

GUECO

Sistema experto de soporte a la preparación de inteligencia del campo
de batalla

Tesis para optar por el título profesional en Ingeniería de Software

CÁRDENAS CÓRDOVA, CÉSAR GASTÓN
GONZALES CASTILLO, CRISTHIAN ALBERTO

Asesor
MAURICIO SÁNCHEZ, DAVID

Noviembre – 2012

RESUMEN

El contenido del presente documento representa la entrega parcial, para el periodo 2012-02, de la Memoria del proyecto “Sistema experto de soporte en el planeamiento estratégico militar”. En este trabajo, se aplica la metodología CommonKADS para el desarrollo de la gestión de conocimiento de un sistema basado en conocimiento, que está orientado al soporte del planeamiento estratégico militar, por medio de una plataforma web.

A continuación se describe el contenido del documento: El capítulo 1 de esta memoria presenta el marco teórico del proyecto. En esta parte, se expondrán los fundamentos de las operaciones tácticas militares, la metodología CommonKADS₁ y los sistemas basados en conocimiento (SBC). En el capítulo 2 se describe el proyecto. En este acápite, se detallará el problema, los objetivos, indicadores de éxito, alcance y beneficios. Por otro lado, también se especifica la organización del proyecto y los riesgos del mismo. En el capítulo 3 se muestra el desarrollo de los modelos contextuales CommonKADS. Entre estos se encuentran; el modelo organizacional, donde se estudia la organización para determinar el alcance del proyecto y conocer el entorno en el que se implantará; el modelo de tareas, donde se describen las características de las tareas involucradas en el proceso en el que se implantará el proyecto; y, por último, el modelo de agentes, donde se describen los agentes implicados en las tareas. El capítulo 4 contiene el desarrollo de los modelos conceptuales CommonKADS. Entre estos se encuentran el modelo de comunicación, que es donde se detalla el intercambio de información entre agentes, y el modelo de conocimiento, que es donde se modela el conocimiento que usan los agentes para la resolución de problemas. Finalizando con la metodología CommonKADS, en el capítulo 5 se abarca todo lo concerniente con el modelo de diseño del software. Además, se explica la arquitectura del sistema de forma detallada. En el capítulo 6, se listan los requerimientos solicitados por el cliente a través de las historias de usuario. Por último, en el capítulo 7 se explica cómo se ha ido desarrollando el proyecto a lo largo de sus iteraciones. Seguidamente, se encuentran los anexos a los que se hace referencia dentro del documento. El final de docu-

mento expone la bibliografía que se utilizó como ayuda para el desarrollo del sistema.

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	13
I	CONTEXTO DE LA TESIS	15
2	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS	17
2.1	Declaración del problema	17
2.2	Objetivo general de la tesis	18
2.3	Objetivos específicos de la tesis	18
2.4	Beneficios y Justificación	19
2.5	Plan de trabajo	20
3	MARCO TEÓRICO	21
3.1	Fundamentos de las operaciones tácticas	21
3.2	Sistemas basados en conocimiento	22
3.3	Precedentes históricos de los sistemas basados en conocimiento	23
3.4	CommonKADS	26
II	MODELOS COMMONKADS	31
4	MODELO CONTEXTUAL	33
4.1	Modelo de la organización	33
4.1.1	OM-1: Problemas y oportunidades	33
5	MODELO CONCEPTUAL	35
5.1	Modelo de Conocimiento	35
6	MODELO DE DISEÑO	37
6.1	37
III	VALIDACIÓN Y CONCLUSIONES	39
7	VALIDACIÓN	41
8	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1	Problemas y posibles causas	18
Cuadro 2.2	Plan de trabajo	20
Cuadro 4.1	Problemas y oportunidades	34
Cuadro 7.1	Cuadro de elecciones Sistema Experto – Experto Humano	43
Cuadro 7.2	Formulas de índices de confiabilidad . . .	43
Cuadro 7.3	Índices de confiabilidad de <i>Gueco</i>	44

ÍNDICE DE FIGURAS

LISTA DE TAREAS PENDIENTES

Volver a escribir esto: no cuadra con una tesis	13
Acá poner acerca del PICB de los calcos, cuadernos usa-	
dos, etc.	17
Revisar esta parte. Debe ir en otro cap	18
arreglar esto en todo lo que diga ... <i>planificación militar</i> . . .	19
Detallar que significa semana,etc	20
Cambiar-enfocar estrategia por operaciones o maniobra .	33
FALTA, todo	35

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia mundial, las estrategias militares han estado presentes y en muchas ocasiones han sido un factor primordial en el rumbo de los pueblos. Por ejemplo, en la Batalla de Poitiers el ejército de Carlos Martel estableció una defensa sólida que les proporcionó la victoria, a pesar de contar con inferioridad numérica de soldados, obligando a los musulmanes invasores a retirarse y preservando el cristianismo como la fe dominante en Europa¹. En el Perú, la operación Chavín de Huántar, llevada a cabo el 22 de Abril de 1997, permitió el rescate de 71 rehenes secuestrados por el MRTA . Esto demuestra que la correcta aplicación del planeamiento estratégico, dentro del campo militar, puede salvar muchas vidas, tanto de soldados como civiles.

