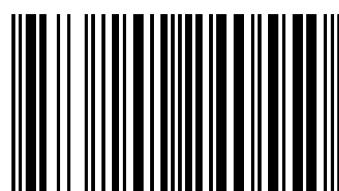


## **Modelo de Interacción basado en Agentes BDI con Percepciones Difusas**

El modelo de interacción hace uso de agentes con percepciones difusas que tratan la incertidumbre y la imprecisión emergente, con el fin de aprender el comportamiento de las personas y controlar el ambiente pervasivo adecuándolo a las preferencias de las mismas, así mismo el modelo permite tener una interacción más eficiente minimizando errores, incrementando la satisfacción, disminuyendo la frustración y en definitiva, hace más productivas las tareas que rodean a las personas.

El Dr. Ricardo Rosales es Profesor en la Universidad Autónoma de Baja California en México. Sus áreas de interés son Complejidad, Gestión de la Innovación y el conocimiento, Innovación Educativa, Sistemas Multi-agente e Interacción Humano Computadora. Realiza investigaciones multidisciplinarias creando modelos de innovación.

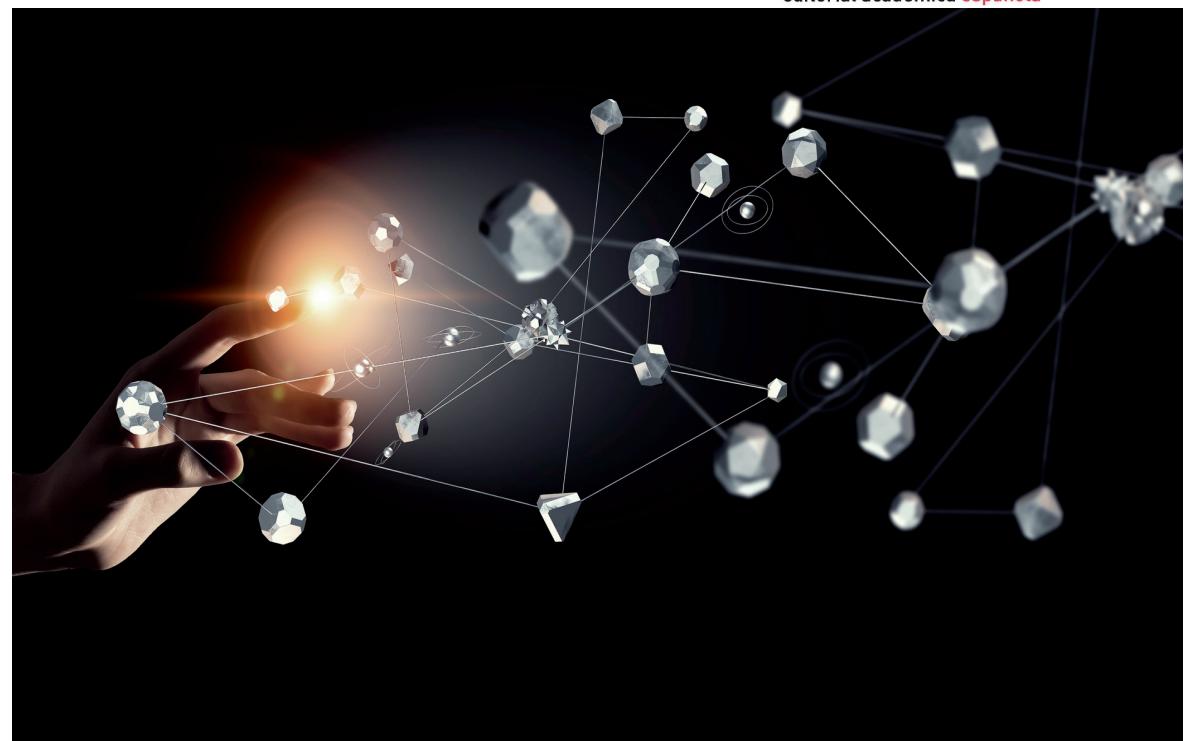


978-620-2-24055-0

editorial académica española

Modelo de Interacción con Agentes BDI

**ead**  
editorial académica española



Ricardo Rosales · Manuel Castañón Puga · Felipe Lara Rosano

# **Modelo de Interacción basado en Agentes BDI con Percepciones Difusas**

Utilizando Lógica Difusa y Sistemas  
Pervasivos

**Ricardo Rosales**

**Manuel Castañón Puga**

**Felipe Lara Rosano**

# **Modelo de Interacción basado en Agentes BDI con Percepciones Difusas**

**Utilizando Lógica Difusa y Sistemas Pervasivos**

**Editorial Académica Española**

## **Imprint**

Any brand names and product names mentioned in this book are subject to trademark, brand or patent protection and are trademarks or registered trademarks of their respective holders. The use of brand names, product names, common names, trade names, product descriptions etc. even without a particular marking in this work is in no way to be construed to mean that such names may be regarded as unrestricted in respect of trademark and brand protection legislation and could thus be used by anyone.

Cover image: [www.ingimage.com](http://www.ingimage.com)

Publisher:

**Editorial Académica Española**

is a trademark of

International Book Market Service Ltd., member of OmniScriptum Publishing

Group

17 Meldrum Street, Beau Bassin 71504, Mauritius

Printed at: see last page

**ISBN: 978-620-2-24055-0**

Zugl. / Aprobado por: Tijuana, Universidad Autonoma de Baja California, Tesis  
Doctoral, 2014

Copyright © Ricardo Rosales, Manuel Castañón Puga, Felipe Lara Rosano

Copyright © 2017 International Book Market Service Ltd., member of

OmniScriptum Publishing Group

All rights reserved. Beau Bassin 2017

# **Modelo de Interacción basado en Agentes BDI con Percepciones Difusas**

*Autores:*

**RICARDO FERNANDO ROSALES CISNEROS**

**MANUEL CASTAÑON PUGA**

**FELIPE LARA ROSANO**

# Agradecimientos

Agradezco a todas aquellas personas y organizaciones que han contribuido a la realización de esta investigación, a mis profesores, amigos, familia, U.A.B.C., CONACYT y el Museo el Trompo, por todo su apoyo (académico, moral e institucional), por su tiempo y dedicación.

*Ricardo Fernando Rosales Cisneros      Manuel Castañon Puga      Felipe Lara Rosano*

# Resumen

En ambientes pervasivos (AP) existen una gran cantidad de entidades de software, hardware y personas en constante movimiento, cada uno con sus recursos y conocimientos limitados, por lo tanto existe la necesidad de interactuar entre ellos con el fin de lograr objetivos comunes y/o metas individuales o grupales, dentro de un contexto dinámico o específico. Para mejorar la interactividad entre estas entidades se propone un modelo de interacción que permite asociación, coordinación y adaptación de los elementos embebidos en el AP con el fin de extender la comprensión y capacidades de las personas al momento de interactuar con el ambiente, obteniendo servicios, datos y/o información adecuada e inclusive personalizada en base a su perfil, comportamiento, acciones y rendimiento. El modelo permite tener una interacción más eficiente minimizando errores, incrementando la satisfacción, disminuyendo la frustración y, en definitiva, hace más productivas las tareas que rodean a las personas. Adicionalmente el modelo de interacción hace uso de agentes con percepciones difusas que tratan la incertidumbre y la imprecisión presentada, con el fin de aprender el comportamiento de los usuarios y controlar el AP adecuándolo a las preferencias de los usuarios.

# **Abstract**

In pervasive environments (PA) there are many software entities, hardware entities and people constantly on motion, each one of them with its limited resources and knowledge, hence there exists the necessity to interact with each other to achieve common and/or individual objectives or group goals within a specific or dynamic context. In order to enhance interactivity between these entities, an interaction model is proposed allowing the partnership, coordination and adaptation of embedded elements in the AP in order to extend understanding and capabilities of people when interacting with the environment, obtaining services, data or proper information and even personalized information based on their profile, behavior, actions (activities) and performance. The model provides a more efficient interaction minimizing errors, increasing satisfaction, reducing frustration and definitely making productive tasks that surround people. Additionally the interaction model makes use of agents with fuzzy perceptions dealing with uncertainty and vagueness presented in order to learn the user behavior and control the AP adapting to user preferences.

# Índice general

<b>1. Introducción</b>	<b>13</b>
1.1. Viviendo en un mundo digital . . . . .	16
1.2. Antecedentes . . . . .	18
1.3. Justificación . . . . .	20
1.4. Planteamiento del problema . . . . .	21
1.5. Objetivo general . . . . .	23
1.6. Objetivos específicos . . . . .	24
1.7. Estructura del libro . . . . .	24
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>26</b>
2.1. Interacción humano-computadora . . . . .	27
2.2. Representación de interacción . . . . .	28
2.3. Cómo medir la interacción . . . . .	31
2.4. Niveles de interacción . . . . .	32
2.5. Minería de datos . . . . .	34

2.5.1.	Algoritmo de clusterización difuso C-Means para la minería de datos.	35
2.6.	Ambientes inteligentes . . . . .	35
2.6.1.	Percibiendo el ambiente del aprendizaje . . . . .	38
2.7.	Inteligencia computacional . . . . .	39
2.7.1.	Sistema de inferencia difuso . . . . .	40
2.8.	Modelado basado en agentes . . . . .	41
2.8.1.	Arquitectura de agentes BDI . . . . .	42
2.8.2.	Modelado multi-agente . . . . .	46
2.9.	Sistemas complejos . . . . .	51
2.9.1.	Sistema adaptativo . . . . .	52
2.10.	Ambientes pervasivos . . . . .	53
<b>3.</b>	<b>Caso de Estudio</b>	<b>54</b>
3.1.	Esquema de interacciones del museo interactivo . . . . .	56
3.2.	Representación del modelo de interacción adaptativo en museo interactivo . . . . .	58
3.3.	Análisis y monitoreo de usuarios en museo interactivo . . . . .	63
3.3.1.	Evaluación de la interacción del usuario . . . . .	64
3.3.2.	Evaluación de nivel de interacción y distancia del usuario . . . . .	67
<b>4.</b>	<b>Representación de niveles de interacción utilizando minería de datos y sistema de inferencia difuso tipo-2</b>	<b>69</b>
4.1.	Sistema de inferencia difuso propuesto . . . . .	70

## **ÍNDICE GENERAL**

**8**

4.1.1. Representación de los niveles de interacción utilizando un sistema de inferencia difuso . . . . .	71
4.1.2. Implementación del sistema de inferencia difuso . . . . .	76
<b>5. Modelando interacción en ambientes pervasivos usando percepciones difusas en agentes BDI</b>	<b>81</b>
5.1. Modelando el ambiente museo . . . . .	84
5.1.1. Formalización de elementos del ambiente museo . . . . .	86
5.1.2. Modelado del ambiente pervasivo . . . . .	91
<b>6. Modelado de una sociedad del conocimiento basada en agentes con conciencia de la situación</b>	<b>101</b>
6.1. Modelado multi-agente . . . . .	107
6.1.1. Descripción formal del sistema multi-agente . . . . .	111
6.1.2. Descripción formal de agente . . . . .	112
6.2. Modelado adaptativo . . . . .	114
6.2.1. Representación del modelado adaptativo . . . . .	114
6.3. Comportamiento de usuarios utilizando tecnología . . . . .	120
<b>7. Resultados</b>	<b>125</b>
7.1. Comparación de resultados del caso de estudio . . . . .	125
7.1.1. Enfoque de función lineal . . . . .	126
7.1.2. Enfoque del FIS empírico . . . . .	126

---

7.1.3. Enfoque de minado de datos FIS tipo-1 y FIS tipo-2 . . . . .	127
7.1.4. Resultados obtenidos con entradas nivel de interacción y distancia . . . . .	131
<b>8. Discusión y conclusiones</b>	<b>134</b>
<b>A. Prototipo</b>	<b>154</b>
A.1. Selección del lenguaje de programación . . . . .	154
A.1.1. Lenguaje Java . . . . .	155
A.1.2. Plataforma JADE . . . . .	155
A.2. Desarrollo del prototipo . . . . .	156
A.2.1. Elementos del prototipo . . . . .	158
A.2.2. Detalles del desarrollo del prototipo . . . . .	161
A.2.3. Resultados del desarrollo del prototipo . . . . .	162
<b>B. Encuesta en campo</b>	<b>164</b>

# Índice de figuras

2.1.	Sistema de inferencia difuso. . . . .	40
2.2.	Conjuntos difusos tipo-1 y conjuntos difusos tipo-2. . . . .	41
2.3.	Una arquitectura para agentes racionales. . . . .	45
2.4.	Perspectiva abstracta de alto nivel basado en su situacionalidad. . . . .	50
3.1.	Porcentaje de asistencia, edad, escolaridad y tipo de visitas de usuarios del museo interactivo el Trompo. . . . .	55
3.2.	Esquema de interacciones en museo interactivo. . . . .	57
3.3.	Modelo de interacción adaptativo en museo interactivo . . . . .	58
3.4.	Módulo de exhibición interactivo analizado. . . . .	64
3.5.	Promedio de parámetros de interacción. . . . .	65
3.6.	Porcentaje de género, recurrente y acompañado de 500 usuarios. . . . .	67
3.7.	Promedio de parámetros de interacción con nivel de interacción y distancia. . . . .	68
4.1.	Mapeo del ambiente. . . . .	76
4.2.	Reglas de entrada con su respectiva salida. . . . .	79

4.3. Niveles del universo difuso. . . . .	79
5.1. Ambiente pervasivo . . . . .	92
5.2. Agente BDI exhibición (dominio). . . . .	94
5.3. Comunicación entre los agentes. . . . .	96
5.4. Proceso de percepción difusa. . . . .	99
6.1. Componentes de interacción. . . . .	104
6.2. Representación gráfica de un SMA. . . . .	112
6.3. Representación gráfica de un agente. . . . .	113
6.4. Elementos del sistema adaptativo. . . . .	115
6.5. Relación del proceso: a) agente adaptador b) agente dominio y c) agente usuario.	116
6.6. Modelo de sistema adaptativo. . . . .	118
6.7. Esquema de interacciones entre las entidades (agentes) del modelo adaptativo.	119
7.1. Porcentaje de tipo de contenido interactivo. . . . .	133
A.1. Prototipo desarrollado . . . . .	163
B.1. Encuesta en campo con escala Likert aplicada. . . . .	166

# Índice de tablas

4.1. Reglas de Inferencia Difusa (Nivel de Interacción) . . . . .	78
5.1. Reglas de Inferencia Difusa (Tipo de Contenido Interactivo) . . . . .	98
5.2. Estado mental del agente exhibición (dominio). . . . .	100
7.1. Configuración de entradas y salidas del FIS empírico. . . . .	127
7.2. Configuración de entradas y salidas del minado de datos FIS tipo-1 . . . . .	128
7.3. Configuración de entradas y salidas del minado de datos FIS tipo-2 . . . . .	129
7.4. Comparación de los resultados del nivel de interacción entre los enfoques LF, EF, DMT1F y el DMT2F. . . . .	130
7.5. Configuración de entradas y salidas del minado de datos FIS tipo-2 con dos entradas y una salida. . . . .	132
7.6. Resultados del tipo de contenido interactivo utilizando el enfoque minado de datos FIS tipo-2 (DMT2F). . . . .	132

# Capítulo 1

## Introducción

La evolución de la ciencia computacional a la fecha es caracterizada por cinco tendencias, que son: ubicuidad, interconexión, inteligencia, orientación humano-computadora y delegación [1].

El significado de dos de estas tendencias inteligencia y delegación involucra el construir sistemas de computación que sean capaces de actuar en lugar de las personas, como la posibilidad de actuar primeramente independiente y la segunda, la habilidad de representar sus intereses de la mejor manera posible al interactuar con otras personas o sistemas.

La tendencia hacia la interconexión, distribución de sistemas de software y la necesidad de sistemas que buscan objetivos, implica el diseño de sistemas con capacidad de cooperar, negociar y llegar a acuerdos (o competir) con los sistemas o usuarios con intereses diferentes. La computación pervasiva, es un paradigma en el que la tecnología informática se convierte virtualmente invisible como resultado de ser integrada en nuestro entorno cotidiano. Estos Ambientes Pervasivos (AP) contienen dispositivos embebidos en red que pueden interactuar con los usuarios viviendo o trabajando con ellos. El reto, es como administrar y configurar los objetos basados en dispositivos y sistemas presentes, con estos entornos pervasivos de una

manera transparente y no intrusiva, sin que el usuario cognitivamente este sobrecargado para configurar manualmente los dispositivos para lograr una funcionalidad deseada. La visión de la inteligencia ambiental se introdujo para hacer frente a este reto. En esta visión los usuarios están facultados que a través de un entorno digital este consciente de la presencia y contexto, siendo sensible, adaptable y respondiendo a sus necesidades [2].

La tendencia de orientación humano-computadora, nos conlleva a reflexionar metáforas que reflejan como nosotros entendemos el mundo. Esta tendencia es evidente en cada forma en que interactuamos con las computadoras, dispositivos electrónicos, software, etc. Esta tendencia presenta grandes retos para los investigadores así como para la investigación misma, respecto a la ubicuidad y la interconexión, por lo cual se desarrollan técnicas para realizar sistemas para explotar el rendimiento del procesamiento pervasivo. Una forma de lograr esta visión es incorporando modelos de interacción que nos permita embeber agentes inteligentes difusos en los entornos de usuario de modo que pueden controlar en base a las necesidades y preferencias de los usuarios [3].

Los agentes inteligentes del AP negocian con una gran cantidad de incertidumbre causada por el ruido captado por los sensores, imprecisiones, así como las condiciones cambiantes del ambiente. Además, las salidas de los agentes también son inciertas como las salidas de los actuadores son imprecisas y afectadas en el ambiente. Sin embargo, la principal causa de incertidumbre es el hombre que ocupa estos ambientes, como sus comportamientos y estados de ánimo son dinámicos no deterministas, cambian con el tiempo, además, diferentes palabras significan cosas diferentes para las personas [4], esta es una de la razones del porque será incorporado a la investigación el uso de lógica difusa para que ayude a abordar la incertidumbre que se presente, permitiendo al AP tener entradas más fidedignas y confiables de los valores sensados en el ambiente.

Las diferentes maneras en que los usuarios pueden interactuar en espacios educativos (p.ej.

museos interactivos), tienen la necesidad de que las aplicaciones puedan adaptarse (inclusive automáticamente) a las situaciones, mejorando la interacción [5].

La computación pervasiva se presenta de varias maneras a los usuarios una de ella puede ser un modelo de interacción en segundo plano, con la expectación que hace posible accesar a la información y servicios en cualquier lugar. Por otro lado la movilidad proveída por ubicuidad hace el contexto del usuario, ubicación, personas, y objetos alrededor que sean más dinámicos para interactuar. La gran variedad de situaciones en cuales el usuario se ve envuelto en hacer necesario la manera en que las aplicaciones se adapten (eventualmente de una manera automática) por si mismos acorde a las situaciones, provee un mejor soporte para la Interacción Humano-Computadora (HCI) [6].

Una manera para mejorar el soporte de la HCI es el modelo de interacción que propone esta investigación ya que mejora la comunicación durante la interacción, haciendo que los dispositivos embebidos sean más capaces de procesar información contextual del usuario, la comunicación entre los dispositivos y el sistema, permitiendo la implementación de un mayor uso de sistemas computacionales sensibles al contexto [7].

Las aplicaciones sensibles al contexto usan el ambiente con sus entradas para proveer información personalizada al usuario basado en sus preferencias. En ambientes de computo pervasivo, la computación esta embebida en diferentes dispositivos, terminales móviles (tabletas, teléfonos inteligentes, laptops), sensores de red e inclusive maquinas que interactuamos para varios propósitos de la vida cotidiana (máquinas de venta, refrigeradores, microondas, carros, semáforos, televisiones, computadoras y accesos inalámbricos). Una característica clave de sistemas de computación pervasiva es adaptarse a los comportamientos y actividades basados en los usuarios [8], el modelo de interacción que se propone ayuda con esta adaptación, ya que se basa de agentes y de lógica difusa, busca los mecanismos necesarios con el fin de ofrecer los contenidos más adecuados en base al rendimiento de los usuarios.

Los objetos embebidos del ambiente, cuentan con capacidades de cómputo y comunicación, con las cuales hacen una red de dispositivos y sensores inteligentes en un ambiente donde actúan como una interfaz global entre los usuarios y sistemas de información, promoviendo la comunicación entre los objetos y permitiendo la sensibilidad del contexto, la cual ayuda a reducir el esfuerzo de configuración en la parte de los usuarios. Una cuestión clave en el diseño de los sistemas adaptativos es la reconfiguración, la cual facilita la comunicación con los usuarios para construir e integrar aplicaciones dinámicamente [9].

### **1.1. Viviendo en un mundo digital**

Hoy en día se habita en un mundo digitalmente incremental, poblado por la difusión de sistemas diseñados digitalmente y con estrecha interacción. El ambiente del mundo físico está siendo incrementado e instrumentado digitalmente y estrechado basado en sensores embebidos y dispositivos de control. Estos pueden sentir nuestra ubicación y pueden automáticamente adaptarse, accesar a servicios ubicados, p.ej. los interruptores de las puertas automáticas y las luces cuando uno se aproxima a estas. Los sistemas de posicionamiento determinan nuestra ubicación actual así como nuestra trayectoria. Están intercomunicados con otros sistemas de información, p.ej. un mapa que trace la ruta para nuestro destino. Dispositivos para acceso como llaves electrónicas, tarjetas pueden ser usadas para accesar a servicios protegidos, situados en el ambiente.

E-paper y los e-books permiten descargas con información actualizada en formatos de papel digital, por el aire, si necesidad de ir a una librería. Inclusive circuitos electrónicos pueden ser distribuidos sobre el aire para impresoras especiales, habilitando estos circuitos electrónicos para su impresión. En muchas partes del mundo, se encuentra velocidades de megabits por segundo tanto alámbricas como inalámbricas para la transferencia de contenido multimedia (texto alfa numérico, audio y video), tanto en el hogar, como en los trabajos, para

usuarios móviles y ubicaciones estratégicas. El incremento en el uso de redes inalámbricas, incrementa más dispositivos e infraestructura que se añaden poco a poco al entorno físico. Los circuitos electrónicos y los dispositivos están siendo fabricados para ser más pequeños, más baratos y se pueden operar de manera más fiable y con menos energía. Así como dispositivos móviles inteligentes para acceder a servicios locales y remotos. Los teléfonos móviles pueden actuar como múltiples dispositivos como cámaras de video, reproductores de audio, dispositivos de información y consolas de videojuegos.

La interacción puede ser personalizada y hacerse consciente al contexto del usuario mediante el intercambio de modelos de personalización de nuestros dispositivos móviles con otros servicios como nos relacionamos con ellos, por ejemplo, dispositivos de audio y video pueden ser pre-programados para mostrar solo las selecciones favoritas de contenido. Muchos tipos de prestación de servicios apoyan las actividades humanas cotidianas relacionadas con la alimentación, energía, agua, distribución, transporte y la salud dependen en gran medida en las computadoras.

Tradicionalmente, los dispositivos de acceso a servicios se han diseñado y orientado hacia usuarios que se dedican a actividades que tienen acceso a los servicios individuales aislados, p.ej. tenemos acceso a la información frente a nosotros ver videos, hablamos por teléfono, etc. En el pasado, si queríamos acceder y combinar múltiples servicios para apoyar las actividades múltiples, era necesario el uso de dispositivos de acceso separados. Por el contrario, la oferta de servicios hoy en día tiene más oferta integrada, interoperable y pervasiva de servicios, p.ej. el uso de las redes de datos ofrecen también las emisiones de video, servicios de voz y datos la llamada “triple-play” de prestación de servicios.

## 1.2. Antecedentes

Se ha investigado y analizado que varios de los problemas que se enfrenta un usuario al interactuar es adaptarse al contexto, tomar decisiones, interactuar con el ambiente, interactuar con otros usuarios, solicitar y recibir información, y en ocasiones la información que se recibe no es la que se requiere, un paradigma que ayuda a solucionar estas cuestiones es el pensamiento computacional, es un planteamiento de la solución de problemas, diseño de sistemas y la comprensión del comportamiento humano que se basa en conceptos fundamentales, así mismo es un tipo de pensamiento analítico, lo que puede acercarse a la solución de un problema [10].

Si se basa en la problemática de que la sociedad mexicana tiene poco interés en visitar ambientes educativos, repercute en poca afluencia a estos, ya que la mayoría tiene una percepción un tanto errónea, se perciben aburridos, de pérdida de tiempo, tediosos, etc. Aunado esto se considera la poca difusión en los medios. La mayoría de estos son poco interactivos limitando a los visitantes el tener un mejor concepto de la exposición u exhibición, limitándolos a no hacer ruido, de mantener cierto orden, de no tocar, lo que provoca el desinterés de la mayoría de los visitantes, mostrando desatención, apreciación monótona y errónea.

Los pocos ambientes educativos interactivos en particular son museos orientados a niños aumentando un poco el interés de estos, pero mostrando algunas limitantes como: la falta de información interactiva a lo largo del recorrido, falta ejemplos interactivos relacionados con la muestra expuesta, provocando ideas erróneas, aumentando dudas, tales como: ¿De dónde viene?, ¿Cómo se hizo?, ¿Por qué se hizo?, ¿Qué significa?, ¿Cómo ayudaría?, ¿Cómo ayudaría al planeta?, ¿Cómo ayudaría a la gente?, etc. Limitando a los niños a solo jugar y tocar, sin tener bien definido el porqué de las cosas. Se cae en una percepción errónea del museo, como tipo salón de juegos o fiestas que solo sirven para jugar o pasar el rato, así mismo despiertan parcialmente la inquietud del verdadero objetivo del museo el transmitir

el aprendizaje [11, 12, 13].

Aquí surge la pregunta ¿Por qué no hacer ambientes que se puedan adaptar y ofrecer contenido para todas las edades en base a los perfiles de los usuarios, acciones, comportamiento y rendimiento?, la investigación propuesta presentada en este libro responde esta pregunta al realizar un modelo de interacción adaptable a los visitantes.

A nivel mundial las aplicaciones interactivas son cada vez más fáciles de encontrar en espacios educativos, culturales y turísticos, se ha explorado la posibilidad de que sistemas interactivos, se adecuen para sitios específicos permitiendo a los visitantes una visión general del área extensa, destacando lugares de interés y fomentar la interacción con la exposición u exhibición [14]. Siendo más específicos una opción de estos es un sistema que describa una guía interactiva del espacio educativo, ubicaciones de objetos y crear un ambiente de inmersión dando a los usuarios información visual y auditiva de sus manipulaciones, convirtiéndolo en una verdadera exposición u exhibición que les permite interactuar y les proporciona su información [15].

Si realmente se obtiene un ambiente interactivo inteligente, que ofrezca al visitante a lo largo de todo el recorrido una descripción sencilla e interactiva de cada una de las áreas que se visite, provocaría la atención del mismo, estimulando la comprensión y la valoración del recorrido, profundizando más sobre el tema, tendría más confianza en resolver sus dudas, motivaría al visitante a regresar para aprender más, recomendaría y motivaría a sus amigos, compañeros, al igual que los padres de familia a otros, para que juntos de manera divertida aprendan, jugando, explorando, conociendo y experimentando, actividades reales en un ambiente interactivo inteligente, p.ej. considerar un ambiente educativo en el concepto de lugares excelentes que ofrecen una experiencia en un ambiente único. Pero lo más importante, fomentar las vocaciones de los niños, jóvenes y sociedad en general hacia la áreas de ciencia, tecnología y la importancia de cuidar los recursos naturales en el mundo actual.

### 1.3. Justificación

El uso de modelos de interacción para una sociedad con conocimiento de la situación está motivado por la posibilidad de que las personas cuenten con ambientes inteligentes que les ayuden a actuar, tomar decisiones y en algunos caso con el fin de alcanzar sus objetivos y/o metas, esta ayuda puede ser por medio de herramientas, aplicaciones y/o dispositivos, que les permita actuar de forma proactiva y autónoma para alcanzar propósitos, reduciendo el tiempo que un humano dedica a la interacción para adquirir información. Delegando su atención y esfuerzo a otras tareas o actividades. Hasta ahora se han desarrollado diferentes modelos y sistemas inteligentes, algunos siguiendo un enfoque de la escuela cognitiva y otros de la escuela reactiva.

Así mismo se representa a las personas y elementos del modelo por medio de agentes inteligentes, una justificación para representarlos por este paradigma, es que a los agentes se les puede adaptar mecanismos de aprendizaje, selección, coordinación entre otros y estos pueden estar embebidos en segundo plano en ambientes pervasivos. Las características de los agentes le permiten al ambiente pervasivo tener características adaptativas, al tener la característica de aprender por medio de los usuarios y pueden retroalimentar al sistema, obteniendo un modo de aprendizaje permanente, con esto se logra que el usuario cuando vuelve al ambiente, el sistema tendrá la capacidad de reconocerlo e identificar sus predilecciones, comportamientos, acciones y rendimiento de este, pudiendo sugerir algunas otras áreas interesantes al usuario.

El modelo de interacción debe estar embebido en un ambiente pervasivo permitiendo estar invisible para el usuario, ayudando a sus elementos a tener un buen razonamiento, planeación y aprendizaje de los dispositivos implementados, una clave del modelo es que permite el control y un método de administración no supervisado, proveniente de una recolección de datos que se extraen por medio de reglas difusas ayudadas de un sistema de inferencia difuso [16].

Por otra parte el uso de agentes con percepciones difusas ayuda a detectar condiciones diferentes y emergentes que se presenten en el ambiente inclusive condiciones con incertidumbre incluida, soportando un diseño para interactuar con el comportamiento humano, con cierto raciocinio, control, comunicación y coordinación, tomando las decisiones correctas y solucionando los problemas de la mejor manera.

Las interacciones entre agentes a través de la comunicación de mensajes y de razonamiento por medio de reglas difusas con el fin de determinar los papeles que un agente habrá de ejecutar para lograr sus propósitos, se genera un plan con base en sus recursos y los del ambiente considerando los roles disponibles. Dado que para interactuar los agentes requieren entender los mensajes se facilitara con la ayuda de un sistema de inferencia difuso minimizando el margen de error. En el modelo se consideran aquellos eventos emergentes que puedan favorecer o dificultar el logro de los propósitos u objetivos trazados.

Al tener un modelo de interacción utilizando agentes difusos que ayude a los usuarios a alcanzar metas individuales y/o comunes tomando roles en diferentes escenarios en ambientes pervasivos ayuda a tener una mejor calidad de experiencia en la interacción para accesar a información y/o contenidos.

#### **1.4. Planteamiento del problema**

Hoy en día se está inmerso en sistemas conformados por conjunto de entidades, cada una de ellas descrita por muchos grados de libertad. Los sistemas multi-entidad son abundantes en la vida cotidiana, p.ej. el tráfico en las autopistas es presentado notoriamente, pero la mayoría de los conductores parecen haber aprendido un tipo de habilidad para evitar casi todos los tipos de colisión, con solo pocas excepciones. Los corredores en los mercados de valores parecen haber desarrollado un comportamiento altamente sofisticado para comprar

y vender en la estela de la información del mercado. El equilibrio entre las especies de seres vivos en un ecosistema es igualmente complejo y sin embargo todas ellas parecen ser resueltas en un equilibrio dinámico, la mayor parte del tiempo.

Estos escenarios apuntan a un fenómeno común que se puede observar en la vida cotidiana muchas mentes independientes a veces pueden mantener el orden en un sentido global a pesar de la falta de comunicación, planificación central o un acuerdo previo. En contraste, los deportes colectivos, como los jugadores de baloncesto, pasan muchas horas practicando formaciones del equipo antes de hacer pases mágicos, etc. Sin la práctica intensiva, los jugadores no serán capaces de obtener estas habilidades y la derrota es inminente. Incluso cuando un equipo ha estado jugando juntos por un largo tiempo, señales secretas son dadas antes de alcanzar los resultados deseados para poder lograrlos. En presencia de un grupo de mentes independientes, los deportes de equipo deben ser significativamente diferentes del tráfico en las autopistas porque se obtienen resultados de comportamiento diferentes.

La naturaleza está llena de sistemas complejos algunos de los cuales han sido ampliamente estudiados desde diferentes ángulos y con diferentes objetivos. Algunos investigadores quieren entender el mecanismo de trabajo de un sistema complejo en cuestión. Los inmunólogos, p.ej. quieren saber la forma en que el sistema inmunitario humano reacciona a los antígenos [17]. Del mismo modo, los economistas quieren saber los factores que contribuyen a las altas y bajas en los precios de las acciones. El conocimiento adquirido de esta manera ayuda a los científicos predecir el comportamiento de los sistemas en el futuro.

Otros estudian el comportamiento de sistemas complejos simulan el comportamiento complejo observado y formulan la solución para la resolución de problemas complejos computacionales, tales como la optimización global. Los científicos informáticos y matemáticos han formulado varios algoritmos basados en la evolución natural para resolver sus problemas a la mano. En general, se quiere ser capaz de explicar, predecir, reconstruir e implementar un

sistema complejo.

Por otra parte, si no se hace uso de este tipo de sistemas no permite cotejar el uso de ambientes educativos con el objetivo por el cual fueron realizados realmente, no se puede saber a ciencia cierta cómo puede afectar en la afluencia de visitas.

Al no tener un ambiente interactivo inteligente capaz de soportar un ambiente complejo se limita ofrecer al visitante a lo largo de todo el recorrido una descripción sencilla y poco interactiva de cada una de las áreas y/o módulos que se visite del ambiente, provocaría la desatención del usuario, estimulando la no comprensión y la no valoración del recorrido, limitándose a profundizar más sobre el tema, se caería en desconfianza en resolver dudas, desmotivaría al usuario a regresar para aprender más, limitaría la recomendación, aumentaría la desmotivación hacia otros usuarios, limitaría el poder que juntos de manera divertida aprendan jugando, explorando, conociendo y experimentando, realizando actividades con su comportamiento natural.

