

Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ciencias
Escuela de Computación
Postgrado en Ciencias de la Computación



**DESARROLLO DE UN SISTEMA BASADO EN CONOCIMIENTO
PARA APOYAR AL DIAGNÓSTICO MÉDICO EN LA ESPECIALIDAD DE
OFTALMOLOGÍA EN EL INSTITUTO NACIONAL DE AERONÁUTICA CIVIL**

Trabajo de Grado presentado por
Ing. Rosmary Rabelo T.

Para optar al título de
MAGISTER EN CIENCIAS
Mención
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

Tutora:
Dra. Haydemar Núñez

Caracas, Abril de 2018



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



Comisión de Estudios
de Postgrado

VEREDICTO

Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el Trabajo de Grado presentado por: **Rosmary Rabelo Torres, Cédula de identidad N° 16.953.722**, bajo el título "**Desarrollo de un sistema basado en conocimiento para apoyar al diagnóstico médico en la especialidad de oftalmología en el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil**", a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de **MAGÍSTER SCIENTIARUM, MENCIÓN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**, dejan constancia de lo siguiente:

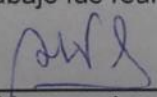
1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 22 de Marzo de 2018 a las 01:30 PM., para que la autora lo defendiera en forma pública, lo que ésta hizo en Auditorio Manuel Bemporad, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió **aprobarlo**, por considerar, sin hacerse solidario con la ideas expuestas por la autora, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado

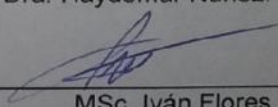
Para dar este veredicto, el jurado estimó que el trabajo examinado resulta un aporte para el Diagnóstico Médico utilizando técnicas de la Inteligencia Artificial, al presentar un sistema basado en conocimiento en la especialidad de oftalmología en el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil. Al aplicar la metodología de desarrollo se logró una aplicación Web que proporciona resultados satisfactorios desde el punto de vista de los expertos humanos.

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los 22 días del mes de Marzo del año 2018, conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como Coordinadora del jurado la Dra. Haydemar Núñez.

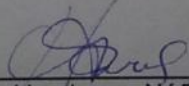
El presente trabajo fue realizado bajo la dirección de Dra. Haydemar Núñez.



Dra. Vanessa Leguizamo
C.I. 13.309.245
U.C.V



MSc. Iván Flores
C.I. 10.334.608
U.C.V



Dra. Haydemar Núñez
C.I. 5.538.772
Tutora
U.C.V



POSTGRADO EN CIENCIAS
DE LA COMPUTACIÓN
Facultad de Ciencias
Universidad Central de Venezuela

RESUMEN

En este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema basado en conocimiento para apoyar el diagnóstico médico de la especialidad oftalmología en el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil. Para ello se utilizó la metodología CommonKADS, la cual abarca todo el ciclo del desarrollo de software, mediante un número de modelos interrelacionados que capturan los principales rasgos del sistema y de su entorno. Por lo tanto, se construyó cada uno de estos modelos, a través de una serie de formularios proporcionado por la misma metodología. El modelo de conocimiento, uno de los más importantes, que establece los requisitos de conocimiento y razonamiento del sistema basado en conocimiento (SBC), se encuentra dividido entre conocimiento del dominio, conocimiento de inferencia y conocimiento de tarea. El conocimiento de dominio representa el conocimiento relevante del dominio de la aplicación, que se divide en Esquema del Dominio donde se ha definido el conocimiento que se tiene acerca del diagnóstico médico en la especialidad oftalmología y la Base de Conocimiento donde especifican las instancias, siendo lo más importante ya que representan elementos de conocimiento que son utilizados en el proceso de razonamiento. CommonKADS propone el lenguaje CML, para plasmar la especificación del modelo de conocimiento y el uso de una notación gráfica que permite no sólo la definición de las estructuras de tareas, sino también los conceptos del dominio y la definición de la dependencia de los datos entre las inferencias a través de las estructuras de inferencia. Por último, se encuentra el modelo de diseño, donde se describe la arquitectura del SBC utilizada para el desarrollo del sistema. La aplicación Web está en capacidad de: 1) almacenar de manera estructurada y organizada el conocimiento relacionado al diagnóstico médico de la especialidad oftalmología, haciendo uso de la base de conocimiento, 2) recuperar patrones de diagnóstico médico de la especialidad oftalmología que contiene la evaluaciones oftalmológica sobre los exámenes médicos y examen pre-consulta de cada paciente, 3) consultar las evaluaciones ya realizadas del personal aeronáutico. Se realizaron un conjunto de pruebas al software desarrollado en las cuales participaron expertos del dominio, obteniéndose resultados satisfactorios.