Volver a escribir esto: no cuadra con una tesis

Por otro lado, en el Comando Operacional, el planeamiento de operaciones militares es un proceso largo y complejo. En el que se requiere la intervención de varios expertos y la recolección de información precisa. Sin embargo, esto muchas veces no es posible, debido a que los expertos deben rotar anualmente de diferentes departamentos. Asimismo, algunas veces la información utilizada en el planeamiento está desactualizada, impidiendo que los cálculos sean correctos y precisos. Para solucionar este problema, se propone la construcción de un sistema experto, que brinde soporte en el planeamiento estratégico militar, para un caso determinado. Este software, contará con el conocimiento base del Plan Verde² y de la Doctrina del Estado Mayor. Además, el sistema permitirá la autenticación del usuario y mostrará las opciones según su rol, que puede ser Administrador o Experto.

El sistema propuesto, determinará los procedimientos militares a llevar a cabo en una determinada situación (escenario).

¹ Cfr. Calliope 21 2011.

² Nombre clave de un plan asociado al experto militar que asesora la presente investigación.

INTRODUCCIÓN

Esto, tomando en cuenta variables como: el clima, el terreno, cantidad de soldados y armamento. El sistema experto brindará soporte durante el análisis de una misión, haciendo que se reduzca la complejidad y el plan de la misma se realice con mayor rapidez. Además, permitirá el almacenamiento de diferentes escenarios de batalla con su respectivo análisis para posteriores consultas.

Parte I

CONTEXTO DE LA TESIS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS

2.1 DECLARACIÓN DEL PROBLEMA

Durante el proceso de la Preparación de Inteligencia del Campo de Batalla (PICB) se requiere la presencia de expertos en el planeamiento estratégico militar, para el diseño, desarrollo y ejecución de las operaciones militares. Actualmente, se tiene enfocado los esfuerzos en la elaboración del *Plan Verde*¹, documento donde se establecen las operaciones tácticas a llevar a cabo en caso de una invasión de *Negro*². Debido a la importancia del contenido de dicho documento, la presencia de errores debe ser nula. Sin embargo, la posibilidad de error está siempre presente por diversos motivos, por ejemplo: si el especialista no pudo transmitir su conocimiento eficientemente o por un error humano producido por el agotamiento, un mal cálculo u otro motivo asociado a la condición humana.

En el cuadro 2.1 se listan los problemas que pueden ocasionar error en el planeamiento estratégico con sus posibles causas.

Problemas identificados	Causas
Respuesta lenta por parte del experto	<ul style="list-style-type: none">■ Los expertos humanos sufren de agotamiento físico, haciendo que se retrasen en el diseño de sus estrategias.■ Al analizar un escenario complejo el experto necesita más tiempo para el análisis.

Acá poner acerca del PICB de los calcos, cuadernos usados, etc.

¹ Nombre clave de un documento de operaciones tácticas, usado como fuente de información durante el desarrollo de la tesis

² Nombre clave de un hipotético país hostil.

Problemas identificados	Causas
Ausencia del experto humano	<ul style="list-style-type: none"> ■ El experto puede estar realizando otra misión. ■ El experto podría estar enfermo.
Error del experto humano	<ul style="list-style-type: none"> ■ Error al realizar los cálculos, analizar la situación o emocionalmente no se encuentra apto para realizar su labor.
Conocimiento incompleto	<ul style="list-style-type: none"> ■ Parte del conocimiento es obtenido empíricamente. ■ El experto sólo domina un tipo de estrategia.

Cuadro 2.1: Problemas y posibles causas

2.2 OBJETIVO GENERAL DE LA TESIS

El principal objetivo de la tesis es desarrollar un software que permita a un experto militar, que participa en la PICB, ser asistido en dicho proceso. Dicho software será un sistema de cómputo capaz de procesar información acerca de un escenario de conflicto, emitiendo una serie de consejos acerca de las maniobras posibles a ejecutar.

Revisar esta parte. Debe ir en otro cap

Esta tesis se desarrolla en el marco del Plan Tenacidad³, es decir, todo lo que implique el desarrollo (contexto de organización, base de conocimiento, zonas de conflicto de análisis, reglas de inferencia y soporte software necesario) estarán en la linde del plan antes mencionado, buscando cubrir lo descrito en él.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE LA TESIS

Los objetivos específicos de *Gueco*, se fijaron con la intención de proveer una visión general acerca de las partes del problema.

³ Para el presente trabajo, el asesor militar proveyó el contexto de un caso práctico (planificación militar) denominado para esta tesis como *Plan Tenacidad*

- OE1 Formalización de conocimiento del experto militar en reglas para inferencia.
- OE2 Ofrecer un mecanismo basado en mapas digitalizados.
- OE3 Diseño de una base de conocimiento extensible.
- OE4 El sistema experto ofrecerá resultados con una confianza mayor que 0,85.
- OE5 Poder almacenar el conocimiento de diversos expertos militares.

2.4 BENEFICIOS Y JUSTIFICACIÓN

La justificación de esta tesis se centra en crear una herramienta útil para un experto militar que participa en la PICB. Dicha justificación se sostiene en los beneficios que se presentan a continuación:

Beneficios tangibles

- B1 Reducción de errores en el diseño de los calcos.
- B2 Reducción de costos, al no requerir cosas físicas como hojas de calco, marcadores, mapas impresos, entre otros.
- B3 Base de escenarios preparado para ser consultados.
- B4 Formalización centralizada⁴ del conocimiento de diversos expertos.
- B5 Servir como herramienta del experto militar en la fase de planificación.
- B6 Ser un medio para documentar aspectos de la planificación militar.

Beneficios intangibles

- B7 Disminución de la complejidad de las actividades de la PICB.

Los objetivos específicos descritos previamente cubren los beneficios mencionados, los mismos en los que se encuentra fundamentada la utilidad y proceso de elaboración de esta tesis.

arreglar esto en todo lo que diga ...planificación militar

⁴ Es decir, contenida en un mismo lugar, en un mismo servidor.