Al no tener un ambiente interactivo inteligente se puede caer en el concepto de que los ambientes educativos no son lugares que ofrecen una experiencia de un ambiente único de aprendizaje, sin fomentar la vocación de los visitantes en general hacia las áreas de tecnología, ciencia y la importancia de cuidar los recursos naturales.

### **1.5. Objetivo general**

Realizar un ambiente inteligente basado en un modelo de interacción de agentes BDI con percepciones difusas que permita a los individuos alcanzar metas individuales, grupales y/o en comunes.

## 1.6. Objetivos específicos

- Crear una ontología que facilite la comunicación, interacción e intercambio de información entre los agentes.
- Crear un modelo de interacción entre agentes BDI con percepciones difusas como una comunidad organizada, coordinada, estructurada y autónoma.
- Crear escenarios que representen ambientes de ambientes pervasivos.
- Validar y aplicar el modelo con los diferentes escenarios propuestos.

## 1.7. Estructura del libro

La organización del libro se describe a continuación: En el primer capítulo se realiza una introducción al documento y se exponen algunos temas relevantes que aborda el libro. Se describen antecedentes, justificación, planteamiento del problema y objetivos de la investigación. En el capítulo dos se realiza una revisión del estado del arte se representa en un marco teórico con temas relacionados a la investigación. En el capítulo tres se describe a detalle el caso de estudio que permite explorar, describir, explicar, evaluar los fenómenos de interés para esta investigación.

En el capítulo cuatro se describe la investigación correspondiente de un modelo que permite la representación de los niveles de interacción utilizando minería de datos y sistema de inferencia difusa tipo-2 basado en el rendimiento del usuario. En el capítulo cinco se describe la investigación relativa al modelado de la interacción entre el usuario y exhibición auxiliado por agentes autónomos BDI con percepciones difusas, se describe un ambiente pervasivo que utiliza como entradas el nivel de interacción y la distancia del usuario.

En el capítulo seis se propone un modelado multi-agente para una sociedad con conocimiento de la situación permitiendo a los usuarios el acceso de información de manera continua, no interrumpida, instantánea e inclusive en situaciones de emergencia, en base a sus requerimientos, acciones, comportamientos y rendimiento. En el capítulo 7 se describen los resultados obtenidos de la investigación correspondiente de los modelos realizados, así mismo se describen los distintos análisis de información recabada, a través encuestas, entrevistas, trabajo de campo y captura de videos. En el capítulo 8 se exponen las conclusiones de la investigación. Finalmente, la sección de bibliografía, cita todas aquellas referencias que son base para el desarrollo de esta investigación.

# **Capítulo 2**

## **Marco Teórico**

En este capítulo se presentan los principales conceptos que se utilizan en la investigación, se detallan en este libro, se presenta una correlación existente entre los sistemas complejos, modelado basado en agentes, sistemas multi-agente, arquitectura de agentes BDI, interacción humano computadora (HCI), representación de interacción, niveles de interacción, sistema de inferencia difuso, minería de datos, ambientes inteligentes y ambientes pervasivos.

Hoy en día el uso de la tecnología es cada vez más común en las actividades cotidianas, algunos dispositivos tecnológicos nos ayudan a lo largo del día, proporcionando a nuestros tareas o metas una manera óptima y eficiente mejorando nuestra experiencia de interacción. Sin embargo, ¿Qué ocurre cuando un usuario interactúa sin la tecnología? ¿Es la interacción mejor o es peor? ¿Cuál es el nivel de interacción cuando se utiliza o no el uso de la tecnología? ¿Se puede medir los niveles de interacción sin variables métricas sólo con el lenguaje corporal que utilizando variables lingüísticas? La investigación está motivada con el fin de responder a todas estas preguntas, se representan los diferentes niveles de interacción utilizando un FIS, con el fin de mejorar la experiencia del nivel de interacción. Por lo tanto, en esta investigación propone una forma de medir los niveles de interacción tomando en cuenta el comportamiento

natural del usuario basado en la interacción del usuario-exhibición.

Se cree que mediante el análisis de los niveles de interacción, puede ayudar a diseñar mejores formas de interactuar de acuerdo a las preferencias y las predilecciones de los usuarios. Evaluar la interacción requiere conocer criterios objetivos basados en los aspectos cualitativos del comportamiento de los usuarios. Es, sin embargo, una tarea muy compleja que requiere de ciertas consideraciones no sólo en el comportamiento o las interacciones entre los usuarios, esto puede representar una gran cantidad de incertidumbre teniendo muchas dificultades para evaluar. En esta investigación, se considero la teoría de niveles de interacción de Gayesky y Williams [18], se han creado algunos parámetros para el análisis como presencia, interactividad, control, retroalimentación, creatividad, productividad, comunicación y adaptación, con el fin de conocer el nivel de interacción utilizando un Sistema de Inferencia Difuso (FIS).

## 2.1. Interacción humano-computadora

El concepto Interacción Humano-Computadora por su siglas en inglés (HCI), ha sido de uso generalizado desde principios de 1980, pero tiene sus raíces en las disciplinas más establecidas como Psicología, Sociología, Diseño, Ingeniería / Ciencias de la Computación, IA y Fisiología por mencionar algunos. El HCI se basa en muchas disciplinas, la HCI consiste en el diseño, implementación, planificación, estudio de la comunicación y la evaluación de la interacción entre los usuarios y computadoras.

Sin embargo, cuando se refiere a HCI, no sólo es una interacción un usuario-una computadora (1 a 1), el HCI puede ser también una interacción un usuario-un sistema informático de gran escala (1 a muchos) o una interacción de un grupo de usuarios-un ordenador (muchos a 1) o bien puede ser una interacción de un grupo de usuarios-un sistema informático a gran escala (muchos a muchos), éstos pueden ser todos los posibles escenarios en los que el

HCI se puede presentar. Por interacción, se refiere a cualquier comunicación entre el usuario y la computadora. La interacción puede ser indirecta (puede incluir sensores inteligentes que controlan el medio ambiente, es decir, la computación pervasiva) y directa (involucrar un diálogo con retroalimentación y control a lo largo de la ejecución de la tarea, teniendo impacto directo entre los elementos involucrados, es decir, una interacción de un sitio web) [19].

La interacción humano-dispositivo está diseñada para apoyar la interacción explícita humano-computadora, que se expresa en un nivel bajo de sintáctica, p.ej. activar particular control en particular orden, a medida que más tareas se automatizan, la variedad de dispositivos aumenta y es necesario que interactúen para lograr tareas. La gran cantidad de interacción explícita puede alterar fácilmente, distraer y abrumar a los usuarios. Los sistemas interactivos deben ser diseñados para apoyar en un mayor grado de HCI [20].

## 2.2. Representación de interacción

El concepto de interacción puede ser difícil de representar, sin embargo, las interacciones ocurren a menudo así como aspectos importantes de la ciencia del comportamiento. La interacción implica al menos dos entidades o puede ser un producto de la comunicación entre estas entidades, p.ej. el usuario y el sistema, ambos son complejos, no son similares entre sí, interactúan y se comunican en vista del dominio, acciones, tareas, metas y objetivos. La interacción representa la interfaz, por lo tanto debe, traducir eficazmente entre ellos ayudando en el cumplimiento de metas de un dominio de aplicación [19].

Por lo tanto, la interacción ayuda a tener una cooperación dinámica y una finalización de cooperación entre una entidad y otra entidad o entre varias entidades con el fin de alcanzar los objetivos de las entidades individuales o para alcanzar algún objetivo colectivo.

Por ejemplo, una cámara inteligente podría cooperar con iluminación inteligente en el edificio para optimizar la iluminación para grabar una imagen. La interacción a menudo utiliza comportamientos de la inteligencia artificial distribuida así como comportamientos basado del sistema multi-agente, con el fin de proponer tareas [20].

Sin embargo, ¿Cómo se puede representar la interacción? con el fin de responder a esta pregunta se tiene que conocer el significado de representación, la representación es el acto o instancias que representan una imagen o ideas de algo o alguien en la mente, cosas que no se sabe, de lo contrario, es pura imaginación o desfiguración de la realidad.

Una descripción aprovecha las convenciones de una representación para describir alguna cosa en particular. La representación es buena porque manifiestan las restricciones del problema. La mayoría de las investigaciones toman la representación de interacción basada en variables cuantitativas, a continuación se muestran algunos ejemplos de representación de la interacción:

- Formulación matemática. Las interacciones se describen en términos de un modelo factorial lineal de dos vías, una variable X representa la función de los factores de Y y Z. La interacción puede aparecer cuando se presenta un cambio en el estatus de un factor y este representa un efecto distinto en la variable respuesta, esto depende del valor del otro factor [21].
- Análisis de los efectos simples en modelos factoriales. Un ejemplo de un conjunto de datos hipotéticos sobre la base de R.J. Boiks [22] demuestra cómo representar la interacción contrasta en modelos lineales y modelos ajustados [23] utilizados por una amplia variedad de análisis de la interacción.
- Contraste de interacción. Otra alternativa de efectos simples es el estudio de los contrastes de interacción, donde el sujeto de los datos se deriva mediante un procedimiento

ligeramente diferente para el análisis. Al igual que en el análisis de los residuos de interacción, la hipótesis probada por la interacción contrasta y no es aceptada por los coeficientes de los efectos principales, pero este enfoque supera la cuestión de los residuos de interacción, ya que no hace uso de los medios marginales [24, 25, 26].

- Patrones de interacción. Este enfoque define un patrón que determina como la interacción debe utilizar diagramas de actividad y determina cómo se debe hacer la interacción entre diagramas UML y actividades y cómo deben correlacionar los modelos dinámicos de comportamiento representando las operaciones del sistema de transacciones con los procesos de negocio, los subprocesos y actividades [27, 28].
- Sistema de inferencia difuso. El FIS se puede utilizar para representar aplicaciones basadas del mundo real, así como manejar fácilmente entradas y salidas reales, proporcionan un marco natural para la inserción de conocimiento experto en forma de reglas lingüísticas, puede inferir las acciones de variables interactuantes mediante alguna representación de la implicación difusa. La representación de la interacción por un FIS se basa en la determinación de las relaciones difusas que determinan el grado de la presencia o ausencia de asociación o interacción entre las variables involucradas.

Por otra parte, la lógica difusa [29, 30, 31], nos puede ayudar a representar los niveles de interacción del usuario, igual nos puede ayudar a modelar el razonamiento difuso aproximado durante la interacción. Las relaciones entre los elementos y conjuntos siguen una transición entre la pertenencia y la no pertenencia que es gradualmente, representada por valores de pertenencia intermedios entre lo verdadero y lo falso en la lógica clásica.

### 2.3. Cómo medir la interacción

Hoy en día para proporcionar servicios o información al usuario es necesario medir los niveles de interacción en base a su rendimiento. Por lo general, las mediciones más comunes de los niveles de interacción se basan en valores numéricos y métricas, tal como el número de clics, retroalimentación, logins a un sistema, etc. Esta práctica de medición conlleva la siguiente reflexión: ¿Permite una métrica medir el nivel de interacción de un usuario? Por otra parte, ayudar al usuario con una guía puede ser indispensable para la mejora de la interacción. Por lo tanto, es deseable tener actividades interactivas específicas del nivel alcanzado por el usuario ayudando a la medición de la interacción.

La medición de la interacción se lleva a cabo en el entorno natural del usuario a menudo interrumpido por la falta de condiciones controladas y la replicación inadecuada de los problemas causados por la interacción del usuario. En [32], explica la idea de que los múltiples efectos de medición deben ser estudiados como efectos aislados de una sola variable.

Existen investigaciones sobre la medición de los niveles de interacción se centran en las variables cuantitativas medibles. Por ejemplo, en [33] propone un marco de trabajo novedoso con características para medir las interacciones cuantitativamente, cuantificando la contribución realizada por cada variable así como las interacciones involucradas.

Por otra parte, [34] propone un marco de análisis para medir la interacción hombre-máquina con cuatro variables cuantitativas: facilidad de uso, tiempo de realización, el número de errores y la precisión del reconocimiento, así como también con dos variables cualitativas “entrevista individual” para obtener retroalimentación sobre las experiencias usando una visión basada en una interfaz en comparación con un joystick convencional, y la segunda “entrevista de preguntas”, que se centra principalmente en determinar qué características de la interfaz basada en ademanes de la mano son los más importantes y determinar qué características adicionales serían especialmente importantes.

## 2.4. Niveles de interacción

La interacción describe una acción que se desarrolla recíprocamente entre dos o más organismos, objetos, agentes, unidades, sistemas, fuerzas y funciones estudiando el intercambio de información entre ellos, el objetivo de este intercambio es el de ser más eficiente, esta definición implica a la siguiente pregunta ¿Es posible medir el nivel de interacción entre las variables involucradas? Con el fin de responder a esta pregunta hoy en día se pueden encontrar algunas teorías que pueden ayudar a realizarlo. Una de las teorías más interesantes respecto a niveles de interacción es la teoría de Gayesky y Williams [18], que ha sido utilizada como base para el análisis de la interacción entre el usuario-exhibición. Estos niveles de interacción son procesos de intercambio de información entre ellos.

La interacción no es absoluta, se dice que algunas cosas son interactivas y otras no lo son, en la mayoría de los casos hay un cierto grado o niveles de interacción, esto está determinado por el grado de control, retroalimentación, creatividad, comunicación, adaptabilidad y productividad. La escala de niveles de interacción de Gayesky y Williams, establece una escala de 6 niveles de interacción, a continuación se muestra una breve descripción de la misma:

- Nivel 0: Falta de interactividad, esto corresponde, por ejemplo, a un discurso en medio de un evento, se opta por no escuchar, no existe ningún tipo de control o cualquier elemento de la interactividad.
- Nivel 1: No intervención, no requiere ninguna intervención por parte del individuo. Este nivel se llama el “discurso directo” y se refiere al sistema de preguntas para el usuario que las contesta mentalmente. En este nivel no se puede hablar de interactividad en sí. Es decir, el contenido de un periódico o revista, se optan por ver, pero no se controla el contenido, ya que está impreso.
- Nivel 2: El segundo nivel se llama la pausa y su principal característica es la ejecución

de pausas, el programa se interrumpe preguntando al usuario realizar una tarea en particular. El usuario realiza una intervención mental. La actividad humana requiere algún tipo de acción para plantear preguntas, simulando comentarios, recapitulando las ideas clave y anuncia pasajes pertinentes. Es decir, una pintura, una escultura o una conferencia donde los participantes hacen preguntas. Se considera un mensaje lineal y no permiten el acceso aleatorio a cualquier contenido.

- Nivel 3: Este nivel se denomina acceso aleatorio o la intervención en el ritmo de presentación del mensaje. El contenido se entrega en función de las opciones elegidas por el usuario en los elementos que son presentados. Las pausas son identificadas, se desarrollan diferentes tipos de actividades, como las consultas orales, material complementario de apoyo, etc. El usuario tiene el control del ritmo de la actividad, su flujo, su continuidad. Por ejemplo, una página web, porque en ella, el usuario puede pasar de un contenido a otro interrumpiendo la lectura lineal.
- Nivel 4: Intervención en el mensaje (selección de información y respuestas), en este nivel, la entradas de los usuarios responden al programa (a través de dispositivos colocados para este fin) permitiendo la introducción, información almacenada y proporcionando un resumen al final de la sesión. En este nivel hay un mayor control, se puede modificar el mensaje por medio de la retroalimentación. Es decir, el individuo puede seleccionar la información deseada. El individuo tiene la opción de decidir cómo, cuándo y qué parte de la actividad desarrollar. En este nivel, el programa reacciona a las respuestas ingresadas por el usuario, envolviéndolo como un proceso de evaluación realizado.
- Nivel 5: Intervención más allá del mensaje. También se considera el uso de los periféricos que permiten que el sistema reciba el comportamiento motor de usuario. Este nivel es la máxima interacción, es donde el individuo tiene la posibilidad de retroalimentación, control, creatividad, comunicación, adaptabilidad y productividad. Este nivel ofrece

todas las cualidades de interactividad. Algunos ejemplos de este nivel de interactividad son el uso de los guantes de realidad virtual, juegos de video en el que el usuario puede interactuar con el medio ambiente para tomar sus propias decisiones, o incluso si los juegos están conectados a una red, los usuarios tendrán la posibilidad de charlar entre sí.

## 2.5. Minería de datos

En años recientes, el uso de las nuevas tecnologías de la información han venido a ayudar con el manejo de grandes cantidades de datos, una evolución de estas tecnologías es la extracción de minería de datos que permite representar el conocimiento de datos almacenados de forma implícita en grandes bases de datos. La minería de datos es un campo multidisciplinario que combina técnicas de aprendizaje automático, reconocimiento de patrones, estadísticas, bases de datos y visualización, para dirigirla a la extracción e interpretación de una enorme base de datos. La minería de datos se centra en llenar la necesidad de descubrir, predecir y pronosticar las posibles acciones con algún factor de confianza para cada predicción [35].

Por otra parte, contribuye a la toma de decisiones tácticas y estratégicas, proveyendo de poder de decisión a los usuarios, es capaz de medir las acciones y resultados de la mejor manera, genera modelos descriptivos para explorar y comprender la información e identificar patrones, relaciones y dependencias que afectan a los resultados finales. Crea modelos predictivos que permiten descubrir la relación a través del proceso de minería de datos siendo expresadas como reglas posibles de negocio [36].

### 2.5.1. Algoritmo de clusterización difuso C-Means para la minería de datos.

Las propuestas difusas representan un lugar importante en la minería de datos proporcionando resultados inteligibles. Una de estas propuestas es el algoritmo de clusterización Difuso C-Medios o Fuzzy C-Means, derivado de sus siglas en inglés (FCM) [37, 38] que hace uso de funciones de membresías y al procedimiento de cálculo centroide iterativamente para encontrar el mejor centroide. El FCM es uno de los algoritmos de agrupamiento más popular, la eficacia de agrupación del método se basa en la medida de distancia.

FCM es el resultado de la combinación del enfoque del C-Means con el manejo de los datos difusos. El resultado de esta combinación es adecuado ya que al considerar la incertidumbre presentada en los datos, evita resultados incorrectos y crea particiones nítidas de una manera correcta [37]. Además, el FCM se utiliza para adquirir los niveles adecuados del conjunto de parámetros de clusterización [39].

## 2.6. Ambientes inteligentes

En las principales líneas de investigación de ambientes inteligentes, se enfocan en sistemas accionados por el usuario final, otros se enfocan en sistemas accionados por agentes autónomos, minimizando la carga cognitiva del usuario. Esta investigación da al usuario la opción de saber qué tanta autonomía mantiene o que tanta delega a los agentes inteligentes. Esta investigación presenta un enfoque para mejorar la capacidad de ofrecer servicios, contenidos e información tomando en cuenta el perfil, predilecciones, acciones, comportamiento y rendimiento del usuario, con el fin de aumentar el nivel de experiencia de interacción usuario-exhibición (dominio). Se considera a usuarios de museos interactivos para conocer la forma en que interactúan con el fin de recopilar información para dar retroalimentación al am-

biente (nueva información, nuevas actividades, nuevas metas, etc.) Para ello, se basa en la observación del usuario, en la ejecución del flujo de trabajo, de las actividades resultantes de la interacción en este ambiente. La investigación trata la incertidumbre presentada en el momento de la interacción, con la idea de conocer con mayor precisión y completamente el rendimiento del usuario.

Si se considera todas las variables lingüísticas del usuario, se realiza automáticamente adaptaciones y sugerencias a él, con la idea de evitar el tipo de sentimiento que provoca desinterés de los contenidos proporcionados por la exhibición.

Con esto se puede realizar un sistema reactivo con el fin de mantener una interacción frecuente con el ambiente, se da al usuario un ambiente personalizado (contenidos, servicios, información) para interactuar con su propio ambiente, para lograr esto se auxilia de diferentes paradigmas como el modelado multi-agente, para representar los elementos que intervienen en agentes (usuario y exhibición (dominio)), se considera el comportamiento del usuario, sus creencias, deseos e intenciones, por lo cual se utiliza el paradigma BDI para el modelado y representación de los agentes implicados con el fin de dar y considerar todos los aspectos del usuario, se utilizan características del ambiente pervasivo para ayudar al usuario de una manera no invasiva permitiendo agentes embebidos en el ambiente.

Adicionalmente, se utiliza la lógica difusa para medir la incertidumbre del usuario, por lo tanto, se tiene la percepción del rendimiento de los usuarios ayudado de percepciones difusas, una vez obtenidas se procesan las entradas de una manera difusa (fusificación) basándose en el JT2FIS [40], con el fin de ofrecer al usuario un entorno correcto y adecuado.

El progreso notable y rápido en la investigación respecto a la interacción, así como de la tecnología, permite hoy en día considerar ambientes donde el individuo o el grupo se mueve, así como ambientes capaces de entender las características específicas de la persona o del grupo con el fin de adecuarse a sus necesidades, respondiendo inteligentemente a las

peticiones o respondiendo apropiadamente de una manera natural e intuitiva. Por supuesto, estos ambientes deben conocer las necesidades de seguridad y privacidad de los individuos adaptados a las situaciones encontradas.

En este campo de investigación de Ambientes Inteligentes (IE) por sus siglas en inglés, se pueden imaginar muchos escenarios. Para darse una idea de esto, como ejemplo se considera un viajero que llega al aeropuerto en una ciudad extranjera, donde se ha establecido un sistema de ambiente inteligente. Con este sistema, permite ser identificado y verificado inmediatamente por las autoridades de inmigración. En el alquiler de un coche, se orienta al viajero y recomienda su ruta. A la llegada al hotel, la habitación se adapta a la personalidad de viajero: temperatura, música, iluminación, etc. IE se encuentran en la convergencia de diferentes áreas de investigación [41]. Los IE tienen algunas características principales: ubicuidad, sensibles al contexto, interacción natural e inteligencia. A continuación se describen estas características:

- Ubicuidad: la capacidad para que los usuarios interactúen, en cualquier lugar, con una multitud de dispositivos interconectados, sensores, lectores y con mundo de sistemas electrónicos embebidos (software incluido) todos a entorno a él. Todo esto a través de redes adecuadas y una arquitectura altamente distribuida.
- Sensible al contexto: la capacidad de un sistema de sentir constantemente la presencia, localización de objetos, dispositivos y las personas a tener en cuenta en el contexto de uso. Todo tipo de sensores son necesarios para este propósito: cámaras, micrófonos, sensores biométricos, sensores de distancia, sensores de presencia, tecnología de chip y lectores de radio frecuencia (RFID) para su identificación;
- La interacción natural: el acceso a los servicios debe ser capaz de hacer de la manera más natural posible e intuitiva. A diferencia de las interfaces tradicionales del mundo de

la informática (llamada WIMP: ventanas, iconos, menús y ratón), la interfaz hombre-máquina se convierte en multimodal. Se basa en el reconocimiento de voz, gestos o la manipulación de objetos reales.

- Inteligencia: la capacidad de analizar y adaptarse dinámicamente a las situaciones. El sistema debe aprender basado en el comportamiento del usuario con el fin de responder mejor. Esto implica la capacidad de almacenamiento, procesamiento y algoritmos de modelado.

El acceso a la inteligencia ambiental debe ser tan simple como sea posible y los servicios deben ser adaptados para el usuario, a su situación. Siempre existe una serie de obstáculos en el camino de esta perspectiva a la realidad: se refieren principalmente a la gestión de la complejidad, debido a las expectativas de los usuarios múltiples y la confianza del usuario con los servicios disponibles para ellos.

### 2.6.1. Percibiendo el ambiente del aprendizaje

La perspectiva puede ser descrita como la intención de un usuario en comprender una situación que otro usuario entiende [42]. Así como esta definición destaca, los mecanismos precisos de perspectiva no son muy específicos, aunque la investigación en psicología cognitiva ha sugerido un desplazamiento de la atención a las características del ambiente teniendo menos énfasis en un punto de vista egocéntrico [43, 44]. La práctica de aprendizaje es de gran importancia para el desarrollo de competencias teniendo como base un modelo social-participativo. El proceso de aprendizaje se ajusta a los supuestos fundamentales de aprendizaje situado e informal o aprendizaje social con un énfasis en la comunicación con los expertos.

Las teorías del aprendizaje situado cambian el enfoque de lo individual a los componentes sociales de aprendizaje de tres maneras: situado en la actividad práctica, en la cultura y

el contexto del ambiente de aprendizaje, así como en las características socio-biográficas de la vida de los aprendices [45]. Las características de los ambientes de aprendizaje son multifacéticas.

Un ambiente de aprendizaje puede ser considerado como un lugar donde se fomenta y apoya al aprendizaje. El ambiente de aprendizaje es difuso, no puede ser completamente pre-definido. A veces, los usuarios participan en la elección de las actividades de aprendizaje, controlando el ritmo y la dirección, por lo que un nivel de incertidumbre y sin control entra en juego. El ambiente de aprendizaje es la guía en un estado de continua provisionalidad y recelo, a pesar del cuidado y atención, el sistema será caótico para los usuarios. La naturaleza compleja de ambientes interactivos de aprendizaje requiere una cuidadosa planificación y un diseño para evitar los problemas emergentes. En un ambiente de aprendizaje efectivo debe complementarse con recursos adicionales de energía, de otros usuarios y por la cultura que los rodea [46].

## 2.7. Inteligencia computacional

La Inteligencia Computacional (IC) es un paradigma bien establecido en los sistemas actuales teniendo muchas características computacionales realizando diferentes tareas, algunas veces estas tareas pueden ser complicadas realizándose solo con acciones convencionales. La IC consiste en mecanismos de adaptación que perciben y aprenden los comportamientos inteligentes presentados en ambientes complejos y caóticos, adicionalmente también poseen atributos de abstracción, descubrimiento y asociación [47]. La IC está en rápido movimiento, se encuentra en un campo multidisciplinario, abarcando disciplinas como algoritmos, estructuras de datos, neuro-computación e inteligencia artificial por mencionar algunas [48]. Hoy en día, la IC ha llamado más la atención que la inteligencia artificial tradicional debido a que la IC es tolerante a la información imprecisa, a la verdad parcial, y a la incertidumbre [49].

La inteligencia artificial es ineficiente para resolver problemas con grandes tamaños de datos de entrada, como lo es el minado de datos, mientras que la IC si puede soportarlos.

### 2.7.1. Sistema de inferencia difuso

La computación usando inferencia basada en la lógica difusa es un método popular de la informática, hay muchas aplicaciones en áreas tales como: control de clasificación, sistemas expertos, robótica y reconocimiento de patrones. El Sistema de Inferencia Difuso (FIS) es conocido por muchos nombres tales como sistema difuso experto, modelo difuso, memoria asociativa de lógica difusa, controlador difuso y como sistemas de base de reglas difusas. El FIS representa la unidad principal de un sistema lógico. El FIS puede formular reglas adecuadas inclusive sobre las reglas de decisión realizadas. La figura : 2.1 muestra la estructura del FIS.

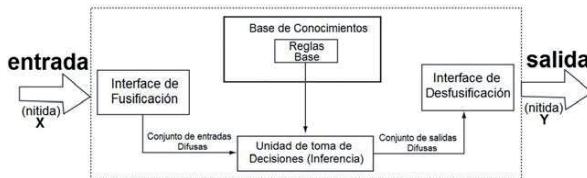


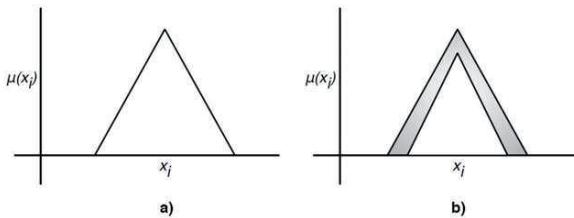
Figura 2.1: Sistema de inferencia difuso.

Un elemento importante del FIS son los conjuntos difusos, con ellos el conocimiento es particionado en situaciones particulares, el conjunto difuso se define por sus características vagas y ambiguas, sin embargo, los límites se especifican ambiguamente. Los conjuntos nítidos son conjuntos sin ninguna ambigüedad en sus funciones membresías. La teoría de conjuntos difusos puede tratar poderosamente con la ambigüedad presentada.

Lotfi Zadeh propuso el concepto de conjuntos difusos tipo-1 [50] y conjuntos difusos tipo-2 [51]. Los conjuntos difusos tipo-1 son descritos por funciones de pertenencia que son totalmente ciertas con valores numéricos entre  $[0,1]$ , mientras que los conjuntos difusos tipo-

2 son descritos por una función de pertenencia que por ella misma es difusa con valores lingüísticos y subjetivos. Los conjuntos difusos tipo-1 son ciertos. Los conjuntos difusos tipo-2 son útiles en escenarios en los que es complicado determinar una función membresía exacta, porque la incertidumbre está presente, por lo tanto, se pueden utilizar para manejar reglas y mediciones inciertas. Por estas razones, se optó por trabajar con el FIS tipo-2, porque permite a nuestra investigación tratar con la incertidumbre presente, de igual manera nuestro caso de estudio representa un contexto dinámico en el que la incertidumbre existe todo el tiempo y en todo momento.

La figura : 2.2 muestra una representación gráfica de conjuntos difusos, a) con lógica difusa tipo-1, y b) con lógica difusa tipo-2.



**Figura 2.2:** Conjuntos difusos tipo-1 y conjuntos difusos tipo-2.

## 2.8. Modelado basado en agentes

Modelado basado en agentes (ABM) por sus siglas en inglés, es aplicado cada vez más a numerosas situaciones empíricas [52]. Su ventaja metodológica radica en la capacidad de forma explícita de simular los procesos de toma de decisiones humanas, mientras considera un alto grado de heterogeneidad [53, 54]. El ABM aborda el inconveniente principal de los programas de simulación actual, que por lo general se limitan tanto a la predicción de la incertidumbre y responden dinámicamente a esta incertidumbre [55]. El ABM considera los

comportamientos emergentes de las interacciones de numerosos agentes autónomos [56].

El ABM tiene capacidades para hacer frente a la incertidumbre a acciones del mundo real utilizando técnicas de lógica difusa, conjuntos de aproximados, redes bayesianas, etc [57]. Un agente basado en ABM puede pensar y actuar como los seres humanos, al operar bajo el control autónomo, al percibir su ambiente y adaptarse a los cambios con el fin de alcanzar ciertos objetivos o metas [58]. En el comportamiento de toma de decisiones, el ABM supera a simple reglas reactivas if-then, al permitir a los agentes aprender y a cambiar los comportamientos en respuesta a sus experiencias [59]. Incluso en el nivel más simple, un ABM consta de agentes y de las relaciones entre ellos, pudiendo tener valiosas conclusiones acerca del sistema en su conjunto [60].

### 2.8.1. Arquitectura de agentes BDI

Hoy en día, las nuevas estrategias de cooperación para los sistemas multi-agente, la combinación de las representaciones de estado de alto nivel y las funciones de recompensa híbridas producen mejores resultados, tanto en términos de la tasa de finalización de tareas y de la eficiencia del aprendizaje. Desde el punto de vista de la sociología y la psicología, ha sido una dirección importante el uso del modelo BDI (Creencia, Deseo, Intención) para estudiar el modelado de agentes [61].

El modelo BDI representa una abstracción de la deliberación humana, basado en la teoría de las acciones racionales en el proceso de la cognición humana [62]. En una arquitectura BDI típica, los estados de los agentes son representados a través de tres tipos de componentes: creencias, deseos e intenciones. Si una meta ha pasado a través de una función de peso y se selecciona por un agente como una intención entonces el agente ha hecho un compromiso con esa meta. La intención es posteriormente planeada y ejecutada. Un proceso de deliberación selecciona la meta más óptima a partir de un conjunto de posibles opciones que satisfagan

el deseo específico. Los enfoques orientados a metas han avanzado, así como el método de modelado de requerimientos para evaluar las acciones probables de los usuarios [63].

Esto incorpora una noción de conciencia del comportamiento humano en el diseño del sistema y ha sido adoptado por los agentes con requerimientos orientados a metas [64]. El modelo BDI se ha convertido casi en una norma en el ámbito de los sistemas multi-agente (MAS), durante los últimos años [65].

### **BDI un sistema intencional**

El filósofo Daniel Dennett creó el término sistemas intencionales, argumenta en su trabajo que el comportamiento humano puede ser predicho y explicado a través de la atribución de actitudes [66] a los que llama estados intencionales, por el hecho de que parecen tener una estructura o prototipo que consiste en una actitud (p.ej. creer, desear, querer). A este estado mental intencional se le conoce también como actitud proposicional. A la hora de predecir el comportamiento, Daniel Dennett identifica otras estrategias; entre ellas habla de dos aproximaciones; la física y la de diseño; la primera, es de la que hacen uso las ciencias físicas, como la biología. Lo que es igual a predecir un sistema en base a su constitución física. Al respecto, vale la pena pensar en lo siguiente: no sería nada práctico explicar el procesador de una computadora en términos físicos. Más efectivo resultaría hacerlo en términos de diseño, es decir, bajo el supuesto de que el sistema se comportaría tal y como ha sido diseñado para comportarse.

Una vez expuesto lo anterior, es evidente el sentido funcional y práctico de emplear una estrategia intencional. Es importante recordar que el funcionamiento de esta estrategia requiere la suposición de que el agente es racional, y por tanto se comporta como debería comportarse en función de sus creencias, sus deseos y de sus intenciones. También presupone que se atribuye al agente como creencias todas aquellas verdades que son relevantes para sus

deseos y que le han proporcionado su experiencia, así como la atribución de todos aquellos deseos que son buenos para él.