Palabras claves: diagnóstico médico, oftalmología, evaluación oftalmológica, CommonKADS.

DEDICATORIA

A mi hijo,
Por ser mi inspiración y alentarme a mejorar cada día.

AGRADECIMIENTOS

A Dios,

Por brindarnos salud a mí y a mi familia, por darme sabiduría y fuerzas para lograr las cosas que me he propuesto y permitirnos vivir cada día.

A la Universidad Central de Venezuela,

Gracias por brindarme todos los conocimientos y la formación necesaria para cumplir esta meta.

A mi tutora,

Gracias a mi tutora Haydemar Núñez, por su paciencia, por sus conocimientos, por su dedicación y por todos los aportes que permitieron que el desarrollo de este trabajo fuera posible.

A mi familia,

Por ser ejemplo de superación y demostrar que siempre están allí para formar el mejor de los equipos.

A Jean Pierre Veitia,

Por estar a mi lado en las buenas y en las malas, alegrarme, apoyarme y ofrecerme sus mejores deseos durante toda mi carrera.

Al Instituto Nacional de Aeronáutica Civil,

Por contribuir en mi crecimiento profesional y permitir desarrollar un maravilloso proyecto que será de gran utilidad para el instituto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pp.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. Contexto, Planteamiento del Problema y Objetivos	3
I.1 Diagnóstico Médico de la Especialidad de Oftalmología.....	3
I.2 Planteamiento del Problema.....	5
I.3 Antecedentes.....	6
I.4 Objetivos.....	11
I.4.1 Objetivo General.....	12
I.4.2 Objetivos Específicos.....	12
CAPÍTULO II. Sistemas Basados en Conocimiento y su desarrollo	13
II.1 Introducción a los Sistemas Basados en Conocimiento.....	13
II.2 Metodologías de Desarrollo.....	14
II.2.1 CommonKADS.....	15
II.3 Lenguaje CML.....	28
II.4 Evaluación de SBC.....	29
CAPÍTULO III. Desarrollo del Modelo de Organización, Modelo de Tareas y Modelo de Agentes	31
III.1 Modelo de Organización.....	31
III.1.1 Formulario OM-1: Identificación de los problemas y oportunidades orientadas al conocimiento de la organización.....	31
III.1.2 Formulario OM-2: Descripción de los aspectos de la organización.....	32
III.1.3 Formulario OM-3: Descomposición del Proceso de Negocio.....	37
III.1.4 Formulario OM-4: Activos de Conocimiento.....	39
III.1.5 Formulario OM-5: Análisis de Viabilidad.....	40
III.2 Modelo de Tareas.....	42
III.2.1 Formulario TM-1: Análisis de Tareas.....	42
III.2.2 Formulario TM-2: Análisis de los cuellos de botella del conocimiento.....	42