2.5 PLAN DE TRABAJO

Detallar que significa semana, etc

Para el desarrollo de la tesis se planteó el plan de trabajo 2.2, cubierto en dos ciclos académicos con 15 semanas de trabajo cada uno.

Hitos	Semana
Metodología CommonKADS	
Captura de información	4
Modelo de organización	4
Modelo de tareas	6
Modelo de agentes	8
Modelo contextual	8
Modelo de comunicaciones	9
Modelo de conocimiento	10
Modelo conceptual	11
Fase de diseño	
Esquema de desarrollo	12
Prototipos de interfaces gráficas de usuario	14
Metodología CommonKADS	
Modelo de artefactos	14
Fase de desarrollo	
Desarrollo de base de conocimiento	18
Desarrollo de base de datos	19
Manejo de usuarios	20
Manejo de lista de escenarios	23
Edición de escenario y mapa	26
Integración con motor de inferencia	28

Cuadro 2.2: Plan de trabajo

MARCO TEÓRICO

3.1 FUNDAMENTOS DE LAS OPERACIONES TÁCTICAS

El contexto que un estratega del ejército tiene que analizar al momento de tomar una decisión es dada por el escenario, el cual puede ser un conflicto armado, un conflicto civil, un desastre natural, un rescate, entre otros. Para cada escenario se toman en cuenta factores que afectan a las acciones que se lleven a cabo, siendo los principales: el terreno, el clima y la capacidad armada de ambos bandos. Cada factor, identificado y definido con las características que posee, brinda información valiosa al estratega, quien se vale de dicho conocimiento del entorno para aplicar su capacidad en la toma de decisiones de las acciones que deben ser ejecutadas para actuar sobre el problema y reducir el daño que este puede causar. El soporte tecnológico que brinda asistencia en temas relacionados a la aplicación de un conocimiento concreto, que partiendo de unas premisas definidas y a través de un razonamiento formalizado llega a conclusiones.

En una situación de conflicto, los Comandantes aplican ciertos fundamentos o normas en el planeamiento y ejecución de operaciones tácticas. Esto les permite optimizar el desempeño de sus Fuerzas Militares.¹

El éxito de un combate no depende únicamente de la tecnología armamentística, sino también de los recursos humanos con los que se cuenta. Por lo que el adiestramiento y la moral de los soldados es un factor que podría definir el resultado de la batalla.²

Por otro lado, las condiciones del lugar donde se desarrolla el enfrentamiento ofrecen oportunidades para emplear eficazmente las armas, líneas de comunicación, y direcciones de acercamiento que facilitan la aplicación del poder de combate. Por

¹ Ref. Asesores de *Gueco* 2012.

² Ref. Asesores de *Gueco* 2012.

eso, los Comandantes deben aprovechar cualquier ventaja que ofrezcan el terreno, las condiciones meteorológicas, el espacio aéreo y el tiempo³. Para esto, se deben llevar a cabo acciones de reconocimiento que, además de brindar información sobre factores del medio ambiente, proveen datos del enemigo; como ubicación, armamento y cantidad de soldados.⁴

3.2 SISTEMAS BASADOS EN CONOCIMIENTO

Los sistemas basados en conocimiento son aplicaciones que buscan imitar las actividades de un experto humano en un ámbito definido de su actividad. No pretenden recrear un pensamiento humano sino la experiencia a través de los conocimientos de varios expertos que incorporan su experiencia al sistema. Son el resultado de un largo proceso de investigación en el área de la Inteligencia Artificial en la década de los 70, cuando se estudió la capacidad de un programa para resolver problemas, en los que no se encuentran esquemas lógicos, sino en el conocimiento que estos representan⁵.

Durante la década de los 80 se desarrollaron métodos que servían para modelar sistemas basados en el conocimiento, basados en los trabajos de conocimiento de Allen Newell, investigador en informática y psicología cognitiva. Estos métodos se diferencian por la estructura que proponen para representar y analizar el conocimiento, el nivel de detalle de la tarea y su relación con el código ejecutable, coincidiendo en la elaboración del modelo conceptual capaz de describir el conocimiento del sistema.

Inicialmente el desarrollo de sistemas de conocimiento estaba dirigido por el paradigma de desarrollo por prototipos y de representación del conocimiento a través de reglas de producción, en muchos casos usando hardware y software de propósito especial, como CLISP⁶ o PROLOG⁷. Se buscaba elaborar un estándar para ingeniería del conocimiento y sistemas de conocimiento con el cual se pudieran construir de manera que fueran sistemas industriales de calidad.

³ Ref. Asesores de *Gueco* 2012.

⁴ Ref. Asesores de *Gueco* 2012.

⁵ Cfr. Labraña et al. 2012.

