

UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS “JOSÉ MARTÍ PÉREZ”

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA INGENIERÍA INFORMÁTICA



Trabajo diploma para optar por el título de
Ingeniería Informática

Título: *“Sistema Experto para identificar las emociones negativas que presentan los estudiantes de Educación Superior durante su interacción con un ambiente de Enseñanza-Aprendizaje virtual.”*

Autor: *Claudia Sánchez Prado.*

Tutora: *Dra. Lydia Rosa Ríos Rodríguez*

Consultante: *Mr. Miguelina Yolanda Domínguez Reyes*

Sancti Spíritus

Junio del 2014

Agradecimientos:

Agradecimientos:

Muchas son las personas a quienes debo agradecer en esta página, y aunque no puedo nombrarlas a todas sería imperdonable no mostrarle mi más sincera gratitud a:

Mi mamá por todo el amor, por el apoyo y las fuerzas que siempre me ha dado.

A papi José por toda su dedicación y cariño.

A mis hermanas Rache, Karla, Katy y a mi pequeño Race.

A todos mis abuelos, en especial a mis abuelitos Berto y Aracelia que en paz descansen, a mis tías y tíos por su apoyo diario.

A Yasser por todo su amor y a su familia.

A Lydia y Yolanda por todos sus consejos y enseñanzas, por simplificar las cosas al punto de parecer fácil.

A Yunet, Amaray, Nuris, Yadier, Eric, Yoel, Saul y Omar por hacer que estos cinco años de carrera hayan sido únicos y maravillosos.

A los demás compañeros de grupo por el apoyo.

A Dianita, Marleni, Daynelis y Arachely por su amistad incondicional.

Dedicatoria:

Dedicatoria:

A mi mamá por ser mi guía y apoyo en todo lo que hago, por estar siempre en mis más grandes retos y victorias, por su amor incondicional, te amo.

A mis seres queridos.

Resumen:

Desde la antigüedad el hombre siempre soñó con imitar a la naturaleza para reproducir lo alcanzado por ella. El mismo, sintió un profundo interés por crear máquinas inteligentes que lo ayudaran en su propósito, es de esta manera que surge la Inteligencia Artificial como una nueva ciencia dentro de la cual los Sistemas Expertos han constituido un fuerte pilar con sus aplicaciones.

En nuestros días es un reto la relación de las emociones y las máquinas, lo cual con la Computación Afectiva ha dejado de ser un camino intransitable.

En esta investigación se desarrolla un sistema experto capaz de identificar las emociones negativas de los estudiantes de Educación Superior durante su interrelación con un ambiente de Enseñanza-Aprendizaje virtual. En su realización se siguió la metodología planteada por el Dr. C. Mateo Lezcano Brito en su libro Prolog y los Sistemas Expertos, la base de conocimiento fue programada UCShell que ofrece la posibilidad de mostrar por sí mismo la interfaz visual.

Abstract:

Since ancient times man has always dreamed of imitating nature to reproduce what was achieved by it. The same, he felt a deep interest in creating intelligent machines to help him on his way, is in this way that the Artificial Intelligence emerges as a new science in which Expert Systems have been a strong pillar with their applications.

In today's challenging the relationship of emotions and machines, which the Affective Computing has ceased to be an impassable road.

In this study we develop an expert system able to identify the negative emotions of Higher Education students during their interaction with an environment of virtual teaching-learning. During the making was followed the methodology proposed by Dr. C. Mateo Lezcano Brito in his book Prolog and Expert Systems, the knowledge base was scheduled UCShell offering the ability to display the visual interface by itself.

Índice:

INTRODUCCIÓN:	1
CAPÍTULO I: EL MANEJO DE EMOCIONES MEDIANTE LAS TECNOLOGÍAS.	7
1.1 LAS EMOCIONES.	7
1.2 EMOCIONES BÁSICAS	10
1.2.1 <i>Emociones Negativas</i>	12
1.2.2 <i>Regularidad de las expresiones faciales.</i>	12
1.2.3 <i>Parámetros para el reconocimiento de las expresiones faciales de las emociones negativas.</i> 13	
1.3 COMPUTACIÓN AFECTIVA.	15
1.3.1 <i>Software que toman en cuenta las emociones</i>	16
1.4 LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	18
1.4.1 <i>Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la educación.</i>	19
1.4.2 <i>Sistemas Adaptativos</i>	19
1.5 LOS SISTEMAS EXPERTOS.....	22
1.5.1 <i>Los Sistemas Expertos en la rama de la educación.</i>	23
1.6 TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS EXPERTOS.....	23
1.6.1 <i>Shell</i>	24
1.6.2 <i>Metodologías para el diseño de un Sistema Experto.</i>	26
1.7 CONCLUSIONES.....	32
CAPÍTULO II: ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN.	33
2.1 IDENTIFICACIÓN.....	34
2.2 ESTABLECER CONCEPTOS.	37
2.3 FORMALIZACIÓN.....	37
2.1	38
2.2	38
2.3	38
2.3.1 <i>Clasificación del conocimiento.</i>	38
2.4 IMPLEMENTACIÓN.....	39
2.4	39
2.4.1 <i>Formalización de Casos</i>	39
2.4.2 <i>Diálogos del sistema.</i>	51
2.4.3 <i>Diagramas de Casos de uso del sistema.</i>	54
2.4.4 <i>Descripción del diagrama de casos de uso del sistema.</i>	55
2.5 CONCLUSIONES.....	55
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EXPERTO.	56
3.1 CONSULTAS REALIZADAS AL SISTEMA EXPERTO.....	56
3.1.1 <i>Consulta realizada al Sistema Experto cuando identifica una emoción.</i>	56
3.1.2 <i>Consulta realizada al Sistema Experto cuando no logra identificar ninguna emoción.</i>	60
3.2 DESCRIPCIÓN DE UCSHELL.....	62
3.2.1 <i>Sintaxis de la base de conocimiento.</i>	62
3.2.2 <i>Manipulación de la incertidumbre.</i>	66

Índice:

3.2.3	<i>Operadores aritméticos</i>	68
3.2.4	<i>Funciones matemáticas</i>	69
3.2.5	<i>Definición de imagen</i>	70
3.2.6	<i>Definición de Video</i>	71
3.3	CONCLUSIONES.....	71
	CONCLUSIONES:	72
	RECOMENDACIONES:	73
	BIBLIOGRAFÍA:	74

Ilustraciones:

Ilustración 1 Relación entre los grupos que intervienen en el desarrollo.	27
Ilustración 2 Árbol de decisión.	39
Ilustración 3 Diagrama de casos de uso del sistema.	55
Ilustración 4 Primera Pregunta para identificar una emoción.	56
Ilustración 5 Segunda Pregunta para identificar una emoción.	57
Ilustración 6 Tercera Pregunta para identificar una emoción.	57
Ilustración 7 Cuarta Pregunta para identificar una emoción.	58
Ilustración 8 Quinta Pregunta para identificar una emoción.	58
Ilustración 9 Sexta Pregunta para identificar una emoción.	59
Ilustración 10 Séptima Pregunta para identificar una emoción.	59
Ilustración 11 Respuesta del Sistema cuando identifica una emoción.	60
Ilustración 12 Primera Pregunta para identificar una emoción.	61
Ilustración 13 Segunda Pregunta para identificar una emoción.	61
Ilustración 14 Tercera Pregunta para identificar una emoción.	61
Ilustración 15 Respuesta del Sistema cuando no se identifica ninguna emoción.	62
Ilustración 16 Esquema de la Base de Conocimientos.	62
Ilustración 17 Sintaxis del bloque de atributos externos.	63
Ilustración 18 Sintaxis de una regla.	65
Ilustración 19 Regla débil.	67
Ilustración 20 Sintaxis de Imagen.	70
Ilustración 21 Sintaxis de Video.	71

Tablas:

Tabla 1 Descripción del caso de uso Identificar Emociones.....	55
Tabla 2 Operadores reconocidos por UCSHELL.....	69
Tabla 3 Funciones matemáticas de UCSHELL.....	70

Introducción:

En 1956 un grupo de especialistas en matemáticas y lógica se reunieron en el Dartmouth College, en Hanover, Estado de Nueva Hampshire, para debatir la posibilidad de realizar programas para las recientemente creadas computadoras, programas que tuvieran como característica principal la capacidad de “pensar” o “comportarse inteligentemente”. Este grupo se basaba en la conjetura de que “en principio era posible conocer tan precisamente cualquier aspecto del aprendizaje o cualquier otro rasgo de la inteligencia como para que pudiera ser simulado por una máquina”. (Gardner, 1988) Es decir, se buscaba la posibilidad de realizar procesos que hasta antes habían sido considerados como exclusivos del ser humano y animales superiores.

El término de Inteligencia Artificial fue acuñado durante las sesiones de trabajo en este grupo y se ha mantenido hasta nuestros días, aunque a decir de algunos de los exponentes actuales de esta disciplina como John Haugeland, hablar de una inteligencia artificial podría ocasionar que se entendiera como una inteligencia ficticia. (Haugeland, 1988)

La Inteligencia Artificial trata de conseguir que los ordenadores simulen en cierta manera la inteligencia humana. Se acude a sus técnicas cuando es necesario incorporar en un sistema informático, conocimiento o características propias del ser humano. (EcuRed, 2010)

Existen varias áreas de aplicaciones de La Inteligencia Artificial, entre ellas, la medicina, que incluye la interpretación de imágenes médicas, diagnóstico, la monitorización y control en las unidades de cuidados intensivos, diseño de prótesis y diseño de fármacos.

Por otra parte se destaca la robótica, que incluye la visión, el control de motores, el aprendizaje, la planificación, la comunicación lingüística, el comportamiento cooperativo, entre otros aspectos.

Introducción:

Al mismo tiempo se emplea en muchos momentos de la ingeniería tales como el diagnóstico de fallos, el control, la fabricación, el diseño, los sistemas integrados de ventas, producción, mantenimiento y herramientas de configuración expertas. Tiene también varios usos en la gestión de la información: sobresalen la minería de datos, el rastreo web y el filtrado de correo.

En diversos problemas complicados en biología se desarrollan sistemas informáticos más o menos inteligentes, por ejemplo, para el análisis de ADN, la predicción de la estructura de plegado de moléculas complejas, la predicción, la elaboración de modelos de procesos biológicos, la evolución, el desarrollo de embriones, comportamientos de los distintos organismos, entre otros.

Se aprovecha satisfactoriamente, también en la arquitectura, el diseño urbano, la gestión del tráfico, para ayudar a resolver problemas de diseño que presentan múltiples restricciones, ayudar a predecir el comportamiento de las personas en los nuevos entornos y para analizar los patrones de los fenómenos observados.

La educación no es una excepción entre las posibles aplicaciones de la Inteligencia Artificial, cuando se habla de la relación entre computación y educación es común que se piense en la docencia solamente, sin considerar todas las demás actividades que tienen que ver con la educación, actividades como la investigación o la administración educativa entre otras.

Existen varios recursos computacionales para apoyar el aprendizaje como son:

- ❖ Programas de ejercitación.
- ❖ Tutoriales.
- ❖ Programas de demostración.
- ❖ Simuladores.
- ❖ Repasadores.
- ❖ Juegos.
- ❖ Sistemas expertos.

Introducción:

Los Sistemas Expertos constituyen un valioso recurso en el proceso docente porque un profesional en formación puede beneficiarse observando cómo un sistema resuelve un problema difícil, así como analizando las explicaciones que ofrece y los métodos de búsqueda y solución aplicados por el sistema.

Los Sistemas Expertos son aplicaciones que resuelven problemas de un dominio de aplicación concreto de manera similar o aproximadamente similar a como lo haría un experto humano en esa materia. (Lezcano Brito, Fundora Fernández, & Salazar Acosta, Desarrollando Sistemas Expertos con UCShell 2.1, 2012)

Éste término de Sistemas Expertos fue usado por primera vez por un doctor de la Universidad de Stanford, Edward A. Feigenbaum. Él estipuló que el poder de resolución de un problema en un programa de computadora viene del conocimiento de un dominio específico, no solo de las técnicas de programación y el formalismo que contiene. (EcuRed, 2010)

El desarrollo de los Sistemas Expertos también se ha producido a medida que se ha ido desarrollando la Inteligencia Artificial y los diferentes métodos que se han empleado para su resolución. El desarrollo de lenguajes como LISP y PROLOG condicionó esa evolución, así como investigaciones en diversos campos relacionados. Los primeros sistemas expertos que se desarrollaron en los años 1960 eran capaces de resolver solo problemas basados en situaciones determinadas, mediante sistemas de reglas. Es a partir de los años 1970 cuando se empiezan a resolver problemas basados en situaciones inciertas, basados en medidas difusas al principio y en redes probabilísticas con posterioridad. (EcuRed, 2010)

En los últimos años los sistemas de enseñanza se han beneficiado de la Inteligencia Artificial, logrando adaptarse en alguna medida, a las necesidades de los educandos.

Resulta atractiva también la denominada Computación Afectiva, la que es una disciplina dentro del campo de la Inteligencia Artificial que intenta desarrollar

métodos de computación focalizados en reconocer las emociones humanas y generar emociones sintéticas.

La Computación Afectiva aborda la posibilidad de integrar la dimensión emocional en la relación Humano-Máquina, estableciendo principios, patrones, tanto en el reconocimiento de las emociones como en la simulación de respuestas emocionales. (Causa & Sosa, 2007)

Rosalind Picard define que la Computación Afectiva es "la informática que se relaciona con las emociones, no sólo con las consideradas más importantes, como la alegría o la tristeza, sino también con el interés, el aburrimiento o la frustración, que son las que se dan en relación con los ordenadores". (Picard, 2000)

En el departamento de Ingeniería Informática de la Universidad de Sancti Spiritus "José Martí Pérez" se desarrolló un ambiente de Enseñanza-Aprendizaje llamado APA-Prolog que se adapta al nivel de conocimiento de los estudiantes, sin embargo no tiene en cuenta las emociones. Por lo que, actualmente se realiza una investigación con el fin de influir en las emociones de los estudiantes (cuando estas resulten negativas). Para ello primeramente se hace necesario identificar las emociones negativas de los estudiantes de Educación Superior.

Toda esta situación permite identificar el siguiente **Problema de Investigación:** ¿Cómo identificar las emociones negativas que presentan los estudiantes de Educación Superior en su interacción con un ambiente de Enseñanza-Aprendizaje virtual?

Se definió como **Objeto de Estudio:** Emociones que presentan los estudiantes y como **Campo de Acción:** Emociones negativas que presentan los estudiantes.

Para resolver el problema planteado se trazó como **Objetivo General:** Desarrollar un Sistema Experto para identificar las emociones negativas que

presentan los estudiantes de Educación Superior durante su interacción con un ambiente de Enseñanza-Aprendizaje virtual.

Del objetivo general se plantean las siguientes **Preguntas de la Investigación:**

1. ¿Cuáles son los fundamentos teóricos y metodológicos que permitan desarrollar un recurso informático para identificar las emociones negativas?
2. ¿Cómo diseñar un Sistema Experto para identificar las emociones negativas que presentan los estudiantes de Educación Superior en su interacción con un ambiente de Enseñanza- Aprendizaje virtual?
3. ¿Cómo implementar un Sistema Experto para identificar las emociones negativas que presentan los estudiantes de Educación Superior en su interacción con un ambiente de Enseñanza-Aprendizaje virtual?

Como **Tareas de investigación** se trazaron las siguientes:

1. Determinación de los fundamentos teóricos y metodológicos que permitan desarrollar un Sistema Experto para identificar las emociones negativas.
2. Diseño de un Sistema Experto para identificar las emociones negativas que presentan los estudiantes de Educación Superior en su interacción con un ambiente de Enseñanza-Aprendizaje virtual.
3. Implementación de un Sistema Experto para identificar las emociones negativas que presentan los estudiantes de Educación Superior en su interacción con un ambiente de Enseñanza-Aprendizaje virtual.

