

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 1



**Trabajo de Diploma para optar por el título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas.**

**Título: Base de Conocimiento para inferir el
comportamiento de las pruebas de liberación en el
Laboratorio Industrial de Pruebas de Software.**

Autor: Yenier Fernando Moreno Carrillo.

Tutor: Ing. Heney Díaz Pérez.

Co-Tutor: Ing. Javier Heredia Ruiz.

Consultante: Lic. Daira Pérez Serrano.

La Habana, junio del 2011

“Año 53 de la Revolución”

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro que soy el único autor de la presente tesis y reconozco a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Yenier Fernando Moreno Carrillo

Heney Díaz Pérez

Firma del Autor

Firma del Tutor

AGRADECIMIENTOS

Sin la colaboración de muchas personas no hubiese sido posible la realización de este trabajo.

Mis más sinceros agradecimientos a:

Heney Díaz Pérez por su amistad, paciencia y dedicación.

Daira Pérez Serrano por su sincera amistad y por guiarme metodológicamente en la realización de este trabajo.

Javier Heredia Ruiz por apoyarme en todo, por estar siempre en los buenos y malos momentos.

A los especialistas del LIPS por ayudarme y colaborar con la realización de este trabajo.

A mi familia por estar siempre a mi lado, en especial a mis padres, abuelos, hermanas y hermano.

A todos mis compañeros de la Universidad.

DEDICATORIA

Dedico especialmente este trabajo de diploma a mis padres, abuelos y hermanos por estar siempre conmigo y apoyarme, por su amor incondicional y confianza, por sus consejos y su ejemplo, por guiarme por el buen camino para ser de mí una mejor persona y un buen profesional.

RESUMEN

A raíz de la puesta en funcionamiento del Laboratorio Industrial de Pruebas de Software (LIPS) en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), se ha observado que el tiempo de ejecución de las pruebas sobrepasa al tiempo pactado entre las partes involucradas, entre los factores que dan al traste con esta situación, se encuentra la pobre disponibilidad de recursos, demoras en los tiempos de respuestas y falta de mecanismos para estimar o inferir el tiempo de la duración de las pruebas que se les realizan a los productos de software.

El presente trabajo de diploma abarca el desarrollo de una base de conocimiento que permita inferir el comportamiento de las pruebas de liberación en el LIPS. Para ello se describe el método Ingeniería del conocimiento, para la adquisición y representación del mismo; la técnica Razonamiento Basado en Casos (RBC), como la forma de representar el conocimiento en la base de conocimiento y la herramienta SI-Holmes que permite estructurar y crear la base de conocimiento que se propone en la investigación.

Una vez desarrollada la base de conocimiento propuesta se procede a su validación haciendo uso del método Delphi, basado en el criterio de especialistas, a través del cual se obtuvieron resultados positivos. El trabajo respalda que el desarrollo de la base de conocimiento traerá aparejado una mejor planificación y toma de decisión en cuanto a la ejecución de las pruebas de liberación.

Palabras Clave: Base de Conocimiento, Ingeniería del Conocimiento, Inteligencia Artificial, Pruebas de Liberación, Razonamiento Basado en Casos, Sistema Experto.

Índice.

Introducción.	1
Capítulo I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.	5
1.1 Inteligencia Artificial.....	5
1.2 Sistema Experto.	6
1.3 El por qué de los Sistemas Expertos.....	7
1.4 Arquitectura de un Sistema Experto.	8
1.5 Base de Conocimiento.....	10
1.6 Tipos de Sistemas Expertos.	14
1.7 El Razonamiento Basados en Casos.	16
1.7.1 Fundamentos del RBC.....	18
1.7.2 El ciclo del RBC.	19
1.7.3 Análisis crítico del RBC.....	20
1.8 Ejemplos de Sistemas Expertos.....	22
Capítulo II: INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO.	26
2.1 Procedimiento de prueba de liberación en el LIPS.	26
2.1.1 Iteración de pruebas.....	27
2.2 Selección del experto humano.	29
2.3 Adquisición del conocimiento.....	30
2.3.1 Métodos de Adquisición del conocimiento.	30
2.3.2 Materiales generados.....	31
2.3.3 Resultados obtenidos.	32

2.3.4 Verificación de la información.	41
2.4 Representación del conocimiento.	44
2.4.1 Red semántica de la base de conocimiento.....	45
2.4.2 Implementación de la Base de Conocimiento.	47
Capítulo III: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.	52
3.1 Método Delphi.	52
3.2 Validación por el método Delphi.	52
3.2.1 Selección de los especialistas.....	53
3.2.3 Cálculo de concordancia entre los especialistas.	56
3.2.4 Desarrollo práctico y explotación de los resultados.....	58
3.3 Aplicación de la base de conocimiento.	61
Conclusiones.....	66
Recomendaciones.....	67
Referencias Bibliográficas.	68
Bibliografía.	72

Introducción.

En la actualidad, las compañías de todo el mundo, reconocen que la calidad del producto se traduce en ahorro de costos y en una mejora general. La industria de desarrollo de software no es la excepción, por lo que en los últimos años se han realizado intensos trabajos para aplicar los conceptos de calidad en el ámbito del software.

La Real Academia Española define calidad como: “Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa, que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su especie” [1]. Por su parte la organización ISO define calidad del software como: “Conjunto de características de una entidad, que le confiere su aptitud para satisfacer las necesidades expresadas y las implícitas” [2].

La producción de software con la calidad adecuada, es una actividad que llama la atención de todos los implicados. Desde el cliente hasta el proveedor, todos se preocupan por la garantía de un producto final, que cumpla con los índices más elementales de calidad. En nuestro país, con el eminente desarrollo de la industria nacional de software, impulsada por diferentes entidades del país entre ellas el Ministerio de Informática y Comunicaciones (MIC), el cual cuenta con prestigiosas instituciones entre las que se encuentra la UCI, en ella constantemente se contraen acuerdos con clientes nacionales e internacionales, que merecen un esfuerzo orientado a lograr un producto con alta calidad, en función de obtener y mantener un lugar decoroso, amén de la fuerte competencia mundial que existe en este sector.

Para contribuir al crecimiento continuo de la producción de software con calidad, surge el Centro de Calidad para Soluciones Informáticas (CALISOFT), con la misión de contribuir al desarrollo de la Industria Cubana de Software, facilitando la implementación de las mejores prácticas en el proceso de desarrollo y/o mantenimiento de software; responsable de la verificación y validación de productos, procesos y organizaciones según normas nacionales e internacionales. [3]

Con el objetivo de entregar al cliente una solución informática a la altura de lo esperado, los entregables obtenidos son sometidos a un conjunto de pruebas durante todo su desarrollo, por lo que se creó un laboratorio de pruebas. Dicho laboratorio hoy forma parte del Departamento de Pruebas de Software, que tiene adscritos un grupo de trabajo de Ingeniería de Pruebas y un LIPS, encargándose de realizar pruebas de liberación a productos entregables, de proyectos nacionales y/o de exportación.

Desde la puesta en marcha del laboratorio de pruebas, se ha observado que el tiempo de ejecución de las mismas sobrepasa, en la mayoría de los casos, al tiempo planificado y pactado entre las partes involucradas. Muchos son los factores que dan al traste con esta situación y que provocan fuertes retrasos de los compromisos de entrega de los productos de software a los clientes. Entre estos factores se pueden señalar, el hecho de que los probadores y hasta los desarrolladores, en muchos casos, son estudiantes de pregrado, la demora en los tiempos de respuesta del equipo de desarrollo y la pobre disponibilidad de recursos.

Para darle solución a este problema se creó un método de estimación, con el objetivo de lograr obtener estimaciones reales del tiempo y esfuerzo de dichas pruebas. Este método es meramente estadístico, que solo realiza análisis cuantitativo y cualitativo sobre las condiciones reales de las pruebas, sin estudiar comportamientos, tendencias, ni errores de las pruebas realizadas. A la hora de su puesta en funcionamiento, sus datos estimados no se corresponden con los datos reales una vez terminada la prueba, por lo que todavía no se obtienen estimaciones óptimas que estén cerca de la realidad.

Todo esto trae como consecuencia la necesidad del uso de una herramienta, que a partir del comportamiento histórico se pueda inferir el comportamiento futuro de las pruebas, pero para ello se necesita de una estructura de datos que permita almacenar los conocimientos generados de las pruebas de liberación, para posteriormente realizar inferencia.

Por esta razón surge como **problema científico**: ¿Cómo inferir, a partir de un sistema experto, el comportamiento de las pruebas de liberación en el LIPS?

Teniendo en cuenta el problema descrito anteriormente, la investigación se plantea como **objeto de estudio**: El proceso de desarrollo de las bases de conocimiento en los sistemas expertos, y como **campo de acción**: El proceso de desarrollo de las bases de conocimiento en los sistemas expertos en el LIPS.

Como **objetivo general** de la investigación se plantea desarrollar una base de conocimiento que permita inferir el comportamiento de las pruebas de liberación en el LIPS.

De este objetivo general se derivan los siguientes **objetivos específicos**:

1. Identificar los fundamentos de los sistemas expertos, las bases de conocimiento y del RBC.

2. Analizar los rasgos que intervienen en el proceso de pruebas de liberación en el LIPS.
3. Adquirir el conocimiento de los expertos humanos para identificar elementos primordiales del proceso de ejecución de las pruebas de liberación en el LIPS.
4. Representar el conocimiento adquirido con el apoyo de la herramienta y la técnica seleccionada.
5. Validar la base de conocimiento para inferir el comportamiento de las pruebas de liberación en el LIPS.

Para darle solución al problema planteado y dar cumplimiento a los objetivos se trazaron las siguientes **tareas de investigación:**

1. Realización de estudios bibliográficos y fundamentación de los sistemas expertos, las bases de conocimiento y del RBC.
2. Identificación del proceso de pruebas de liberación del LIPS.
3. Realización y fundamentación del estudio sobre los rasgos que intervienen en la ejecución de las pruebas de liberación en el LIPS.
4. Realización de entrevista a expertos relacionados con el tema en cuestión.
5. Análisis de la información obtenida.
6. Desarrollo de una base de conocimiento para inferir el comportamiento de las pruebas del LIPS.
7. Aplicación de la base de conocimiento para inferir el comportamiento de las pruebas en el LIPS.
8. Aplicación del método Delphi para validar la base de conocimiento propuesta.

Como **Idea a defender** se plantea que con el desarrollo de una base de conocimiento, se podría lograr inferir el comportamiento de las pruebas de liberación en el LIPS, permitiendo una mejor planificación y toma de decisión.

El trabajo de diploma está estructurado en tres capítulos y acápite correspondientes.

En el **Capítulo 1. Fundamentación Teórica** se trata lo concerniente a la fundamentación teórica y estudio del arte de los Sistemas Expertos: definición, características generales, componentes, razones para su utilización, tipos de Sistemas Expertos, así como, un estudio de los Sistemas Expertos a nivel internacional y nacional. Se trata los fundamentos del RBC, así como su origen, evolución y ciclo de desarrollo.

En el **Capítulo 2. Ingeniería del Conocimiento** se aborda el tema del procedimiento de Pruebas de Liberación principalmente en el LIPS y su iteración de pruebas, se trata lo referente al proceso de extracción de la información de los expertos humanos y de estructurar la base de conocimiento propuesta en la investigación.

En el **Capítulo 3. Validación de la Solución Propuesta** se expone la validación de la base de conocimiento propuesta en esta investigación haciendo uso del método Delphi.

Métodos teóricos:

Inductivo–Deductivo: Con este método se logrará llegar a un grupo de formas de razonamientos o sea hipótesis de cómo dar solución a la problemática que dio origen a la investigación, para ello se necesitará la ayuda de múltiples especialistas del LIPS, que permitan llegar a una generalización de los elementos esenciales de la ejecución de las pruebas de liberación.

Métodos empíricos:

Entrevistas: a diferentes especialistas del laboratorio de pruebas, que jugaron el papel de expertos humanos, para definir cuáles eran los principales rasgos que interviene en la realización de las pruebas de liberación en el LIPS, así como las opiniones y propuestas de los mismos.

Observación: para realizar un registro visual de lo que ocurre en el entorno del problema y aportar nuevos elementos que puedan ser de interés científico.

Técnica de Validación: para realizar la validación de la base de conocimiento usando el método Delphi, basado en el criterio de especialistas.

Capítulo I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

1.1 Inteligencia Artificial.

Anteriormente, se creía que algunos problemas como la demostración de teoremas, el reconocimiento de la voz y el de patrones, ciertos juegos (como el ajedrez o las damas), y sistemas altamente complejos de tipo determinista o estocástico, debían ser resueltos por personas, dado que su formulación y resolución requiere ciertas habilidades que sólo se encuentran en los seres humanos (por ejemplo, la habilidad de pensar, observar, memorizar, aprender, ver, oler, etc.). Sin embargo, el trabajo realizado en las tres últimas décadas por investigadores procedentes de varios campos, muestra que muchos de estos problemas pueden ser formulados y resueltos por máquinas.

El amplio campo que se conoce como inteligencia artificial (IA) trata de estos problemas, que en un principio parecían imposibles, intratables y difíciles de formular utilizando ordenadores. [4]

Desde hace varias décadas el término IA ha generado muchas polémicas, pero la mayoría de los autores coinciden en que es, en esencia, lograr que una máquina tenga inteligencia propia, es decir: “La inteligencia artificial es una de las áreas más fascinantes y con más retos de las ciencias de la computación, ya que ha tomado a la inteligencia como la característica universalmente aceptada para diferenciar a los humanos de otras criaturas, ya sean vivas o inanimadas, para construir programas o computadoras inteligentes.” [5]

Esta es una de las definiciones más completas que ilustra este término, pero no es la única, para otros autores, según Elaim Reich la IA es el estudio de cómo hacer que los ordenadores hagan cosas que, en estos momentos, hace mejor el hombre. [6] Para otros, la IA es una ciencia que intenta la creación de programas para máquinas que imiten el comportamiento y la comprensión humana, que sea capaz de aprender, reconocer y pensar. [7]

Cualquiera que fuese el concepto dado, la IA está orientada a conseguir que las máquinas realicen trabajos donde se aplique la inteligencia, el razonamiento y el conocimiento de un ser humano.

La IA posee técnicas que han sido explotadas en la solución de problemas de ayuda a la toma de decisiones, en el diagnóstico y tratamiento de pacientes por sus potencialidades. Mediante estas técnicas

lo que se pretende es emular la capacidad del ser humano al enfrentarse a una toma de decisión, imitando tanto su aprendizaje como la manera de llegar a una decisión basándose en sus conocimientos; características que son las bases para el diagnóstico y el tratamiento. Para cumplir con estos objetivos la IA hace uso de sus propias ramas, dentro de las cuales se pueden destacar los Sistemas Basados en el Conocimiento (SBC).

Un **Sistema Basado en el Conocimiento** es aquel en el que aparece representado el conocimiento de un dominio determinado, de tal forma que dicha representación sea procesable por un programa informático. Un SBC al que se le incorpora conocimiento proveniente de expertos en un dominio se le conoce como Sistema Experto. [8]

Los términos **Sistema Experto**, **SBC**, o **Sistema Experto Basado en Conocimiento**, se usan como sinónimos. [9] La mayoría utiliza el término sistema experto porque es más corto, en esta investigación el autor prefiere utilizar el término sistema experto.

1.2 Sistema Experto.

En la literatura existente se pueden encontrar muchas definiciones de Sistemas Expertos, por ejemplo:

Los sistemas expertos son programas de computación, que capturan el conocimiento de un experto y tratan de imitar su proceso de razonamiento cuando resuelven los problemas en un determinado dominio. [10]

Según Turban y Aronson, un sistema experto es un sistema que utiliza conocimiento humano capturado en una computadora, para resolver problemas que ordinariamente requieren el expertise humano.[11]

Se puede entender a un Sistema Experto como una rama de la Inteligencia Artificial. [12]

Un sistema experto es un sistema informático que incorpora en forma operativa el conocimiento de una persona experimentada, de tal manera que es capaz tanto de responder como de explicar y justificar sus respuestas. [13]

Como tal, un sistema experto debería estar preparado para procesar y memorizar información, aprender e inferir en situaciones deterministas e inciertas, comunicarse con los hombres y/u otros sistemas expertos,

tomar decisiones adecuadas, y revelar por qué se han tomado tales decisiones. Se puede pensar también en un sistema experto como un consejero o asesor que puede proveer ayuda a (o en algunos casos sustituir completamente) los expertos humanos con un nivel razonable de fiabilidad. [14]

En otras palabras se puede llegar a la conclusión que un sistema experto es un sistema informático que imita el conocimiento de expertos humanos en la solución de un problema determinado en un campo o área específica.

1.3 El por qué de los Sistemas Expertos.

Los sistemas expertos son generalmente costosos, pero el mantenimiento y el precio de su uso repetido es respectivamente bajo. Por otra parte, los ingresos en términos monetarios, tiempo, y exactitudes resultantes del uso de sistemas expertos son considerablemente altos. Sin embargo, antes de desarrollar o adquirir un sistema experto se debe efectuar un análisis de las posibilidades que el sistema va a brindar y de coste-beneficio. Hay varias razones para utilizar sistemas expertos, las más significativas son:

1. Con la ayuda de un sistema experto, una persona con poca experiencia puede solucionar problemas que requieren conocimiento de expertos. Esto es también importante en casos en los que hay pocos expertos humanos. Además, con el uso de sistemas expertos el número de personas con acceso al conocimiento aumenta.
2. Con la combinación de los conocimientos de varios expertos humanos, puede dar lugar a sistemas expertos más seguros, ya que se obtiene un sistema experto que combina el conocimiento colectivo de varios expertos humanos en lugar de la de uno solo.
3. Los sistemas expertos pueden responder a preguntas y resolver problemas con mucha más rapidez que un experto humano. Por ello, los sistemas son muy valiosos en casos en los que el tiempo de respuesta es escaso.
4. En algunos casos, la complejidad del problema impide al experto humano resolverlo. Debido a la capacidad de los ordenadores de procesar un elevadísimo número de operaciones a gran velocidad, los sistemas expertos suministran respuestas rápidas y fiables en situaciones en las que los expertos humanos no pueden.

