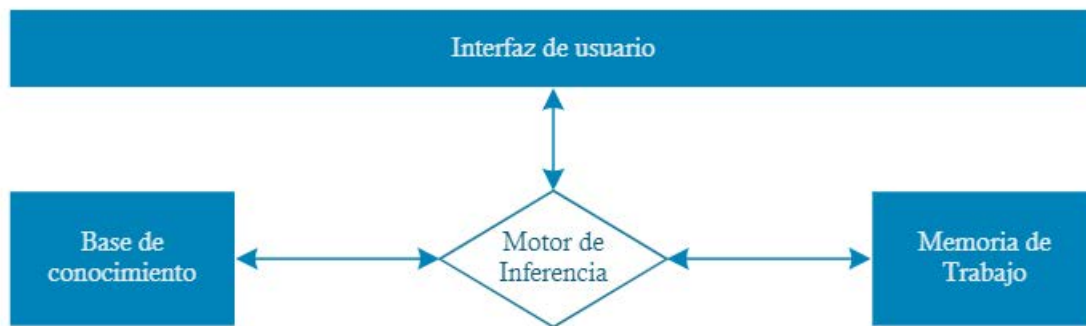
- Sistemas Basados en Conocimiento
- Sistemas Difusos
- Sistemas de Simulación

- Visión por Computador
- Redes Neuronales
- Aprendizaje Automático
- Minería de Datos
- Procesamiento del Lenguaje Natural
- Robótica
- Algoritmos de Búsqueda.

### **2.3.1. Ingeniería del Conocimiento**

La Ingeniería del Conocimiento permite desarrollar Sistemas Basados en Conocimientos (SBC), dichos sistemas permiten resolver problemas complejos de un dominio, problemas reales y difíciles de solucionar mediante el desarrollo de software clásico.

Los sistemas basados en conocimiento (SBC) son una nueva evolución de los sistemas informáticos propios del ámbito de la Inteligencia Artificial. En dichos sistemas, la “base de conocimientos” se convierte en lo más importante, así como el código que los explota, el “motor de inferencias”. En general un SBC es capaz de soportar la representación explícita de conocimiento de algún dominio de competencia específico y exploratorio a través de mecanismos de razonamiento apropiados con el fin de proporcionar resoluciones de problemas de alto nivel.



*Figura 3.* Sistema basado en conocimiento

- **Base de conocimientos:** elemento que contiene una representación del conocimiento del área temática a la que se dedica el sistema.
- **Memoria de trabajo:** Almacena los datos del caso en curso:
  - Originales
  - Solicitados al usuario
  - Inferidos por el propio sistema
- **Motor de inferencia:** el componente activo del sistema. Determina qué estructuras de la BC hay que activar y aplicar a los datos de la MT

La mayoría de los SBC incorporan un modelo de gestión de la incertidumbre y además una interfaz de usuario apropiada que le ayuda a la visualización correcta de los datos.

### 2.3.2. Sistemas Basados en Reglas Difusas (SBRD)

El desarrollo de un SBRD depende de dos factores principales, el primero es la forma en cómo se realiza el proceso de inferencia y el segundo factor es el diseño de la base de conocimiento.



Este proceso de diseño establece dos tareas principales:

- **Inferencia del Sistema Difuso**, comprende en la elección de los distintos operadores de conjunción e implicación a emplearse en el proceso.
- **Obtención de una Base de Conocimiento** que debe contener la información adecuada según el problema a resolver.

### 2.3.2.1. Inferencia del Sistema Difuso

La complejidad de esta tarea está dada de acuerdo con el tipo de SBRD que se esté diseñando. Los mecanismos de inferencia más conocidos son:

- Inferencia de Mamdani
- Inferencia TSK

En el diseño de SBRD el mecanismo de inferencia más empleado es la inferencia de Mamdani. Cuando se trabaja con este tipo de sistemas, la complejidad en el diseño del mecanismo de inferencia aumenta en gran medida. En este caso es necesario definir la composición de los siguientes elementos: El Sistema de Inferencia y las Interfaces de Fuzzificación y Defuzzificación. Para ello se deben tomar las siguientes decisiones (Kiszka, Kochańska, & Sliwińska, 1985):

- Definir el conectivo, es decir, elegir el operador de conjunción T a usar en el caso que las reglas sean más de una variable de entrada.
- Definir el operador de implicación en las reglas lingüísticas de tipo “Si-entonces” contenidas en la base de conocimiento.

- Definir matemáticamente la composición de las relaciones difusas a aplicar.
- Definir el operador de agregación.
- Definir el método de defuzzificación D a emplear para transformar los conjuntos difusos resultantes del proceso de inferencia en valores de salida. Los más habituales son el centro de gravedad y la media de los máximos valores (Driankov, Hellendoorn, & Reinfrank, 1996).

#### **2.3.2.2. Obtención de la base de conocimiento para sistemas difusos**

La Base de Conocimiento (BC) es el principal componente del SBRD que depende de manera directa la aplicación. La precisión de este está relacionada con su composición.

#### **2.3.2.3. Tareas de diseño para obtener una base de conocimiento**

La generación de la BC conlleva la ejecución de las siguientes tareas:

- Seleccionar las variables de entrada y salida que contendrá el sistema de entre todas las variables disponibles. Esta información es proporcionada por el experto (Bárdossy & Duckstein, 1995).
- Definir la estructura de la base de datos que contendrá la semántica de los términos que tomarán como valor las variables lingüísticas de entrada y salida.

- Determinar las reglas lingüísticas que compondrá la base de reglas del sistema.

#### 2.3.2.4. Implementación de un SBRD

A continuación, se describen las fases para la implementación de un sistema difuso.

- **Diseño del sistema difuso:** en esta fase se define las entradas y salidas del sistema, así como la función de pertenencia para cada una de ellas, posteriormente se debe agregar las reglas para la inferencia difusa.
- **Codificación de las funciones de pertenencia:** en esta etapa se debe realizar las pruebas pertinentes al sistema difuso, además se deberá codificar las funciones requeridas en el diseño, el código se implementará en un lenguaje de programación.
- **Codificación de reglas:** En esta etapa se desarrolla el código que define las reglas de inferencia difusa utilizadas en el sistema diseñado.
- **Codificando la etapa de defuzzificación:** La etapa final de la implementación del sistema difuso corresponde al método de defuzzificación que se utilizará en la etapa de diseño.
- **Etapa de pruebas:** Es importante que al finalizar la implementación del sistema difuso sobre el lenguaje y plataforma elegida sea revisado con el experto, para determinar o descartar posibles errores en la codificación de los algoritmos, se recomienda tomar la mayor cantidad de muestras

posibles alternando cambios en las entradas para tener un mayor grado de confiabilidad del sistema codificado.

### **2.3.3. Lógica Difusa**

Desde su aparición en la década de los 60's hasta nuestros días, las aplicaciones de la Lógica Difusa se han ido consolidando, paulatinamente al comienzo, y con un crecimiento en los últimos cinco años. Las principales razones para tal proliferación de aplicaciones quizás sean por la sencillez conceptual de los Sistemas Basados en Lógica Difusa, su facilidad para adaptarse a casos particulares con pocas variaciones de parámetros, su habilidad para combinar en forma unificada expresiones lingüísticas con datos numéricos, y el no requerir de algoritmos muy sofisticados para su implementación.

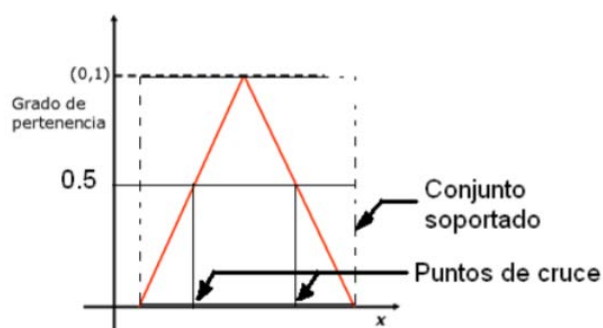
La Lógica Difusa o Borrosa (Fuzzy Logic) es una rama de la Inteligencia Artificial, que tiene el objetivo de mejorar los sistemas que trabajan con un ambiente de incertidumbre. Este concepto fue introducido en el año 1965 por el ingeniero matemático Lotfi A. Zadeh. La intención de la Lógica Difusa es imitar la manera en la que los seres humanos procesamos la información, tratando con juicios de valor que son los conjuntos difusos, este término está asociado con un valor lingüístico y parten de la teoría de conjuntos añadiendo una función de pertenencia definida por un número real entre 0 y 1.

Esta técnica permite trabajar la información que tiene un alto grado de incertidumbre, permite valores intermedios para definir evaluaciones entre si/no, verdadero/falso, negro/blanco, caliente/frío, etc.

Las reglas que se involucran en un sistema difuso se pueden aprender con sistemas adaptativos o pueden ser formuladas por un experto humano. Hay dos tipos de sistemas de inferencia difusos que pueden ser implementadas: tipo Mamdani y Sugeno. Debido a que el sistema de Takagi Sugeno es más compacto y computacionalmente eficiente que un sistema de Mamdani, que se presta a la utilización de las técnicas de adaptación para la construcción de los modelos difusos, se utilizará el tipo Sugeno.

### 2.3.3.1. Conjuntos difusos

Los conjuntos difusos fueron introducidos por primera vez en 1965; trabaja con problemas que no cuentan con un grado de precisión, razón por la que un elemento puede pertenecer parcialmente a un conjunto. Un conjunto difuso no tiene límites bien definidos, tiene propiedades entre ellas las dimensiones verticales (altura), y las horizontales (conjunto soporte y corte “alpha”).



**Figura 4.** Términos relativos de un conjunto difuso

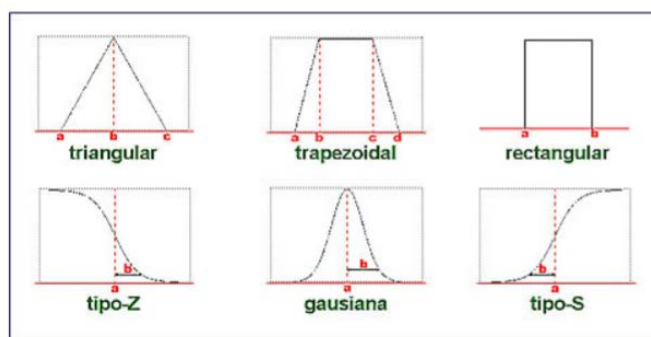
**Fuente:** (Rodríguez & Huertas, n.d.)

En los conjuntos difusos es posible determinar, si un objeto cualquiera pertenece o no al conjunto. Esta idea surge como una manera de representar la imprecisión e incertidumbre, ya que no todos los conceptos están bien definidos, poseen

un grado de pertenencia en un conjunto entre 0 (no es parte del conjunto), o 1 (parte del conjunto).

### 2.3.3.2. Funciones de pertenencia

Con una función de pertenencia se puede graficar de manera representativa los conjuntos difusos, esto se realiza mediante fórmulas matemáticas que modelen esta función, se suelen emplear funciones triangulares, trapezoidales o en forma de campana como se muestra a continuación.



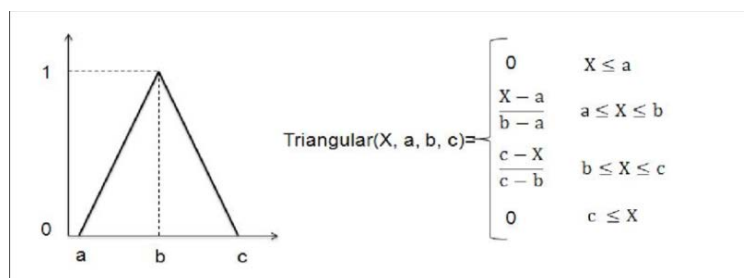
**Figura 5.** Funciones de Pertenencia

**Fuente:** (Sánchez Solano, Moreno Velo, López, Baturone Castillo, & Barriga Barros, 2018)

- **Funciones de pertenencia triangulares**

Se define mediante el límite inferior  $a$ , el superior  $c$  y un valor  $b$  modal,  $a < b < c$ .

La función no tiene por qué ser simétrica.

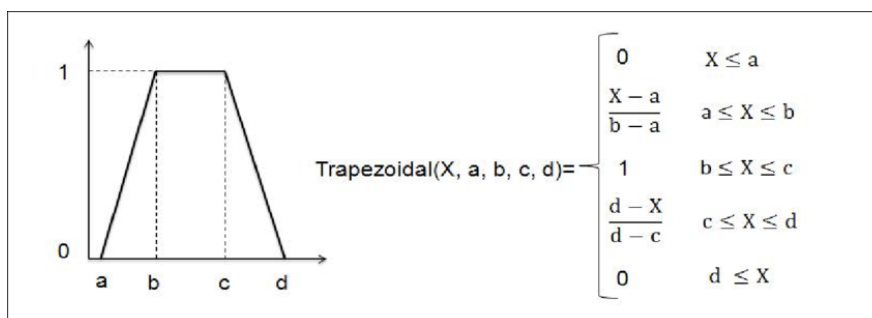


**Figura 6.** Función de pertenencia triangular

**Fuente:** (Sanjay Krishnankutty, 2015)

- **Funciones de pertenencia trapezoidales**

Definida por sus límites inferior  $a$ , superior  $d$ , y los límites de soporte inferior  $b$  y superior  $c$ , tal que  $a < b < c < d$ , si os valores de  $b$  y  $c$  son iguales, obtenemos una función triangular.

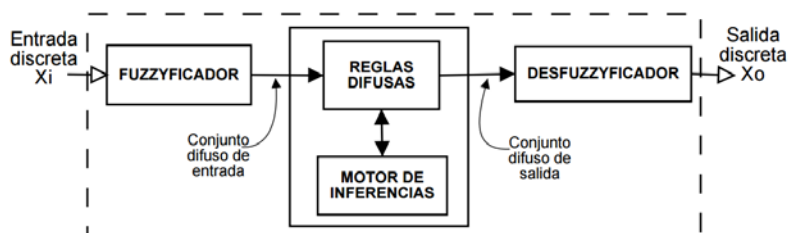


**Figura 7.** Función de pertenencia Trapezoidal

Fuente: (Olmo Castillo, 2008)

### 2.3.4. Sistemas de Lógica Difusa

Los sistemas expertos usan el conocimiento como fundamento, modelado en reglas difusas y de un proceso de inferencia. Un controlador se compone de 4 módulos: base de reglas difusas, inferencia de reglas, fuzzificación y defuzzificación.



**Figura 8.** Diagrama de un controlador difuso

Fuente: (Fernando Sancho Caparrini, 2017)

- **Fuzzificador:** hace un cambio de los valores crisp de las variables de entrada a valores difusos.
- **Reglas difusas:** almacena las reglas SI-ENTONCES obtenidas de los expertos
- **Motor de inferencia:** se encarga del cálculo o la aplicación de todas las reglas.
- **Defuzzificador:** realiza un cambio de valores difusos de salida, a un valor crisp de salida, que es generado por el motor de inferencia.

#### 2.3.4.1. Reglas Difusas

Una decisión tiene una forma general llamada Modus Ponens Generalizado, siendo un razonamiento estricto, caso distinto con la Lógica Difusa que da más opciones de respuesta, por lo que se requiere la definición de reglas, estas son reglas lingüísticas que relacionan valores y conjuntos difusos.

Según (Zadeh & Kong, 2004), si un sistema resulta complejo, es complicado tener sentencias que se adecuen de manera exacta acerca de su comportamiento, por lo que se deberán tratar y analizar hasta tener sentencias precisas y exclusivas, por este motivo ha propuesto variables lingüísticas que permita modelar el razonamiento humano, cada regla difusa tiene su estructura y la podemos representar de la siguiente manera:

IF < proposición difusa > THEN < proposición difusa > ,

es decir,

SI < u es A > ENTONCES < v es B > ,



Donde A y B son conjuntos difusos dentro de los rangos de “u” y “v” de manera respectiva.

### 2.3.5. Herramientas que se aplican para el desarrollo de sistemas difusos

Los primeros sistemas que se utilizaban para análisis de Lógica Difusa eran muy simples, se utilizaban reglas con condicionales “if-then” obtenidas del conocimiento heurístico. Actualmente, los sistemas basados en Lógica Difusa contienen una gran variedad de módulos de decisión, clasificadores difusos, controladores difusos, entre otros, que al ser combinados con otros módulos que no sean necesariamente difusos se puede obtener mucha información que ayude al análisis de los procesos.

Según (Nhivekar, Nirmale, & Mudholkar, 2012), las empresas han ido aceptando de a poco el uso de Lógica Difusa y por esto han aparecido muchos productos de hardware y software que se utilizan para este análisis.