El presente trabajo se estructura de la siguiente forma: introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones y bibliografía.

En el Capítulo I se trata el tema de la Inteligencia Artificial y la relación que tienen los Sistemas Expertos con esta rama de la ciencia de la computación. También se abordan los aspectos fundamentales de la Computación Afectiva y las emociones.

En el Capítulo II se describen los elementos del dominio y los conceptos descriptivos de sus propiedades, las relaciones que se establecen entre ellos,

Introducción:

se organiza el conocimiento y posteriormente se pasa a su formalización e implementación.

En el Capítulo III se muestran dos consultas realizadas al Sistema Experto y una breve descripción de UCSHELL.

Capítulo I: El manejo de emociones mediante las tecnologías.

El presente capítulo describe los principales conceptos asociados a las emociones y las expresiones faciales. Se realiza un estudio de las distintas metodologías, tecnologías y herramientas actuales, además se determinan las que serán utilizadas en el desarrollo del sistema.

1.1 Las Emociones.

Para Mora y Martín la emoción es un aspecto central del psiquismo humano. A través de las diversas situaciones vividas, la emocionalidad aparece como una variable omnipresente, matizando nuestra comprensión de la realidad y determinando el modo en que nos enfrentamos a ella. Según Mora hay “Un amplio espectro de registros emocionales condiciona nuestra existencia particular, desde las situaciones más insignificantes hasta las de mayor trascendencia” ... Las emociones ... son afectos más intensos y breves, reacciones centradas en un objeto que involucran respuestas fisiológicas y manifestaciones expresivas y conductuales. Las emociones interrumpen el curso ordinario de la conducta y la cognición, dándoles ocasionalmente una nueva orientación. Por su carácter básico, las emociones han sido consideradas el elemento central de la afectividad. (Mora Mérida & Martín, 2010)

En la revisión sobre el tema se distinguen tres posiciones fundamentales en la explicación de las emociones:

La primera de ellas es la posición biológica-evolucionista, la emoción es entendida como un patrón conductual adaptativo, en gran medida innato, producto de la filogénesis y cuyos componentes básicos son de tipo fisiológico y motórico-expresivos. (Mora Mérida & Martín, 2010)

De acuerdo con este modelo, las emociones constituyen un sistema destinado a garantizar la supervivencia de los organismos, adquirido a lo largo de la evolución de las especies y modelado por la selección natural... tienen un

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

origen genético y se desarrollan en el individuo con la maduración de sus estructuras neurológicas. Su universalidad procede de patrones neuronales característicos de nuestra especie, así como de la configuración de la musculatura facial a través de la que éstos se reflejan. En función de esto, pueden distinguirse unas pocas emociones básicas, cuyo número oscila entre siete y once, y que son compartidas por el resto de los organismos animales.

Paul Ekman es uno de los representantes más destacados de este enfoque. Sus aportaciones se fundamentan en el estudio de las expresiones emocionales faciales: *“Estamos de acuerdo con Tomkins y con Darwin en que hay movimientos distintivos de los músculos faciales por cada uno de los estados afectivos primarios, los cuales son universales en el ser humano”* (Ekman & Friesen, 1969)

Más allá de las diferencias culturales y por encima de posibles interpretaciones cognitivas, existe un cierto número de emociones —no todas— que, por su carácter básico, se corresponden con determinados movimientos de los músculos faciales.

Ekman (1984) ha postulado la existencia de un reducido número de emociones básicas y universales: tristeza, alegría, ira, temor, deseo, asco, interés y sorpresa. La aparición de cada una de ellas involucra, al menos, tres niveles diferentes: facial-expresivo, cognitivo y autonómico, pero concede particular importancia a la expresión facial de las emociones básicas, hecho en el que se apoya para afirmar su universalidad. Cada emoción básica se encuentra vinculada a una expresión facial distintiva. Esta idea ha sido confirmada por las investigaciones transculturales, según las cuales los sujetos son capaces de reconocer, de forma consensuada, las emociones correspondientes a patrones o configuraciones específicas de la musculatura. (Mora Mérida & Martín, 2010)

Plutchik y Kellerman (1980) proponen un reducido número de emociones básicas o fundamentales: temor, ira/enfado, alegría, tristeza, receptividad, aversión, expectativa y sorpresa. Cada una de ellas corresponde, por una parte, a un estímulo (la amenaza al *miedo*, el obstáculo al *enfado*, la posibilidad

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

de un compañero sexual a la *alegría*, la pérdida de una persona querida a la *tristeza*, etc.) y, por otra, a una categoría conductual adaptativa (el temor a la *huida*, el enfado al *ataque*, la alegría al *cortejo*, la tristeza a la *llamada de auxilio*, entre otras). (Mora Mérida & Martín, 2010)

Sin embargo, como han apuntado con acierto Lazarus y Lazarus, *“las emociones siempre dependen de la razón y las dos no pueden ir separadas en estado natural, excepto cuando son objeto de análisis”*. (Lazarus & Lazarus, 2000)

La segunda posición es el enfoque socio-cultural a partir de una perspectiva funcionalista, considera que las emociones cumplen importantes funciones sociales, especialmente en la consolidación y el mantenimiento de las relaciones personales. La socialización de la emoción es responsable de la gran diversidad que puede apreciarse en este ámbito. Las emociones, en su mayor parte, son patrones de respuesta elaborados socialmente (Averill, 1986).

La emoción es un fenómeno esencialmente cultural, un hecho específico y dependiente de la cultura. Para Ratner, las emociones son artefactos socialmente contruidos y funcionalmente independientes de los determinantes biológicos, sus características reflejan la organización social del grupo, se forman a través del proceso de socialización y reproducen las actividades y conceptos propios de cada cultura. (Ratner, 2000)

En este sentido Averill ha planteado: *“Las emociones no son simples reminiscencias de nuestro pasado filogenético, ni pueden ser explicadas en términos estrictamente fisiológicos. Más bien, son construcciones sociales, y sólo pueden ser plenamente entendidas desde el análisis social”*.

Pese a ver en la sociedad el elemento responsable de la diversificación de las emociones, Kemper reconoce que éstas tienen un sustrato fisiológico e innato, responsable de un número limitado de emociones básicas. Concretamente, para este autor son cuatro las emociones básicas con base fisiológica innata: el miedo, la rabia, la alegría y la tristeza. (Kemper, 1984)

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

Una tercera posición surge a partir del paradigma cognitivo, se ocupa específicamente de los procesos psicológicos conscientes e intencionales que, individualmente, desencadenan los correspondientes estados emocionales. Las emociones y los sentimientos se conciben como el resultado del procesamiento y la representación de determinadas informaciones, algo que ocurre de manera deliberada en función de ciertas circunstancias externas y factores personales.

De acuerdo con autores como Zajonc (1984) existen dos sistemas psicológicos claramente diferenciados: el *cognitivo* y el *afectivo*. Aunque en continua interacción, ambos son irreductibles el uno al otro y gozan de un alto grado de autonomía. Desde el marco cognitivo se han analizado las relaciones que se establecen entre cognición y afectividad. Diversos autores han tratado de esclarecer cómo los individuos procesan la información afectiva y cómo ésta influye sobre los procesos cognitivos. En cualquier sujeto cognoscente la emoción humana viene mediada necesariamente por el sistema cognitivo. La cognición juega un papel esencial en un doble sentido: como desencadenante y como intérprete de los estados emocionales. (Zajonc, 1984)

“Una emoción es una obra vital personal, que tiene relación con el destino de nuestros objetivos en un episodio particular y con nuestras creencias sobre nosotros mismos y el mundo en que vivimos. Surge por una valoración del significado o alcance personal de lo que está ocurriendo en ese enfrentamiento” (Lazarus & Lazarus, 2000).

1.2 Emociones Básicas

Carroll Izard plantea la Teoría del feedback Facial o de las emociones como respuestas faciales. Para Izard, en el ser humano existen múltiples sistemas interrelacionados que pueden funcionar independientemente unos de otros, pero la actividad de cada uno de ellos influye en la actividad de los demás.

Asimismo, también desarrolló la Teoría diferencial de las emociones, el estudio del desarrollo de la expresión emocional, y la relación con diversos elementos que componen las emociones, entre otros.

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

La teoría diferencial de las emociones plantea que el existen diez emociones fundamentales, donde cada emoción tiene una cualidad de vivencia subjetiva única y una cualidad de patrón de expresión único, por último, también posee una respuesta conductual diferencial.

En 1984 publica "Emoción, cognición y conducta": enfatiza la independencia de los sistemas emocional y cognitivo, y su interrelación, prevaleciendo el sistema emocional sobre el cognitivo. Considera que existen tres niveles de interacción entre ambos sistemas:

- ❖ Positivas (interés y alegría)
- ❖ Negativas (miedo, rabia o ira, asco, angustia, desprecio, vergüenza o timidez, y culpa)
- ❖ Neutrales (sorpresa)

En cuanto al número de emociones básicas existentes Robert Plutchik elabora gráficamente un círculo emocional donde relaciona todas las emociones, considerando la existencia de 8 emociones básicas que pueden variar en tres niveles de intensidad.

Círculo emocional de Robert Plutchik



Silvan Tomkins plantea la existencia de 9 emociones básicas que son primariamente respuestas faciales y a través de ellas las vamos a distinguir. Así a cada una de las emociones le corresponde una respuesta facial.

Emociones básicas de Tomkins:

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

- ❖ Emociones positivas (Interés o excitación, Goce o alegría)
- ❖ Emociones negativas (Dolor o angustia, Miedo o terror, Vergüenza o humillación, Menosprecio, Disgusto, Ira o rabia)
- ❖ Emociones neutrales (Sorpresa o susto)

1.2.1 Emociones Negativas

Las emociones negativas son emociones desagradables que se experimentan cuando se bloquea una meta, se produce una amenaza o sucede una pérdida; requieren la movilización de importantes recursos cognitivos y comportamentales para la creación y elaboración de planes que resuelvan o alivien la situación.

La **Ira** es una reacción de irritación, furia o cólera causada por la indignación y el enojo de sentir vulnerados nuestros derechos.

La **Tristeza** es una emoción que se produce en respuesta a sucesos que son considerados como no placenteros y que denota pesadumbre o melancolía.

El **Miedo** es una señal emocional de advertencia de que se aproxima un daño físico o psíquico.

El **Disgusto** se aplica a toda sensación que ofenda al sentido del gusto.

(Balleste Ventura, 2012).

1.2.2 Regularidad de las expresiones faciales.

Desde Darwin, el estudio de las expresiones universales ha preocupado a la comunidad científica, entre los que destacan Paul Ekman y Ray Birdwhistell, antropólogo fundador de la kinésica o la interpretación de los movimientos corporales. Ekman considera que, en efecto, hay gestos universales: las personas de todo el mundo se ríen cuando están alegres o quieren parecerlo y fruncen el ceño cuando están enojados o pretenden estarlo. El papel de la cultura es disimularlos, exagerarlos, ocultarlos o suprimirlos por completo. Birdwhistell, en cambio, sostiene que a pesar de que algunas expresiones anatómicas son similares en todas las personas, el significado difiere según la cultura a la que pertenezcan.

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

Al igual que Ekman, la mayor parte de los científicos considera que, como mínimo, algunas expresiones sí son universales. La prueba más citada por quienes sostienen tal afirmación es el estudio realizado en niños ciegos de nacimiento. Se ha comprobado que todos los recién nacidos expresan una especie de sonrisa a partir de las cinco semanas de vida, incluso si son ciegos. Los niños ciegos de nacimiento también ríen, lloran, fruncen el ceño y adoptan expresiones típicas de ira, temor o tristeza (Sarrió, 2013)

1.2.3 Parámetros para el reconocimiento de las expresiones faciales de las emociones negativas.

Luego de revisar estudios y consideraciones de distintos autores se encuentra coincidencia en que existe un grupo de emociones básicas de carácter universal, cuyas expresiones faciales son generalmente reconocidas en las distintas culturas y etnias. De acuerdo a los propósitos del presente estudio, serán objeto de análisis las de carácter negativo: la ira, el disgusto, la tristeza y el miedo.

Los estudios realizados llegan a establecer que las expresiones faciales constituyen un sistema de interpretación psicológica de los 'mensajes' del rostro según un código determinado, código que se divide en tres zonas de la cara: zonas cejas-frente, zona ojos-párpado-caballote de la nariz y zona mejillas-boca-mandíbula. Hay zonas del rostro que revele mejor las emociones que otras, se ha determinado que para cada emoción particular hay una zona concreta que produce mayor información acerca de dicha emoción: la zona nariz-mejilla-boca es esencial para expresar disgusto. Los ojos-párpados para el miedo y las cejas-frente y ojos-párpado para la tristeza.

Ira o cólera:

- ❖ Cejas
 - Juntas y contraídas hacia abajo con líneas verticales entre ellas.
- ❖ Párpado inferior
 - Tenso, puede estar levantado o no.
- ❖ Párpado superior:
 - Tenso, puede estar bajo o no por la acción de las cejas.

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

- ❖ Los ojos:
 - Mirada fija y dura, pueden parecer prominentes. Las pupilas pueden estar dilatadas.
- ❖ Labios:
 - Pueden adoptar dos posiciones:
 1. Continuamente apretados, con las comisuras rectas o bajas
 2. Abiertos, tensos y en forma cuadrangular, como si gritaran.
 - Tendencia a apretar los dientes.

Disgusto:

- ❖ Labios:
 - Superior levantado.
 - Inferior: Puede adoptar 2 posiciones:
 1. También levantado, y empujando hacia arriba el labio superior
 2. Tirado hacia abajo y ligeramente hacia adelante.
- ❖ Nariz:
 - Arrugada.
- ❖ Mejillas:
 - Levantadas.
- ❖ Párpado:
 - Aparecen líneas debajo del inferior.
- ❖ Cejas:
 - Bajas, empujando hacia abajo al párpado superior.

Tristeza:

- ❖ Los párpados:
 - Los superiores caen
- ❖ Las cejas:
 - Forman un ángulo hacia arriba.
 - La piel de las cejas forma un triángulo
- ❖ El entrecejo:
 - Se arruga

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

- ❖ Los ojos:
 - Sus ángulos interiores se inclinan hacia arriba.
 - El ángulo interior del párpado superior aparece levantado.
- ❖ Los labios:
 - Se estiran de forma horizontal.
 - Las comisuras se inclinan hacia abajo.
 - Pueden temblar.

Miedo:

- ❖ Párpados:
 - Los superiores se elevan al máximo, mostrando la esclerótica.
 - Los inferiores se muestran tensos y alzados.
- ❖ Las cejas:
 - Levantadas y contraídas al mismo tiempo se acercan.
- ❖ La frente:
 - Muestra arrugas que se sitúan en el centro y no extendidas por toda la frente.
- ❖ Boca:

Se pueden observar 2 posiciones:

 1. Abierta con labios tensos y ligeramente contraídos hacia atrás.
 2. Labios estrechados y contraídos hacia atrás.

1.3 Computación Afectiva.

La Computación Afectiva es una disciplina de la Inteligencia Artificial que intenta desarrollar métodos computacionales orientados a reconocer emociones humanas y generar emociones sintéticas. La fundadora de esta línea de trabajo es Rosalind Piccard, investigadora del M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology), quién publicó el libro “Affective Computing” en el año 2000.