### **BDI un razonamiento práctico**

La teoría BDI que trata de modelar la racionalidad de aquellas acciones tomadas por los seres humanos en determinadas circunstancias fue desarrollada por el filósofo Michael Bratman [67]. Un razonamiento práctico, es decir, razonamiento dirigido hacia las acciones; hacia el proceso de decidir qué hacer. A diferencia del razonamiento teórico que está dirigido hacia las creencias. Este tipo de razonamiento comprende dos actividades: I) Deliberación, es decir, decidir cuáles son las metas a satisfacer; y II) Análisis, medios afines, es decir, decidir cómo es que el agente va a lograr satisfacer esas metas. Ambas actividades pueden verse como procesos computacionales ejecutados por agentes con racionalidad acotada.

La racionalidad acotada tiene dos implicaciones importantes [68]: I) Puesto que la computación es un recurso valioso para los agentes situados en ambientes de tiempo real, un agente debe controlar su razonamiento eficientemente para tener un buen desempeño; y II) Los agentes no pueden deliberar indefinidamente, deben detener su deliberación en algún momento, elegir los asuntos a atender, y comprometerse a satisfacerlos.

Al hacer la distinción de dos tipos de intenciones, con respecto a su proyección se toma en cuenta lo siguiente: I) La intención presente nos sugiere que hacer en el ahora, y que la acción llevada a cabo es intencional; II) La intención futura puede ser vista más bien como un compromiso, el cual dirige en el curso de acción, y está estrechamente relacionada con lo que se llama planes.

Las intenciones deben ser consistentes con las creencias, las violaciones a esta restricción constituyen una forma criticable de irracionalidad. Los casos donde un agente intenta una acción sin creer lograrla, a esto se le conoce como intención-creencia incompleta o inconsistente

y están más cercanos la irracionalidad, es decir el intentar algo que se cree posible suena más racional que intentar algo que no se cree posible.

### Agente BDI

Entre los modelos de agencia racional propuestos en inteligencia artificial, el modelo de agentes intencionales BDI ha resultado de gran relevancia. Un agente BDI en su estado interno consiste en cuatro estructuras de datos: creencias, deseos, intenciones y la biblioteca de planes.

El ciclo de interacción de un agente basado en una arquitectura BDI es aproximadamente como en la figura: 2.3.

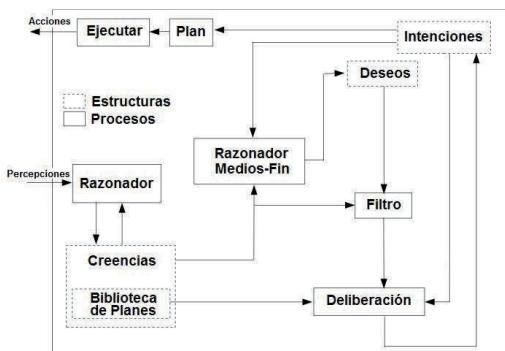


Figura 2.3: Una arquitectura para agentes racionales.

- Aunque la percepción es normalmente empaquetada en paquetes discretos llamados perceptos. Por simplicidad, solo se muestra en la figura: 2.3 como una entrada al agente ligada directamente a las creencias.
- Un agente actualiza sus creencias con una función de revisión de creencias basada en

su percepción y sus creencias actuales. Algunas veces esta función se conoce como razonador (reasoner).

- Un agente selecciona los planes relevantes usando un razonador de medios-fines (means-end reasoner), basado en las creencias actuales del agente y sus intenciones previas. Los planes seleccionados por esta función se consideran como los deseos del agente.
- Los planes generados por el razonador de medios-fines son filtrados por el agente, basado en sus creencias actuales, sus deseos y sus intenciones previas. La función filtro (filter) mantiene la consistencia y restringe las opciones que serán consideradas en la deliberación. El filtrado debe ser computacionalmente acotado (restringido en tiempo).
- Finalmente una función de deliberación selecciona las opciones que serán incorporadas como intenciones, basada en razones creencia-deseo y la biblioteca de planes. Debido a que las intenciones están estructuradas como planes, una función plan es utilizada para seleccionar la intención que será ejecutada.

### 2.8.2. Modelado multi-agente

En la actualidad, el modelado multi-agente puede ser representado como un paradigma efectivo como los son los Sistemas Multi-Agente (SMA), un campo de investigación activo y prometedor en las ciencias computacionales. Los SMA proporcionan adaptabilidad, escalabilidad, distribución, tolerancia a fallos inteligencia y autonomía. Todas estas características hacen de la tecnología multi-agente un enfoque interesante para un amplio conjunto de aplicaciones. Actualmente los temas de investigación sobre sistemas multi-agente incluyen definiciones, normas, metodologías, lenguajes de programación, semánticas, plataformas y comunicación.

El ambiente sensible al contexto integrado por agentes autónomos heterogéneos requiere

de algunas formas de control social, este control permite a los agentes trabajar y colaborar en un grupo para alcanzar con eficacia los objetivos y metas garantizando el orden y la previsibilidad [69]. La interacción entre los individuos es un proceso complejo, con el fin de resolver problemas, la investigación en SMA se convierte en una dirección importante de inteligencia artificial para ayudar con esta cuestión [70].

Las características claves del SMA en la ingeniería de sistemas auto-adaptables son específicamente, sensibilidad al contexto, robustez en respuesta a fallos y eventos inesperados. El SMA puede estar basado en metas, el acoplamiento de los agentes proporciona la flexibilidad necesaria para la auto-adaptabilidad y la reutilización [71]. Los agentes son objetos autónomos e independientes que logran sus tareas, objetivos, metas y son componentes flexibles pueden combinarse y segregarse unos de otros en un ambiente [72].

El SMA es uno de los métodos más utilizados para el modelado y simulación de ambientes interactivos. EL SMA puede modelar el comportamiento de un conjunto de entidades organizadas de acuerdo a las leyes de tipo social [73], los agentes tienen autonomía y están embebidos en un ambiente en donde tienen interacción [74]. El SMA puede ser aplicado en varias áreas, puede ser utilizado como un paradigma de modelado o como una solución para la implementación de software. Los modeladores también pueden utilizar el SMA para crear representaciones computacionales de eventos dinámicos. Un SMA es una poderosa técnica de modelado para simular las interacciones individuales en un sistema complejo, dinámico e interactivo, el SMA se distingue por su capacidad de simular situaciones con un comportamiento impredecible y emergente [75].

### **Clasificación de SMA conforme a sus capacidades**

En algunos sistemas multi-agente, los agentes tienen diferentes funciones, a menudo perciben su entorno a través de mensajes. Sus acciones reflejan las opciones de comportamiento

que dependen del entorno percibido. Los SMA se dividen en dos grandes categorías: SMA llamados reactivos y SMA llamados cognitivos. Un SMA es reactivo si su comportamiento se basa en las acciones predeterminadas finalizadas y en marcha automáticamente, los agentes operan en un modelo de manera simultánea [76].

El ejemplo se encuentra comúnmente en la literatura, en la colonia de hormigas [77]. En la naturaleza, las hormigas a través de la deposición de las feromonas en un estado físico y otras hormigas siguen el camino para pasar del stock de alimento al nido. Un sistema multi-agente, compuesto por agentes reactivos, perfectamente puede imitar este comportamiento. Pero este tipo de SMA también puede resolver problemas complejos, proporcionando una visión parcial de su entorno a cada agente. Alexis Drogoul con el ejemplo utilizado para resolver problemas tales como el N-Puzzle(Game Trailer) [78].

De este modo, los agentes reactivos perciben su entorno y actúan en consecuencia mediante la elección de comportamientos predefinidos que se adaptan a la situación. En un SMA los agentes cognitivos, cada agente tiene habilidades de razonamiento y memoria. En un agente cognitivo se pueden manipular el conocimiento a inferir en uno nuevo. Es una entidad de IA desarrollado típicamente en forma de un pequeño sistema experto. Los más representativos de esta familia de agentes pertenecen al modelo BDI [79]. En un SMA existen también agentes híbridos, los agentes tienen tanto características cognitivas como reactivas. Combinan la velocidad de respuesta de los reactivos con el razonamiento de los agentes cognitivos (p.ej. la arquitectura ASIC [80], ARCO Arquitectura [81] y la arquitectura ASTRO [82]).

Sea cual sea su tipo, cognitivos, reactivos, o híbridos, un SMA es siempre una comunidad de agentes proactivos. La pro-actividad es la posibilidad de que un agente, cambie durante la percepción en su entorno, adopte un comportamiento apropiado sin intervención humana. El agente parece actuar de forma espontánea, los comportamientos no son estáticos: se puede cambiar, especialmente si el agente es cognitivo.

### Agente

Antes de que se incursione en la búsqueda de una definición satisfactoria sobre el término agente, una aclaración previa es necesaria: tal definición no existe. Dentro del área de la IA, no se ha logrado conciliar un acuerdo general sobre el concepto de agente (mucho menos a un nivel interdisciplinario). Sin embargo, se tiene a disposición una gran cantidad de conceptualizaciones, y definiciones consensuadas, que si bien podrían resultar muy generales para ciertos casos, han sido ampliamente aceptadas por la comunidad de investigadores de la IA.

A continuación se muestran algunas:

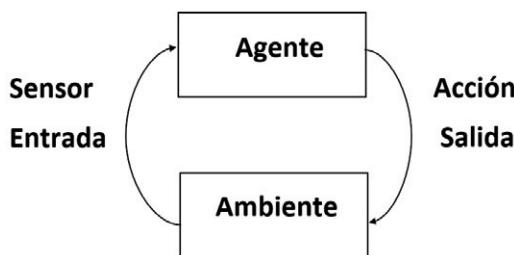
- Stuart Russell y Peter Norvig: Un agente es cualquier cosa capaz de percibir su ambiente con la ayuda de sensores y actuar en ese medio utilizando actuadores [83].
- Pattie Maes: Un agente autónomo es un sistema computacional situado en algún ambiente complejo, capaz de sensar y actuar autónomamente en su ambiente, con el propósito de realizar un conjunto de metas o tareas para las cuales ha sido diseñado [84].
- Barbara Hayes Roth: Los agentes inteligentes efectúan de forma continua tres funciones: percepción de condiciones dinámicas dentro de un ambiente; acciones que afectan tales condiciones en el ambiente; y, razonamiento para interpretar las percepciones, resolver problemas, generar inferencias y determinar acciones [85].
- Michael Wooldridge: Un agente puede ser algún hardware, o más comúnmente, un sistema basado en software computacional, que reúne las siguientes propiedades: autonomía, actividad social, reactividad e iniciativa [86].

Así mismo un agente: es una entidad real o virtual, cuyo comportamiento es autónomo, operando en un ambiente que es capaz de percibir y en la que puede actuar e interactuar

con otros agentes [73, 87] A partir de esta definición, [73] define un agente como una entidad física o virtual:

- Que es capaz de actuar en un entorno, se puede comunicar directamente con otros agentes.
- Es impulsado por un conjunto de tendencias (en forma de objetivos individual o en función de la satisfacción, incluso la supervivencia que busca optimizar).
- Tiene de sus propios recursos.
- Es capaz de percibir (pero limitado) el entorno de su ambiente.
- Tiene solo una representación parcial de este entorno y posiblemente de ninguno.
- Posee habilidades y proporciona servicios.
- Tiene un comportamiento que tiende a satisfacer sus objetivos, teniendo en cuenta los recursos y los conocimientos de que dispone, en función de su percepción.

La figura: 2.4 presenta una perspectiva abstracta de alto nivel para ver a los agentes basados en su situacionalidad.



**Figura 2.4:** Perspectiva abstracta de alto nivel basado en su situacionalidad.

## 2.9. Sistemas complejos

En las ciencias naturales y ciencias de la computación, el método más común para comprender o analizar un sistema se basa en una descomposición del sistema en sus partes elementales y en su estudio aislado en profundidad, con el fin de comprender la totalidad, es decir, el reduccionismo de Descartes.

El enfoque sistémico se inicia primero en examinar y comprender las relaciones entre los diferentes elementos del sistema. El enfoque sistémico es una teoría general, ya que sus principios se pueden aplicar a cualquier disciplina o área. Una de las maneras más comunes para abordar el enfoque sistémico es: el que un todo es solo más que la suma de sus partes, en palabras de [88] :

El campo de los sistemas complejos cuestiona la idea de que comprender perfectamente el comportamiento de cada uno de los componentes de un sistema, si no comprender el sistema en su conjunto.

Los sistemas complejos están compuestos de un gran número de elementos que interactúan, dos de sus propiedades son ubicadas aparte del sistema complejo y son meramente complicados: emergencia y auto-organización. La emergencia es la aparición de un comportamiento que no se puede prever a partir del conocimiento de los componentes del sistema por si solas [89].

Además, las propiedades recién emergentes dan retro-alimentación de información a las entidades originales de nivel inferior, entrando en un bucle de retro-alimentación, donde cada elemento (micro/macro nivel) interactúa. La auto-organización significa que no hay un controlador externo o planificador que ayude a la aparición de las características emergentes, si no que aparecen de forma espontánea [89]. La motivación para el estudio de sistemas complejos es que actualmente existen muchas oportunidades y los retos actuales (globalización,

cambio climático, sostenibilidad, terrorismo y epidemias) son complejas. Cada uno de estos dominios se compone de un conjunto de diversas entidades y actores que interactúan de forma dinámica y se sumergen en un mar de información [88].

### 2.9.1. Sistema adaptativo

Si bien es cierto algunos confunden adaptabilidad con adaptatividad, en esta investigación, se entiende por adaptabilidad la posibilidad de permitir al usuario, modificar los parámetros del sistema para adaptarlo hacia a su comportamiento, mientras que por adaptatividad se entiende como la capacidad del sistema de adaptarse automáticamente al usuario, basado en suposiciones sobre el mismo.

Según Benyon [90], un sistema adaptativo es aquel que basado en el conocimiento, altera automáticamente aspectos de funcionalidad e interacción para lograr acomodar las distintas preferencias y requerimientos de sus distintos usuarios. Como ejemplos de comportamiento adaptativo se pueden citar la presentación de formularios y menús dependiendo de la tarea a realizar, la presentación de información relevante según la tarea o de un usuario que la demande, o el ofrecimiento de ayuda según el contexto de trabajo.

#### Sistemas Complejos Adaptativos (CAS)

Se definen como sistemas que son capaces de adaptarse y auto-organizarse en respuesta a las perturbaciones o distorsiones en el medio ambiente o por el resultado de ciertas interrelaciones entre los elementos. La adaptación final del sistema es el resultado de la adaptación individual de cada uno de los elementos que lo integran, ya que no existe un control centralizado y por lo tanto no existe un objeto único que represente el sistema entero.

## 2.10. Ambientes pervasivos

Existen muchas interpretaciones acerca de la visión de Weiser de ambientes pervasivos [91]. Una idea es el espacio “inteligente”, espacios normalmente instrumentados con sensores embebidos (como cámaras, sensores ultrasónicos, sensores de movimientos, etc.) que se utilizan para inferir en las interacciones y acciones que ocurren dentro del ambiente [92, 93, 94]. Una cuestión fundamental para este tipo de espacios es cómo permitir la interacción del usuario más allá de las formas tradicionales como la computación de escritorio.

La computación se encamina hacia ambientes pervasivos en el que se espera que todos los dispositivos, agentes de software y servicios sean de igual manera embebidos e integrados con el fin de cooperar y apoyar con los objetivos de las personas anticipándose a las necesidades, negociación de servicios, actuar en representación nuestra, así mismo, proveer de servicios en todo lugar, en todo momento y a toda hora [91, 95]. Un paso importante para la computación pervasiva es la integración de agentes inteligentes que emplean sus conocimientos y razonamientos para comprender el contexto y compartir información en apoyo de las aplicaciones e interfaces inteligentes.

Los ambientes pervasivos se caracterizan por ser un entorno omnipresente con capacidad de cómputo y comunicación limitada, sin embargo, los dispositivos embebidos en el ambiente se realiza de una manera que se considera una “tecnología que desaparece” ya que se lleva a cabo en segundo plano, siendo transparente para el usuario. Considerando que el movimiento es una parte integral de la vida cotidiana, esta tecnología apoya dicha movilidad ya que es omnipresente; de lo contrario, el usuario estará consciente de la ausencia de la tecnológica cuando se mueve.

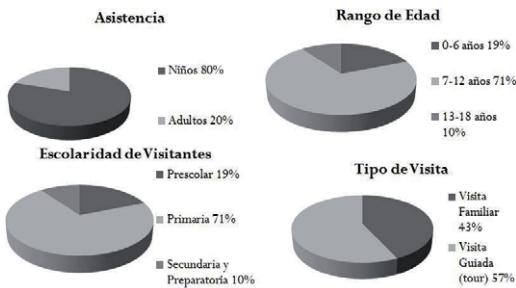
# **Capítulo 3**

## **Caso de Estudio**

Este capítulo, se presenta el caso de estudio basado en la observación donde se analiza, investiga y se modelan escenas de entornos interactivos, con el fin de representar ejemplos reales de interacción. Los museos interactivos tienen una gran variedad de exposiciones interactivas y muestran diversas situaciones que surgen debido a la presencia de la interacción en grupos de personas.

En primer instancia, debido a la amplitud de sus instalaciones y la dinámica que presenta derivada de las actividades diarias, las instalaciones del museo interactivo el Trompo, ubicado en Tijuana, México, con una asistencia anual de 154,070 visitantes por año es un lugar magnífico para el caso de estudio la figura : 3.1 muestra algunos detalles del mismo.

Debido a que es un museo interactivo dedicado a la educación, su objetivo principal es ser un lugar donde se pueda interactuar y jugar mientras aprenden. El museo es un lugar idóneo para analizar el comportamiento de usuarios en especial de niños y adolescentes, siendo estos el objetivo central del investigación, estos usuarios en algunos casos, se ven influenciados y limitados, por su propios guías o profesores de sus escuelas y guías del museo afectando directamente su comportamiento interactivo, limitando el comportamiento emergente, basa-



**Figura 3.1:** Porcentaje de asistencia, edad, escolaridad y tipo de visitas de usuarios del museo interactivo el Trompo.

do en reglas impuestas afectando el aprendizaje innato del individuo afectando el tipo de interacción y el nivel de interacción.

El tipo de comportamiento y de aprendizaje es muy diferente cuando este no es influenciado por terceros como son los guías, profesores y padres de familia este comportamiento es natural, los niños tienen más autonomía resultando una manera de comportamiento innato, para interactuar con los módulos de exhibición, ya que al usuario no se le presiona en tiempo, desplazamientos, trayectorias, interacciones, repercutiendo en su aprendizaje de una manera por medio de la interacción y el juego.

Se analizaron patrones de comportamiento del ambiente del museo interactivo tales como: desplazamientos, trayectorias, lugar de interacción, quienes forman parte de la interacción, tiempo de interacción, tiempo de lectura de etiquetas de información, familia, fatiga, comportamiento social, visitas reincidentes, impacto de aprendizaje de información de las exhibiciones, actitudes, comportamientos e intereses.

Esta información es crucial para la construcción de modelos con el fin de ayudar al diseño del formato de presentación de los módulos de exhibición, señalizaciones, diseño de medios de comunicación e información de contenidos. Así mismo esta información mejora los métodos

de medición, el análisis para evaluar el comportamiento, rendimiento, acciones del visitante, así como el impacto a corto, mediano y largo plazo de las experiencias de interacción, participación, pautas de comportamiento social y asistencia.

### 3.1. Esquema de interacciones del museo interactivo

La información recabada y analizada en la investigación se depura y sirve para retroalimentar el modelo de interacción basado en un sistema adaptativo con el fin de garantizar la calidad de los servicios interactivos.

Las interacciones de este modelo consisten en las interacciones de seis tipos de agentes. Los cuales se describen a continuación:

- Agente administrador museo. Es el agente más importante del modelo, este centraliza todas las solicitudes de los usuarios. Este agente maneja todo el contenido del museo, puede encontrar y adaptar el servicio de acuerdo al perfil de usuario, evitando sobre-carga de solicitudes. También mantiene la base de conocimientos utilizando técnicas de aprendizaje.
- Agente adaptador. Analiza todas las peticiones de los usuarios, ayuda a los usuarios a solicitar servicios de acuerdo a su perfil. Utiliza algoritmos de lógica difusa y razonamiento, para decidir qué servicio o contenido propuesto es el mejor entre las diversas propuestas recibidas.
- Agente usuario. Es aquel que representa al usuario y es su representación ante el sistema, es la clave para comunicarse con otros agentes implicados para recibir o solicitar datos de acuerdo a al perfil de usuario.
- Agente museo usuario. Proporciona al agente usuario la información especialmente

procesada directamente del museo, sirve como interfaz entre el usuario y el resto de los agentes implicados para recibir información de acuerdo al perfil de usuario.

- Agente dominio. Contiene el conocimiento del entorno físico, la información como la ubicación, contenido del museo, los servicios de seguridad de acceso a datos, adicionalmente contiene toda la información de las exposiciones del museo y todos los contenidos de aprendizaje.
- Agente dominio museo. Proporciona al agente dominio, información especializada relacionada con el contenido del museo, sirve como interfaz entre el dominio y los demás agentes que intervienen para proporcionar información y contenido de acuerdo al perfil de usuario.

En la figura: 3.2 se explican a detalle las interacciones de los agentes que componen el ambiente del museo interactivo.

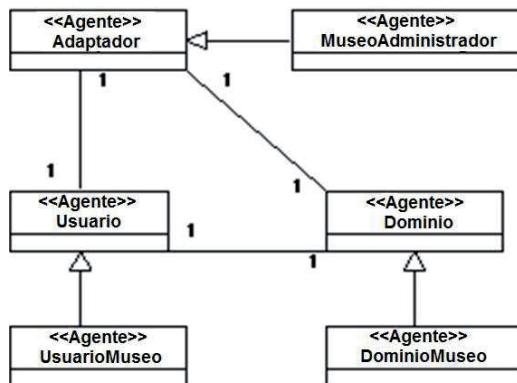
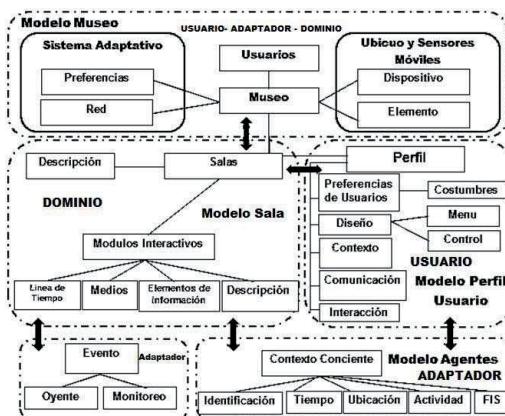


Figura 3.2: Esquema de interacciones en museo interactivo.

### 3.2. Representación del modelo de interacción adaptativo en museo interactivo

Las visitas guiadas en un museo tipo conferencia ya no parecen ser tan efectivas como lo eran hace muchos años. Se ha demostrado que los visitantes aprenden más haciendo cosas, aunque ello conlleve cometer fallos, que escuchando pasivamente a otros. Cuando un guía es muy elocuente lo más que puede conseguir es inspirar a la audiencia, pero los visitantes no van a internalizar procedimientos que le permitan hacer una mejor interacción.

Sin embargo, tal como se ha descrito en el libro, líneas de investigación se centran en la esencia de que un sistema adaptativo debe tener la capacidad de adaptarse dinámicamente a las necesidades de los visitantes basándose en tres elementos: usuario, adaptador y dominio, con el fin de que las interacciones ayuden en el proceso de aprendizaje de los visitantes. En la figura: 3.3 muestra la representación exemplificando el uso de los tres elementos básicos (usuario, dominio y adaptador).



**Figura 3.3:** Modelo de interacción adaptativo en museo interactivo

La representación del modelo consta de cuatro sub-modelos (Modelo Museo, Modelo Sala, Modelo Perfil de Usuario, Modelo Agentes) y un componente que lo integra (Eventos). A continuación se describe cada uno de ellos.

- El modelo museo, está compuesto por dos elementos el primero el sistema adaptativo que lo integran las preferencias las cuales consisten en un historial de correlaciones entre usuarios y los servicios que han sido utilizados, así mismo la red la cual permite la conexión entre todos los elementos que integran el ambiente, estableciendo una conexión y una comunicación directa, sirve como intermediario entre el usuario y el ambiente.

El segundo elemento que compone este modelo es: ubicuo y sensores móviles, lo integran todos aquellos dispositivos electrónicos que ejecutan todas las solicitudes e interacciones y elementos entre el usuario y el ambiente, permiten la identificación del usuario al sistema permitiendo o denegando acceso a los servicios, contenidos e interacciones generales o personalizadas que estén disponibles para el usuario, estos dispositivos se encuentran embebidos en todo el ambiente de una manera transparente para el usuario, aumentando la sensibilidad al contexto.

El elemento museo, permite la comunicación relacionando el sistema adaptativo, sensores móviles y ubicuos, permitiendo una comunicación directa con el elemento más relevante los usuarios, permitiéndoles el acceso directo al ambiente con todos los modelos que lo integran dando lugar a ocurrencias de interacciones y solicitudes de servicios que requieran.

- El modelo de sala, consiste en tener todo el contenido, información y objetos que componen el ambiente. Está compuesto por la descripción de todas las salas, aquí se encuentran las principales características y elementos claves de información que se ofrecen al usuario por parte del ambiente, estas descripciones definen características físicas, pedagógicas y tecnológicas del elemento salas. Adicionalmente el modelo sala, se

compone de todas las características de los módulos interactivos que integran el sistema, contiene la línea de tiempo donde se registra el tiempo y tipo de interacción entre el usuario y el modulo interactivo, el elemento medios (auditivo, visual, sensitivo ,etc.), es utilizado por el usuario para interactuar con el modulo, adicionalmente contiene toda la información elemental y clave ayudando a retroalimentar al usuario, resultando una mejor interacción con el ambiente.

Por último se tiene toda la información y descripción elemental del módulo interactivo con sus principales características tanto físicas, tecnológicas y pedagógicas retroalimentado en gran medida al modelo sala con el fin de mejorar la calidad de la interacción del usuario.

- El modelo perfil usuario, contiene la información acerca del usuario, características, preferencias, así como una correlación directa con el modelo salas permitiendo una mejor interacción en base al perfil del usuario. Los perfiles pueden diferir en los tipos de interacción, medios de comunicación disponibles, aspectos de diseño, personalización y privilegios. Todas las posibles interacciones de estos perfiles se especifican en este modelo.

El elemento preferencias contiene todas las predilecciones del usuario, todo el histórico de información de los servicios y contenidos que utiliza, estas preferencias pueden personalizarse en base a los tipos de interacción por parte del usuario.

El elemento diseño consiste en personalizar y diseñar todos los menú y controles de los contenidos que el usuario haya interactuado con el fin de ofrecer una interacción más adecuada en base al perfil. El elemento contexto consiste en guardar y retroalimentar todos los contextos a fines por parte del usuario resultado de los distintos tipos de experiencias de interacción en el ambiente, con el fin de ofrecer contextos que sean acordes en base al perfil de usuario.

El elemento comunicación consiste en monitorear y guardar todos los distintos tipos de comunicación que tiene el usuario con los componentes que integran el ambiente, guardando un historial de todos los tipos de comunicación retroalimentando el ambiente en gran medida.

Por último se tiene el elemento interacción siendo este uno de los más importantes ya que guarda y retroalimenta todos los tipos de interacción por parte del usuario con el ambiente, aquí se analiza el comportamiento del usuario en base a los tipos de interacción resultantes de las experiencias de uso con el ambiente, es parte fundamental para que se ofrezcan al usuario servicios e información adaptables y que realmente estos sean acorde al perfil de usuario ofreciendo servicios de calidad, adaptable e idóneos.

- **Modelo agentes.** Este modelo representa al ambiente la conciencia del contexto en diferentes situaciones de todos los eventos, salas, módulos, usuarios, dispositivos que interactúan entre ellos, solicitando o recibiendo información o servicios. Por lo tanto, para dar cierta inteligencia al sistema se utilizan agentes de software que son entidades capaces de colaborar a través de intercambio de información y servicios siendo requeridos al momento inmediato, con el fin de resolver problemas complejos [96].

Este ambiente tiene elementos que lo conforman tales como: identificación, la cual permite la identificación del usuario, crea y lo correlaciona con un agente de software, se tendrá un usuario real y un usuario virtual (agente), con el fin de que este último pueda retroalimentar a usuarios que tengan perfiles similares y que puedan ayudar a mejorar la interacción de los mismos.

El elemento tiempo consiste en medir, monitorear y administrar todos los tiempos de interacción, tiempos de uso y solicitud de información, para retroalimentar al modelo perfil para que este conlleve en ofrecer servicios adecuados en tiempo y contenido al usuario.

El elemento ubicación permite al ambiente, la localización de todos los elementos que están involucrados en las distintas interacciones, salas y módulos interactivos, con el fin de retroalimentar al sistema para que este ofrezca los servicios adecuados en base a la ubicación.

El elemento actividad es aquel que se encarga de monitorear y administrar todas las actividades que se realizan dentro del ambiente tales como: interacciones, traslados, ubicaciones, solicitudes de información, registros de entradas y de salidas con el fin de retroalimentar al ambiente y que este consiente de todo lo que se lleva a cabo dentro del mismo.

El elemento FIS es uno de los elementos más importantes de este modelo ya que permite agregar a los agentes de software cierta inteligencia basado en sistemas de inferencia difusa que les permita, correlacionar servicios en base al perfil, tipo de usuario, historial, tipos de interacción, tipos de contenidos, servicios e información solicitados, retroalimentando al ambiente para ofrecer servicios que el usuario realmente requiera en tiempo y en forma, con el fin de aumentar el expertísimo del ambiente y del usuario.

- El elemento evento, propiamente no es considerado como un modelo ya que en este se encuentran todos los eventos que se llevan a cabo dentro del ambiente y sirven como entrada para los distintos modelos, ayudado de sus sub-elementos oyente y monitoreo permiten al sistema monitorear todos los eventos que se realizaron y realizan, retroalimentando de manera inmediata a todos los modelos con el fin de que estén preparados para ofrecer los servicios e información que los usuarios soliciten.

### **3.3. Análisis y monitoreo de usuarios en museo interactivo**

Con la idea de analizar y monitorear los posibles patrones de comportamiento por parte de los usuarios, se estudian los módulos de exhibición (contenido, objetivo, interfaz de medios de comunicación, etc.) del museo, pero particularmente se elige un módulo interactivo interesante con características que nos permiten obtener la mayoría de los parámetros a analizar.

El nombre de este módulo de exhibición es "dominio en movimiento", la experiencia educativa de esta exhibición es que los niños juegan en una pantalla con uno de los cuatro objetos (coche, avión, motocicleta y globo aerostático) se muestran simultáneamente en las cuatro pantallas un mundo virtual, experimentando las cuatro maneras de pasear por todo el mundo virtual simulada a través del software, los niños pueden obtener la experiencia con todos los medios de transporte, pueden interactuar en el mundo virtual y ver cómo los demás usuarios viajan por el mismo, el objetivo es permitir a los niños desarrollar habilidades de coordinación ojo-mano, así como la orientación espacial mediante la tecnología, el contenido de la exhibición es la coordinación del ojo y la interacción con los juegos electrónicos, el mensaje de la exhibición es puedo aprender acerca de la realidad virtual a través del juego, la edad sugerida para interactuar es de 6 a 12 años, el número de usuarios que puede interactuar al mismo tiempo es cuatro, la interfaz del módulo consta de cuatro módulos conectados con conectores electrónicos, cada módulo con su cubierta, soporte para pantalla de 32", comparten un software (que simula el mundo virtual) y un gabinete para proteger la computadora central.

El módulo con un joystick es para pilotear el avión, el módulo con volante y pedales es para manejar el automóvil, el módulo con los manubrios para manejar la motocicleta y el módulo de la cuerda para volar el globo aerostático, este módulo de exhibición interactivo, es uno de los más visitados del museo interactivo, permite, además, a la investigación obtener

datos relevantes e importantes para el análisis y el procesamiento. La figura 3.4 representa el módulo de análisis.



Figura 3.4: Módulo de exhibición interactivo analizado.

### 3.3.1. Evaluación de la interacción del usuario

En esta sección se presentan los resultados analizados y obtenidos a partir de una muestra de 500 usuarios, estos datos son el resultado del monitoreo de usuarios de visitantes reales del museo interactivo.

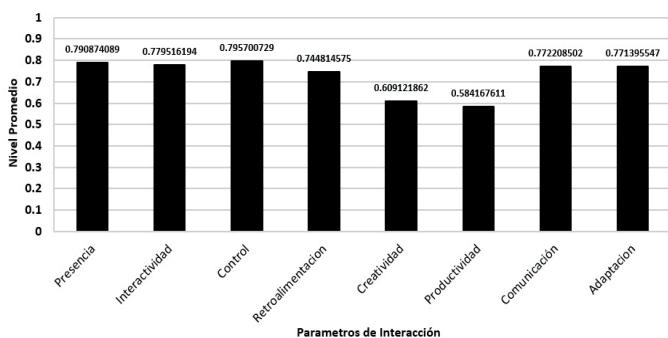
Para obtener toda la información, se realiza un monitoreo físico y se instalaron cámaras de video en todas las áreas de exhibición interesadas, la instalación de cámaras fue estratégico y no invasivo, con el fin de documentar y permitir la interacción del usuario en una forma normal y de libertad.