5. Los sistemas expertos pueden ser utilizados para realizar operaciones monótonas, aburridas e incómodas para los humanos.

Según Castillo et al. (1996) y González-Andujar y Recio-Aguado (1997), el uso de los sistemas expertos se recomienda especialmente en las situaciones siguientes:

- ✓ Cuando el conocimiento es difícil de adquirir o se basa en reglas que sólo pueden ser aprendidas de la experiencia.
- ✓ Cuando la mejora continua del conocimiento es esencial y/o cuando el problema está sujeto a reglas o códigos cambiantes.
- ✓ Cuando los expertos humanos son caros o difíciles de encontrar.
- ✓ Cuando el conocimiento de los usuarios sobre el tema es limitado.[15]

1.4 Arquitectura de un Sistema Experto.

La arquitectura de un Sistema Experto, está compuesta de forma básica por las siguientes partes o módulos: una base de conocimiento, una base de hechos, la interfaz de usuario, el módulo de explicaciones, el módulo de adquisición del conocimiento y un mecanismo o motor de inferencia. A continuación se enuncian descripciones más detalladas de cada una de las partes antes mencionadas.

Base de Conocimiento.

Es una estructura de datos en donde se almacena el conocimiento especializado para que pueda ser utilizado en la toma de decisiones por el Sistema Experto. Contiene el conocimiento del tema, generalmente proporcionado por un experto en cuestión, convenientemente formalizado y estructurado.

Interfaz de usuario.

Se denomina además, como Sistema de Consulta. Es el que dirige el diálogo entre el usuario y el sistema. Su objetivo es el de permitir un diálogo en un lenguaje casi natural con la máquina. Además, este módulo traduce el español (o cualquier otra lengua) al lenguaje interno y viceversa. Esta interfaz comunica al motor de inferencia las consultas del usuario y a este último los resultados de la consulta. A la inversa,

permite, igualmente obtener el enunciado del problema inicial y los objetivos a alcanzar así como la consulta a la base de conocimiento.

Mecanismo de Inferencia (máquina de inferencia o motor de inferencia).

Es un algoritmo capaz de generar conclusiones a partir de datos proporcionados por el usuario del sistema o por el conocimiento almacenado en la base de conocimiento. Es capaz de recibir datos, tanto del usuario como de la base de conocimiento, con estos establece metas de decisión y elabora conclusiones basadas en alguna forma de razonamiento automático. La confiabilidad de las recomendaciones proporcionadas por un Sistema Experto, está fuertemente relacionada con la calidad de la información almacenada en la base de conocimiento. [16]

Base de Hechos.

Es una memoria auxiliar que contiene a la vez, los datos sobre la situación concreta en la cual se va a realizar la aplicación (hechos iniciales que describen el enunciado del problema a resolver) y los resultados intermedios obtenidos a lo largo del procedimiento de deducción. Esta base (memoria temporal) no se conserva (salvo por necesidades del usuario) y depende exclusivamente de la situación estudiada.

Módulo de Explicaciones.

Permite trazar el camino tomado en el razonamiento (inferencias efectuadas). Este módulo aporta una ayuda considerable al informático para refinar la gestión del motor de inferencia y le es igualmente útil al experto, en la construcción y verificación de la coherencia de la base de conocimiento y explica, también, al usuario, cómo ha deducido tal hecho y por qué plantea tal cuestión.

Módulo de Adquisición del Conocimiento.

El conocimiento puede introducirse por el experto o por el ingeniero de conocimiento (en este caso el módulo puede contener funciones de interface con el usuario) o provenir directamente de sensores, bases de datos, u otros software. Debe recibir el conocimiento, verificar la verosimilitud de este, organizar la coherencia de la base de conocimiento y transformar los datos en conocimiento incorporados al sistema.

Estos módulos no tienen ninguna influencia sobre el valor de los razonamientos del Sistema Experto, pero juegan, sin embargo, un papel indispensable en la rendición de cuentas, que es accesible a los usuarios. Si bien estos módulos no existen en todos los Sistemas Expertos, o están organizados de diferentes formas, la función que realizan es de todo punto indispensable en estos sistemas. La unión del motor de inferencia y de las interfaces, forma lo que se denomina sistema esencial o más sencillamente una herramienta software de ayuda al desarrollo de los Sistemas Expertos. Basta administrarle una experiencia específica para hacerle competente en un dominio cualquiera. De hecho, la constitución de la base de conocimiento sigue siendo, a pesar de ello, larga y delicada, puesto que es necesario extraer el conocimiento del experto y transferirlo al Sistema Experto.

Este proceso constituye de por sí un nuevo dominio de investigación independiente, la cognimática. A las personas que realizan este proceso se les denomina cognimáticos o ingenieros de conocimiento.

Muchos investigadores han realizado representaciones visuales de los componentes de un sistema experto. Por ejemplo, en el anexo 1, Luis Javier De Miguel González [17] muestra un diagrama de un sistema experto conectando todos sus elementos antes mencionados.

Un Sistema Experto en su conjunto no es más que la unión completa y necesaria de partes y componentes que interactúan entre sí para representar de la mejor forma el razonamiento, y aplicarlo en un área determinada del saber.

1.5 Base de Conocimiento.

Una Base de Conocimiento es un tipo especial de base de datos para la gestión del conocimiento. Provee los medios para la recolección, organización y recuperación computarizada de conocimiento.

Las bases de conocimiento se han clasificado en dos grandes tipos:

Bases de conocimiento leíbles por máquinas, diseñadas para almacenar conocimiento en una forma legible por el computador, usualmente con el fin de obtener razonamiento deductivo automático aplicado a ellas. Contienen una serie de datos, usualmente en la forma de reglas que describen el conocimiento de manera lógicamente consistente, utilizando operadores lógicos como Y (conjunción), O (disyunción), condición lógica y negación.

Bases de conocimiento leíbles por humanos diseñadas para permitir a las personas acceder al conocimiento que ellas contienen, principalmente para propósitos de aprendizaje. Estas son comúnmente usadas para obtener y manejar conocimiento explícito de las organizaciones, incluyen artículos, libros, manuales de usuario y otros.

El principal beneficio que proveen las bases de conocimiento es proporcionar medios de descubrir soluciones a problemas ya resueltos, los cuales podrían ser aplicados como base a otros problemas dentro o fuera de la misma área de conocimiento.

El más importante aspecto de una base de conocimiento es la calidad de la información que esta contiene. Las mejores bases de conocimiento tienen artículos cuidadosamente redactados que se mantiene al día, un excelente sistema de recuperación de información (Motor de Búsqueda), y un delicado formato de contenido y estructura de clasificación.

Determinando qué tipo de información es capturada, y dónde se encuentra la información en una base de conocimiento es algo que es determinado por los procesos que respaldan al sistema. Una estructura robusta de procesos es la columna vertebral de cualquier base de conocimiento. Algunas bases de conocimiento tienen un componente de IA. Este tipo de base de conocimiento puede sugerir soluciones a problemas esporádicos en la retroalimentación por el usuario, y son capaces de aprender de la experiencia.

Las bases de conocimiento también se pueden ver como la evolución lógica de los sistemas de bases de datos tradicionales, en un intento de plasmar no ya cantidades ingentes de datos, sino elementos de conocimiento (normalmente en forma de hechos y reglas) así como la manera en que este ha de ser utilizado. También se les trata de dotar de conocimiento sobre sí mismas, es decir, una base de conocimiento a de "saber lo que sabe". Por ejemplo, ante una pregunta del tipo "¿Tienen todos los empleados de Microsoft una altura mayor a 1.60 metros?", una base de datos tras consultar la información relacionada con la altura de los empleados de esta empresa, daría una respuesta afirmativa o negativa, independientemente de que tenga o no la información correspondiente a estos trabajadores; en cambio, una base de conocimiento respondería "sí", "no" o "no lo sé", en el caso de que le faltase información relativa a la altura sobre alguno de los empleados o de que no tuviese información sobre "todos" los empleados.

Beneficios:

- Una organización que aprende de manera ordenada.
- Centralización y retención de conocimiento en la organización.
- Gracias al depósito centralizado de soluciones se eliminan las dobles tareas.
- La productividad general aumenta ya que se comparten los conocimientos de manera efectiva.
- Impulsar la competitividad y la eficiencia de la empresa.
- Reducción de costos de programas de capacitación.
- Potencializar el uso del conocimiento dentro de la empresa.
- Los usuarios reciben respuestas consistentes sin importar qué técnico se ocupe de su solicitud.
- Los problemas son resueltos más rápidamente.
- Los usuarios finales obtienen soluciones de problemas frecuentes en todo momento. [18]

La construcción de las bases de conocimiento ha dado lugar a toda una especialidad conocida como “Ingeniería de Conocimiento” dedicada a traducir las ideas, conceptos y experiencia de los humanos a su representación en una base de conocimiento que será utilizada por el Sistema Experto para inferir.

Ingeniería del conocimiento.

La Ingeniería del conocimiento fue definida por Feigenbaum y McCorduck como:

“El arte de conducir los principios y herramientas de la IA para tener aplicaciones de problemas difíciles que requieren el conocimiento del experto para su solución. Los aspectos técnicos para adquirir este conocimiento, representarlo y usarlo apropiadamente para construir y explicar líneas de razonamiento son problemas importantes en el diseño de los sistemas basados en conocimiento. El arte de la construcción de agentes inteligentes es al mismo tiempo una parte y una extensión del arte de programar.” [19]

Visto desde otro punto de vista, la Ingeniería del conocimiento tiene que ver con la adquisición, representación, validación, inferencia, explicación y mantenimiento del conocimiento, o visto desde otra perspectiva tiene que ver con el proceso completo de desarrollo y mantenimiento de sistemas de IA.

En general, la Ingeniería del conocimiento se refiere a la cooperación de expertos humanos en el dominio del conocimiento (Adquisición del conocimiento) con el ingeniero del conocimiento para codificar y hacer explícitas las reglas u otros procedimientos (Representación del conocimiento) que dichos expertos humanos usan para resolver problemas reales, en la construcción de un SE dicha cooperación del experto humano con el Ingeniero de conocimiento se da con la finalidad de estructurar la Base de conocimiento (Ver anexo 2).

El principal logro de la Ingeniería del conocimiento es la construcción de programas que son de naturaleza modular, por lo que las modificaciones y adiciones necesarias pueden hacerse sobre el módulo que se desee sin afectar los otros módulos. Cabe aclarar, que en este caso, la modularidad no es necesariamente el mismo término utilizado en la programación estructurada, en este ámbito se refiere a la separación de estructuras de conocimiento de los mecanismos de control. Un segundo logro importante es la obtención de un programa que pueda explicar por qué hace lo que hace y justificar como lo hizo.

En la Ingeniería del conocimiento se identifican 5 actividades principales, descritas brevemente a continuación:

Adquisición del conocimiento. Se refiere a la extracción del conocimiento de los expertos humanos, libros, documentos, sensores, archivos de computadora, entre otros. El conocimiento puede ser específico en el dominio del problema y los procedimientos para la solución del mismo, puede ser conocimiento general (ejemplo, conocimiento sobre negocios) o bien puede ser metaconocimiento.

Representación del conocimiento. Como parte de esta actividad, el conocimiento adquirido es organizado y codificado en la base de conocimiento.

Validación del conocimiento. El conocimiento representado en la Base de conocimiento es validado y verificado a través de expertos en el tema.

Inferencia. Esta actividad se refiere al diseño del software que habilitará a la computadora para ser inferencias basadas en el conocimiento y entonces proporciona al usuario avisos sobre ciertos tópicos.

Explicación y justificación. Esta actividad se refiere al diseño y programación de la capacidad de explicación, por ejemplo, la programación de la habilidad para contestar las preguntas sobre ¿por qué una pieza específica de información es requerida? o ¿cómo es que se llegó a determinada conclusión?

El proceso de la Ingeniería del conocimiento, es decir, la interacción entre las actividades identificadas anteriormente, se muestra en el anexo 3. [20]

En el presente trabajo de diploma se verán en detalles las tres primeras actividades de la Ingeniería del conocimiento explicadas anteriormente, considerando que con las mismas se puede llegar a un prototipo del sistema que será el presentado y defendido por este trabajo. Específicamente las dos primeras actividades se desarrollarán en el Capítulo II y la tercera actividad en el Capítulo III.

1.6 Tipos de Sistemas Expertos.

De acuerdo con la manera que se representa el conocimiento en la base de conocimiento y por consiguiente la forma de funcionamiento del mecanismo de inferencia, existen diferentes tipos de Sistemas Expertos.

Basados en Reglas de Producción.

Los Sistemas Expertos Basados en Reglas (SEBR) son los más conocidos de estos sistemas. Los SEBR son SE en los que la forma de representar el conocimiento usado es a través de reglas de producción. Un mecanismo de inferencia utiliza las reglas que son verdaderas para cada caso y puede combinar varias reglas para llegar a una decisión con un alto grado de probabilidad.

Las reglas de producción utilizan un formato SI – ENTONCES para representar el conocimiento, la parte SI de una regla es una condición (también llamada premisa o antecedente), y la parte ENTONCES de la regla (también llamada conclusión, acción, hipótesis o consecuente) permite inferir un conjunto de hechos nuevos si se verifican las condiciones establecidas en la parte SI. [21]

Basados en Modelos Causa-Efecto.

La base de conocimiento especifica asociaciones de tipo una causa produce un efecto. Ejemplo: "no estudiar lo suficiente para un examen causa notas no deseadas". El mecanismo de inferencia utiliza cadenas de relaciones para llegar a una decisión.

Basados en Redes Bayesianas.

Este otro tipo de Sistema Experto basa su funcionamiento como su nombre propio indica en las redes bayesianas.

Las redes bayesianas constituyen una alternativa a los árboles de decisión por permitir la representación de modelos. Las redes bayesianas se basan en los fundamentos de la teoría de la probabilidad y permiten combinar el juicio del experto con las fuentes de datos disponibles, y realizar inferencia entre cualquier subconjunto de variables.

La base de conocimiento se estructura con base en las relaciones de los objetos. Este formalismo, permite la representación del conocimiento en forma de grafo. Los nodos de una red bayesiana representan conceptos (objetos o sucesos) y los arcos describen las relaciones entre estos conceptos. [22]

Basados en “Frames”.

La base de conocimiento se estructura utilizando "frames". Un frame es una colección de conocimiento que consiste de un nombre y sus propiedades, las cuales son un conjunto de pares atributo/valor que representan un objeto estereotipado (puede ser un proceso).

Los atributos son denominados slots (aspectos) donde se almacena la información respecto a su uso y a lo que se espera que ocurra. [23]

Basados en Probabilidades.

Los sistemas probabilísticos se consideran otro de los tipos más importantes de Sistemas Expertos. Sus partes fundamentales son la base de conocimiento con estructura de espacio probabilístico llamado también conocimiento abstracto o de aplicación general y el motor de inferencia basado en las probabilidades condicionales y cuya función es actualizar las probabilidades de que el objeto en estudio pertenezca a las diferentes clases, a medida que se van conociendo los rasgos que presenta o que se incorporan nuevos datos.

Basados en Casos.

Se conocen también, como RBC. Están basados sobre la idea de que el conocimiento del especialista puede ser representado en forma de casos. La base de conocimiento de estos sistemas está formada por casos, los cuales constituyen información, como por ejemplo, síntomas, signos vitales, datos de laboratorio diagnóstico y tratamientos utilizados. El sistema busca los casos almacenados cuyas características coincidan con las del nuevo caso, encuentra el más próximo y aplica las soluciones del caso antiguo al nuevo caso. [24]

El RBC significa razonar sobre la base de experiencias o "casos" previos. La idea básica del RBC es recuperar, adaptar y validar las soluciones encontradas en experiencias previas en un intento de relacionarlas con un problema actual.

Como se puede observar de los seis tipos de Sistemas Expertos existentes, este último es el que más se asemeja al modo de pensar que tienen los seres humanos. Además, de acuerdo con las características que tiene el LIPS, de ser el encargado de realizar diferentes tipos de pruebas a los software producidos en la universidad ya sean nacionales y/o de exportación, se cuenta con los casos necesarios para alimentar la base de conocimiento, donde los casos serían las iteraciones de pruebas de software que se le realizan a los productos y sus atributos las variables históricas o rasgos que influyen en el comportamiento de las pruebas.

1.7 El Razonamiento Basados en Casos.

El RBC es una técnica de la IA que se basa en almacenar, recuperar y reutilizar las soluciones a problemas semejantes anteriormente resueltos, en lugar de generar soluciones basadas en un modelo exhaustivo de comportamiento. Las raíces del RBC hay que buscarlas en ciertos resultados de psicología donde se muestra que, en muchas ocasiones, los seres humanos resuelven problemas en base a experiencias pasadas y no a partir de un conocimiento profundo del problema en cuestión. Los médicos, por ejemplo, buscan conjuntos de síntomas conocidos, los ingenieros toman muchas de sus ideas de soluciones previas ya construidas con éxito, o los programadores expertos reutilizan esquemas más o menos abstractos de las soluciones que conocen.

Un sistema que utilice RBC necesita una serie de experiencias, llamadas "casos", almacenadas en una base de casos, donde cada caso se compone generalmente de una descripción del problema y la solución que se aplicó. Las hipótesis fundamentales en las que se basa el RBC son, primero, que un sistema -o un ser humano- puede ser un resolutor de problemas eficiente y efectivo sin necesidad de poseer un conocimiento completo, de la relación que existe entre un problema y su solución, siempre y cuando tenga suficiente experiencia. Segundo, que los problemas tienden a repetirse y, por ello, la experiencia es un recurso útil.