Esta disciplina surge con la necesidad de optimizar la interacción entre personas y computadoras, pero también se inscribe en la investigación de los procesos inteligentes. Esta autora señala que, las emociones son una parte

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

muy importante de nuestras decisiones (aún de las que parecen más “racionales”). Además propone que, a la hora de modelar procesos inteligentes, deberemos tener en cuenta a los procesos emocionales y la forma en que éstos participan en la inteligencia.

Se plantean dos problemáticas de las que se ocupa la Computación Afectiva:

- 1- El reconocimiento de emociones (y de expresiones emotivas) humanas por parte de una computadora.
- 2- La simulación (o generación) de estados y expresiones emocionales con computadoras.

En la primera, el objetivo es captar aquellos signos relacionados con la expresión de emociones y lograr interpretar estados emocionales en función de dichos signos. Este es un tema muy complejo en el que es difícil obtener precisión. De hecho, no existe una terminología universalmente consensuada a la hora de referirse a estos fenómenos.

En la segunda, se intenta que las computadoras puedan simular procesos emocionales en base a ciertos modelos. Aquí se puede reflexionar respecto a si una computadora puede realmente tener emociones, pero, esta disciplina sólo intenta simular dichos procesos de forma tal que resulten verosímiles, dejando de lado estas controversias. (Causa & Sosa, 2007)

1.3.1 Software que toman en cuenta las emociones

En la bibliografía consultada se hallaron varias referencias a software que toman en cuenta las emociones, algunas de ellas se mencionan seguidamente:

Tras 15 años de investigación los científicos Humberto Maturana, Francisco Varela y la bióloga chilena Carmen Cordero desarrollaron el Método de Integración Cognitivo Cultural (MICC), según el cual se determinan emociones predominantes que afloran ante distintas situaciones: la rabia, el miedo, y la pena o la alegría. Estas emociones, a su vez, condicionan el modo en que se aprende e interactúa.

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

“Orientamos a las personas a resolver sus conflictos siguiendo los patrones de comportamiento que traen por naturaleza, y no los que la sociedad impone”, dice la mencionada investigadora, Directora del Centro de Integración Cognitivo Corporal, donde los especialistas están usando un nuevo software que permite diagnosticar con mayor certeza las distintas tipologías de personalidad.

Según el tipo de emoción prevalente, el software distingue tres tipologías de personalidad:

Explicativos: funcionan desde el miedo, tienen más habilidades analíticas y sus músculos son fibrosos y alargados.

Relacionales: fluctúan entre la pena y la alegría, tienden a juntar tejido adiposo y son hábiles en las relaciones humanas.

Motrices: de tono muscular desarrollado, funcionan desde la rabia y son diestros con el cuerpo y la ejecución de tareas. (González & Ebensperger, 2013)

Por otra parte se encuentra Emospeech, es una plataforma de reconocimiento automático de emociones en voz, y cuya tecnología ha sido desarrollada por los Doctores Luis Villaseñor y Carlos Reyes, Aarón Pancardo y Humberto Pérez. Emospeech está orientado -por el momento- a cubrir los requerimientos de los cerca de 3,000 llamadas en México y en donde se llevan a cabo campañas telefónicas para más de 20,000 empresas, y tiene como objetivo crear estrategias que incrementen y mejoren la efectividad y calidad de los servicios de llamadas, de estas campañas y que se mejore la relación con los clientes/usuarios, a través de la interpretación de las emociones. (Ximenez, 2012)

Mientras el **Proyecto Emociones Software** tiene como objetivo el desarrollo de una aplicación para dispositivos táctiles, que ayude a las habilidades sociales y de empatía de los niños con un Trastorno del Espectro del Autismo (TEA).

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

El programa se divide en 5 niveles de uso diferentes, y en cada nivel encontramos un grado de complejidad diferente y también diferencias visuales muy interesantes.

Nivel 1: Actividades con pictogramas.

Nivel 2: Actividades con pictogramas de color.

Nivel 3: Actividades con imágenes reales.

Nivel 4: Actividades sobre relación entre la situación y Emoción.

Nivel 5: Actividades sobre relación entre creencia y emoción. (Autismo Diario, 2013)

1.4 La Inteligencia Artificial.

A medida que ha ido avanzando la ciencia y la tecnología el hombre ha tenido entre sus principales objetivos, lograr que las máquinas piensen igual que el ser humano. En busca de nuevos métodos de aprendizaje para alcanzar tal comportamiento surgió una nueva rama de la Ciencia de la Computación, la Inteligencia Artificial. Este campo de la Computación es el encargado de comprender y replicar la inteligencia humana, además proporciona un conjunto de técnicas, herramientas y métodos que han demostrado su aplicabilidad. Ha surgido con numerosas aplicaciones en muchos campos, desde áreas de propósito general como la percepción o el razonamiento, hasta áreas específicas como ingeniería del conocimiento, planificación, entre otras. Uno de los campos del desarrollo de software que más se ha beneficiado con la Inteligencia Artificial ha sido, sin duda, el desarrollo de videojuegos. (EcuRed, 2010)

Según Bello: “La Inteligencia Artificial es una de las ramas de la Ciencia de la Computación que evoluciona con mayor rapidez. En ella se estudian modelos computacionales orientados a dar solución a problemas que no son solubles con las técnicas de la computación llamada procedural. Es una disciplina como lo son las Bases de datos, las Redes, y los Sistemas

multimedia. No sustituye los modelos de la computación convencional, sino que los complementa.” (Bello Pérez, 1998)

1.4.1 Aplicaciones de la Inteligencia Artificial en la educación.

Es posible aplicar los logros de la inteligencia artificial en cualquier área del quehacer humano, y la educación no es la excepción. Los sistemas expertos no constituyen la única vía para el empleo de las técnicas de IA en la enseñanza. Se puede hacer referencia a los sistemas de enseñanza inteligentes que se utilizan con el objetivo de propiciar un mejor aprendizaje.

La expresión "sistema inteligente" se usa a veces para sistemas inteligentes incompletos, por ejemplo para una casa inteligente o un sistema experto. Un sistema inteligente completo incluye "sentidos" que le permiten recibir información de su entorno. Puede actuar, y tiene una memoria para archivar el resultado de sus acciones. Tiene un objetivo e inspeccionando su memoria, puede aprender de su experiencia. Aprende cómo lograr mejorar su rendimiento y eficiencia.

Las variantes metodológicas de estos sistemas de enseñanza inteligentes son:

- ❖ Tutores inteligentes.
- ❖ Entrenadores inteligentes.
- ❖ Sistemas inteligentes basados en simulación.
- ❖ Juegos inteligentes.

Sus fundamentos teóricos se apoyan en la Ingeniería del Conocimiento, las técnicas de IA, así como la ciencia pedagógica, realizadas con los profesores más experimentados.

Los sistemas inteligentes se diferencian de los convencionales en que pueden manejar conocimiento estructurado y empírico, no procesan datos, sino conocimiento representado en forma adecuada, explican la línea del razonamiento que siguen y justifican las conclusiones a que llegan. (García Lorenzo, Bello Pérez, Díaz Sardiñaz, & Reinoso Lobato)

1.4.2 Sistemas Adaptativos

Las corrientes actuales de Sistemas de Enseñanza Basados en Web (SEBW) se enfocan a implementar diversos paradigmas de trabajo como son la

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

enseñanza centrada en el estudiante, el aprendizaje colaborativo y la educación adaptativa.

Según Benyon, 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 podemos citar la presentación de formularios y menús dependiendo de la tarea a realizar, la presentación de la información relevante según la tarea o usuario que la demande, o el ofrecimiento de ayuda según el contexto de trabajo.

La mayoría de estos sistemas asume un modelo de usuario y define la adaptación basada en este modelo de usuario. En el caso de los sistemas para dominios educacionales el modelo del usuario es el modelo del estudiante.

Cada vez más es necesario adaptar los medios de enseñanza-aprendizaje asistidos por computadora al *tipo de conocimiento* que se quiere aprender, al *tipo de usuario* que quiere aprender (edad, formación previa, interés en la materia, etc.), a la *disponibilidad en el tiempo* para realizar acciones síncronas o asíncronas y a la *disponibilidad en el espacio* para realizar actividades presenciales o a distancia. (Deagostini & Cormenzana , 2008)

La educación adaptativa incorpora la Inteligencia Artificial para que el propio sistema adapte los servicios y material que ofrece al aprendiz, por medio del modelo del estudiante que desarrolla y actualiza a lo largo del proceso en donde se representan los intereses particulares del individuo, sus aptitudes, desempeño y resultados; de tal forma que a lo largo del proceso de enseñanza se le ofrezca una atención personalizada que estimule su aprendizaje.

(Okamoto , Cristea, & Kayama , 2000) (Peña & Gutiérrez , 2004)

Los Sistemas Hipermedia Adaptativos (SHA) son una opción interesante para ello pues su objetivo es que sea el sistema el que se adapte al usuario y no al contrario, como sucede en los hipermedia “clásicos”, los cuales muestran el mismo contenido y los mismos enlaces a todos los usuarios. Por lo tanto se constituyen como una alternativa al enfoque “una-talla-para-todos” en el desarrollo de sistemas hipermediales.

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

Su naturaleza permite configurar entornos educativos para conseguir que los alumnos alcancen los objetivos de aprendizaje establecidos mediante contenidos y recorridos adecuados a sus aptitudes, intereses y preferencias.

Para lograr este tipo de sistemas, según los autores antes citados, se utilizan básicamente tres modelos. El del dominio que establece el conocimiento que se desea transmitir, el del usuario (modelo del estudiante) que representa los objetivos y particularidades de cada alumno y por último el de adaptación. (Ríos Rodríguez & López)

1.4.2.1 APA-Prolog:

APA-Prolog es un Ambiente de Enseñanza-Aprendizaje para la Programación Lógica, asignatura que se imparte al cuarto año de la Carrera de Ingeniería Informática. Diseñado e implementado por docentes y programadores de la UNISS y la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.

El desarrollo de APA-Prolog se trazó los siguientes objetivos:

- ❖ Aprovechar las ventajas que brindan las computadoras y las TICs para crear ambientes virtuales de enseñanza-aprendizaje sin restricciones de espacio y tiempo.
- ❖ Lograr un proceso de enseñanza-aprendizaje activo y significativo, protagonizado por el estudiante, facilitando los recursos que le permita convertir la información en conocimiento.
- ❖ Obtener un ambiente que tome en cuenta los conocimientos previos del estudiante.
- ❖ Apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la programación Lógica.

La interfaz de APA-Prolog es un mapa conceptual que contiene la mayoría de los conceptos asociados a la Programación Lógica. Pues, como ya se dijo antes, esta forma de organizar la información permite relacionar los conceptos y ofrece un medio cómodo de navegación.

La interfaz ofrece una vía de acceso a diferentes recursos informáticos, tales como: textos explicativos, simuladores, entrenadores, evaluadores, un espacio para el intercambio y un directorio temático, los cuales permiten profundizar teóricamente acerca de los conceptos, analizar ejemplos, comprender funcionamientos, intercambiar ideas, etc.

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

La navegación por el sistema puede ser libre o asistida. En el primer caso, el usuario recorre los contenidos de acuerdo a sus deseos y no existe restricción alguna en relación al orden de precedencia con que se visiten los nodos del mapa.

La navegación asistida está controlada por un conjunto de agentes inteligentes que toman decisiones basadas en los conocimientos previos del estudiante. Los agentes deciden qué recursos activar en cada caso, basándose en el estado del conocimiento del estudiante (bien, regular o mal).

Para lograr la adaptación, el sistema realiza diferentes pasos. En el inicial determina el estado de conocimiento del estudiante acerca de cada concepto, una vez que se ha obtenido esa información se decide qué recursos presentar. (Ríos Rodríguez & López)

1.5 Los Sistemas Expertos.

Los Sistemas Expertos también conocidos como Sistemas Basado en Conocimiento son programas computacionales que:

- ❖ Poseen conocimiento de un experto humano o un área de conocimiento determinada.
- ❖ Son capaces de proporcionar recomendaciones inferidas a partir de su conocimiento.
- ❖ Pueden justificar sus propias conclusiones.
- ❖ Poseen conocimiento no codificado implícitamente dentro del programa.

Existen varias definiciones de Sistemas Expertos, por ejemplo la que da Stevens: “Los sistemas expertos son máquinas que piensan y razonan como un experto lo haría en una cierta especialidad o campo. Por ejemplo, un sistema experto en diagnóstico médico requeriría como datos los síntomas del paciente, los resultados de análisis clínicos y otros hechos relevantes, y, utilizando éstos, buscaría en una base de datos la información necesaria para poder identificar la correspondiente enfermedad. [. . .] Un Sistema Experto de verdad, no sólo realiza las funciones tradicionales de manejar grandes cantidades de datos, sino que también manipula esos datos de forma tal que

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

el resultado sea inteligente y tenga significado para responder a preguntas incluso no completamente especificadas” (Stevens, 1984).

Un Sistema Experto debe ser capaz de procesar y memorizar información, aprender y razonar en situaciones deterministas e inciertas, comunicar con los hombres y/u otros sistemas expertos, tomar decisiones apropiadas, y explicar por qué se han tomado tales decisiones. Se puede pensar también en un sistema experto como un consultor que puede suministrar ayuda a (o en algunos casos sustituir completamente) los expertos humanos con un grado razonable de fiabilidad (Lezcano Brito, Prolog y los Sistemas Expertos, 1995).

1.5.1 Los Sistemas Expertos en la rama de la educación.

En nuestros días los sistemas expertos forman parte importante de formación del profesional ya que existen en la educación varios programas de este tipo. En la universidad José Martí Pérez de Sancti Spíritus se tienen los siguientes resultados de este campo:

SEPA: Un Sistema Experto que contribuye al desarrollo de habilidades para aprender a aprender en los estudiantes matriculados en la asignatura Cognición y Comportamiento I de la carrera de Psicología de la SUM Julio Antonio Mella de Trinidad. (López Rendón, 2011)

SEPAO: Un Sistema Experto para contribuir a un mejor aprendizaje de la Ortografía en la Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez. (Hernández Cuan, 2012)

1.6 Tecnologías y herramientas para el diseño de Sistemas Expertos.

En el proceso de selección de las herramientas a utilizar para la implementación del software que respalda esta investigación, se realizó un levantamiento del estado actual de las tecnologías que se usan en el desarrollo de sistemas similares.

1.6.1 Shell

1.6.1.1 Prolog:

Prolog es el resultado de muchos años de trabajo. La versión oficial de Prolog se desarrolló en la Universidad de Marsella, Francia por Alain Colmerauer y Robert Kowalski en los tempranos 1970, desarrollan un probador de teoremas especializado, escrito en FORTRAN, el cual utilizaron para implementar sistemas de procesamiento del lenguaje natural, como una herramienta para Programación en la Lógica (“PROgramming in LOGIC”), expresión que da origen a su nombre.

Aunque tiene significativa importancia dentro de los lenguajes orientados a la lógica, no es exactamente la lógica de predicado en sí misma. Su forma, gramática o sintaxis es de la lógica, pero su semántica o significado es diferente. Constituye una implementación de los procesos y procedimientos involucrados en el cálculo de predicados de primer orden en cuyo caso el programa es realmente la base de conocimiento más un conjunto de datos de partida.

El resultado fue el desarrollo de un nuevo paradigma de programación. Existen varias versiones o dialectos comerciales de Prolog: desde Turbo Prolog de Borland y el Arity Prolog hasta el PDC Visual Prolog.

PROLOG es esencialmente un lenguaje declarativo puesto que la mayoría de los enunciados de un programa PROLOG típico son aseercciones o afirmaciones, los cuales se consideran que constituyen los axiomas propios de una teoría junto con un conjunto de cláusulas objetivos, a los que se consideran teoremas que hay que probar.