⁶ Ref. <http://www.clisp.org/summary.html>

⁷ Ref. <http://www.visual-prolog.com>

3.3 PRECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS SISTEMAS BASADOS EN CONOCIMIENTO

A comienzos de los años 50, Alan M. Turing publicó su trabajo *Inteligencia y Funcionamiento de las Máquinas* con el fin de demostrar hasta qué punto las máquinas pueden desarrollar inteligencia. En estos años se dieron varias definiciones de lo podría considerarse como inteligencia en una máquina, hasta concluir con lo que actualmente se denomina *Inteligencia Artificial*. La definición de Elaim Reich: La inteligencia artificial es el estudio de como hacer que los ordenadores hagan cosas que, en estos momentos, hace mejor el hombre. La definición de Alexander Sporl (1971): En su obra "Sporls-Computerbuch": Bajo Inteligencia entiendo la capacidad de un ser vivo o una máquina de ordenar informaciones, extensas observaciones, experiencias, descubrir interrelaciones para abstraer de esta forma cosas y poderlas ligar entre sí. Uno de los primeros sistemas expertos se llamo Dendral y era capaz de calcular o descubrir hechos relativos a la estructura molecular a partir de unos datos químicos sin elaborar. Otros sistemas expertos famosos son MYCIN que diagnostica enfermedades de la sangre y que sugiere un tratamiento y PUFF, un sistema similar para enfermedades de pulmón. En el año 1950 el campo de la automática recibe un gran impulso cuando Wiener desarrolla el principio de la retroalimentación. La teoría de la retroalimentación es base fundamental de los sistemas de control. En 1955 Newell y Simon desarrollan la Teoría de la lógica. Este desarrollo permitió desarrollar un programa que exploraba la solución a un problema utilizando ramas y nudos, seleccionando únicamente las ramas que más parecían acercarse a la solución correcta del problema. En 1956, se celebra una conferencia en Vermont (USA) de gran trascendencia en el desarrollo de la I.A. John McCarthy propone por primera vez el uso del término "Inteligencia Artificial" para denominar el estudio del tema. En 1957, aparece la primera versión de "The General Problem Solver" (GPS, Solucionador general de problemas), un programa capaz de solucionar problemas de sentido común pero no problemas del mundo real como diagnósticos médicos. El GPS utilizaba la teoría de la retroalimentación de Wiener. En 1958 McCarthy anuncia su nuevo desarrollo el lenguaje LISP (LISt Procesing), el lenguaje de elección para todos aquellos desarrolladores inmersos en el estudio de la IA. En 1963, el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) recibe una subvención de 2,2 millones de dóla-

res del gobierno de los Estados Unidos en concepto de investigación en el campo de la IA. De esa forma, se comprueba la importancia que el Gobierno concede a la investigación dentro de ese campo. En 1965 aparece DENDRAL, el primer sistema experto. Es en ese año cuando Feigenbaum entra a formar parte del departamento de informática de Stanford. Allí conoció a Joshua Lederberg, el cual quería averiguar cual era la estructura de las moléculas orgánicas completas. El objetivo de DENDRAL fue estudiar un compuesto químico. El descubrimiento de la estructura global de un compuesto exigía buscar en un árbol las posibilidades, y por esta razón su nombre es DENDRAL que significa en griego "árbol". Antes de DENDRAL los químicos solo tenían una forma de resolver el problema, era tomar unas hipótesis relevantes como soluciones posibles, y someterlas a prueba comparándolas con los datos. La realización de DENDRAL duró más de diez años (1965-1975). Se le puede considerar el primer sistema experto. En 1965 también se empezaron a utilizar técnicas para la resolución de problemas que se caracterizaban por la búsqueda heurística como modelo para la resolución de problemas, y con ellas comenzó la investigación y desarrollo de los sistemas expertos. En 1972, en la Universidad de Standford se desarrolla MYCIN, sistema experto dentro del campo de la medicina para diagnóstico de enfermedades infecciosas en la sangre. MYCIN se trataba de un sistema experto para el diagnóstico de enfermedades infecciosas. Desde los resultados de análisis de sangre, cultivos bacterianos y demás datos, el prog rama era capaz de determinar, o en lo menos, sugerir el microorganismo que estaba causando la infección. Después de llegar a una conclusión, MYCIN prescribía una medicación que se adaptaba perfectamente a las características de la persona, tales como el peso corporal de este. Al mismo tiempo, Davir Marr propone nuevas teorías sobre la capacidad de reconocimiento visual de las diferentes máquinas. En 1972 aparece el lenguaje PROLOG basado en las teorías de Minsky. En 1973 se desarrolla el sistema experto llamado TIERESIAS. El cometido de este sistema experto era el de servir de intérprete entre MYCIN y los especialistas que lo manejaban, a la hora introducir nuevos conocimientos en su base de datos. El especialista debía utilizar MYCIN de una forma normal, y cuando este cometiera un error en un diagnóstico (hecho producido por la falta o fallo de información en el árbol de desarrollo de teorías) TEIRESIAS corregiría dicho fallo destruyendo la regla si es falsa o ampliándola si es eso lo que se necesita. En 1979

aparece XCON, primer programa que sale del laboratorio Su usuario fue la Digital Equipment Corporation (DEC). El cometido de XCON sería configurar todos los ordenadores que saliesen de la DEC. El proyecto presentó resultados positivos y se empezó a trabajar en el proyecto más en serio en diciembre de 1978. En abril de 1979 el equipo de investigación que lo había diseñado pensó que ya estaba preparado para salir, y fue entonces, cuando se hizo una prueba real, esperando resolver positivamente un 95 % de las configuraciones, este porcentaje tal alto se quedó en un 20 % al ser contrastado con la realidad; XCON volvió al laboratorio, donde fue revisado y a finales de ese mismo año funcionó con resultados positivos en la DEC. En 1980 se instauró totalmente en DEC. Y en 1984, el XCOM había crecido hasta multiplicarse por diez. El XCOM supuso un ahorro de cuarenta millones de dólares al año para la DEC. Entre los años 80 a 85 se produce la revolución de los Sistemas Expertos. En estos 5 años se crearon diversos sistemas expertos como el DELTA, de General Electric Company, para la reparación de locomotoras diesel y eléctricas. "Aldo en Disco" para la reparación de calderas hidroestáticas giratorias usadas para la eliminación de bacterias. Se crearon multitud de empresas dedicadas a los sistemas expertos como Teknowledge Inc., Carnegie Group, Symbolics, Lisp Machines Inc., Thinking Machines Corporation, Cognitive Systems Inc. formando una inversión total de 300 millones de dólares. Los productos más importantes que creaban estas nuevas compañías eran las "máquinas Lisp", que se trataba de unos ordenadores que ejecutaban programas LISP con la misma rapidez que en un ordenador central, y el otro producto fueron las "herramientas de desarrollo de sistemas expertos". En 1987 XCON empieza a no ser rentable. Los técnicos de DEC tuvieron que actualizar XCOM rápidamente llegándose a gastar más de dos millones de dólares al año para mantenimiento y algo parecido ocurrió con el DELTA..También en 1987 aparecieron los microordenadores Apple y compatibles IBM con una potencia parecida a los LISP. El software se transfirió a máquinas convencionales utilizando el lenguaje C lo que acabó con el LISP. A partir de los 90 y con el desarrollo de la informática, se produce un amplio desarrollo en el campo de la IA y los sistemas expertos, pudiéndose afirmar que estos se han convertido en una herramienta habitual en determinadas empresas en la actualidad. La evolución histórica de los métodos utilizados en el desarrollo de los sistemas expertos también se ha producido a medida que se ha ido desarrollando