En resumen, el RBC se considera especialmente adecuado en dominios pocos formalizados y donde el aprendizaje desempeña un papel importante. Si es posible construir fácilmente un modelo formal de comportamiento de un determinado dominio entonces el RBC pierde sentido, ya que el modelo general se supone que permite resolver cualquier problema, mientras que un sistema con RBC sólo proporciona variaciones de problemas ya resueltos y almacenados en la base de casos. Por el contrario, si ese modelo no existe, o es demasiado costoso de obtener, el RBC puede ser una aproximación efectiva para resolver problemas típicos, facilitando además la adquisición de conocimiento en forma de nuevos casos. Evidentemente, los dos enfoques no son excluyentes, y son muchos los dominios donde un modelo general de comportamiento que resulte incompleto se puede complementar con conocimiento concreto en forma de casos. [25]

Janet Kolodner describe una serie de características que permiten identificar los dominios en los que una aproximación basada en casos tiene probabilidades de éxito:

- ✓ A los expertos no les resulta sencillo dar reglas de comportamiento aunque sí proporcionar ejemplos. Los expertos saben a qué se refieren cuando hablan de "casos", suelen comparar un problema nuevo con casos pasados y resuelven problemas adaptando las soluciones de casos pasados.
- ✓ Habitualmente en el proceso de formación se utilizan casos en las explicaciones; hay casos disponibles en la bibliografía y en la experiencia de los expertos.
- ✓ Se pueden obtener nuevos casos de la resolución de nuevos problemas y hay alguna forma de clasificar el resultado de un caso como éxito o fracaso.

- ✓ Es posible comparar los casos y adaptarlos de manera efectiva. Los casos se pueden generalizar en alguna medida y es posible abstraer sus características relevantes.
- ✓ Los casos mantienen su vigencia durante bastante tiempo, es decir, los problemas tienden a repetirse. [26]

1.7.1 Fundamentos del RBC.

El RBC está inspirado, en gran medida, en el papel que juega el recuerdo en el razonamiento humano. Así pues, el RBC es un mecanismo de razonamiento que se basa en recordar situaciones o experiencias (casos) similares ocurridas en el pasado y almacenadas en una base de experiencia o base de casos, y adaptar la lección extraída de ellas a la situación actual [27]. Los dos pilares del enfoque del RBC son dos suposiciones fundamentales acerca de la naturaleza del mundo:

- ✓ Su regularidad. De situaciones similares se extraen conclusiones y se aprenden lecciones similares. En consecuencia, las conclusiones y lecciones que acompañan a experiencias previas pueden ser la base de las que correspondan a una situación nueva.
- ✓ La recurrencia de las experiencias. Es altamente probable que las situaciones futuras sean variantes de las actuales. [28]

Admitiendo la suposición básica de que "problemas parecidos tienen soluciones parecidas" y que "los nuevos problemas son similares a problemas previamente resueltos", la resolución de problemas basada en casos, saca partido de las relaciones entre dos tipos de similitud. Estos tipos de similitud se aplican a dos espacios diferentes, el espacio de la descripción de los problemas y el espacio de las soluciones a los problemas. El anexo 4 muestra el papel que juegan dichas similitudes en el proceso de generación de soluciones. La suposición anterior depende directamente de las características que se utilicen para describir estos problemas en el espacio de descripción de los problemas. El sistema de RBC identifica un problema previo cuya descripción sea la más similar a la del nuevo en función de las características representadas. La solución del problema considerado más similar se utiliza como punto de partida para generar la solución al nuevo problema, solución que no deberá ser muy diferente de la inicial.

La característica común de todos los sistemas de RBC, es el hecho de llevar a cabo una localización aproximada de experiencias previas y una selección de la mejor de ellas en base a la similitud con la

nueva situación. En consecuencia, la información con la que debe contar un sistema de RBC no es únicamente la almacenada en los casos. Se necesita también, al menos, conocimiento relativo al cálculo de la similitud. Esto es así, independientemente de la aplicación concreta del sistema con RBC.

El siguiente acápite describe el ciclo de tareas que se deben resolver cuando se aplica el RBC.

1.7.2 El ciclo del RBC.

La resolución de problemas en el RBC se realiza de la siguiente forma: ante la descripción de un nuevo problema, se recupera un caso previo parecido al problema actual. En base a las diferencias entre la descripción del caso pasado y la del problema actual, se adapta la solución del caso resuelto para obtener la solución del caso actual. A continuación se revisa la solución y se aprende el nuevo caso junto con la solución revisada. Son cuatro los procesos básicos en los que se apoya este modelo que se muestra en el anexo 5.

La **recuperación** de los casos similares. La construcción de formalismos de representación de los casos que faciliten el cálculo de la similitud junto con la eficiencia de la recuperación, es una de las áreas de investigación más activas en RBC y en la que se han obtenido más resultados.

La **reutilización o adaptación** se hace necesaria cuando la solución recuperada no es directamente adaptable al problema en curso. La adaptación puede ir desde un simple ajuste de parámetros mediante la aplicación de ciertas fórmulas, hasta el uso de modelos complejos de comportamiento.

La fase de **revisión** se encarga de validar y reparar la solución propuesta. La fase de validación suele realizarse de manera externa al sistema o utilizando modelos más completos que aquellos que el sistema utiliza para la adaptación.

La **retención** de nuevos casos es una parte importante de un sistema con RBC. A medida que aumenta el número de casos se plantean cuestiones de eficiencia, los procesos son más lentos cuando hay más casos y es necesario ser más crítico a la hora de decidir qué casos se incluyen en el sistema. En la literatura reciente se describen técnicas de mantenimiento de bases de casos que eliminan los casos pocos utilizados, o de identificar familias de casos relacionados para así mantener sólo los casos que aporten información al sistema.

La forma en que se representan los casos, cómo se determina la similitud, cómo se realiza la adaptación y cómo se decide cuántos casos hay que almacenar, son cuestiones que están íntimamente relacionadas entre sí. Por ejemplo, mientras más capacidades de adaptación tengan el sistema, menos casos hay que almacenar. Además, si hay más conocimiento de adaptación entonces es necesario menos conocimiento de similitud.

Las aplicaciones agrupadas bajo el paradigma de RBC se clasifican en dos grandes grupos: clasificación e interpretación de situaciones y resolución de problemas. En la interpretación el aspecto fundamental es decidir si una nueva situación puede o no ser tratada como otras situaciones previas, en base a las similitudes y diferencias entre ellas. En la resolución de problemas el objetivo es la construcción de una solución para un caso adaptando las soluciones de casos previos. En el ámbito de los sistemas con RBC de clasificación e interpretación destacan las aplicaciones de servicios de atención al cliente, de diagnóstico y resolución de fallos, de predicción y valoración y de comercio electrónico. Por lo que se refiere a los sistemas con RBC de resolución de problemas, sus aplicaciones se restringen, casi exclusivamente, al ámbito académico en dos áreas clásicas de IA: planificación y diseño. [26]

Aunque, esta distinción no siempre está clara en la práctica, ya que algunos sistemas pueden clasificarse en ambos grupos, la presencia y complejidad de la fase de adaptación marca en gran medida la distinción entre los tipos de sistemas. En particular, la adaptación se obvia en muchos sistemas, o se deja en manos de los usuarios debido a que requiere modelos del dominio más elaborados y, en cierto modo, va en contra del RBC que aboga por aliviar los procesos de adquisición de conocimiento. Es muy significativo que la mayoría de los sistemas comerciales obvien o traten de forma bastante trivial el problema de la adaptación. De esto se deduce que, aunque el ciclo (Ver anexo 5) es un marco general donde cabe cualquier sistema con RBC, no todos incluyen las cuatro fases del ciclo. El autor de la presente investigación decidió no incluir los sistemas con RBC con estas particularidades por lo extenso de estos.

1.7.3 Análisis crítico del RBC.

El RBC constituye un nuevo método de solución de problemas para el desarrollo de SE el cual tiene las ventajas y desventajas siguientes.

Ventajas:

- ✓ El esfuerzo en la solución de problemas puede ser capturado para ahorrar trabajo en el futuro.
- ✓ Experiencias previas que hayan sido exitosas pueden ser utilizadas para justificar nuevas soluciones.
- ✓ Experiencias previas que no hayan sido exitosas se pueden utilizar para anticipar problemas.
- ✓ La comunicación entre el sistema y los expertos se realiza en base a ejemplos concretos, es decir, el sistema explica sus decisiones citando precedentes.
- ✓ El RBC es un algoritmo de aprendizaje incremental, el aprendizaje tiene lugar tan pronto como un nuevo ejemplo está disponible, sin excesivo costo computacional.
- ✓ El RBC permite proponer soluciones para los problemas rápidamente, evitando el tiempo necesario para derivar respuestas desde el estado inicial de un proceso de búsqueda de soluciones. Esta ventaja se manifiesta principalmente en situaciones donde un sistema basado en reglas, por ejemplo, hubiese requerido realizar una larga cadena de inferencias para alcanzar una solución.
- ✓ El RBC permite proponer soluciones en dominios que no se comprenden completamente.
- ✓ Los casos ayudan a focalizar el razonamiento sobre las partes importantes de un problema señalando que rasgos del problema son importantes.
- ✓ El RBC es aplicable a un amplio rango de problemas.

Desventajas:

- ✓ El sistema no explora todo el espacio de soluciones, por lo que no puede encontrar soluciones óptimas.
- ✓ Requiere de una base de casos considerablemente grande y bien seleccionada.
- ✓ La consistencia entre varios casos es difícil de mantener.

- ✓ El RBC depende de una adecuada función de semejanza la cual no es fácil de encontrar para cada aplicación. [29]

1.8 Ejemplos de Sistemas Expertos.

Los Sistemas Expertos han demostrado ser herramientas muy útiles en gran cantidad de situaciones. En las últimas décadas, se han desarrollado un gran número de Sistemas Expertos en diferentes áreas del conocimiento: Medicina, Geología, Química, Economía, Ingeniería Civil, etc. Estos programas proporcionan la capacidad de trabajar con grandes cantidades de información, que son uno de los grandes problemas que enfrenta el analista humano que puede afectar negativamente a la toma de decisiones, pues el analista humano puede depurar datos que no considere relevantes, mientras un Sistema Experto debido a su gran velocidad de procesamiento analiza toda la información incluyendo las no útiles para de esta manera aportar una decisión más sólida.

A nivel internacional:

CBR-Express: Producido por Inference Corporation, CBR-Express como indican sus siglas usa RBC. CBR-Express está diseñado específicamente para el mercado de servicios de atención al cliente y también se ha utilizado con éxito en asistencia de tareas inteligentes, sistemas de información de acceso y publicación de conocimiento. Es un software propietario con un valor de 50 000 dólares por una licencia de diez usuarios.

DIAVAL: Es un Sistema Experto para diagnóstico mediante ecocardiografía, el cual se basa en redes bayesianas, DIAVAL fue construido en la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) de España en el año 1994. Este Sistema Experto provee una interfaz flexible y fácil de manejar, conociendo la importancia de este factor en su aceptación por parte de los médicos.

SHYSTER: Es un sistema experto jurídico basado en casos. A pesar de los intentos de esta herramienta para modelar la forma en que los abogados argumentan los casos, no intenta modelar la forma en que los abogados deciden qué casos usar en los argumentos. Utiliza técnicas estadísticas para cuantificar la similitud entre los casos, y elige los casos sobre la base de esa medida de similitud.

A nivel nacional:

Sistema Inteligente de Ayuda al Diseño (SIAD): Desarrollado en la Universidad de Las Villas en el año 1995. Para describir el conocimiento se han integrado dos formas, los frames y las reglas de producción. El problema principal del SIAD es que después de incorporada la base de conocimiento es necesario comprobar la efectividad de la misma, para ello debe validarse sintácticamente. Este proceso puede provocar errores, en ese caso el SIAD lleva al usuario a la edición sintáctica del texto indicándole el error encontrado. El Ingeniero de Conocimiento puede entonces corregir el error y volver a validar la Base de Casos hasta que esté libre de errores sintácticos. Solo cuando ya no existan errores de sintaxis se puede pasar a obtener soluciones. Otro problema que tiene el SIAD es que es un software implementado para correr solo en sistema propietario Windows. [30]

Sistema Experto de Enfermedades Genéticas con Dismorfias (SEGEDIS): Sistema desarrollado en la UCI en el año 2010, está basado en tecnología web, por lo que está implementado para trabajo en línea y es multiplataforma. Tiene como objetivo proporcionarles una herramienta a los genetistas cubanos en el apoyo a sus decisiones. [31]

Sistema Inteligente de Selección de Información (SISI): Sistema híbrido que combina Redes Neuronales Artificiales y RBC. Desarrollado en la Universidad Central de Las Villas en el año 1996. Con este sistema se logra implementar el RBC orientado a tareas de diagnóstico. El principal problema que presenta SISI es que no es multiplataforma, el programa se ejecuta sobre el sistema operativo Microsoft Windows, por lo que no se puede utilizar en otros sistemas operativos. [32]

El autor de la presente investigación en la bibliografía consultada no encontró referencias de Sistemas Expertos desarrollados con el fin de utilizarlos para inferir el comportamiento de las pruebas que se le realizan al software, específicamente en el área de las pruebas de liberación de software.

Todos los Sistemas Expertos no son iguales, y no basan su resolución en el mismo principio, es por ello que antes de elegir cual se utilizará, se deben estudiar las características del área del conocimiento donde el Sistema Experto será el protagonista, pues todos no utilizan la misma analogía y a la hora de inferir las soluciones recurren a técnicas específicas en cada caso.

Aunque, no se encontró un Sistema Experto que se utilice en el campo de esta investigación, si se halló un Sistema Experto desarrollado en la UCI llamado SI-Holmes, el cual está diseñado para temas generales ya que se puede utilizar en múltiples ramas, desde la rama jurídica hasta la rama de desarrollo de software. A continuación se exponen diferentes características de dicha herramienta.

SI-Holmes: Aplicación desarrollada en la UCI, producto de una investigación realizada por CALISOFT para las mejoras en las planificaciones de las pruebas de software. Escrito en el lenguaje Java muy extendido (según tiobe.com el lenguaje más popular del mundo) que encierra su fuerza en su independencia a la plataforma, seguridad, portabilidad, escalabilidad, que promueve la reutilización de código. Es una aplicación Web, con una arquitectura 3 capas (Capa de Datos, Negocio e Interfaz) lo cual le provee algunas ventajas como la robustez debida al encapsulamiento, la facilidad de mantenimiento, soporte y flexibilidad, así como alta escalabilidad.

Este sistema posee una interfaz amigable y configurable. Tienen la ventaja de interactuar al mismo tiempo con múltiples bases de caso que se encuentran persistidas en una base de datos, muestra sus nombres, cantidades de rasgos y casos de cada una de ellas.

Las opciones del Sistema se encuentran en un menú desplegable que provee las librerías de componentes del Framework Java Server Faces (implementa el patrón Modelo Vista Controlador) y que hacen sentir al usuario como si estuviera frente a una aplicación común de escritorio. Entre las opciones se encuentran las llamadas CRUD (Crear, Modificar y Eliminar) cualquier Base de Casos y dentro de estas cualquier caso en específico y la de crear un Experto dada una Base. También aparece la opción de trabajo con fichero para si el usuario necesita hacer una salva de alguna Base de Casos pues puede Exportar o Importarla desde un fichero.

Holmes permite crear expertos de cualquiera de sus bases de caso guardadas en Bases de Datos. Válido anotar que la capa de datos se basa en un Framework de persistencia llamado Hibernate que puede relacionarse con cualquiera de los gestores que existen en la actualidad. Para obtener una solución de experto se selecciona el o los rasgos a inferir, se llenan los otros que considere necesario, se escoge alguno de los algoritmos implementados para la distancia entre casos (HEOM, GOWER, ARGELIO) y el sistema le indicará el resultado de la inferencia brindada por el experto, los casos más cercanos de manera gráfica y a manera de detalles.

El mismo se basa en el RBC y se pueden incluir diferentes tipos de bases de conocimiento de diferentes temas y en diferentes áreas. [33]

Una vez realizado el análisis de este Sistema Experto se llega a la conclusión que sería el más adecuado para utilizar en la obtención de la base de conocimiento propuesta en esta investigación, ya que el mismo permite utilizar el RBC y está diseñado para temas generales. Este sistema no incluye todas las fases del ciclo del RBC, no obstante sirve perfectamente para lograr el objetivo de la investigación.

Se concluye que para el desarrollo de la base de conocimiento propuesta, se utilizará como método, la Ingeniería del Conocimiento, como técnica, el RBC y como herramienta el Sistema Experto SI-Holmes.

Capítulo II: INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO.

2.1 Procedimiento de prueba de liberación en el LIPS.

En el Departamento de Pruebas de Software de la UCI existe un grupo de especialistas capacitados en la ejecución de pruebas de liberación y aceptación de productos de software antes de la entrega pactada con el cliente. Es en el LIPS, a través de un procedimiento de pruebas, que se revisan todos los artefactos que constituyen entregables.

Una solicitud de prueba constituye el primer paso del procedimiento. A través de ella, los proyectos solicitan al laboratorio la liberación de diversos artefactos, reflejando básicamente la complejidad de los mismos, los requerimientos de software y hardware para poder probarlos y la fecha de compromiso con el cliente. Esta solicitud es revisada para confirmar que estén todos los elementos necesarios y que no existe ninguna dificultad para ejecutar la prueba. Es en este momento que se acepta o se rechaza la solicitud.

Una vez aceptada la solicitud, se asigna un especialista [34] que será el responsable de la gestión de la prueba. Dicho especialista es el encargado además de elaborar un pre-plan de pruebas donde recoge todos los elementos a tener en cuenta para la satisfactoria ejecución de la liberación del artefacto o de los artefactos en cuestión. Entre estos elementos, uno muy importante lo constituye la propuesta de cronograma de ejecución del procedimiento de pruebas de liberación. Dicho cronograma se discutirá posteriormente en la reunión de inicio, previa al comienzo de la ejecución de las pruebas.

La reunión de inicio es el momento en el que se discute con el equipo de proyecto, el pre-plan de pruebas elaborado y se ajustan los aspectos necesarios. Se ajusta además, el cronograma inicialmente propuesto y se aprueba entonces el Plan de Pruebas que guía todo el proceso de liberación.

Luego de efectuada la reunión de inicio ya las partes involucradas están de acuerdo en el procedimiento a seguir. Faltaría puntualizar algunos detalles para comenzar con las pruebas. Es momento entonces de refinar los casos de prueba y listas de chequeo necesarias para el proceso, y al mismo tiempo, montar el entorno de pruebas. Estas dos actividades se realizan de forma simultánea. Al revisar los casos de prueba y listas de chequeo se parte de los casos de prueba y pautas definidas en el proyecto, adaptaciones realizadas a las listas de chequeo, especificaciones de casos de uso y/o especificaciones de requisitos.