**Tabla 1**  
*Software para análisis de Lógica Difusa*

Herramienta de software	Características	Licencia
<b>Fuzzy Logic Toolbox for MATLAB</b>	Simulación de Lógica Difusa (Windows).	De pago
<b>PID and Fuzzy Logic Toolkit for NI LabVIEW</b>	Simulación de Lógica Difusa y generación de código para sistemas embebidos (Windows).	Versión de prueba disponible
<b>SCILAB</b>	Simulación de Lógica Difusa y generación de código	Gratuito
<b>fuzzyTECH</b>	Simulación de Lógica Difusa y generación de código (Windows)	Versión de prueba disponible
<b>FuzzyCOPE</b>	Entorno para simulación de redes neuronales difusas (Windows)	Gratuito
<b>Jfuzzy</b>	Librería de java para análisis de Lógica Difusa	Gratuito
<b>TIL-Shell</b>	Generación de código para C (Windows)	De pago

**CONTINÚA** 

<b>FIDE</b>	Simulación de Lógica Difusa y generación de código (Windows)	Versión de prueba disponible
<b>FuzzyCLIPS</b>	Simulación de Lógica Difusa y generación de código (Windows, Linux)	De pago
<b>FLDE</b>	Simulación de Lógica Difusa y generación de código para sistemas embebidos (Windows)	Versión de prueba disponible
<b>FLINT</b>	Simulación de Lógica Difusa, Prolog y Flex. (Windows)	Versión de prueba disponible

Fuente: (Nhivekar et al., 2012)

Según los autores, la solución proporcionada por MATLAB es la más sencilla de utilizar y posee un entorno gráfico que le facilita mucho más su uso, pero su mayor desventaja es el alto costo del software. Los autores indican que NI LabView permite realizar pruebas en tiempo real y además diseñar sistemas embebidos, pero, al igual que MATLAB su desventaja es los altos costos. Sin embargo, los autores indican a SCILAB como la herramienta más atractiva para las personas que están ingresando a los análisis de Lógica Difusa y su ventaja es que tiene una licencia gratuita que permite utilizar sus características.

Para tomar la decisión de la herramienta que se va a utilizar en el proyecto, un factor de decisión clave fue la experiencia previa de desarrollos bajo la herramienta XFuzzy. Aunque se evaluaron diferentes alternativas pudimos concluir que no existe una herramienta de Lógica Difusa que sea la que sobresalga de todas. XFuzzy al ser una herramienta de código abierto y que tiene varios módulos muy útiles fue la que más se adaptaba a nuestras necesidades y conocimientos.

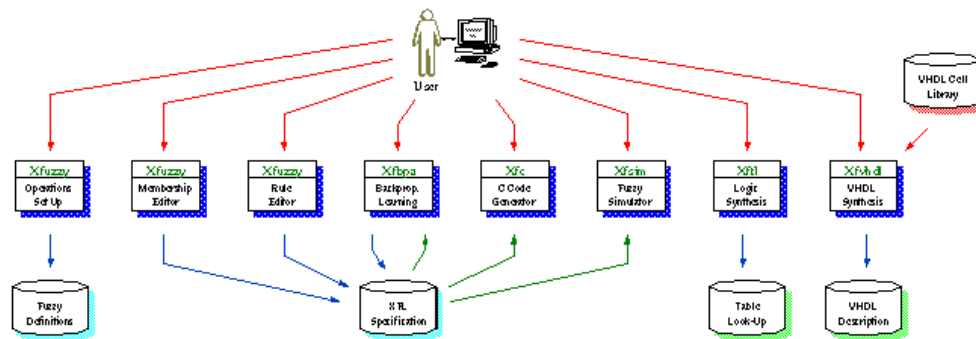
Además, del artículo podemos destacar JFuzzy, que es un paquete de desarrollo para entornos Java y va a permitir la implementación en el backend de la aplicación web que será desarrollada. JFuzzy posee varias funcionalidades propias de la Lógica Difusa y tiene un gran potencial para construir sistemas complejos.

### **2.3.5.1. XFuzzy**

XFuzzy es un entorno de desarrollo gráfico para sistemas de inferencia basados en Lógica Difusa. Combina un conjunto de herramientas que facilitan las distintas etapas del proceso de diseño de sistemas difusos tales como: descripción, verificación, identificación, aprendizaje, simplificación y síntesis. Es distribuido de manera libre y gratuita por el Instituto de Microelectrónica de Sevilla.

En sus inicios, la herramienta XFuzzy estaba orientada a la descripción y simulación de controladores difusos, pero con el paso del tiempo y la complejidad que ha ido teniendo el desarrollo de Lógica Difusa motivaron a XFuzzy a evolucionar e integrar más funcionalidades.

XFuzzy 3.5 es la versión más actual del sistema, la cual contiene varias herramientas CAD que facilitan el flujo del diseño en las etapas de descripción, ajuste, verificación y síntesis del sistema difuso. También posee un lenguaje de especificación formal denominado XFL3, que permite al usuario definir funciones de pertenencia, operadores paramétricos y además admite el uso de modificadores lingüísticos que permiten describir relaciones más complejas entre variables. Además, XFL3 emplea Java como lenguaje de programación con lo cual se puede utilizar la metodología orientada a objetos y las nuevas versiones de XFuzzy podrán ser ejecutadas en cualquier plataforma que tenga instalado JRE (Java Runtime Environment).



**Figura 9.** Arquitectura de XFuzzy

Fuente: (XFuzzy, 2001).

A continuación, describimos las herramientas CAD y las funcionalidades que cada una aporta en XFuzzy:

- **xfedit:** facilita la descripción de las entradas, salidas, funciones de pertenencia, operadores para cada regla, reglas base y como se interconectan las reglas dentro de un sistema difuso
- **xfpkg:** permite la definición de propiedades para las funciones de pertenencia, métodos de *defuzzificación* y funciones unarias y binarias que se relacionan con los conectores difusos.
- **xf2dplot y xf3dplot:** facilita la visualización de manera gráfica de las salidas del sistema difuso, juntamente con sus entradas.
- **xfmt:** permite monitorizar los valores de salida que se obtienen respecto a los valores de entrada.
- **xfsim:** realiza una simulación de cómo se comporta el sistema difuso.

- **xfls:** permite la aplicación de algoritmos de aprendizaje supervisados a cualquier sistema definido en XFL3.
- **xfc, xfcc y xfji:** los cuales respectivamente traducen un sistema descrito en XFL3 a los lenguajes de programación C, C++ y Java.

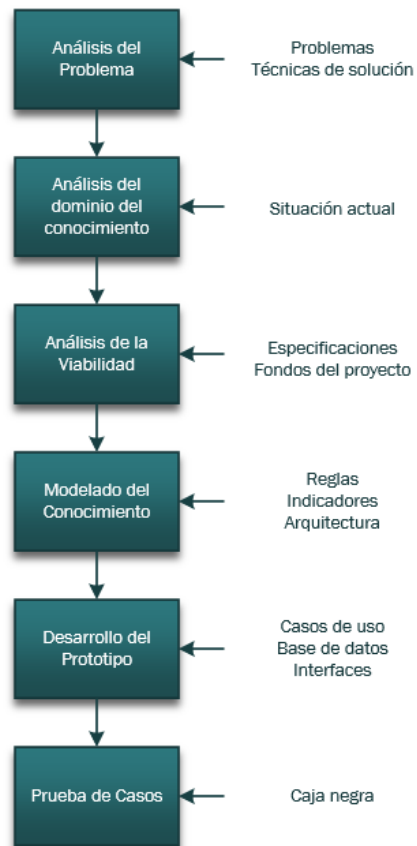
#### 2.4. Metodología para SBC

Para el desarrollo de los SBC se aplican metodologías específicas como KADS, Prototipado, Bruel, entre otras.

En el presente proyecto ha sido aplicada la metodología de prototipado. Dicha metodología se utiliza como base para las sesiones de obtención del conocimiento con el experto. Es un modelo orientado a la implementación, es decir, que se tiene una inmediata presentación de un prototipo construido rápidamente en fase muy temprana del desarrollo. Esta metodología resulta motivante y convincente para el experto. Por tanto, la aplicación de dicha metodología involucra una comunicación exhaustiva entre los expertos y el personal de desarrollo.

Las fases que seguir para el desarrollo se inician con el análisis del problema, análisis del dominio del conocimiento, análisis de la viabilidad y el modelado del conocimiento (abstracción de todos los conocimientos). Por tanto, este tipo de sistemas no parte de un levantamiento de requisitos, como los sistemas que se desarrollan en base a las metodologías de la ingeniería de software.

Las fases de la metodología se muestran en la siguiente figura:



**Figura 10.** Fases de la metodología de prototipado rápido

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL SISTEMA

A continuación, se describe el diseño y desarrollo del sistema de análisis de preferencias y satisfacción de clientes, el mismo que se basa en la metodología de prototipado.

#### **3.1. Análisis del problema**

La empresa Plugthem se caracteriza por tener una cartera de clientes que incluye empresas corporativas líderes en sus diferentes áreas.

Dicha empresa dispone de una plataforma tecnológica que recopila y procesa información a partir de las experiencias de los clientes frente a los servicios que presente la empresa.

Esta información se guarda en una base de datos que se encuentra alojada en la nube de la empresa. La plataforma ofrece a sus clientes un dashboard para obtener reportes relacionados con su rendimiento y productividad, lo cual facilita la toma de decisiones en las empresas a las cuales presta sus servicios. Sin embargo, la plataforma mencionada no analiza indicadores sobre las opiniones, gustos, satisfacción y preferencias del cliente.

La empresa busca evaluar la satisfacción y preferencia que tiene el cliente por la empresa, para una vez detectado los tipos de clientes se pueda realizar campañas de fidelización para que se eviten pérdidas económicas, y además de tener una información más real acerca de las preferencias reales de sus clientes.

#### **3.2. Análisis del dominio del conocimiento**

La función de la aplicación como se ha mencionado con anterioridad es proporcionarle a la empresa un valor comercial agregado acerca de las preferencias y satisfacción que tienen sus

clientes con respecto a los servicios que están prestando, hay que tomar en cuenta que la empresa debe presentar un informe semestral a la CONATEL acerca de la satisfacción de sus clientes.

La empresa debe establecer y mantener un sistema de medición y control de calidad de servicio, que cuente con información verificable, confiable y disponible.

Nuestro sistema se encarga de evaluar la satisfacción de acuerdo con algunas categorías escogidas por la empresa del reglamento para el servicio de telefonía móvil celular (CONATEL, n.d.), dentro de estas categorías se encuentran indicadores que tienen que ser analizadas para tener una ponderación real de la apreciación del cliente hacia el servicio.

### **3.3. Análisis de la viabilidad**

Actualmente, las empresas ecuatorianas deben medir el nivel de satisfacción de sus clientes, además de rendir un resumen de esta evaluación a la CONATEL, la empresa Plugthem ha tomado la iniciativa de medir esta satisfacción y preferencia mediante un sistema que evalúa esta característica según el servicio que ofrecen. La importancia del sistema se incrementa al detectar los tipos de cliente que tiene su empresa, y ayudar a crear campañas de fidelización que permitan tener un acercamiento directo con el cliente.

Para la realización de este sistema se cuenta con el apoyo absoluto del personal de la empresa e incluso con las bases de datos que serán depuradas con la intención de ver información significativa para el sistema, los expertos de la empresa están dispuestos a compartir sus conocimientos para obtener un producto de gran impacto y de ayuda para la toma de decisiones, con las reuniones se podrá establecer reglas de inferencia que tengan veracidad al momento de implementarlas.



### 3.3.1. Factibilidad técnica

Para desarrollar el sistema propuesto, SI se encuentra disponible las herramientas de desarrollo de software y el equipo informático requerido, por lo que el proyecto propuesto es viable.

- Hardware
  - Portátil HP Envy X360 Convertible
  - Portátil Asus VivoBook S
  - Impresora
- Software
  - Sistema Operativo (Windows 10)
  - NetBeans 8.2
  - X Fuzzy
  - XAMPP 3.2.2

### 3.3.2. Factibilidad económica

Se presenta un cuadro con un aproximado de los gastos que se generarán en el transcurso del proyecto.

**Tabla 2**  
*Recursos*

Recursos	Descripción	Valor	Observación
<b>Hardware y Software</b>	Licencias SO	\$289	CET
	Netbeans	\$0	CET
	XAMPP	\$0	CET
	XFfuzzy	\$0	CET
	Impresora	\$199	CEA
<b>Humano</b>	Desarrolladores (2 personas)	\$4600	CET
	Experto (1 persona)	\$3000	CEA
<b>Materiales</b>	Impresiones	\$60	CET

**CONTINÚA** 

	Copias	\$30	CEA
	Computadoras	\$1250	CET
<b>Servicios básicos</b>	Internet	\$240	CEA
	Agua	\$150	CEA
	Luz	\$135	CEA
	Transporte	\$150	CET
	Alimentación	\$500	CET

- CET – Costo que asumen los estudiantes tesistas
- CEA – Costo que asume la Empresa Auspiciante

**Tabla 3***Descripción de recursos*

Descripción	Valor
<b>CET – Costo que asumen los estudiantes tesistas</b>	\$6849
<b>CEA – Costo que asume la Empresa Auspiciante</b>	\$3754

**Nota:** El cálculo de gastos se realizó para seis meses que dura la tesis.

### 3.3.3. Factibilidad operativa

La empresa contribuirá con todo lo necesario para realizar el desarrollo del sistema propuesto. Además, la empresa se compromete a brindar la información que facilite el diseño y desarrollo del sistema, además otorgará con el apoyo de los especialistas en el área de marketing, quienes ayudarán a comprender de mejor manera el negocio y permitirán el planteamiento de reglas para el uso de Lógica Difusa, de esta manera la empresa podrá analizar y crear estrategias para evitar un posible desertor del servicio.

## 3.4. Modelado del conocimiento

### 3.4.1. Análisis de los datos

Para realizar el cálculo de la valoración de cada una de las categorías, se debe tener presente que hay diferentes indicadores que pertenecen a su respectiva categoría. Una vez que

se obtiene de la base los resultados se realiza la suma de los puntajes obtenidos de cada variable, y según la categoría a la que corresponda se multiplicara el peso correspondiente.

Para una serie de datos

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$$

a la que corresponden los pesos

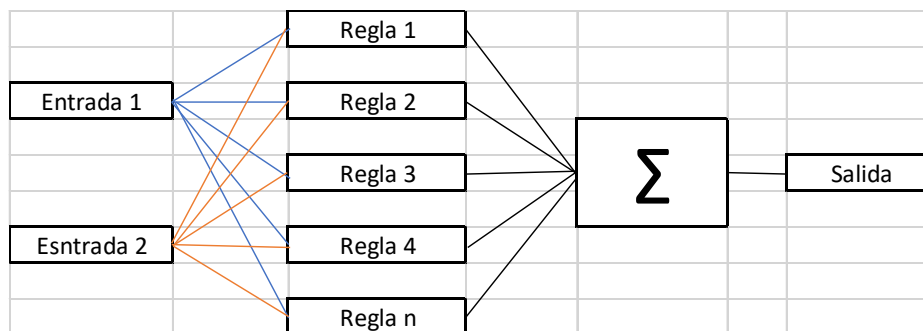
$$W = \{W_1, W_2, \dots, W_n\}$$

Se realiza la operación correspondiente

$$\sum_{i=1}^n X_i * W_i$$

Para los cálculos de la valoración de cada categoría se utiliza la valoración que se obtuvo del sistema XFuzzy ( $X_n$ ) ponderándola con su respectivo peso de acuerdo con la categoría que corresponda (calidad de servicio, atención al cliente, reclamos).