la IA y los diferentes métodos que se han empleado para su resolución. El desarrollo de lenguajes como LISP y PROLOG condicionaron esa evolución, así como investigaciones en diversos campos relacionados. Los primeros sistemas expertos que se desarrollaron en los años 60 eran capaces de resolver solo problemas basados en situaciones determinadas ,mediante sistemas de reglas. Es a partir de los 70 cuando se empiezan a resolver problemas basados en situaciones inciertas, basados en medidas difusas al principio y en redes probabilísticas con posterioridad

3.4 COMMONKADS

Como se detalla en Henao Cálad 2001, CommonKADS es la metodología que permite detectar las oportunidades en las organizaciones donde se desarrollan y aplican recursos de conocimiento; así, proporciona herramientas para la gestión del conocimiento de la organización. También da métodos para llevar a cabo un análisis detallado de las tareas y los procesos en los que se aplica el conocimiento. Otra cualidad es que toma en cuenta tanto la experiencia como las estructuras de información que existen en la organización ya que refleja la influencia de paradigmas como el análisis y el diseño estructurado, la teoría de las organizaciones, la orientación por objetos, la gerencia de calidad y la reingeniería de procesos. También facilita el desarrollo del sistema, donde permite obtener las especificaciones y los requerimientos de un problema y su solución. Esta metodología fue conocida inicialmente como KADS (Knowledge Acquisition Designer System) porque se buscaba un método para la adquisición del conocimiento en el proceso de construcción de un sistema basado en conocimiento. Después se amplió el proyecto a la construcción de una metodología completa debido a los buenos resultados que obtuvo y fue así como paso a ser CommonKADS, la cual empieza desde el análisis de la organización hasta la gestión del proyecto. CommonKADS se basa en un ciclo de vida donde el desarrollo se divide en una serie de fases con un orden predeterminado. En cada fase debe llevarse a cabo actividades distintas y la final de cada fase se obtiene documentos, informes, diseños o programas para poder pasar a la otra fase. Las fases principales de esta metodología son:

ANÁLISIS enfocado a entender el problema. Los documentos que se deben obtener de esta fase son: documento del pro-

yecto, de los requerimientos, del modelo conceptual y de viabilidad.

DISEÑO para una descripción física en la que se especifican los componentes del sistema, también se hace una descripción de su comportamiento.

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA que considera tanto la integración del software como su adaptación en la organización.

USO para entender el manejo del sistema y los resultados que proporciona.

Los modelos de CommonKADS son estructuras de requerimientos del sistema de conocimiento, que partiendo de diferentes aspectos sirven para describir el conocimiento de la solución de problemas. Siendo estos modelos:

MODELO DE LA ORGANIZACIÓN (OM) Analiza la organización.

OM-1 Identificación de los problemas y oportunidades en la organización, orientados al conocimiento.

OM-2 Descripción de los aspectos de la organización que tienen impacto o están afectados.

OM-3 Descripción del proceso desde el punto de vista de las tareas que lo conforman.

OM-4 Descripción del componente de conocimiento del modelo de la organización y sus principales características.

OM-5 Documento de viabilidad de la decisión.

MODELO DE TAREA (TM) Describe a un nivel general las tareas que son realizadas en el entorno de la organización, proporcionando la distribución de tareas entre agentes.

TM-1 Descripción de las tareas dentro del proceso objetivo.

TM-2 Especificación del conocimiento empleado por una tarea.

MODELO DE AGENTE (AM) Un agente es un ejecutor de una tarea que puede ser humano, software o cualquier otra entidad capaz de realizarla. En este modelo se describen las competencias, características, autoridad y restricciones para actuar que poseen los agentes.

AM-1 Formulario agente.

MODELO DE COMUNICACIONES (CM) Detalla el intercambio de información entre los diferentes agentes involucrados en la ejecución de las tareas descritas en el modelo de tarea. Los formularios de estos modelos son:

CM-1 Especificación de las transacciones que participan en el diálogo entre dos agentes en el modelo de comunicaciones.

CM-2 Especificación de los mensajes y la información que forman una transacción individual dentro del modelo de comunicaciones.