En el caso del montaje del entorno de pruebas, este corresponderá siempre con el definido y acordado en el plan de pruebas.

¿Cómo optimizar los recursos a la hora de efectuar las pruebas? Es con las pruebas exploratorias que se disminuye el gasto de tiempo, recursos humanos, tecnología, esfuerzo, etc., ya que proporcionan rápidamente información sobre el artefacto que se va a probar y garantizan un mínimo de calidad para que el artefacto pase a la fase de pruebas.

Entonces, posterior a la preparación de los casos de prueba y listas de chequeo, de conjunto con el montaje del entorno de pruebas y justo antes de comenzar las pruebas, se ejecutan las pruebas exploratorias. Con estas se prueba o revisa una muestra significativa de cada artefacto de forma que se verifique que están listos para entrar al LIPS.

Las pruebas comienzan entonces con la ejecución de las iteraciones. En cada una de ellas se ejecutan los casos de prueba y listas de chequeo, la cual va a generar un conjunto de No Conformidades (NC) que son entregadas al equipo de desarrollo. Este por su parte, tiene la responsabilidad de dar respuesta en un tiempo prudencial a cada una de ellas, en correspondencia con lo pactado en el plan de pruebas.

Efectuadas las iteraciones de pruebas hasta conseguir que no se detecten NC y que no quede ninguna NC pendiente, previo análisis por parte del especialista al frente de la prueba con la dirección del Departamento de Pruebas de Software, se procede a la liberación de los artefactos y al cierre de las pruebas. Se emite entonces un acta de liberación, se entregan los artefactos liberados y se efectúa una evaluación de las pruebas. Por último, se almacena la versión liberada de cada artefacto de modo que esté disponible para efectuar las pruebas de aceptación con el cliente.

Del procedimiento de pruebas de liberación descrito hasta este momento, la actividad que más influye en el tiempo de duración de la prueba es justamente la de ejecución de las iteraciones.

2.1.1 Iteración de pruebas.

Según se define en la vigésima segunda edición del Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española, el término iteración proviene del latín *iteratio* y significa: Acción y efecto de iterar. Por su parte, el término iterar significa repetir, volver a hacer lo que se había hecho.

Una iteración se refiere a la acción de repetir una serie de pasos un cierto número de veces. Desde el punto de vista matemático, una iteración se refiere al proceso de iteración de una función o a las técnicas que se usan en métodos iterativos para la resolución de problemas numéricos. En programación, la iteración es la repetición de una serie de instrucciones en un programa.

Desde el punto de vista de la gestión de proyectos informáticos, las iteraciones se refieren a la técnica de desarrollar y entregar componentes incrementales de funcionalidades de un negocio.

La organización GreenSQA de Parquesoft en Colombia, recoge en su metodología de pruebas de software, (Ver anexo 6) a las iteraciones de pruebas como parte del proceso de ejecución de las mismas. Básicamente define a la iteración como las actividades requeridas para ejecutar los requerimientos de prueba identificados en la fase de diseño de pruebas, reportar los hallazgos y asegurar su corrección por parte del equipo de desarrollo de software. [35]

El Centro de Ensayos de Software de Uruguay, en su estrategia de gestión de las pruebas funcionales, trata a las iteraciones como ciclos. Plantea que el objetivo de cada ciclo es el de generar y ejecutar las pruebas para una versión determinada del producto. El proyecto de prueba es guiado por los ciclos de prueba y cada ciclo está asociado a una versión del producto a probar. [36]

Dentro de cada ciclo se realiza un seguimiento del mismo con el objetivo de planificar en detalle las tareas del ciclo y ajustar la planificación.

Como parte del ciclo también se tiene en cuenta la configuración del entorno y el diseño de los casos de prueba a partir de la especificación del producto. Contempla la ejecución de las pruebas para contrastar el comportamiento esperado del software con su comportamiento real; analizar las diferencias y reportar los resultados (Ver anexo 7).

Partiendo de las diferentes definiciones de iteración, dadas las particularidades del proceso de desarrollo de software en la UCI y del propio procedimiento de pruebas de software del LIPS, el término se conceptualizó como se manifiesta a continuación.

Una iteración no es más que la revisión completa de un determinado artefacto, dígase de tipo documentación o aplicación, con el empleo de determinadas herramientas según corresponda. En el

desarrollo de la misma participan estudiantes en el rol de probador y especialistas de pruebas, funcionales y del sistema. (Ver anexo 8)

Del mismo modo, dentro de cada iteración, se ejecuta el proceso de pruebas completamente, se informan las No Conformidades detectadas y se entregan al equipo de desarrollo. Posteriormente se realizan pruebas de regresión y se preparan las condiciones para la siguiente iteración o para el término de las pruebas con la liberación final del artefacto.

2.2 Selección del experto humano.

Para que el desarrollo del SE tuviera éxito, fue imperativo que expertos humanos (EH) adecuados estuvieran disponibles y que contaran con las siguientes características:

- ✓ Los expertos existentes deben estar posibilitados para resolver problemas en el dominio del tema.
- ✓ Los expertos deben articular razonablemente el conocimiento. Deben ser capaces de describir el conocimiento del dominio y cómo se debe aplicar.
- ✓ Los expertos deben tener la disposición a dar conocimiento y colaborar en los esfuerzos de desarrollo.
- ✓ Los expertos deben disfrutar de buena reputación entre los potenciales usuarios del sistema.
- ✓ Muchos expertos deben estar de acuerdo sobre las técnicas de resolución del problema. Esto posibilita la verificación final del sistema por parte de varios expertos. [37]

Considerando las características que el experto humano debe reunir, se seleccionaron veinte especialistas del LIPS, ellos son:

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. Alionuska Velázquez Cintra. (EH1) | 5. Lisset Rosas Moreno. (EH5) |
| 2. Aniubis Rodríguez Batista. (EH2) | 6. Liudmila Sánchez Almenares. (EH6) |
| 3. Asnier Enrique Góngora Rodríguez. (EH3) | 7. Mairelis Quintero Ríos. (EH7) |
| 4. Harnier Suárez Rodríguez. (EH4) | 8. Martha Nieves Borrero. (EH8) |

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 9. Roig Calzadilla Díaz. (EH9) | 15. Yoanis Costilla Camejo. (EH15) |
| 10. Tayche Capote García. (EH10) | 16. Yudisbel Pérez Moreno. (EH16) |
| 11. Yadira Machado Peña. (EH11) | 17. Damaris Batista González. (EH17) |
| 12. Yaneida Rondón Hernández. (EH12) | 18. Daniuska Fresneda Cruzata. (EH18) |
| 13. Yeniset León Perdomo. (EH13) | 19. Lisandra Díaz Figueredo. (EH19) |
| 14. Yenly Pérez Núñez. (EH14) | 20. Yoan Trujillo Reyna. (EH20) |

Todos los expertos cuentan con más de un año de experiencia, excepto los últimos cuatro especialistas que son recién graduados en adiestramiento, pero que cumplen con las características descritas anteriormente.

Estos especialistas son expertos humanos que poseen las siguientes particularidades:

- ✓ Buena capacidad de memoria o de razonamiento.
- ✓ Poseen buena cantidad de conocimiento adquirido de años de estudio y práctica, cuya organización y naturaleza es de calidad.
- ✓ Han desarrollado la habilidad de percibir grandes patrones de información significativos, de manera que la solución de problemas la llevan a cabo de una forma intuitiva.

2.3 Adquisición del conocimiento.

El proceso de la Adquisición del conocimiento, con frecuencia es el componente más difícil, por ello es común que se presente como el mayor impedimento o cuello de botella en el desarrollo de un SE, en él, se hace necesario la estructuración e implementación del conocimiento del experto humano, lo cual implica, una gran cantidad de trabajo así como el establecimiento de comunicaciones ampliadas entre el experto humano y el Ingeniero de conocimiento, enfrentando los problemas asociados con esta actividad.

2.3.1 Métodos de Adquisición del conocimiento.

Se seleccionaron métodos manuales para la Adquisición del conocimiento tales como:

Conocimiento documentado: Desde el momento en el que se comenzó a construir la base de conocimiento, se realizó la extracción de conocimiento de diversas fuentes implicadas (libros, artículos de revistas, manuales, informes y documentos de ayuda), en formato digital o impreso, ya que cualquier documento podía ser útil para la introducción de conocimiento en la base de conocimiento. También fue necesario preguntar a los expertos humanos qué literatura técnica empleaban, documentación relevante o las fuentes de donde adquirieron sus conocimientos, más adelante se descubrió que los conocimientos de los expertos humanos son instrumentos básicos para crear la base de conocimiento. Una vez que se reunió toda la información, se revisó para familiarizarse con el contenido y poder ubicar el material con el que se contaba para poder consultarlo cuando fuera necesario.

Entrevistas no estructuradas y semiestructuradas, ya que se detectó que el nivel de experiencia en el dominio del conocimiento de la mayoría de los expertos humanos era alta, por lo que para obtener el conocimiento en este caso, lo recomendable era elegir un tipo de entrevista con menor estructura, esto hizo que la información fluyera de manera natural. A pesar de las múltiples actividades de los expertos humanos, gracias al interés y compromiso de los mismos, se logró realizar una entrevista con cada uno de ellos, para un total de 20 entrevistas que se documentaron en minutas y en las mismas se tomó nota de las respuestas a las cuestiones planteadas.

Observación directa, mediante pláticas y la visualización del trabajo desempeñado por la mayoría de los especialistas del LIPS, se logró la participación en la realización de situaciones reales (iteración de prueba), observando cómo cada experto humano realizaba la actividad, lo cual fue muy útil ya que proporcionó pistas acerca del conocimiento necesario y la forma en que éste se aplica en la realización de las pruebas de liberación, en esta actividad se comprobó la coherencia de lo observado con lo dicho por los expertos humanos en las entrevistas.

2.3.2 Materiales generados.

En el proceso de la Adquisición del conocimiento fue necesario detectar las necesidades de los expertos humanos, es decir, identificar el tipo de material (impreso y electrónico) que contemplara el uso de elementos visuales y de presentación que resultaran útiles para los expertos humanos en el entendimiento del producto que se deseaba obtener y el establecimiento de un ambiente de confianza hacia el Ingeniero

de conocimiento en el que se entienda que todo el trabajo realizado llevaría a la meta final, para lograrlo fue necesario generar los materiales descrito a continuación:

- ✓ **Minutas de las entrevistas con los expertos humanos.** Las cuales implicaron investigación previa para la formulación de preguntas cuyas respuestas estuvieran encaminadas a la solución del problema y una vez concluida la entrevista, se documentaron dichas respuestas a los planteamientos hechos y la generación de material de apoyo como diagramas y archivos. En total se realizaron veinte entrevistas, una por cada experto de aproximadamente 30 minutos cada una, teniendo un total de diez horas de trabajo, en el anexo 9 se muestra una tabla con la cronología de las entrevistas.
- ✓ **Archivo en Excel 2007** para el almacenamiento y captura de la información generada de las diferentes iteraciones de prueba realizadas por los expertos humanos, para una vez instalada la herramienta SI-Holmes comenzar la entrada de esta información a la base de conocimiento.
- ✓ Generación de **diagramas de flujo y organigramas** con Visio 2007 y PowerPoint 2007.

2.3.3 Resultados obtenidos.

Como se expresó en el epígrafe anterior, una vez terminada cada entrevista a los especialistas, se detectaron diferentes rasgos o elementos que influyen en la realización de cada iteración de prueba de liberación.

Las preguntas fundamentales que se realizaron en las entrevistas son las siguientes:

- ✓ ¿Cuáles son todos los elementos que intervienen en la realización de las pruebas de liberación y cuáles considera los más importantes?
- ✓ ¿Cuáles son los principales elementos que en los últimos meses han intervenido en la ejecución de las pruebas de liberación?

A continuación se exponen los elementos expresados por cada uno de los especialistas:

EH1:

- ✓ Tiempo disponible en el Laboratorio.

- ✓ Experiencia de los estudiantes como probadores.
- ✓ Estado de los artefactos.
- ✓ Realización de Pruebas Exploratorias.
- ✓ Número de la Iteración.

Eh2:

- ✓ Calidad de los Casos de Pruebas.
- ✓ Especialista del Sistema.
- ✓ Problemas Técnicos.
- ✓ Atrasos del equipo de desarrollo.
- ✓ Tipo de artefacto.
- ✓ Calidad de la Documentación.
- ✓ Pruebas Exploratorias.
- ✓ Experiencia de los estudiantes.

Eh3:

- ✓ Demoras del equipo de desarrollo.
- ✓ Disponibilidad de los especialistas.
- ✓ Problemas Técnicos.
- ✓ Especialista del Sistema.
- ✓ Cantidad de páginas de la documentación.

Eh4:

- ✓ Cantidad de Estudiantes.
- ✓ Tiempo de entrega de las No Conformidades.
- ✓ Falta de disponibilidad de los estudiantes en el laboratorio.
- ✓ Experiencia de los estudiantes.
- ✓ Atrasos del equipo de desarrollo.
- ✓ Calidad de los entregables.

EH5:

- ✓ Disponibilidad de los especialistas.
- ✓ Complejidad de la documentación.
- ✓ Cantidad de páginas de la documentación.
- ✓ Complejidad de las Aplicaciones dado por la complejidad de los Casos de Uso.

EH6:

- ✓ Disponibilidad de los Estudiantes.
- ✓ Capacidad de respuesta que tenga el equipo de desarrollo.
- ✓ Complejidad de la documentación.
- ✓ Cantidad de páginas de la documentación.
- ✓ Complejidad de las Aplicaciones dado por la complejidad de los Casos de Uso.

EH7:

- ✓ Problemas Técnicos.
- ✓ Calidad de los Casos de Pruebas.

- ✓ Pruebas Exploratorias.
- ✓ Reuniones de cierre de las iteraciones.
- ✓ Cantidad de puestos de trabajo.
- ✓ Cantidad de estudiantes.
- ✓ Complejidad de la documentación.
- ✓ Complejidad de las Aplicaciones dado por la complejidad de los Casos de Uso.

EH8:

- ✓ Disponibilidad de los Estudiantes.
- ✓ Cantidad de No Conformidades.
- ✓ Complejidad de la Documentación.

EH9:

- ✓ Cantidad de Estudiantes.
- ✓ Cantidad de puestos de trabajo.
- ✓ Riesgos (problemas con la red o electricidad).

EH10:

- ✓ Cantidad de especialistas como probadores.
- ✓ Especialista Funcional.

EH11:

- ✓ Comunicación entre las partes involucradas.
- ✓ Complejidad de la Documentación.

- ✓ Complejidad de las Aplicaciones dado por la complejidad de los Casos de Uso.

EH12:

- ✓ Problemas Técnicos.
- ✓ Disponibilidad de los Estudiantes.
- ✓ Complejidad de la Documentación.
- ✓ Complejidad de las Aplicaciones dado por la complejidad de los Casos de Uso.

EH13:

- ✓ Cantidad de Estudiantes.
- ✓ Experiencia de los Estudiantes.
- ✓ Cantidad de puestos de trabajo.

EH14:

- ✓ Complejidad de las Aplicaciones dado por la complejidad de los Casos de Uso.
- ✓ Experiencia de los estudiantes.
- ✓ Cantidad de puestos de trabajo.
- ✓ Cantidad de Especialistas.

EH15:

- ✓ Calidad de los Casos de Pruebas.
- ✓ Experiencia de los estudiantes.
- ✓ Complejidad de la Documentación.
- ✓ Complejidad de las Aplicaciones dado por la complejidad de los Casos de Uso.

- ✓ Especialista del Sistema.

EH16:

- ✓ Cantidad de Estudiantes.
- ✓ Tipo de Artefacto.
- ✓ Herramientas.
- ✓ Experiencia de los estudiantes.
- ✓ Tipo de documentación.

EH17:

- ✓ Tipo de Artefacto.
- ✓ Cantidad de Estudiantes.
- ✓ Problemas Técnicos.

EH18:

- ✓ Cantidad de Estudiantes.
- ✓ Cantidad de Especialistas.
- ✓ Cantidad de puestos de trabajo.
- ✓ Herramientas.
- ✓ Tipo de prueba.
- ✓ Especialista del Sistema.

EH19:

- ✓ Complejidad de la Documentación.

- ✓ Tipo de Artefacto.
- ✓ Documentos de apoyo.
- ✓ Pruebas exploratorias.
- ✓ Complejidad de las Aplicaciones dado por la complejidad de los Casos de Uso.

EH20:

- ✓ Tipo de prueba.
- ✓ Complejidad de las Aplicaciones dado por la complejidad de los Casos de Uso.
- ✓ Complejidad de la Documentación.
- ✓ Artefactos de apoyo.
- ✓ Experiencia de los estudiantes.

Como se puede apreciar, la mayoría de los especialistas han identificado elementos comunes que influyen en la realización de las pruebas, por ello, en el anexo 10 se muestra una tabla con los rasgos identificados de forma general.

Número de la Iteración: El número de la iteración se plantea para tener presente cual es la iteración que se está llevando a cabo, ya que en las entrevistas con los expertos humanos se pudo apreciar que las iteraciones van teniendo menor complejidad a medida que va pasando de iteración, una primera iteración generalmente se demora más que las demás iteraciones. Por política del laboratorio solo se realizan tres iteraciones de pruebas a los productos entregables.

Artefacto: El artefacto viene dado por el tipo de aplicación o documentación que se prueban en el laboratorio, ya que suele ocurrir que los artefactos documentación son muchos más rápidos de probar que los artefactos de aplicación.

Tipo de prueba: Son los diferentes tipos de pruebas que se le realizan a los artefactos antes mencionados, por las diferentes complejidades que tienen los diferentes tipos de pruebas, el tiempo que se demora la prueba es diferente según el tipo de prueba usada.

Cantidad de Documentos: En el caso que se están probando más de un artefacto documentación del mismo tipo, se especifica la cantidad de dichos documentos.