Adicionalmente se analizan y estudian parámetros como la interactividad (tipo de interacción, manera de interacción, tiempo de interacción y ¿Qué es lo que hacen?), Presencia (¿Tienen una presencia en el área de exposición?, tipo de presencia y tiempo de presencia), control (¿Se interactúa directamente con la exposición? ¿Se tiene control sobre la exposición?, ¿Se usa algún dispositivo para controlar la exposición?, ¿Cuál es el tiempo de control? ), retroalimentación (¿Se recibe alguna retroalimentación sobre el contenido?, ¿Se recibe alguna retroalimentación sobre la interacción, ¿Se recibe alguna retroalimentación entre usuarios?,

¿Se recibe alguna retroalimentación del guía?, ¿Se recibe alguna retroalimentación del maestro?, ¿Se usa esta retroalimentación para mejorar la interacción?, ¿No les importa la retroalimentación?), creatividad (¿Hicieron algo creativo?, ¿Cambiaron la forma de interactuar de acuerdo a su creatividad?), productividad (¿Producieron algo durante la interacción?, ¿Ayudaron a otros usuarios?, ¿Propusieron algo respecto a su interacción?, ¿Interactúan de distintas maneras? ), comunicación ( ¿Tienen comunicación con otros usuarios?, ¿Tienen comunicación directa de la exhibición?, ¿Tienen comunicación del guía?, ¿Tienen comunicación del maestro?, ¿Tienen comunicación de un dispositivo electrónico personal? (teléfono móvil, tableta, iPad, etc.) ) y el último parámetro adaptación (¿Se adaptan sus acciones de acuerdo a la exhibición?, ¿Adapitan su forma de interacción basados en la exhibición?, ¿Adapitan sus acciones cuando interactúan al mismo tiempo con otros usuarios?, ¿No se adaptan algo?).

Todos estos datos fueron analizados con el fin de convertirlos en las entradas del sistema de inferencia difuso ayudándonos a conocer los niveles de interacción.

La figura 3.5 representa en detalle algunos promedios de los resultados de los parámetros de los 500 usuarios analizados.



**Figura 3.5:** Promedio de parámetros de interacción.

Por otra parte, se construye una base de datos del museo interactivo, almacenando el

rendimiento de los usuarios. Esta base de datos registra todas las entradas de cada interacción de los usuarios, recolectada a partir del resultado de las diferentes interacciones, así como el nivel general de interacción de los 500 usuarios producidos por el FIS, todas los rendimientos corresponden al nivel mínimo y máximo, también se almacena la identificación del usuario y la información de la evaluación que lleva. De estos datos se realizó un análisis por separado de los 500 usuarios, con el fin de representar los diferentes tipos de escenarios que obtienen diferentes niveles de interacción.

En este análisis se presentan casos de usuarios con diferentes conjuntos de desempeño que van desde extremadamente baja interacción, muy baja interacción, baja interacción, media interacción, muy alta interacción y extremadamente alta interacción. Adicionalmente algunos resultados fueron obtenidos del análisis de la muestra: el 84.60% eran de género masculino, el 15.40% eran género femenino, esto significa que la mayoría de los usuarios que interactúa son hombres, el 90.40% de los usuarios son no recurrente, esto significa que la mayoría de los usuarios no vuelven a interactuar en la misma exhibición y el 85.60% de los usuarios interactuaron con un compañero en la exhibición, esto significa que los usuarios en la mayoría de los casos no interactúan solos, tienen una constante retroalimentación de otros usuarios. La figura 3.6 muestra en detalle algunos de estos resultados.

Por otra parte, el resultado del promedio del tiempo de interacción es 00:01:31, esto significa que el tiempo promedio de interacción es el adecuado para tener una buena interacción entre los usuarios y la exhibición. Se obtuvieron, además, en este análisis, el promedio total del nivel de interacción de los 500 usuarios, utilizando en primera instancia un enfoque basado en una función lineal múltiple fue 3.64, esto significa que los usuarios tienen una tendencia a nivel 4, este nivel representa un mayor control e interacción entre usuario-exhibición, la mayoría de los usuarios puede alterar el mensaje por medio de retroalimentación.

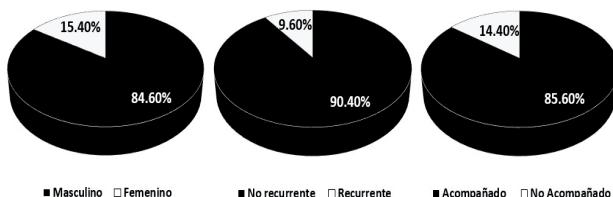


Figura 3.6: Porcentaje de género, recurrente y acompañado de 500 usuarios.

### 3.3.2. Evaluación de nivel de interacción y distancia del usuario

En esta sección se presenta el análisis y la evaluación del nivel de interacción y distancia basándose en el comportamiento, acciones, rendimiento de usuarios de 6 a 12 años, así mismo se analiza el tipo de contenido interactivo, información o servicios que los módulos de exhibición proveen, si el contenido proporcionado es adecuado a los niños, si es adecuado en cuanto al tipo de interacción del individuo, si este contenido mantiene la atención de los niños o la perjudica.

Adicionalmente se analizó el objetivo de la interfaz multimedia de los módulos de exhibición, si el objetivo es el adecuado con el fin de fomentar una buena interacción para los niños, si la interfaz de comunicación es suficiente para tener una buena interacción. Después de haber analizado los diferentes módulos de exhibición, se optó por el mencionado módulo interactivo “dominio en movimiento” con características que permiten obtener la mayor parte de los parámetros a analizar.

Se analizó y estudio, adicionalmente a los parámetros de presencia, interactividad, control, retroalimentación, creatividad, comunicación, productividad, adaptación, los parámetros de nivel de interacción (*¿Cuáles son los factores que influyen para aumentar o disminuir el nivel de interacción?, ¿Cuál es la calidad de la interacción?, ¿Cuál es el tiempo de interacción?, ¿Cuáles son los factores de abandono en la interacción?*) y el parámetro de distancia (*La*

distancia es adecuada para interactuar con la exhibición?, ¿La distancia es un factor para interrumpir o para mejorar la interacción?).

Todos estos datos fueron analizados para realizar un FIS más completo con todos los posibles factores implicados, con el fin de obtener el tipo de contenido interactivo adecuado. La figura : 3.7 muestra en detalle algunos resultados promedio de los parámetros de los 500 usuarios analizados.

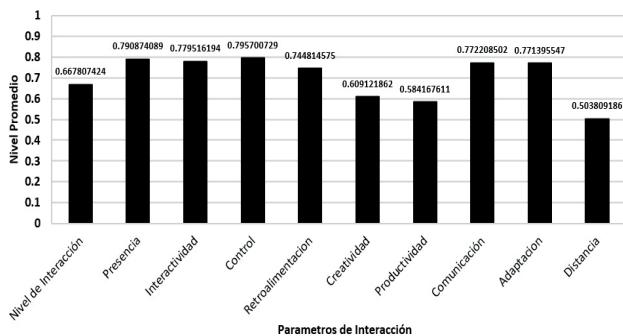


Figura 3.7: Promedio de parámetros de interacción con nivel de interacción y distancia.

## **Capítulo 4**

# **Representación de niveles de interacción utilizando minería de datos y sistema de inferencia difuso tipo-2**

En este capítulo se presenta la investigación correspondiente a la representación de los niveles de interacción utilizando la minería de datos y sistema de inferencia difuso tipo-2. El modelo global, incluye la descripción de un sistema que representa los niveles de interacción basados en el rendimiento del usuario, potencialmente, de acciones interactivas y las situaciones que se presentan en la interacción usuario-exhibición, se monitorean y se utilizan las entradas presentes en la interacción combinando el enfoque difuso c-means con el tratamiento de datos difusos con el fin de configurar y retroalimentar con los parámetros exactos al sistema de inferencia difuso. Se estudió el proceso de la interacción del usuario con base en las relaciones usuario-exhibición. Por lo cual se propone un modelo para obtener la represen-

tación más adecuada de los niveles de interacción con el objetivo de mejorar la experiencia del nivel de interacción con el fin de ofrecer los contenidos y/o servicios adecuados.

La interacción entre el usuario-exhibición es útil para la evaluación, incluyendo todos los aspectos relacionados (tiempo de interacción, tipo interacción, etc.) Otra motivación para esta representación es que se considera que la mayoría de los investigadores evalúan los niveles de interacción utilizando métricas cuantitativas y no con métricas cualitativas. Por otra parte, es muy importante con el fin de desarrollar interacciones confiables usuario-exhibición, es necesario conocer cada interacción con el usuario (o la falta de interacción) con el fin de que note que se valora de verdad; las interacciones son momentos de la verdad, es decir, el usuario aprende si las predilecciones hechas por él, se tendrán en cuenta o no. Esto abre un nuevo camino para crear una gran experiencia en el nivel de interacción para el usuario, la exhibición debe conocer las necesidades de interacción en cada etapa de esta, basada en las acciones del usuario.

#### **4.1. Sistema de inferencia difuso propuesto**

El tratamiento de la incertidumbre en ambientes de intercambio de información y servicios presentan problemas de información imperfecta entre la interacción usuario-exhibición, estos no puede predecirse y parece estar restringido a las aplicaciones reales, tales como procesos de simulación en los intercambios ocurridos en las interacciones generadas en los usuarios del museo. Esta investigación busca avanzar en el siguiente cuestionamiento: Proponer un modelo para la representación de los niveles de interacción utilizando un sistema de inferencia difuso, que ayude a medir el nivel de interacción con el fin de conocer el rendimiento, acciones y comportamiento de los usuarios ofreciendo información o servicios adecuados, basado en la teoría de Gayesky y Williams [18].

Diferentes modelos se han desarrollado y se han establecido principalmente para el procesamiento de información basado en la lógica clásica, donde las proposiciones son verdaderas o falsas. No existe un modelo que realmente evalúe la incertidumbre generada en los entornos de intercambio de información y servicios implicados en las interacciones usuario-exhibición. Se experimenta con el modelo utilizando el FIS para evaluar adecuadamente las incertidumbres involucradas en el proceso de intercambio de información y servicios, con el fin de conocer el nivel de interacción entre el usuario y exhibición en un museo interactivo.

Se necesita tener un mecanismo con variables de entrada difusas adecuado al ambiente. Este mecanismo requiere de percepciones difusas que definen el módulo de evaluación difuso, con el fin de evaluar los valores generados entre la interacción del usuario-exhibición. Este módulo de evaluación o mecanismos de percepción difusa son adaptados considerando el método de inferencia difusa Mamdani [29], con el fin de habilitar la generación difusa para el nivel de interacción.

#### **4.1.1. Representación de los niveles de interacción utilizando un sistema de inferencia difuso**

La escala de niveles de interacción de Gayesky y Williams [18] se ha utilizado como base para el análisis de la interacción, sin embargo, ¿Cómo se puede representar el nivel de interacción utilizando un FIS? Primero se realiza una escala propia de niveles de interacción. La escala se define por seis niveles: extremadamente baja interacción, muy baja de interacción, baja interacción, media interacción, alta interacción y extremadamente alta interacción, en la escala se definen las características principales de cada nivel, también se asigna un valor lingüístico con la finalidad de representar estos niveles en un FIS como variables de salida. La siguiente es una descripción breve de la escala.

- Nivel 0: El usuario está presente en la zona del módulo de exhibición, se da un mensaje y contenido de bienvenida, el usuario no contesta, sólo se confirma la presencia, no existe ningún tipo de interacción, sólo la acción de estar presente.

Características principales. Interactividad Nula. No hay movimientos significativos, solamente presencia.

Valor Lingüístico. Interacción Extremadamente Baja (ELI).

- Nivel 1: El usuario escucha o ve el contenido, pero ninguna acción significativa se percibe, sólo proporciona el contenido general del módulo de exhibición (mensaje o contenido de bienvenida, se entrega información básica de la exhibición), el usuario sólo recibe información, pero no la controla.

Características principales. Muy baja interactividad. Pocos movimientos.

Valor Lingüístico. Interacción Muy Baja (VLI).

- Nivel 2: El usuario tiene un razonamiento mental por el contenido ofrecido por la exhibición analiza el contenido, plantea preguntas y recapitula las ideas fundamentales de los pasajes relevantes. Surgen enfoques de las preguntas del usuario.

Características principales. Baja interactividad. Pocos movimientos, simulación de comentarios, análisis mental.

Valor Lingüístico. Interacción Baja (LI).

- Nivel 3: Razonamiento del usuario de los contenidos ofrecidos por la exhibición indica pausas, donde el usuario desarrolla diferentes tipos de actividades, orales, consultas, material complementario de apoyo, etc. Controla la secuencia de la actividad, su flujo, su continuidad.

Características principales. Media interactividad. Pausas son indicadas, actividades orales, consultas.

Valor Lingüístico. Interacción Media (MI).

- Nivel 4: En este nivel hay un mayor control entre el usuario-exhibición, el usuario puede alterar el mensaje por medio de la retroalimentación, es decir, selecciona la información deseada. El usuario tiene la opción de decidir cómo, cuándo y qué parte de la actividad quiere desarrollar.

Características principales. Alta interactividad. Control, retroalimentación, deseos de selección de datos son realizados.

Valor Lingüístico. Interacción Alta (HI).

- Nivel 5: El usuario tiene la posibilidad de retroalimentación, control, creatividad, comunicación, adaptabilidad y productividad de la información proporcionada por la exhibición. Este nivel representa todas las cualidades de interactividad. Aquí, en alguna parte de la interacción, puede existir una “platica” entre el usuario y la exhibición, una “platica” utilizando los diferentes medios de interacción.

Características principales. Extremadamente alta interactividad. Control, retroalimentación, creatividad, adaptación, productividad y deseos de selección de datos, son presentados.

Valor Lingüístico. Interacción Extremadamente Alta (EHI).

La escala propuesta es la referencia para crear el modelo adecuado para medir el nivel de interacción. La idea de medir el nivel de interacción es esencial para proporcionar los servicios o información que el usuario realmente necesita teniendo un concepto de la idea comprendida por parte del usuario. Sin embargo, ¿Cómo se puede medir y representar estos niveles utilizando un FIS? Por lo tanto, es deseable disponer de proposiciones específicas de actividades interactivas del nivel alcanzado por el usuario.

Soluciones computacionalmente involucradas en el desarrollo de la interacción en tiempo real pueden ser implementadas para ayudar. Las proposiciones representan el nivel de interacción que asume, donde el usuario tiene un nivel específico evaluado. En este contexto, se

considera relevante integrar el modelado de lógica difusa para formalizar la representación de estos niveles.

Por lo tanto, el nivel de interacción, no es un resultado de la interacción o de un tipo no-interacción, es un resultado, adicionalmente de todos los elementos que complementan la interacción (perfil de usuario, predilecciones, acciones, comportamiento, rendimiento, etc.) La lógica difusa mantiene su base de conocimientos fundado en reglas, haciendo el proceso de implementación más adecuado para el razonamiento de la exhibición, con el fin de medir el nivel de interacción del usuario. Este formato hace las reglas más fáciles de mantener y de actualizar la base de conocimientos.

En este sentido, esta investigación analiza los datos obtenidos directamente del contexto de interacción entre el usuario y la exhibición utilizando lógica difusa para inferir en información relevante del nivel de interacción del usuario en relación con las actividades. Esta información se obtiene a través de entradas difusas que se utilizan como entradas para nuestro FIS, estas entradas son: presencia (Pre), interactividad (Int), control (Ctl), retroalimentación (Fbk), creatividad (Cty), productividad (Pdt), comunicación (Com) y adaptación (Ada).

La investigación se desarrolla de una manera de que el modelo, se puede aplicar en diferentes escenarios del ambiente. La integración de la escala propuesta y el FIS ayuda de mejor manera la medición del nivel de interacción realizado por el usuario durante la interacción usuario-exhibición.

Con el fin de reconocer el nivel de las variables de interacción, son definidas como recursos generados por el rendimiento del usuario, considerando simulaciones de análisis de datos y monitoreo real. Las variables obtenidas son evaluadas para conocer su nivel de interacción analizándolas con la escala propuesta a través de la aplicación del FIS. Se analizó toda la información acerca de la exhibición (características, medios de comunicación, contenido, etc.)

Se estudiaron los datos de rendimiento de los usuarios tomando en cuenta sus acciones, en

conclusión, se analizaron todos los cambios que ocurren en el medio ambiente, estos cambios representan todas las posibles variables del modelo y son de gran importancia, ya que funciona, como información de retroalimentación para el modelo. El usuario tiene un cierto nivel de interacción en un período determinado, esta medida puede hacer frente a la incertidumbre determinada por un conjunto de funciones de membresía.

Los estados causados por el usuario son estados que pudieran ser inducidos al tener planes definidos, cada plan se especifica por diferentes funciones de membresía dado por variables lingüísticas que reciben el nivel de interacción del usuario en el proceso de interacción. A través de esto, el modelo puede determinar el contenido, servicio o información más adecuada para el usuario. La medición del nivel de interacción en la investigación es compuesta de las variables de entrada (Pre, Int ,Ctl, Fbk, Cty, Pdt, Com y Ada ) que lo definen. Cada variable tiene diferentes valores de membresía en las acciones de los usuarios.

Cada interacción del usuario comienza, dando como resultado diferentes valores de membresía que pueden variar del resultado de sus acciones. La interacción puede tener diferentes niveles para tomar una decisión con el fin de proporcionar los servicios o información que realmente necesiten. Los valores de estos niveles son extremadamente baja interacción, muy baja interacción, baja interacción, media interacción, alta interacción y extremadamente alta interacción, las cuales son interpretadas en los cálculos durante el monitoreo y el análisis de la interacción entre el usuario y la exhibición, esto también con el fin de determinar la siguiente interacción.

Todas las interacciones ocurren en exhibiciones independientes proveyendo diferentes contenidos permitiendo cambios en la interactividad. El usuario tiene la libertad y el tiempo para hacer las diferentes interacciones (individuales, grupales, acompañadas, etc.). De esta manera, se puede mapear de una mejor manera el modelo propuesto. En primer lugar se analiza un usuario nativo en el ambiente con el fin de analizar su rendimiento para obtener las entradas

del FIS. En segundo lugar se analiza la exhibición identificada, sus actividades y contenidos que ofrece, para medir el nivel de interacción, identificando las actividades de los usuarios como cuando surge la interacción usuario-exhibición.

Un elemento importante es el ambiente que sirve como mediador entre las partes interesadas (usuarios-exhibición), ofreciéndoles un estado de la situación actual con el fin de que ambos puedan interactuar sin ningún problema.

En general, el ambiente es un enlace consultor entre el usuario y la exhibición ayudando a tener una mejor integración. En este contexto nuestro entorno reactivo está listo en todo momento para obtener información del contexto actual. La Figura : 4.1 representa de una mejor manera el mapeo del ambiente.



**Figura 4.1:** Mapeo del ambiente.

#### **4.1.2. Implementación del sistema de inferencia difuso**

A diferencia de otros modelos que usan diferentes paradigmas a través de heurísticas, la propuesta del modelo adopta una teoría de conjuntos difusos para construir el conocimiento que posee un usuario acreditado, se puede tratar la incertidumbre en la información presentándola de una apropiada y mejor manera. Por lo cual se representa de acuerdo a las variables de entradas del ambiente (Pre, Int, Ctl, Fbk, Cty, Pdt, Com y Ada) con sus respectivas funciones de membresía que definen la salida (nivel de interacción).

El resultado de la aplicación de estos es descrito por un valor difuso en este caso, dado por un valor lingüístico. El proceso de actualización es dinámico, y es alterado en función del rendimiento del usuario. Las funciones de membresía se modelaron considerando un perfil inicial garantizando un resultado más preciso para evaluar el nivel de interacción del usuario. Se crearon diferentes actividades, la intención es variar de menor a mayor incertidumbre en la evaluación del nivel de interacción por parte del usuario.

La implementación de un FIS para el propósito eficaz de utilización requiere el uso de programas que directamente apliquen las funciones de lógica difusa. Algunas utilidades de programas tienen módulos específicos que facilitan la realización de esta tarea, como es el caso del Toolbox de Lógica Difusa de MATLAB [97] que contiene una biblioteca basada en el lenguaje C, proporciona las herramientas necesarias para llevar a cabo una fusificación efectiva, otra utilidad es JT2FIS [40] es una biblioteca de clases en Java para intervalos de sistemas de inferencia difusa tipo-2, puede ser utilizado para crear aplicaciones orientadas a objetos inteligentes, también provee un método y herramientas de fusificación efectiva; ambas utilidades se utilizan para implementar el FIS propuesto.

Las entradas del modelo son las variables que pueden ser percibidas por la exhibición y es llamada información del rendimiento de la interacción del usuario. Al considerar las variables de entrada (Pre, Int, Ctl, Fbk, Cty, Pdt, Com y Ada) y la variable de salida (nivel de interacción) al FIS, éstos son asociados en un conjunto de funciones de membresía. La función de salida comprende seis variables lingüísticas: extremadamente baja interacción, muy baja interacción, baja interacción, media interacción, alta interacción y extremadamente alta interacción. Se utilizan funciones gaussianas, ya que este tipo de función de membresía, tiene un decaimiento suave y no abrupto.

El FIS es implementado por el método de Mamdani con el operador de implicación mínimo y la defusificación por el método de centroide. Se definen siete reglas de inferencia difusa

cubriendo todas las variables lingüísticas y compuestas por el operador asociado con el método de mínimos. La agregación de reglas se realiza por el método de máximos. La tabla 4.1 muestra las reglas base, esto es la representación de nuestra base de conocimientos.

**Tabla 4.1:** Reglas de Inferencia Difusa (Nivel de Interacción)

No	Reglas de Inferencia Difusa
1	If (Presencia is Alto) and (interactividad is Bajo) and (control is Bajo) and (retroalimentacion is Bajo) and (creatividad is Bajo) and (productividad is Bajo) and (comunicacion is Bajo) and (adaptacion is Bajo) then (NiveldeInteraccion is ELI(NIVEL0))
2	If (Presencia is Alto) and (interactividad is Bajo) and (control is Bajo) and (retroalimentacion is Bajo) and (creatividad is Bajo) and (productividad is Bajo) and (comunicacion is Alto) and (adaptacion is Bajo) then (NiveldeInteraccion is VLI(NIVEL1))
3	If (Presencia is Alto) and (interactividad is Medio) and (control is Bajo) and (retroalimentacion is Alto) and (creatividad is Bajo) and (productividad is Bajo) and (comunicacion is Alto) and (adaptacion is Bajo) then (NiveldeInteraccion is LI(NIVEL2))
4	If (Presencia is Alto) and (interactividad is Medio) and (control is Alto) and (retroalimentacion is Alto) and (creatividad is Bajo) and (productividad is Low) and (comunicacion is Alto) and (adaptacion is Bajo) then (NiveldeInteraccion is MI(NIVEL3))
5	If (Presencia is Alto) and (interactividad is Alto) and (control is Alto) and (retroalimentacion is Alto) and (creatividad is Alto) and (productividad is Bajo) and (comunicacion is Alto) and (adaptacion is Bajo) then (NiveldeInteraccion is HI(NIVEL4))
6	If (Presencia is Alto) and (interactividad is Alto) and (control is Alto) and (retroalimentacion is Alto) and (creatividad is Alto) and (productividad is Alto) and (comunicacion is Alto) and (adaptacion is Alto) then (NiveldeInteraccion is EHI(NIVEL5))
7	If (Presencia is Bajo) and (interactividad is Bajo) and (control is Bajo) and (retroalimentacion is Bajo) and (creatividad is Bajo) and (productividad is Bajo) and (comunicacion is Bajo) and (adaptacion is Bajo) then (NiveldeInteraccion is ELI(NIVEL0))

En esta etapa para permitir el uso del FIS se utiliza el toolbox difuso de MATLAB [97] y el toolbox del JT2FIS [40], simulando y dando como entrada los 500 usuarios analizados; modificando las entradas de los usuarios genera un conjunto de entradas con sus respectivos valores ejemplificando el rendimiento de la interacción de los usuarios. Estos mismos valores se someten al FIS dando como resultado una variable de salida (nivel de interacción). La Figura : 4.2 representa en detalle la generación de reglas, entradas y salidas.

El modelo difuso propuesto provee un universo de seis niveles de interacción. Estos niveles se definen con diferentes valores para los parámetros de los niveles de membresía, esto hace posible el desarrollo de una base de conocimientos que permite conjuntos de aplicación de funciones de membresía que varían de acuerdo al rendimiento del usuario en la interacción.

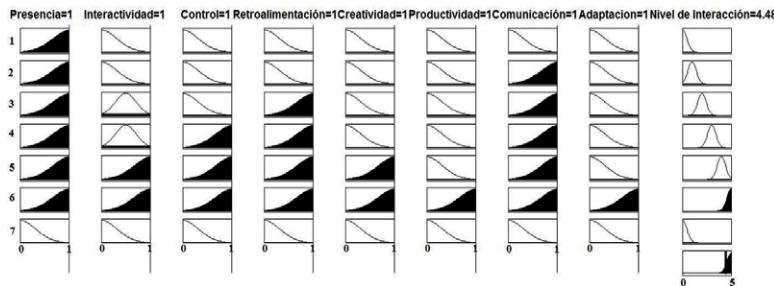


Figura 4.2: Reglas de entrada con su respectiva salida.

Esto se debe a que las funciones de membresía se alteran representando estados con diferentes grados de incertidumbre. Un ejemplo sería construir una función inicial más flexible, una categorización de los usuarios dentro de los conjuntos de extremadamente baja interacción, muy baja interacción, baja interacción, media interacción, alta interacción y extremadamente alta interacción. La Figura : 4.3 representa las variaciones de incertidumbre desde el primer nivel hasta el último nivel de nuestro universo difuso.

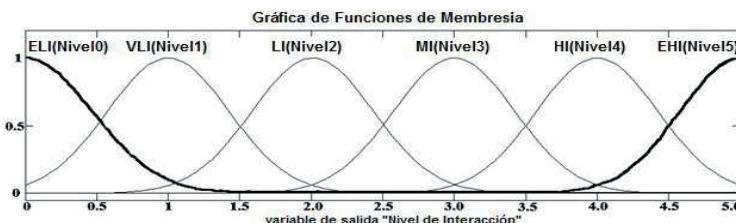


Figura 4.3: Niveles del universo difuso.

Con el fin de verificar al usuario de acuerdo a sus entradas y que este en el nivel de interacción correspondiente, se evalúa la salida defusificación del nivel resultante. De este modo, un usuario se mueve de un nivel a otro, cuando su valor de función de membresía está más inclinado al entero más cercano, p.ej. si el nivel es 0.2 permanece en el nivel 0 de interacción, pero si el nivel es 0.9 el nivel de interacción es el nivel 1, por lo tanto el sistema

actualiza la base de conocimientos para la próxima interacción. Otro ejemplo es representar el nivel 5 de interacción, este es el nivel más alto de interacción presenta todas las variables de entrada cercanas o en el nivel máximo, este valor representa menor incertidumbre al medir el rendimiento del usuario.

Por lo tanto, el valor forma la base del comportamiento del usuario en el ambiente, además este valor puede cambiar dinámicamente y las funciones de los valores de membresía pueden ser modificadas para caracterizar desde una mayor incertidumbre hasta una menor incertidumbre tomando en cuenta el rendimiento del usuario. Una vez que se conoce el nivel de interacción se envía información o servicios de acuerdo con el nivel de interacción resultante.

## **Capítulo 5**

# **Modelando interacción en ambientes pervasivos usando percepciones difusas en agentes BDI**

En este capítulo la investigación es relativa al modelado de la interacción entre el usuario y exhibición auxiliado por agentes autónomos BDI utilizando percepciones difusas. El modelo concierne a la descripción de un ambiente pervasivo que utiliza como entradas el nivel de la interacción y la distancia del usuario, procesándolas por medio de un FIS obteniendo como salida el tipo de contenido interactivo basado en la interacción usuario-exhibición. La investigación se enfoca en representar lo más posible y similar al comportamiento humano. Es por esta razón que se adapta el paradigma BDI que ayudado de lógica difusa tiene el fin de producir percepciones BDI difusas tomando en cuenta la incertidumbre generada por el usuario.

Al definir el estado individual, describe la acción respectiva dentro de la experiencia del nivel de interacción, tomando en cuenta el perfil y el rendimiento del usuario con el

túnico objetivo de ofrecer instrucciones, direcciones, servicios, información, tipos de contenidos personalizados y adecuados, manteniendo el interés en todo momento durante la interacción.

La computación pervasiva incorpora una visión de que algo está presente en todas partes, esto responde a la información por medio de sensores embebidos en el ambiente, con o sin las direcciones de los usuarios. El ambiente pervasivo funciona en segundo plano, utilizando entidades invisibles con sentido computacional para interactuar con los usuarios, en esta investigación estas entidades están representadas por el agente usuario y por agente exhibición (dominio).

La colaboración de las entidades permite al ambiente pervasivo ofrecer un tipo de contenido interactivo personalizado a los usuarios de una manera sensible al contexto durante proceso de interacción e intercambio de información. Las relaciones entre los usuarios y los módulos de exhibición tienen que ser sistemáticamente modeladas y representadas para estar listas para el contexto emergente, por esta razón se representan por medio de las relaciones del agente-usuario y agente-exhibición (dominio).

Además, se añaden herramientas como el JT2FIS [40] y el DMT2F propuesto pueden facilitar las interacciones, debido a que son capaces de tratar con la incertidumbre presentada por el sensor, así como con el conflicto de tareas que se producen cuando el usuario está implicado en múltiples interacciones simultáneamente. Las interacciones son una parte esencial de nuestras actividades diarias, en lo personal o profesional. Son responsables de nuestro bienestar y de un trabajo productivo en un ambiente de negocios. La proliferación de dispositivos móviles y las tecnologías de computación pervasiva cambia radicalmente las maneras de comunicación e interacción entre las personas.

Los dispositivos soportan realmente las interacciones humanas, sin embargo, estos dispositivos deben estar equipados con aplicaciones de software que sean sociales en comprensión y ayuden a los usuarios en la coordinación, competición y colaboración con los demás [98]. En

esta investigación, se crea un modelado de ambiente pervasivo con agentes embebidos (usuario y exhibición), que permite apoyar la interacción usuario-exhibición en el museo interactivo.

La propuesta del modelado proporciona un soporte dinámico para las interacciones, es consciente no sólo del contexto físico del usuario, sino también al contexto social, es decir, cuando el usuario interactúa con otros usuarios. El modelado tiene atributos contextuales, como dónde se encuentra el usuario, que hace el usuario, y así sucesivamente, mientras que en el contexto social se refiere a las relaciones sociales entre los usuarios y otros actores (docentes, guía del museo, compañeros de clase, etc), que influyen en las acciones y rendimiento del usuario durante la interacción.

La idea de modelar la interacción en ambientes pervasivos en esta investigación, es importante porque ayuda a mejorar la experiencia de interacción, ofreciendo el tipo adecuado de contenido interactivo basado en el nivel de interacción y la distancia del usuario en el momento de la interacción. Hoy en día existen investigaciones que han llevado a cabo el modelado de contexto y sistemas sensibles al contexto, centrándose en los contextos físicos.

Sin embargo, ninguno de los trabajos en particular aborda explícitamente el modelado de interacciones usuario-exhibición con una funcionalidad de coordinación mejorando la experiencia de calidad en la interacción. Por otra parte, el modelado de la interacción en entornos pervasivos ofrece oportunidades para mejorar la interacción entre el usuario y la exhibición comprometiéndolos con actividades espontáneas dentro de los museos interactivos, como lo es nuestro caso de estudio.

La propuesta soporta las interacciones espontáneas entre los usuarios y los módulos de exhibición mediante la coordinación de contenidos disponibles en tiempo de ejecución, sin necesidad de una definición previa de aplicaciones u otras descripciones pre-definidas.

El trabajo relacionado respecto al apoyo de las interacciones de los usuarios con contenidos disponibles en entornos interactivos tiene la tendencia a centrarse en el reconocimiento de

actividades basadas en la identificación de los significados atribuidos a un lugar. Sin embargo, no se percibe de un nuevo requisito de la espontaneidad. Una manera de darse cuenta de la espontaneidad es el enfoque de la computación orientada a tareas [99].

## **5.1. Modelando el ambiente museo**

Aplicaciones distribuidas complejas emergen en áreas conocidas como la computación pervasiva [2] necesitando adaptar formas de comunicación de grupos que son profundamente diferentes de la interacción clásica del usuario-exhibición (dominio). Esto motiva fuertemente maneras de interacción nivel-aplicación y punto-punto, claramente distinto del estilo solicitud y respuesta, comúnmente utilizado para acceder a los servicios o contenidos en un museo.

La sabiduría convencional sugiere que los museos son principalmente para la preservación cultural y de exhibición. Hoy en día, los museos se definen como instituciones sin ánimo de lucro que sirven para adquirir, conservar, investigar, comunicar, exhibir y estudio del material de educación evidentemente para efectos de aprendizaje y disfrute. Teniendo en cuenta la gran influencia de los museos en la sociedad, los investigadores han prestado gran atención, por ejemplo, en [100] inspecciona la interacción dinámica entre la calidad percibida y la emoción como determinantes de la satisfacción a través de una encuesta a los visitantes por un centro de interpretación, reconocido como un nuevo tipo de museo.

En la investigación se han modelado los elementos interactivos del museo, es decir, el usuario que está representado por el agente usuario y el módulo de exhibición que está representado por el agente exhibición (dominio), con el fin de conocer el tipo de contenido interactivo para ofrecer información adecuada, se utilizan como entradas el nivel de la interacción y la medición de la distancia, la distancia es simulada de la tecnología de sensores de RFID embebidos en el ambiente, en esta investigación la distancia se simula aleatoriamente

entre el usuario y la exhibición. Al medir la distancia y el nivel de interacción se obtienen resultados numéricos, pudiendo ser estos las entradas del FIS.

Esta práctica de medición implica la siguiente reflexión: ¿Una métrica nos permite medir realmente la distancia y el nivel de interacción de un usuario? Por esta razón, el modelo se compone de variables lingüísticas con sus respectivas funciones de membresía para el nivel de interacción (intnivel0, intnivel1, intnivel2, intnivel3, intnivel4, intnivel5) y para la distancia (lejos, medio, cercas), esto también puede ser considerado una medida de creencia de los agentes usuario y exhibición (dominio). Se realizaron algunas proposiciones de actividades interactivas representando diferentes escenarios de distancia y de nivel de interacción alcanzado por el usuario.