MODELO DEL CONOCIMIENTO (EM) Este es el modelo principal de la metodología CommonKADS y modela el conocimiento de resolución de problemas empleado por un agente para realizar una tarea. El modelo de la experiencia distingue entre el conocimiento de la aplicación y el conocimiento de resolución del problema. El conocimiento de la aplicación se divide en tres subniveles: nivel del dominio (conocimiento declarativo sobre el dominio), nivel de inferencia (estructuras genéricas de inferencia) y nivel de tarea (orden de las inferencias).

Estos modelos están clasificados en tres niveles, los cuales segmentan el proceso de elaboración del sistema experto en fases que cubren la descripción del contexto en el que se desarrolla, el conocimiento involucrado con aquello que se requiere modelar y la parte técnica referente al desarrollo del sistema. Dichos niveles son:

NIVEL DEL ENTORNO Relaciona la información del entorno del sistema de conocimientos. Implica tener conocimiento del contexto de la organización, su ambiente y de los factores críticos de éxito que corresponden al sistema. En este nivel se encuentran los modelos Organizacional, de Tareas y de Agentes.

NIVEL CONCEPTOS Especifica lo que se quiere modelar. Es necesario tener modelos que presenten la descripción conceptual del modelo aplicado a una tarea y los datos que son manejados y entregados por un sistema. En este nivel se tiene el modelo de conocimientos y el de comunicación.

NIVEL DE COMPONENTES Identifica los aspectos técnico de programación y de construcción en el ordenador. En este nivel está el modelo de diseño.

Los modelos de experiencia y agentes proporcionan los requisitos de entrada que guiarán la implementación del sistema a través del modelo de diseño. CommonKADS también plantea una serie de consideraciones para la gestión del proyecto de conocimiento formada por cuatro actividades:

REVISIÓN Revisa el estado actual del proyecto y se definen los principales objetivos para el siguiente ciclo. Este es el primer estado de cada ciclo.

RIESGO Identifica los obstáculos que se pueden presentar en el desarrollo del proyecto y que pueden impedir que se cumpla con los objetivos definitivos.

PM-1 Identificación y valoración de los riesgos del proyecto.

PLAN Se hace un plan detallado para el siguiente ciclo. Cuenta con el formulario:

PM-2 Como describir el estado del modelo como un objetivo a ser alcanzado en el proyecto.

SEGUIMIENTO Registra los cambios o resultados obtenidos.

CommonKADS es importante dentro de las organizaciones porque ofrece un marco para la especificación del conocimiento independiente de la implementación, combinando un conjunto de modelos de conocimiento reutilizable. Además propone un ciclo de vida en donde se indican las fases, las actividades y los productos más relevantes para un proyecto de desarrollo de un sistema basado en conocimientos.

Una de las principales cualidades de CommonKADS es el planteamiento del desarrollo de modelos que reflejan diferentes vistas del proyecto. Entre ellos se resalta el modelo de conocimiento en el que las partes que lo conforman son independientes del dominio. Los modelos que propone la metodología permiten reflejar diferentes visiones fundamentales en el sistema, desde el punto de vista de la empresa hasta la forma como éste se diseña. Esta metodología es muy amplia, todos los aspectos que se necesitan para llevar a cabo un buen proyecto de desarrollo de un sistema basado en conocimientos, desde el estudio del problema hasta la implantación del software y su gestión.

Parte II

MODELOS COMMONKADS

MODELO CONTEXTUAL

4.1 MODELO DE LA ORGANIZACIÓN

4.1.1 OM-1: Problemas y oportunidades

Problemas	Oportunidades
Los expertos humanos sufren de agotamiento físico, haciendo que se retrasen en el diseño de sus operaciones.	Un sistema informático no sufre agotamiento físico.
Al analizar un escenario complejo el experto necesita más tiempo para el análisis y podría cometer un error al realizar los cálculos o analizar la situación.	Un sistema experto sigue estrictamente un proceso de inferencia, sin errar en la aplicación del conocimiento.
El especialista podría no estar disponible por enfermedad u otras labores encargadas.	El sistema informático podría estar desplegado en más de una instancia, con redundancia de datos, ofreciendo alta disponibilidad de la base de conocimiento.
El conocimiento es incompleto, debido a que el experto solo domina un tipo de estrategia y parte del conocimiento es obtenido empíricamente.	La base de conocimiento puede ser elaborada por muchos expertos.

Cambiar-
enfocar estrategia por operaciones o manio-
bra

Problemas	Oportunidades
Cuando el plan establecido para una misión varía el conjunto operacional tarda en enterarse de esos cambios.	El sistema puede realizar el envío a distintos dispositivos.

Cuadro 4.1: Problemas y oportunidades

MODELO CONCEPTUAL

5.1 MODELO DE CONOCIMIENTO

En esta sección se especifican los requerimientos sobre el conocimiento y los procesos de razonamiento que un experto aplica para la resolución de un problema. El *modelo de conocimiento* distingue entre el conocimiento de la aplicación y el conocimiento de resolución del problema. El conocimiento de la aplicación se divide en tres subniveles:

FALTA, todo

NIVEL DEL DOMINIO Conocimiento declarativo sobre el dominio, compuesto por los factores¹.

NIVEL DE INFERENCIA Biblioteca de estructuras genéricas de inferencia, para la integración con C Language Integrated Production System (CLIPS).

NIVEL DE TAREA (orden de las inferencias).

Este modelo describe el conocimiento que tiene un determinado agente y que es relevante para la realización de una determinada tarea, además de describir la estructura del mismo en función de su uso.