El resultado del sistema es un valor numérico no difuso, los que serán usados para el respectivo calculo según su categoría, la estructura genérica que posee el sistema por variable es el siguiente:



**Figura 11.** Estructura genérica XFuzzy

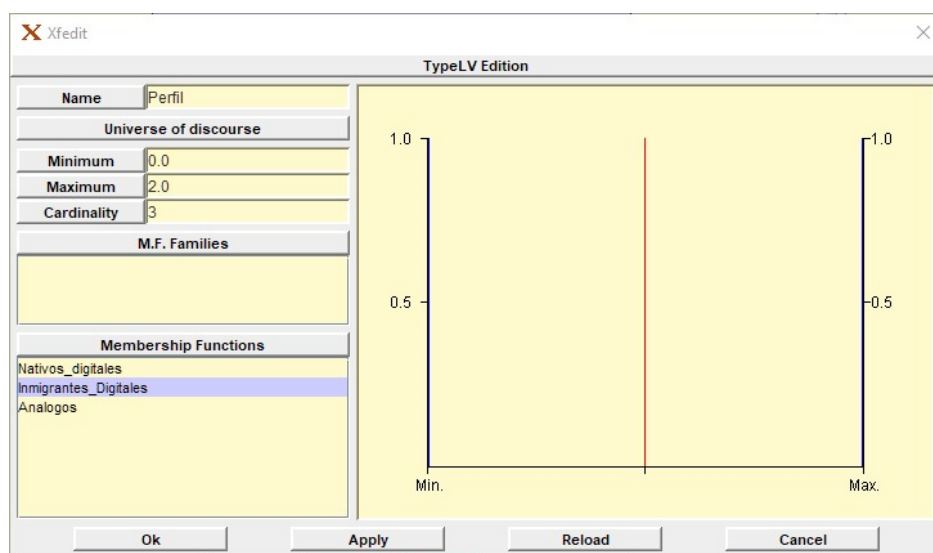
Los resultados de las reglas son combinados y desfuzzificados, dándonos un valor numérico no difuso. El cálculo realizado resulta apropiado al realizarse con la guía de los expertos en el tema, no obstante, en futuros trabajos se pueden considerar más indicadores e incluso nuevos pesos, es decir, tipos de agregación más sofisticados, ampliando más al proyecto.

### 3.4.2. Desarrollo del Motor de Inferencia

Como se mencionó con anterioridad el proyecto fue realizado en XFuzzy, razón por la cual es necesario su modelamiento en la herramienta. Tomemos en cuenta que existen diferentes tipos de conjuntos difusos.

#### 3.4.2.1. Tipos Singleton

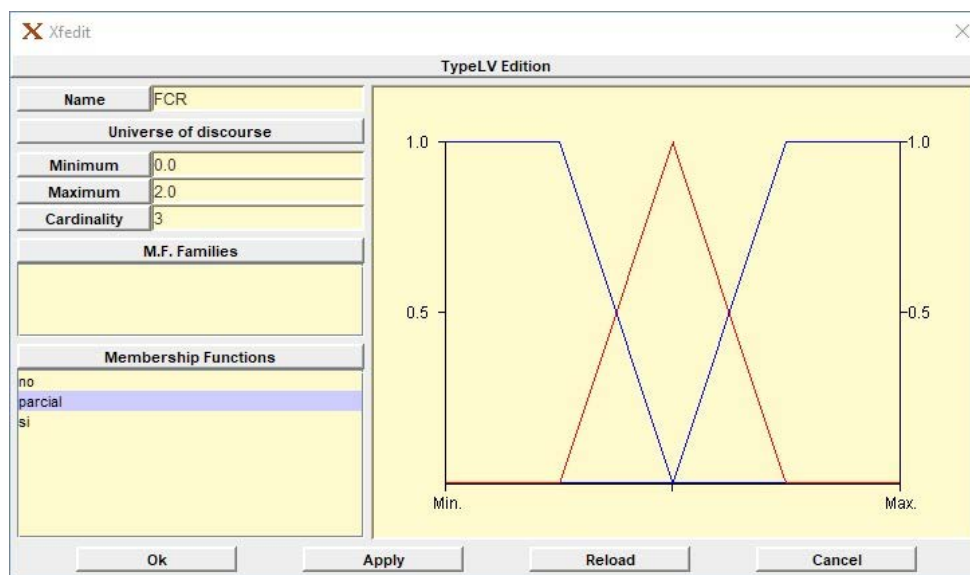
Se denomina singleton a un conjunto difuso que contiene un único valor.



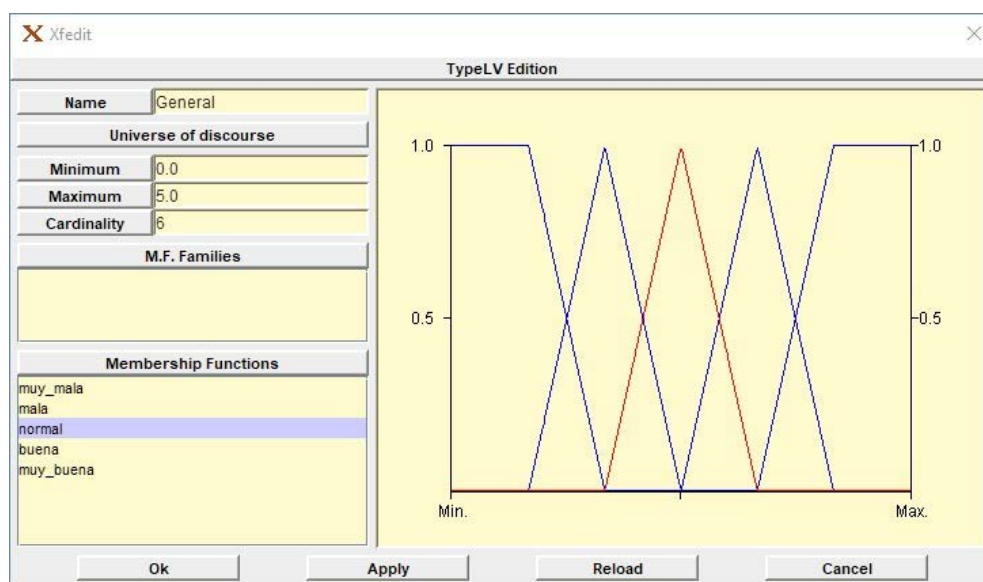
*Figura 12.* Tipo Singleton

### 3.4.2.2. Tipos con componente difusa:

Existen tipo difusos que por su naturaleza deben ser transcritos mediante procesos difusos en función de su referencia, a continuación, se mostrarán algunos de los utilizados para medir la satisfacción del cliente.



*Figura 13.* Estructura genérica XFuzzy



*Figura 14.* Estructura genérica XFuzzy

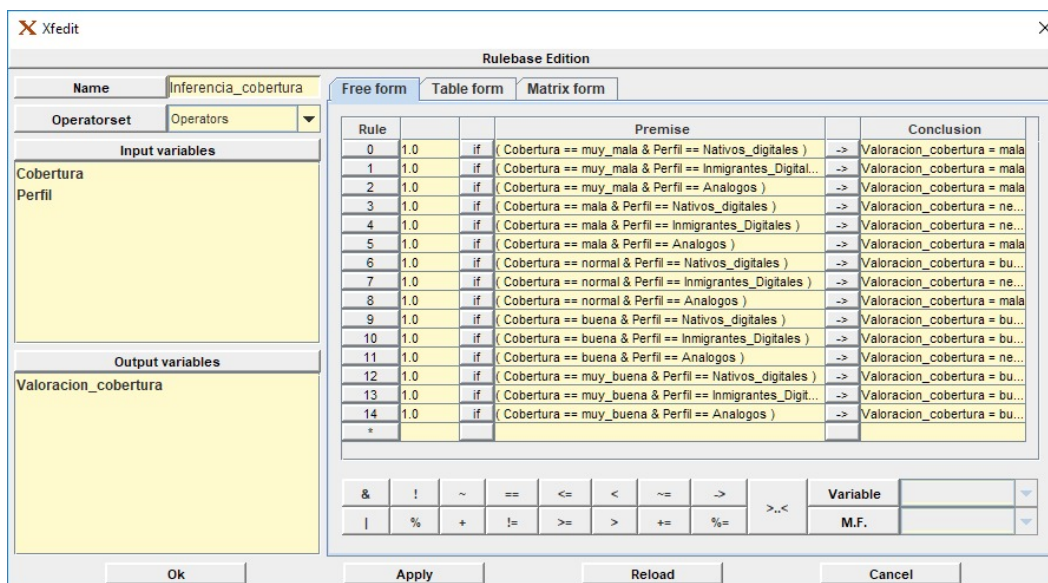
Después de representar los tipos, se realiza el modelamiento de las funciones de inferencia, en donde se especifica los datos que serán de entrada y los de salida, después se procede a llenar las posibles combinaciones de los diferentes valores que podrían tener os datos de entrada y así obtendremos los datos de salida, esto se realiza con el editor de reglas de XFuzzy.

### 3.4.3. Reglas de Inferencia

En el editor de reglas de inferencia, introducimos las variables y operadores, creando reglas.

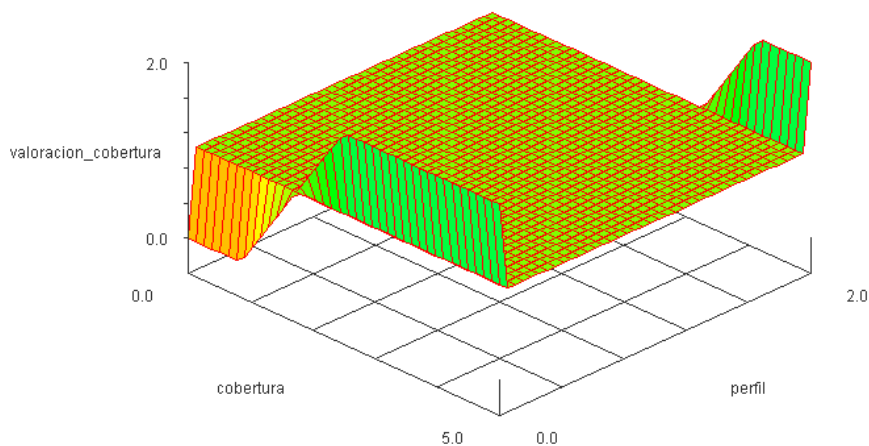
Característica son las variables pertenecientes a cada categoría, y se relaciona con el perfil tecnológico, dando como resultado una valoración de la variable.

Si (Característica == valor & Perfil == perfil) → valoración característica = valoración

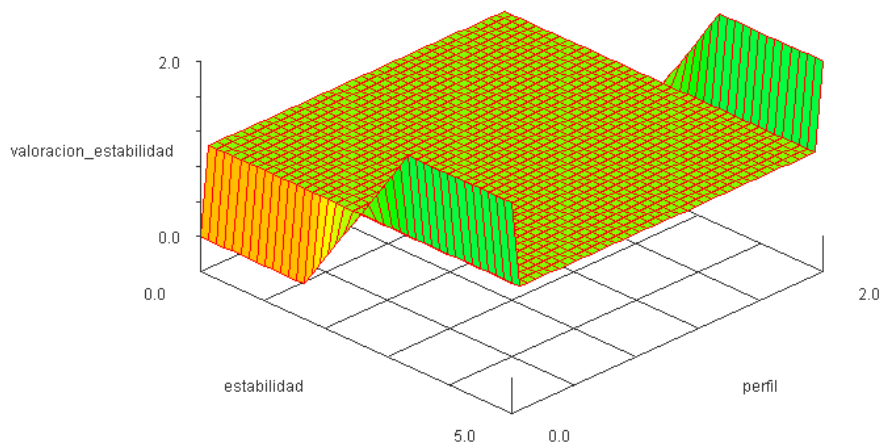


*Figura 15.* Reglas de inferencia

Cuando se realiza la caracterización de todas las reglas, se pueden revisar los posibles valores que tendrían esas reglas. Las siguientes gráficas muestran cómo se presentarían los valores:

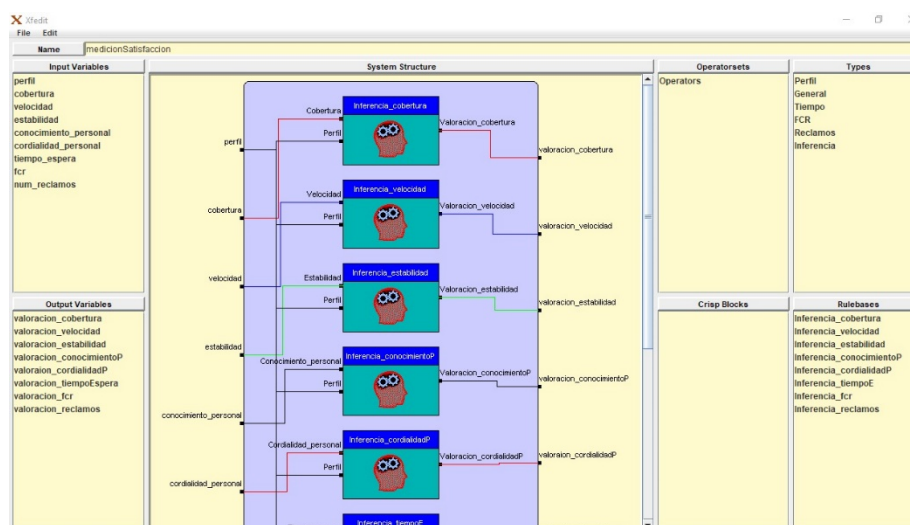


**Figura 16.** Relación entre cobertura y perfil



**Figura 17.** Relación entre estabilidad y perfil

Después, se relaciona todas las variables de entrada para obtener el sistema final, en la siguiente figura podemos observar el motor de inferencia terminado.



*Figura 18.* Motor de inferencia XFUZZY

### 3.4.4. Indicadores

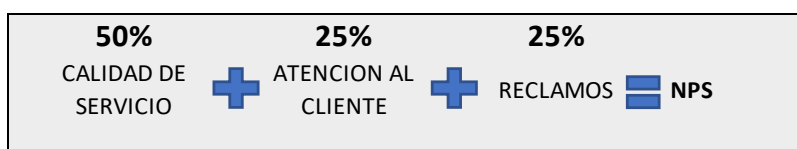
Para la medición se encuentran las siguientes categorías con sus respectivas variables:

- **Calidad de Servicio:** se evalúa mediante una encuesta que será aprobada por la superintendencia de telecomunicaciones y que evaluará diferentes variables.
  - Cobertura
  - Velocidad
  - Estabilidad
- **Atención al Cliente:** relación que existe entre el operador y el cliente, donde se determina que el mismo, conozca y sepa hacer uso del servicio.
  - Conocimiento del personal
  - Cordialidad del personal
  - Tiempo de espera
- **Numero de reclamos y reparación:** la empresa operaria lleva un registro numerado de los reclamos y reparaciones que tiene un cliente.



- Solución al primer contacto
- Número de reclamos

Una vez que nos reunimos con los expertos en levantar esta información, se puso a conocimiento el peso que tiene cada variable dentro de esta medición, buscando el nivel de recomendación del cliente, ya que de esa forma podemos saber de manera más específica que cliente está satisfecho y cual no.



**Figura 19.** Cálculo de NPS

Para el análisis de los resultados se ha distribuido el porcentaje de impacto de cada categoría dentro de la evaluación correspondiente al índice de recomendación.

Los datos que se analizaron fueron recogidos de diferentes formularios que la empresa realiza, y adaptados a una sola fuente de información que se pueda utilizar para realizar el análisis de los datos.

Con el fin de realizar una valoración por rangos poblacionales, se obtuvo la ayuda de un experto que puso a conocimiento tres grupos etarios con relación a su vínculo tecnológico:

- Nativos Digitales (15-34 años)
- Inmigrantes Digitales (35-48 años)
- Análogos (49 o más)

Los expertos establecieron estos posibles tipos de clientes, damos por hecho que cualquier cliente usuario de un servicio se puede clasificar dentro de estos rangos (caso contrario el dato sería atípico y la información del cliente se rechazaría).

Cada rango de clientes tiene una serie de características que lo diferencian al momento de evaluar la calidad de un servicio y por ende de sentirse satisfecho.

El experto ha definido la existencia de características primarias y secundarias que representan criterios de decisión que motivan al cliente, a continuación, se presenta una tabla donde se relacionan con cada categoría.

Consideremos la valoración para el grado de importancia, según los siguientes términos:

- Primarios (0) = muy importante
- Secundarios (1) = algo importante

Asimismo, tomemos en cuenta los datos de entrada en relación con los perfiles:

- Nativos Digitales =  $\phi 1$
- Inmigrantes Digitales =  $\phi 2$
- Análogos =  $\phi 3$

**Tabla 4**

*Importancia del elemento referente al perfil*

	Elemento	$\phi 1$	$\phi 2$	$\phi 3$
<b>CALIDAD DE SERVICIO</b>	Cobertura	0	1	1
	Velocidad	1	0	1
	Estabilidad	1	1	0

	Conocimiento del Personal	1	0	1
<b>ATENCIÓN AL CLIENTE</b>	Cordialidad del personal	1	0	1
	Tiempo de Espera	0	0	0
<b>RECLAMOS Y</b>	Solución al primer contacto	0	0	0
<b>REPARACIÓN</b>	Número de Reclamos	0	0	0

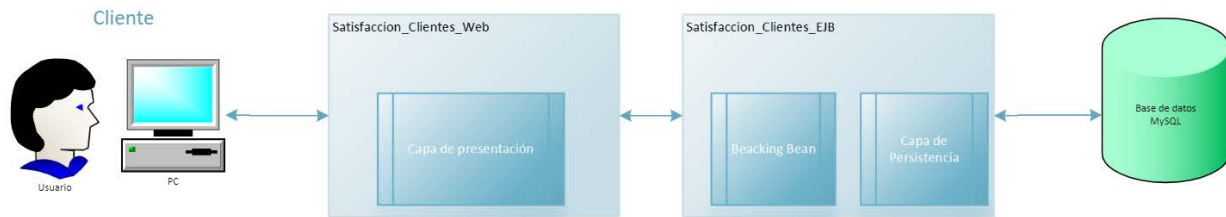
Además de estas características primarias, existe una serie de características que son secundarias y se deben tener en cuenta al momento de realizar el análisis. El mismo cliente es el encargado de refinar su decisión, lo que se transforma en una búsqueda más sesgada. En esta etapa nos encargamos de evaluar las características secundarias.