El Prolog se ha ido en general de los laboratorios de las inteligencias artificiales. Es lo que se conoce como un lenguaje declarativo. Esto significa que dado los hechos necesarios y reglas, Prolog usará el razonamiento deductivo para resolver sus problemas de la programación. Esto está en contraste con los lenguajes de la computadora tradicionales, como el C, Basic y Pascal que son los lenguajes procedurales.

Entre sus beneficios podemos destacar:

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

- ❖ Permite crear programas de la Inteligencia Artificial (IA) mucho más rápido y más fácil.
- ❖ Es ideal para implementar sistemas expertos y procesamiento del lenguaje natural.
- ❖ Los mecanismos de inferencias y los procedimientos son partes de él (built-in)

El lenguaje de programación lógica Prolog es, considerado apropiado para la IA por las facilidades que ofrece para la representación del conocimiento, es útil para la realización de sistemas de enseñanza inteligentes. El grado de generalización de las experiencias alcanzadas en la elaboración de entrenadores resulta mayor cuando se utiliza Prolog. Para desarrollar Sistema Expertos del tipo "*clasificación*" y "*selección*", Lezcano Brito recomienda como lenguaje de programación lógica, Prolog (Lezcano Brito, Prolog y los Sistemas Expertos, 1995).

1.6.1.2 UCShell:

UCShell 2.1 (Shell de la Universidad Central), es un ambiente de desarrollo integrado, que permite la creación de proyectos y bases de conocimiento. El ambiente permite editar, compilar (con información simbólica o no) y ejecutar bases de conocimientos.

UCShell 2.1 está programado en Java, por ese motivo para usarlo tiene que instalarse la máquina virtual de Java con el JRE 1.5 o superior. La carpeta UCShell IDE 2.1 contiene los archivos o carpetas necesarios para su correcto funcionamiento.

Las bases de conocimiento del sistema UCShell usan las "Reglas de Producción" como forma de representación del conocimiento.

El sistema dispone de un ambiente desde el cual se pueden editar, compilar o ejecutar las bases de conocimiento.

El proceso de compilación toma como entrada un archivo con extensión **kbs** (knowledge base system) que contiene la base de conocimientos y lo

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

transforma en un archivo, con el mismo nombre pero con extensión **kbo** (knowledge base objeto) que contiene la forma interna que ejecutará la máquina de inferencia.

Los objetos que manipula la máquina de inferencia UCSHELL 2.1 se denominan **Atributos** y pueden verse como las variables en los lenguajes de programación. Los atributos pueden ser de tres tipos:

1. **Hechos**, cuando tienen un valor asociado.
2. **Deducibles**, cuando forman parte de la conclusión de una regla.
3. **Preguntables**, cuando tienen una pregunta asociada.

Los dos últimos pueden convertirse en hechos durante el proceso de inferencia, adicionalmente cualquier atributo puede tener la cualificación de externo.

Para dirigir el funcionamiento de la máquina de inferencia, su diseñador (el ingeniero del conocimiento) dispone de un conjunto de herramientas:

- ❖ Cláusulas. Son el equivalente de las sentencias en un lenguaje de programación, existe un pequeño conjunto que permite: comenzar la búsqueda, hacer iteraciones, mostrar mensajes y los contenidos de los atributos, entre otras cosas.
- ❖ Funciones aritméticas. Permiten hacer operaciones aritméticas fundamentales.
- ❖ Operadores lógicos y aritméticos.

(Lezcano Brito, Fundora Fernández, & Salazar Acosta, Desarrollando Sistemas Expertos con UCSHELL 2.1, 2012)

1.6.2 Metodologías para el diseño de un Sistema Experto.

Para que la realización de un Sistema Experto sea satisfactoria debemos identificar y analizar el problema a partir de una serie de reglas y experiencias para después idear algún modo de adquirir y modelar el conocimiento y por último reducirlo a nivel simbólico y educar así a la máquina.

Metodología descrita por Marlene Carlos Soto.

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

En la fase de desarrollo el peso del trabajo recae en el Experto y el Ingeniero del Conocimiento.

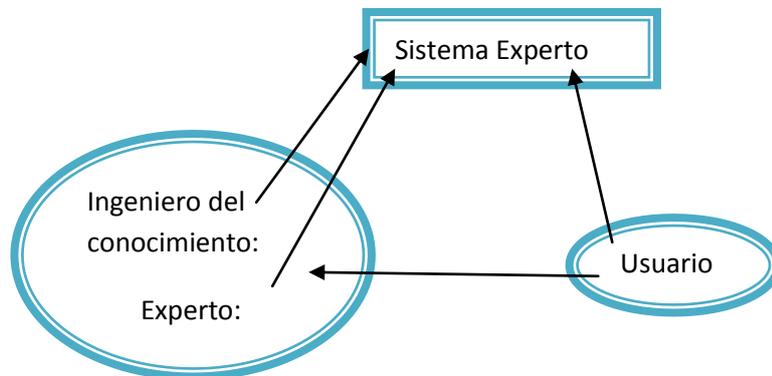


Ilustración 1 Relación entre los grupos que intervienen en el desarrollo.

En el desarrollo del Sistema Experto estas tres personas trabajan muy unidas, ya que el experto y el ingeniero deben tener en cuenta los deseos y las ideas del usuario. Primeramente elaboran los problemas que deben ser resueltos por el sistema.

Una vez delimitado el dominio hay que alimentar poco a poco al sistema con los conocimientos del experto, este último debe constantemente chequear que sus conocimientos hayan sido transmitidos de la forma más conveniente. El ingeniero del conocimiento es responsable de una implementación correcta pero no de la exactitud del conocimiento, esta exactitud recae en el experto antes mencionado.

Además de esto no debe ignorarse nunca al usuario durante el desarrollo, para que al final se disponga de un sistema que le sea de máxima utilidad.

Los pasos a seguir en el desarrollo de un Sistema Experto son:

Paso 1: Elección de la aplicación: En esta fase lo primero que debemos saber es si cumple con las siguientes condiciones:

La información declarativa: Es necesario considerar el conocimiento como modular y de este modo si ocurre algún error poder actualizarlos sin perderse en largas líneas de código.

Las ventajas de la interfaz: Como las inferencias hechas por los SE son similares a los mismos expertos humanos, el comportamiento del SE es amigable y los usuarios pueden mantener el sistema. Otra ventaja es que el

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

conocimiento faltante en la base de conocimientos puede ser fácilmente obtenido de un modo natural.

El SE debe ser capaz de explicar sus conclusiones: Esto se debe a que se puede defender las conclusiones en términos de las oraciones de la base de datos que fueron usados para llegar a esa conclusión. De esta forma no solo se puede verificar razonamientos incorrectos o la falta de alguno de ellos sino que también la maquina será capaz de enseñar a los humanos a partir de sus experiencias.

Paso 2. Elección de la herramienta apropiada: Para la elección de la herramienta de desarrollo del Sistema Experto se han establecido algunos principios, ejemplo: la herramienta debía poseer solamente el grado de generalidad necesario para resolver el problema dado y probar el software de partida construyendo un pequeño prototipo antes de su realización.

La herramienta debe poseer las siguientes características:

- El lenguaje de realización deberá ser lo más simple y universal posible
- Un medio de acceso a los mecanismos de control si la generalidad es más importante que la eficacia, o a la inversa, un sistema de control muy limitado si se busca un aprendizaje, una automodificación o explicaciones elaboradas.
- Capacidades de diálogos elaboradas (lenguaje casi natural, diccionario...) si el tiempo de desarrollo es un factor crítico.

Por último es necesario utilizar una herramienta que ya haya servido para una aplicación comparable.

Para la realización del SE es necesario respetar el formalismo de representar el conocimiento a usar, así como las técnicas de solución del problema adecuado a este formalismo y al problema que se está considerando, pero la determinación de estos se obtiene luego de haber efectuado la adquisición y el modelado de la información para posteriormente reducirlo a un nivel simbólico y así poderlo implementar como un Sistema Informático.

Paso 3. Transferencia de Experiencia: La transferencia de experiencia se efectúa del experto al SE, ayudado por el ingeniero del conocimiento. La disciplina que interviene en la transferencia de experiencia se denomina ingeniería del conocimiento.

El proceso se descompone en cuatro etapas:

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

1-Análisis del problema

2-Adquisición del conocimiento y conceptualización

3-Formalización y representación del conocimiento y

4-Validación

Etapa1 Análisis del problema: Consiste en elaborar los problemas que deben ser resueltos por el sistema. Es importante tener en cuenta los deseos y sugerencias del usuario. El resultado de esta etapa es el proyecto de construcción del SE.

Etapa2 Adquisición del conocimiento y conceptualización: Consiste en identificar todos los elementos que intervienen en la solución del problema a través de estudios y seleccionar los conceptos básicos que harán posible el funcionamiento del sistema.

Etapa3 Formalización y representación del conocimiento: La actividad del ingeniero del conocimiento en esta fase se concreta en las siguientes tareas:

- Elección de un formalismo de representación del conocimiento
- Elección de una arquitectura que permita coordinar y manejar los distintos tipos de elementos que intervienen en la solución del problema. -Creación de la base de conocimientos utilizando el formalismo y la arquitectura elegida.
- Diseño de la interfaz del SE con el usuario y con el resto del entorno lógico.

Etapa4 Validación: El desarrollo de un SE no se considera que está acabado una vez que funciona este sino que se continúa desarrollando y actualizando tanto el conocimiento del sistema como los métodos del procesamiento, quedando reflejados los progresos o modificaciones en el campo, área o sistema. (Carlos Soto, Sistema experto de diagnóstico médico del síndrome de Guillian Barre)

Metodología descrita por Mateo Lezcano Brito

Cuando se diseña una base de conocimientos, se está construyendo algo como una teoría sobre un determinado dominio o que al menos aspira a llegar a serlo, en este sentido deben prevalecer en su diseño los aspectos conceptuales. La información debe estar organizada en forma armónica y debe ser, ante todo, lo más exacta posible. Sin embargo, el conocimiento de los expertos es a menudo incompleto e inconsistente, por lo que el proceso puede

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

tornarse bastante engorroso y en algunos casos, el resultado pudiera no ser lo suficientemente exacto (Lezcano Brito, Prolog y los Sistemas Expertos, 1995).

Método clásico para el diseño de un Sistema Experto.

Los métodos de construcción de sistemas expertos parten, en primer lugar, de la identificación de los elementos del dominio y los conceptos descriptivos de sus propiedades, definiendo además las relaciones que se establecen entre ellos, en base a las cuales se organiza el conocimiento y posteriormente se pasa a su formalización. Desde el punto de vista cognoscitivo, la formalización del conocimiento va de la contemplación viva al pensamiento abstracto y de ahí nuevamente a la realidad. En este camino se parte del plano real (observación de la realidad), se pasa por el plano conceptual (creación del modelo para partes de esa realidad) y se llega al plano formal (elaboración de la teoría) (Lezcano Brito, Prolog y los Sistemas Expertos, 1995).

Existe un método clásico general, que permite la separación de este proceso en varias etapas. El primer paso a seguir cuando se habla de la construcción de un sistema experto es el estudio del dominio, con vista a determinar si es realmente propicia la construcción del sistema experto o no.

Este análisis se puede hacer en base a los siguientes criterios:

- ❖ Inexistencia de una solución algorítmica para el problema.
- ❖ Se trata de problemas relativamente estáticos, comparados con el tiempo requerido para analizarlos.
- ❖ Las tareas no son muy fáciles de resolver (se requieren años para formar un perito y además son muy escasos).
- ❖ La tarea debe tener interés práctico, produciendo altos beneficios.
- ❖ El conocimiento humano pudiera perderse.

Después de hecho este análisis, si se determina que es posible la construcción del sistema experto, se pasa a las siguientes:

Identificación del problema: En esta etapa se determina, básicamente, cuál es el problema que se quiere resolver y sus características, así como quienes

Capítulo I: El manejo de las emociones mediante las tecnologías.

van a participar en el levantamiento de la base de conocimiento y el papel de cada cual en ese proceso, entre otras cosas. Es más bien un periodo de familiarización, donde tiene lugar la relación inicial entre el experto y el ingeniero del conocimiento. En una entrevista inicial (y otras sucesivas si es necesario) el experto debe lograr que el ingeniero de conocimiento se lleve una idea general del dominio que se quiere modelar, haciendo una caracterización informal del problema y mostrando algunas descripciones de problemas típicos y los posibles pasos para su solución.

Establecer conceptos: Se definen los conceptos para la representación del conocimiento. El experto y el ingeniero del conocimiento determinan los aspectos claves del problema, las relaciones entre ellos y sus características con el objetivo de llevar a cabo la descripción del proceso de solución del problema.

Formalización: En esta etapa se formalizan los conceptos claves y subproblemas que estaban aislados durante la conceptualización. Se diseñan las estructuras para organizar el conocimiento. Después de un análisis intensivo, por parte del ingeniero de conocimiento, de los diferentes medios de representación con que se cuenta, se determina cuál se adapta mejor a las condiciones del problema, estableciendo un lenguaje formal que incorpore los conceptos formalizados del tema objeto de representación y describa a la vez el mecanismo de solución.

La definición de los conceptos y relaciones derivadas (conocimiento inducido) y la creación de reglas que los relacionan con el conocimiento explícito, marca el paso del plano conceptual al formal.

En esta etapa el ingeniero del conocimiento juega un papel más activo, determinando: la existencia de datos redundantes, si hay incertidumbre asociada a los datos, si los datos son consistentes y completos para resolver el problema y además si la interpretación lógica de los datos depende de su orden de ocurrencia en el tiempo.

Cumpliendo correctamente todas las etapas se formalizan los conceptos claves y subproblemas y se pasa a la implementación. (Lezcano Brito, Prolog y los Sistemas Expertos, 1995).

1.7 Conclusiones

En este capítulo se describen los conceptos fundamentales sobre las emociones básicas, las expresiones faciales, los sistemas expertos, la computación afectiva entre otros. Se decide que la metodología a utilizar será la de Mateo Lezcano Brito descrita en su libro Prolog y los Sistemas Expertos. Para la realización de la base de conocimiento y la interfaz visual se programará en UCShell, que es una herramienta para desarrollar Sistemas Expertos.

Capítulo II: Análisis, diseño e implementación de la propuesta de solución.

En el desarrollo de esta investigación se utilizó la metodología descrita por el Dr. Mateo Lezcano Brito en su libro Prolog y los Sistemas Expertos, donde primeramente se identifican los elementos del dominio y los conceptos descriptivos de sus propiedades, se define las relaciones que se establecen entre ellos, en base a las cuales se organiza el conocimiento y posteriormente se pasa a su formalización e implementación.

La creación de las bases de conocimiento es un complejo y largo período de adquisición de información, llevado a cabo por el ingeniero del conocimiento; quién, partiendo de los juicios y opiniones de diferentes expertos, debe codificar la información obtenida utilizando un lenguaje formal de representación del conocimiento.

De forma complementaria se utilizó el Lenguaje Unificado del Modelo con el objetivo de establecer los casos de uso del sistema.

En el transcurso de esta investigación se determina que es necesario que el Sistema Experto sea utilizado por los profesores del departamento de Ingeniería Informática con el objetivo de ser validado antes de formar parte de un ambiente de enseñanza-aprendizaje virtual.

Un estudio del dominio con vista a determinar si es realmente propicia la construcción del SE o no, basados en los siguientes criterios:

- ❖ inexistencia de una solución algorítmica para el problema,
- ❖ complejidad de las tareas a resolver,
- ❖ interés práctico y beneficios que se observaran,
- ❖ posibilidad de pérdida del conocimiento humano,

arrojó que es posible la construcción del Sistema Experto.

Seguidamente se describen las etapas para el diseño del Sistema Experto.