Los aspectos que definen las reglas vienen dados por el terreno, la meteorología y el enemigo de la misión. Con el diseño de la base de conocimiento como soporte para las inferencias, se procederá a analizar el escenario mediante un proceso deductivo. Así por ejemplo, se tienen reglas como “Si existen precipitaciones intensas, con temperatura tropical en una estrategia ofensiva, entonces hay un efecto negativo en el armamento enemigo”. Para el diseño de la base de conocimiento, de las reglas y hechos que la componen, se usarán los siguientes aspectos, los cuales fueron proporcionados por el experto.

¹ Manejo de escenarios,

6

MODELO DE DISEÑO

6.1

Parte III

VALIDACIÓN Y CONCLUSIONES

VALIDACIÓN

El análisis de los escenarios consiste esencialmente en partir de los objetos identificados en un lugar geográfico (siendo este lugar el terreno), como las condiciones climáticas que se presentan en ese escenario y las características de ambos bandos en conflicto. El análisis realizado a un escenario identifica, por un lado, condiciones intermedias presentes en dicho escenario¹, así como el tipo de estrategia a seguir, si en caso los aspectos que describen el escenario así lo permiten inferir en el proceso de evaluación del mismo. Los que se expone en este capítulo se basa en los enfoques de validación presentados por O'Leary 1988.

Los aspectos son considerados como un reflejo de todo aquello que afecta a los escenarios, agrupados en cuatro grandes grupos: terreno, condiciones meteorológicas, condiciones del enemigo y aliado. Así mismo, los aspectos del escenario permiten valorar el efecto que tienen las condiciones en conjunto, es decir, la influencia que recibe el análisis cuando un aspecto actúa en conjunción con otro.

La validación del sistemas experto Gueco es un proceso en el que se precisa la confiabilidad del análisis hecho para obtener las condiciones y estrategia a seguir ante los aspectos que un escenario presenta. Los criterios para evaluar la calidad del proceso de análisis de un escenario se basan en los estudios sobre sensibilidad, la especificidad y la potencia de predicción de dicho análisis.

Se define como sensibilidad a la capacidad del análisis realizado a un escenario para encontrar las condiciones y estrategia adecuadas a los aspectos de los escenarios en los que en realidad se aplican las condiciones y estrategia en estudio, es decir, la proporción de aciertos o condiciones y estrategia positivas, identificados como tales por el análisis del escenario en evalua-

¹ Como la superioridad o inferioridad bélica, efecto de las condiciones climáticas, capacidad de movilidad de las tropas, entre otros aspectos.

ción respecto a las conclusiones del experto humano. Por otro lado, se entiende por especificidad a la capacidad del análisis de un escenario para desechar a aquellas condiciones y estrategias que no son representados por los aspectos de los escenarios en los que en realidad no deben aplicarse dichas condiciones y estrategia en estudio, es decir, aquellas condiciones y estrategia que son negativos verdaderos (no aplicables al escenario en cuestión).

Para completar las pruebas de validez de análisis, se determina la potencia o valor predictivo; este valor indica la probabilidad de que en un escenario se apliquen las condiciones y estrategia en estudio cuando el resultado del análisis provisto por el sistema experto expresa dichas condiciones y estrategia. Una prueba con un valor predictivo positivo de 0,8 indica que de cada 100 escenarios evaluados en los que se concluye ciertas condiciones y estrategia como positivas, 80 de ellas tienen las condiciones y se aplica la estrategia planteada, y se detecta una proporción de 0,1 de positivos falsos. Una prueba con valor predictivo negativo de 0,9 indicaría que de 100 escenarios evaluados con un resultado en el que no se recomienda una estrategia dada, 90 de ellas carecen de las condiciones para concluir dicha estrategia, y la proporción de 0,1 restante sería negativos falsos. El valor predictivo se encuentra estrechamente vinculado a los índices de sensibilidad y especificidad del análisis de escenarios.

Se elaboró para la prueba un cuadro de confiabilidad, en el cual cada A_i representa una estrategia, donde cada A_i de la fila es la elección del sistema experto y cada A_i de la columna es la elección del experto militar; de esta manera, cada A_{ij} es la cantidad de escenarios que el sistema experto concluyó A_i y el experto humano, A_j . El cuadro 7.1 es un modelo de registro sobre el cual se aplicarían los índices de confiabilidad mostrados en el cuadro 7.2, donde la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo están representados por las letras S, E, VPP y VPN, respectivamente.

Para elaborar las pruebas de *Gueco*, se prepararon 56 escenarios distintos, en los que se cubren las 8 estrategias ofensivas que el sistema experto puede concluir. En el cuadro 7.3 se muestra los resultados obtenidos al evaluar al sistema experto *Gueco* en contraste con las conclusiones del experto militar.

Los hallazgos al analizar la muestra de escenarios indican que, para la selección de alguna estrategia ofensiva, el sistema experto *Gueco* presenta un equilibrio aceptable entre sensibili-

		Experto Humano			
		A_1	A_2	\cdots	A_n
Sistema Experto	A_1	A_{11}	A_{12}	\cdots	A_{1n}
	A_2	A_{21}	A_{22}	\cdots	A_{2n}
	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
	A_n	A_{n1}	A_{n2}	\cdots	A_{nn}

Cuadro 7.1: Cuadro de elecciones Sistema Experto – Experto Humano

$$S_i = \frac{A_{ii}}{\sum_{p=1}^n A_{pi}} \quad E_i = \frac{\sum_{p,q \in ([1,n] - \{i\})} A_{pq}}{\sum_{p=1}^n A_{ip} + \sum_{p,q \in ([1,n] - \{i\})} A_{pq} - A_{ii}}$$

$$VPP_i = \frac{A_{ii}}{\sum_{p=1}^n A_{ip}} \quad VPN_i = \frac{\sum_{p,q \in ([1,n] - \{i\})} A_{pq}}{\sum_{p=1}^n A_{pi} + \sum_{p,q \in ([1,n] - \{i\})} A_{pq} - A_{ii}}$$