### 3.4.5. Diseño de la arquitectura

La arquitectura está basada en un sistema de n capas.

- **Capa de presentación:** es la que el usuario observa, además en esta capa se presenta el sistema al usuario y también le comunica y captura la información del usuario.
- **Capa de negocio:** es donde reside la lógica del sistema, se reciben las peticiones del usuario y se envían las respuestas después de ejecutar el proceso. Esta capa se comunica con la capa de presentación, para recibir las solicitudes y presentar los resultados, y con la capa de datos, para solicitar al gestor de base de datos almacenar o recuperar datos de él.
- **Capa de datos:** es donde se encuentran los datos y es la encargada de acceder a los mismos. Está formada por uno o más gestores de bases de datos que

realizan todo el almacenamiento de datos, reciben solicitudes de almacenamiento o recuperación de información desde la capa de negocio.



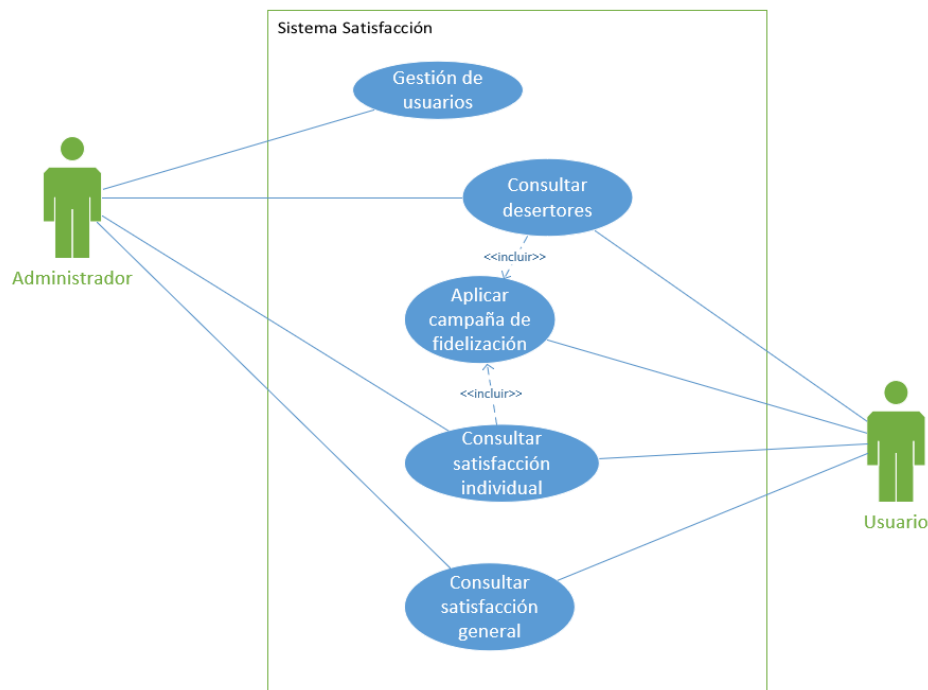
**Figura 20.** Diagrama de arquitectura del sistema

### 3.5. Desarrollo del prototipo

#### 3.5.1. Diagrama de Casos de uso

El diagrama de casos de uso se encarga de recoger los requisitos funcionales de los usuarios, estableciendo la esencia del sistema.

A continuación, se presenta el diagrama de casos de uso correspondiente al sistema:



**Figura 21.** Diagrama casos de uso Sistema Satisfacción

Los módulos de diseño más significativos se presentan a continuación:

- Módulo de seguridad: este módulo se encarga de la autenticación de cada usuario, brindando confianza al usuario al momento de realizar sus actividades correspondientes.
- Módulo de validación: en este módulo se pretende validar que tipo de cliente tiene la empresa, además de correlacionar con información obtenida de las bases que se nos proporcionó, permitiendo la generación de los reportes.

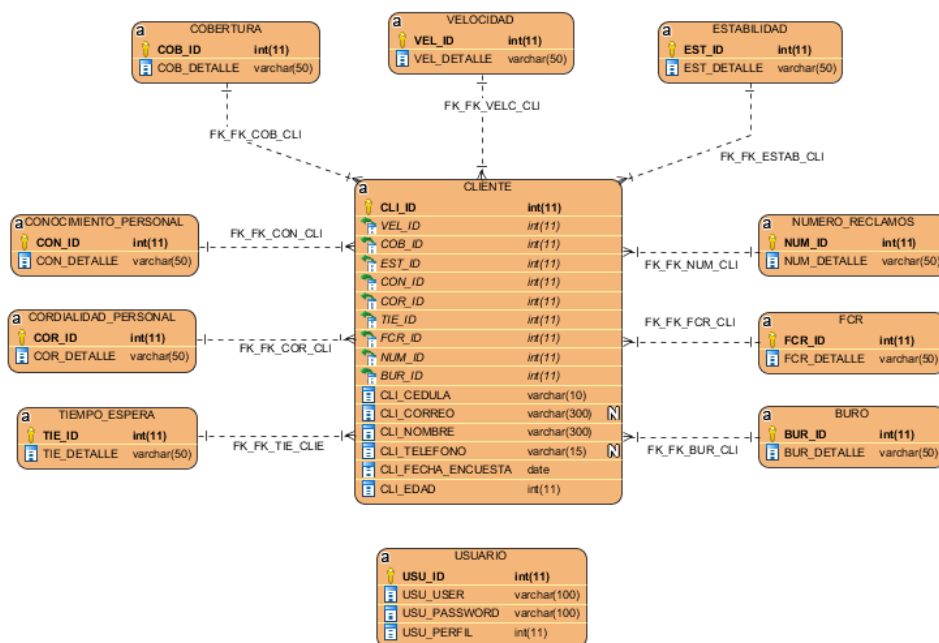
### **3.5.2. Diseño de la base de datos**

El diseño de la base de datos es el paso más importante para el desarrollo de la aplicación ya que, permite almacenar los datos obtenidos de las encuestas que se aplican, y de esta manera realizar el análisis de estos para obtener la satisfacción de los clientes.

Para el desarrollo del sistema, la empresa nos entregó diferentes bases de datos, de estas bases se escogieron las variables de mayor relevancia para el desarrollo y se creó una nueva base normalizada y estandarizada de acuerdo con las necesidades.

Para el modelado se utilizó la herramienta *Visual Paradigm Community Edition* Versión 15.2, la cual posee como principales características el diseño de modelos UML de manera muy sencilla e intuitiva.

Se tomaron en cuenta los indicadores que se identificaron en el desarrollo del motor de inferencia ya que estas van a permitir realizar el análisis de satisfacción de los clientes dentro de la interfaz web.



**Figura 22.** Modelo entidad relación

Este modelo sirvió para darle la funcionalidad necesaria al sistema. Mediante la tabla “Usuario” se accede al login del sistema, y mediante la tabla “Cliente” se conoce los resultados de las encuestas aplicadas. Se utilizó el gestor de base de datos MySQL para alojar las tablas mencionadas anteriormente.



**Figura 23.** Logo MySQL  
Fuente: (MySQL, 2018)

### 3.5.3. Desarrollo de la aplicación web

Una vez concluido el diseño del motor de inferencia y la base de datos, podemos continuar con el desarrollo de la aplicación.



*Figura 24.* Logo GlassFish 4

**Fuente:** (“Java EE 101 Using GlassFish 4 and NetBeans,” 2014)

Se decidió trabajar sobre el servidor de aplicaciones GlassFish 4.1.2, además de utilizar el IDE Netbeans 8.2. Para la creación del proyecto se utilizó Maven, que es una herramienta para la gestión y creación de proyectos y, básicamente, gestiona la dependencia de la aplicación con respecto de otros módulos o componentes externos, es decir que provee y gestiona dependencias mediante la copia local de las bibliotecas directas e indirectas (Agüero & Ballejos, 2017). Maven utiliza un archivo denominado pom.xml (Project Object Model) el cual contiene toda la información para la construcción del proyecto, contiene todos los plugins y dependencias necesarias para el correcto funcionamiento de este.

Se utilizó Java Server Faces (JSF) el cual nos permite el desarrollo de aplicaciones de negocio utilizando el patrón de diseño MVC Modelo Vista Controlador (Model View



Controller) que además es sencillo de implementar en las aplicaciones web. JSF es un estándar dentro del JEE (Java Enterprise Edition) que permite el desarrollo de la capa de presentación y control para aplicaciones web.



**Figura 25.** Logo Java Server Faces

**Fuente:** (Community, 2018)

El diseño de las páginas web de la aplicación se hizo utilizando Primefaces, que es una biblioteca de componentes para JSF. Estos componentes difieren de los componentes estándar de JSF ya que permiten la abstracción para el uso de la tecnología AJAX ya soportada en JSF 2. Es decir, cualquier desarrollador puede centrarse en la funcionalidad ofrecida por el componente sin tener que preocuparse del JavaScript que se ejecutará en el cliente o de que partes de la pantalla serán necesarias refrescar en respuesta de un evento en la interfaz de usuario.

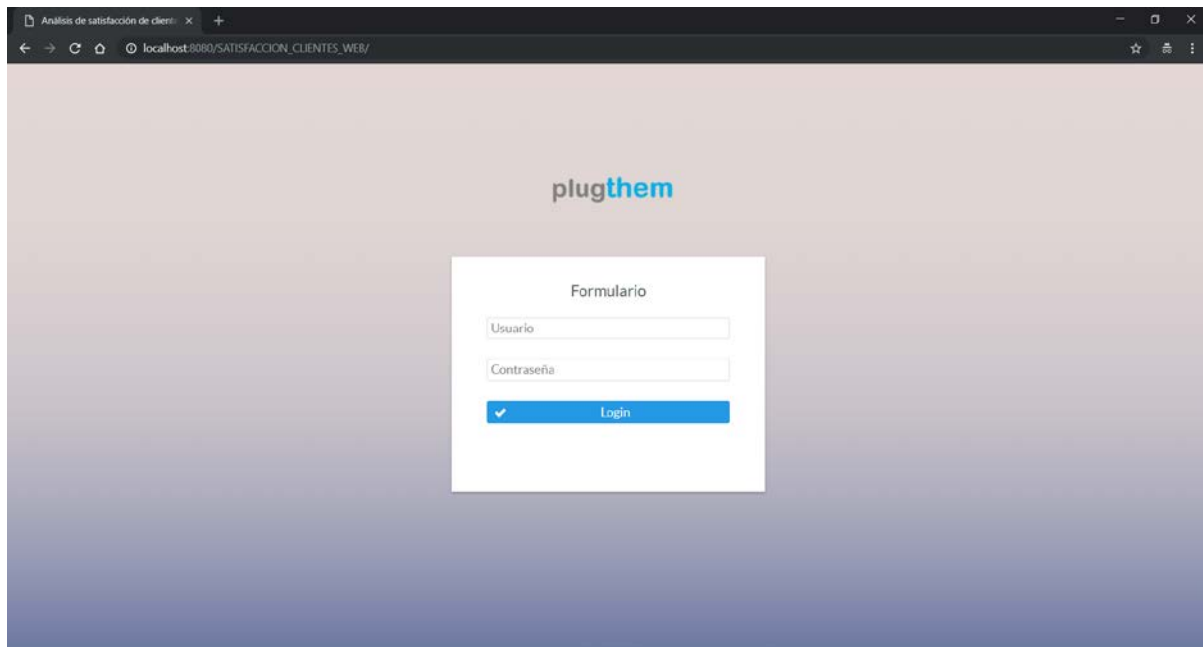


**Figura 26.** Logo Primefaces

**Fuente:** (Primefaces, 2019)

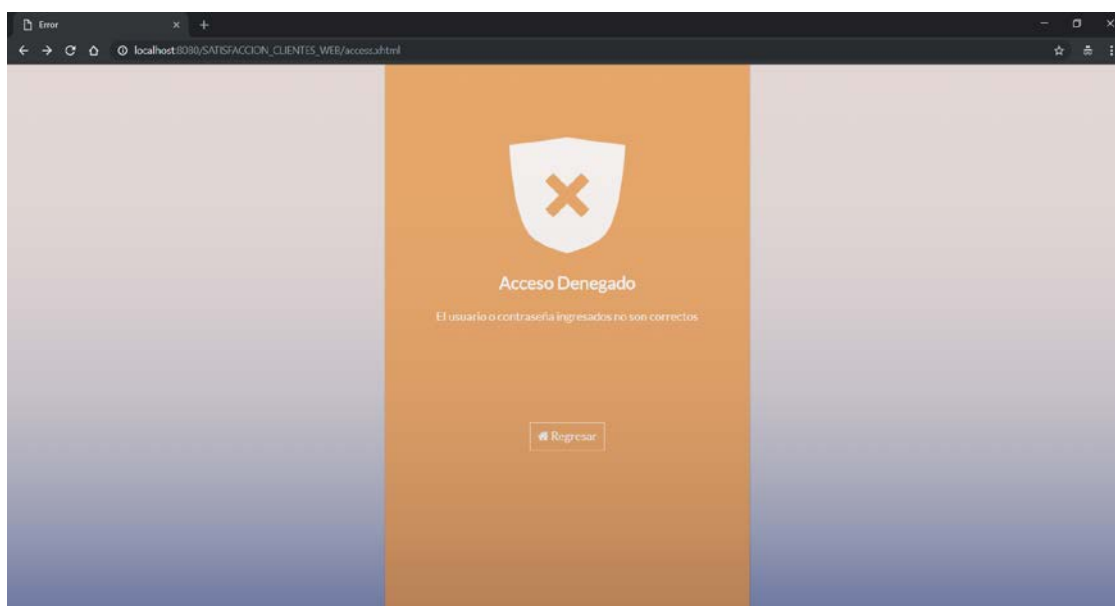
Para la conexión a la base de datos, se utilizó JPA mediante el framework EclipseLink. Java Persistence API, más conocida por su sigla JPA fue desarrollado para la plataforma JavaEE, con el fin de unificar la manera en que se maneja el mapeo de objeto y relaciones, permitiendo mantener la orientación de los objetos al trabajar con una base de datos.

Después de varios prototipos el diseño final de la aplicación quedó de la siguiente manera. El login del sistema, el cual muestra el logo de la empresa y además los campos necesarios para ingresar los datos de usuario.



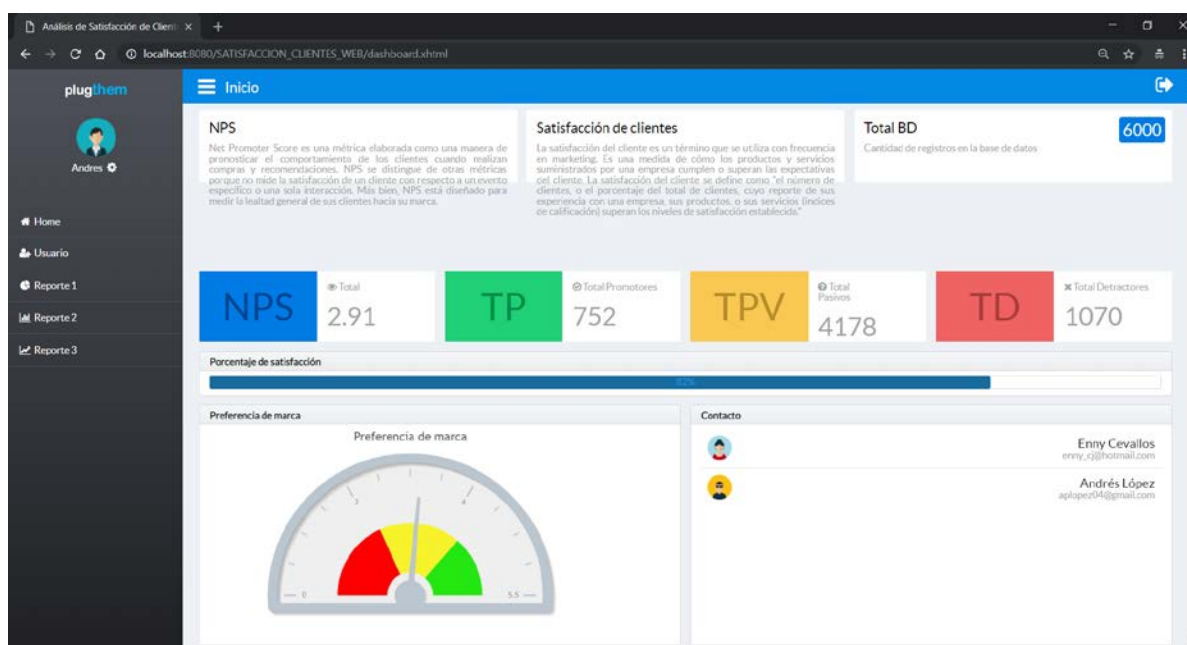
**Figura 27.** Login del sistema

Cuando el usuario o contraseña se han ingresado de manera incorrecta, se muestra la siguiente pantalla:



*Figura 28.* Pantalla de error

Después de haber iniciado sesión, se muestra una pantalla informativa.