Cantidad de Páginas: Se especifica la cantidad de páginas que tenga cada artefacto documentación, si son más de un documento se suman las páginas de los mismos. Este rasgo no es utilizado por los artefactos documentación de tipo Especificación de Requisitos de Software.

Doc. Cantidad CU o requisitos Complejidad Alta: En el caso que el artefacto a probar sea documentación de tipo Especificación de Requisitos de Software se especifica la cantidad de CU o requisitos que tenga el documento. Esto también es válido para los rasgos **Doc. Cantidad CU o requisitos Complejidad Media** y **Doc. Cantidad CU o requisitos Complejidad Baja**.

Cantidad Casos de Prueba Complejidad Alta: Los artefactos de tipo aplicación presentan la cantidad de Casos de Prueba según la complejidad que este tenga. Los Casos de Prueba que tengan complejidad alta se demorarán mucho más a la hora de las pruebas que un Caso de Prueba que posea una complejidad inferior.

Cantidad Casos de Prueba Complejidad Media: Los artefactos de tipo aplicación presentan la cantidad de Casos de Prueba según la complejidad que este tenga. Los Casos de Prueba que tengan complejidad media se demorarán mucho más a la hora de las pruebas que un Caso de Prueba que posea una complejidad baja, no así a la hora que se pruebe un Caso de Prueba de complejidad alta.

Cantidad Casos de Prueba Complejidad Baja: Los artefactos de tipo aplicación presentan la cantidad de Casos de Prueba o requisitos según la complejidad que este tenga. Los Casos de Prueba que tienen complejidad baja son los que generalmente se demoran menos a la hora de las pruebas.

Herramientas: Las herramientas usadas por los especialistas que apoyan la realización de las pruebas. Las herramientas pueden influir en el tiempo de ejecución de las mismas, ya que sin ellas el especialista debe abusar de su memoria o tener presente un miembro del equipo de desarrollo para poder realizar la actividad.

Cantidad de estudiantes: La cantidad de estudiantes es uno de los factores que más influyen a la hora de realizar las pruebas de liberación, ya que no es lo mismo probar con cuatro o cinco estudiantes que probar con catorce o quince.

Experiencia de los estudiantes como probadores: Es necesario recoger este rasgo por el hecho de que no todos los probadores que realizan las pruebas de liberación tienen la misma experiencia, y esto influye en que las pruebas se terminen en el tiempo pactado.

Cantidad de especialistas: Cantidad de especialistas que están frente a las pruebas, por lo general es uno solo, pero en casos en que los artefactos sean muchos y de complejidades altas se asignan a las pruebas dos o tres especialistas.

Cantidad de especialistas probadores: Cantidad de especialistas que no necesariamente tienen que estar frente a las pruebas, la rapidez, experiencia y agilidad que tiene un especialista probando un artefacto no es la misma que la de un estudiante probador.

Cantidad de puestos de trabajo: Cantidad de máquinas disponibles para la realización de las pruebas, mientras más máquinas disponibles existan para probar un artefacto que presente muchos Casos de Prueba, mucho más rápida será la realización de la prueba.

Especialista Funcional: Especialista que sepa del negocio del artefacto que se le está realizando la prueba.

Especialista del Sistema: Miembros del equipo de desarrollo del artefacto que se le está realizando la prueba.

Pruebas Exploratorias: Pruebas que se le realizan a los artefactos a probar antes de empezar la primera iteración de pruebas. Las mismas le permiten a los especialistas encontrar No Conformidades críticas para que sean resueltas antes de empezar la iteración, con estas, una vez empezada la primera iteración será mucho más rápida en tiempo que si no se hubieran realizado pruebas exploratorias.

Para identificar los valores que pueden tomar los rasgos Artefacto, Tipo de prueba y Herramientas se utilizó la documentación oficial del LIPS que precisa los tipos de artefactos que se le realizan pruebas de liberación, los tipos de pruebas que se realizan y las herramientas que utilizan para ello.

2.3.4 Verificación de la información.

Para esta tarea se utilizó el experto humano Tayché Capote García, ya que la misma es una de las que tiene mayor experiencia como especialista en el LIPS, además, de ser la Jefa del Departamento de Pruebas de Software.

La especialista asumió su rol como experto humano y revisó cada rasgo definido (rasgos que según los demás especialistas influyen en la realización de cada iteración de prueba) una vez realizadas las entrevistas, verificando la consistencia del conocimiento.

En este proceso se detectaron que todos los rasgos definidos estaban bien especificados, pero sin embargo, los posibles valores de algunos de estos rasgos estaban mal redactados o incompletos, por ejemplo, se detectó que dentro de los tipos de pruebas definidas estaba Revisión Técnica de la Documentación y la misma pasó a llamarse Evaluación Estática; dentro de los tipos de prueba se encontraba Correspondencia Guión de Contenido y esta no constituye un tipo de prueba.

La especialista propuso incluir dentro del rasgo Herramientas el valor Artefactos de Apoyo, los cuales se usan, como el nombre lo indica, para apoyar la realización de las pruebas de liberación.

En el rasgo Experiencia de los estudiantes como probadores la especialista determinó que se debería de especificar cuándo la experiencia tomaría los valores de Alta, Media o Baja, quedando como respuesta de lo anterior que sería Alta cuando los estudiantes probadores fueran miembros de algún grupo de calidad, ya que su rol sería el de probador de la calidad, por lo que tendrían mayor experiencia en el tema, Media cuando los estudiantes probadores hayan alcanzado práctica en el tema, con un tiempo menor a 6 meses de experiencia y Baja cuando los estudiantes tengan un tiempo mayor a 6 meses de experiencia.

En esta actividad, la verificación de la información se realizó mediante la Adquisición del conocimiento documentado y sometiéndolo a la opinión del experto humano.

A continuación se muestra una tabla con los rasgos definidos anteriormente, los posibles valores que ellos pueden tomar y si son de Multiselección o no, es decir, si dentro de sus posibles valores se pueden escoger más de uno.

CAPÍTULO II. INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO

Rasgos	Posibles Valores	Multiselección
Número de la Iteración	1, 2, 3	No
Artefacto	Diccionario de Datos, Modelo de negocio con CU, Arquitectura de Información, Informe Diagnostico, Modelo de Dominio, Especificación de Requisitos de Software, Modelo de Procesos de Negocio con BPM, Levantamiento de Información, Acta de aceptación, Acta de Inicio, Ficha Técnica del Proyecto, Acta de Terminación del Proyecto, Proyecto Técnico, Documento de TO, Diseño conceptual de la BD, Plan de pruebas, Ayuda del sistema, Glosario de términos, Manual de instalación, Manual de usuario, Guión de contenidos, Aplicación Web, Aplicación Escritorio, Aplicación WAP, Multimedia, Portal Web, Juegos, Simuladores, Sistemas Operativos.	No
Tipo de prueba	Funcionalidad, Seguridad, Volumen, Recuperación y tolerancia a fallas, Usabilidad, Estructura, Contención, Carga, Estrés, Rendimiento, Mantenibilidad, Configuración, Instalación, Evaluación Estática.	Si
Cantidad de Documentos	0, 1, 2, 3, ..., n	No
Cantidad de Páginas	0, 1, 2, 3, ..., n	No
Doc. Cantidad CU o	0, 1, 2, 3, ..., n	No

CAPÍTULO II. INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO

requisitos Complejidad Alta		
Doc. Cantidad CU o requisitos Complejidad Media	0, 1, 2, 3, ..., n	No
Doc. Cantidad CU o requisitos Complejidad Baja	0, 1, 2, 3, ..., n	No
Cantidad Casos de Prueba Complejidad Alta	0, 1, 2, 3, ..., n	No
Cantidad Casos de Prueba Complejidad Media	0, 1, 2, 3, ..., n	No
Cantidad Casos de Prueba Complejidad Baja	0, 1, 2, 3, ..., n	No
Herramientas	Casos de Pruebas, Lista de Chequeo, Herramientas Automatizadas, Artefactos de Apoyo.	Si
Cantidad de estudiantes	0, 1, 2, 3, ..., n	No
Experiencia de los estudiantes como probadores	Alta, Media, Baja	No
Cantidad de especialistas	0, 1, 2, 3, ..., n	No
Cantidad de especialistas probadores	0, 1, 2, 3, ..., n	No

Cantidad de puestos de trabajo (PC)	1, 2, 3, ..., n	No
Especialista Funcional	Si, No	No
Especialista del Sistema	Si, No	No
Pruebas Exploratorias	Si, No	No
Duración de la Iteración	1h, 2h, 3h, ..., nh	No

Tabla 1. Rasgos, posibles valores y criterio de Multiselección de la base de casos propuesta.

Una vez identificados los elementos que integrarán la base de conocimiento, resta entonces la automatización de la misma con la ayuda de la herramienta escogida en el capítulo anterior.

2.4 Representación del conocimiento.

La Representación del conocimiento es un campo que se refiere a los mecanismos para representar y manipular información de diferentes fuentes y conocimiento los cuales convergen en esquemas de representación que deben permitir una búsqueda o realizar una operación eficiente del Motor de inferencia. Debido a que el conocimiento es importante y fundamental para el comportamiento inteligente de la Representación del conocimiento ha llegado a convertirse en una de las líneas de investigación más importantes de la IA. [37]

La forma principal de representación de conocimiento en un sistema de RBC, que es el tema que se ocupa este trabajo de investigación, son los casos. Como se comentó en el capítulo anterior, un caso es una pieza de conocimiento contextualizado que registra un episodio en que un problema o una situación problemática fueron totalmente o parcialmente resueltos. [38]

La buena selección de la Representación del conocimiento, se basa en el cumplimiento de los siguientes puntos:

- ✓ Sencilla. Fácil de modificar y manipular por procedimientos manuales o mediante técnicas automáticas.

- ✓ Fácil de modificar. Permitir la incorporación de nuevo conocimiento de forma sencilla.
- ✓ Transparente. Facilitar la detección de incoherencias y faltas de consistencia.
- ✓ Independiente. Facilitar la reutilización de sentencias, procedimientos, etc. Así como permitir, la inclusión, modificación o exclusión de una unidad de conocimiento sin que afecte al resto de la Base de conocimiento ni al resto del SE.
- ✓ Relacional. Permita establecer relaciones entre los conocimientos.

Por otra parte, en un SE, el conocimiento representado debe tener las siguientes características que mejoran la eficiencia:

- ✓ Seguro. El conocimiento almacenado debe ser aplicable y correcto.
- ✓ No redundante. Se deben eliminar las alternativas de solución que lleven al sistema a un callejón sin salida, es decir, a ninguna solución.
- ✓ Consistente. No contradictorio. Se deben eliminar las opciones que lleven al sistema a soluciones opuestas.
- ✓ Completo. Exhaustivo; cualquier problema referente al dominio acotado se debe poder resolver, por lo que se hace necesario la consideración de la existencia de varias fuentes de conocimiento y un razonamiento a varios niveles de abstracción. [39]

Tomando como base estos puntos es que se realizará la representación del conocimiento en este trabajo de investigación.

2.4.1 Red semántica de la base de conocimiento.

Para tener una mayor noción de cuáles serían las relaciones que tendrán cada rasgo representados en la base de conocimiento, fue necesario realizar la abstracción del conocimiento mediante el apoyo de una red semántica, obteniendo lo que se muestra en la Figura 1.

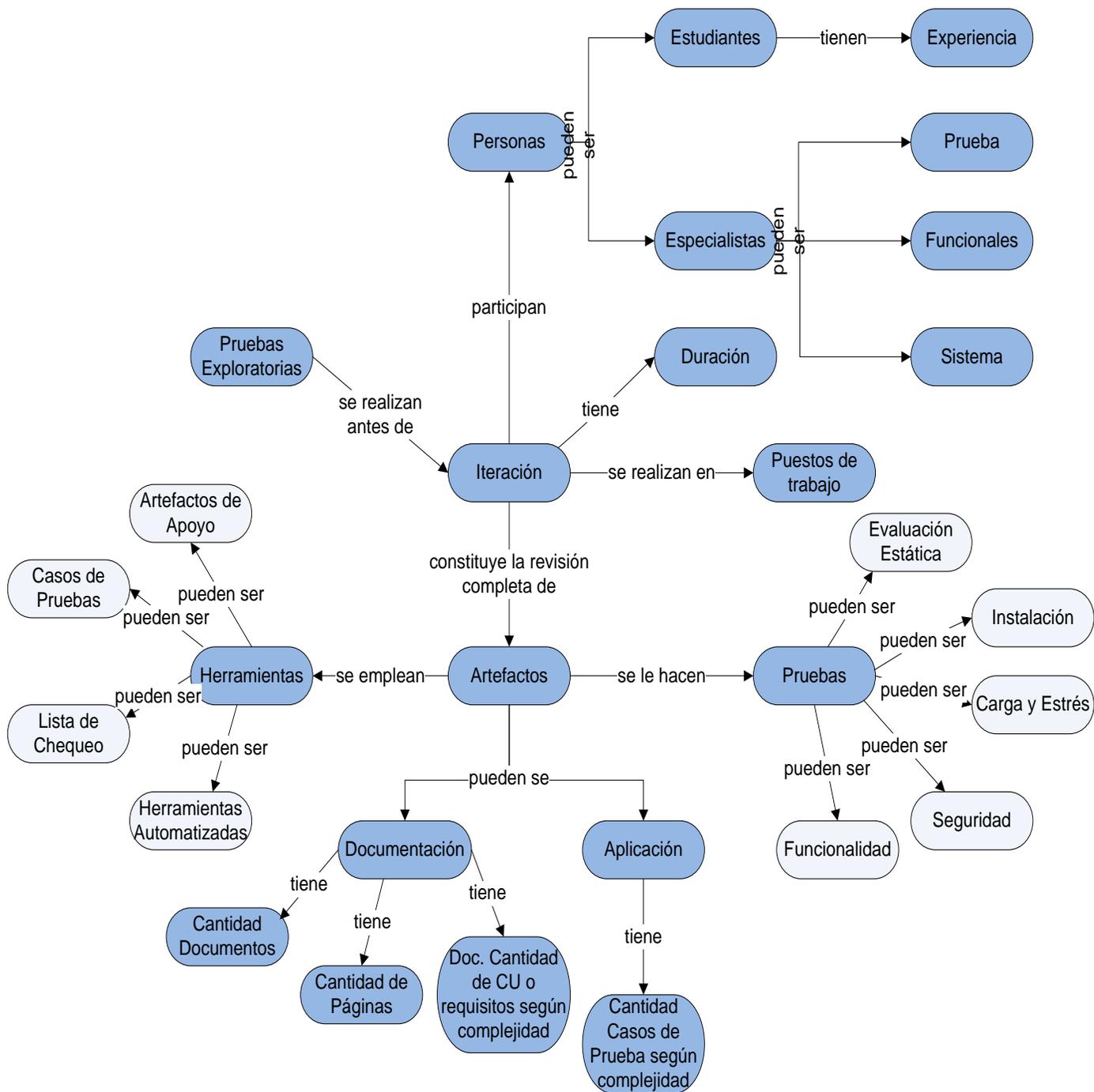


Figura 1. Red semántica de la Base de Conocimiento.

2.4.2 Implementación de la Base de Conocimiento.

Para crear la base de conocimiento y representar la información recopilada en las entrevistas formuladas en el proceso de Adquisición del Conocimiento se utilizó la herramienta SI-HOLMES y como técnica el RBC.

A continuación se muestran algunas ilustraciones de la construcción de la Base de Conocimiento propuesta, con los rasgos y sus respectivos valores, además de un ejemplo de una corrida realizada a un caso, que infiere el resultado de una situación conocida y tal inferencia pone de manifiesto un alto grado de precisión que posee la herramienta.

Proceso de creación de la BC, donde se especifica el nombre de la BC y se comienza a adicionar los rasgos que van a formar parte de la misma (Figura 2).

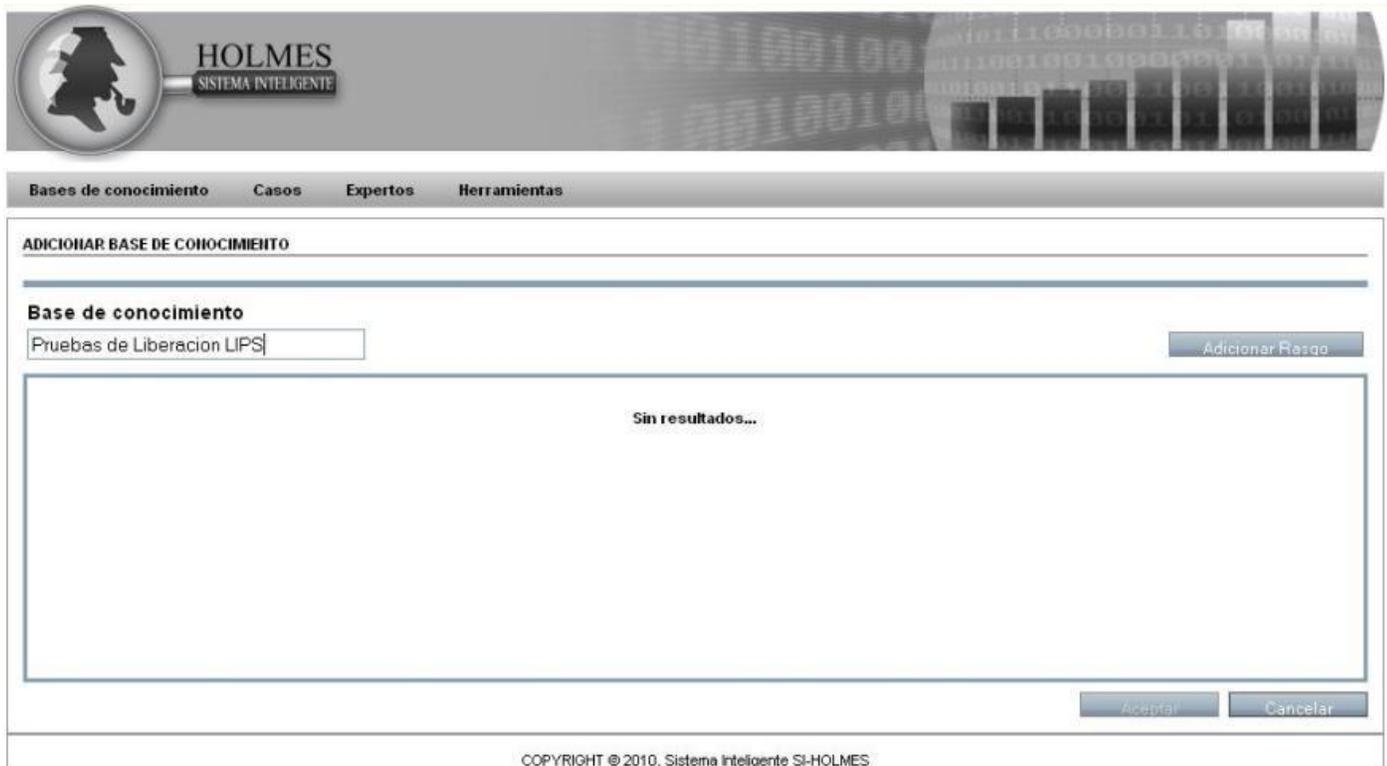


Figura 2. Creando la Base de Conocimiento.