Dentro del modelado existente, se eligió la aplicación de la arquitectura BDI. En la búsqueda de proposiciones donde las creencias representan el nivel de interacción y la distancia que el agente BDI asume, donde el usuario tiene un nivel de interacción y distancia evaluado específico. Las intenciones son subconjuntos de deseos que estimulan y ayudan al usuario en el proceso de interacción a través de actividades interactivas. En este contexto, se considera relevante integrar el modelado de lógica difusa para la formalización de las creencias del agente BDI, reconociendo las transiciones de los rangos existentes en los posibles niveles de interacción y de distancia, el uso de la lógica difusa es apropiado para el razonamiento del agente exhibición (dominio) con fin de ofrecer el tipo de contenido correcto.

En este sentido, esta investigación analiza los datos obtenidos de los agentes (usuario y exhibición (dominio)) que están embebidos en el contexto de la interacción entre el usuario y la exhibición, por lo tanto el agente BDI confronta sus deseos con sus creencias utilizando lógica difusa para inferir la información pertinente sobre el nivel interacción y distancia del usuario en relación a sus actividades. Esta información se obtiene a través de entradas difusas basadas en percepciones difusas.

Para crear agentes con la capacidad de interactuar de manera adecuada en un entorno interactivo con incertidumbre presente, como lo es nuestro caso de estudio, se tiene que formalizar los elementos que los componen, primero se debe formalizar el agente BDI en sí, así como también el agente BDI con percepciones difusas, en la siguiente sección se representan ambas formalizaciones.

### **5.1.1. Formalización de elementos del ambiente museo**

El modelo BDI, así como el conocimiento de un agente acerca el mundo, puede ser incompleto, vago, incierto y ambiguo. Este tipo de incertidumbre se presenta en las creencias y en los planes del agente, tratados igualmente por la lógica clásica. Por otra parte no existe una arquitectura BDI que aborde la incertidumbre generada en ambientes de intercambio de información y servicios imprecisos en la interacción usuario-exhibición (dominio).

En esta investigación, se experimenta con el ambiente pervasivo BDI-difuso basado en percepciones difusas de los agentes, los agentes son capaces de tratar con incertidumbres involucradas en el proceso de interacción de usuario-exhibición (dominio) en un museo interactivo.

Si se considera la interacción usuario-exhibición (dominio), para ofrecer el tipo de contenido interactivo adecuado, se nota que la incertidumbre está presente en el usuario (humanos), debido a su comportamiento natural, el modelo propuesto satisface este problema y puede ser aplicado en diferentes ambientes.

#### **Formalización de agente BDI**

Los métodos formales son frecuentemente utilizados en la ciencia computacional con el fin de verificar la correcta definición de las propiedades del modelo. Hay diferentes enfoques, entre

ellos los métodos formales como lenguajes de especificación internos usados por el agente para razonar y actuar, y los métodos formales como metalenguajes externos para ser utilizados por el diseñador para especificar, diseñar y verificar ciertas propiedades de los agentes.

El formalismo se debe utilizar para estos dos fines, sin embargo, las propiedades de agencia y una arquitectura de agentes, requiere un lenguaje interno computacionalmente eficiente, mientras que la variedad de comportamientos complejos que un agente puede exhibir, exige un leguaje a ser más expresivo. En esta investigación, se siguió la lógica BDI con una mezcla de un metalenguaje interno y externo para axiomatizar las propiedades de los agentes, particularmente en las interacciones entre el agente usuario y el agente exhibición (dominio).

La formalización es basada en [101], esta investigación ofrece una alternativa, y una restringida caracterización de primer orden de agentes BDI. En primer lugar se define un elemento importante del agente, el  $\kappa$  es un símbolo predicado y  $(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n)$  son términos, por lo tanto  $\kappa(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n)$  o  $\kappa(\tau)$  o  $\neg\kappa(\tau)$  son átomos de creencia. Un átomo de creencia y su negación se describen como la creencia literal. Un átomo de creencia fundamental es llamado un átomo de creencia base.

Por ejemplo, la simulación de un usuario de biblioteca, si se supone que se encuentran tres estantes de libros adyacentes, el usuario puede estar en cualquier estante de libros, entonces libros disponibles aparecen en cualquier estante, el usuario puede elegir cualquier libro y llevarlo a su mesa de estudio y leerlo. Sin embargo, el usuario no puede estar en el mismo estante de libros que el bibliotecario, porque el bibliotecario está acomodando los libros.

Las creencias tal cual de un agente, representa la configuración del estante de libros, la ubicación del usuario, la ubicación del bibliotecario, libros, y la mesa de estudio (p.ej. adyacente(X,Y), localización(usuario,X), localización(bibliotecario,Y), etc.). Las creencias base, de dicho agente son instancias de átomos de creencias (adyacente(a,b), locacion(usuario,a), locacion(bibliotecario,b), etc.).

Una de las actividades de los agentes es ser sensibles al ambiente y en base a su observación ejecutar algunas acciones. Las acciones representan cambios del estado del ambiente, es decir, si un movimiento es una acción, el usuario se mueve del estante de libros A al estante de libros B, es escrita movimiento(A,B) esto representa una acción, la acción resulta en un estado del ambiente en el que el usuario que está en el estante de libros B ya no está en estante de libros A.

El siguiente es un formalismo que se define por una representación de agente BDI.

Un agente BDI es una tupla de 8 elementos:

$$\Pi = \langle \Omega, \Gamma, \Upsilon, \Sigma, \Delta, \Phi_\varepsilon, \Phi_o, \Phi_t \rangle \quad (5.1)$$

donde:

1.  $\Omega$  es el conjunto finito de creencias base. Cada creencia es una tupla de átomos de creencias  $\kappa (\tau_1, \tau_2, \dots \tau_n)$ .

$$\Omega_i = \kappa(\tau_1, \tau_2, \dots \tau_n) \quad \forall i = 1, 2, \dots m \quad (5.2)$$

2.  $\Gamma$  es el conjunto finito de deseos base;
3.  $\Upsilon$  es el conjunto finito de intenciones base. Cada intención es una pila de planes a ejecutar donde  $\rho_1$  es la parte inferior de la pila;  $\rho_n$  es la parte superior de la pila.

$$\Upsilon = \langle \rho_1, \rho_2, \dots \rho_n \rangle \quad (5.3)$$

4.  $\Sigma$  es el conjunto finito de eventos, cada evento es una tupla  $\langle \epsilon, \Upsilon \rangle$ , donde  $\epsilon$  es un evento

activo y  $\Upsilon$  es una intención. Cada evento puede ser externo o interno.

5.  $\Delta$  es un conjunto finito de acciones a ser ejecutadas en el ambiente.

$$\Delta = \langle \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n \rangle \quad (5.4)$$

Estas acciones pueden cambiar el estado del ambiente.

6.  $\Phi_e$  es el conjunto finito de funciones de selección, selecciona un evento a procesar del conjunto de  $\Sigma$ . El evento se elimina de la pila  $\Sigma$ ; si existe un unificador relevante  $\Xi$  unifica eventos activos y planes a ejecutar  $\langle \rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n \rangle$ , y los planes son llamados planes u opciones aplicables  $\langle \rho\Lambda_1, \rho\Lambda_2, \dots, \rho\Lambda_n \rangle$ .
7.  $\Phi_o$  es el conjunto finito de funciones de selección, selecciona una opción o un plan aplicable, del conjunto de planes aplicables  $\langle \rho\Lambda_1, \rho\Lambda_2, \dots, \rho\Lambda_n \rangle$ .
8.  $\Phi_i$  es el conjunto finito de funciones de selección, selecciona una intención a ejecutar del conjunto  $\Upsilon$ .

Cuando el agente exhibición realiza una intención, ejecuta la primer meta o acción de la parte superior de la pila de intención.

### Formalización de agente BDI con percepciones difusas

Esta investigación busca avanzar en el modelado de interacción en ambientes pervasivos utilizando percepciones difusas en agentes BDI. El agente exhibición (dominio) tiene un mecanismo de percepción difusa adecuado para el ambiente. Este mecanismo requiere percepciones difusas para definir un módulo de evaluación difuso con el fin de evaluar los valores generados por el usuario. Este módulo de evaluación o mecanismos de percepción difusa de-

ben adaptarse considerando el método de inferencia difusa Mamdani [29], así como del Jason basado en Agent-Speak [102] con el fin de permitir la generación de creencias difusas relativas al nivel de interacción y la distancia.

Por otra parte, el desarrolló de percepciones difusas para el agente basado en el concepto de la percepción como la habilidad de recopilar datos que describen un hecho con cierto grado de verdad, entonces los datos pueden ser evaluados y se transforman en alguna creencia.

Se desarrollaron agentes para aplicaciones reales que a menudo operan en ambientes complejos, dinámicos, y no deterministas. Los ambientes complejos hacen que sea difícil para un agente construir o mantener un modelo de ambiente fiable.

La naturaleza dinámica de los ambientes no permite que un agente pueda totalmente controlar los cambios en el ambiente ya que los cambios pueden ocurrir como resultado de las acciones de otros agentes, y las influencias exógenas hacen imposible predecir con certeza el resultado de las acciones y situaciones futuras. Los sistemas de agentes para aplicaciones reales utilizando percepciones difusas necesitan la capacidad de trabajar en mundos con acontecimientos exógenos, con otros agentes, y con efectos inciertos. El siguiente es un formalismo que define una representación de agente BDI con percepciones difusas.

Un agente BDI con percepciones difusas es una tupla de 3 elementos:

$$\Psi = \langle \chi, \zeta, \pi \rangle \tag{5.5}$$

donde:

1.  $\chi$  es un conjunto finito de sensor de cada conjunto de sensores ( $\chi \in F$ ), puede percibir ( $\zeta$ ) señales.
2.  $\zeta$  es un conjunto finito de señales donde cada señal puede ser descrita por un conjunto de funciones de membresía difusas ( $\pi$ ).

3.  $\pi$  es un conjunto finito de funciones de membresía difusas.

Por lo tanto: Un conjunto de sensores puede tener n sensores.

$$F = \{\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n\} \quad (5.6)$$

Un sensor puede tener n señales.

$$\chi = \{\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_n\} \quad (5.7)$$

Las señales son descritas por un conjunto de funciones de membresías y estas a su vez tienen n valores.

$$\zeta = \pi = \{\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_n\} \quad (5.8)$$

Las formalizaciones descritas nos ayudan a definir los agentes base del ambiente, por lo que las percepciones difusas están dadas por el siguiente formalismo.

Tal que:

$$\pi \longrightarrow \zeta \longrightarrow \chi \longrightarrow \kappa(\tau) \longrightarrow \Omega \quad (5.9)$$

Usando estos formalismos nuestros agentes (usuario y exhibición-dominio), son representados de una forma adecuada, con el fin de estar preparados para trabajar en un ambiente complejo, impredecible y no determinista considerando a los agentes como sistemas reactivos.

### 5.1.2. Modelado del ambiente pervasivo

En esta investigación, se define un ambiente pervasivo de museo interactivo compuesto por dos agentes principales: agente usuario y agente exhibición (dominio). El agente usuario es un agente que a través de su distancia y el nivel de interacción es evaluado por sensores del agente exhibición (dominio) con el fin de obtener (usando el FIS propuesto) el tipo de

contenido interactivo adecuado; estos agentes tienen comunicación directa todo el tiempo solicitando y recibiendo información.

El agente exhibición (dominio) contiene toda la información de la exhibición y tiene la capacidad sensar usando percepciones difusas, este agente sensa los datos de rendimiento del usuario, tomando en cuenta su acciones, nivel de interacción y evalúa los parámetros de distancia, todos los parámetros proporcionan retroalimentación para ser procesada con el razonamiento del FIS con el fin de ofrecer el tipo de contenido interactivo adecuado ayudando a incrementar la calidad en la experiencia de la interacción del usuario.

Estos agentes embebidos en el ambiente reciben y solicitan todos los cambios que ocurren en el ambiente consecuentemente los agentes están listos para los cambios emergentes, esto es de gran importancia como retroalimentación de información. La figura : 5.1, representa los dos agentes embebidos en el ambiente pervasivo.

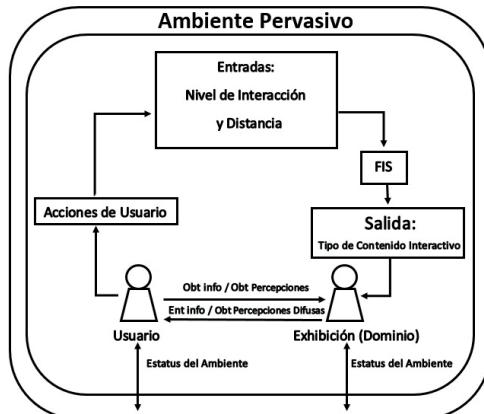


Figura 5.1: Ambiente pervasivo

La definición de los agentes involucrados se basa en las características del ambiente pervasivo propuesto, esto quiere decir, que los recursos que tiene el ambiente proporcionan servicios

e información basado en las acciones, en la distancia y en el nivel de interacción del usuario. El agente usuario propuesto representa una instancia de un usuario nativo, y el agente exhibición (dominio) representa una instancia de un módulo de exhibición interactivo nativo ambos del museo interactivo. El ambiente pervasivo sirve como mediador para actualizar a los agentes con los cambios que se producen en el ambiente, así como dar a conocer el estado de cada uno de estos.

El agente exhibición (dominio) es una representación de un agente BDI que tiene estados mentales. Las creencias y los deseos del agente implican definiciones que el sistema estima que el usuario tiene cierta distancia y nivel de interacción en un período determinado. Esta medida trata la incertidumbre determinada por un conjunto de funciones de membresía. Los deseos son estados que el agente exhibición (dominio) intenta causar al usuario. La intención puede ser utilizada por el agente exhibición (dominio) con el fin de comprometer al usuario en el proceso interactivo.

En este proceso, el agente dominio confronta sus deseos con sus convicciones. Las convicciones están basadas en las creencias del agente exhibición (dominio). Los sensores del agente exhibición (dominio) perciben y actúan para satisfacer los requerimientos del usuario, mientras que la percepción es un acto interno en el que el agente captura información de su ambiente para formular sus creencias, así como sus percepciones combinándolas con el conocimiento previo del ambiente (p.ej. Un agente tiene un sensor de interactividad puede medir el nivel de interacción de un usuario con un cierto grado de error, debido a que su conocimiento previo puede crear una creencia de que el usuario tiene un nivel alto o bajo de interacción).

Por otra parte el rendimiento es la ejecución de una acción externa en que el agente genera cambios que modifican el ambiente, ya que ofrece contenido interactivo o servicios personalizados. En esta investigación uno de los objetivos es el desarrollo de agentes que cubran las

características mencionadas, por esta razón se han implementado algunos paradigmas como el Jason [102] basado en el AgentSpeak (L) lenguaje de programación que se introdujo en [101].

Ahora bien, supongamos que un usuario llega a la zona de exhibición y comienza la interacción, realizando movimientos y acciones para acceder a la información; entonces la exhibición sensa la presencia del usuario y responde en base al nivel de interacción y distancia del usuario, p.ej. si percibe un alto nivel de interacción y una distancia cercana, por lo tanto entrega información o servicios de un tipo de contenido interactivo alto, siempre considerando la incertidumbre que se presenta en la interacción ayudado de lógica difusa creando percepciones difusas, esto permite sentir el comportamiento lo más similar posible al usuario. La Figura : 5.2 muestra el proceso de racionalización del agente BDI exhibición (dominio).

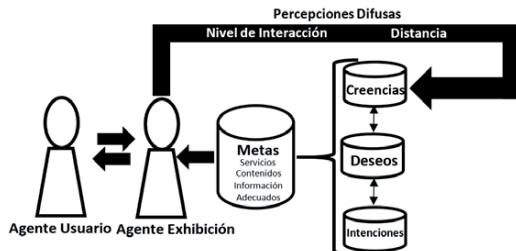


Figura 5.2: Agente BDI exhibición (dominio).

La creencia base del agente exhibición (dominio) tiene varios planes definidos. Cada plan es especificando por diferentes funciones de membresía de variables lingüísticas que se reciben del nivel de interacción y la distancia, dentro del proceso de interacción, estos planes tienen implicación a través de los deseos y los deseos tiene implicación con las intenciones así como a la inversa, consecuentemente esto determina el tipo de contenido interactivo más adecuado para el usuario.

### **Desarrollo del ambiente pervasivo**

El ambiente pervasivo fue desarrollado y simulado con un lenguaje de programación Jason basado en AgentSpeak (L) [101, 102, 103, 104]. La inserción del framework propuesto del ambiente pervasivo es como cualquier otro, salvo que este se considera un framework híbrido BDI-difuso que fusiona el paradigma BDI y lógica difusa. La idea es ofrecer un tipo contenido interactivo adecuado en el ambiente pervasivo que está compuesto por variables (nivel de interacción y distancia) que lo definen.

Cada variable tiene diferentes valores de membresía en la interacción usuario-exhibición (dominio), las acciones de los usuarios se perciben por la percepción difusa del agente de dominio. Cada interacción del usuario comienza resultando diferentes valores de membresía que pueden variar por el resultado de las acciones y el rendimiento. La interacción puede tener diferentes valores para tomar una decisión con el fin de proporcionar contenidos que realmente se necesiten. Estos valores se obtienen de las variables involucradas como el nivel de la interacción y la distancia, las cuales pueden ser interpretadas en los cálculos durante el monitoreo y análisis de la interacción entre el usuario y exhibición (dominio), pudiendo también determinar la próxima interacción.

Los agentes desarrollados en esta investigación son simples, ocasionalmente solo realizan consultas a la base de datos, así como el envío de información al agente responsable del procesamiento de la información. En este contexto, nuestros agentes reactivos: usuario y exhibición (dominio) están listos en todo momento para obtener información del ambiente en donde están embebidos. La comunicación entre los agentes es simple compuesta por cuatro elementos: agente receptor, agente emisor, tipo de acción y contenido del mensaje.

Los mensajes pueden ser asignados a instancias del agente usuario y de agente dominio, el tipo de acción define cual mensaje será enviado (p.ej. reportar el estatus del ambiente o informar una acción del usuario). El contenido del mensaje tiene diferentes tipos de informa-

ción, p.ej. el primero, el valor del nivel de interacción que puede variar entre 0-5, el segundo, la distancia del usuario en relación a la exhibición y el tercero, el tipo de contenido de la información que es entregada tomando en cuenta el comportamiento del usuario obtenido.

La Figura : 5.3 representa en detalles el proceso de comunicación entre los agentes.

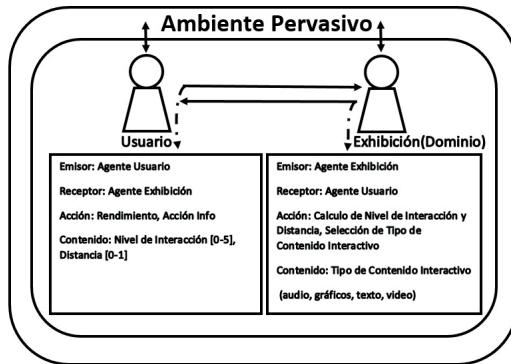


Figura 5.3: Comunicación entre los agentes.

Es importante considerar que una creencia es realizada de acuerdo con las entradas ambientales (nivel de interacción y distancia) con sus respectivas funciones de membresía. Estas variables son las entradas del FIS que define la salida (tipo de contenido interactivo). El resultado es la implementación de estas creencias descritas por un valor difuso en este caso, dado un valor lingüístico.

Para la implementación del FIS se utilizaron programas que tienen módulos específicos que facilitan la realización de esta tarea brindando herramientas necesarias para llevar a cabo una eficaz fusificación, tales como la utilidad JT2FIS [40], que es una biblioteca de clases de Java para el intervalos de sistemas de inferencia difusa tipo-2, el cual puede ser utilizado para crear aplicaciones inteligentes orientadas a objetos, también proporciona un método y herramientas fusificación eficaces, la utilidad es usada para implementar el modelo propuesto.

Las entradas del modelo son las variables de entrada que pueden ser percibidas por el agente exhibición (dominio) llamadas datos de rendimiento de la interacción del usuario. Al considerar las variables de entrada (nivel de interacción y distancia) y la variable de salida (Tipo de Contenido Interactivo) para el FIS, son asociadas con un conjunto de funciones de membresía.

Estas funciones comprenden las variables lingüísticas, para la entrada "interacción" siendo Intnivel0, Intnivel1, Intnivel2, Intnivel3, Intnivel4, Intnivel5, para la entrada "distancia" siendo lejos, medio, cercas y para la salida "tipo de contenido interactivo" siendo audio, gráficos, texto y video. Se han utilizado funciones gaussianas, en todas las entradas y salidas ya que este tipo de función de membresía, tiene un decaimiento suave y no abrupto.

El FIS es implementado por el método de Mamdani con el operador de implicación mínimo y el método de defusificación por el método de centroide. El FIS se define por 18 reglas de inferencia IF-THEN cubriendo todas las variables lingüísticas, las reglas están compuestas por el operador asociado del método de mínimos. Las reglas de agregación realizadas por el método de máximos.

La propuesta flexible del FIS permite añadir o eliminar reglas, esto puede ser una gran ventaja, ya que se puede adaptar en diferentes contextos o si existen diferentes variables pudiendo agregarlas. El FIS es uno de los elementos más importantes del modelo propuesto, porque representa la inferencia que puede ser considerada como la base de conocimientos.

La tabla 5.1 muestra las reglas base, esto es la representación de nuestra base de conocimientos.

Dentro del desarrollo del ambiente pervasivo y después de haber descrito algunos elementos de este, se explica en general, un importante proceso, cómo el ambiente pervasivo auxiliado por el agente exhibición (dominio) obtiene percepciones difusas. Este proceso comienza con el sensor ( $\chi$ ) con su observación de los cambios en el ambiente circundante, estos

**Tabla 5.1:** Reglas de Inferencia Difusa (Tipo de Contenido Interactivo)

No	Reglas de Inferencia Difusa
1	If (NiveldeInteraccion is NivInt5) and (Distancia is Cerca) then (TipoContInt is video)
2	If (NiveldeInteraccion is NivInt5) and (Distancia is Med) then (TipoContInt is video)
3	If (NiveldeInteraccion is NivInt5) and (Distancia is Lejos) then (TipoContInt is video)
4	If (NiveldeInteraccion is NivInt4) and (Distancia is Cerca) then (TipoContInt is video)
5	If (NiveldeInteraccion is NivInt4) and (Distancia is Med) then (TipoContInt is video)
6	If (NiveldeInteraccion is NivInt4) and (Distancia is Lejos) then (TipoContInt is texto)
7	If (NiveldeInteraccion is NivInt3) and (Distancia is Cerca) then (TipoContInt is texto)
8	If (NiveldeInteraccion is NivInt3) and (Distancia is Med) then (TipoContInt is texto)
9	If (NiveldeInteraccion is NivInt3) and (Distancia is Lejos) then (TipoContInt is texto)
10	If (NiveldeInteraccion is NivInt2) and (Distancia is Cerca) then (TipoContInt is graficos)
11	If (NiveldeInteraccion is NivInt2) and (Distancia is Med) then (TipoContInt is graficos)
12	If (NiveldeInteraccion is NivInt2) and (Distancia is Lejos) then (TipoContInt is graficos)
13	If (NiveldeInteraccion is NivInt1) and (Distancia is Cerca) then (TipoContInt is graficos)
14	If (NiveldeInteraccion is NivInt1) and (Distancia is Med) then (TipoContInt is audio)
15	If (NiveldeInteraccion is NivInt1) and (Distancia is Lejos) then (TipoContInt is audio)
16	If (NiveldeInteraccion is NivInt0) and (Distancia is Cerca) then (TipoContInt is audio)
17	If (NiveldeInteraccion is NivInt0) and (Distancia is Med) then (TipoContInt is audio)
18	If (NiveldeInteraccion is NivInt0) and (Distancia is Lejos) then (TipoContInt is audio)

cambios pueden ser representados como un conjunto de señales ( $\zeta$ ), cada señal puede ser descrita por los valores del conjunto de funciones de membresía ( $\pi$ ), las señales ( $\zeta$ ) pueden ser percibidas por sensores  $\chi$ , estos sensores pueden sensar estos valores y considerarlos como entradas (nivel de interacción y distancia) del FIS, el FIS a través de su inferencia genera la salida (tipo de contenido interactivo), este valor difuso resultante puede ser considerado como un átomo de creencia  $\kappa(\tau)$  donde  $\kappa(\tau) \in \Omega$  pertenece al conjunto finito de creencias.

La Figura : 5.4 representa en detalle el proceso de percepción difusa del agente exhibición (dominio).

### Ejemplo ilustrativo

El siguiente ejemplo ilustra cómo las entidades en este caso visitantes del museo representados por el agente usuario puede cambiar su rendimiento (nivel de interacción, distancia) durante un día de recorrido por el museo y cómo nuestro módulo de exhibición represen-

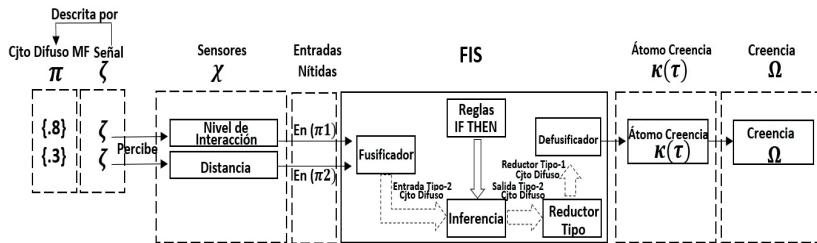


Figura 5.4: Proceso de percepción difusa.

tado por el agente exhibición (dominio), pueden percibir estos cambios en el rendimiento utilizando percepciones difusas.

Se considera que un visitante hace un recorrido por el museo, en el comienzo del recorrido, el visitante comienza la interacción en los primeros módulos de exhibición, siendo su rendimiento resultante nivel de interacción “5” y distancia “cerca” de la exhibición, por lo tanto, el agente exhibición (dominio) utilizando percepciones difusas implica en sus creencias, por lo cual basado en sus creencias, la creencia resultante es vídeo (con valor difuso) porque percibe una alta interacción (.9) y distancia cerca (.9) ; después supongamos que el visitante se encuentra a mitad del recorrido del museo, por lo que disminuye un tanto el rendimiento, ahora el nivel de interacción es de “2.5” y distancia es “media” a la exhibición, por lo tanto, utilizando las percepciones difusas implica en sus creencias, por lo cual basado en sus creencias, la creencia resultante es gráficos (con valor difuso) porque percibe una interacción media (.4) y distancia media (.4) y finalmente, supongamos que el visitante se encuentra en la parte final del recorrido por el museo y continúa disminuyendo el rendimiento, por lo tanto su rendimiento resultante es nivel de interacción “0.5” y distancia “lejos” a la exhibición, por lo tanto, el agente exhibición (dominio) utilizando percepciones difusas implica en sus creencias, por lo cual basado en sus creencias, la creencia resultante es audio (con valor difuso) porque percibe una baja interacción (.1) y distancia lejos (.1).

La tabla 5.2 representa el estado mental del agente exhibición (dominio), elementos, nivel de interacción y distancia presentados.

**Tabla 5.2:** Estado mental del agente exhibición (dominio).

Nivel de Interacción	Distancia	Elemento	Descripción	Origen
5	Cerca	belief	video(valor difuso(.9),(.9))	percept
2.5	Medio	belief	graficos(valor difuso(.4),(.4))	percept
0.5	Lejos	belief	audio(valor difuso(.1),(.1))	percept
5	Cerca	Events	+lselect(video)	self
2.5	Medio	Events	+lselect(graficos)	self
0.5	Lejos	Events	+lselect(audio)	self
5	Cerca	Intentions	+!deliver(video)	self
2.5	Medio	Intentions	+!deliver(graficos)	self
0.5	Lejos	Intentions	+!deliver(audio)	self

## **Capítulo 6**

# **Modelado de una sociedad del conocimiento basada en agentes con conciencia de la situación**

Los seres humanos utilizan la información para hacer frente a su deseo y necesidad de aprender, comunicarse, explicar y tomar decisiones. La información se almacena en sistemas informáticos como "bits" que son ceros o unos, y los bits a su vez como bytes de ocho bits utilizados para codificar hasta 256 letras distintas, dígitos y caracteres. Bits y bytes de un sistema de computación se convierten en palabras habladas o escritas, símbolos o imágenes, que los humanos entienden. Los seres humanos definen y desarrollan tanto los datos como la información, así como su uso por medio de sistemas informáticos, por lo que contribuyen a alcanzar sus metas trazadas.

En la actualidad, el diseño de un modelo interactivo es un asunto complejo debido al ritmo acelerado de los cambios tecnológicos que a menudo pueden resultar en el uso de tecnología no probada e impredecible repercutiendo en posibles fallos que pueden ser dramáticos

y costosos. Con el fin de complementar los problemas asociados con funciones complejas, los modelos interactivos complementan y asocian las funciones complejas, así mismo son integrados en ambientes sociales y organizacionales. Los modelos complejos e interactivos pueden ser definidos como modelos que soportan los procesos dinámicos implicando una gran cantidad de hardware, software y el elemento humano que interactúa de distintas maneras.

Adicionalmente se debe de considerar la complejidad propia de la tecnología y las organizaciones, el factor humano también es inherentemente y complejo en relación a las capacidades físicas y cognitivas. En muchos casos, los humanos no son capaces de apreciar la verdadera situación sin ayuda de los modelos complejos e interactivos. Los modelos interactivos, por lo tanto nos deben decir más de lo que necesitamos saber y deben hacerlo de manera más eficaz y menos ambigua que antes. Los usuarios en entornos dinámicos deben interactuar con los modelos con el fin de crear y mantener una sociedad del conocimiento. Sin embargo, la cognición humana tiene sus capacidades y limitaciones, así como una mejor comprensión del fenómeno cognitivo crítico, el cual puede ser utilizado para el diseño de interfaces humano-computadora y puede proporcionar interacciones que ayudan a mantener una sociedad del conocimiento. La interacción humano-computadora debe permitir al usuario crear y mantener un nivel adecuado de la conciencia de la situación, repercutiendo en un efecto de seguridad en el uso del modelo.

Un modelo interactivo es un proceso complejo, en el que varios factores deben ser considerados. La complejidad surge de la necesidad de tener en cuenta no sólo los factores que contribuyen a una persona el conocimiento de la situación, sino también a los factores que contribuyen cuando este pertenece o es miembro de una sociedad del conocimiento, lo cual conlleva a un conocimiento de la situación compartida. Una situación compartida no es un concepto simple, en un proceso complejo en el cual se debe de considerar muchas variables diferentes. Es una construcción de múltiples capas y de muchos factores distintos que afectan su grado de formación. Adicionalmente se debe identificar tres componentes principales que

afectan el conocimiento de la situación: habilidades individuales de los miembros del equipo, sus interacciones con otros miembros del equipo, y el ambiente en el que trabajan. Así mismo dentro de cada uno de estos elementos existen múltiples factores que afectan el conocimiento de la situación, tales como la distribución geográfica, el liderazgo, el uso de herramientas de colaboración, la proximidad de la red, las experiencias de antecedentes similares y familiaridad.

Por otra parte, los seres humanos necesitan modelos interactivos que apoyen a una sociedad del conocimiento, que les permita accesar a servicios y/o información de forma continua e interrumpida, modelos que proporcionen acceso instantáneo, inclusive hasta en situaciones de emergencia, modelos que evolucionen para satisfacer las necesidades de información, cada vez más amplia en base al requerimiento, acciones, comportamiento, rendimiento por parte de los seres humanos. Un modelo interactivo que soporta una sociedad del conocimiento, debe ofrecer las siguientes características:

- Información que esté disponible en todas partes, en cualquier momento, y para todos, independientemente de sus habilidades.

- Acceso a la información en diferentes contextos:

Tener la misma información presentada distintamente para un público tan variado como niños hasta investigadores.

- Proporcionar el mismo contenido a distintos dispositivos.

- Interactuar con esta información usando una variedad de distintos dispositivos.

- Satisfacer las necesidades de los usuarios desde el acceso, manipulación, análisis y control de la información.

- Gestión integral de la información del entorno.

Así mismo un modelo interactivo para una sociedad del conocimiento, aborda cuestiones respecto a los usuarios en sus actitudes, percepciones, aceptación del uso de tecnología, como interactúan con la información y tareas. La figura : 6.1 representa una vista general de algunos componentes considerados en una interacción.

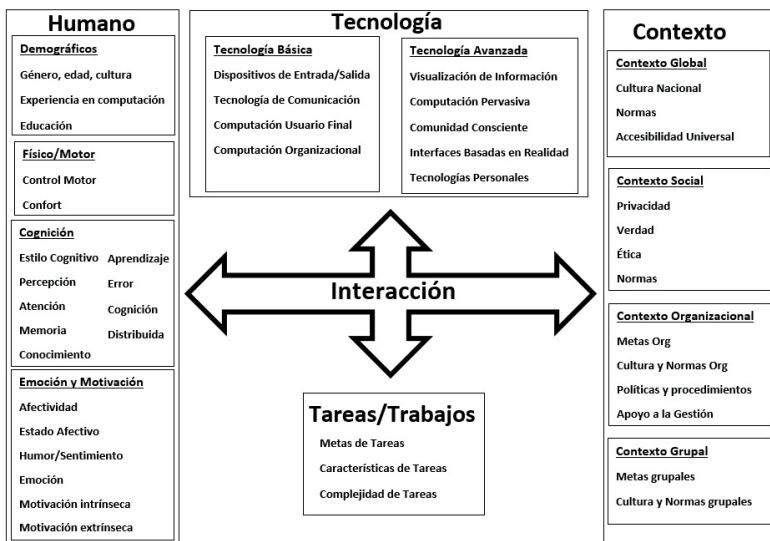


Figura 6.1: Componentes de interacción.