*Figura 29.* Pantalla de inicio informativa

En primer lugar, tenemos una breve descripción de NPS y de satisfacción de clientes, además de la cantidad de registros que se encuentran actualmente en la base de datos.



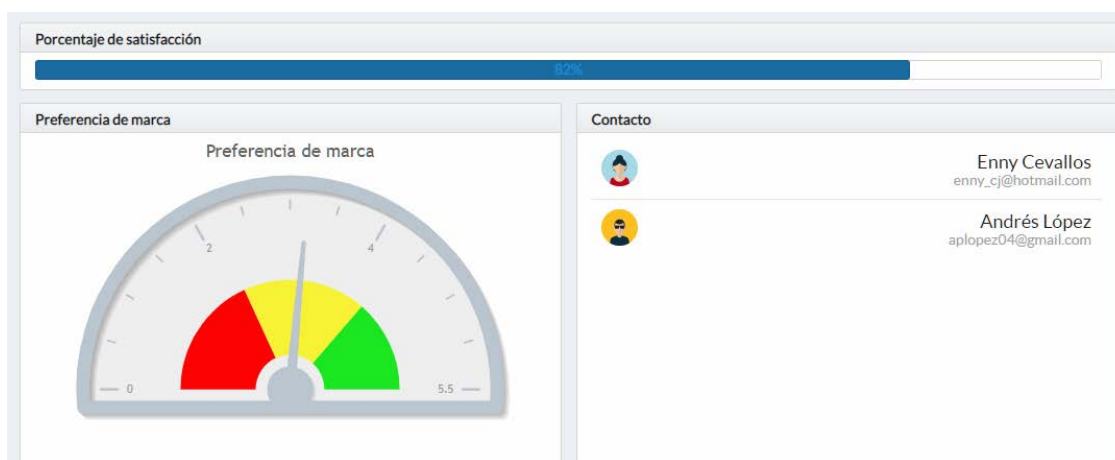
**Figura 30.** Información adicional de la pantalla de inicio

En la siguiente fila, tenemos el promedio de NPS de los datos actuales, la cantidad total de promotores, pasivos y detractores.



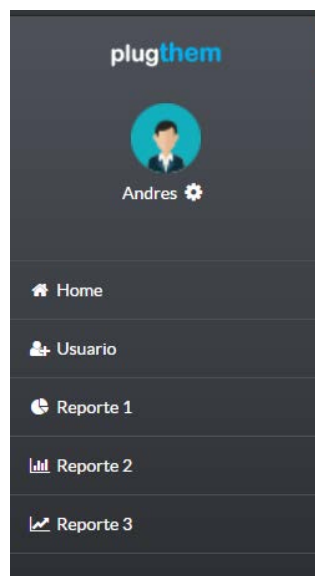
**Figura 31.** Información de clientes en la pantalla de inicio.

A continuación, tenemos el porcentaje de satisfacción calculado de todos los registros de la base de datos. Después, al lado derecho, un velocímetro que nos indica la preferencia de los clientes hacia la marca y al lado izquierdo se muestra el correo de contacto de los administradores del sistema.



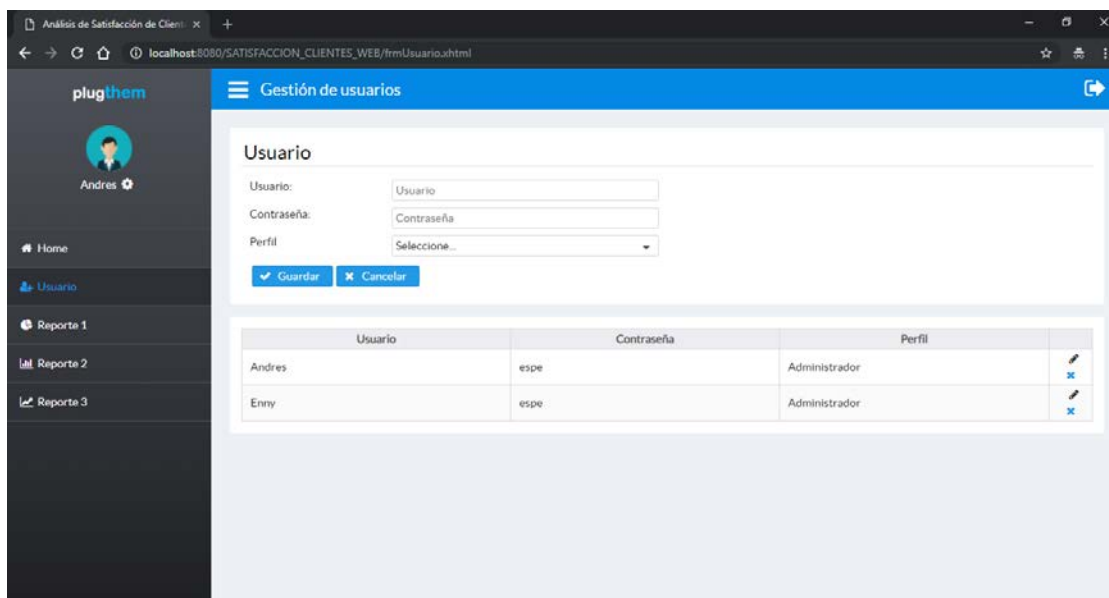
**Figura 32.** Preferencia de marca en la pantalla inicial

En la parte del menú tenemos 5 opciones. En el menú Usuario, los administradores del sistema pueden crear los usuarios que utilizarán la aplicación.



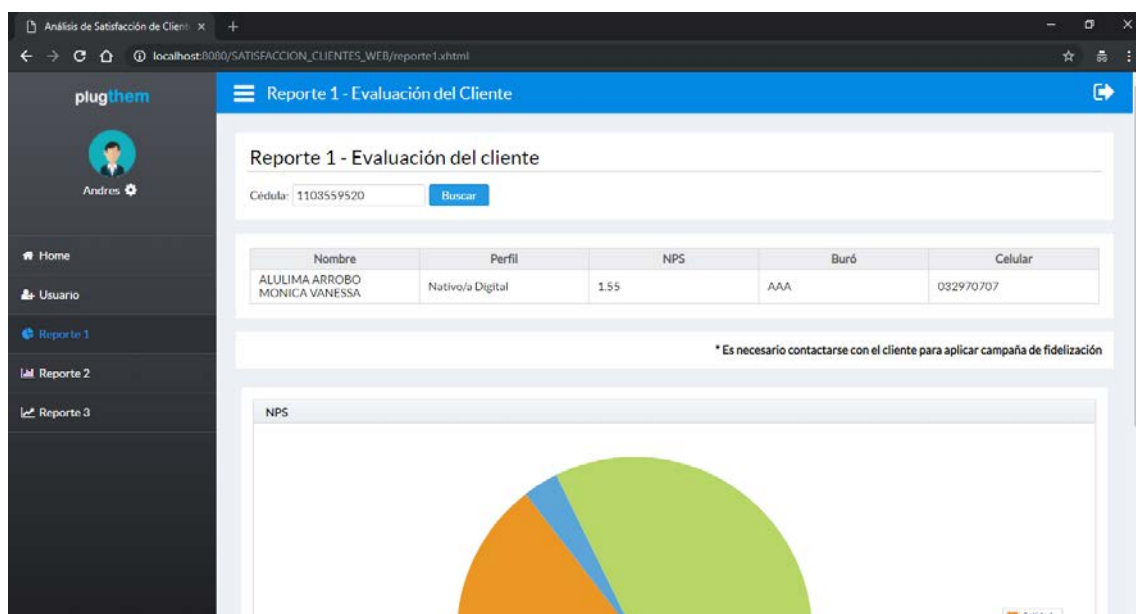
**Figura 33.** Menú del sistema

En las interfaces de usuario se muestran los usuarios registrados en el sistema, además de que se puede agregar los usuarios con el perfil que se desee y editar los usuarios ya registrados previamente.



**Figura 34.** Interfaz de gestión de usuarios

En el reporte 1 que trata sobre la evaluación personal del cliente, se aumentó algunos datos a la tabla y además se agregó un mensaje de advertencia cuando es necesario hacer una campaña de fidelización a algún cliente.



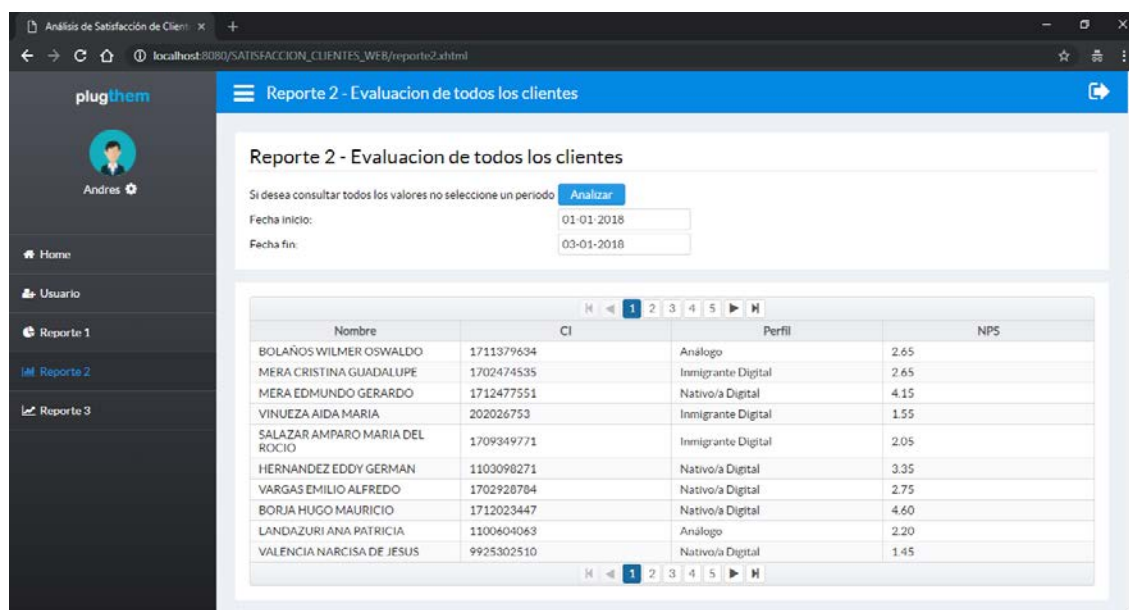
**Figura 35.** Pantalla principal reporte 1

Nombre	Perfil	NPS	Buró	Celular
ALULIMA ARROBO MONICA VANESSA	Nativo/a Digital	1.55	AAA	032970707

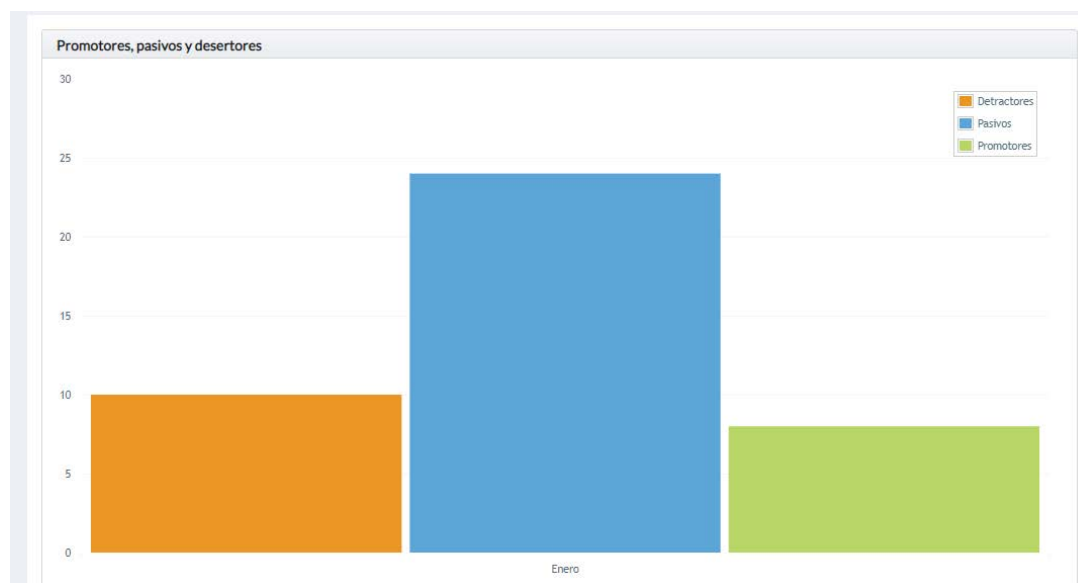
\* Es necesario contactarse con el cliente para aplicar campaña de fidelización

**Figura 36.** Datos del cliente y mensaje de aviso para campaña de fidelización

En el reporte 2, que evalúa en general a todos los clientes, se agregó un filtro para consultar por fechas la evaluación de la satisfacción de clientes.



**Figura 37.** Pantalla principal reporte 2



**Figura 38.** Resultados de la evaluación dentro del periodo

En el reporte 3, en el que se evalúa a los detractores, de igual manera se agregó un filtro para consultar dentro de un periodo seleccionado y además se pintaron las filas de los clientes



que tienen muy buen buró de crédito. De color rojo son los clientes prioritarios, que tienen que ser retenidos totalmente por la empresa y de color amarillo los clientes que no son tan prioritarios, pero sería una buena opción retenerlos.

Reporte 3 - Evaluación de clientes detractores

Detractores: Si desea consultar todos los valores no seleccione un periodo

Fecha inicio: 01-01-2018

Fecha fin: 03-01-2018

Nombre	CI	Perfil	Edad	Buró	Teléfono
VINUEZA AIDA MARIA	202026753	Inmigrante Digital	48	Restricción Media	0992319917
VALENCIA NARCISA DE JESUS	9925302510	Nativo/a Digital	31	Restricción Alta	0992455066
ALVARADO LUIS GIOVANNI	1714047188	Análogo	64	AAA	0984547467
SALAZAR SILVIA CAROLINA	1716438211	Inmigrante Digital	45	Restricción Baja	0998928626
TAMAYO JENNIFER PATRICIA	1718002791	Análogo	54	Restricción Baja	0996730427
GONZALEZ RAFAEL ANDRES	1716958937	Análogo	63	Restricción Baja	0984595922
ORTEGA FRANCISCO GERMAN	1709975328	Nativo/a Digital	34	Restricción Media	0996465366
ARTEAGA ANGELA AMALIA	1704589900	Análogo	50	AA	0992933583
JIMENA SANCHEZ	1700000000	Análogo	45	Restricción Alta	0990000000

**Figura 39.** Pantalla principal reporte 3

### 3.6. Prueba de casos

Para realizar pruebas de funcionalidad del sistema se utilizó la técnica de “pruebas de caja negra”, donde la estructura de desarrollo o detalles de su implementación no se tomará en cuenta.

Esta técnica nos permite realizar un enfoque en las entradas y salidas que tiene nuestro sistema, para tener una idea clara de cómo realizarlo tomamos en cuenta los requerimientos y especificaciones funcionales que fueron definidos con personal de la empresa.