III.3 Modelo de Agentes.....	46
III.3.1 Formulario AM-1: Realiza la descripción de los agentes.....	47
III.4 Formulario OTA-1: Documentos sobre Impacto y Mejoras.....	49
CAPÍTULO IV. Desarrollo del Modelo de Conocimiento	52
IV.1 Identificación del conocimiento.....	51
IV.2 Categorías de Conocimiento.....	53
IV.2.1 Conocimiento del Dominio.....	54
IV.2.2 Conocimiento sobre Inferencias.....	73
IV.2.3 Conocimiento sobre Tareas.....	83
IV.3 Formulario KM-1: Documentación sobre el Modelo del Conocimiento para apoyar el diagnóstico médico en la especialidad de oftalmología.....	83
CAPÍTULO V. Desarrollo del Modelo de Comunicación y Modelo de Diseño.....	88
V.1 Modelo de Comunicación.....	87
V.1.1 Formulario CM-1: Transacciones que permiten dialogo entre dos agentes del modelo de comunicación.....	93
V.1.2. Formulario CM-2: Mensajes e ítems de información de una transacción en el modelo de comunicación.....	94
V.2 Modelo de Diseño	95
V.2.1 Diseño de la Arquitectura del Sistema.....	97
V.2.2 Formulario DM-1: Arquitectura del Sistema.....	108
V.2.3 Formulario DM-2: Plataforma de Implementación.....	102
V.2.4 Formulario DM-3: Especificación de los Componentes de la Arquitectura.....	103
V.2.5 Formulario DM-4: Especificación de la Aplicación sobre la Arquitectura.....	106
V.2.6 Interfaces de la Aplicación Web.....	107
V.2.7 Pruebas y Resultados.....	112
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	121
REFERENCIAS.....	124

ÍNDICE DE TABLAS

	Pp.
Tabla 1 - Formulario OM-1: Identificación de los problemas y oportunidades orientadas al conocimiento de la organización.	32
Tabla 2 - Formulario OM-2: Descripción de los aspectos de la organización.	335
Tabla 3 - Formulario OM-3: Descomposición del Proceso de Negocio	38
Tabla 4 - Formulario OM-4: Activos de Conocimiento	40
Tabla 5 - Formulario OM-5: Análisis de Viabilidad	42
Tabla 6 - Formulario TM-1: Descripción detallada de Verificar Examen Pre-consulta	43
Tabla 7 - Formulario TM-1: Descripción detallada de la tarea Realizar Examen oftalmológico.....	53
Tabla 8 - Formulario TM-1: Descripción detallada de la tarea Obtener evaluación oftalmológica.	45
Tabla 9 - Formulario TM-1: Descripción detallada de la tarea Realizar diagnóstico médico.....	46
Tabla 10 - Formulario TM-1: Descripción detallada de la tarea Otorgar Certificado Médico Piloto	47
Tabla 11 - Formulario TM-2: Especificación del Activo del Conocimiento	48
Tabla 12 - Formulario AM-1: Especificación del Activo del Conocimiento	50
Tabla 13 - Formulario OTA-1: Impactos y Mejoras.....	51
Tabla 14 - Formulario KM-1: Resumen de la documentación sobre el Modelo de Conocimiento para apoyar el diagnóstico médico de la especialidad de oftalmología.	87
Tabla 15 - Formulario CM-1: Transacciones que permiten dialogo entre dos agentes del modelo de comunicación.....	89
Tabla 16 - Formulario CM-2: Mensajes e ítems de información de una transacción en el modelo de comunicación.....	90
Tabla 17 - Formulario Caso de Uso Nivel (0)	92
Tabla 18 - Formulario Caso de Uso Nivel (1)	94
Tabla 19 - Formulario Caso de Uso Nivel (2)	96
Tabla 20 - Detalle de Especificación de los Casos de Uso	97

Tabla 21 - Formulario DM-1: Arquitectura del Sistema	101
Tabla 22 - Formulario DM-2: Plataforma de Implementación.....	102
Tabla 23 - Formulario DM-3 Especificaciones de la Arquitectura: Evaluación Médica Aeronáutica	104
Tabla 24 - Formulario DM-3 Especificaciones de la Arquitectura: Diagnóstico de la Especialidad de Oftalmología	105
Tabla 25 - Formulario DM-3 Especificaciones de la Arquitectura: Diagnóstico Medico	105
Tabla 26 - Formulario DM-4: Diseño de la Aplicación	106
Tabla 27 - Parámetros para la evaluación.	120
Tabla 28 - Resultados Del Experto y la Aplicación Web.....	128
Tabla 29 - Resultados obtenidos luego de realizar las pruebas de aceptación (tipo alfa) con dos Médicos Aeronáuticos.....	129