Adición de un nuevo rasgo a la BC, especificándose el nombre, el tipo de dato (Entero, Binario, Cadena, Fecha, Flotante, Hora), criterio multivaluado, el cual se activa cuando el rasgo puede tomar más de un valor a la vez y la adición de los posibles valores que este rasgo puede tomar (Figura 3).

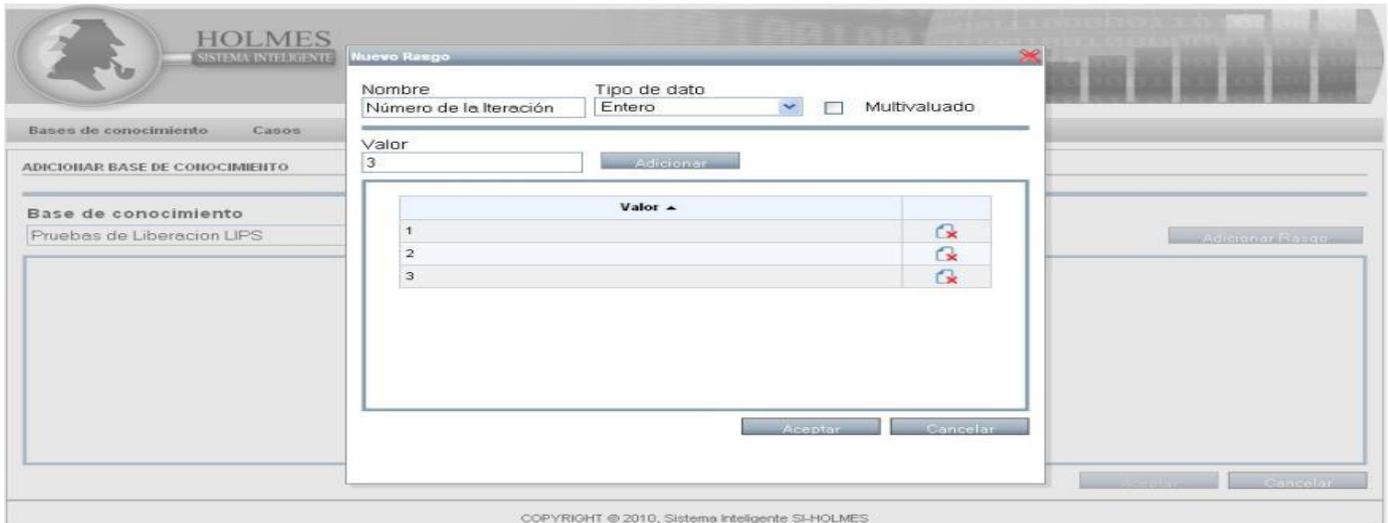


Figura 3. Añadiendo nuevo rasgo a la Base de Conocimiento.

Fase final de la adición de los rasgos a la BC, presentándose en una tabla el nombre de cada rasgo, el tipo de dato que es, el dominio (posibles valores) y el criterio de Multiselección. Además, cada rasgo tiene la opción de ser editado (Editar) o eliminado de la BC (Eliminar) (Figura 4).

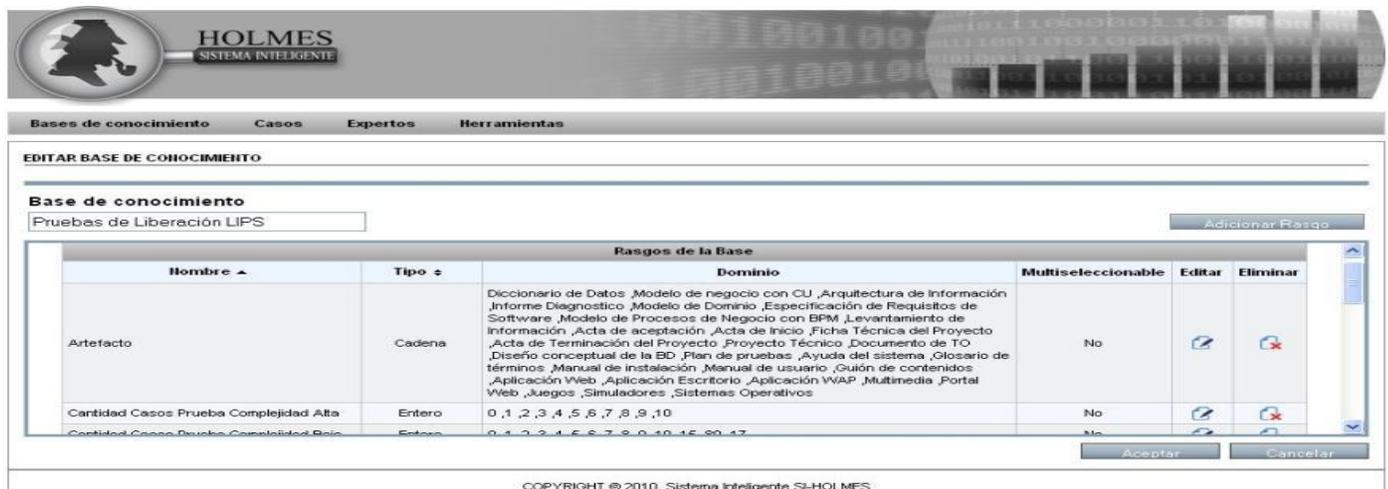


Figura 4. Base de Conocimiento con los rasgos añadidos.

Creación de un nuevo caso a la BC, de cada rasgo se selecciona el valor o valores que le corresponde dentro de los definidos en el dominio (posibles valores) (Figura 5).

ADICIONAR CASO

Nombre: Autogenerado

Hombre ▾	Multiseleccionable ⇅	Dominio	Valor(es)	Editar
Tipo de prueba	S ⇅	Funcionalidad ,Seguridad ,Volumen ,Recuperación y tolerancia a fallos ,Usabilidad ,Estructura ,Contención ,Carga ,Estrés ,Rendimiento ,Mantenibilidad ,Configuración ,Instalación ,Evaluación Estática	Funcionalidad	
Pruebas Exploratorias	No	Si ,No	Si	
Número de la iteración	No	1 ,2 ,3	1	
Herramientas	S ⇅	Casos de Pruebas ,Lista de Chequeo ,Herramientas Automatizadas ,Herramientas de Apoyo	Casos de Pruebas	

COPYRIGHT © 2010, Sistema Inteligente SI-HOLMES

Figura 5. Creando un Nuevo Caso con los rasgos y sus respectivos valores.

Listado de los casos que conforman la BC, cada uno tiene la opción de ser editado o eliminado (Figura 6).

LISTADO DE CASOS

Base de Conocimiento: Pruebas de Liberación LIPS

Casos de la Base		
Hombre ▲	Editar	Eliminar
Caso 1		
Caso 2		
Caso 3		
Caso 4		
Caso 5		
Caso 6		
Caso 7		

COPYRIGHT © 2010, Sistema Inteligente SI-HOLMES

Figura 6. Casos de la Base de Conocimiento.

Creación de un experto (caso que será inferido alguno de sus rasgos), especificándose el valor o valores que le corresponde a cada rasgo (excepto el que será inferido) dentro de los definidos en el dominio (posibles valores) (Figura 7).

CREAR EXPERTO

Experto:

Algoritmo: HEOM GOWER ARGELIO

<input type="checkbox"/>	Tipo de prueba	S	tolerancia a fallos ,Usabilidad ,Estructura ,Contención ,Carga ,Estrés ,Rendimiento ,Mantenibilidad ,Configuración ,Instalación ,Evaluación Estética	Funcionalidad
<input type="checkbox"/>	Pruebas Exploratorias	No	Si ,No	No
<input type="checkbox"/>	Número de la iteración	No	1 ,2 ,3	1
<input type="checkbox"/>	Herramientas	S	Casos de Pruebas ,Lista de Chequeo ,Herramientas Automatizadas ,Herramientas de Apoyo	Casos de Pruebas
<input type="checkbox"/>	Experiencia de los estudiantes como probadores	No	Alta ,Media ,Baja	Media
<input type="checkbox"/>	Especialista Funcional	No	Si ,No	
<input type="checkbox"/>	Especialista del Sistema	No	Si ,No	Si
<input checked="" type="checkbox"/>	Duración de la Iteración	No	1 ,1.5 ,2 ,2.5 ,3 ,3.5 ,4 ,4.5 ,5 ,5.5 ,6 ,6.5 ,7 ,7.5 ,8 ,8.5 ,9 ,9.5 ,10	

Inferir Cerrar

COPYRIGHT © 2010, Sistema Inteligente SI-HOLMES

Figura 7. Creando un Nuevo Experto con sus valores por rasgo.

Inferencia dada por el sistema experto, especificándose el nombre del rasgo que se inferió, el valor inferido, los diez casos más similares al experto y la distancia entre el experto y estos casos (Figura 8).



Figura 8. Inferencia dada por la herramienta.

Comparación del caso más similar al experto, donde se puede observar las diferencias o similitudes que existen entre los dos casos (Figura 9).

The screenshot shows the HOLMES SYSTEMA INTELIGENTE interface. A central window titled 'Caso 3' is open, displaying a comparison table between 'Caso 3' and 'Exp1'. The table lists various attributes (Rasgo) and their corresponding values for both cases. Some values are marked with a question mark, indicating missing or unknown data.

Rasgo	Caso 3	Exp1
Número de la Iteraci...	?	1
Artefacto	Aplicación Web	Aplicación Web
Tipo de prueba	Funcionalidad	Funcionalidad
Cantidad de Document...	?	?
Cantidad de Páginas	?	?
Doc. Cantidad CU o r...	?	?
Doc. Cantidad CU o r...	?	?
Doc. Cantidad CU o r...	?	?
Cantidad Casos Prueb...	0	0
Cantidad Casos Prueb...	?	0
Cantidad Casos Prueb...	89	17
Herramientas	Casos de Pruebas	Casos de Pruebas

The background interface includes a sidebar with 'Bases de conocimiento', 'CREAR EXPERTO', and 'Inferir' options. A 'CERAR' button is visible at the bottom right of the comparison window.

Figura 9. Comparación del caso más próximo al experto creado.

De esta forma queda desarrollada la base de conocimiento propuesta, la cual está compuesta por diez casos, todos son reales, obtenidos del trabajo de los especialistas en el LIPS. A medida que se realicen otras iteraciones de pruebas en el LIPS se irán añadiendo más casos a la base de conocimiento, ya que mientras más caso contenga, la inferencia dada será más cercana a la realidad.

Capítulo III: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

Toda nueva propuesta debe pasar un proceso de prueba y perfeccionamiento; los métodos de predicción posibilitan predecir el comportamiento de un evento específico de la propuesta de solución. En la presente investigación se utiliza el método Delphi, basado en el criterio de especialistas.

3.1 Método Delphi.

Su nombre se inspira en el antiguo oráculo de Delphos, parece que fue ideado originalmente a comienzos de los años 50 en el seno del Centro de Investigación estadounidense RAND Corporation por Olaf Helmer y Theodore J. Gordon, como un instrumento para realizar predicciones sobre un caso de catástrofe nuclear. Desde entonces, ha sido utilizado frecuentemente como sistema para obtener información sobre el futuro.

Linston y Turoff definen la técnica Delphi como un método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo.

Este método consiste en la selección de un grupo de especialistas a los que se les pregunta su opinión sobre cuestiones referidas a acontecimientos del futuro. La capacidad de predicción del método se basa en la utilización sistemática de un juicio intuitivo emitido por un grupo de especialistas. El método Delphi procede por medio de la interrogación a especialistas con la ayuda de cuestionarios, a fin de poner de manifiesto convergencias de opiniones y deducir eventuales consensos. La encuesta se lleva a cabo de una manera anónima por lo que la calidad de los resultados depende, sobre todo, del cuidado que se ponga en la elaboración del cuestionario y en la elección de los especialistas consultados. [40]

3.2 Validación por el método Delphi.

En la investigación se utiliza el método Delphi para la validación de la propuesta, pues mediante éste los especialistas deben predecir los resultados a alcanzar con la propuesta elaborada, lo que es muy exacto para obtener información sobre el futuro. El procesamiento estadístico de la información es la característica más importante del método que lo diferencia del resto de los métodos ya que la decisión

final que se toma es un criterio fuertemente avalado por la experiencia y conocimiento del colectivo de especialistas consultado.

A continuación se detallan los pasos necesarios para la aplicación del método al problema en cuestión, pero antes se debe mencionar los 4 aspectos que éste presenta:

1. Selección de los especialistas.
2. Elaboración del cuestionario para la validación de la propuesta.
3. Cálculo de concordancia entre los especialistas.
4. Desarrollo práctico y explotación de los resultados.

3.2.1 Selección de los especialistas.

En la investigación se considera que un experto en el tema a tratar se refiere a: “Especialistas que son capaces de brindar criterios terminantes sobre el proceso de ejecución de las pruebas de liberación en el LIPS”.

Teniendo en cuenta lo planteado anteriormente, se realiza la selección de especialistas bajo las siguientes condiciones:

- Debe ser graduado de nivel superior.
- Debe estar vinculado a la investigación y al desarrollo de la ejecución de las pruebas de liberación realizadas en el LIPS.
- Debe contar con más de tres años de experiencia en el tema.

Aunque no hay forma de determinar el número óptimo de especialista para participar en la encuesta, estudios realizados por investigadores de la Rand Corporation, señalan que si bien parece necesario un mínimo de siete especialistas, cuenta que el error disminuye notablemente por cada experto añadido hasta llegar a los siete especialistas, no es aconsejable recurrir a más de 30 especialistas, pues la mejora en la previsión es muy pequeña y normalmente el incremento en coste y trabajo de investigación no compensa la mejora, por lo que en principio se tiene en cuenta siete especialistas.

CAPÍTULO III. VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Para el proceso de selección de los especialistas se ha analizado un aspecto de interés por parte del autor de este trabajo de diploma, el nivel de competencia de los encuestados en el tema que se analiza.

Una metodología completa y sencilla para la determinación de la competencia de los especialistas la constituye la aprobada en febrero de 1971 por el comité estatal de Ciencia y Técnica de Rusia para elaboración de pronósticos científicos técnico. En esta metodología la competencia de los especialistas se termina por el coeficiente (**K**), el cual se calcula de acuerdo con la opinión del especialista sobre su nivel de conocimiento acerca del problema que se está resolviendo y con las fuentes que le permiten argumentar sus criterios.

Para determinar cuáles de los candidatos participará en la evaluación de la solución, se calculó el coeficiente de competencia K, haciendo uso de la siguiente fórmula matemática.

$$K = \frac{(Kc + Ka)}{2}$$

Donde:

Kc: Es el coeficiente de conocimiento.

Ka: Es el coeficiente de argumentación.

Para calcular el Kc y Ka se realiza una encuesta (Ver anexo 12) a los candidatos a especialistas.

Para calcular el Kc se le solicita al posible experto que de su criterio sobre los conocimientos que posee sobre el tema. Para esto se utiliza un rango del 0 al 10, considerando que 0 es no tener ningún dominio del tema y 10 es tener pleno dominio del tema. Posteriormente este valor obtenido se multiplica por 0.1 para obtener el coeficiente en un rango de 0 a 1. El experto debe marcar con una cruz (X) en la casilla que estime pertinente. El anexo 11 muestra el nivel de conocimiento de los posibles especialistas.

Para calcular Ka, el especialista candidato debe marcar según su consideración, cuáles fueron sus fuentes para la obtención del conocimiento que le permite argumentar su evaluación del nivel de conocimiento que especifica anteriormente, en el anexo 12 se puede observar dicha tabla.

En el anexo 13 se muestra los valores obtenidos por cada uno de los especialistas.

Para calcular el coeficiente de argumentación las respuestas de los especialistas se traducen a puntos según lo que muestra el anexo 14, este se calcula sumando los valores de la tabla patrón en concordancia con las respuestas dadas por los especialistas.

El código de interpretación de tales coeficientes de competencias es:

- Si $0,8 < k < 1,0$ el coeficiente de competencia es Alto.
- Si $0,5 < k < 0,8$ el coeficiente de competencia es Medio.
- Si $k < 0,5$ el coeficiente de competencia es Bajo.

En el anexo 15 se muestran los resultados obtenidos en la encuesta de autovaloración realizada a los especialistas candidatos.

Después de analizado el coeficiente de competencia de cada uno de los candidatos a especialistas, se obtuvo como resultado que ninguno de ellos tiene su coeficiente de competencia bajo o medio, por lo que los 7 están aptos para conformar el panel de especialistas. De los especialistas seleccionados todos tienen su coeficiente de competencia es alto.

3.2.2 Elaboración del cuestionario para la evaluación de la propuesta.

Para la evaluación de la base de conocimiento propuesta se utiliza el cuestionario que se observa en el anexo 16, entre sus objetivos se puede mencionar:

1. Determinar la necesidad de la propuesta para dar solución a la problemática planteada en la investigación.
2. Determinar la consistencia de la estructura de la base de conocimiento.
3. Identificar el grado de utilidad de la base de conocimiento.
4. Determinar el nivel de vinculación de la base de conocimiento propuesta con la planificación de las pruebas de liberación en el LIPS.