2.1 Identificación.

La etapa de identificación es donde se determina el problema a resolver, el cual se basa en identificar las emociones negativas que presentan los estudiantes en su interacción con un ambiente Enseñanza-Aprendizaje virtual. Se acuerda quienes participaran en el levantamiento de la base de conocimiento. Luego de tener la información necesaria se seleccionan los elementos del dominio y los conceptos descriptivos.

Los expertos hacen que el ingeniero de conocimiento se lleve una idea general del dominio que se quiere modelar, haciendo una caracterización informal del problema y mostrando algunas descripciones de problemas típicos y los posibles pasos para su solución. (Martín Roque, 2010)

En esta etapa la experta decide tomar en cuenta tres emociones negativas básicas para los estudiantes de Educación Superior que son: la tristeza, el miedo y el disgusto.

Los participantes en el levantamiento de la base de conocimiento fueron:

- ❖ Dra. Lydia Rosa Ríos Rodríguez.
- ❖ Miguelina Yolanda Domínguez Reyes participó como experta en psicología facilitó la información sobre las emociones, las expresiones faciales y cómo se comportan en las personas.
- ❖ Claudia Sánchez Prado.

Los elementos del dominio y los conceptos descriptivos se especifican a continuación:

Elementos del dominio:

- ❖ Emociones Negativas.

Conceptos descriptivos:

- **La Tristeza:** Es una respuesta a un evento que ya ha pasado, mientras que el miedo anticipa un evento que va a suceder; y distinta a la ira en que se presenta cuando nadie es culpable.

Capítulo II: Análisis diseño e implementación de la propuesta de solución.

Muchas veces está asociada al llanto, para ello hay una secuencia relativamente precisa que es la responsable de que éste se produzca, así, cuando se producen preocupaciones afectivas se teme su cumplimiento, y bruscamente, si se cumple tal predicción, brotan las lágrimas. La tristeza se produce ante la pérdida de un deseo apremiante, que se sabe imposible de satisfacer. (Balleste Ventura, 2012)

- **El Miedo:** Implica una inseguridad respecto a la capacidad para soportar o manejar la situación amenazante: la intensidad de la respuesta emocional depende de la incertidumbre sobre los resultados. (Balleste Ventura, 2012)
- **El Disgusto:** Es una impresión de naturaleza algo mejor definida, provocada originalmente por un objeto que repugna en el dominio del sentido del gusto. En el rostro, el disgusto se manifiesta, cuando es moderado, de diversas maneras. La boca se abre de par en par, el labio superior se retrae enérgicamente, las partes laterales de la nariz se arrugan, el labio inferior se baja y se dobla hacia fuera tanto como es posible. Este último movimiento exige la contracción de los músculos que atraen hacia abajo los extremos de la boca. (Cortese, Cestau Liz, & Gaynor Butterfield)

El **objetivo relevante** de la investigación es: Lograr identificar las emociones negativas.

Los **recursos** con que se cuenta para la obtención de información son los siguientes:

Libros:

- ❖ Del gesto a las tecnologías de la información y las comunicaciones.
Historia y evolución de los medios de enseñanza. Dra. Lydia Rosa Ríos Rodríguez y Elsy López.
- ❖ La comunicación no verbal. Mark L. Knapp.
- ❖ Affective Computing. Rosalind Picard

Capítulo II: Análisis diseño e implementación de la propuesta de solución.

- ❖ Algunas Experiencias en la Utilización de Sistemas de EAC para la Enseñanza de la Inteligencia Artificial. Mateo Lezcano Brito, Víctor Giraldo Valdés Pardo.
- ❖ Desarrollando Sistemas Expertos con UCShell. Mateo Lezcano Brito, Lissett Fundora Fernández, Isis Salazar Acosta.

Tesis:

- ❖ **SEPA:** Sistema Experto que contribuye al desarrollo de habilidades para aprender a aprender en los estudiantes matriculados en la asignatura Cognición y Comportamiento I de la carrera de Psicología de la SUM Julio Antonio Mella de Trinidad. (López Rendón, 2011)
- ❖ **SEPAO:** Sistema Experto para contribuir a un mejor aprendizaje de la Ortografía en la Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez. (Hernández Cuan, 2012)
- ❖ **SEC-Dengue:** Sistema Experto para la clasificación temprana de Dengue Severo en el Instituto Pedro Kourí (IPK) de Ciudad de la Habana. (Martín Roque, 2010)

Entrevistas:

- ❖ Entrevista a la Psicóloga Miguelina Yolanda Domínguez Reyes.

El **Alcance** que tiene este Sistema Experto:

- ❖ La identificación de las emociones negativas de los estudiantes.

Las **Submetas** trazadas para lograr el objetivo propuesto son:

- ❖ Estudiar toda la bibliografía disponible.
- ❖ Determinar las emociones a tener en cuenta.
- ❖ Determinar los principales rasgos que se tienen en cuenta a la hora de clasificar las emociones.

Capítulo II: Análisis diseño e implementación de la propuesta de solución.

- ❖ Confeccionar de un árbol de decisión.
- ❖ Confeccionar la base de conocimiento.

2.2 Establecer conceptos.

En esta etapa se definieron los conceptos para la representación del conocimiento. Los expertos y el ingeniero del conocimiento determinaron los aspectos claves del problema, las relaciones entre ellos y sus características con el objetivo de llevar a cabo la descripción del proceso de solución del problema.

Se establecieron una serie de elementos esenciales, tales como:

- ❖ Los tipos de datos disponibles son los rasgos faciales representativos de cada emoción.
- ❖ No se tomará en cuenta el factor de certidumbre.
- ❖ Los datos de salida son las emociones (Tristeza, Miedo, Disgusto).
- ❖ Para la organización de la base de conocimiento se tuvo en cuenta que en UCShell las bases de conocimientos pueden o no tener el primer bloque de atributos extendidos, en este caso la base de conocimiento se organizó en tres bloques el primero ASKS (preguntas) donde se definen los atributos preguntables. El segundo bloque es el de las RULS (reglas) donde se realiza la definición de todas las reglas de la base de conocimientos. El tercero es el Bloque ACTIONS (acciones) donde se especifica la lista de acciones que se ejecutan.

2.3 Formalización.

En esta etapa se formalizaron los conceptos claves y subproblemas que estaban aislados durante la conceptualización. Se diseñaron las estructuras para organizar el conocimiento y las diferentes formas de representación del conocimiento. Se determinó utilizar una nueva herramienta para el desarrollo de Sistemas Expertos: UCShell 2.0.

2.3.1 Clasificación del conocimiento.

El conocimiento en esta investigación se clasificó tomando en cuenta las expresiones faciales. Para más organización y mejor entendimiento se elaboró el siguiente árbol de decisión, el que parte de los rasgos más importantes para la identificación de una emoción.

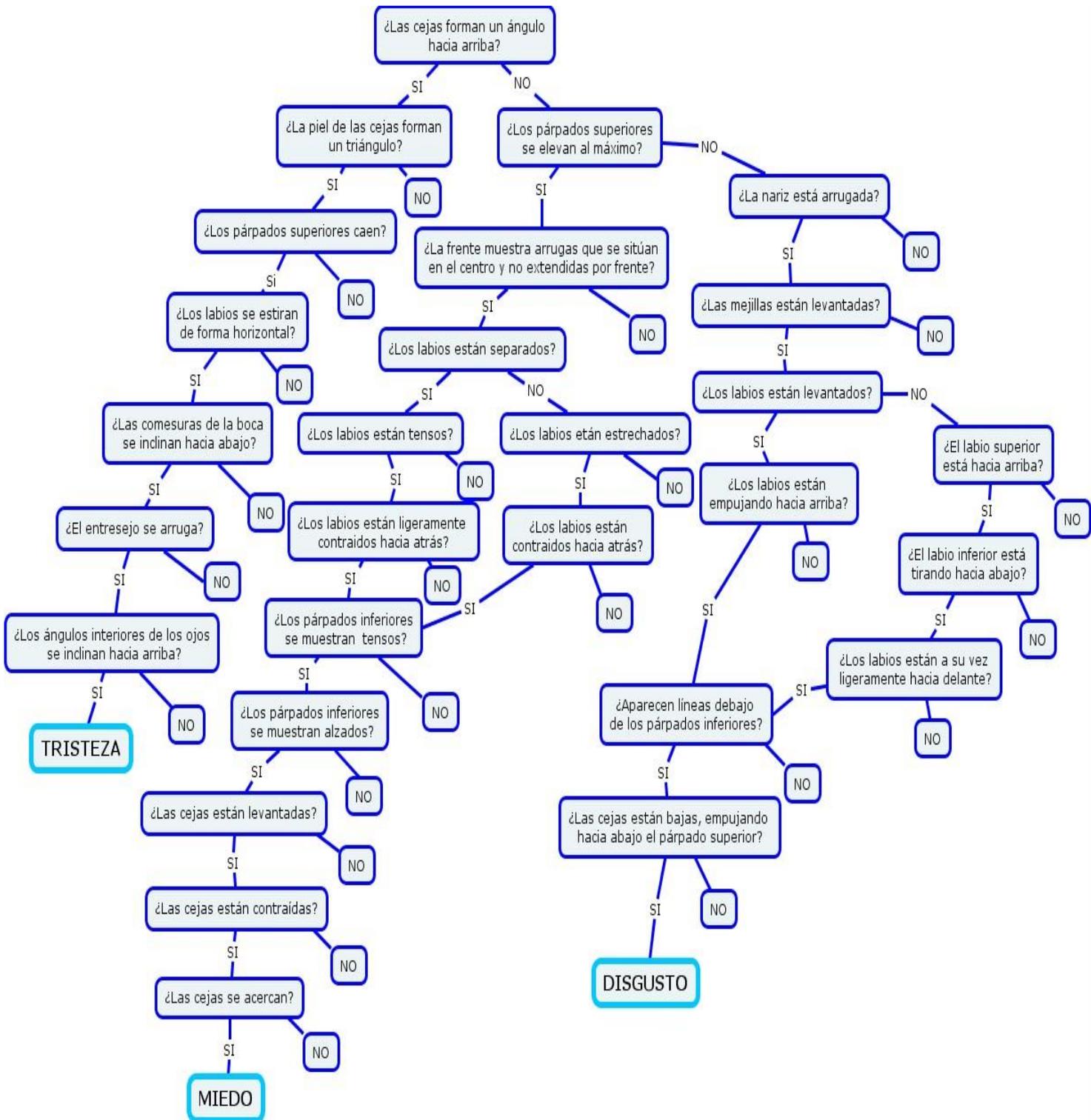


Ilustración 2 Árbol de decisión.

2.4 Implementación.

En esta etapa el ingeniero de conocimiento reordena el conocimiento formalizado para hacerlo compatible con las características del flujo de información del problema.

Se confirma que los métodos de solución seleccionados son los más indicados para la exitosa solución. El proceso de refinamiento consiste en el mejoramiento del conocimiento ya existente, además de mejorar la estrategia de búsqueda del sistema, lo que contribuye a una solución más efectiva y confiable.

En la práctica, este proceso no es tan fácil como puede parecer. Se llevan a cabo múltiples intentos hasta llegar a la base de conocimiento mal útil para el sistema.

Durante esta fase se llevó a cabo la formalización de las reglas que abarcan todo el conocimiento, obteniéndose la primera base de conocimiento, la cual se sometió a períodos de prueba, para así corregir sus errores hasta conseguir una versión más avanzada.

2.4.1 Formalización de Casos.

La base de conocimiento se divide en tres partes, un bloque de preguntas, un bloque de reglas y un bloque de acción; tal como se muestra en el ejemplo siguiente:

Bloque de Preguntas:

ASK parpados_super_1:

'¿Los párpados superiores caen?'

DOMAIN 'SI', 'NO'

ASK parpados_super_2:

'¿Los párpados superiores se elevan al máximo?'

DOMAIN 'SI', 'NO'

ASK parpados_infer_1:

'¿Aparecen líneas debajo de los párpados inferiores?'

DOMAIN 'SI', 'NO'

Capítulo II: Análisis diseño e implementación de la propuesta de solución.

ASK parpados_infer_2:

'¿Los parpados inferiores se muestran tensos?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK parpados_infer_3:

'¿Los parpados inferiores se muestran alzados?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK cejas_1:

'¿Las cejas forman un ángulo hacia arriba?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK cejas_2:

'¿La piel de las cejas un triángulo?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK cejas_3:

'¿Las cejas están levantadas?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK cejas_4:

'¿Las cejas están contraídas?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK cejas_5:

'¿Las cejas se acercan?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK cejas_6:

'¿Las cejas bajas, empujando hacia abajo al parpado superior?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK labios_1:

Capítulo II: Análisis diseño e implementación de la propuesta de solución.

'¿Los labios se estiran de forma horizontal?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK labios_2:

'¿Las comisuras de la boca se inclinan hacia abajo?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK labios_3:

'¿Los labios se muestran separados?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK labios_4:

'¿Los labios se muestran tensos?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK labios_5:

'¿los labios se muestran ligeramente contraídos hacia atrás?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK labios_6:

'¿Los labios están levantados?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK labios_7:

'¿Los labios están empujando hacia arriba?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK labios_8:

'¿Los labios están estrechados?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK labios_9:

'¿Los labios están contraídos hacia atrás?'

DOMAIN 'SI','NO'

Capítulo II: Análisis diseño e implementación de la propuesta de solución.

ASK labios_10:

'¿El labio superior está hacia arriba?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK labios_11:

'¿El labio inferior está tirado hacia abajo?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK labios_12:

'¿Los labios se muestran ligeramente hacia delante?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK entrecejo:

'¿El entrecejo se arruga?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK ojos:

'¿Los ángulos interiores de los ojos se inclinan hacia arriba?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK frente:

'¿la frente muestra arrugas que se sitúan en el centro y no extendidas por toda la frente?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK nariz:

'¿La nariz está arrugada?'

DOMAIN 'SI','NO'

ASK mejillas:

'¿Las mejillas se encuentran levantadas?'

DOMAIN 'SI','NO'

Bloque de Reglas:

RULE 1

```
IF (cejas_1='SI')AND
  (cejas_2='SI')AND
  (parpados_super_1='SI')AND
  (labios_1='SI')AND
  (labios_2='SI')AND
  (entrecejo='SI')AND
  (ojos='SI')
```

THEN

```
  emoción :='TRISTEZA'
```

ACTIONS

```
  DISPLAY
```

```
  'Según las características la emoción que se evidencia es la TRISTEZA'
```

```
  END;
```

RULE 2

```
IF (cejas_1='SI')AND
  (cejas_2='SI')AND
  (parpados_super_1='SI')AND
  (labios_1='SI')AND
  (labios_2='SI')AND
  (entrecejo='SI')AND
  (ojos='NO')
```

THEN

```
  emoción :='TRISTEZA'
```

ACTIONS

```
  DISPLAY
```

```
  'Según las características existe una probabilidad mayor al 80% de que
la emoción que se evidencia es la TRISTEZA'
```

```
  END;
```

RULE 3

```
IF
```

Capítulo II: Análisis diseño e implementación de la propuesta de solución.

```
(parpados_super_2='SI')AND
(frente='SI')AND
(labios_3='SI')AND
(labios_4='SI')AND
(labios_5='SI')AND
(parpados_infer_2='SI')AND
(parpados_infer_3='SI')AND
(cejas_3='SI')AND
(cejas_4='SI')AND
(cejas_5='SI')
THEN
    emoción :='MIEDO'
ACTIONS
    DISPLAY
        'Según las características la emoción que se evidencia es la MIEDO'
    END;
```

RULE 4

```
IF (parpados_super_2='SI') AND
(frente='SI')AND
(labios_3='NO')AND
(labios_8='SI')AND
(labios_9='SI')AND
(parpados_infer_2='SI')AND
(parpados_infer_3='SI')AND
(cejas_3='SI')AND
(cejas_4='SI')AND
(cejas_5='SI')
THEN
    emoción :='MIEDO'
ACTIONS
    DISPLAY
        'Según las características la emoción que se evidencia es la MIEDO'
    END;
```

RULE 5

```
IF (parpados_super_2='SI')AND
  (frente='SI')AND
  (labios_3='SI')AND
  (labios_4='SI')AND
  (labios_5='SI')AND
  (parpados_infer_2='SI')AND
  (parpados_infer_3='SI')AND
  (cejas_3='SI') AND
  (cejas_4='SI')AND
  (cejas_5='NO')
```

THEN

```
  emoción := 'MIEDO'
```

ACTIONS

DISPLAY

```
    'Según las características existe una probabilidad mayor al 80% de que
la emoción que se evidencia es la MIEDO'
```

```
  END;
```

RULE 6

```
IF (parpados_super_2='SI')AND
  (frente='SI')AND
  (labios_3='SI')AND
  (labios_4='SI')AND
  (labios_5='SI')AND
  (parpados_infer_2='SI')AND
  (parpados_infer_3='SI')AND
  (cejas_3='SI') AND
  (cejas_4='NO')
```

THEN

```
  emoción := 'MIEDO'
```

ACTIONS

DISPLAY

Capítulo II: Análisis diseño e implementación de la propuesta de solución.