Dentro de las pruebas de caja negra, existen técnicas para su desarrollo que se mencionan a continuación:

- **Partición de equivalencias:** se realiza una clasificación de las entradas de datos que se pueda procesar de la misma manera.
- **Análisis de valores borde:** se realiza un análisis del comportamiento de sistema con el objetivo de encontrar errores o posibles fallas.
- **Tablas de decisión:** se identifica que especificaciones se van a realizar, y se procede a crear la tabla con las condiciones de entrada y su acción.
- **Transición entre estados:** se realiza una tabla de estados con las entradas, nos permite identificar transacciones erróneas.
- **Pruebas de historias de usuario:** una vez detectada la funcionalidad implementada se realizará su prueba y se validará con los criterios de aprobación.

## CAPÍTULO IV

### EVALUACIÓN Y PRUEBAS

Para validar los resultados, se realizó una reunión con profesionales de la empresa Plugthem, para coordinar las pruebas que se describen en el presente capítulo.

#### 4.1. Evaluación y pruebas

Para el desarrollo de las pruebas se primero se realizó el ingreso de datos obtenidos de encuestas anteriores. A inicios de diciembre de 2018 se ingresaron alrededor de 1000 registros, los cuales fueron el insumo para los análisis.

##### 4.1.1. Pruebas unitarias

###### 4.1.1.1. Ingreso al sistema

**Tabla 5**

*Pruebas de ingreso al sistema*

Entrada	Salida esperada
Ingresar mediante el link proporcionado	La aplicación web se carga correctamente
Ingresar el usuario asignado	Se muestra en pantalla el usuario escrito
Ingresar la contraseña asignada	Se muestran los caracteres ocultos de la contraseña escrita
Presionar el botón “Login”	Se realiza la validación de los datos ingresados

Cuando el usuario ingresa a la aplicación, se muestra un formulario en el que debe ingresar su usuario y contraseña asignados, al presionar el botón “Login” se realizará la validación de los datos ingresados. Si la validación es correcta se mostrará el inicio de la aplicación, caso contrario, se mostrará una interfaz indicando el error que se ha suscitado.

#### 4.1.1.2. Inicio de la aplicación

**Tabla 6**

*Pruebas de inicio de la aplicación*

Entrada	Salida esperada
Ingreso correcto al sistema	Interfaz principal con datos informativos
Ingreso incorrecto al sistema	Interfaz de error de la aplicación

Cuando se ha realizado la validación correcta del usuario, se muestra la interfaz informativa de la aplicación en la que se encuentran datos informativos tales como:

- Concepto de NPS y Satisfacción
- Cantidad total de registros ingresados
- Promedio de NPS del total de clientes
- Cantidad de promotores, pasivos y detractores
- Porcentaje de satisfacción de los clientes
- Preferencia de marca de los clientes
- Datos de contacto con los administradores del sistema

#### 4.1.1.3. Menú de opciones

**Tabla 7**

*Pruebas de menú de opciones*

Entrada	Salida esperada
Ingreso como administrador del sistema	Se muestran todos los menús de la aplicación
Ingreso como usuario estándar	Se muestran solamente los reportes del sistema

Cuando el usuario tiene el perfil de administrador del sistema se muestran los menús de:

- Página de inicio
- Gestión de usuarios
- Reporte 1: Evaluación individual del cliente
- Reporte 2: Evaluación total de clientes
- Reporte 3: Evaluación de detractores.

Mientras que el usuario estándar del sistema tendrá las mismas interfaces que el administrador, exceptuando la gestión de usuarios.

#### 4.1.1.4. Gestión de usuarios

**Tabla 8**

*Pruebas de gestión de usuarios*

Entrada	Salida esperada
Ingreso de usuario, contraseña y perfil	Registro correcto del usuario
Modificación de contraseña o perfil	Modificación correcta de los datos
Eliminación de usuario	Eliminación satisfactoria del usuario

El administrador del sistema podrá crear, modificar y eliminar usuarios según sea el requerimiento.

- Para la creación de usuarios es necesario ingresar el nombre de usuario, contraseña y perfil que ocupará dicho usuario.

- Para la modificación de usuarios, es necesario seleccionarlo de la lista que se encuentra en la parte inferior y editar los datos de contraseña o perfil.
- Para la eliminación de usuario, se presionará el botón de eliminar usuario y se acepta la confirmación de eliminación de dicho usuario, con lo cual el usuario no podrá ingresar al sistema.

#### 4.1.1.5. Reporte 1: Evaluación individual de clientes

**Tabla 9**

*Pruebas de reporte 1*

Entrada	Salida esperada
Ingreso del número de cedula del cliente	Se desplegará la información del cliente

Al ingresar al reporte 1, en el cual se evalúa individualmente a los clientes, es necesario ingresar su número de cédula para buscarlo en el sistema. Si no se encuentran los resultados del cliente, se desplegará un mensaje que indica que el cliente ingresado no se encuentra en la base de datos. Caso contrario se mostrarán los datos registrados del cliente, tales como:

- Nombre
- Perfil, según la edad
- NPS, según los datos registrados en la encuesta
- Buró de crédito, según la central de riesgos
- Mensaje informativo que indica si es necesario realizar o no una campaña de fidelización del cliente.

- Diagrama de pastel en el que se muestra la manera en la que se construye el NPS de acuerdo con las respuestas obtenidas y categorizadas en calidad de servicio, atención al cliente y número de reclamos.

#### 4.1.1.6. Reporte 2: Evaluación total de clientes

**Tabla 10**

*Pruebas de reporte 2*

Entrada	Salida esperada
Se ingresa el periodo para la evaluación	Se muestran los datos solamente dentro del periodo ingresado
No se ingresa el periodo para la evaluación	Se muestran todos los datos registrados en la base de datos

Cuando ingresamos en el reporte 2, el cual evalúa a todos los clientes en general, se puede o no, ingresar un periodo para la consulta. Cuando no se ingresa el periodo, se realiza la evaluación de todos los datos registrados en la base de datos. Pero si se ingresa el periodo, se realiza una evaluación solamente de los datos dentro del periodo seleccionado.

Para ambos casos siempre se va a mostrar:

- Lista de clientes incluyendo nombres, números de cédula, perfil y NPS
- Diagrama de barras con la cantidad por mes de promotores, pasivos y detractores
- Promedio de NPS dentro del periodo

#### 4.1.1.7. Reporte 3: Evaluación de clientes detractores

**Tabla 11**

*Pruebas de reporte 3*

Entrada	Salida esperada
Se ingresa el periodo para la evaluación	Se muestran los datos solamente dentro del periodo ingresado
No se ingresa el periodo para la evaluación	Se muestran todos los datos registrados en la base de datos

En el reporte 3 se realizará el análisis de los clientes que pueden ser posibles detractores para poder aplicar una campaña de fidelización cuando sea necesario.

Una vez seleccionado el periodo para la consulta, se muestra una lista de clientes, en la cual la fila estará pintada de color amarillo el cliente que no sea tan prioritario para aplicar la campaña de fidelización y en color rojo el cliente que sea muy prioritario para aplicar la campaña de fidelización. Además, se mostrarán los campos:

- Nombre, cédula, perfil, edad, teléfono y buró de crédito
- Histograma con el promedio de NPS de los detractores dentro del periodo seleccionado.

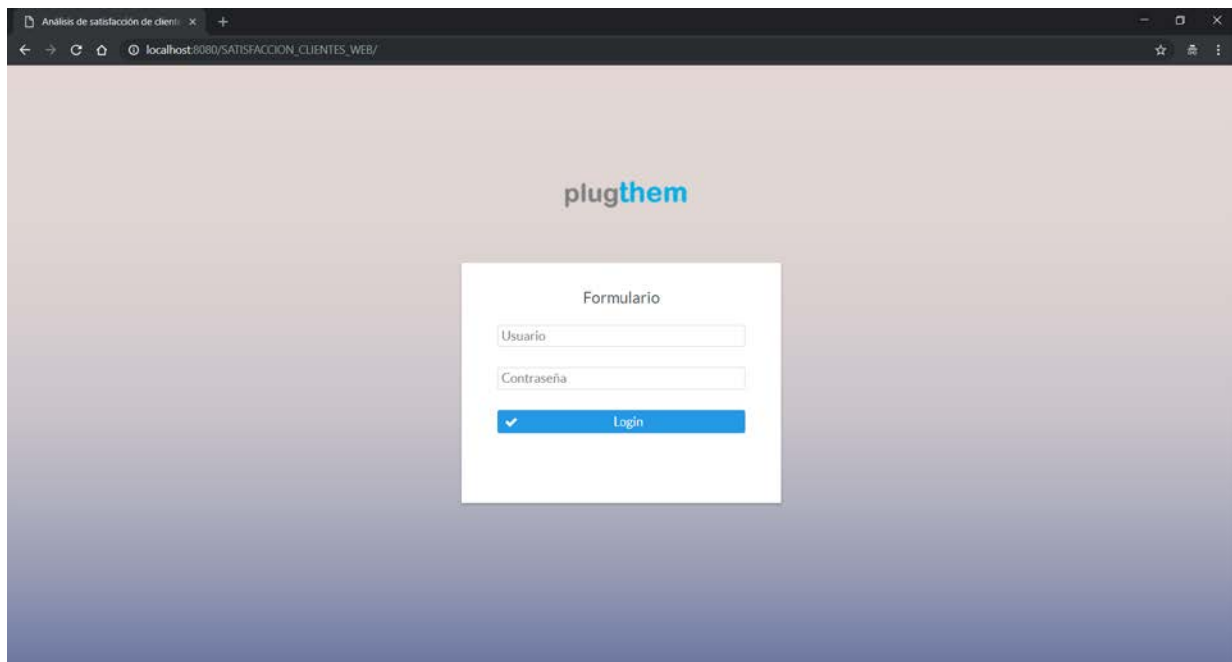
Después de finalizar las pruebas iniciales, a mediados de diciembre de 2018 se logró el ingreso de 2000 registros. Y, a inicios del año 2019, se ingresaron 3000 registros más con lo cual se validó que los datos eran correctos y se medía de la manera correcta la satisfacción.



## 4.2. Resultados

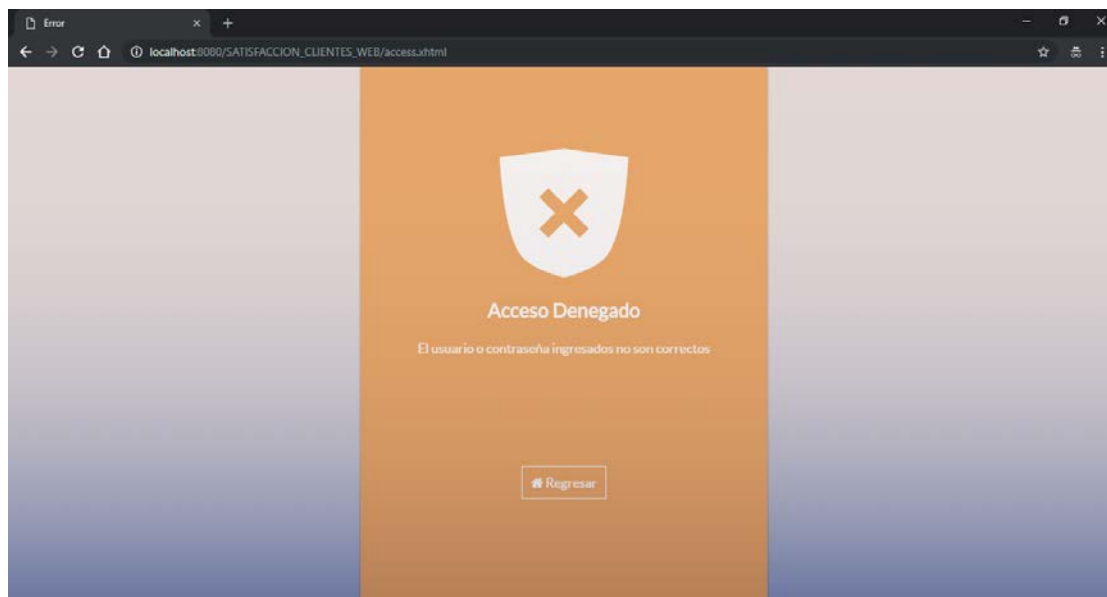
### 4.2.1. Resultados de prueba Ingreso al sistema e inicio de la aplicación

El acceso al sistema se lo realiza mediante el link [http://localhost:8080/SATISFACCION\\_CLIENTES\\_WEB/](http://localhost:8080/SATISFACCION_CLIENTES_WEB/), tal como se muestra en la Figura 40.



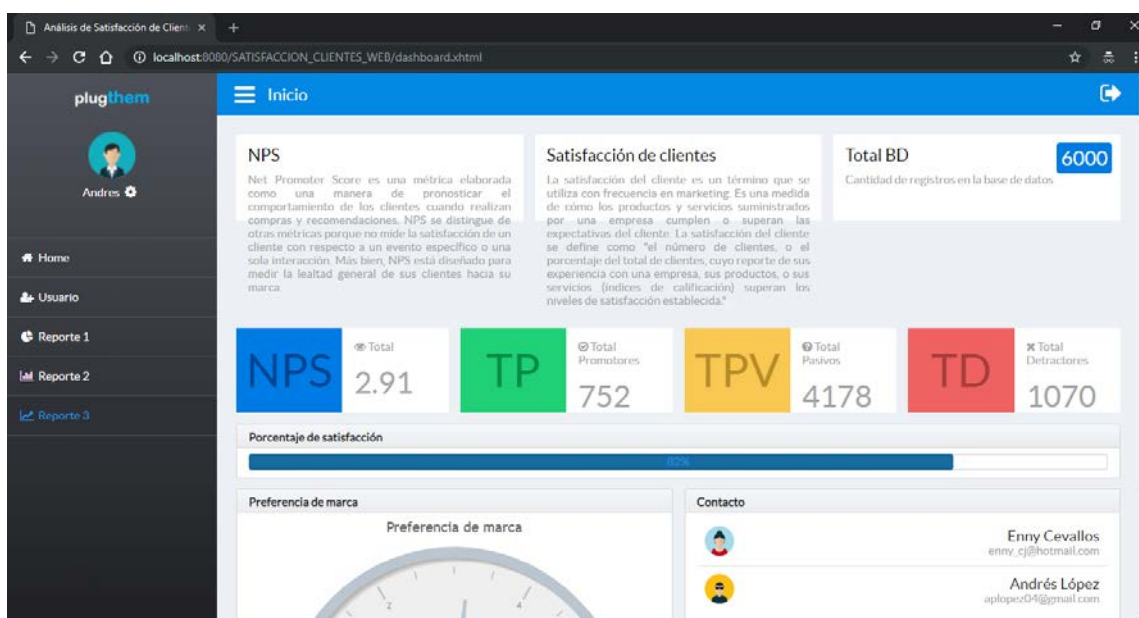
**Figura 40.** Acceso mediante el link proporcionado

Si se registran datos incorrectos en usuario y/o contraseña se muestra la siguiente interfaz con su respectivo mensaje.



**Figura 41.** Acceso con datos erróneos.

Posterior a esto, se realizó la prueba ingresando los datos de usuario y contraseña correctos. Ante esto se redirigió correctamente a la página de inicio de la aplicación. Y se mostraron los datos informativos descritos en la sección 4.1.1.2. Inicio de la aplicación.