A continuación se describe cada uno de ellos:

- Componente interacción. Es aquel que se considera el núcleo del modelo ya que vincula y relaciona todos los demás componentes, es parte fundamental del modelo ya que retro-alimenta a los demás componentes, en base a sus entradas y salidas los demás componentes actúan en respuesta al rendimiento generado.
- Componente humano. Es aquel que considera aspectos relacionados a los usuarios como aspectos demográficos, físico/motor, cognición, emoción y motivación, es un componen-

te de gran importancia ya que el modelo de interacción vincula los demás componentes en base a los valores de los datos generados por este componente.

- Componente tecnología. Es aquel que incluye toda la tecnología que puede ser utilizada al momento de la interacción y que puede estar embebida en el ambiente, inclusive que no sea invasiva siendo transparente para el usuario tal como la computación pervasiva entre otros. La tecnología puede ser ampliamente definida incluyendo hardware, software, aplicaciones, datos, información, conocimiento, servicios y procedimientos.
- Componente tareas/trabajos. Es aquel donde se describen todas las tareas y/o trabajos ya sean generados por la interacción del usuario, de la sociedad o por iniciativa propia del ambiente, este componente apoya a los usuarios con las tareas que son relevantes o significativas para sus trabajos o metas personales y/o grupales.
- Contexto. Es aquel conjunto de circunstancias donde se presenta las interacciones entre el usuario y el ambiente, considera todos los factores y/o elementos que influyen en la interacción, está compuesto por cuatro elementos contexto global, contexto social, contexto organizacional y contexto grupal.

El desarrollo de un modelo interactivo que soporta a una sociedad del conocimiento, implica que este inmerso en un campo interdisciplinario debido a que no basta una sola disciplina para que pueda completamente abordar un ambiente complejo. La clave para tener el modelo considerado “mente abierta” es tener una buena convergencia entre las disciplinas relacionadas, esto hace obtener lo mejor de cada una de estas desde sus perspectivas hasta lo mejor de sus características.

Es importante considerar a los humanos como un componente clave del modelo interactivo independientemente de la perspectiva disciplinaria del investigador. Dado que el análisis de los seres humanos en este contexto usuarios, se basan en gran medida en ideas sobre la

psicología humana, comportamiento, acciones, percepciones, también los usuarios han sido estudiados por algunas perspectivas que se mencionan a continuación:

- Usuarios con diferencias individuales, tales como rasgos generales, rasgos específicos, estilos cognitivos y personalidades[105].
- Usuarios como actores sociales en el diseño, desarrollo y uso de tecnologías de la información y la comunicación. Se puede argumentar que la mayoría de las personas que utilizan aplicaciones TIC utilizan múltiples aplicaciones, en varios roles, como parte de sus esfuerzos por producir bienes y servicios, mientras interactúan con otras personas a menudo en múltiples contextos sociales [106].
- Usuarios como agentes económicos cuyas preferencias, comportamientos, personalidades, y en última instancia, el bienestar económico están estrechamente vinculados con el diseño de sistemas de información [107].

Cabe destacar que los individuos o grupos no son solo abordados por investigación sobre interacción, sino también por otros como la naturaleza móvil y pervasiva del cómputo moderno, usado por varias personas y organizaciones que exigen nuevos retos y oportunidades [108].

En general, es interesante examinar cómo el concepto de usuario ha evolucionado a partir de un usuario individual a un grupo de personas y/o sociedad, así como una sociedad difusa con propósito y pertenencia dinámica. Esta inevitable evolución está desafiando el diseño y temas de investigación respecto a la interacción entre estas sociedades como lo es el conocimiento de la situación compartida. Por lo cual esta investigación propone un modelo interactivo que ayude a soportar una sociedad del conocimiento basada en agentes con conciencia de la situación mejorando la interacción entre el usuario y su ambiente recibiendo contenido, información, servicios que realmente requiera para elevar el nivel y calidad de

experiencia en la interacción, así como el interés sobre el contenido ofrecido, repercutiendo en relaciones con otros usuarios para intercambio de opiniones y experiencias dentro de una sociedad.

Por otra parte, para realizar un modelo interactivo para una sociedad del conocimiento basada en agentes con conciencia de la situación, se debe considerar al usuario como el centro del desarrollo, considerando sus capacidades y sus tareas. Se debe tener bien claro: ¿Quiénes son los usuarios potenciales? ¿Qué tan variados son? ¿Cuál es su comportamiento actual? ¿Qué aspectos de su comportamiento son difíciles de entender? ¿Cuáles son sus necesidades?, así mismo, se debe considerar algunas estrategias claves tales como involucrar a los usuarios, realizar un diseño iterativo, así como conocer el rol que desempeñan los usuarios [109].

Un modelo interactivo que permite entregar información y/o servicios adecuados en base a las peticiones solicitadas o sensadas, puede beneficiar a individuos, grupos, organizaciones y/o sociedades aumentando su rendimiento. La idea clave es que la tecnología utilizada para entregar esta información tenga un impacto en un rendimiento positivo sólo si se ajusta a la tarea que soporta. Adicionalmente es importante analizar los impactos en la adecuación y otros factores, tales como la utilización del modelo, actitud del usuario, y rendimiento del usuario.

## **6.1. Modelado multi-agente**

El conocimiento de la situación compartida es empleado a menudo en los dominios donde equipos de agentes tienen que resolver tareas complejas de una manera distribuida. El concepto es difícil de ser analizado de una manera sistemática, debido a la abundancia de factores que pueden estar relacionados con el conocimiento de la situación compartida y a la falta de un común acuerdo. En parte esta investigación propone un modelado de una socie-

dad del conocimiento basada en agentes con conciencia de la situación que permita también estudiar las cuestiones relacionadas con los usuarios explorando una variedad de escenarios hipotéticos en un ambiente simulado.

Si integramos los enfoques de la computación basada en agentes, la simulación por computadora y las ciencias sociales, se puede aprovechar la simulación basada en agentes para obtener una comprensión más profunda de fenómenos sociales.

La combinación del paradigma de agentes con los de simulación social, tiene demostrada ser particularmente apropiada para analizar una variedad de fenómenos sociales, como el comportamiento de las multitudes y dilemas sociales.

En esta sección se introduce el modelado de una sociedad del conocimiento basada en agentes con conciencia de la situación, así mismo esta modelización por un lado puede ser beneficiosa, ya que proporciona un enfoque más formal para razonar sobre el conocimiento de la situación compartida y, por otro lado, proporciona una herramienta analítica para explorar los comportamientos de los usuarios.

La modelación [110], es una actividad que permite abstraer información y conocimiento de un dominio específico para obtener un modelo que contiene los componentes esenciales (desde la perspectiva de los modeladores y de los objetivos que propician su obtención). En este caso un modelo se entiende aquí como una abstracción de la realidad, en donde se consideran los detalles que son relevantes con el propósito de comprender, predecir o controlar el comportamiento de la realidad modelada. La abstracción es la percepción selectiva de los detalles relevantes prescindiendo de aquellos que o no afectan o no son importantes dentro de los aspectos considerados. Como parte de la abstracción de la realidad, es conveniente hacer notar que, a través de una metodología se puede llegar a representarla. Una metodología es un conjunto sistemático de pasos que permiten tomar una parte de la realidad y mediante procesos de abstracción, análisis y síntesis, obteniendo un modelo.

El uso de agentes de software está motivado en la posibilidad de que las personas cuenten con herramientas que tomen decisiones y acciones en forma proactiva y autónoma para alcanzar propósitos, reduciendo el tiempo que un humano dedica a la interacción con computadoras. Hasta ahora se han desarrollado diferentes modelos y sistemas de agentes, algunos siguiendo un enfoque de la escuela cognitiva y otros de la escuela reactiva.

Se propone un modelado multi-agente que intente alcanzar varios propósitos tomando papeles de escenarios (interacciones) que los contienen en donde algunas de estas acciones se realizan en paralelo. Parte de esta investigación consiste en dar a conocer el modelado multi-agente, con el fin de detallar los elementos de la arquitectura, así como también los distintos sub-modelos que lo componen y que son parte fundamental del mismo. En el diseño que corresponde a esta fase se describe el funcionamiento de cada uno de los elementos del sistema. En el modelo también se consideran aquellos eventos que pueden favorecer o dificultar el logro de los propósitos, de estos eventos se desconoce el momento de su ocurrencia.

Por otra parte, es importante considerar que la interacción social en los agentes puede llevarse a cabo en distintos niveles y de diversas formas. Por ejemplo, en un grupo de agentes trabajando de forma cooperativa para resolver una misma meta, podríamos especificar diferentes protocolos de comunicación, interacción, circunspección, etc. También nos resulta imposible hablar de aprendizaje incremental de forma colectiva, sin tratar antes el tema de la comunicación. También nos adjudicamos la necesidad de comunicación entre agentes, como un elemento sustancial para el problema de aprendizaje en un SMA. En términos del modelo de agencia, podemos encontrar ciertos fines para los cuales resulta no tan práctica dicha perspectiva. Imaginemos la siguiente situación por un momento:

Tengo el deseo de que un agente robot ejecute una tarea que pertenece a su conjunto de habilidades. Ahora pensemos en la autonomía que caracteriza a nuestra noción de agencia. Debido a que los agentes exhiben cierta autonomía, lograr que nuestro robot lleve a cabo

nuestro deseo, debería ser consecuentemente, una decisión tomada por el propio agente robot. Es decir, el control de ejecutar o no dicha tarea (que pertenece a su conjunto de habilidades y que sería realizada por el agente robot) debe encontrarse finalmente en el propio agente, para evitar romper el modelo de agencia. Lo anterior es algo muy intuitivo si habláramos de nosotros, seres humanos, que nos caracterizamos por ser agentes con características fuertes de autonomía, en sentido de decidir sobre el control de nuestras acciones.

La forma en que un agente puede influir en otro, de una forma similar a la del ejemplo anterior es por medio de la comunicación. Entendemos por comunicación a un intercambio intencional de información efectuado mediante la producción y percepción de signos pertenecientes a un sistema compartido de signos convencionales.

#### **Interacciones presentadas en un sistema multi-agente**

En un SMA es posible analizar las interacciones abstractas entre los agentes que existen en la organización, así como los modos de enlace de los agentes y las subordinaciones que existen entre los agentes para la toma de decisiones. Las interacciones abstractas describen las formas de interacción entre las distintas clases de agentes, es decir entre roles. Estas interacciones son:

- Interacción de conocidos. Esta interacción indica que dados dos agentes, uno tiene una representación del otro y conoce su dirección. Esta es la interacción mínima entre dos agentes y es el soporte de otras interacciones.
- Interacción de comunicación. Esta interacción indica que un agente puede mandar mensajes a otro. La interacción de conocidos es el soporte para el canal de comunicación.
- Interacción de subordinación. Esta interacción describe la transferencia de una ejecución (tarea) entre dos agentes.

- Interacción operativa. Esta interacción representa las dependencias entre tareas relacionadas. Es decir puede ocurrir que para que un agente ejecute una tarea sea necesario que otro agente haya ejecutado previamente otra.
- Interacción de información. Esta interacción establece la validez de las dependencias entre las cosas que un agente conoce. Esto sucede cuando el conocimiento de un agente depende de otro agente, y por lo tanto el conocimiento del primer agente está fundamentado en la confianza que deposita en el otro agente.
- Interacción de conflicto. Esta interacción indica que los agentes tienen un conflicto por el acceso a los recursos y que será necesario coordinar las tareas mediante una negociación.
- Interacción competitiva. Esta interacción se corresponde con una competición entre los agentes y es una señal de que sus objetivos son incompatibles.

### 6.1.1. Descripción formal del sistema multi-agente

En esta sección, como parte del modelado de una sociedad del conocimiento basada en agentes con conciencia de la situación, se utiliza un autómata finito para definir formalmente un elemento del mismo el sistema multi-agente.

A continuación se realiza una definición formal del SMA donde interactúan los agentes.

Se define el SMA como una Tupla de 4 elementos:

$$\text{SMA} = \langle \varsigma, \rho, \alpha, \delta \rangle$$

donde:

1.  $\varsigma$  es el conjunto finito de agentes;

2.  $\rho$  es el conjunto finito de perfil de agentes;
3.  $\alpha$  es el conjunto finito de eventos que ocurren en el SMA;
4.  $\delta$  es el conjunto finito de interacciones donde:  $\delta = \{\kappa, \zeta, \lambda\}$ ; representa la interacción entre uno agente y otro. Donde  $\kappa$  es el conjunto de atributos de las interacciones,  $\zeta$  es el conjunto de tipos de recursos que existen en la interacción,  $\lambda$  es el conjunto de información que existe en la interacción;

La figura : 6.2 muestra una representación gráfica de un SMA.

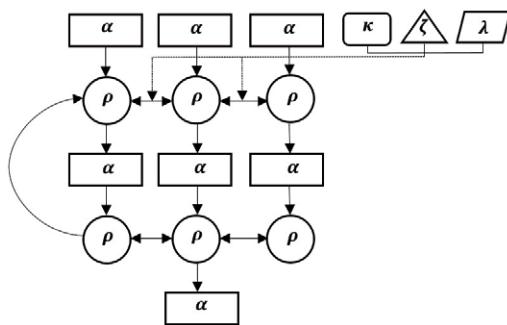


Figura 6.2: Representación gráfica de un SMA.

### 6.1.2. Descripción formal de agente

Así mismo se define como parte del modelado de una sociedad del conocimiento basada en agentes con conciencia de la situación, un elemento base el agente. A continuación se define formalmente un agente como representación para la interacción.

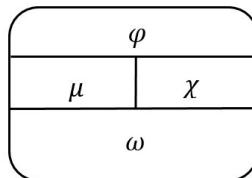
Se define un agente como una tupla de 4 elementos:

$$\rho = \langle \varphi, \mu, \chi, \omega \rangle$$

donde:

1.  $\varphi$  es el conjunto finito de percepciones de un agente;
2.  $\mu$  es el conjunto finito de eventos de un agente;
3.  $\chi$  es el conjunto finito de metas de un agente;
4.  $\omega$  es el conjunto finito de interacciones del agente;

La figura : 6.3 muestra gráficamente la representación de un agente donde se observan los cuatro elementos que lo conforman.



**Figura 6.3:** Representación gráfica de un agente.

El modelado multi-agente tiene la intención de hacer posible representar agentes y su ambiente donde interactúan, utilizandolos en el sentido de enviar el computo a segundo plano, se refiere a que la tecnología informática debe integrarse en objetos, cosas, tareas, entornos cotidianos, con el fin de que la integración no interfiera con las interacciones de los usuarios, con tal de proveer una forma conveniente con objetos simples y útiles, con propiedades tales como la comunicación, contexto sensitivo y reactivo. La incorporación de capacidades autónomas pueden aumentar significativamente su rendimiento, especialmente en entornos altamente dinámicos y de agentes múltiples [111].

## 6.2. Modelado adaptativo

Tanto a nivel mundial como local se está produciendo un aceleramiento del cambio continuo que se viene dando respecto a la necesidad de interacción cotidiana de los usuarios con sistemas informáticos. Cada día se hace más necesario interactuar con interfaces diferentes: cajeros automáticos, consultas de información sobre viajes, actividades, eventos; búsqueda de información en bibliotecas, múltiples y variados sistemas de gestión, como sistemas empresariales, de comercio, de enseñanza, etc.; especialmente el uso de Internet como un proveedor mundial de servicios, comunicación y fuente de información. A su vez, los sistemas informáticos son cada vez más completos, más complejos y tienen más interacción con otros sistemas.

Junto a esta diversificación y complejidad crecientes, se asiste a una descentralización del acceso a la información, la que transfiere al usuario la responsabilidad y trabajo de obtener lo que busca. Por lo cual surgen cuestionamientos, ¿Cómo se puede mejorar el aprovechamiento de los sistemas informáticos para hacerlos más sencillos de usar y aprender? ¿Cómo se puede lograr que esta interacción sea más efectiva y satisfactoria?

Para muchos, las respuestas a estas preguntas provienen de la investigación y desarrollo de interfaces más inteligentes, que se adapten al usuario de manera natural y progresiva, tratando de detectar sus características para que el sistema se adecue a su nivel y preferencias. Estas interfaces parten de la premisa que los sistemas deben adaptarse a la gente y no lo contrario, esto son nombrados sistemas adaptativos.

### 6.2.1. Representación del modelado adaptativo

La necesidad de sistemas adaptativos deriva en primera instancia de la heterogeneidad de la población de usuarios. La figura: 6.4 representa el sistema adaptativo dividido en tres importantes elementos: Usuario, Dominio y Adaptador.

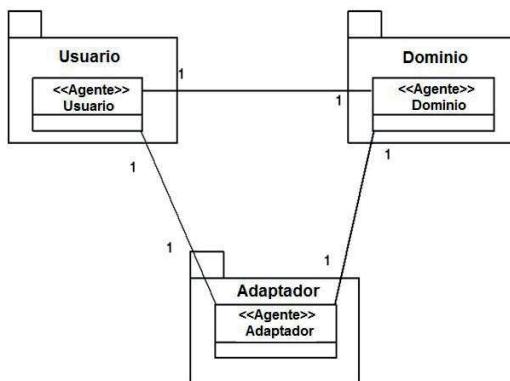


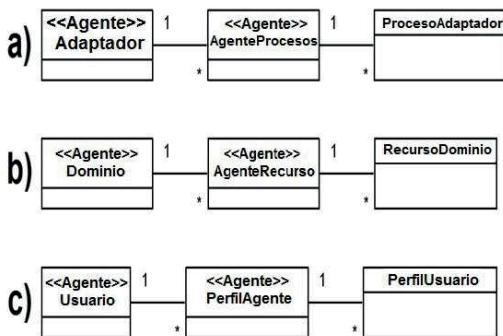
Figura 6.4: Elementos del sistema adaptativo.

Esta representación de modelo de sistema adaptativo determina la adaptación real de la interacción del usuario con el ambiente. Con el fin de identificar la necesidad de aprendizaje de un usuario, en este modelo el Adaptador aplica reglas para comparar los requisitos de situación con las propiedades del usuario. Esto significa, tanto el Dominio y Adaptador sirven como entradas de parámetros para la identificación de la interacción del usuario. El Dominio define el estado del objeto (conocimiento), el Adaptador representa el conocimiento o competencia actual de un usuario. Además, las relaciones del Dominio (por ejemplo, una relación pre-requisito) puede ser parte de las reglas del agente de adaptador.

Si bien las funciones Usuario y Adaptador son obvias, la importancia del Dominio y su impacto en la adaptación a menudo es subestimada. El Dominio representado por el agente dominio cuenta con cuatro funciones principales. En primer lugar, el agente dominio constituye la base de todas las deducciones y predicciones que se pueden hacer a partir de la interacción del usuario con el sistema. En segundo lugar, solo puede cambiar los aspectos de la solicitud, que se describen en el agente dominio. En tercer lugar, en la mayoría de los casos, constituye la base del agente adaptador. Debido a que el modelo adaptador normalmente se

realiza como superposición del modelo dominio, determina el alcance del modelo adaptador. En cuarto lugar, el modelo dominio tiene las características medibles (p.ej. habilidades) que son necesarias para evaluar la eficacia del sistema.

Así mismo en la figura: 6.5 se muestra esquemáticamente los tres elementos involucrados en el proceso de adaptación y sus interrelaciones.



**Figura 6.5:** Relación del proceso: a) agente adaptador b) agente dominio y c) agente usuario.

- Agente adaptador está directamente relacionado con el agente proceso el cual se encarga de tramitar todas las solicitudes de los usuarios, los procesos de todos los contenidos y servicios de acuerdo a las preferencias del usuario, un agente adaptador puede tener muchos agentes procesos con el fin de atender de una manera más óptima las solicitudes de los usuarios, el agente procesos está directamente relacionado con el proceso adaptador, el cual ofrece a los usuarios contenidos o servicios con procesos adaptados en base al perfil del usuario, un agente procesos puede tener varios procesos adaptadores que permiten ofrecer los contenidos adecuados.
- Agente dominio está relacionado directamente con el agente recursos siendo el responsable de la gestión de todos los recursos y contenidos que necesita el usuario, resultado

de sus interacciones en el sistema adaptativo, tiene la capacidad de ofrecer múltiples recursos, un agente dominio puede tener muchos agentes recursos con el fin de ofrecer recursos más acordes al usuario, el agente recursos tiene una relación directa con el recurso dominio que permite que los recursos a entregar sean con el contenido de acuerdo al perfil de usuario.

- Agente usuario está directamente relacionado con el agente perfil permitiendo identificar y relacionar directamente al perfil del usuario todos los contenidos que sean acordes a él. El agente perfil gestiona y controla todos los perfiles de usuario que han interactuado en el sistema adaptativo, un agente usuario puede tener muchos agentes perfiles, el agente perfil está directamente relacionado con el perfil de usuario, el perfil de usuario permite al usuario identificarlo plenamente, conocer su historial, preferencias y solicitudes de servicios.

En un sistema adaptativo, el modelo representa la asimilación del sistema de la interacción y contiene información sobre el usuario y el contexto actual, aumentando la capacidad del sistema para mostrar un comportamiento pragmáticamente correcto ayudando a una comunicación eficaz [112]. Al diseñar un entorno fácil de usar, con servicios eficientes y distribuidos, para apoyar la interacción humano-computadora, los usuarios están rodeados por un ambiente con conocimiento de la situación. Estos aspectos hacen referencia a operaciones asociadas a la detección de contexto, adaptación contextual y recursos contextuales descubiertos en general, controlan la presentación de información, servicios para el usuario y la ejecución automática de las acciones de entorno.

La figura: 6.6 muestra el modelo sistema adaptativo, compuesto por tres componentes elementales: modelo usuario, modelo adaptador y modelo dominio.

- Modelo usuario, da lugar a las interacciones y hora de ocurrencia por parte del usuario,

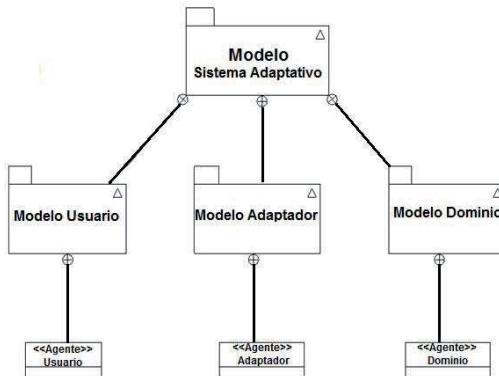


Figura 6.6: Modelo de sistema adaptativo.

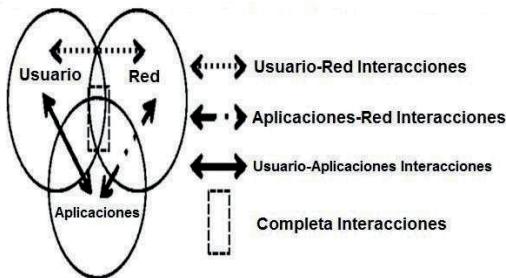
un agente usuario contiene toda la información sobre el perfil del usuario como el tipo de preferencias, diseño, contexto, comunicación e interacción.

- Modelo adaptador se encarga de procesar y adaptar de manera personalizada todos los servicios, las interacciones y los contenidos basados en el perfil de usuario, permitiendo mayor sensibilidad al contexto en diferentes situaciones o circunstancias presentadas entre el usuario y el ambiente. Por lo tanto el agente adaptador implementa para cada entidad capaz de colaborar a través de intercambiar información y servicios con otros programas para resolver problemas complejos [96].
- Modelo dominio tiene todos los objetos y los contenidos de información que componen la escena para interactuar con los usuarios. Contiene el agente dominio que tiene la descripción, medios de comunicación, contenido, interacción y línea de tiempo de todo el ambiente. En este modelo se utiliza la información del usuario para ofrecer contenidos y servicios de acuerdo con los perfiles del mismo.

### Interacciones en modelado adaptativo

Es importante considerar las interacciones entre las partes del sistema, ya que pueden reflejar las retroalimentaciones del mismo. Así, no solo es posible estudiar comportamientos emergentes sino que también permiten estudiar la reacción y adaptación de las partes del sistema en respuesta al comportamiento global o factores externos. Las interacciones son realizadas por varios agentes y tienen un propósito, que todos los agentes persiguen un protocolo de comunicación. El caso más básico de interacción puede ser el método de invocación de los mensajes entre objetos y un caso más complejo puede ser la posibilidad que un agente reaccione tras observar ciertos eventos que se producen en su entorno. Esta escala de interactividad puede crecer considerablemente hasta llegar a sociedades de agentes con múltiples interacciones paralelas entre todos ellos con comportamientos competitivos, colaborativos, negociadores, etc.

La figura 6.7 representa un esquema de interacciones entre las entidades (agentes) del modelo adaptativo. En el esquema es posible observar la existencia de interacciones bien definidas, este entorno es el medio en donde los agentes reciben información y pueden actuar.



**Figura 6.7:** Esquema de interacciones entre las entidades (agentes) del modelo adaptativo.

A continuación se describen los distintos tipos de interacciones:

- Interacciones usuario-red. Representan las interacciones entre un usuario (o varios usuarios) y las aplicaciones de red nativas, es decir aquí el usuario se encuentra conectado al ambiente (usuario en línea), estando listo para solicitar y recibir información.
- Interacciones aplicaciones-red. Representan las relaciones entre todas las aplicaciones (agentes, programas, etc.) y la red, aquí las aplicaciones se encuentran conectadas al ambiente (aplicación en línea) y se encuentran listas para solicitar y recibir información.
- Interacciones aplicaciones-usuario representan las interacciones entre los usuarios (a través de varios tipos de interfaces) y de todas las aplicaciones del entorno, estas interacciones representan la comunicación directa física y lógica con todo lo que este embebido en el ambiente.
- Interacciones completas son las más importantes, ya que hacen uso de todas las interacciones (usuario-red, aplicaciones-red, aplicaciones-usuario), aquí el usuario está listo para establecer cualquier tipo de interacción con el ambiente, el usuario solicita y recibe información de la red, las aplicaciones solicitan y reciben información de la red, los usuarios solicitan y reciben información de las aplicaciones, estas interacciones definen el alcance completo de las interacciones que ocurren en el ambiente con la participación de todos los elementos usuario, red y aplicaciones.

### **6.3. Comportamiento de usuarios utilizando tecnología**

Una de las metas del desarrollo del modelado de una sociedad del conocimiento basada en agentes con conciencia de la situación es ayudar impactando positivamente a los individuos, grupos, sociedades e inclusive organizaciones. La interacción con el uso de tecnología es un comportamiento orientado a metas que constituye dos preguntas principales: ¿Qué hace que los usuarios puedan utilizar la tecnología?, y ¿Por qué el uso de la tecnología es diferente?,

para responder esta preguntas se estudiaron y analizaron algunas investigaciones [113, 114, 115] que en gran medida están enfocadas en la investigación psicológica en motivaciones y comportamientos orientados a objetivos para entender cómo se comporta la gente alrededor de dispositivos tecnológicos como lo son las computadoras.

En parte, esta investigación analiza el entender cómo y por qué un comportamiento relacionado con la tecnología informática se desarrolla y cómo influye en el comportamiento futuro. Considerando la teoría de la acción razonada y la teoría del comportamiento planificado [113, 114, 115], así mismo se ha enfocado en identificar las creencias cognitivas pertinentes que conducen a cierto comportamiento, una creencia importante se relaciona con el uso de la computadora con un uso de auto-eficacia (CSE) [116], como un juicio individual puede ofrecer la capacidad de usar una computadora, por lo cual se encuentra la influencia de aceptación del usuario para el uso y aprendizaje de la tecnología.

Entre los muchos estudios de comportamientos relacionados con la tecnología de la información, la información basada en el comportamiento se ha convertido en un área importante de la investigación en los últimos años. Grandes inversiones económicas se han gastado por parte de organizaciones comerciales, organizaciones sin fines de lucro, así como organizaciones gubernamentales alrededor del mundo con el fin que sus sistemas de información permitan a los usuarios tener una interacción idónea con la cual accedan y obtengan información que realmente requieran y que sea adecuada para sus intereses. El comportamiento apropiado y constructivo por los usuarios puede aumentar la efectividad de la interacción para acceso a información, mientras que un comportamiento inadecuado y destructivo puede inhibir su eficacia.

Otro punto a analizar es por qué las personas usan la tecnología y examinar que aspectos del uso de la tecnología se encuentran más allá del razonamiento cognitivo. Estos incluyen las influencias, la emoción, la estética, los valores humanos, y la influencia social, a continuación

se describen cada una de estas:

- Influencias (estado de ánimo, emoción, sentimiento). Se reflejan influyendo en la percepción, la cognición y el comportamiento del usuario. A pesar de que han recibido menos atención que los enfoques cognitivos son de gran importancia ya que repercuten directa e indirectamente en el rendimiento del usuario [117, 118, 119].
- Estética. Un aspecto específico de influencia puede ser el agrado o desagrado que puede ser generado por el atractivo visual, o la estética, se ha convertido en un importante factor de diferenciación entre contenido, servicios e información que inclusive puede proporcionar la misma funcionalidad y satisfacer las mismas necesidades; esto pasa porque la estética satisface las necesidades humanas básicas y porque las necesidades humanas son suministrados cada vez más por las TI. La estética percibe el atractivo visual, las primeras impresiones influyen en el juicio de las personas, ya que consideran que lo que es bello es utilizable [120] y que las cosas bellas funcionan mejor [121].
- Valores. Los valores se refieren a lo que la gente considera importante en la vida; que incluyen la confianza, la privacidad, bienestar, libertad de prejuicios, y autonomía, por nombrar algunos. Un importante interés en el desarrollo de modelos con conocimiento de la situación es considerar y apoyar los valores humanos. Al tomarlos en cuenta en un principio y completamente a lo largo del proceso del desarrollo ayuda a que las personas se sientan más identificados en el proceso de interacción.
- Socialización. Siempre sociales, nosotros los humanos vivimos en ambientes sociales y nos comportamos socialmente. En consecuencia, tratamos nuestro ambiente, incluyendo otros seres humanos socialmente. La teoría de la ecuación de medios [122] predice y explica por qué las personas responden inconscientemente y de forma automática a los medios de comunicación (computadoras, dispositivos móviles, etc.) como si fueran humanos.

En la actualidad, la aceptación de la tecnología por parte de los usuarios es considerada, existen organizaciones que gastan grandes cantidades económicas en desarrollo de tecnologías de información, principalmente con interés de cómo sus inversiones influirán en el rendimiento organizacional e individual. El aumento de productividad y beneficios esperados que entregan las TI a la organización no puede realizarse a menos que sean realmente aceptadas y utilizadas [123].

La TI deben de hacer énfasis a un nivel macro en su desarrollo, en uso relevante y nivel significativo organizacional, por otro parte, también en un nivel micro de humanos interactuando directamente con la tecnología con consideraciones limitantes de significatividad organizacional [124].

Muchos investigadores están creando aplicaciones informáticas repercutiendo en las personas como nunca antes. Las personas, al ser más productivos y eficientes cumplen algunos objetivos del uso de la tecnología [125, 126, 124].

No solo se trata de mejorar nuestro trabajo sino también nuestra vida fuera del trabajo, nuestra conexión con los amigos, las familias, y nuestra capacidad de ser más creativos [127]. Dado que los usuarios son diversos y utilizan la tecnología de muchas maneras diferentes, hay necesidad de una accesibilidad universal de TI [128].

Por otra parte, también puede llegar a ser evidente que el interés por la investigación en modelos de una sociedad del conocimiento basada en agentes con conciencia de la situación continuará. Esto tiene mucho que ver con el reciente avance de las tecnologías y relativamente el fácil desarrollo de muchas aplicaciones sofisticadas.

En general, la centralidad humana se ha vuelto más importante más que nunca [129]. Se espera que la investigación respecto a modelos de una sociedad del conocimiento basada en agentes con conciencia de la situación y TI siga en crecimiento junto con otras disciplinas relacionadas con HCI, la intención es hacer las experiencias humanas con las tecnologías

más agradables, interesantes, gratificantes y satisfactorias, lo que genera más valor a las organizaciones y valor social para las sociedades.

# **Capítulo 7**

## **Resultados**

En este capítulo se describen los resultados correspondientes a la investigación de los modelos realizados, así mismo se describen los distintos análisis de información recabada, a través de trabajo de campo (encuestas, entrevistas, y captura de videos.)

### **7.1. Comparación de resultados del caso de estudio**

El uso de la inteligencia artificial se ha aplicado ampliamente en la mayoría de los campos de estudios computacionales. La característica principal de este concepto es la capacidad de auto-aprendizaje y auto-predicción de algunas salidas deseadas.

El aprendizaje se puede realizar de una manera supervisada o no supervisada. La predicción del nivel de interacción basada en datos de usuarios del museo interactivo ha sido aplicada y procesada utilizando diferentes enfoques, incluyendo un enfoque basado en una función lineal (LF), un enfoque empírico con FIS (EF), un enfoque de minado de datos Tipo-1 FIS (DMT1F) y un enfoque de minado de datos Tipo-2 FIS (DMT2F). En las siguientes subsecciones se describen las características elementales de cada enfoque.