'Según las características existe una probabilidad mayor al 80% de que la emoción que se evidencia es la MIEDO'

END;

RULE 7

```
IF (parpados_super_2='SI')AND
(frente='SI')AND
(labios_3='NO')AND
(labios_8='SI')AND
(labios_9='SI')AND
(parpados_infer_2='SI')AND
(parpados_infer_3='SI')AND
(cejas_3='SI') AND
(cejas_4='NO')
```

THEN

emoción :='MIEDO'

ACTIONS

DISPLAY

'Según las características existe una probabilidad mayor al 80% de que la emoción que se evidencia es la MIEDO'

END;

RULE 8

```
IF (parpados_super_2='SI')AND
(frente='SI')AND
(labios_3='NO')AND
(labios_8='SI')AND
(labios_9='SI')AND
(parpados_infer_2='SI')AND
(parpados_infer_3='SI')AND
(cejas_3='SI') AND
(cejas_4='SI')AND
(cejas_5='NO')
```

THEN

Capítulo II: Análisis diseño e implementación de la propuesta de solución.

emoción := 'MIEDO'

ACTIONS

DISPLAY

'Según las características existe una probabilidad mayor al 80% de que la emoción que se evidencia es la MIEDO'

END;

RULE 9

IF (nariz='SI')AND

(mejillas='SI')AND

(labios_6='SI')AND

(labios_7='SI')AND

(parpados_infer_1='SI')AND

(cejas_6='SI')

THEN

emoción := 'DISGUSTO'

ACTIONS

DISPLAY

'Según las características la emoción que se evidencia es la DISGUSTO'

END;

RULE 10

IF (nariz='SI')AND

(mejillas='SI')AND

(labios_6='NO')AND

(labios_10='SI')AND

(labios_11='SI')AND

(labios_12='SI')AND

(parpados_infer_1='SI')AND

(cejas_6='SI')

THEN

emoción := 'DISGUSTO'

ACTIONS

DISPLAY

Capítulo II: Análisis diseño e implementación de la propuesta de solución.

'Según las características la emoción que se evidencia es la DISGUSTO'

END;

RULE 11

IF (nariz='SI')AND
(mejillas='SI')AND
(labios_6='SI')AND
(labios_7='SI')AND
(parpados_infer_1='NO')

THEN

emoción :='DISGUSTO'

ACTIONS

DISPLAY

'Según las características existe una probabilidad mayor al 80% de que la emoción que se evidencia es la DISGUSTO'

END;

RULE 12

IF (nariz='SI')AND
(mejillas='SI')AND
(labios_6='SI')AND
(labios_7='SI')AND
(parpados_infer_1='SI')AND
(cejas_6='NO')

THEN

emoción :='DISGUSTO'

ACTIONS

DISPLAY

'Según las características existe una probabilidad mayor al 80% de que la emoción que se evidencia es la DISGUSTO'

END;

RULE 13

IF (nariz='SI')AND
(mejillas='SI')AND

Capítulo II: Análisis diseño e implementación de la propuesta de solución.

```
(labios_6='SI')AND
(labios_7='NO')
THEN
  emoción :='NO'
ACTIONS
DISPLAY
  'Según las características no se puede identificar ninguna emoción'
END;
```

RULE 14

```
IF (nariz='SI')AND
  (mejillas='SI')AND
  (labios_6='NO')AND
  (labios_10='NO')
THEN
  emoción :='NO'
ACTIONS
DISPLAY
  'Según las características no se puede identificar ninguna emoción'
END;
```

RULE 15

```
IF (nariz='SI')AND
  (mejillas='SI')AND
  (labios_6='NO')AND
  (labios_10='SI')AND
  (labios_11='NO')
THEN
  emoción :='NO'
ACTIONS
DISPLAY
  'Según las características no se puede identificar ninguna emoción'
END;
```

Capítulo II: Análisis diseño e implementación de la propuesta de solución.

RULE 16

```
IF (nariz='SI')AND
  (mejillas='SI')AND
  (labios_6='NO')AND
  (labios_10='SI')AND
  (labios_11='SI')AND
  (labios_12='NO')
THEN
  emoción :='NO'
ACTIONS
  DISPLAY
  'Según las características no se puede identificar ninguna emoción'
END;
```

RULE 17

```
IF (nariz='SI')AND
  (mejillas='SI')AND
  (labios_6='NO')AND
  (labios_10='SI')AND
  (labios_11='SI')AND
  (labios_12='SI')AND
  (parpados_infer_1='NO')
THEN
  emoción :='DISGUSTO'
ACTIONS
  DISPLAY
  'Según las características existe una probabilidad mayor al 80% de que
la emoción que se evidencia es la DISGUSTO'
END;
```

RULE 18

```
IF (nariz='SI')AND
  (mejillas='SI')AND
  (labios_6='NO')AND
```

Capítulo II: Análisis diseño e implementación de la propuesta de solución.

```
(labios_10='SI')AND
(labios_11='SI')AND
(labios_12='SI')AND
(parpados_infer_1='SI')AND
(cejas_6='NO')
THEN
    emoción := 'DISGUSTO'
ACTIONS
    DISPLAY
        'Según las características existe una probabilidad mayor al 80% de que
la emoción que se evidencia es la DISGUSTO'
    END;
```

RULE 19

```
IF (nariz='NO')OR
    (mejillas='NO')OR
    (labios_7='NO')OR
    (labios_10='NO')OR
    (labios_11='NO')OR
    (labios_12='NO')
THEN
    emoción := 'NO'
ACTIONS
    DISPLAY
        'Según las características no se puede identificar ninguna emoción'
    END;
```

Bloque de Acción:

```
ACTIONS
    FIND emoción
END.
```

2.4.2 Diálogos del sistema.

El dialogo del sistema comienza con una pregunta del sistema en dependencia de la respuesta el sistema sigue un camino u otro en el árbol de soluciones

Capítulo II: Análisis diseño e implementación de la propuesta de solución.

posibles. El diálogo continúa hasta que el sistema sea capaz de concluir una identificación o indicando que no pudo identificar.

Para mayor organización los diálogos del sistema se dividirán según las emociones negativas a identificar.

Dialogo para identificar la tristeza:

D: ¿Las cejas forman un ángulo hacia arriba? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿La piel de las cejas forma un triángulo? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Los párpados superiores caen? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Los labios se estiran de forma horizontal? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Las comisuras de la boca se inclinan hacia abajo? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿El entrecejo se arruga? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Los ángulos interiores de los ojo se inclinan hacia arriba? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

Dialogo para identificar miedo:

D: ¿Los párpados superiores se elevan al máximo? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

Capítulo II: Análisis diseño e implementación de la propuesta de solución.

D: ¿La frente muestra arrugas que se sitúan en el centro y no extendidas por toda la frente? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Los labios se muestran separados? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Los labios se muestran tensos? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Los labios se muestran ligeramente contraídos hacia atrás? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Los labios están estrechados? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Los labios están contraídos hacia atrás? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Los párpados inferiores se muestran tensos? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Los párpados inferiores se muestran alzados? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Las cejas están levantadas? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Las cejas están contraídas? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Las cejas se acercan? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

Dialogo para identificar disgusto:

D: ¿La nariz está arrugada? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Las mejillas están levantadas? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Los labios están levantados? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿El labio superior está hacia arriba? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿El labio inferior está tirado hacia abajo? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Los labios se muestran ligeramente hacia delante? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Los labios están empujando hacia arriba? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Aparecen líneas debajo de los párpados inferiores? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

D: ¿Las cejas bajas, empujando hacia abajo al párpado superior? Respuesta del profesor.

D: Respuesta del Sistema.

2.4.3 Diagramas de Casos de uso del sistema.

El modelo de casos de uso permitió al desarrollador del sistema y a los clientes que llegaron a un acuerdo sobre las condiciones y posibilidades que debe tener el sistema. Este Diagrama se muestra en la siguiente ilustración.

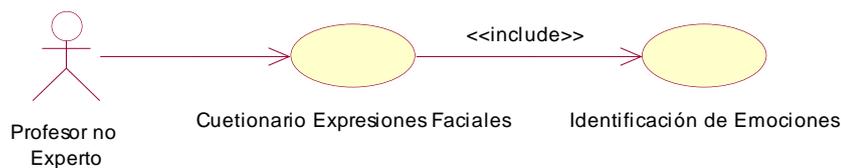


Ilustración 3 Diagrama de casos de uso del sistema.

2.4.4 Descripción del diagrama de casos de uso del sistema.

El modelo de casos de uso consiste en actores y casos de uso. Los actores representan usuarios y otros sistemas que interactúan con el sistema y los casos de uso representan el comportamiento del sistema, los escenarios que el sistema atraviesa en respuesta a un estímulo desde un actor.

Tabla 1 Descripción del caso de uso Identificar Emociones.

Caso de uso:	Identificar Emociones
Actores:	Profesor no experto en Psicología (inicia).
Propósito:	Solicitar ayuda al sistema para identificar las emociones negativas que presentan los estudiantes.
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando un profesor no experto en Psicología. El sistema le realiza preguntas al profesor y tomando las respuestas en consideración, hace la posible identificación. El caso de uso finaliza cuando el sistema logra identificar una emoción o no.
Pre-condiciones:	
Pos-condiciones:	Que el sistema haga una posible identificación.

2.5 Conclusiones.

En el presente capítulo se identificaron los elementos del dominio y los conceptos descriptivos; y las relaciones entre ellos. Fue de gran importancia para la formalizaron la realización del árbol de decisión. En la implementaron se describió el modelo de los diálogos del sistema así como el diagrama de casos de uso del sistema y su descripción.

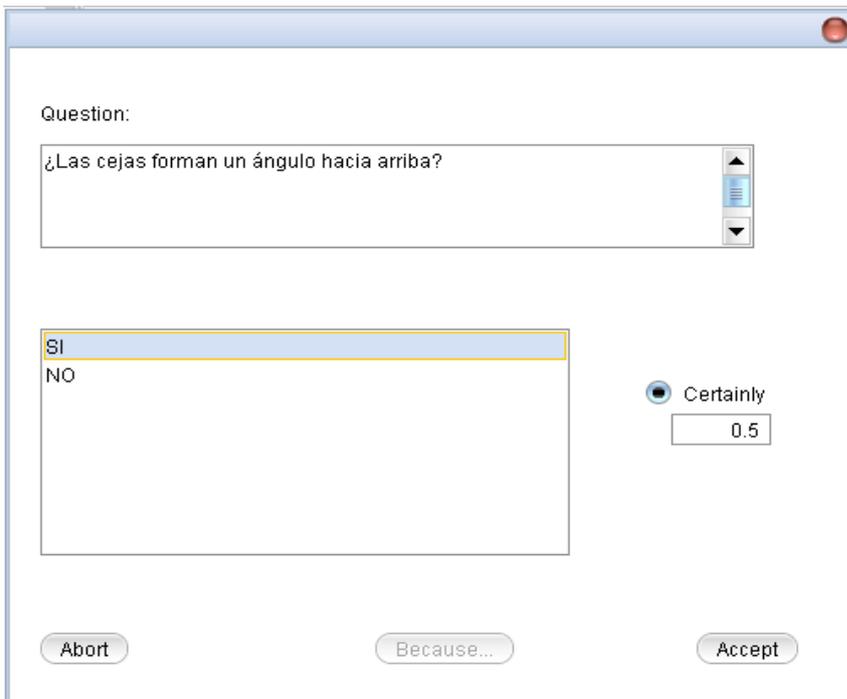
Capítulo III: Descripción del Sistema Experto.

En este capítulo se muestran dos consultas realizadas al sistema donde se muestra como se utiliza. También se hace una breve descripción de como programar en UCShell.

3.1 Consultas realizadas al Sistema Experto.

3.1.1 Consulta realizada al Sistema Experto cuando identifica una emoción.

En esta consulta se muestran todas las preguntas que se realizan para lograr identificar una emoción.



The image shows a graphical user interface window for an expert system. At the top, it says "Question:" followed by a text box containing the question "¿Las cejas forman un ángulo hacia arriba?". To the right of the text box are vertical scroll arrows. Below the question is a list box with two options: "SI" (highlighted) and "NO". To the right of the list box is a radio button labeled "Certainly" which is selected, and a small input field containing the value "0.5". At the bottom of the window are three buttons: "Abort", "Because...", and "Accept".

Ilustración 4 Primera Pregunta para identificar una emoción.

Question:

¿La piel de las cejas forma un triángulo?

SI
NO

Certainly
1

Abort Because... Accept

Detailed description: This is a screenshot of a graphical user interface window titled 'Question:'. It contains a text box with the question '¿La piel de las cejas forma un triángulo?'. Below the text box is a list box with two options: 'SI' and 'NO', with 'SI' selected. To the right of the list box is a radio button labeled 'Certainly' which is selected, and a small input field containing the number '1'. At the bottom of the window are three buttons: 'Abort', 'Because...', and 'Accept'.

Ilustración 5 Segunda Pregunta para identificar una emoción.

Question:

¿Los párpados superiores caen?

SI
NO

Certainly
0.7

Abort Because... Accept

Detailed description: This is a screenshot of a graphical user interface window titled 'Question:'. It contains a text box with the question '¿Los párpados superiores caen?'. Below the text box is a list box with two options: 'SI' and 'NO', with 'SI' selected. To the right of the list box is a radio button labeled 'Certainly' which is selected, and a small input field containing the number '0.7'. At the bottom of the window are three buttons: 'Abort', 'Because...', and 'Accept'.

Ilustración 6 Tercera Pregunta para identificar una emoción.

Question:

¿Los labios se estran de forma horizontal?

SI
NO

Certainly
1

Abort Because... Accept

Detailed description: This is a screenshot of a graphical user interface window. At the top, there is a title bar with a red close button. Below it, the text 'Question:' is followed by a text area containing the question '¿Los labios se estran de forma horizontal?'. To the right of the text area are vertical scroll arrows. Below the question, there is a list box with two options: 'SI' and 'NO'. The 'SI' option is highlighted with a blue background. To the right of the list box, there is a radio button labeled 'Certainly' which is selected, and a small text input field containing the number '1'. At the bottom of the window, there are three buttons: 'Abort', 'Because...', and 'Accept'.

Ilustración 7 Cuarta Pregunta para identificar una emoción.