5. Determinar la eficacia de la base de conocimiento propuesta.
6. Determinar el nivel de completitud de la base de conocimiento.
7. Evaluación de la base de conocimiento propuesta.

En el anexo 17 se puede observar el objetivo que se satisface en cada una de las preguntas en específico.

En el cuestionario (Ver anexo 16), primeramente se solicitan los datos personales de los especialistas y posteriormente se originan siete preguntas, todas de tipo contable y permitiendo además que en cada una de las preguntas los especialistas emitan sus criterios y hagan recomendaciones con el objetivo de mejorar los resultados de la investigación.

Para analizar los cuestionarios realizadas a los especialistas se tuvieron en cuenta 2 criterios de evaluación, los criterios cualitativos (Muy útil, Bastante útil, Útil, Poco útil, Inútil) y los criterios cuantitativos ((100-90) %, (89-75) %, (74-50) %, (49-25) %, (24-0) %). A cada uno de estos criterios se les otorgó una puntuación entre 1 y 5 en dependencia de los valores asignados por los especialistas a las preguntas contestadas en el cuestionario para su posterior análisis (Ver anexo 18).

3.2.3 Cálculo de concordancia entre los especialistas.

Con el objetivo de aportarle un mayor peso al resultado de la validación se decidió determinar la concordancia de criterios entre los especialistas, haciendo uso del cálculo del coeficiente de concordancia Kendall (W).

Para el cálculo del W se emplea el programa estadístico Statistical Product and Service Solutions (SPSS) v 15.0.1, considerando como valores de entrada, los datos obtenidos como resultado de las encuestas de los especialistas.

Los valores del W deben oscilar entre 0 y 1 ($0 < W < 1$), mientras más próximos se encuentren los valores a 1, mayor será el nivel de concordancia entre los criterios de los especialistas. La concordancia se considera aceptable cuando los valores obtenidos como resultado del cálculo del W son mayores o iguales a 0.5 ($W \geq 0.5$).

CAPÍTULO III. VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Luego de obtenido el valor resultante del W, no basta con conocer si es significativamente distinto de 0, se debe realizar una de las pruebas de hipótesis para determinar que tan significativa es la concordancia.

Hipótesis:

H0: No hay concordancia (Hipótesis nula).

H1: Hay concordancia (Hipótesis alternativa).

Luego de obtenido el resultado del W debe analizarse el tamaño de la muestra (N). En dependencia de N, será el proceso que se aplique para saber cuan significativa es la concordancia entre los criterios. Si $N \leq 7$, las muestras son pequeñas y se calcula el Nivel de Significación (s), en caso de que $N > 7$, se utiliza el cálculo de Chi Cuadrado (χ^2).

Si se hace uso del “s” y su valor obtenido con el empleo del SPSS es menor que 0.05, se rechaza H0 y se considera el valor de W como significativo. En caso de ser necesario el cálculo de χ^2 por presentar más de 7 criterios, debe tenerse en cuenta que si el valor de χ^2 es mayor que 0.05, entonces se rechaza la H0 y se considera significativo el valor del W.

Cálculo del Kendall

N	7
W de Kendall(a)	0,502
Chi-cuadrado	21,069
gl	6
Sig. asintót.	0,002

El valor $N=7$ constituye el número de criterios definidos previamente. El resultado obtenido del W se encuentra en el rango de $(0.5 \leq W < 1)$, por lo que se considera aceptable y el nivel de significación (s) es

de 0.002 rechazándose la hipótesis nula, por lo que se concluye que existe una concordancia significativa entre los criterios de los especialistas.

3.2.4 Desarrollo práctico y explotación de los resultados.

Para ir almacenando los resultados aportados por los especialistas se confeccionan tablas utilizando el programa "Microsoft Office Excel 2007". A continuación se muestra los gráficos y porcentajes obtenidos por cada uno de los objetivos establecidos.

Necesidad de la base de conocimiento.

En la pregunta uno de la encuesta se le da cumplimiento a este objetivo, donde los especialistas responden de forma cualitativa en cuanto a su consideración si la creación de la base de conocimiento es necesaria en la planificación de las pruebas de liberación en el LIPS. El anexo 21 muestra el resultado obtenido.

Consistencia de la estructura de la base de conocimiento.

A este objetivo se le da cumplimiento en la pregunta dos de la encuesta, donde el especialista debe de responder en qué medida considera que la estructura de la base de conocimiento es la adecuada. Los resultados alcanzados se muestran en el anexo 22.

Grado de utilidad de la base de conocimiento.

La pregunta tres responde a este objetivo, donde los especialistas responden de forma cualitativa el grado de utilidad le confiere al funcionamiento de la base de conocimiento. Los resultados alcanzados se muestran en el anexo 23.

Nivel de vinculación de la base de conocimiento.

La pregunta cuatro de la encuesta, brinda respuesta a este objetivo, aquí los especialistas tienen que seleccionar según sus conocimientos en qué medida considera que si se aplica un Sistema Experto que utilice la base de conocimiento propuesta se obtendrá una mejor planificación del proyecto. Los resultados obtenidos se muestran en el anexo 24.

Eficacia de la base de conocimiento.

La pregunta cinco responde a este objetivo, los especialistas responden de forma cualitativa En qué medida considera que los rasgos definidos constituyen características necesarias para lograr que la base de conocimiento produzca un resultado óptimo, los resultados alcanzados se muestran en el anexo 25.

Nivel de completitud de la base de conocimiento.

La pregunta seis da cumplimiento a este objetivo, aquí los especialistas deben dar sus respuestas de forma cuantitativa en cuanto a si considera que el rasgo Duración de la Iteración constituye información importante en la planificación de las pruebas de liberación en el LIPS. Los resultados alcanzados se pueden observar en el anexo 26.

Todos los especialistas concuerdan en la opinión que la base de conocimiento tiene un nivel de completitud entre 100 y 90 por ciento, llegando a tener un 100 por ciento de aceptación por los especialistas.

Evaluación de la base de conocimiento.

La pregunta siete da cumplimiento a este objetivo, aquí los especialistas deben dar sus respuestas de forma cuantitativa en cuanto a qué evaluación le daría finalmente a la base de conocimiento desarrollada. Los resultados alcanzados se pueden observar en el anexo 27.

Todos los especialistas avalan la base de conocimiento entre 100 y 90 por ciento, llegando a tener un 100 por ciento de aceptación por los especialistas.

3.2.5 Resultados finales.

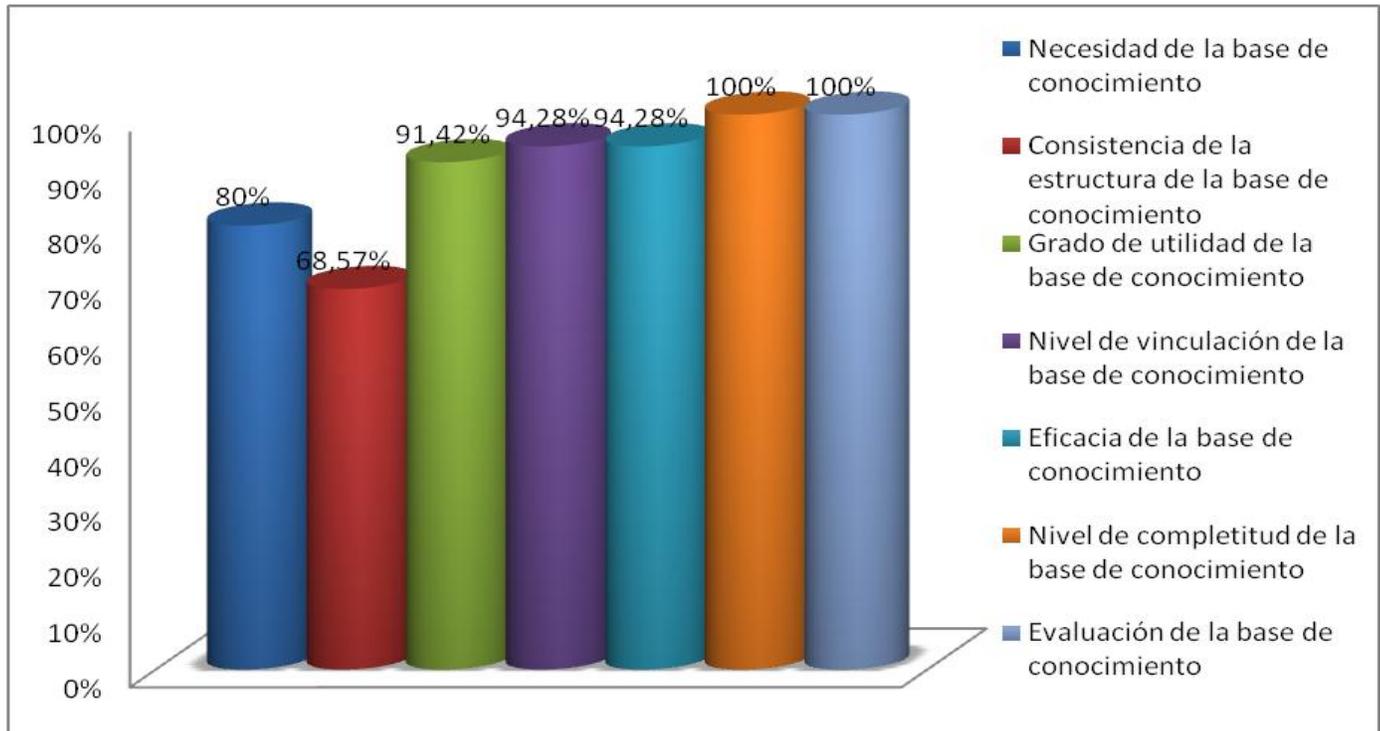
El porcentaje de respuestas de los especialistas a cada uno de los objetivos propuestos fue positivo, los resultados generales se pueden observar en el próximo gráfico, pero antes es necesario tener en cuenta los siguientes resultados:

- El objetivo “Necesidad de la base de conocimiento” es el segundo objetivo con menor porcentaje debido a que dos de los especialistas percibieron una necesidad media de la misma, sin embargo,

CAPÍTULO III. VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

en la pregunta referida a la evaluación de la base de conocimiento todos los especialistas plantean que la misma está evaluada entre 100 y 90 por ciento, por lo que el porcentaje faltante no es significativo en la validación.

- El objetivo “Consistencia de la estructura de la base de conocimiento” es el objetivo con menor porcentaje debido a que cinco de los especialistas percibieron una consistencia de la estructura de la base de conocimiento “Media”, sin embargo, en la pregunta referida al nivel de completitud de la base de conocimiento, que hace referencia a si la base de conocimiento está completa, todos los especialistas plantean que la misma tiene un nivel entre 100 y 90 por ciento, por lo que el porcentaje faltante no es significativo en la validación.



Se concluye que los criterios más importantes considerados por los expertos son: evaluación, nivel de completitud, eficacia, nivel de vinculación y grado de utilidad de la base de conocimiento. Estos criterios fueron evaluados satisfactoriamente por los especialistas obteniendo una evaluación en la escala de 4.6 a 5, de un máximo de 5 puntos, representando un 92% y un 100% respectivamente.

3.3 Aplicación de la base de conocimiento.

La calidad de los resultados depende, sobre todo, del cuidado que se ponga en la entrada de los datos a la base de conocimiento y que exista una buena cantidad de casos con todas las posibles combinaciones que puedan existir, ya que esto influye decisivamente en la exactitud de los resultados.

Por lo temprano que se encuentra el proceso de desarrollo de la base de conocimiento, no se cuenta con una vasta cantidad de casos, por lo que puede darse el caso que el resultado de la inferencia no coincida con lo real.

El objetivo principal es que los especialistas al inferir puedan tener resultados cercanos a los reales acerca de la prueba de liberación que se va a realizar.

Luego de desarrollada la base de conocimiento, se llevó como propuesta al LIPS, donde los especialistas hicieron una revisión de la misma. Se acordó además aplicarla a iteraciones de pruebas ya realizadas para comparar los resultados y ver cuán confiables serían los datos obtenidos.

A continuación se infiere el tiempo de ejecución de dos iteraciones de pruebas de liberación, y se muestra claramente paso a paso la evolución del mismo, comparando este tiempo inferido con el tiempo real de la prueba.

Iteración de prueba de liberación # 1.

Datos de entrada de la iteración de prueba de liberación # 1 que se utilizará para inferir uno de sus rasgos (Ver anexo 19).

Rasgo “Duración de la Iteración” que será inferido en esta iteración de prueba de liberación por la herramienta SI-Holmes (Figura 10).

Valores del Experto por Rasgo					
Inferir	Rasgo ▲	Multiseleccionable ⇕	Dominio	Valor(es)	Editar
<input checked="" type="checkbox"/>	Duración de la Iteración	No	1.0,1.5,2.0,2.5,3.0,3.5,4.0,4.5,5.0,5.5,6.0 6.5,7.0,7.5,8.0,8.5,9.0,9.5,10.0		

Figura 10. Iteración de prueba de liberación # 1. Rasgo a inferir

Resultados de la Inferencia.

Resultados obtenidos de la inferencia realizada a la iteración de prueba de liberación # 1 (Figura 11).



Figura 11. Iteración de prueba de liberación # 1. Resultado Inferido.

Comparando los resultados.

En la siguiente gráfica (Figura 12) se comparan, el resultado obtenido de la inferencia realizada con la herramienta SI-HOLMES, con el tiempo real una vez terminada la iteración de prueba, obteniéndose así una valoración del nivel de certeza alcanzado por la base de conocimiento.

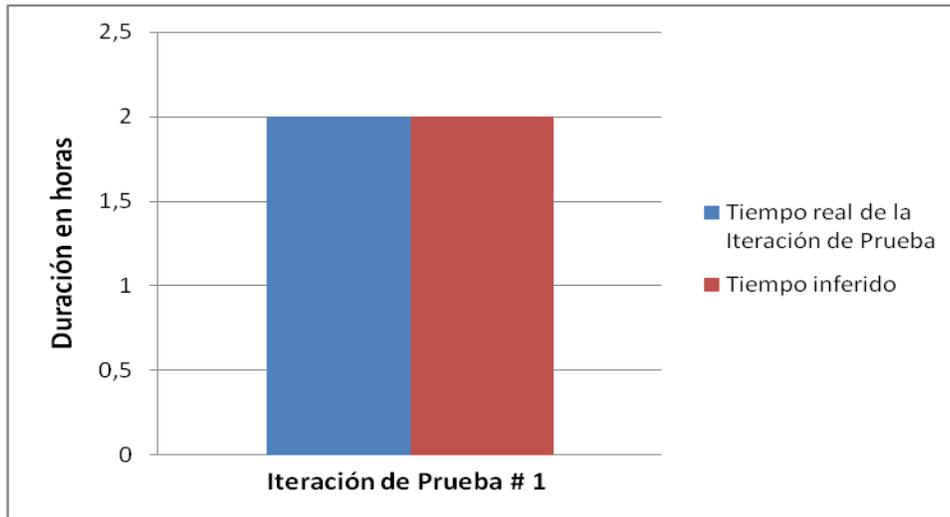


Figura 12. Iteración de prueba de liberación # 1. Gráfica de Resultado

Observaciones.

Se puede observar en esta estimación una satisfactoria coincidencia entre el tiempo real de la iteración de prueba con el tiempo inferido.

Iteración de prueba de liberación # 2.

Datos de entrada de la iteración de prueba de liberación # 2 que se utilizará para inferir uno de sus rasgos (Ver anexo 20).

Rasgo “Duración de la Iteración” que será inferido en esta iteración de prueba de liberación por la herramienta SI-Holmes (Figura 13).

Valores del Experto por Rasgo					
Inferir	Rasgo ▲	Multiseleccionable ⇅	Dominio	Valor(es)	Editar
<input checked="" type="checkbox"/>	Duración de la iteración	No	1,0,1,5,2,0,2,5,3,0,3,5,4,0,4,5,5,0,5,5,6,0,6,5,7,0,7,5,8,0,8,5,9,0,9,5,10,0		

Figura 13. Iteración de prueba de liberación # 2. Rasgo a inferir

Resultados de la Inferencia.

Resultados obtenidos de la inferencia realizada a la iteración de prueba de liberación # 2 (Figura 14).

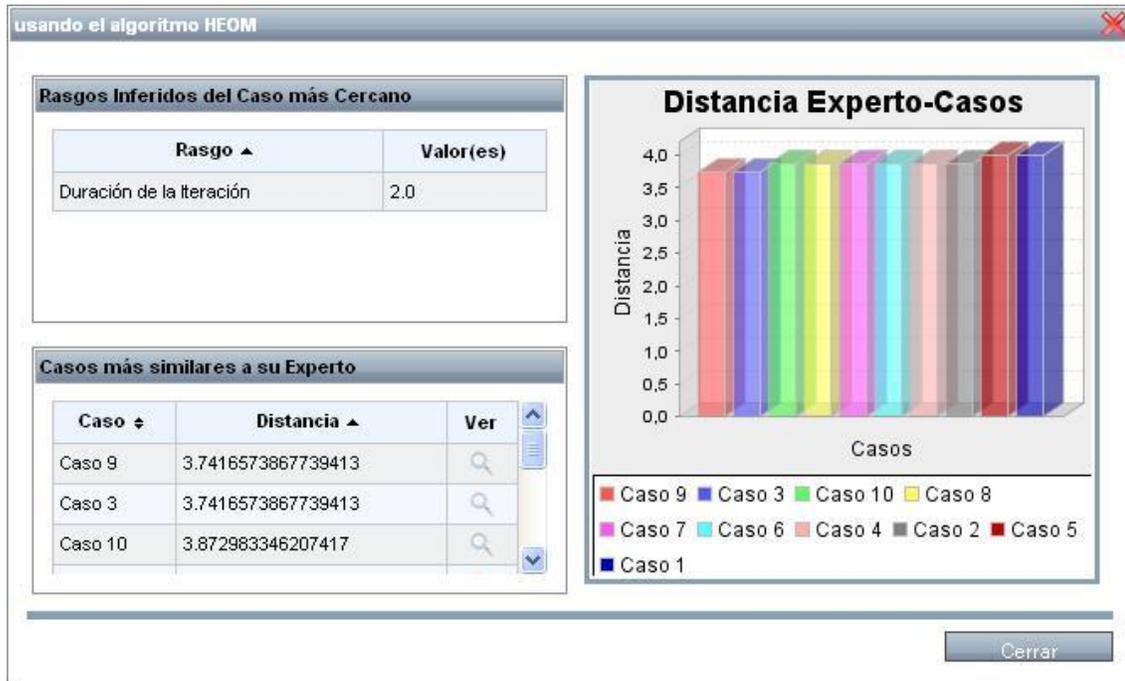


Figura 14. Iteración de prueba de liberación # 2. Resultado Inferido.