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pp.
Figura 1 - Arquitectura general en SBC.....	7
Figura 2 - Arquitectura de Solución Del Sistema Basado en Conocimiento para apoyar el Diagnóstico Médico en la Especialidad de Oftalmología en el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil.....	11
Figura 3 - El conjunto de modelados de CommonKADS.....	15
Figura 4 - Conjunto de modelos de CommonKADS, sus relaciones y formularios	16
Figura 5 - Ciclo de Vida en CommonKADS.....	27
Figura 6 - Organigrama del Instituto Nacional de Aeronáutica Civil (INAC).....	35
Figura 7 - Estructura de la Gerencia General de Seguridad Aeronáutica	36
Figura 8 - Modelo Conceptual del Dominio	37
Figura 9 - Porcentaje de participación temporal de cada tarea en el proceso de certificado médico.....	39
Figura 10 - Esquema de Representación de los conceptos relacionados con diagnóstico médico especialidad oftalmología	56
Figura 11 - Representación gráfica de las relaciones binarias	62
Figura 12 - Representación gráfica de tipos de reglas.	63
Figura 13 - Estructura de inferencias en el método para la tarea de valoración.	75
Figura 14 - Esquema de conocimiento de dominio en un tarea de valoración.....	76
Figura 15 - Diagrama de Inferencia para obtener Diagnóstico Médico de la Especialidad de Oftalmología en el INAC.	77
Figura 16 - Especificación gráfica de la inferencia Abstraer.....	78
Figura 17 - Especificación gráfica de la inferencia Especificar criterio.	79
Figura 18 - Especificación gráfica de la inferencia Regla de decisión	79
Figura 19 - Asociación de roles entre la inferencia Abstraer y el conocimiento del dominio.....	80
Figura 20 - Asociación de roles entre la inferencia Especificar Criterio y el conocimiento del dominio.....	87
Figura 21 - Asociación de roles entre la inferencia Regla de decisión y el conocimiento	

del dominio.....	88
Figura 22 - Diagrama de tarea de dominio.....	90
Figura 23 - Caso de Usos Nivel (0).....	91
Figura 24 - Caso de Usos Nivel (1).....	93
Figura 25 - Caso de Usos Nivel (2).....	95
Figura 26 - Arquitectura de referencia para un SBC según CommonKADS.....	99
Figura 27 - Esquema de implementación de la aplicación Web.....	103
Figura 28 - Inicio de Sesión	107
Figura 29 - Pantalla Principal.....	108
Figura 30 - Plantilla del Examen Oftalmológico	109
Figura 31 - Examen Oftalmológico con datos reales.....	110
Figura 32 - Crear Diagnóstico.....	111
Figura 33 - Diagnostico Creado.....	112
Figura 34 - Primera consulta	113
Figura 35 - Resultado de la Primera Consulta del Diagnóstico es Correcto.....	113
Figura 36 - Segunda Consulta.....	114
Figura 37 - Resultado obtenido segunda consulta.....	114
Figura 38 - Tercera Consulta.....	115
Figura 39 - Resultado obtenido tercera consulta.....	115
Figura 40 - Resultados de Comparación entre la aplicación web y el experto de conocimiento.....	124

INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Aeronáutica Civil (INAC), tiene como objetivo garantizar el desarrollo seguro y ordenado de la aeronáutica civil en Venezuela, por lo cual centra sus funciones en la aplicación de regulaciones y procedimientos en las áreas de Transporte Aéreo, Servicios a la Navegación Aérea y Seguridad Aeronáutica. El INAC, recibe diariamente gran cantidad de usuarios que recurren a los servicios que brinda, los cuales deben ser agilizados de forma óptima para su continuo desempeño operativo.

Entre los servicios que presta el INAC se puede mencionar, el servicio de renovación y otorgamiento de Certificado Médico Aeronáutico en sus diferentes clases, el cual es ejecutado por el personal médico especializado del área de Medicina Aeronáutica, en la dependencia de Licencia Aeronáutica perteneciente a la Gerencia General de Seguridad Aeronáutica. Este personal tiene como misión dar el diagnóstico médico, realizar la evaluación médica interna de los pacientes, evaluar los resultados de los exámenes médicos solicitados y analizar cada historial médico que se recibe.