Question:

¿Las comisuras de la boca se inclinan hacia abajo?

SI
NO

Certainly
0.4

Abort Because... Accept

Detailed description: This is a screenshot of a graphical user interface window, similar to the one above. It has a title bar with a red close button. The text 'Question:' is followed by a text area containing the question '¿Las comisuras de la boca se inclinan hacia abajo?'. To the right of the text area are vertical scroll arrows. Below the question, there is a list box with two options: 'SI' and 'NO'. The 'SI' option is highlighted with a blue background. To the right of the list box, there is a radio button labeled 'Certainly' which is selected, and a small text input field containing the number '0.4'. At the bottom of the window, there are three buttons: 'Abort', 'Because...', and 'Accept'.

Ilustración 8 Quinta Pregunta para identificar una emoción.

Question:

¿El entrecejo se arruga?

SI
NO

Certainly
0.9

Abort Because... Accept

Detailed description: This is a screenshot of a graphical user interface window. At the top, it says 'Question:'. Below that is a text box containing the question '¿El entrecejo se arruga?'. To the right of the text box are vertical scroll arrows. Below the question is a list box with two options: 'SI' and 'NO'. The 'SI' option is highlighted with a blue background. To the right of the list box is a radio button labeled 'Certainly' which is selected, and a small input field containing the number '0.9'. At the bottom of the window are three buttons: 'Abort', 'Because...', and 'Accept'.

Ilustración 9 Sexta Pregunta para identificar una emoción.

Question:

¿Los ángulos interiores de los ojos se inclinan hacia arriba?

SI
NO

Certainly
0.6

Abort Because... Accept

Detailed description: This is a screenshot of a graphical user interface window, similar to the one above. It says 'Question:'. The text box contains the question '¿Los ángulos interiores de los ojos se inclinan hacia arriba?'. Below the question is a list box with two options: 'SI' and 'NO'. The 'SI' option is highlighted. To the right is a radio button labeled 'Certainly' which is selected, and a small input field containing the number '0.6'. At the bottom are three buttons: 'Abort', 'Because...', and 'Accept'.

Ilustración 10 Séptima Pregunta para identificar una emoción.

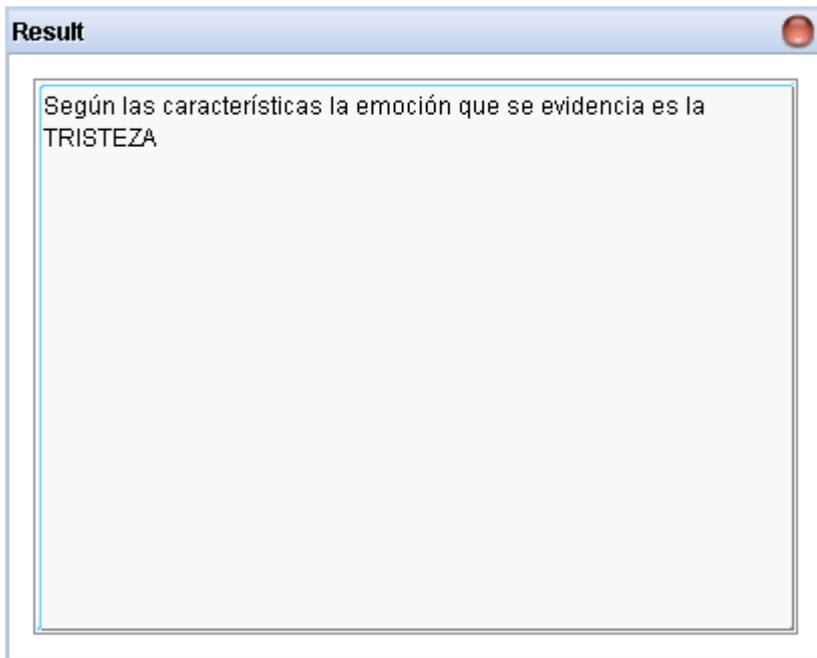


Ilustración 11 Respuesta del Sistema cuando identifica una emoción.

3.1.2 Consulta realizada al Sistema Experto cuando no logra identificar ninguna emoción.

En esta consulta se muestran todas las preguntas realizadas al sistema, el anuncia que no se pudo identificar ninguna emoción.

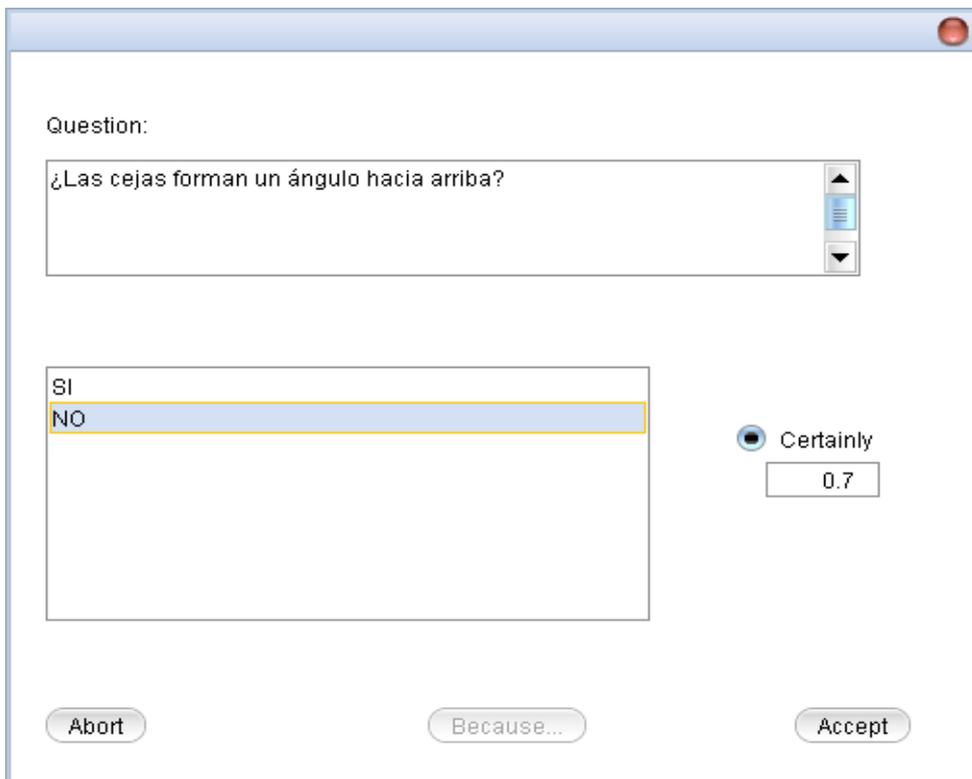


Ilustración 12 Primera Pregunta para identificar una emoción.

Question:

¿Los párpados superiores se elevan al máximo?

SI
NO

Certainly
0.9

Abort Because... Accept

Ilustración 13 Segunda Pregunta para identificar una emoción.

Question:

¿La nariz está arrugada?

SI
NO

Certainly
0.8

Abort Because... Accept

Ilustración 14 Tercera Pregunta para identificar una emoción.

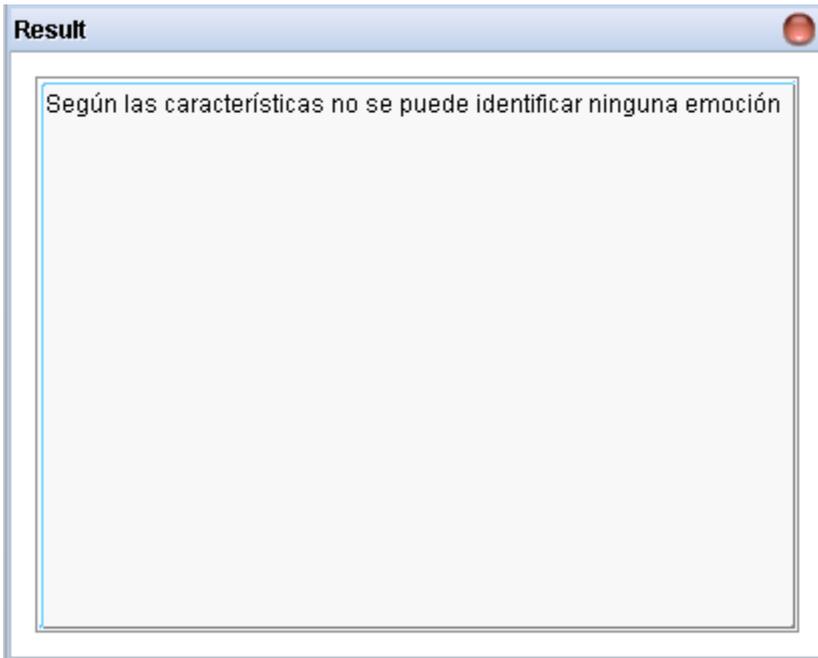


Ilustración 15 Respuesta del Sistema cuando no se identifica ninguna emoción.

3.2 Descripción de UCShell.

3.2.1 Sintaxis de la base de conocimiento.

Una Base de Conocimiento para el sistema UCShell 2.1 está compuesta por cuatro partes, tres son opcionales y una, denominada bloque de acciones, es obligatoria.

La Ilustración 3 muestra un esquema de su sintaxis.

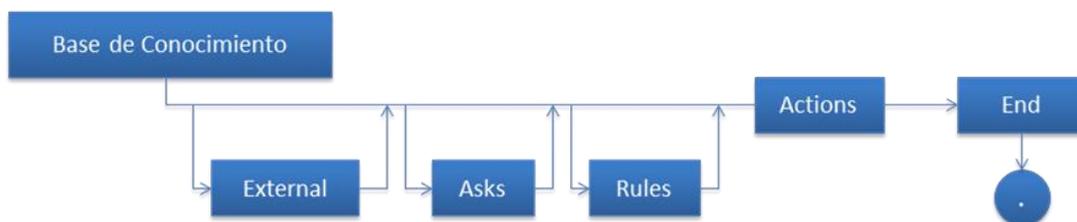


Ilustración 16 Esquema de la Base de Conocimientos

De acuerdo a la Ilustración 3, una base de conocimiento está compuesta por tres módulos opcionales que deben escribirse en el orden mostrado. Estos son:

1. **Bloque de atributos externos.** Se especifica por la palabra reservada **EXTERNAL**.

2. **Bloque de preguntas.** Especificado por la palabra reservada **ASKS**.

3. **Bloque de reglas.** Comienza con la palabra reservada **RULES**.

Adicionalmente existe un cuarto módulo obligatorio y conocido como **Bloque de acciones**, que se define con la palabra reservada **ACTIONS**.

El fin de un bloque se especifica, implícitamente, con el inicio de otro, excepto el bloque de acciones que finaliza con la palabra reservada **END** seguida por un punto lo que constituye, además, el fin de la base de conocimiento.

3.2.1.1 El bloque de atributos externos.

Un atributo se considera declarado implícitamente cuando aparece en una meta cláusula **ASK** del bloque de preguntas o forma parte de la conclusión de una regla.

El bloque de atributos externos, si existe, tiene que ser el primer bloque de una base de conocimientos. El bloque se inicia con la palabra reservada **External** termina con el inicio de otro los bloques admitidos.

El bloque de atributos externos especifica una lista de atributos que se usan en una base dada y no están declarados en ella. Esta facilidad permite enlazar hechos entre diferentes bases.

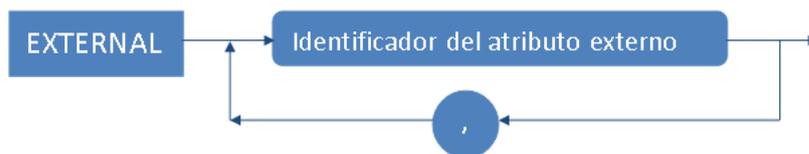


Ilustración 17 Sintaxis del bloque de atributos externos

Los atributos externos son útiles cuando el sistema experto tiene más de una base de conocimiento y el proceso de inferencia se cambia (usando la cláusula **CHAIN**) de una base a otra.

3.2.1.2 El bloque de preguntas.

La palabra reservada **ASKS** inicia el bloque de atributos que se preguntan al usuario del sistema experto y finaliza con la definición del próximo bloque.

Dentro del bloque de preguntas se definen los atributos preguntables, usando la meta cláusula (MS) **ASK**

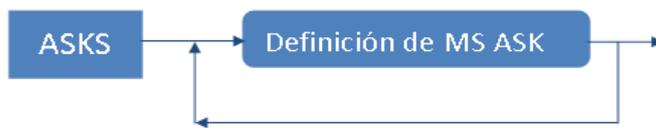


Ilustración 5 Sintaxis del bloque ASKS

3.2.1.3 El bloque de reglas.

El bloque de reglas, como su nombre lo indica, contiene la definición de todas las reglas de una base de conocimientos para UCSHELL y termina con la definición del bloque de acciones.

Declaración de una regla:

UCSHELL usa las reglas de producción como paradigma de representación del conocimiento, la forma general de una regla es:

IF

<conjunto de condiciones>

THEN

<conjunto de conclusiones>

Lo anterior se interpreta como:

Si se cumple **<conjunto de condiciones>** entonces se cumple la conclusión.

La definición de una regla comienza por la palabra reservada RULE y termina con la palabra reservada END seguida de un punto y coma (;).

El elemento **Entero** es un número que identifica a la regla, en caso de que se declaren varias reglas con el mismo número el sistema mostrará que hay un error.

- El elemento **Condición** contiene las condiciones que deben satisfacerse para que la regla se cumpla. El resultado de evaluar esta parte de la regla es booleano (verdadero o falso).

- El elemento **Conclusión** contiene un conjunto de conclusiones y es donde toman valores los atributos deducibles.
- El elemento **Acción** contiene un conjunto de cláusulas que se ejecutan cuando la regla se cumple. Usualmente en las acciones de una regla es donde se muestran los resultados que se alcanzaron durante la inferencia, para lo cual se usa la cláusula **DISPLAY**.
- El elemento **Explicación** permite explicar cómo se llegó a una conclusión. Su sintaxis es la misma que la de la explicación en los ASK.

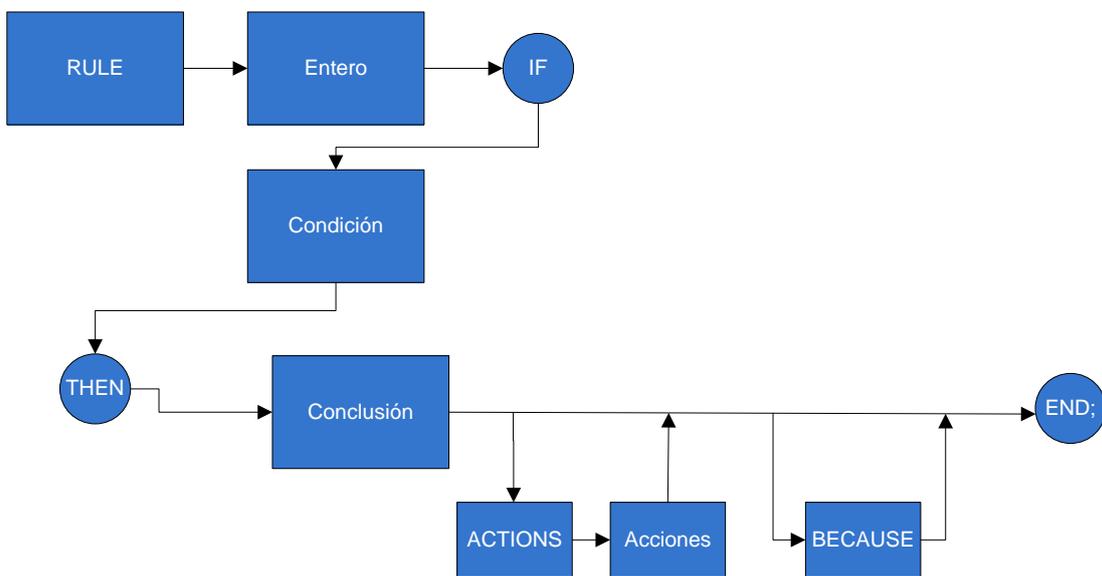


Ilustración 18 Sintaxis de una regla

3.2.1.4 El bloque de acciones principal.

El bloque de acciones principal es el último de los cuatro bloques en que se divide una base de conocimientos para el sistema UCShell y es el único que es obligatorio.