Comparando los resultados.

En la siguiente gráfica (Figura 15) se comparan, el resultado obtenido de la inferencia realizada con la herramienta SI-HOLMES, con el tiempo real una vez terminada la iteración de prueba, obteniéndose así una valoración del nivel de certeza alcanzado por la base de conocimiento.

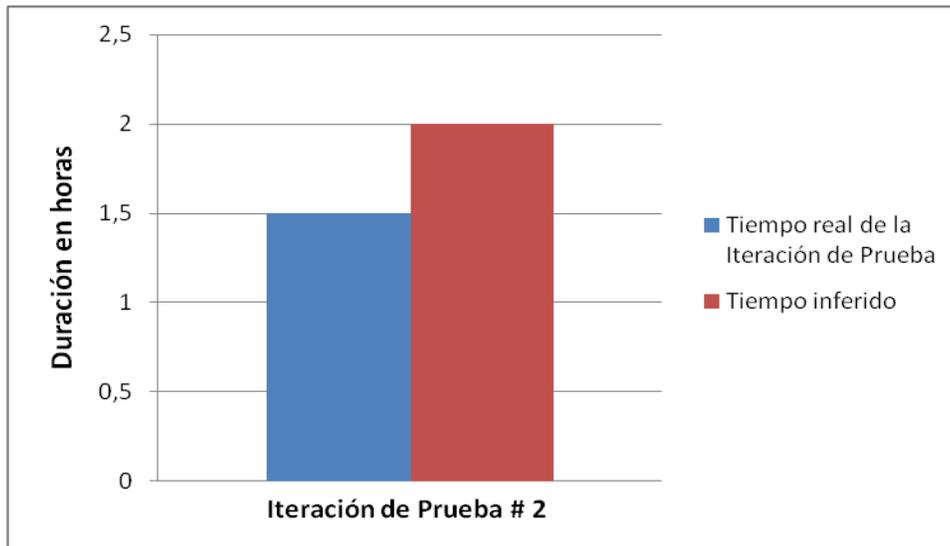


Figura 15. Iteración de prueba de liberación # 2. Gráfica de Resultado

Observaciones.

Se puede observar que entre el tiempo inferido y el tiempo real de la iteración de prueba hay una diferencia de 30 minutos. Esto es debido a que en la base de conocimiento no se encuentra ningún caso con las características de los datos que tiene este nuevo caso, por lo que el valor inferido será tomado de un caso muy cercano pero no tanto para ser preciso. Pero en términos de duración de las iteraciones de prueba los especialistas consideran que una diferencia de 30 minutos es despreciable.

Se puede concluir que las inferencias realizadas muestran un comportamiento estable, no mostrando picos exagerados, sino que los valores estimados se acercan a la realidad.

Conclusiones.

Con el desarrollo del presente trabajo se arribó a las siguientes conclusiones:

- En el transcurso del estudio del estado del arte se evidenció la aplicación de los Sistema Expertos, Bases de Conocimiento y del RBC en diferentes áreas, pero no se encontró un sistema que se utilice específicamente en la inferencia de las pruebas de liberación.
- Mediante el método Ingeniería de Conocimiento se adquirió y representó el conocimiento de los expertos en el proceso de desarrollo de las pruebas de liberación en el LIPS.
- Se desarrolló la base de conocimiento propuesta cumpliendo con la técnica, método y herramienta propuesta, permitiendo inferir cualquier rasgo que intervienen en el proceso de ejecución de las pruebas de liberación en el LIPS.
- Se validó la propuesta de solución a partir del método Delphi, obteniendo resultados satisfactorios ya que los especialistas coincidieron en que la aplicación de la base de conocimiento es necesaria para una buena planificación y toma de decisión de las pruebas de liberación en el LIPS.

Recomendaciones.

Realizado exitosamente el desarrollo de la base de conocimiento propuesta, quedan abiertas las siguientes líneas de mejora como recomendaciones para próximos cambios o actualizaciones:

- Utilizar el presente trabajo de diploma como bibliografía para posteriores investigaciones.
- Extender la base de conocimiento hacia las otras etapas de las pruebas de liberación como pruebas exploratorias y pruebas de regresión.
- Seguir de forma continua y sistemática la adición de nuevos casos a la base de conocimiento para su mayor fortaleza de inferencia.
- Estudiar la necesidad de incluir a la base de conocimiento otros rasgos que influyan en la ejecución de las pruebas de liberación en el LIPS así como otros posibles valores que estos puedan tomar.

Referencias Bibliográficas.

1. Diccionario Enciclopédico Salvat. 2002. [Consultado el: 14 de noviembre del 2010].
2. ISO International Organization for Standardization ISO 9000. 2010. [Consultado el: 14 de noviembre del 2010]
Disponible en: <http://www.iso.org/iso/en/ISOOnline.frontpage>
3. LEÓN, Z.M.P.D. 2007. Resolución No. 63/2005. La Habana. [Consultado el: 12 de enero del 2011]
4. MORA, A.M.M.C.L.D. 2003. Sistemas Expertos y Gestión de Redes. Sevilla. [Consultado el: 12 de enero del 2011]
Disponible en: http://personal.us.es/toni/_private/ExpertSystems.pdf
5. RODRÍGUEZ, M.G. 2010. Sistema Experto para el diagnóstico médico de las enfermedades genéticas con dismorfias (SEGEDIS). La Habana. [Consultado el: 13 de enero del 2011] Disponible en: http://bibliodoc.uci.cu/TD/TD_02939_10.pdf
6. Inteligencia artificial y robótica IABOT. 2010. [Consultado el: 20 de enero del 2011] Disponible en: http://www.inteligenciaartificial.cl/ciencia/software/ia/sistemase_y_redesn.htm
7. VEGA, J.J.H. 2010. Inteligencia Artificial. [Consultado el: 13 de enero del 2011] Disponible en: <http://www.oocities.com/lbfajardo/varios/pagina/ISE19.doc>
8. FERNÁNDEZ, J.M.F. 2008. Generación de Sistemas Basados en Reglas mediante Programación Genética. [Consultado el: 20 de enero del 2011] Disponible en: http://oa.upm.es/1064/1/JOSE_MARIA_FONT_FERNANDEZ.pdf
9. PIGNANI, J.M. 2009. Sistemas Expertos. [Consultado el: 21 de enero del 2011] Disponible en: <http://www.modeloingenieria.edu.ar/utnfrro/orientacion/monografias/pignani-sistemasexpertos.pdf>
10. CASTILLO, E. 1996. Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas. Universidad de Cantabria. España. [Consultado el: 2 de febrero del 2011] Disponible en: <http://personales.unican.es/gutierjm/papers/BookCGH.pdf>
11. IGNACIO, J. 1991. An Introduction to Expert System, McGraw-Hill Computer Science. [Consultado el: 2 de febrero del 2011]
12. MARQUÉZ, J.J.S. 2009. Introducción a los Sistemas Expertos. [Consultado el: 21 de noviembre del 2010]
Disponible en: <http://www.redcientifica.com/>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

13. MUNERA, L.E. 1990. Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos. Madrid. [Consultado el: 2 de febrero del 2011] Disponible en: <http://bibliotecadigital.icesi.edu.co>
14. RODRÍGUEZ, A.F.B. 2007. Sistema Experto para la clasificación de animales partiendo de sus características taxonómicas. Facultad de Ingeniería de Sistemas Universidad el Bosque. Bogotá. [Consultado el: 3 de febrero del 2011] Disponible en: <http://artemisa.unbosque.edu.co/facultades/sistemas/webinves/tesis0602/DocGutierrezBohorquez.pdf>
15. ESTRADA, G. 2004. Desarrollo y evaluación de modelos para la toma de decisiones: caracterización de la producción de anguilas (*Anguilla anguilla* L.) en sistemas intensivos. Universidad de Córdoba. [Consultado el: 3 de febrero del 2011] Disponible en: http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/desarrollo-evaluacion-modelos-toma-decisiones-caracterizacion-produccion-anguilas-anguilla-anguilla/id/49430926.html
16. RODRÍGUEZ, J.S. 2002. Sistema de apoyo en la prescripción nutricional de pacientes graves y en estado crítico utilizando razonamiento basado en casos. División de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. [Consultado el: 4 de febrero del 2011] Disponible en: <ftp://ece.buap.mx/pub/Secretario%20Academico/ACADEMIA/ASISTENCIA%20A%20EVENTOS%20ACAD%C9MICO%20Y%20PERMISOS%20TEMPORALES/CONGRESO%20SOMI%20XVIII/PDF/ing%20biomedica/MCM18149.pdf>
17. GONZÁLEZ, L.J.D.M. 2008. Técnicas de mantenimiento predictivo industrial basadas en sistemas expertos. [Consultado el: 4 de febrero del 2011] Disponible en: <http://www.cartif.es/mantenimiento/expertos.html>
18. URBANO, Y.B. 2010. Trabajo monográfico portal del conocimiento. Lima, Perú. [Consultado el: 6 de febrero del 2011] Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/34033715/Trabajo-Monografico-de-Portal-Del-Conocimiento-1>
19. TURBAN, E. 1992. Expert Systems and Applied Artificial Intelligence. New York. ISBN: 0024216658 [Consultado el: 5 de febrero del 2011] Disponible en: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=573712>
20. TURBAN, E. 1992. Expert Systems and Applied Artificial Intelligence. Capítulo 4. Adquisición y Validación del Conocimiento sección 4.2 Dominio del conocimiento. pp. 120. [Consultado el: 5 de febrero del 2011] Disponible en: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=573712>
21. LIO, D.G. 1998. Tema 2 Sistemas Basados en Reglas. Sistemas Basados en el Conocimiento. Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas [Consultado el: 10 de febrero del 2011] Disponible en: http://eva.uci.cu/file.php/455/Tema_3_Sistemas_Expertos/Bibliografia/Principal/Sistemas_Basados_en_el_Conocimiento.rar

22. SOTO, M.C. 2002. Sistema experto de diagnóstico médico del síndrome de Guillian Barre. Facultad de Ciencias Matemáticas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú. [Consultado el: 10 de febrero del 2011] Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/carlos_sm/cap1.pdf
23. HERNÁNDEZ, M.C.P. 2002. Explotación de los corpóra textuales informatizados para la creación de bases de datos terminológicas basadas en el conocimiento, vol. 18. ISSN 1139-8736 [Consultado el: 15 de febrero del 2011] Disponible en: <http://www.emagister.com/corpora-textuales-informatizados-creacion-bases-datos-terminologicas-basadas-conocimiento-cursos-771732.htm>
24. LAUDON, K.C. 2004. Inteligencia Organizacional: Razonamiento Basado en Casos. pp. 332. [Consultado el: 15 de febrero del 2011] Disponible en: <http://www.uapa.edu.do/oferta/postgrado/penums/MPC/MPC251.pdf>
25. AGUDO, M.B.D. 2002. Una aproximación ontológica al desarrollo de sistemas de Razonamiento Basado en Casos. Madrid. ISBN 84-669-1851-5 [Consultado el: 16 de febrero del 2011] Disponible en: <http://eprints.ucm.es/tesis/eis/ucm-t26195.pdf>
26. KOLODNER, J. 1993. Case-based Reasoning. San Mateo. [Consultado el: 16 de febrero del 2011] Disponible en: http://pdf.tinnier.com/books/Kolodner_Case_Based_Reasoning.html
27. AAMODT A. Y PLAZA E. 1994. Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. Artificial Intelligence Communications, 7 (1), pp. 39-59.
28. KOLODNER, J. 1996. Making the Implicit Explicit: Clarifying the Principles of Case-Based Reasoning. Case-Based Reasoning: experiences, lessons, and future directions, Leake D.B (Ed.), AAAI Press / The MIT Press, pp. 349-370.
29. LIO, D.G. 1998. Tema 8 Sistemas Basados en Casos. Sistemas Basados en el Conocimiento. Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas. [Consultado el: 16 de febrero del 2011] Disponible en: http://eva.uci.cu/file.php/455/Tema_3_Sistemas_Expertos/Bibliografia/Principal/Sistemas_Basados_en_el_Conocimiento.rar
30. LIO, D.G. 1998. Tema 5 Sistema Inteligente de Ayuda al Diseño (SIAD): una combinación de frames y reglas de producción. Sistemas Basados en el Conocimiento. Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas [Consultado el: 16 de febrero del 2011] Disponible en: http://eva.uci.cu/file.php/455/Tema_3_Sistemas_Expertos/Bibliografia/Principal/Sistemas_Basados_en_el_Conocimiento.rar

31. RODRÍGUEZ, M.G.Y RUSENKO, J.B. 2010. Sistema Experto para el diagnóstico médico de las enfermedades genéticas con dismorfias (SEGEDIS). Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana. [Consultado el: 20 de febrero del 2011] Disponible en: http://bibliodoc.uci.cu/TD/TD_02939_10.pdf
32. LIO, D.G. 1998. Tema 9 Sistema Inteligente de Selección de Información (SISI): un sistema híbrido que combina RNA y RBC. Sistemas Basados en el Conocimiento. Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas [Consultado el: 16 de febrero del 2011] Disponible en: http://eva.uci.cu/file.php/455/Tema_3_Sistemas_Expertos/Bibliografia/Principal/Sistemas_Basados_en_el_Conocimiento.rar
33. SENTÍ, V.E. 2010. Sistema Inteligente de Razonamiento Basado en Casos "SI-Holmes". Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana. [Consultado el: 20 de febrero del 2011]
34. PALOMO, M.Á.G. 2007. Modelo para la capacitación de los especialistas de pruebas de sistemas de software. Vol. 1. [Consultado el: 2 de marzo del 2011] Disponible en: <http://www.sistedes.es/TJISBD/Vol-1/No-4/articles/pris-07-garcia-mceps.pdf>
35. ROCA, M.J. 2006. GreenSQA Software Quality Assurance. [Consultado el: 20 de noviembre del 2011] Disponible en: <http://www.greensqa.com/portal/investigacion/descargas>
36. LAMANCHA, B.P. 2007. Estrategia de gestión de las pruebas funcionales en el Centro de Ensayos de Software. Vol. 3. ISSN: 1885-4486 [Consultado el: 25 de noviembre del 2011] Disponible en: <http://www.ati.es/IMG/pdf/PerezVol3Num3.pdf>
37. PADILLA, A.V. 2010. Sistema Experto para la interpretación mamográfica. México, D.F. [Consultado el: 4 de marzo del 2011] Disponible en: www.paginaspersonales.unam.mx/files/18/SEIM_TesisAVPD.pdf
38. OCHOA, A. 2007. Más allá del razonamiento Basado en Casos y una Aproximación al Modelado de Sociedades Utilizando Minería de Datos. México. [Consultado el: 5 de marzo del 2011] Disponible en: <http://campusv.uaem.mx/cicos/memorias/5totic2006/Articulos/articulo11.pdf>
39. PADILLA, A.V. 2010. Sistema Experto para la interpretación mamográfica. pp. 76-77. [Consultado el: 4 de marzo del 2011] Disponible en: www.paginaspersonales.unam.mx/files/18/SEIM_TesisAVPD.pdf
40. ASTIGARRAGA, E. 2007. El Método Delphi. [Consultado el: 5 de mayo del 2011] Disponible en: http://www.unalmed.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/PInaifi_Cuencas_Pregado/Sept_29/Metodo_delphi.pdf

Bibliografía.

K., M. y J., P. 2003. Expert systems in business: applications and future directions for the operations researcher. In I.M.D. SYST, pp. 103, 361–368.

SCHANK, R., Y ABELSON, R., 1977. Scripts, Plans, Goals and Understanding. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

SIMPSON, R., 1985. A computer model of case-based reasoning in problem solving: An investigation in the domain of dispute mediation. Technical Report GIT-ICS-85/18, Georgia Institute of Technology.

HAMMOND, K.J., 1989: Case-Based Planning: Viewing Planning as a Memory Task. Academic Press.

SYCARA, K., 1988. Using case-based reasoning for plan adaptation and repair. Procs. Case-Based Reasoning Workshop, DARPA. Florida. Morgan Kaufmann, pp. 425-434.

KOTON, P., 1989. Using experience in learning and problem solving. Massachusetts Institute of Technology, Laboratory of Computer Science, Ph.D. Thesis MIT/LCS/TR-441.

HINRICHS, T.R., 1992. Problem Solving in open worlds. Lawrence Erlbaum Associates.

BAREISS, E. R., 1988. PROTOS: A Unified Approach to Concept Representation, Classification, and learning. Ph.D. thesis, Department of Computer Science, University of Texas.

BAREISS, R., PORTER. B., Y HOLTE, R., 1990. Concept Learning and Heuristic Classification in Weak-Theory Domains, Artificial Intelligence Journal, v45 (nos. 1-2), pp. 229-264.

RISSLAND, E., 1983. Examples in legan reasoning: Legal hypotheticals. Procs. of the 8th Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI'83.

ASHLEY, K., 1991. Modeling legal arguments: Reasoning with cases and hypotheticals. MIT Press, Bradford Books, Cambridge.

ALTHOFF K.D., AURIOL E., BARLETTA R., MANAGO M., 1995. A Review of Industrial Case-Based Reasoning Tools AI Intelligence, Oxford UK.

KOLODNER, J., 1983. Maintaining organization in a dynamic long-term memory. Cognitive Science, 7, pp. 243-280

LEAKE, D. (Ed.), 1996. *Case-Based Reasoning: experiences, lessons, and future directions*. AAI Press / The MIT Press, Menlo Park, CA.

WATSON, I., 1997. *Applying Case-Based Reasoning: Techniques for Enterprise Systems*. Morgan Kaufman Publishers.