Cuadro 7.2: Formulas de índices de confiabilidad

dad (0,86) y especificidad (0,98), debido a que estas proporciones indican que de 100 estrategias ofensivas a ser evaluadas, se identifica a 86 de los que en realidad aplicaría el experto militar y, además, discrimina a 96 como escenarios en los que no aplica una estrategia cuando verdaderamente no es aplicable. Cabe destacar que la potencia de predicción respalda unos resultados aceptables al momento de analizar escenarios en los que tanto el sistema experto como el experto militar concluyen con una afirmación positiva acerca de alguna estrategia a aplicar.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈
A ₁	4							
A ₂		6		1			2	
A ₃			7					
A ₄				5				
A ₅					7			
A ₆						7		
A ₇	2	1		1			5	
A ₈	1							7

Sensibilidad = 0,86

Especificidad = 0,98

Valor predictivo positivo = 0,89

Valor predictivo negativo = 0,98

Cuadro 7.3: Índices de confiabilidad de *Gueco*

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El presente trabajo, tuvo como primer objetivo realizar un análisis de la organización, donde se logró identificar, además del proceso en el que se ve involucrado el sistema experto, los activos del conocimiento; que pueden ser libros, manuales, ilustraciones o, incluso, la experiencia del experto en el campo en cuestión. Estos son muy importantes, ya que constituyen la fuente del conocimiento del sistema.

Posteriormente, se realizó la formalización del conocimiento; donde, en base a las fuentes identificadas, se definieron una lista de hechos, que posteriormente se emplearon para la estructuración de reglas. Esta etapa es una de las más largas, ya que, como la mayoría de las fuentes emplean un lenguaje técnico que solo un experto en el campo puede entender, se debe consultar al experto continuamente para evitar errores. Por otro lado, este proceso tiene alta criticidad, debido a que al omitir reglas o colocarlas inadecuadamente provocaría que el sistema proporcione conclusiones erróneas en algunos resultados, que luego se vean reflejados en el índice de acierto del software.

Como tercer objetivo, se planteó el diseño de la base de conocimiento, que abarca el agrupamiento de éstas, bajo ciertos criterios, y el orden en que cada uno de estos debe ser procesado. Para esta tarea, se empleó el motor de inferencia CLIPS, que facilitó en gran medida el cumplimiento de este objetivo, ya que permite agrupar las reglas en módulos y tiene estrategias definidas de resolución de conflicto; esto es, que en el caso que se puedan disparar varias reglas, determina bajo ciertos criterios el orden en que deben ser ejecutadas.

Luego, junto con el usuario, se diseñaron las interfaces gráficas. Estas debían cumplir requisitos como mostrar las notaciones y símbolos empleadas por el experto, habilitar la manipulación de objetos en un mapa para representar el escenario de batalla, entre otros.

Una vez culminadas la base de conocimiento y las interfaces gráficas, se debía elaborar los servicios que permitan la comunicación de los datos. Para esto, se empleo el lenguaje javascript de lado servidor, nodejs. Por medio de este, se logró establecer los servicios RESTful para cumplir con el objetivo planteado.

Por último, se realizó la integración de las interfaces con los servicios de comunicación. Con esto, al crear un escenario por medio de la interfaz gráfica y solicitar la evaluación del sistema experto, se transformaban los datos ingresados en hechos, que el motor de inferencia pueda reconocer, y se enviaban por medio de los servicios. Una vez halladas las conclusiones para el escenario, estas pasaban nuevamente por los servicios de comunicación para ser mostradas textualmente y representadas en el mapa.

Por otro lado, para determinar el índice de asertividad del sistema, se generaron escenarios que fueron analizados tanto por el experto como por el software, para posteriormente realizar una comparación. El proceso de validación presentó resultados aceptables acerca de la capacidad del sistema experto para analizar escenarios. Con ello, se cumple con el objetivo de una alta capacidad de análisis.

El presente trabajo se ha limitado al análisis de la misión establecida en un plan prediseñado, debido a la amplitud del problema. Además, el área de operaciones de la misión está limitada por un tamaño máximo, ya que al ser más extenso, podría darse la posibilidad que el terreno tenga múltiples climas e incluso zona horaria. Sin embargo, estas limitaciones pueden ser trabajadas posteriormente en otros proyectos, permitiendo la evolución del software y su utilidad en casos más complejos.

BIBLIOGRAFÍA

Asesores de *Gueco*. Expertos militares del centro de investigación y centro de telecomunicaciones. Entrevistas, 2012.

Calliope 21. The battle of poitiers. Disponible en <http://search.ebscohost.com.ezproxy.upc.edu.pr:2048/login.aspx?direct=true&db=f5h&AN=60804628&lang=es&site=ehost-live>, 2011.

Mónica Henao Cálad. *CommonKADS-RT: Una Mitología para el desarrollo de Sistemas Basados en el Conocimiento de Tiempo Real*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 2001.

Cecilia Labraña et al. *Marcos de Modelado en la Ingeniería del Conocimiento, CommonKADS y el Diseño de un Sistema para Nutrición y Dietética*. Universidad de Concepción, Concepción, 2012.

Daniel E. O'Leary. *Methods of Validating Expert Systems*. University of Southern California, Los Angeles, California, 1988.

ACRÓNIMOS

CLIPS C Language Integrated Production System. 35

PICB Preparación de Inteligencia del Campo de Batalla.
17-19