El bloque de acciones principal es similar al bloque de acciones de la regla, la única diferencia es su posición y su carácter de obligatoriedad, ya que mientras el primero es obligatorio y se pone al final de la base de conocimientos, el segundo es opcional y forma parte de algunas reglas.

El bloque de acciones principal se inicia con la palabra reservada ACTIONS y finaliza con la palabra reservada END seguida por un punto (.) lo que constituye, además, el fin de la base de conocimientos.

Típicamente el bloque de acciones principal contiene alguna de las órdenes que provocan el inicio del proceso de inferencia (FIND, FINDFORWARD, FINDALL), esas órdenes pueden actuar sobre cualquier categoría de atributo (preguntable, deducible o hecho) pero lo usual es que se den sobre atributos deducibles.

También es típico que en el bloque de acciones se tenga algún ciclo para hacer que el sistema interactúe con el usuario preguntándole si desea o no hacer una nueva consulta y en ese caso se usa la cláusula RESET para iniciar un nuevo proceso de inferencia garantizando que los valores de una inferencia anterior no se tomen en cuenta en la actual.

3.2.2 Manipulación de la incertidumbre.

La manipulación del conocimiento y los datos inciertos, inseguros e inexactos es típica de los SE. El mecanismo para manipular la incertidumbre constituye una parte sustancial de la máquina de inferencia.

La incertidumbre se puede expresar por: pesos, medidas, grados de confianza, factores de creencia, probabilidades subjetivas, etc. Estas medidas, están representadas en el sistema UCShell por valores reales en el intervalo (0,1].

La incertidumbre sobre el grado de veracidad de los resultados alcanzados por un sistema experto proviene de dos fuentes fundamentales:

- Imprecisión en el valor de los atributos que sirven como hechos iniciales. La interfaz de UCShell ofrece la posibilidad de asignarle a los hechos un valor de certidumbre dado.
- Existencia de reglas débiles debido a que el experto o constructor del modelo es incapaz de establecer una correlación fuerte entre la condición y la conclusión de la regla, lo cual hace que la implicación no sea categórica y permita la posibilidad de excepciones a la regla.

```
RULE 1
  IF A = 10 CNF 0.98
  THEN C := 19
END;
```

Ilustración 19 Regla débil

La ilustración muestra la forma en que se escribe una regla débil. La regla expresa que **C** es igual a **19** cuando se tiene la certeza (**CNF**) **0.98** de que el valor de **A** es igual a **10**.

La declaración de implicaciones débiles permite que el Ingeniero de Conocimiento declare reglas débiles definiendo el valor de correlación entre la condición y la conclusión de la regla.

Las generalizaciones de conjunciones y disyunciones juegan un papel vital en el manejo de la incertidumbre en los SE; ellas se usan en la evaluación de la satisfacción de las condiciones, en la propagación de la incertidumbre a través del encadenamiento de las reglas y en la consolidación de la misma conclusión derivada de diferentes reglas.

El mecanismo de manipulación de la incertidumbre en los Sistemas Expertos básicamente tiene que responder a estas preguntas:

- Cuando una condición está compuesta por múltiples cláusulas X_1, X_2, \dots, X_n , ¿Cuál es la función $T(X_1, X_2, \dots, X_n)$ que determina el grado de certeza X_p de la condición?
- Cuando una implicación no es totalmente cierta, o sea, tiene una certeza S_r ¿Cuál es la función $G(X_p, S_r)$ que propaga la incertidumbre a través de la regla?

Las causas de la incertidumbre pueden ser variables. El sistema UCShell da la posibilidad de definir la incertidumbre a los actores que usan el sistema de la siguiente manera:

Usuario: Cuando le da valor a un atributo preguntable.

Ingeniero del Conocimiento: Cuando escribe la regla y la hace débil.

El valor de certidumbre 1, rango real (0, 1], indica certeza total de la validés de algo. El factor de certidumbre (FC) de las expresiones se calcula de la siguiente forma:

- ❖ Para las condiciones que se escriben en la forma **A <operardor> B**, donde **operador** se refiere a los operadores binarios que permite la gramática de UCShell diferentes de AND y OR: $FC(A \text{ <operardor> } B) = \min(FC(A), FC(B))$.
- ❖ Para las condiciones escrita como **NOT(A)**: $FC(NOT A) = 1 - FC(A)$.
- ❖ Para las condiciones unidas por la conectiva **AND**: $FC(A \text{ and } B) = \min(FC(A), FC(B))$.
- ❖ Para las condiciones unidas por la conectiva **OR**: $FC(A \text{ or } B) = \max(FC(A), FC(B))$.
- ❖ Para calcular el factor de certidumbre de la conclusión de una regla con la forma

IF A THEN B CNF v: $FC(B) = FC(A) * v$, siendo v FC de la regla.

3.2.3 Operadores aritméticos.

Aunque la herramienta UCShell es un entorno para el desarrollo, puesta a punto y explotación de sistemas expertos y, como es natural, no posee fuertes herramientas matemáticas; dispone de un conjunto de operadores aritméticos básicos que permiten evaluar expresiones simples.

La tabla 1, muestra los operadores aritméticos de UCShell, combinándolos de forma apropiada se pueden formar las expresiones matemáticas que se necesitan en estos sistemas. EL nivel de precedencia de los operadores está de acuerdo al orden en que aparecen en la tabla y se pueden usar paréntesis para alterar ese orden.

Tabla 1 Operadores reconocidos por UCShell			
Operador	Operación	Tipo	Ejemplo
!	Factorial	Unario	6!

^	Potenciación	Binario	6^2
*	Multiplicación	Binario	Peso * Altura
-	Menos unario	Unario	-7
/	División	Binario	Tamaño /2
%	Resto de la división	Binario	54 % 3
Div	División entera	Binario	56 Div 7
-	Resta	Binario	6-7
+	Suma	Binario	8+5

Tabla 2 Operadores reconocidos por UCShell

Existen tres reglas básicas de precedencia:

- Si dos operadores tienen diferente prioridad se ejecutará primero el de mayor prioridad.
- Si dos operadores tienen igual prioridad se ejecutará primero el de la izquierda.
- Las expresiones entre paréntesis tienen la máxima prioridad y se ejecutarán primero que cualquier operador simple.

El compilador, en tiempo de ejecución, reduce los operadores eliminando los cálculos innecesarios.

3.2.4 Funciones matemáticas

Para reforzar el trabajo matemático, el sistema también ofrece un conjunto de funciones matemáticas de gran uso. La tabla 2 muestra las funciones del sistema UCShell.

Tabla 2 Funciones matemáticas de UCShell			
Función	Operación	Entrada	Salida
COS	Coseno	Numérica	Real (Radianes)

ACOS	Arco coseno	Numérica	Real (Radianes)
COSH	Coseno hiperbólico	Numérica	Real (Radianes)
SIN	Seno	Numérica	Real (Radianes)
ASIN	Arco seno	Numérica	Real (Radianes)
SINH	Seno hiperbólico	Numérica	Real (Radianes)
TAN	Tangente	Numérica	Real (Radianes)
ATAN	Arco tangente	Numérica	Real (Radianes)
TANH	Tangente hiperbólica	Numérica	Real (Radianes)
LN	Logaritmo neperiano	Numérica	Numérica
LOG	Logaritmo natural	Numérica	Numérica
SQR	Potencia de 2	Numérica	Numérica
SQRT	Raíz cuadrada	Numérica	Numérica
EXP	Exponencial	Numérica	Numérica
ABS	Módulo (valor absoluto)	Numérica	Numérica
SIN	Seno	Numérica	Real (Radianes)
ASIN	Arco seno	Numérica	Real (Radianes)

Tabla 3 Funciones matemáticas de UCShell

3.2.5 Definición de imagen

La palabra reservada **IMAGE**, se utiliza para especificar el camino de búsqueda de un archivo (incluye el archivo) que contiene la imagen que se desea mostrar como parte de la interfaz del usuario.



Ilustración 20 Sintaxis de Imagen.

Se puede utilizar esta facilidad para mostrar preguntas con imágenes, elementos de un dominio con imágenes asociadas, o para mostrar una imagen mediante la sentencia Display.

3.2.6 Definición de Video

La palabra reservada **VIDEO**, se usa para especificar el camino de búsqueda de un archivo (incluye el archivo) que contiene la imagen que se desea mostrar como parte de la interfaz del usuario. No está implementada actualmente en el IDE pero sí está incluida en la gramática y en la biblioteca UCShell Library 2.0. Para trabajar con video a partir de esta última, solo hay que implementar los métodos definidos en las interfaces Display y QuestionMaker para estas funciones. En IDE en la versión actual, las reconoce, pero no ejecuta ninguna acción cuando encuentra un video.



Ilustración 21 Sintaxis de Video.

(Lezcano Brito, Fundora Fernández, & Salazar Acosta, Desarrollando Sistemas Expertos con UCShell 2.1, 2012)

3.3 Conclusiones

En este capítulo se muestran las consultas realizadas al Sistema Experto además se brinda una breve descripción de cómo programar en UCShell.

Conclusiones:

Con la realización de la presente investigación se arribaron a las siguientes conclusiones:

1. Se evidenció a través del análisis bibliográfico que, la Inteligencia Artificial y particularmente los Sistemas Expertos constituyen herramientas pertinentes para el tratamiento de las emociones negativas.
2. Se seleccionó la metodología del Dr. Mateo Lezcano (Lezcano Brito, 1995) para la construcción del Sistema Experto y de forma complementaria el Lenguaje Unificado del Modelo.
3. Se implementó un Sistema Experto, utilizando como herramienta para desarrollar la base de conocimiento y la interfaz visual UCShell.

Recomendaciones:

Al concluir esta investigación se hacen las siguientes recomendaciones:

- ❖ Incorporarle a las reglas planteadas en la base de conocimiento el grado de certeza asociado a ellas.
- ❖ Incorporar nuevo conocimiento al sistema experto de modo que pueda identificar otras emociones.

Bibliografía:

- Brusilovsky, P. (1996.). *Methods and techniques of adaptive hipermedia*”, en *User Modeling and User Adapted Interaction*. Vol. 6, no. 2-3, p. 87-129. .
- Causa , E., & Sosa, A. (2007). *La Computación Afectiva y el Arte Interactivo*.
- Cortese, A., Cestau Liz, D., & Gaynor Butterfield, E. (s.f.). *Inteligencia Emocional*. Recuperado el 21 de abril de 2014, de Inteligencia Emocional: www.inteligencia-emocional.org
- Hernández Cuan, J. (2012). *Sistema Experto para contribuir a un mejor aprendizaje de la Ortografía*. Sancti Spíritus.
- Okamoto , T., Cristea, A. I., & Kayama , M. (2000). *Towards Intelligent Media-Oriented Distance Learning and Education Environments*.*Proceedings of ICCE2000*.
- EcuRed*. (2010). Recuperado el 7 de noviembre de 2013, de www.ecured.cu
- Autismo Diario*. (8 de julio de 2013). Recuperado el 3 de noviembre de 2013, de Autismo Diario.
- Averill, J. (1986). *The acquisition of emotion during adulthood*.
- Balleste Ventura, M. (12 de diciembre de 2012). *Código PSI. Descubre qué es la Psicología*. Recuperado el 19 de junio de 2013, de Código PSI. Descubre qué es la Psicología.
- Bello Pérez, R. (1998). *Métodos de Solución de Problemas para la Inteligencia Artificial*.
- Benyon , D. (1994). *“Accommodating Individual Differences through an Adaptative User Interface” Presented by Alison Nichols*.
- Carlos Soto, M. (s.f.). *Sistema Experto*.
- Carlos Soto, M. (s.f.). *Sistema experto de diagnóstico médico del síndrome de Guillian Barre*.
- Deagostini , A., & Cormenzana , F. (2008). *Interfaces de Usuario Inteligentes: Sistemas Adaptativos*.*Curso: Interacción humano-computador y diseño de interfaces*.
- Ekman, P., & Friesen. (1969). *The repertoire of non-verbal behaviour: categories, origins, usage and coding*.
- García Lorenzo, M. M., Bello Pérez, R., Diaz Sardiñaz, A., & Reinoso Lobato, A. (s.f.). *Redes Neuronales Artificiales*.
- Gardner, H. (1988). *La nueva ciencia de la mente, historia de la revolución cognitiva*. Barcelona: Paidós.
- González , D., & Ebensperger, G. (30 de marzo de 2013).

- Haugeland, J. (1988). *La Inteligencia Artificial*. México: Siglo XXI.
- Kemper, T. (1984). *Power Status and Emotions: A Sociological Contribution to a Psychophysiological Domain*. Approaches to Emotions.
- Lazarus, R. S., & Lazarus, B. N. (2000). *Pasión y Razón*. Barcelona: Paidós.
- Lezcano Brito, M. (1995). *Prolog y los Sistemas Expertos*.
- Lezcano Brito, M., & Valdés Prado, V. G. (1998). *Algunas experiencias en la utilización de sistemas de EAC para la enseñanza de la Inteligencia Artificial*. Santa Clara.
- Lezcano Brito, M., Fundora Fernández, L., & Salazar Acosta, I. (2012). *Desarrollando Sistemas Expertos con UCSHELL 2.1*. Santa Clara.
- López Rendón, L. (2011). *Sistema Experto para contribuir a desarrollar habilidades para Aprender a Aprender (SEPAA)*. Sancti Spíritus.
- Martín Roque, M. (2010). *Sistema Experto para la clasificación temprana de Dengue Severo en el Instituto Pedro Kourí (IPK) de Ciudad de la Habana*. Sancti Spíritus.
- Mora Mérida, J. A., & Martín, M. L. (2010). Análisis comparativo de los principales paradigmas en el estudio de la emoción humana. *Revista Electrónica de Motivación y Emoción (REME)*.
- Peña, A., & Gutiérrez, F. (2004). *Propuesta conceptual para un sistema adaptativo de educación basada en Web*. 8vo Congreso Nacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas. México.
- Picard, R. (2000). *Affective Computing*. USA: MIT Press.
- Popkin. (2005). *Software and System*. Recuperado el 30 de octubre de 2013, de <http://es.tldp.org/tutoriales/doc-modelado-sistemas-UML-multiple-html/c124.html>
- Ratner, C. (2000). *A Cultural-Psychological Analysis of Emotions*.
- Ríos Rodríguez, L. R. (s.f.). *Del gesto a las tecnologías de la información y las comunicaciones. Historia y evolución de los medios de enseñanza*. editorial academia española.
- Sarrió, C. (17 de octubre de 2013). *El mundo de la gente que piensan*. Recuperado el 12 de noviembre de 2013, de El mundo de la gente que piensan.
- Stevens. (1984). *Artificial Intelligence. The Search for the Perfect Machine*. New York: Hayden Book Company.
- Ximenez, A. (18 de julio de 2012). *Emospeech, el software de reconocimiento de las emociones de la voz*. Recuperado el 3 de abril de 2014, de Emospeech, el software de reconocimiento de las emociones de la voz.
- Zajonc, R. (1984). *the interaction of affect and cognition*. Approaches to Emotions.