### 7.1.1. Enfoque de función lineal

En primera instancia los datos e información recolectada se han procesado en un enfoque de función lineal, basado en una fórmula de regresión lineal múltiple [130], la obtención de los parámetros y valores es de acuerdo al rendimiento de los usuarios, a continuación, se describe en detalle la fórmula.

$$\text{NiveldeInteraccion} = 0.625 \times (\text{Pre} + \text{Int} + \text{Ctl} + \text{Fbk} + \text{Cty} + \text{Pdt} + \text{Com} + \text{Ada}) + 6 \times 10^{-15} \quad (7.1)$$

Dónde Niveldeinteraccion es Y es la variable dependiente, el valor 0.625 son los coeficientes de regresión de la b's por el valor correspondiente X (Pre, Int, Ctl, Fbk, Cty, Pdt, Com, Ada) variables independientes y el valor  $6 \times 10^{-15}$  es c que es la constante o el intercepto (que incluye los términos de error).

### 7.1.2. Enfoque del FIS empírico

Por otra parte, la investigación busca resultados más cercanos a la inteligencia humana, considerando variables lingüísticas de los usuarios. En este enfoque se evalúan las entradas de conjuntos difusos de acuerdo a la base de conocimientos fundada en reglas if-then del FIS.

Como resultado de esta operación, se obtienen salidas óptimas más cercanas a las salidas objetivo. La construcción de resultados óptimos para el sistema depende de la experiencia de los expertos. Si se obtienen resultados lo más similar de acuerdo al rendimiento de los usuarios, realmente se puede entregar información o servicios de acuerdo a las preferencias o predilecciones de los mismos.

Los datos analizados y obtenidos en las mismas condiciones de los 500 usuarios, fueron aplicados utilizando el enfoque propuesto del FIS empírico configurado con el toolbox difuso de Matlab, los parámetros de configuración del FIS se muestran en la tabla 7.1.

**Tabla 7.1:** Configuración de entradas y salidas del FIS empírico.

Tipo	Función de Membresía	Parámetros (Valores)
Entrada1(Presencia)	GaussMemberFunction	L = [0.343 -0.0262] H = [0.374 1.051]
Entrada2(Interactividad)	GaussMemberFunction	L = [0.343 -0.0262] M = [0.212 0.503] H = [0.374 1.051]
Entrada3(Control)	GaussMemberFunction	L = [0.343 -0.0262] H = [0.374 1.051]
Entrada4(Retroalimentacion)	GaussMemberFunction	L = [0.343 -0.0262] H = [0.374 1.051]
Entrada5(Creatividad)	GaussMemberFunction	L = [0.343 -0.0262] H = [0.374 1.051]
Entrada6(Productividad)	GaussMemberFunction	L = [0.343 -0.0262] H = [0.374 1.051]
Entrada7(Comunicacion)	GaussMemberFunction	L = [0.343 -0.0262] H = [0.374 1.051]
Entrada8(Adapteracion)	GaussMemberFunction	L = [0.343 -0.0262] H = [0.374 1.051]
Salida(Nivel de Interaccion)	GaussMemberFunction	ELI(NIVEL0) = [0.4662 0] VLI(NIVEL1) = [0.4247 1] LI(NIVEL2) = [0.4251 2.011] MI(NIVEL3) = [0.4247 3] HI(NIVEL4) = [0.4247 4] EHI(NIVEL5) = [0.4213 5]

### 7.1.3. Enfoque de minado de datos FIS tipo-1 y FIS tipo-2

Uno de los objetivos principales de la investigación es obtener valores de resultados más detallados y específicos de acuerdo al rendimiento y el comportamiento del usuario, tomando en cuenta la incertidumbre presente, por esta razón se desarrolló los enfoques minado de datos tipo-1 (DMT1F) y minado de datos tipo-2 (DMT2F) completamente en Java basado en el JT2FIS [40], ambos enfoques procesan los 500 usuarios utilizando un algoritmo personalizado de clusterización difuso c-means para el minado de datos, una vez que todos los datos son minados, se obtiene como resultado la configuración en automático de los parámetros del FIS.

Para el DMT1F, una vez que el FIS se configura con estos parámetros y se añaden las 7 reglas de inferencia, se obtiene un FIS con una mayor precisión en la configuración realizada,

porque se consideran todas las posibles variables minadas de entrada, consecuentemente se obtiene como resultado un nivel de interacción más preciso, todo esto con el fin de apegarse lo mayormente posible al comportamiento y el rendimiento del usuario ofreciendo servicios, datos y contenido que realmente requiere.

En el DMT1F, una vez que se ha configurado, puede evaluar los 500 usuarios, utilizando como entrada la información previamente minada con el fin de determinar el nivel de interacción o la salida de cada uno, esto permite obtener información de una forma aceptable y rápida, determinando en tiempo real los servicios, contenidos e información con lógica difusa tipo-1, sin embargo este método puede ser utilizado en contextos en los que la incertidumbre no se contempla o es muy baja su presencia.

La tabla 7.2 muestra, los parámetros de configuración del minado de datos FIS tipo-1 (DMT1F).

**Tabla 7.2:** Configuración de entradas y salidas del minado de datos FIS tipo-1

Tipo	Función de Membresía	Parámetros (Valores)
Entrada1(Presencia)	GaussMemberFunction	L=[0.2287 0.506 0 0] H=[0.3159 0.9024 0 0]
Entrada2(Interactividad)	GaussMemberFunction	L=[0.2052 0.3313 0 0] M=[0.1228 0.7463 0 0] H=[0.1744 0.9379 0 0]
Entrada3(Control)	GaussMemberFunction	L=[0.2255 0.5125 0 0] H=[0.305 0.9068 0 0]
Entrada4(Retroalimentacion)	GaussMemberFunction	L=[0.2595 0.3509 0 0] H=[0.399 0.9002 0 0]
Entrada5(Creatividad)	GaussMemberFunction	L=[0.2122 0.2775 0 0] H=[0.3753 0.7432 0 0]
Entrada6(Productividad)	GaussMemberFunction	L=[0.2261 0.2514 0 0] H=[0.3699 0.7136 0 0]
Entrada7(Comunicacion)	GaussMemberFunction	L=[0.2552 0.3973 0 0] H=[0.3343 0.9219 0 0]
Entrada8(Adapterion)	GaussMemberFunction	L=[0.2673 0.4539 0 0] H=[0.3607 0.8939 0 0]
Salida(Nivel de Interaccion)	GaussMemberFunction	ELI(LEVEL0) = [0.9682 0.5995 0 0] VLI(NIVEL1) = [0.6891 1.773 0 0] LI(NIVEL2) = [0.4991 2.744 0 0] MI(NIVEL3) = [0.3995 3.563 0 0] HI(NIVEL4) = [0.3938 4.267 0 0] EHI(NIVEL5) = [0.509 4.84 0 0]

Por otra parte, en el minado de datos FIS Tipo-2 (DMT2F), así como su predecesor el DMT1F utiliza un algoritmo personalizado de clusterización difuso c-means para el minado de datos con el fin de obtener la configuración en automático de los parámetros del FIS, una vez

que este es configurado puede evaluar y determinar el nivel de interacción de los 500 usuarios de una manera más exacta, ya que este enfoque si toma en cuenta la incertidumbre de cada uno de estos, esta incertidumbre es asignada automáticamente por el método de evaluación del FIS tipo-2, este enfoque puede ser utilizado en contextos en los que la incertidumbre es contemplada y está presente, p.ej. los contextos de la vida real en donde la incertidumbre está presente en todo momento y en todas partes, este enfoque se utilizó en el caso de estudio del museo interactivo obteniendo muy buenos resultados.

La tabla 7.3 representa la configuración de los parámetros del minado de datos FIS tipo-2 (DMT2F).

**Tabla 7.3:** Configuración de entradas y salidas del minado de datos FIS tipo-2

Tipo	Función de Membresía	Parámetros (Valores)
Entrada1 (Presencia)	GaussUncertainty MeanMemberFunction	L=[0.2287 0.3917 0.6204] H=[0.3159 0.7445 1.06]
Entrada2 (Interactividad)	GaussUncertainty MeanMemberFunction	L=[0.2312 0.3641 0.5952] M=[0.123 0.687 0.808] H=[0.3241 0.7359 1.06]
Entrada3 (Control)	GaussUncertainty MeanMemberFunction	L=[0.2255 0.3998 0.6252] H=[0.305 0.7543 1.059]
Entrada4 (Retroalimentacion)	GaussUncertainty MeanMemberFunction	L=[0.2595 0.2212 0.4807] H=[0.399 0.7007 1.1]
Entrada5 (Creatividad)	GaussUncertainty MeanMemberFunction	L=[0.2122 0.1714 0.3836] H=[0.3753 0.5555 0.9308]
Entrada6 (Productividad)	GaussUncertainty MeanMemberFunction	L=[0.2261 0.1384 0.3645] H=[0.3699 0.5286 0.8985]
Entrada7 (Comunicacion)	GaussUncertainty MeanMemberFunction	L=[0.2552 0.2697 0.5248] H=[0.3343 0.7548 1.089]
Entrada8 (Adaptacion)	GaussUncertainty MeanMemberFunction	L=[0.2673 0.3203 0.5876] H=[0.3607 0.7135 1.074]
Salida (Nivel de Interaccion)	GaussUncertainty MeanMemberFunction	ELI(NIVEL0) = [0.9682 0.1154 1.084] VLI(NIVEL1) = [0.6891 1.428 2.117] LI(LEVEL2) = [0.4982 2.5 2.998] MI(NIVEL3) = [0.3993 3.367 3.766] HI(NIVEL4) = [0.3939 4.072 4.466] EHI(NIVEL5) = [0.5091 4.587 5.096]

Después de utilizar los cuatro métodos de enfoque, los resultados obtenidos se comparan con el fin conocer el nivel interacción resultante de cada uno de los enfoques utilizando el FIS propuesto.

La tabla 7.4 muestra en detalle las comparaciones de algunos resultados obtenidos entre los enfoques (enfoque de función lineal (LF), enfoque de FIS empírico (EF), enfoque de minado de datos FIS Tipo-1 (DMT1F) y enfoque de minado de datos FIS Tipo-2 (DMT2F).

**Tabla 7.4:** Comparación de los resultados del nivel de interacción entre los enfoques LF, EF, DMT1F y el DMT2F.

Sujeto	Pre	Int	Ctl	Fbk	Cty	Pdt	Com	Ada	Nivel LF	Nivel EF	Nivel DMT1F	Nivel DMT2F
1	0.5	0.4	0.5	0.3	0.3	0.2	0.1	0.2	1.562	1.329	1.372	1.645
2	0.4	0.4	0.4	0.5	0.3	0.3	0.5	0.4	2.000	2.171	1.350	1.960
3	0.7	0.8	0.8	0.6	0.5	0.5	0.6	0.6	3.187	3.337	3.392	2.809
4	1	1	1	1	0.8	0.8	1	0.7	4.562	4.173	4.262	3.854
5	1	1	1	1	1	1	1	1	5.000	4.477	4.469	4.387
6	0.1	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0.187	0.641	1.541	1.838
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
500	0.4	0.3	0.6	0.2	0.1	0.3	0.5	1	2.125	3.205	1.829	2.729
Promedio	0.79	0.78	0.79	0.73	0.60	0.57	0.77	0.76	3.645	3.590	3.447	3.339

Como se puede observar los resultados del nivel de la interacción, muestran algunas variaciones entre los cuatro enfoques (LF, EF, DMT1F y DMT2F), los resultados utilizando el FIS propuesto con el enfoque DMT2F son más exactos, porque este representa una base de conocimientos de expertos, está basado en reglas if-then, considera entradas con variables lingüísticas con el fin de tener un peso de acuerdo con los valores de las funciones de membresía, otra de las ventajas es que podemos cambiar las reglas si apreciamos o deseamos agregar más variables lingüísticas de acuerdo al comportamiento del usuario, la base de conocimientos usa como entradas variables lingüísticas que representan el comportamiento humano en el momento de la interacción del usuario-exhibición.

En la simulación difusa, los conjuntos difusos de entrada, los conjuntos difusos de salida y las reglas difusas if-then, se determinan de acuerdo a la intuición y a los cálculos matemáticos realizados por el sistema, otra ventaja es que se toma en cuenta la incertidumbre que está presente en las acciones del usuario, si se toma en cuenta la incertidumbre podemos apreciar a detalle el rendimiento de los usuarios, obteniendo un nivel de interacción más adecuado.

Todas las simulaciones del FIS se realizaron en MATLAB [97] y en Java, tanto el FIS tipo-1 (DMT1F) y el FIS tipo-2 (DMT2F) desarrollado, ambos basados en el JT2FIS [40].

#### **7.1.4. Resultados obtenidos con entradas nivel de interacción y distancia**

En esta sección se presentan algunos de los resultados obtenidos a partir de la muestra de 500 usuarios analizados y observados del caso de estudio. Los usuarios se evaluaron en este caso utilizando solamente 2 entradas (nivel de interacción y distancia) ambas usadas para retroalimentar el FIS para obtener 1 salida (tipo de contenido interactivo), las dos entradas fueran procesadas usando el minado de datos FIS Tipo-2 (DMT2F), obteniendo valores precisos y específicos de acuerdo a estas entradas considerando la incertidumbre.

Los usuarios se procesan utilizando el método difuso de minado de datos c-means, una vez que todos los datos son minados, se obtiene como resultado, los parámetros de configuración del FIS.

Una vez que el FIS está configurado con estos parámetros y añadiendo las 18 reglas de inferencia difusa, se obtiene un FIS con una mayor precisión en la configuración, ya que se consideran y se minan todas la posibles variables de entrada, por consecuencia un resultado más preciso de tipo de contenido interactivo se obtiene en tiempo real de interacción, todo esto con el fin de mejorar el interés del usuario en la oferta de tipo de contenido interactivo que realmente requiera.

Adicionalmente, el DMT2F considera la incertidumbre de cada uno de los usuarios, esta incertidumbre es asignada automáticamente por el método de evaluación del FIS tipo-2, este enfoque es completamente adecuado al ambiente (museo interactivo) o a un ambiente con incertidumbre presente, porque son contextos donde la incertidumbre es contemplada y está

presente en todo momento.

La tabla 7.5 representa la configuración de los parámetros del minado de datos FIS tipo-2 con dos entradas (nivel de interacción, distancia) y una salida (tipo de contenido interactivo).

**Tabla 7.5:** Configuración de entradas y salidas del minado de datos FIS tipo-2 con dos entradas y una salida.

Tipo	Función de Membresía	Parámetros (Valores)
Entrada1 (Nivel de Interaccion)	GaussUncertainty MeanMemberFunction	NivInt0=[ 0.4830 1.7109 2.1939] NivInt1=[ 0.3622 2.4480 2.8102] NivInt2=[ 0.2942 3.0679 3.3622] NivInt3=[ 0.2829 3.6172 3.9001] NivInt4=[ 0.2844 3.6783 3.9627] NivInt5=[ 0.3749 4.1373 4.5122]
Entrada2 (Distancia)	GaussUncertainty MeanMemberFunction	Cerca=[ 0.1967 0.3335 0.5303] Medio=[ 0.2032 0.3713 0.5746] Lejos=[ 0.2255 0.4672 0.6928]
Salida (Tipo de Contenido Interactivo)	GaussUncertainty MeanMemberFunction	TipContIntAudio = [0.1089 0.3428 0.4518] TipContIntGraficos=[0.0736 0.5481 0.6218] TipContIntTexto = [0.0672 0.6934 0.7607] TipContIntVideo = [0.0861 0.8023 0.8885]

Después de utilizar el enfoque DMT2F, se obtienen resultados del tipo de contenido interactivo de los 500 usuarios. La tabla 7.6 representa a detalle algunos usuarios analizados.

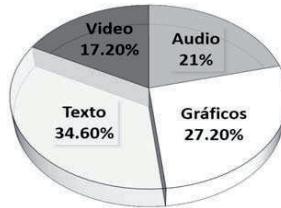
**Tabla 7.6:** Resultados del tipo de contenido interactivo utilizando el enfoque minado de datos FIS tipo-2 (DMT2F).

Sujeto	Nivel de Interacción	Distancia	Tipo de Contenido Interactivo DMT2F
1	1.6738	0.4168	0.4478 (audio)
2	2.0087	0.3130	0.4720 (audio)
3	3.0073	0.6225	0.5240 (graficos)
4	4.1161	0.8769	0.7463 (texto)
5	4.3935	0.3055	0.7920 (video)
6	3.8948	0.9584	0.7008 (texto)
...	...	...	...
500	4.3870	0.6969	0.7934 (video)

Adicionalmente, se obtuvieron resultados interesantes sobre el porcentaje del tipo de contenido interactivo. Los resultados obtenidos del análisis de la muestra fueron: el 17.20 % es de tipo vídeo, el 21 % es tipo audio, el 34.60 % es tipo texto y el 27.20 % es tipo gráficos,

esto significa que el tipo de contenido interactivo texto es el más adecuado para interactuar en este tipo de ambiente interactivo.

La Figura : 7.1 representa en detalles estos resultados.



**Figura 7.1:** Porcentaje de tipo de contenido interactivo.

# Capítulo 8

## Discusión y conclusiones

Muchos modelos se han enfocado en construir arquitecturas con capacidades de razonamiento, la investigación propuesta ofrece que los modelos sean utilizados directamente por los usuarios, se realiza un aprendizaje basado en los diferentes niveles de interacción de acuerdo al rendimiento del usuario. Con el fin de representar de una mejor manera los niveles de interacción, se realizan y comparan en primera instancia cuatro enfoques con el objetivo de obtener un nivel de interacción más adecuado basado en el rendimiento del usuario.

El enfoque de función lineal (LF), permite obtener resultados en base a los parámetros de entrada de una manera simple y directa, basándose en una fórmula matemática, una desventaja de este enfoque es que la incertidumbre no se considera ya que este es lineal y requiere de valores fijos y exactos para obtener el resultado.

El enfoque del FIS empírico (EF) permite introducir parámetros de entrada, parámetros de salida y reglas directamente al FIS totalmente configurado en Matlab, es muy fácil de usar, obtiene valores adecuados en función del rendimiento del usuario, pero este enfoque presenta algunos inconvenientes, no considera la incertidumbre presente, la configuración depende directamente por el experto, el cual introduce un grado de incertidumbre en la configuración,

esto puede representar una configuración incorrecta para el FIS.

El enfoque de minado de datos FIS tipo-1 (DMT1F) es totalmente desarrollado en Java, permite minar los datos de las entradas dando en automático el resultado de la configuración del FIS, por lo cual no se basa en la configuración del experto, este enfoque utiliza el algoritmo difuso C-Means (FCM) y el JT2FIS, consecuentemente se obtienen valores de parámetros de configuración más precisos, evitando la incertidumbre generada por el experto, se configura con valores más consistentes basados en el rendimiento del usuario, una desventaja de este enfoque es que la incertidumbre generada del rendimiento del usuario no es considerada, por lo cual repercute con variaciones en los resultados del nivel de interacción, sin embargo, este enfoque se puede considerar como una buena opción si la incertidumbre no es contemplada.

El enfoque de minado de datos FIS tipo-2 (DMT2F), se considera que es el enfoque más adecuado de los propuestos, se basa en su predecesor DMT1F, pero el DMT2F si contempla la incertidumbre en un estado completamente puro y directamente de las entradas de datos, además, la configuración del FIS se puede obtener basándose en el minado de datos previo, la incertidumbre se asigna de forma automática basándose en el minado de datos de cada una de las entradas, consecuentemente se obtienen resultados exactos y consistentes en base al rendimiento del usuario, p.ej. si se incluyen parámetros de entrada de los usuarios precisos y con incertidumbre incluida, consecuentemente el resultado de la salida es más apropiada para conseguir el nivel de interacción, este método cumple ampliamente con los objetivos de la investigación con el fin de mejorar la experiencia del nivel interacción.

En la etapa de análisis se notan los diferentes niveles de interacción de los usuarios, desde una muy baja interacción hasta una extremadamente alta interacción, permitiendo realmente tener una interesante muestra con todo tipo de niveles de interacción, por lo cual se propone una vez que se tiene los niveles de interacción, entregar el contenido, servicio o información de acuerdo al resultado del rendimiento del usuario, permitiendo realmente aumentar la

experiencia en el nivel de satisfacción.

La representación del nivel de interacción respecto al FIS propuesto para este fin, puede ayudar a otras investigaciones a obtener el nivel de interacción utilizando información fiable tomando en cuenta los parámetros presentes e involucrados en las interacciones del usuario, todo esto con el fin de obtener un análisis fiable de los datos para construir interfaces que ofrezcan información, contenidos y servicios adecuados, así como una buena experiencia de interacción, considerando siempre el rendimiento, comportamiento, acciones y el perfil del usuario, permitiendo a este último interactuar con una interfaz personalizada y adecuada, repercutiendo en la mejora del interés y el conocimiento resultado de la experiencia de interacción.

Cabe resaltar, que el FIS propuesto en esta parte de la investigación ayuda a la construcción de un prototipo que permite que una vez obtenidos los niveles de interacción, entregar el contenido considerando el perfil del usuario, género, edad, preferencias, tiempo de interacción, etc. El FIS está abierto a añadir más reglas, a cambiar el método defusificación, la manera en que obtienen las entradas y adaptarse según los parámetros de interés de la investigación.

Adicionalmente, los resultados de estos análisis incrementan las opciones de un perfil más adecuado para cada rendimiento de usuario. Se incrementan los perfiles de usuario añadiendo todas las experiencias de interacción mejorando el perfil en todo momento, así mismo la implementación de lógica difusa aporta una solución computacional factible al modelo.

En la actualidad, el uso de la tecnología respecto a los museos es más frecuente en todo el mundo, pero particularmente en Tijuana, México se encuentran algunos museos sin el uso de esta, ofreciendo el mismo contenido en las exhibiciones todo el tiempo, por otra parte, se pueden encontrar museos como lo es el caso de estudio museo el Trompo, que es interactivo y usa la tecnología en la mayoría de las exhibiciones, el uso de la tecnología ayuda a atraer más visitantes, el visitante necesita un contenido interactivo que le permita tener interés

sobre el museo, una forma de lograr esto es parte de la investigación realizada con el modelo propuesto, que ofrece a los visitantes del museo tener experiencias que impacten directamente en su conocimiento e interés.

La propuesta también considera la incertidumbre de cada usuario en su nivel de interacción y distancia, una vez obtenido estos parámetros como entradas del modelo ayudándose de las percepciones difusas de los agentes y evaluando a cada uno considerando su incertidumbre, se obtiene la salida del tipo de contenido interactivo, ofreciendo servicios e información adecuados teniendo un impacto en la mejora del interés de los usuarios en función a su comportamiento, esto también evita entregar contenido a los usuarios que no necesitan repercutiendo en la falta de interés en las exhibiciones del museo.

En parte el modelo propuesto ofrece un contenido adecuado para aumentar la experiencia del nivel de interacción de los usuarios, es decir, los agentes particularmente el agente dominio con estados mentales puede percibir dificultades en el momento de la interacción, a través del reconocimiento del rendimiento resultante de las diferentes acciones del usuario en el ambiente pervasivo donde esta embebido, pudiendo entregar contenido interactivo adecuado para ayudar con esas dificultades mejorando la experiencia de interacción.

El uso de lógica difusa para reconstruir las creencias de los agentes BDI puede hacer frente a la incertidumbre, en un modelo construido en parte de estados mentales. Esta integración permite el análisis de la incertidumbre en el proceso del rendimiento del usuario, el cual es considerado por los agentes BDI involucrados. Adicionalmente el resultado de este análisis constituye un perfil adecuado para cada rendimiento del usuario.

La propuesta construye un ambiente pervasivo con agentes embebidos con capacidades de razonamiento, modelando agentes con percepciones difusas que inciden en las creencias, deseos e intenciones, los agentes BDI gestionan los recursos del ambiente pervasivo, realizando un aprendizaje dirigido por diferentes módulos de exhibición de acuerdo al rendimiento del

usuario.

La muestra evaluada cubre la posibilidad de analizar a los usuarios en su experiencia natural de interacción, la propuesta no es invasiva ya que está embebida en el ambiente pervasivo, los usuarios pueden interactuar de forma natural obteniendo información real de una manera natural, por lo cual, esto influye en la buena calidad de los resultados.

Así mismo, se explora la idea de que la mejora de la interacción puede intensificar en una influencia positiva mejorando inclusivamente la relación con otros usuarios, esto puede ser benéfico para elevar la experiencia del nivel de interacción, repercutiendo en un impacto directo en el incremento de visitantes al museo.

Adicionalmente, una de las razones que motivan el uso de agentes en esta investigación, se debe a que los agentes son inteligentes son vistos como entidades que emulan o simulan procesos mentales racionales, comportamientos como asistentes personales, donde los agentes son entidades que ayudan a los usuarios a cumplir con tareas tales como encontrar las maneras para mejorar la interacción a en un ambiente interactivo.

Los agentes inteligentes son sistemas que interactúan con su entorno cognitivamente, se especializan en el modelo de patrones de percepción, procesamiento y representación del conocimiento con el fin de actuar en consecuencia. Así mismo, el uso de SMA, permite soportar la interacción personalizada, inteligente y un ambiente activo. Esto representa un enfoque para mejorar los sistemas adaptativos con aplicaciones ayudadas de lógica difusa que pueden adaptarse y configurarse de acuerdo con las actividades del usuario y el perfil de usuario.

Por otra parte, es fundamental identificar qué tipo de soporte es el requerido para la creación de aplicaciones con conocimiento de la situación y desarrollar un conjunto de herramientas para la creación rápida de prototipos que se basen en agentes con conciencia de la situación ayudando a fortalecer y mejorar una sociedad del conocimiento.

El desarrollo de modelos con conocimiento de la situación ayuda en la detección de varios tipos de contextos, permite el acceso a otros agentes, toma en cuenta cada dispositivo de la infraestructura pudiendo proporcionar diferentes tipos de contextos. Estos pueden utilizar el razonamiento o mecanismos de aprendizaje diferente, tales como lógica difusa.

Es importante considerar que las aplicaciones más comunes con conocimiento de la situación no proporcionan ningún mecanismo genérico para escribir las reglas acerca de los contextos, inferir contextos de alto nivel y la organización en un rango posible de contextos. El problema de los contextos en aplicaciones independientes, distribuidas heterogéneas, es donde la entidad tiene su propia noción de contexto en términos de sus vistas, para interactuar con otras entidades, la entidad debe conocer la relación entre su visión y la perspectiva de los demás.

Por lo tanto, para esta investigación, uno de los intereses principales es el comportamiento emergente de las personas quienes perciben, recuerdan y deciden interactuar en espacios educativos acorde a su perfil, conocimientos y experiencias.

Esto último es un reto muy importante, por lo cual para trabajo futuro, la investigación se centrara completamente en el comportamiento emergente de las personas, cuál es su impacto, como influye su comportamiento de manera individual y/o grupal como una sociedad, como se desarrollan las interacciones, etc. Otra cuestión importante es saber cómo la sociedad del conocimiento es soportada de aplicaciones interactivas para sociedades heterogéneas que se encuentren en constante interacción y cambio.

Así mismo, el conocer el comportamiento emergente de los individuos y de la sociedad conlleva a realizar sistemas informáticos inteligentes capaces de estar conscientes en todo momento, con capacidades de ofrecer servicios automatizados en base a las predilecciones, características y comportamientos emergentes tanto individuales como grupales por parte de los usuarios.

# Bibliografía

- [1] Wooldridge M. *An Introduction to Multi-agent System.* John Wiley and Sons, first edition, 2002.
- [2] Ducatel K, Bogdanowicz M, Scapolo F, and et al. Scenarios for ambient intelligence in 2010. Technical report, Information Society Technologies Programme of the European Union Commission, 2001.
- [3] Hagras H, Colley M, Callaghan V, and et al. A fuzzy incremental synchronous learning technique for embedded agents learning and control in intelligent inhabited environments. In *Proceeding of the 2002 IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, pages 139–145, 2002.
- [4] Mendel I and John R. Type-2 fuzzy sets made simple. *IEEE, Trans. On Fuzzy Systems*, 10:117–127, 2002.
- [5] Albrecht S. Implicit human computer interaction through context. *Personal Technologies*, 4:191–199, 2000.
- [6] Abowd G. Software engineering issues for ubiquitous computing. *ICSE*, pages 75–84, 1999.
- [7] Dey A and Abowd G. Towards a better understanding of context and context-awareness. *Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2000.

- [8] Gilles P. Des objets communicants a la communication ambiante. *Les Cahiers du Numerique*, 3-4:2344, 2002.
- [9] Umar S, Pham H, Mazzola J, and et al. A case for goal-oriented programming semantics. *Fifth Annual Conference on Ubiquitous Computing*, 2003.
- [10] Wing J. Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 366:3717–3725, 2008.
- [11] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Contenidos de cultura. [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cultura/cultura04\\_05/default.asp](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cultura/cultura04_05/default.asp), 2010. [Online; citado 04-Marzo-2014].
- [12] Consejo Nacional para la Cultura y las Artes (Conaculta). Estadística. <http://sic.conaculta.gob.mx/estadistica/>, 2010. [Online; citado 04-Marzo-2014].
- [13] Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente. Algunas cifras del aprendizaje informal en méxic. [http://portal.iteso.mx/portal/page/portal/Sinectica/Historico/Numeros\\_antiguos06/026/26%20Garza-Orozco-Distancias.pdf](http://portal.iteso.mx/portal/page/portal/Sinectica/Historico/Numeros_antiguos06/026/26%20Garza-Orozco-Distancias.pdf), 2005. [Online; citado 04-Marzo-2014].
- [14] Haesen M, Coninx K, and Raymaekers C. An interactive coal mine museum visit: Prototyping the user experience. *Human System Interactions*, pages 2546–553, 2009.
- [15] Kusunoki F and Hashizume H. Toward an interactive museum guide system with sensing and wireless network technologies wireless and mobile technologies. In *Proceedings of IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education*, pages 199–102, 2002.
- [16] Doctor F, Hagras H, Callaghan V, and et al. An adaptive fuzzy learning mechanism

- for intelligent agents in ubiquitous computing environments. In *Proceedings of World Automation Conference*, pages 101–106, 2004.
- [17] Louzoun Y, Solomon S, Allan H, and et al. The emergence of spatial complexity in the immune system. *Physics Archive*, 297:242–252, 2000.
- [18] Gayesky D and Williams D. *Video in Higher Education*. Kogan Page, 1984.
- [19] Dix A, Finlay J, Abowd G, and et al. *Human-Computer Interaction*. Pearson and Prentice-Hall, third edition, 2004.
- [20] Poslad S. *Computing: Smart Devices, Environments and Interactions*. John Wiley and Sons, first edition, 2009.
- [21] Dodge Y. *The concise encyclopedia of statistics*. Springer-Verlag, first edition, 2009.
- [22] Boik R J. Interactions, partial interactions, and interaction contrasts in the analysis of variance. *Psychological Bulletin*, 86-5:1084–1089, 1979.
- [23] Martinez H R. Analysing interactions of fitted models. *The R Journal*, 2013.
- [24] Levin J and Marascuilo L. Type iv errors and games. *Psychological Bulletin*, 80-4:308–309, 1973.
- [25] Umesh U, Peterson R, McCann-Nelson M, and et al. The investigation of anova interactions. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 24-1:17–26, 1996.
- [26] Meyer D. Misinterpretation of interaction effects: a reply to rosnow and rosenthal. *Psychological Bulletin*, 110-3:571–576, 1991.
- [27] Tabares M, Pineda J, and Barrera A. Un patron de interaccion entre diagramas de actividades uml y sistemas workflow. *Revista EIA*, 10:105–120, 2008.

- [28] Cengarle M, Graubmann P, and Wagner S. Semantics of uml 2.0 interactions with variabilities. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 160:141–155, 2006.
- [29] Barros L and Bassanezi R. Topicos de logica fuzzy e biomatematica. Technical report, Universidad de Estadual de Campinas(Unicamp): IMECC, 2006.
- [30] Nguyen N and Walker E. *First Course in Fuzzy Logic*. Chapman and Hall/Crc, third edition, 2005.
- [31] Jafelice R, Barros L, and Bassanezi R. Teoria dos conjuntos fuzzy com aplicacoes. *Sociedad Brasileira de Matematica Aplicada e Computacional*, 17, 2005.
- [32] Pedhazur S, Gilbert K, and Silva R. Multidimensional scaling of high school students perceptions of academic dishonesty. *The High School Journal*, 93-4:156–165, 2010.
- [33] Dalei W, Song C, Haiyan L, and et al. A theoretical framework for interaction measure and sensitivity analysis in cross-layer design. *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation*, 21-1:1–26, 2010.
- [34] Wachs J and Duertsock B. An analytical framework to measure effective human machine interaction. *Advances in Human Factors and Ergonomics in Healthcare*, pages 611–621, 2010.
- [35] Han J and Kamber M. *Data Mining: Concepts and Techniques*. Morgan Kaufmann, third edition, 2011.
- [36] Two Crows Corporation. *Introduction to Data Mining and Knowledge Discovery*. Two Crows Corporation, third edition, 2005.
- [37] Bozkir S and Sezer E. Fuat - a fuzzy clustering analysis tool. *Expert Systems with Applications*, 40-3:842–849, 2013.

- [38] Bezdek J. Fcm: The fuzzy c-means clustering algorithm. *Computers and Geosciences*, 10-2-3:191–203, 1984.
- [39] Yin X, Khoo L, and Chong Y. A fuzzy c-means based hybrid evolutionary approach to the clustering of supply chain. *Computers and Industrial Engineering*, 66-4:768–780, 2013.
- [40] Castanon-Puga M, Castro J, Flores-Parra J, and et al. Jt2fis a java type-2 fuzzy inference systems class library for building object-oriented intelligent applications. *Advances in Soft Computing and Its Applications. Lecture Notes in Computer Science*, 8266:204–215, 2013.
- [41] Weiser M. *The computer for the 21st century*. In: *Human computer interaction: toward the year 2000*. Morgan Kaufmann Publishers, second edition, 1995.
- [42] Tomasello M, Kruger A, and Ratner H. Cultural learning. in: Behavioral and brain science. *Behavioral and Brain Sciences*, 16:495–552, 1993.
- [43] Frischen A, Loach D, and Tipper S. Seeing the world through another person's eyes: Simulating selective attention via action observation. *Cognition*, 111-2:212–218, 2009.
- [44] Tversky B and Hard B. Embodied and disembodied cognition: Spatial perspective-taking. *Cognition*, 110-1:124–129, 2009.
- [45] Evans K, Hodkinson P, and Rainbird H. Improving workplace learning. *Routledge.*, 2006.
- [46] Gayle W. Constructivist learning environments: Case studies in instructional design. *Educational Technology Publication Inc*, 1996.
- [47] Hassaniene A, Al-Shammari E, and Ghali N. Computational intelligence techniques in bioinformatics. *Computational Biology and Chemistry*. Elsevier, 47:37–47, 2013.