En general, la duración de este servicio por paciente es de tres (3) a cinco (5) horas y en ocasiones, no se cuenta con el personal médico disponible para atender la gran cantidad de solicitudes, lo que origina demoras en atender a todos los pacientes programados para un día. Dada esta situación, reducir el tiempo de repuesta del diagnóstico médico de cada especialidad, facilitaría al personal médico la emisión de los certificados mencionados; de esta manera, la Institución podría ofrecer un servicio más efectivo para el personal aeronáutico del país.

En tal sentido, para apoyar al diagnóstico médico en la aeronáutica civil, se propone en este trabajo el desarrollo de un Sistema Basado en Conocimiento (SBC), con el fin de que el servicio de solicitud de certificado sea más eficiente y eficaz en el análisis de los resultados médicos del paciente. De esta forma, contar con un SBC para modelar el conocimiento médico según las distintas especialidades, permitiría al

jefe de medicina abarcar las áreas que no son de su especialidad y agilizar la toma de decisiones en cuanto a la acreditación de un certificado médico, brindando rapidez en los servicios para una mejor atención al usuario.

Este documento se ha estructurado de la siguiente forma:

- El Capítulo I, describe el contexto relacionado con el diagnóstico médico de la especialidad de oftalmología en el INAC, planteamiento del problema y objetivos.
- El Capítulo II, el cual presenta los conceptos y la metodología CommonKADS para el desarrollo de los Sistemas Basados en Conocimiento.
- El Capítulo III, explica cómo se aplicó la metodología de desarrollo CommonKADS para elaborar el SBC en el modelo de organización, modelo de tareas y modelo de agentes.
- El Capítulo IV, contiene el desarrollo del modelo de conocimiento del SBC donde se define el dominio del diagnóstico médico de la especialidad de oftalmología.
- El Capítulo V, describe el modelo de comunicación y el modelo de diseño del SBC. Se detalla el desarrollo de una aplicación Web, cuya finalidad es disponer de una herramienta tecnológica que permite validar la base de conocimiento del diagnóstico médico de la especialidad oftalmología en el INAC; además, se describen las pruebas y los resultados obtenidos sobre la aplicación.
- Por último, se expone las conclusiones alcanzadas y algunas recomendaciones para continuar con la investigación.

CAPÍTULO I. Contexto, Planteamiento del Problema y Objetivos

En este Capítulo se explican de manera breve el dominio relacionado con el Diagnóstico Médico de la Especialidad de Oftalmología, las dificultades que existen a la hora de realizar un diagnóstico y cómo se ideó un sistema basado en conocimiento (SBC) para apoyar el diagnóstico médico de la especialidad de oftalmología en el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil (INAC).

I.1 Diagnóstico Médico de la Especialidad de Oftalmología

El diagnóstico médico de la especialidad de oftalmología que se realiza en el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil (INAC) en el Área de Medicina Aeronáutica, se obtiene del análisis de los exámenes médicos y de la evaluación interna del paciente. Los exámenes médicos que presenta el paciente son realizados en los centros médicos autorizados por el instituto, donde el médico especialista toma en consideración los valores de visión lejana, visión cercana, visión de colores y tipo de corrección. El especialista de oftalmología realiza la evaluación interna del paciente donde verifica la tensión ocular y efectúa la inspección general para luego en base a estos resultados dar el diagnóstico final del paciente. El diagnóstico que puede emitir el médico luego de evaluar todos los valores son dos “apto” y “no apto”, dependiendo de este resultado será acreditado el paciente con un certificado médico aeronáutico indispensable para cualquier personal aeronáutico.

En la aeronáutica Civil de Venezuela, según la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela en la Regulación Aeronáutica Venezolana RAV 60 Licencias al Personal Aeronáutico (2008), un piloto, alumno piloto, piloto privado, piloto comercial, aeromoza, técnicos, operadores y todo el personal que forma parte de la tripulación de una aeronave, requiere estar en condiciones favorables de salud para obtener un certificado médico; esta condición es analizada por médicos certificados en

el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil (INAC)¹.