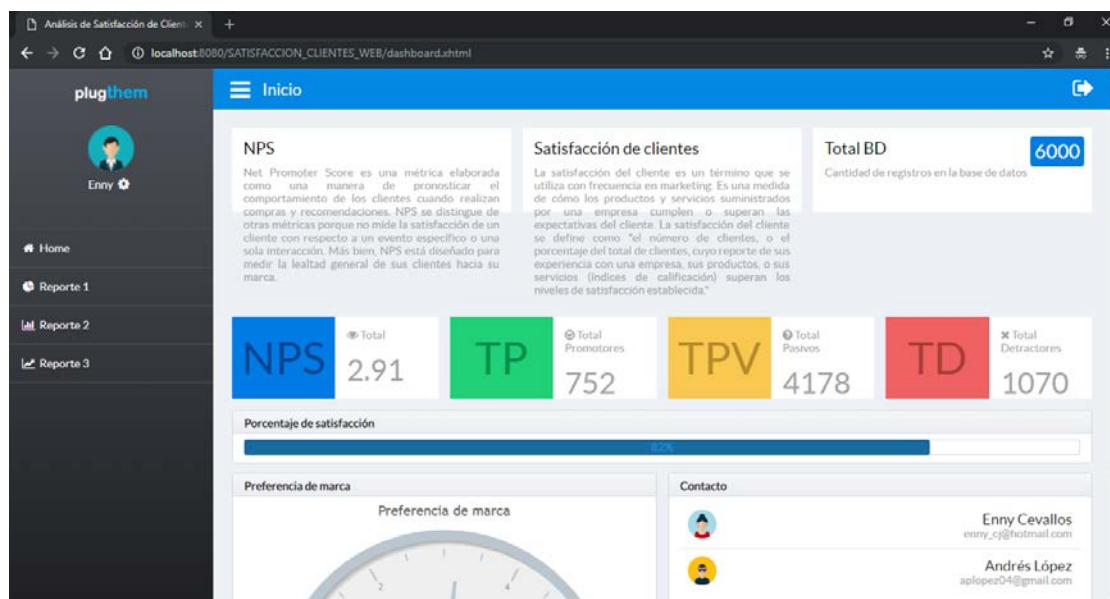


**Figura 42.** Acceso con datos correctos

## 4.2.2. Resultados de prueba menú de opciones

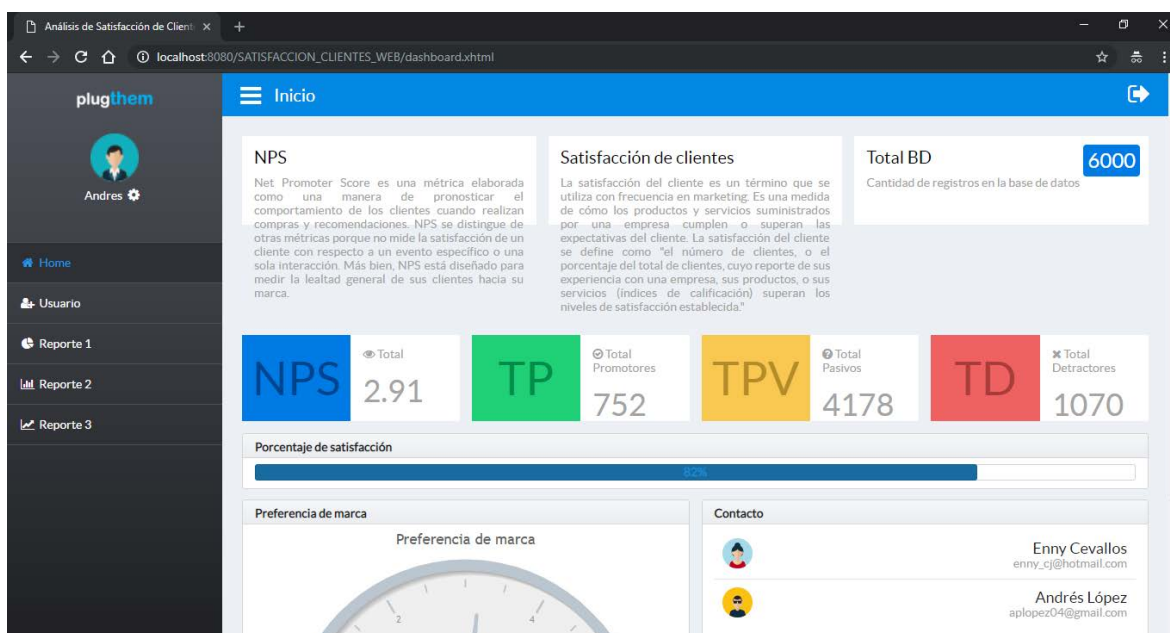
Para esta prueba se utilizó un usuario con perfil estándar, con lo cual solamente se muestran los menús (ver Figura 43):

- Inicio
- Reporte 1
- Reporte 2
- Reporte 3



**Figura 43.** Acceso con usuario estándar

Para validar que cuando se ingresa como usuario con perfil de administrador se permite, además, la gestión de usuarios se ingresó con el usuario de Andrés López.



**Figura 44.** Acceso con usuario administrador

### 4.2.3. Resultados de prueba gestión de usuarios

Para la prueba de gestión de usuarios, en el módulo de Gestión de usuarios se creó un usuario con perfil estándar, se modificó su contraseña y después se eliminó el mismo.

The screenshot shows a form titled 'Usuario' with the following fields and values:

- Usuario:** Jose
- Contraseña:** espe
- Perfil:** Usuario

At the bottom of the form, there are two buttons: 'Guardar' (with a checkmark icon) and 'Cancelar' (with an 'x' icon).

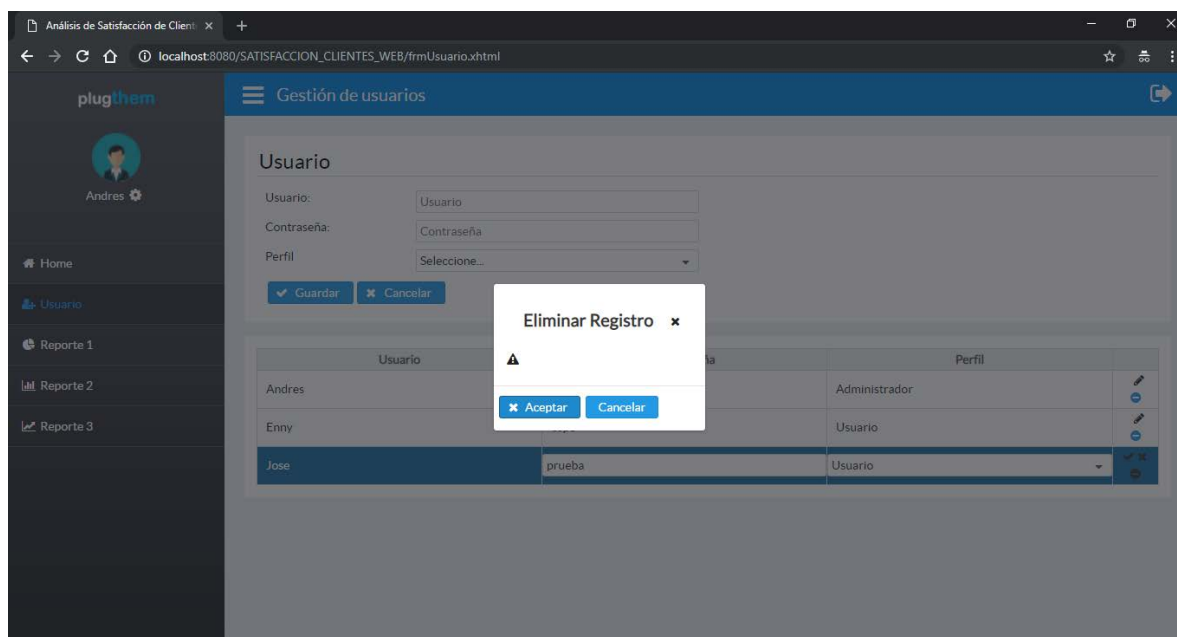
**Figura 45.** Creación de usuario

Usuario	Contraseña	Perfil	
Andres	espe	Administrador	
Enny	espe	Usuario	
Jose	espe	Usuario	





**Figura 46.** Usuario creado correctamente

Usuario	Contraseña	Perfil	
Andres	espe	Administrador	
Enny	espe	Usuario	
Jose	prueba	Usuario	 

**Figura 47.** Edición de contraseña



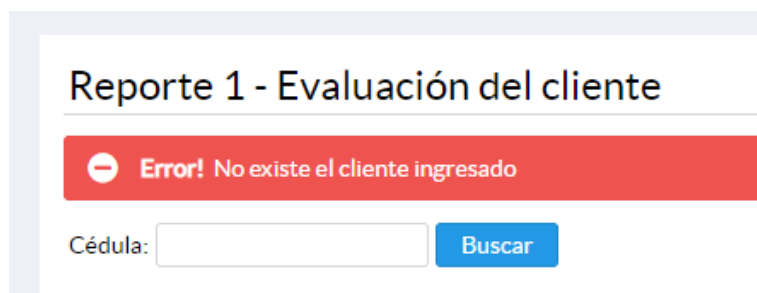
The screenshot shows a web browser window with the URL `localhost:8080/SATISFACCION_CLIENTES_WEB/frnUsuario.xhtml`. The page title is "Gestión de usuarios". On the left, there is a sidebar with the "plughem" logo and a user profile for "Andres". The main content area shows a form for adding a user with fields for "Usuario", "Contraseña", and "Perfil". Below the form is a table of existing users. A modal dialog titled "Eliminar Registro" is open, displaying a warning icon and the text "Eliminar Registro". The dialog has "Aceptar" and "Cancelar" buttons. The table in the background shows the following data:

Usuario	Contraseña	Perfil	
Andres	espe	Administrador	
Enny	espe	Usuario	
Jose	prueba	Usuario	 

**Figura 48.** Confirmación de eliminación de usuario

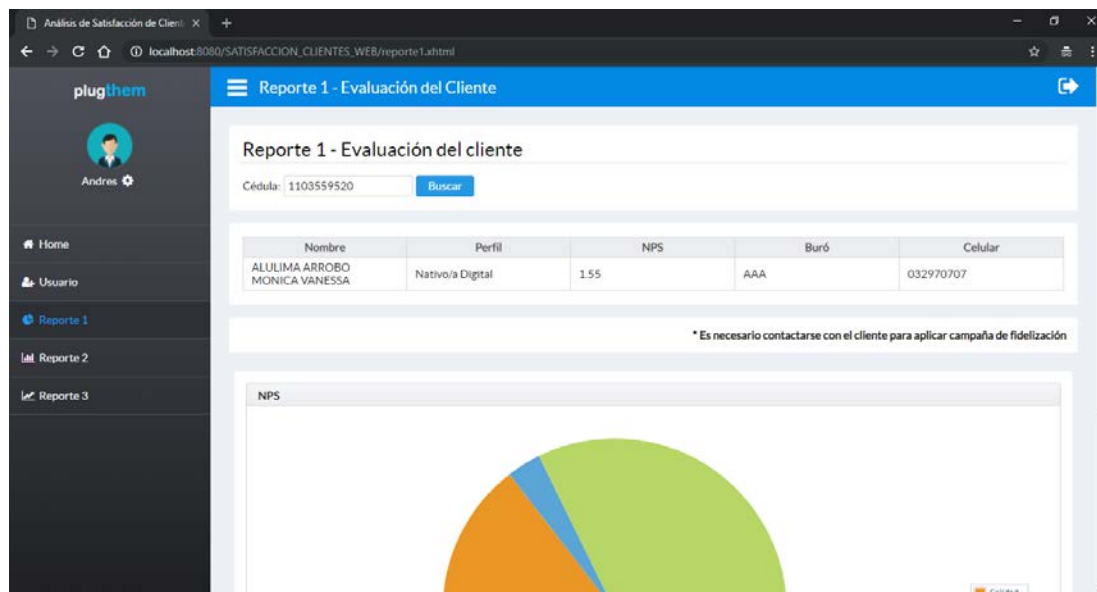
#### 4.2.4. Resultados pruebas reporte 1

En el módulo de Reporte 1: Evaluación individual de clientes para las pruebas del reporte 1, se ingresó el número de cédula de un cliente que no se encontraba registrado en la base de datos y se mostró correctamente el error.



**Figura 49.** Mensaje de error reporte 1

Por otro lado, cuando se ingresa un número de cédula correcto, se muestran los datos ingresados del cliente.



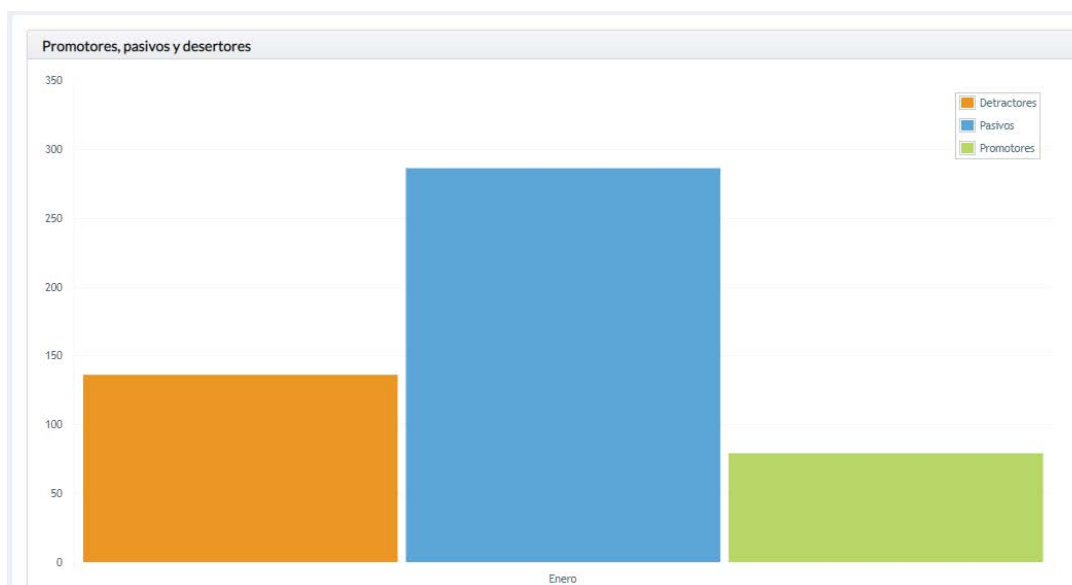
**Figura 50.** Datos correctos reporte 1

#### 4.2.5. Resultados pruebas reporte 2

De acuerdo con el módulo Reporte 2: Evaluación total de clientes para las pruebas en este reporte se puede ingresar o no los datos del periodo, para la primera prueba se realizó ingresando un periodo determinado para evaluar los resultados.

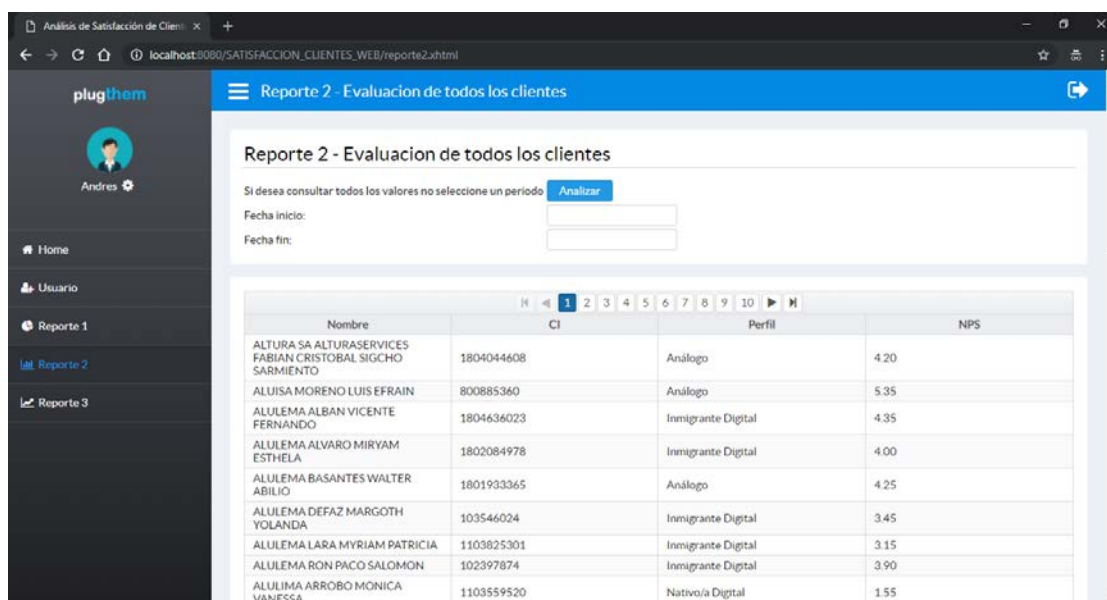
Nombre	CI	Perfil	NPS
PEREZ VICENTE ARMANDO	1709413957	Nativo/a Digital	1.05
RODRIGUEZ BERTHA GEORGINA	1708493752	Análogo	3.60
VILLAGRAN LEONARDO RAMIRO	1709218992	Inmigrante Digital	3.60
CACHIMUEL GLORIA SUSANA	1715047583	Nativo/a Digital	2.60
CARVAJAL MARCOS AUGUSTIN	201111473	Nativo/a Digital	2.10
ALCIVAR JOSE BERNARDO	1801273382	Nativo/a Digital	2.65
BALSECA ROSA VICTORIA	1710163062	Análogo	1.30
BOLAÑOS WILMER OSWALDO	1711379634	Análogo	2.65
CHAVARRIA WILIAN RENAN	1717751380	Análogo	2.55
CORDERO ROSANA	501516074	Análogo	2.30

**Figura 51.** Lista clientes dentro del periodo determinado



**Figura 52.** Cantidad de detractores, pasivos y promotores dentro del periodo

Para realizar la siguiente prueba, dejamos vacío el periodo, para evaluar toda la base de datos ingresada.