- [48] Konar A. *Computational intelligence principles, techniques and applications*. Springer Berlin Heidelberg, 2005.
- [49] Andina D and Pham D. *Computational intelligence for engineering and manufacturing*. Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- [50] Zadeh L. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8:338–353, 1965.
- [51] Zadeh L. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information Science*, 8:199–249, 1975.
- [52] Smajgl A. Challenging beliefs through multi-level participatory modelling in indonesia. *Environmental Modelling and Software*, 25-11:1470–1476, 2010.
- [53] Gilbert N. Agent-based models. *SAGE Publications*, 2008.
- [54] Parker D, Manson M, Janssen M, and et al. Multiagent system models for the simulation of land-use and land-cover change: a review. *Annals of the Association of American Geographers*, 93-2, 2003.
- [55] Lee Y and Malkawi A. Simulating human behavior: an agent-based modeling approach. In *Proceedings of the 13th IBPSA Conference, Chambéry*, 2013.
- [56] Sokolowski J and Banks C. *Principles of Modeling and Simulation: A Multidisciplinary Approach*. John Wiley and Sons, 2009.
- [57] Ramos A, Augusto J, and Shapiro D. Ambient intelligence-the next step for artificial intelligence. *IEEE Intelligent Systems*, 23:15–18, 2008.
- [58] Russell S and Norvig P. *Artificial Intelligence. A Modern Approach*. Pearson Education International, third edition, 2009.

- [59] Macal C and North M. Tutorial on agent-based modelling and simulation. *Journal of Simulation*, 4:151–162, 2010.
- [60] Bonabeau E. Agent-based modeling: methods and techniques for simulating human systems. In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, volume 99, pages 7280–7287, 2002.
- [61] Dongning L and Yong T. Intelligent agents belief temporal substructure logic model. *Computer Applications*, 27-7:2448–2451, 2010.
- [62] Bratman M. *Intentions, Plans, and Practical Reason*. Center for the Study of Language and Information, first edition, 1999.
- [63] Yu E. *Modelling strategic relationships for process reengineering, Social Modeling for Requirements Engineering*. MIT Press, 2011.
- [64] Jian Y, Li T, Liu L, and et al. Goal-oriented requirements modelling for running systems. In *Proceedings of Requirements@Runtime*, volume 1, pages 1–8, 2010.
- [65] Wooldridge M and Jennings N. Intelligent agents: Theory and practice. *Knowledge Engineering Review*, 10:115–152, 1995.
- [66] Dennett D. *The Intentional Stance (Bradford Books)*. The MIT Press, first edition, 1989.
- [67] Bratman M. *Intention, Plans, and Practical Reason*. Harvard University Press, first edition, 1987.
- [68] Wooldridge M. *Reasoning about Rational Agents*. The MIT Press, first edition, 2000.
- [69] Aldewereld H, Dignum F, Garcia-Camino A, and et al. Operationalization of norms for usage in electronic institutions. In *Proceedings of International Conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems*, pages 223–225, 2006.

- [70] Jennings N and Wooldridge M. *Agent-oriented software engineering in handbook of agent technology*. MIT Press, 2000.
- [71] Weyns D and Georgeff M. Self-adaptation using multi-agent systems. *IEEE Software*, 27:86–91, 2010.
- [72] Yeom K and Park J. Morphological approach for autonomous and adaptive systems based on self-reconfigurable modular agents. *Future Generation Computer Systems*, 28:533–543, 2012.
- [73] Ferber J. Les systemes multi-agents, vers une intelligence collective. *InterEditions*, 1995.
- [74] Erceau J and Ferber J. L'intelligence artificielle distribuee. *La recherche*, 22:750–758, 1991.
- [75] Lampert R. Agent-based modeling as organizational and public policy simulators. In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, volume 99, pages 7195–7196, 2002.
- [76] Drogoul A. *De la Simulation Multi-agents a la Resolution Collective de Problemes*. PhD thesis, Universite Paris VI, 1993.
- [77] Middendorf M, Reischle F, and Schmeck H. Information exchange in multi colony ant algorithms. *Lecture Notes in Computer Science*, 1800:645, 2000.
- [78] Drogoul A and Dubreuil C. Eco problem solving model : Results of the n puzzle. In *Proceedings of the Third European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi Agent World*, pages 283–295, 1992.
- [79] Rao A and Georgeff M. Bdi agents : From theory to practice. In *Proceedings of ICMAS*, pages 312–319, 1995.

- [80] Boissier O and Demazeau Y. An architecture for social and individual control and its application to computer vision. In *Proceedings of the 6th European Conference on Modelling Autonomous Agents in Multi-Agent World : Distributed Software Agents and Applications*, volume 8:219, page 1ll, 1994.
- [81] Rodriguez M. *Modelisation d un agent autonome : Approche constructiviste de l architecture de controle et de la representation de connaissances*. PhD thesis, Universite de Neufchatel, 1994.
- [82] Demazeau Y. From interactions to collective behaviour in agent-based systems. In *Proceedings of the First European conference on cognitive science*, pages 117–132, 1995.
- [83] Russell S and Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall, third edition, 2009.
- [84] Pattie M. Artificial life meets entertainment: life like autonomous agents. *Communications ACM*, 38-11:108–114, 1995.
- [85] Hayes-Roth B. An architecture for adaptive intelligent systems. *Artificial Intelligence*, 72:1-2:329–365, 1995.
- [86] Wooldridge M and Jennings N. Agent theories, architectures and languages: a survey. In *Proceedings of the workshop on agent theories, architectures, and languages on Intelligent agents*, pages 1–39, 1995.
- [87] Demazeau Y and Costa A. Populations and organizations in open multiagent systems. In *Proceedings of the First National Symposium on Parallel and Distributed AI*, 1996.
- [88] Miller J and Page S. *Complex adaptive systems: an introduction to computational models of social life*. Princeton University Press, first edition, 2007.

- [89] CSIRO Publishing. Complex or just complicated: what is a complex system? <http://www.csiro.au/ast>, 2008. [Online; citado 02-Septiembre-2013].
- [90] Benyon D. Accommodating individual differences through an adaptive user interface. Presented by Alison Nichols, October 1994.
- [91] Weiser M. The computer for the twenty-first century. *scientific american*. *Scientific American*, 265-3:94–100, 1991.
- [92] Brumitt B, Meyers B, Krumm J, and et al. Easyliving: Technologies for intelligent environments. In *Handheld and Ubiquitous Computing: Second International Symposium*, volume 1927, pages 12–27, 2000.
- [93] Kidd C, Orr R, Abowd G, and et al. The aware home: A living laboratory for ubiquitous computing research. In *Proceedings of the Second International Workshop on Cooperative Buildings, Integrating Information, Organization, and Architecture*, page 191–198, 1999.
- [94] Sato Y, Kobayashi Y, and Koike H. Fast tracking of hands and fingertips in infrared images for augmented desk interface. In *In Proc. of the Fourth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, pages 462–467, 2000.
- [95] Finin T, Joshi A, Kagal L, and et al. Information agents for mobile and embedded devices. In *Fifth International Workshop Cooperative Information Agents*, volume 2182, pages 264–286, 2001.
- [96] Moreira D and Walczowski L. Using software agents to generate vlsi layouts. *Intelligent Systems and Their Applications in IEEE Expert*, 12:26–32, 1997.
- [97] Sivanandam S, Sumathi S, and Deepa S. *Introduction to Fuzzy Logic using Matlab*. Springer-Verlag, first edition, 2007.

- [98] Castelfranchi C. Modelling social action for ai agents. *Artificial Intelligence*, 103:157–182, 1998.
- [99] Wang Z and Garlan D. Task-driven computing. Technical Report CMU-CS-00-154, Carnegie Mellon University, 2000.
- [100] de Rojas C and Camarero C. Visitors' experience, mood and satisfaction in a heritage context: evidence from an interpretation center. *Tourism Management*, 29:525–537, 2008.
- [101] Rao A and Georgeff M. Agentspeak(l): Bdi agents speak out in a logical computable language. In *Proceedings of the Seventh Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World*, volume 1038, pages 42–55, 1996.
- [102] Bordini R, Bazzan A, Jannone R, and et al. Agentspeak: efficient intention selection in bdi agents via decision-theoretic task scheduling. In *Proceedings of the first international joint conference on autonomous agents and multi-agent systems*, pages 1294–1302, 2002.
- [103] Moreira A, Vieira R, and Bordini R. Extending the operational semantics of a bdi agent-oriented programming language for introducing speech-act based communication. In *Proceedings of Declarative Agent Languages and Technologies*, pages 135–154, 2004.
- [104] Bordini R and Hubner J. Jason: A java-based agentspeak interpreter used with saci for multi-agent distribution over the net. In *Proceedings of the 6h International Workshop CLIMA VI*, 2005.
- [105] Agarwal R and Prasad J. A conceptual and operational definition of personal innovativeness in the domain of information technology. *Information Systems Research*, 9-2:204–215, 1998.

- [106] Lamb R and Kling R. Reconceptualizing users as social actors in information systems research. *MIS Quarterly*, 27-2:197–235, 2003.
- [107] Bapna R, Goes P, and Gupta A. User heterogeneity and its impact on electronic auction market design: an empirical exploration. *MIS Quarterly*, 28-1:21–43, 2004.
- [108] Lyvtinen K, Yoo Y, Varshney U, and et al. Surfing the next wave: design and implementation challenges of ubiquitous computing environments. *Communication of the AIS*, 13-40:697–716, 2004.
- [109] Olson G and Olson J. User-centered design of collaboration technology. *Journal of Organizational Computing*, 1-1:41–60, 1991.
- [110] Kaindl H and Carroll J. Symbolic modelling. *Practice en Communications of the ACM*, 42:28–30, 1999.
- [111] Sarne D and Grossz Barbara. Estimating information value in collaborative multi-agent planning systems. In *Proceedings of the 6th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*, volume 48:1-48:8, 2007.
- [112] Stock O, Strapparava C, and Zancanaro M. Explorations in a natural language multimodal information access environment. In *Proceedings of IJCAI-95 Workshop on Intelligent Multimedia Information Retrieval*, pages 105–111, 1995.
- [113] Ajzen I. The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50-2:179–211, 1991.
- [114] Ajzen I and Fishbein M. *Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior*. Prentice-Hall, first edition, 1980.
- [115] Fishbein M and Ajzen I. *Belief, Attitude, Intention and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Addison-Wesley, first edition, 1975.

- [116] Compeau D and Higgins C. Computer self efficacy: development of a measure and initial test. *MIS Quarterly*, 19-2:189–211, 1995.
- [117] Norman D. Emotion and design: attractive things work better. *Interactions: New Visions of Human-Computer Interaction*, 9-4:36–42, 2002.
- [118] Russell J. Core affect and the psychological construction of emotion. *Psychological Review*, 110-1:145–172, 2003.
- [119] Zhang P and Li N. The intellectual development of human-computer interaction research in mis: a critical assessment of the mis literature (1990–2002). *Journal of the Association for Information Systems*, 6-11:227–292, 2005.
- [120] Tractinsky N, Katz A, and Ikar D. What is beautiful is usable. *Interacting with Computers*, 13:127–145, 2000.
- [121] Norman D. *Emotional Design: Why We Love (Or Hate) Everyday Things*. Basic Books, first edition, 2004.
- [122] Reeves B and Nass C. *The Media Equation: How People Treat Computers, Televisions, and New Media as Real People and Places*. Cambridge University Pres, first edition, 1996.
- [123] Hackbarth G, Grover V, and Yi M. Computer playfulness and anxiety: positive and negative mediators of the system experience effect on perceived ease of use. *Information and Management*, 40-3:221, 2003.
- [124] Zhang P, Benbasat I, Carey J, and et al. Human-computer interaction research in the mis discipline. *Communications of the AIS*, 9-20:334–355, 2002.
- [125] Reinig B, Briggs R, Shepherd M, and et al. Affective reward and the adoption of

- group support systems: productivity is not always enough. *Journal of Management Information Systems*, 12-3:171–185, 1996.
- [126] Te’eni D. A cognitive-affective model of organizational communication for designing it. *MIS Quarterly*, 25-2:251–312, 2001.
- [127] Shneiderman B. *Leonardo’s Laptop: Human Needs and the New Computing Technologies*. MIT Press, first edition, 2002.
- [128] Shneiderman B. Universal usability. *Communications of the ACM*, 43-5:84–91, 2000.
- [129] Zhang P, Carey J, Te’eni D, and et al. Integrating human-computer interaction development into the systems development life cycle: a methodology. *Communications of the AIS*, 15:512–543, 2005.
- [130] Garson D. *Multiple Regression*. Statistical Associates Publishers, first edition, 2012.
- [131] Gosling J, Joy B, and Seele G. *The Java Language Specification*. Addison Wesley, third edition, 2004.
- [132] Stroustrup B. *The C++ Programming Language*. Addison-Wesley Professional, third edition, 1997.
- [133] Bellifemine F, Caire G, and Greenwood D. *Developing Multi-Agent Systems with JADE*. John Wiley and Sons, first edition, 2007.

# **Apéndice A**

## **Prototipo**

Los anexos de la investigación correspondiente al desarrollo del prototipo sistema multi-agente se describe detalladamente en esta sección. Cabe comentar que por simplicidad de desarrollo, se ha implementado el prototipo sobre un lenguaje de programación comercial que otorga los requisitos mínimos necesarios para llevar a cabo su codificación. El objetivo de este prototipo es demostrar la consecución de los objetivos y requisitos propios del sistema computacional.

El prototipo se desarrolla en la plataforma Eclipse permitiendo la posibilidad de añadir salidas para plataformas (J2EE, Netbeans). Así mismo se adapta el JADE que permite la comunicación entre agentes y es fundamental para poder conseguir el recurso propio para el desarrollo del sistema multi-agente.

### **A.1. Selección del lenguaje de programación**

A raíz de las premisas mínimas impuestas al lenguaje de programación para el desarrollo del prototipo, se elige el lenguaje de programación Java. Puesto que el lenguaje Java tiene un

elevado número de módulos de software implementados para su reutilización por el programador, y permite elegir una interfaz gráfica de programación como lo es eclipse, esto permite la aceleración del desarrollo del prototipo.

### **A.1.1. Lenguaje Java**

El lenguaje Java fue desarrollado por [131] como un lenguaje orientado a objetos para dispositivos electrónicos empotrados. Alcanzó gran popularidad a mediados de los 90's, cuando Sun Microsystems hizo pública su implementación. La sintaxis del lenguaje se inspira en la de C++ [132], pero contiene un conjunto más reducido de características. Inclusive un sistema de gestión de memoria y un mecanismo de tratamiento de excepciones de concurrencia. La implementación se basa en una máquina virtual estándar, la Java Virtual Machine (JVM). El lenguaje alcanza gran popularidad como lenguaje para desarrollo de aplicaciones en Internet puesto que la JVM es incorporada en muchos servidores y clientes.

### **A.1.2. Plataforma JADE**

Un cuestionamiento que puede surgir es el por qué usar JADE [133] para desarrollar sistemas multi-agente. La razón fundamental es porque es un middleware que oculta una arquitectura distribuida donde va a residir la aplicación, permitiendo al desarrollador centrarse solo en el aspecto lógico, dejando de lado el desarrollo de las comunicaciones entre los diferentes hosts. Además una de las razones por las que es aconsejable usar JADE es porque simplifica la comunicación y la cooperación entre los agentes, que tienen forma distribuida en su lógica de control para alcanzar el objetivo de la aplicación. Los agentes JADE pueden controlar su propio ciclo de vida, y pueden ser programados para que dejen de funcionar o empiecen a hacerlo dependiendo del estado del sistema y de la función que debe realizar el agente. JADE cumple con la especificación de FIPA, por lo cual puede comunicarse con

agentes realizados en otros entornos que sigan FIPA. Es código abierto. Multitud de personas colaboran en la realización y mantenimiento de JADE.

La evolución de JADE es controlada por el JADE Governing Board, para que su crecimiento no se realice de forma desordenada. Los agentes JADE pueden correr en las diferentes versiones de Java: J2EE, J2SE y J2ME. El API proporcionado por JADE es intuitivo, fácil de aprender y sencillo de usar, haciendo que el desarrollo se produzca de manera más rápida que si no se utilizase. Por estas características, los principales campos de aplicación son: aplicaciones móviles facilita la búsqueda y procesamiento de la información e Internet: Desarrollo de aplicaciones P2P.

## **A.2. Desarrollo del prototipo**

Para el desarrollo del prototipo se han analizado todos los elementos y escenarios involucrados en la interacción entre los usuarios y el museo interactivo (salas, exhibiciones interactivas, contenidos, etc.). Esto permite el desarrollo de algunos modelos para el prototipo, permiten mayor entendimiento de las actividades y del funcionamiento del ambiente en sí. Para llevar a cabo el desarrollo del prototipo se analizaron y se tomaron en cuenta algunos aspectos tales como: quien es el usuario, cuál es su perfil, cuál es su edad, genero, ocupación, actividad, educación, donde el usuario llevaría acabo sus actividades, bajo que contexto, que variables y elementos son considerados para desenvolverse en dicho ambiente.

Así mismo se analizó el comportamiento del usuario, cuales son las precondiciones y efectos para tomar una acción, quien inicia la interacción si es el sistema o es el usuario, cual es la intención de la interacción, cual es el flujo de la información de la interacción usuario-sistema, que tipo de acciones son realizadas por el usuario y el sistema durante la interacción, así como cuáles son sus estrategias, sus procesos cognitivos, sus experiencias.

También se analiza el objetivo de la interacción (*¿Cuál es el fin?, ¿Para hacer qué?, ¿Cuál es la finalidad de interactuar?*). Otro punto importante de análisis es que tipo de eventos son más comunes en el museo interactivo tales como:

- Proximidad de las exhibiciones. Consiste en medir cual es la distancia entre el usuario y las exhibiciones interactivas con el fin de conocer cuál es la distancia promedio de interacción.
- Interacción modulo. Consiste en analizar cómo se lleva a cabo la interacción, si el usuario solo utiliza su interfaz natural para interactuar o la realiza por medio de un dispositivo.
- Interacción individual. Consiste en analizar el comportamiento del usuario cuando interactúa de manera individual (sin interrupciones de terceros) con el modulo interactivo y obtiene información.
- Interacción asistida. Es aquella interacción donde el usuario para interactuar o solicitar información con una exhibición interactiva se asiste de un tercero (guía, parente de familia o profesor), con el fin de mejorar la interacción, fortaleciendo las debilidades del mismo, mejorando la calidad de acceso a la información.
- Interacción compartida. Se analiza aquella interacción donde el usuario para interactuar o solicitar información a la exhibición interactiva comparte con un tercero (guía, parente de familia, profesor, compañero, amigo, etc.) la interacción de manera conjunta teniendo retro-alimentación mutua, ayudando y en algunos caso degradando la calidad de acceso a la información.
- Interacción interrumpida. Corresponde a aquellas interacciones donde el usuario al interactuar o solicitar información a la exhibición interactiva lo hace de una manera

intermitente y en el algunos caso abandonando la interacción, esto conlleva a un acceso degradado de información, anulando totalmente el objetivo del inicio de la misma.

### **A.2.1. Elementos del prototipo**

Toda la información recabada hasta esta etapa de la investigación permite una mayor perspectiva para el desarrollo del prototipo, el cual su objetivo es mostrar información o contenidos al usuario basado en la identificación previa del mismo. A continuación se describen brevemente los elementos y la función de estos en el prototipo:

- **RFID.**

Concepto. Es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos que usa dispositivos denominados etiquetas, tarjetas, transpondedores o tags RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio. Las tecnologías RFID se agrupan dentro de las denominadas Auto ID (automatic identification, o identificación automática).

Uso en el prototipo. Permite a los usuarios una identificación remota e inalámbrica por medio de un dispositivo o lector, el cual es conectado remotamente a un equipo de cómputo, estableciendo una comunicación por medio de ondas de radio.

- **Etiquetas o TAGs de Radio Frecuencia (TAG RFID).**

Concepto. Son unos dispositivos pequeños, similares a un sticker o calcomanía, que pueden ser adheridas o incorporadas a un producto, un animal o una persona o bien pueden incorporarse en distintas maneras como llaveros, brazaletes, collares, etc. Contienen antenas para permitirles recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde

un emisor-receptor RFID. Las etiquetas pasivas no necesitan alimentación eléctrica interna, mientras que las activas si lo requieren, para el prototipo se utilizaron pasivas. Una de las ventajas del uso de radiofrecuencia (en lugar, por ejemplo, de infrarrojos) es que no se requiere visión directa entre emisor y receptor.

Uso en el prototipo. Los Tag RFID permiten al usuario interactuar con el entorno, al asignar un número único de identificación.

- Lectores o readers de radio frecuencia (RFID READER).

Concepto. El principal objetivo de un lector de RFID es transmitir y recibir señales, convirtiendo las ondas de radio de los tags en un formato legible para las computadoras, son capaces de leer y escribir a un tag. La función lectora lee datos almacenados en el chip del tag. Del mismo modo, la función escritura escribe los datos pertinentes sobre el chip del tag.

Uso en el prototipo. Permiten a los usuarios la identificación y/o lectura automatizada de información contenida en una etiqueta o tags por medio de ondas de radiofrecuencia.

- Middleware.

Concepto. Es un software que asiste a una aplicación para interactuar o comunicarse con otras aplicaciones, software, redes, hardware y/o sistemas operativos. Es una vía que conecta dos aplicaciones y pasa los datos entre ellas. Permiten que los datos contenidos en una base de datos puedan ser accedidos a través de otra.

Uso en el prototipo. Permite a los usuarios facilitar sus interacciones con todos los elementos involucrados en el sistema, así como el acceso transparente a servicios y recursos no locales distribuidos a través de la red.

- Computadora personal.

Concepto. Es una máquina electrónica que recibe y procesa datos para convertirlos en información útil, procesa secuencias o rutinas de instrucciones que son ordenadas, organizadas y sistematizadas en función a una amplia gama de aplicaciones.

Uso en el prototipo. Permite procesar todas las solicitudes de los contenidos y/o servicios por parte de los usuarios, permite visualizar los contenidos de los mismos de una manera rápida, eficaz y concisa, disminuyendo los tiempos de espera de solicitud por parte de los usuarios, sirve como intermediario entre los distintos elementos involucrados en la interacción usuario-sistema.

- Base de datos.

Concepto. Una base de datos o banco de datos es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso.

Uso en el prototipo. Permite al usuario accesar y al sistema almacenar toda la información de todo el ambiente, permite consultas, interacciones, permitiendo un orden y control del manejo de información.

- Proyector de video.

Concepto. Es un dispositivo electrónico que recibe una señal de video y proyecta la imagen correspondiente en una pantalla de proyección usando un sistema de lentes, permitiendo así mostrar imágenes fijas o en movimiento.

Uso en el prototipo. Permite a los usuarios visualizar la información que envía la computadora a gran escala, con el fin de que estos tengan una mejor apreciación de los contenidos requeridos y/o solicitados.

- Tabla de melamina.

Concepto. Es una pieza de madera color blanco, plana, alargada y rectangular, más larga que ancha y más ancha que alta.

Uso en el prototipo. Permite a los usuarios poder visualizar la proyección que emite el proyector de video, bajo una superficie plana y de gran tamaño permitiendo una mejor apreciación de la misma.

### A.2.2. Detalles del desarrollo del prototipo

En primer instancia se aborda cual es el objetivo general del prototipo siendo este el de ofrecer al usuario contenido o información pre-seleccionada acorde a la identificación previa del mismo.

El prototipo, consiste en que un usuario trae consigo un dispositivo de identificación de RFID, un TAG pasivo o etiqueta, el cual permite asignar un número único de identificación, este número es ligado directamente a un perfil del usuario que se encuentra en la Base Datos (BD), este número le sirve como llave de acceso a los contenidos o información, es intransferible. En el prototipo, el número de identificación corresponde a un único usuario y está ligado a un RFID TAG único, es decir un usuario un tag una relación 1 a 1. Una vez que el usuario cuenta con RFID TAG y este le fue asignado previamente, su código de identificación procedente es detectado e identificado por medio del lector del RFID (alámbrico o inalámbrico) a una distancia no más de 0-15 cm, por lo cual el usuario al estar en la cobertura de alcance de lectura del lector RFID es identificado.

Una vez que se lleva a cabo esta identificación el lector RFID se comunica directamente al middleware que se encuentra embebido en una computadora personal, en la cual se llevaran a cabo todas las comunicaciones entre los distintos elementos involucrados, esta identificación sirve como llave de acceso del número de identificación leído del TAG RFID del usuario, el middleware realiza la compleja tarea de generar las conexiones que son necesarias en el sistema con el fin de proveer una solución tomando en cuenta la seguridad, envío de mensajes, directorio de servicio, etc.

Proporciona un enlace entre las aplicaciones, desde la lectura del RFID TAG que contiene el número de identificación con la base de datos (que contiene todo el perfil del usuario, contenido e información previamente dada de alta), pasando los datos entre ellas. El middleware permite que los datos contenidos en una base de datos puedan ser accedidos a través de otra aplicación o directamente por parte del usuario.

El middleware lleva a cabo la correlación del número de identificación único con los contenidos de la base de datos relacionada correspondientemente a ese usuario, una vez que hace esa correlación o match de información, regresa la petición al usuario representándosela por medio de un explorador web (con el fin de que sea multi-plataforma), donde se puede visualizar el contenido correlacionado en base a la identificación, este contenido puede ser visualizado directamente en la pantalla de la pc y de igual manera es proyectado a través de un proyector de video a una tabla de melamina blanca donde es mostrado a gran escala el contenido de la información correlacionada, dando al usuario una mayor perspectiva de la información accesada.

Cabe comentar que esta misma dinámica funciona de igual manera para los distintos usuarios que portan con ellos un RFID TAG, es decir la información cambiara según el número de identificación.

### **A.2.3. Resultados del desarrollo del prototipo**

Los resultados obtenidos arrojan datos interesantes, ya que permiten en primera instancia, analizar el comportamiento de los usuarios cuando a estos se les ofrece información que va acorde a su perfil de usuario, es interesante la manera de interactuar con este tipo de escenarios. El prototipo permite también analizar los distintos dispositivos utilizados para llevar a cabo este tipo de interacciones, es decir saber si son viables técnica y económicoamente, con el fin de tener el funcionamiento correcto del prototipo, así como de posibles versiones

posteriores que estén bajo escenarios donde se requiera mayor solicitud de información a raíz de las peticiones que los usuarios realicen. El prototipo sirve como punto de partida para el desarrollo de versiones subsecuentes, ya que da una idea generalizada de lo que busca la investigación, permite analizar y retroalimentar los distintos modelos que se han llevado a cabo por parte de la investigación.

Los resultados y la información recabada son satisfactorios cumpliendo el objetivo del prototipo desarrollado, como parte de la investigación ayuda en gran medida, a retroalimentar versiones posteriores, la idea es que se vayan agregando más componentes y elementos que eleven su rendimiento, su funcionalidad, que por consecuente este sea cada vez más sensible de la situación y ofrezca servicios o contenidos de información de calidad ofreciendo realmente lo que el usuario requiera y no saturándolo de información o datos que no requiera, ofreciendo información realmente acorde al perfil de usuario, preferencias, rendimiento y predilecciones.

En la figura : A.1 se muestra explícitamente el prototipo.

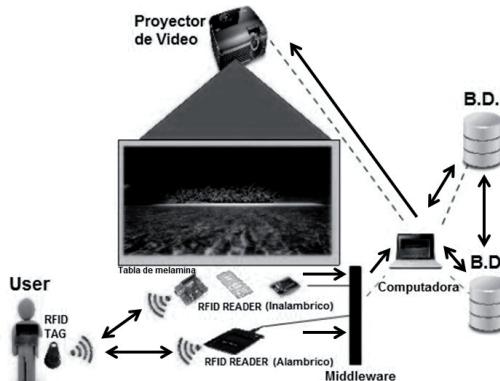


Figura A.1: Prototipo desarrollado

## **Apéndice B**

### **Encuesta en campo**

Con el fin de diagnosticar las interacciones por parte de los usuarios en el museo interactivo el Trompo esta investigación, busca identificar las predilecciones de los usuarios.

Para realizar este tipo de tareas el investigador necesita un domino para aplicar métodos y técnicas de conocimiento e indagación, que le permitan conocer las necesidades de los usuarios, como quienes participan en el proceso de interacción. Uno de estos instrumentos es la encuesta con escala Likert. Por medio de la información que este instrumento entrega, se es más fiel y profesional, identificar las necesidades individuales y/o colectivas por parte de los usuarios y así optimizar el desarrollo de modelos de interacción que permitan ofrecer información y/o servicios de acuerdo al rendimiento, acciones, predilecciones por parte de los usuarios.

La encuesta con escala Likert es un instrumento de investigación, este instrumento se utiliza, de un modo preferente en el desarrollo de una investigación en el campo de las ciencias sociales: es una técnica ampliamente aplicada en la investigación de carácter cualitativa. No obstante, su construcción, aplicación y tabulación poseen un alto grado científico y objetivo. Elaborar una encuesta con escala Likert no es una cuestión fácil; implica controlar una serie

de variables. La encuesta con escala Likert es un medio útil y eficaz para recoger información en un tiempo relativamente breve.

Adicionalmente la encuesta con escala Likert sirve para medir las actitudes, consiste en un conjunto de ítems bajo la forma de afirmaciones o juicios ante los cuales se solicita la reacción (favorable o desfavorable, positiva o negativa) de los individuos. La encuesta con escala Likert implementada en el museo interactivo permite adicionalmente a todo lo descrito retro-alimentar los distintos modelos de manera importante, ya que este tipo de escala permite obtener las predilecciones de los usuarios en base a su percepción, experiencia y proyección en base a su interacción, por lo cual al contestar la encuesta se genera una incertidumbre propia de cada usuario, pero a su vez ayuda a obtener información innata por parte del usuario.

La figura : B.1 muestra la encuesta en campo con escala Likert aplicada.



Edad: \_\_\_\_\_ Escolaridad: \_\_\_\_\_

#### ENCUESTA DE PREFERENCIAS DE LOS VISITANTES

**INSTRUCCIONES:** HAGA UNA MARCA SOBRE LA LINEA DE CADA REACTIVO EXPRESANDO SU PREFERENCIA SOBRE LAS OPCIONES QUE SE MUESTRAN. EL MENOR NIVEL DE PREFERENCIA SE EXPRESA A LA IZQUIERDA Y EL MAYOR NIVEL DE PREFERENCIA A LA DERECHA.

A1.- Al elegir como interactuar con un interactivo, expresa tu preferencia por alguno de los siguientes medios:

- |                      |       |
|----------------------|-------|
| 1.- Touchscreen      | _____ |
| 2.- Audio            | _____ |
| 3.- Video            | _____ |
| 4.- Otros Materiales | _____ |

A2.- Al elegir como acceder a la información de los interactivos, expresa tu preferencia por los siguientes dispositivos:

- |                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 1.- Smartphone                | _____ |
| 2.- Tablet                    | _____ |
| 3.- Sensor Inalámbrico        | _____ |
| 4.- Laptop/Netbook            | _____ |
| 5.- Computadora de Escritorio | _____ |

A3.- Al elegir como buscar información adicional de los interactivos expresa tu preferencia por alguno de los siguientes medios:

- |                              |       |
|------------------------------|-------|
| 1.- Ver Videos               | _____ |
| 2.- Escuchar Audios          | _____ |
| 3.- Leer libros electrónicos | _____ |
| 4.- Por redes sociales       | _____ |
| 5.- Google                   | _____ |

A4.- Al elegir como complementar y guiar tu recorrido por los interactivos de las salas, expresa tu preferencia por los siguientes medios:

- |  |       |
|--|-------|
| 1.- Un dispositivo electrónico con<br>guía virtual | _____ |
| 2.- Un guía físicamente                            | _____ |
| 3.- Un mapa  | _____ |
| 4.- Directamente del interactivo                   | _____ |

A5.- Al elegir como participar, para compartir tus experiencias acerca del contenido de los interactivos, expresa tu preferencia por alguno de los siguientes sistemas:

- |                          |       |
|--------------------------|-------|
| 1.- Facebook/Google+     | _____ |
| 2.- Twitter              | _____ |
| 3.- Messenger            | _____ |
| 4.- Red Social del Museo | _____ |

Figura B.1: Encuesta en campo con escala Likert aplicada.





yes  
I want morebooks!

Buy your books fast and straightforward online - at one of the world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at  
**[www.get-morebooks.com](http://www.get-morebooks.com)**

---

¡Compre sus libros rápido y directo en internet, en una de las librerías en línea con mayor crecimiento en el mundo! Producción que protege el medio ambiente a través de las tecnologías de impresión bajo demanda.

Compre sus libros online en  
**[www.morebooks.es](http://www.morebooks.es)**

OmniScriptum Marketing DEU GmbH  
Bahnhofstr. 28  
D - 66111 Saarbrücken  
Telefax: +49 681 93 81 567-9

[info@omnascriptum.com](mailto:info@omnascriptum.com)  
[www.omnascriptum.com](http://www.omnascriptum.com)