En la actualidad, el área de Licencia Aeronáutica, bajo la Gerencia General de Seguridad Aeronáutica, sólo tiene una sede encargada de renovar y otorgar los certificados médicos aeronáuticos, la cual está ubicada en Caracas, Dto. Capital. Para la certificación de un usuario, éste debe presentar ante la institución una serie de exámenes médicos, que son exigidos y que deben ser realizados en unidades médicas debidamente certificadas por el INAC.

Es responsabilidad de los médicos especialistas de la institución, analizar los resultados de cada usuario y dar un diagnóstico por área de medicina, la cual maneja siete (7) especialidades distintas: Otorrinolaringología, Oftalmología, Cardiología, Medicina General, Neurología, Psicología y Psiquiatría. Luego, el doctor jefe del área de Medicina analiza nuevamente las observaciones dadas por cada unidad, a partir de las cuales realiza un diagnóstico final, que aprueba o desaprueba la acreditación del certificado médico.

El solicitante que, previo examen médico y evaluación de su historia clínica, cumple con los requisitos médicos establecidos en la RAV 60 antes mencionada, tiene derecho a un certificado médico aeronáutico de la clase correspondiente, documentado en la evidencia de la exploración clínica que permita prever que tal condición será sustentable durante el periodo de validez.

Siendo más específicos, el solicitante que obtenga un resultado satisfactorio de acuerdo con las condiciones prescritas por la autoridad otorgadora de licencias, será declarado “apto” por 12 meses. Se declarará “no apto” al solicitante que no haya obtenido un resultado satisfactorio en la evaluación y el especialista debe especificar el por qué no se le otorgará éste, o si será otorgado por plazos de tiempo inferior al normativo (3 y 6 meses), explicando el motivo de la decisión. Según reglamento interno, no se debe otorgar certificados médicos por menos de 6 meses; sin embargo

¹http://www.inac.gob.ve/reglamento_inac/certificado_medico/

los doctores hacen excepciones y otorgan el certificado médico por 3 meses, en espera de una reevaluación médica en este período.

I.2 Planteamiento del Problema

Actualmente, son muchas las personas que acuden de diferentes partes del país a la sede principal del INAC, para obtener el certificado médico aeronáutico. Sin embargo, el proceso de evaluación de todas las especialidades dura de tres (3) a cinco (5) horas por paciente. Dicha duración del proceso, ocasiona demora y retraso en atender a todos los usuarios pautados para el día, recurriendo a reprogramar la cita de aquellos que no pudieron ser atendidos, provocando descontento entre los usuarios. Otro inconveniente es la inasistencia ocasional del personal médico especializado; cuando esto ocurre, el jefe de medicina es el encargado de analizar los exámenes de la especialidad que falta, además de dar el diagnóstico de la evaluación.

Basado en lo anterior, sería recomendable contar con una aplicación donde se lograra modelar y almacenar el conocimiento médico de cada especialidad. Esta herramienta generaría el diagnóstico médico de cada área permitiendo al Jefe de Medicina abarcar las distintas especialidades y agilizar la toma de decisiones en cuanto a la acreditación de un certificado médico, disminuyendo los tiempos de respuesta en atender a un paciente y permitiendo mayor capacidad de atención diaria de usuarios.

Con base en el análisis expuesto de la situación, en el presente trabajo se plantea las siguientes interrogantes: **¿Cómo conceptualizar el conocimiento del dominio médico? ¿Cómo realizar un diagnóstico a partir de este conocimiento almacenado y modelado?**

I.3 Antecedentes

En la sección anterior, se menciona la necesidad de conceptualizar y representar formalmente el conocimiento sobre el dominio de diagnóstico médico de la especialidad de oftalmología.

Ahora bien, actualmente existe un paradigma que puede ayudar en gran medida a mejorar la calidad y rapidez del diagnóstico médico del paciente, es el uso de aplicaciones inteligentes basadas en conocimiento, conocidas como Sistemas Basados en Conocimiento (SBC).