Reporte 2 - Evaluación de todos los clientes

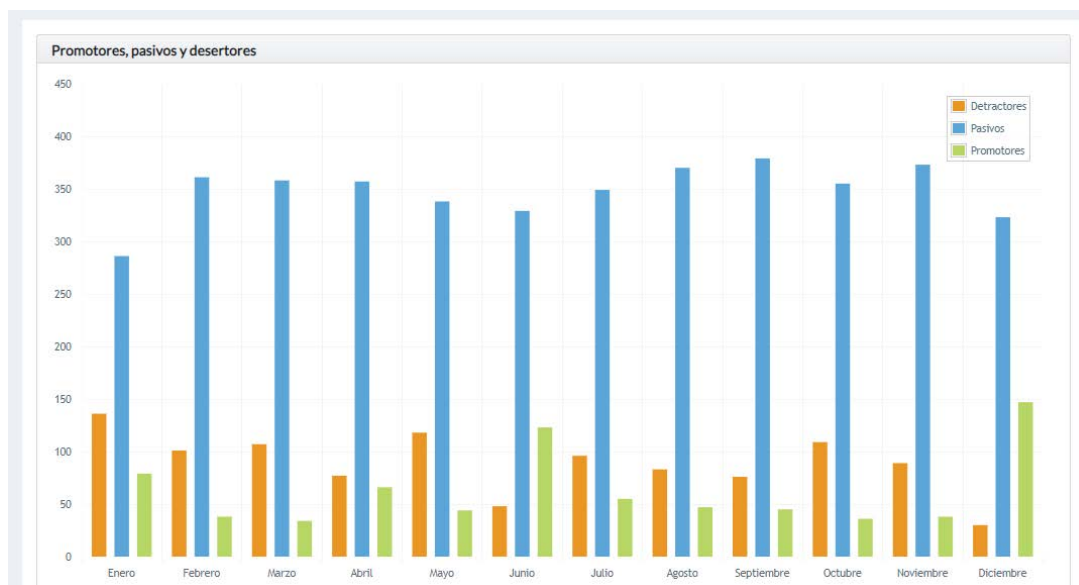
Si desea consultar todos los valores no seleccione un periodo [Analizar](#)

Fecha inicio:

Fecha fin:

Nombre	CI	Perfil	NPS
ALTURA SA ALTURASERVICES FABIAN CRISTOBAL SIGCHO SARMIENTO	1804044608	Análogo	4.20
ALUISA MORENO LUIS EFRAIN	800885360	Análogo	5.35
ALULEMA ALBAN VICENTE FERNANDO	1804636023	Inmigrante Digital	4.35
ALULEMA ALVARO MIRYAM ESTHELA	1802084978	Inmigrante Digital	4.00
ALULEMA BASANTES WALTER ABILIO	1801933365	Análogo	4.25
ALULEMA DEFAZ MARGOTH YOLANDA	103546024	Inmigrante Digital	3.45
ALULEMA LARA MYRIAM PATRICIA	1103825301	Inmigrante Digital	3.15
ALULEMA RON PACO SALOMÓN	102397874	Inmigrante Digital	3.90
ALULIMA ARROBO MONICA VANESSA	1103559520	Nativo/a Digital	1.55

**Figura 53.** Lista de todos los clientes ingresados



**Figura 54.** Cantidad total de detractores, pasivos y promotores



### 4.2.6. Resultados pruebas reporte 3

Para las pruebas del reporte 3, seguimos las indicaciones del módulo Reporte 3: Evaluación de clientes detractores, en la cual se ingresó en primer lugar el periodo requerido para la evaluación, además se puede notar que existen 2 clientes que aplican para una campaña de fidelización

Nombre	CI	Perfil	Edad	Buró	Teléfono
PEREZ VICENTE ARMANDO	1709413957	Nativo/a Digital	21	A	0992740722
BALSECA ROSA VICTORIA	1710163062	Análogo	58	AA	0998504962
ESPINOSA EDWIN BOLIVAR	1710285972	Inmigrante Digital	37	A	0995228307
LARA ROSA ELENA	1706549563	Nativo/a Digital	28	Restricción Alta	0969459260
MORALES JACQUELINE GUADALUPE	1702402109	Inmigrante Digital	45	Restricción Baja	0995882632
VINUEZA AIDA MARIA	202026753	Inmigrante Digital	48	Restricción Media	0992319917
YANEZ MARTHA LUCILA	1708049828	Inmigrante Digital	37	AAA	0991328090
YEPEZ JUAN ELIAS	500980743	Nativo/a Digital	18	Restricción Media	0985190318
MATAMOROS MANUEL FERNANDO	1801255421	Análogo	59	Restricción Alta	0995906033

**Figura 55.** Lista de detractores en el periodo determinado

La siguiente prueba que se hizo fue evitar seleccionar el periodo para que se muestren todos los datos de la base de datos, en la cual de igual manera se mostraron los clientes que aplican para fidelización.

Análisis de Satisfacción de Clientes x +

localhost:8080/SATISFACCION\_CLIENTES\_WEB/reporte3.xhtml

plugthem

Reporte 3 - Evaluación de clientes desertores y pasivos

Reporte 3 - Evaluación de clientes detractores

**Detractores** Si desea consultar todos los valores no seleccione un periodo

Fecha inicio:

Fecha fin:

Nombre	CI	Perfil	Edad	Buró	Teléfono
ALULIMA ARROBO MONICA VANESSA	1103559520	Nativo/a Digital	27	AAA	032970707
ALVARADO ESTACIO MARIA ELENA	1804090742	Inmigrante Digital	37	AAA	0983436527
ALVARADO GAVILANEZ GRACE PATRICIA	1721090361	Inmigrante Digital	43	Restricción Alta	0984170415
ALVARADO LUCAS JOMNY EDUARDO .	601228331	Análogo	65	A	0961188027
ALVARADO SANCHEZ EDWIN LENIN	1103752240	Nativo/a Digital	25	Restricción Media	0984208821
ALVARADO SANCHEZ JACINTO LISTON .	300437894	Análogo	56	AAA	0979963352
ALVARADO TAPIA JENNY MARITZA	1104353097	Nativo/a Digital	29	AAA	0969031071
ALVAREZ ALVAREZ MADRUGA INEF	1100006491	Inmigrante Digital	46	Restricción Alta	0991763718

**Figura 56.** Lista de todos los detractores en la base de datos

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Al realizar una revisión inicial de literatura, se pudo constatar que existen pocos sistemas que utilizan Lógica Difusa para realizar análisis de preferencias de clientes, la mayoría se basan en otras técnicas de Inteligencia Artificial, tales como búsqueda, clasificación o redes neuronales.

Gracias a las reuniones realizadas con el personal de la empresa Plugthem se lograron definir los indicadores que más influyen en la evaluación de la satisfacción de clientes, y además se pudo conocer que CONATEL como entidad reguladora de los servicios de telecomunicaciones solicita a las empresas que se emita un informe semestral acerca de la satisfacción de sus clientes.

Utilizando los indicadores definidos con el personal de la empresa Plugthem se diseñó la base de datos para almacenar los datos obtenidos de las encuestas.

También se crearon las reglas de inferencia, en base a los parámetros establecidos por el profesional especialista logramos conocer el nivel de satisfacción de los clientes.

Se desarrolló una aplicación usando la herramienta XFuzzy, para diseñar la base de conocimiento y motor de inferencia para evaluar las preferencias de los clientes utilizando Lógica Difusa.

Utilizando JSF se diseñó la interfaz web que permite visualizar de manera intuitiva los datos analizados, ayudando a emitir reportes para conocer el estado de satisfacción de los clientes de la empresa.

Al finalizar el desarrollo y pruebas locales de la aplicación, se concretó una reunión con el personal responsable de este proyecto en la empresa Plugthem con el fin de validar la aplicación y realizar las pruebas necesarias junto con los usuarios. Con estas pruebas se pudo evidenciar que los resultados que genera la aplicación son los correctos.

Mediante el desarrollo del sistema basado en Lógica Difusa, se lograron cumplir los objetivos del presente trabajo, es decir, si se logró realizar el análisis de preferencias y satisfacción de los clientes de la empresa Plugthem. Dicha empresa dispone ahora de una aplicación que permite determinar los clientes que requieren una campaña de fidelización y establecer mejoras en sus servicios.

## **5.2. Recomendaciones**

Después de realizar este proyecto, vemos la importancia de implementar en la malla curricular la asignatura de Lógica Difusa o que se profundice más en alguna asignatura de la carrera

La Lógica Difusa es un tema actual al que todavía se lo puede explotar y realizar varios proyectos prácticos y útiles, que permiten resolver problemas complejos, reales que tienen niveles de incertidumbre y subjetividad.

Se recomienda considerar también los temas relacionados con Sistemas Expertos Basados en Lógica Difusa, ya que se incursiona en otras áreas y permite que los conocimientos de los estudiantes crezcan, formando profesionales con conocimientos sólidos en diferentes campos.

Es recomendable que fomentar proyectos donde se incentiven a los estudiantes a incursionar en el área de Inteligencia Artificial, ya que se trata de sistemas que simulan el comportamiento humano.

Se recomienda a las autoridades responsables que organicen concursos internos en la universidad o en el departamento para que los estudiantes se incentiven en el desarrollo de herramientas utilizando Lógica Difusa.

Se recomienda también que, para el desarrollo de un sistema difuso, se debe contar con personas que sean expertos en el dominio del conocimiento al que se refiere el tema de desarrollo, a fin de que sean la guía de los desarrolladores y lograr la creación de un sistema libre de fallos. Además, es importante que antes de empezar el desarrollo se realice un análisis previo y claro de lo que se pretende elaborar para solventar las necesidades empresariales y ofrecer mejores productos a los usuarios.

### **5.3. Líneas de trabajo futuro**

Al presente trabajo realizado se pueden añadir más indicadores que permitan realizar un análisis completo y profundo, incluso se podría realizar una integración para recoger datos directamente de la base de la empresa para tener información inmediata y el análisis en tiempo real.

Es importante recalcar que, al agregar nuevos indicadores, se deberá incrementar más reglas difusas, todo esto se realizará junto a los profesionales especialistas o expertos en el dominio del tema.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agüero, M., & Ballejos, L. (2017). *Dependency Management in the Cloud : An Efficient Proposal for Java*.
- Alcaide, J. C. (2010). *Fidelización de clientes*. ESIC Editorial. Retrieved from <https://books.google.com.ec/books?id=GYAO8Sbe63cC>
- Bárdossy, A., & Duckstein, L. (1995). *Fuzzy rule-based modeling with applications to geophysical, biological, and engineering systems* (Vol. 8). CRC press.
- Barr, A., Feigenbaum, E., & Roads, C. (1982). *The Handbook of Artificial Intelligence*, Volume 1. JSTOR.
- Chougule, R., Khare, V. R., & Pattada, K. (2013). A fuzzy logic based approach for modeling quality and reliability related customer satisfaction in the automotive domain. *Expert Systems with Applications*, 40(2), 800–810. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.08.032>
- Community, W. (2018). *JavaServer Faces*. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/JavaServer\\_Faces](https://en.wikipedia.org/wiki/JavaServer_Faces)
- CONATEL. (n.d.). *Reglamento para el servicio de telefonía móvil celular*. Retrieved from [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Doncel, A. D., & Vera, G. M. (2013). *Métricas del marketing*. ESIC Editorial. Retrieved from <https://books.google.com.ec/books?id=yt3HBAAAQBAJ>
- Driankov, D., Hellendoorn, H., & Reinfrank, M. (1996). An Introduction to Fuzzy Control. In *An Introduction to Fuzzy Control* (pp. 1–36). Springer.
- Fernando Sancho Caparrini. (2017). *Introducción a la Lógica Difusa - Fernando Sancho Caparrini*. Retrieved October 20, 2018, from <http://www.cs.us.es/~fsancho/?e=97>
- Hunt, H. K. (1982). A 10 based on expectations but normatively a 3.6371. In *Proceedings of the 7th Annual Conference on Consumer Satisfaction, Dissatisfaction and Complaining Behaviour* (pp. 130–131).

- Java EE 101 Using GlassFish 4 and NetBeans. (2014). Retrieved from <https://blogs.oracle.com/theaquarium/java-ee-101-using-glassfish-4-and-netbeans>
- Kiszka, J. B., Kochańska, M. E., & Sliwińska, D. S. (1985). The influence of some fuzzy implication operators on the accuracy of a fuzzy model -Part I & II. *Fuzzy Sets and Systems*, 15(2), 111–128.
- López-Guzmán, T., & Sánchez Cañizares, S. M. (2014). *Intangible capital. Intangible capital* (Vol. 10). Intangible Capital. Retrieved from <https://upcommons.upc.edu/handle/2099/14479>
- Miriam, G., Fernández, Q., Dante, V., & Nina, A. (2016). *Measuring Customer Satisfaction in Nonprofit Development Organizations*. Retrieved from <https://www.uv.mx/iiesca/files/2016/11/15CA201601.pdf>
- Moliner, B. (2004). *La formación de la satisfacción/insatisfacción del consumidor y del comportamiento de queja: aplicación al ámbito de los restaurantes*. Universitat de Valencia.
- MySQL. (2018). MySQL Home Page. Retrieved from <http://www.mysql.com/>
- Neslin, S. A., Gupta, S., Kamakura, W., Lu, J., & Mason, C. H. (2006). Defection Detection: Measuring and Understanding the Predictive Accuracy of Customer Churn Models. *Journal of Marketing Research*, 43(2), 204–211. <https://doi.org/10.1509/jmkr.43.2.204>
- Nhivekar, G. S., Nirmale, S. S., & Mudholkar, R. R. (2012). A Survey of Fuzzy Logic Tools for Fuzzy – based System Design. *International Conference in Recent Trends in Information Technology and Computer Science (ICRTITCS - 2012)*, 25–28.
- Oghojafor, B., Mesike, G., Bakarea, R., Omoera, C., & Adeleke, I. (2012). Discriminant Analysis of Factors Affecting Telecoms Customer Churn. *International Journal of Business Administration*, 3(2), 59–67. <https://doi.org/10.5430/ijba.v3n2p59>
- Olmo Castillo, M. Á. (2008). T. I. Lógica Borrosa:Cont-Funciones. Retrieved October 20, 2018, from [http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica\\_borrosa/web/tutorial\\_fuzzy/contenido3.html](http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica_borrosa/web/tutorial_fuzzy/contenido3.html)

- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1985). A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research. *Journal of Marketing*, 49(4), 41. <https://doi.org/10.2307/1251430>
- Primefaces. (2019). Primefaces Showcase. Retrieved from <https://www.primefaces.org/showcase/>
- Rodríguez, M., & Huertas, Y. (n.d.). Metodología para el Diseño de Conjuntos Difusos Tipo-2 a partir de Opiniones de Expertos Methodology for Designing Type-2 Fuzzy sets from Experts Opinions. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.reving.2016.2.a01>
- Sánchez Solano, S., Moreno Velo, F. J., López, D., Baturone Castillo, I., & Barriga Barros, Á. (2018). Xfuzzy\_team. Retrieved October 20, 2018, from <http://www2.imse-cnm.csic.es/Xfuzzy/xfteam.html>
- Sanjay Krishnankutty, A. (2015). eMathTeacher: método de Mamdani de inferencia borrosa. Retrieved October 24, 2018, from [http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica\\_borrosa/web/fuzzy\\_inferencia/main.htm](http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/logica_borrosa/web/fuzzy_inferencia/main.htm)
- Sara Vitti. (2017). NPS: su origen y utilidad. Retrieved January 23, 2019, from <https://www.e-encuesta.com/en/nps-su-origen-y-utilidad/>
- Shapiro, S. C. (1992). *Encyclopedia of artificial intelligence second edition*. John.
- Velázquez, B. M., Contrí, G. B., & Saura, I. G. (2001). La importancia de la performance y las expectativas en la formación de la satisfacción del consumidor. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de La Empresa*, 7(3), 155–172.
- Wirtz, J. (1994). Consumer Satisfaction With Services: Integrating Recent Perspectives in Services Marketing With the Traditional Satisfaction Model. *ACR Asia-Pacific Advances*, AP-01. Retrieved from <http://www.acrwebsite.org/search/view-conference-proceedings.aspx?Id=11196>
- XFuzzy. (2001). Fuzzy Logic Design Tools. Retrieved November 15, 2018, from [http://www2.imse-cnm.csic.es/Xfuzzy/Xfuzzy\\_2.1/xfovview\\_.htm](http://www2.imse-cnm.csic.es/Xfuzzy/Xfuzzy_2.1/xfovview_.htm)



Zadeh, L. A., & Kong, H. (2004). *Fuzzy Logic Systems: Origin, concepts, and trends*. Retrieved from <https://wi-consortium.org/wicweb/pdf/Zadeh.pdf>