Alonso, Guijarro, Lozano, Palma, & Taboada (2004) define los SBC como, “sistemas que emulan el comportamiento humano en la resolución de un problema en determinado dominio, ofreciendo ventajas como la disminución del tiempo de resolución del problema, mantenimiento del conocimiento y formación de personal no experto en el ámbito de la aplicación”.

Para desarrollar un SBC, es necesario llevar a cabo un proceso de adquisición de conocimiento, que consiste en la transferencia y transformación de conocimiento desde fuentes como libros, hechos, expertos humanos, entre otros, hacia un programa computacional (Alonso et al, 2004).

En la resolución de problemas, los SBC llevan a cabo ciertos tipos de tareas, entre las que se pueden nombrar: tareas de síntesis (clasificación, asesoramiento, diagnóstico, entre otras), y tareas de análisis (diseño, planificación, modelado, entre otras).

Para la realización de estas tareas, los SBC hacen uso de una base de conocimiento y un motor de inferencias, siendo estos, los elementos principales de su arquitectura. Otros componentes importantes son la base de hechos, la interfaz de usuario y el módulo de explicación (Figura 1).

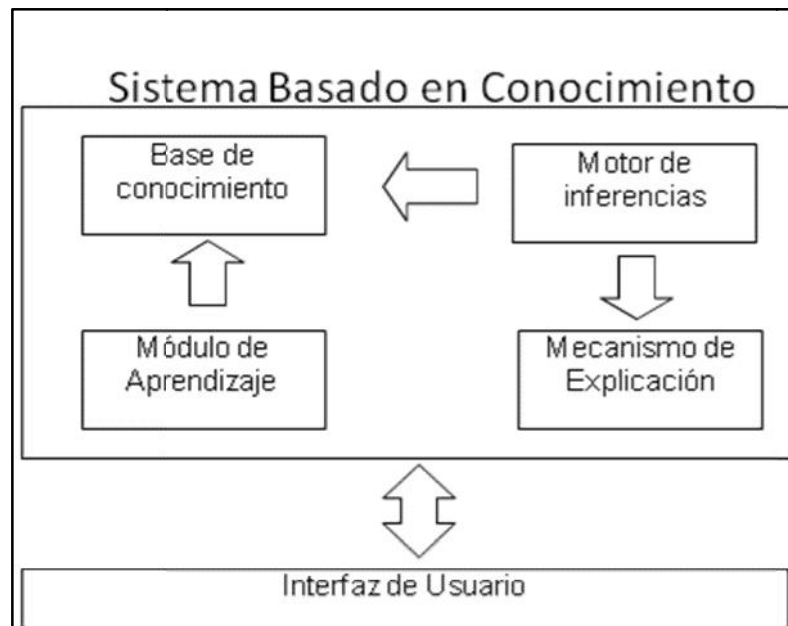


Figura 1 - *Arquitectura general en SBC.*

La base de conocimiento contiene tanto el conocimiento factual como heurístico. El conocimiento factual es el conocimiento del dominio que es compartido ampliamente, suele encontrarse en los libros y está aceptado por todos los expertos en ese campo. Por otro lado, el conocimiento heurístico es menos riguroso, basado en la experiencia y en gran parte, individual. De manera informal, se puede decir que una base de conocimiento es un conjunto de representaciones de ciertos hechos del mundo (Alonso et al, 2004).

El motor de inferencia manipula y usa la base de conocimiento para crear una línea de razonamiento, utilizando para ello los métodos de resolución de problemas. También, se encuentra el módulo de aprendizaje, el cual es opcional y se utiliza para la adquisición automática de conocimiento. Otro componente importante es el mecanismo de explicación, que explica el comportamiento del sistema y el por qué se produce una determinada solución.

Ahora, para que el conocimiento adquirido pueda ser usado en un sistema computacional, éste de alguna forma debe ser organizado y formalizado. Al momento de desarrollar este tipo de sistemas, aparte de considerar el problema a resolver desde el punto de vista del usuario, se debe hacer un cambio de perspectiva hacia el punto de vista computacional con el fin de llevar el conocimiento general del dominio hacia un nivel de implementación.

Este proceso de transformación se lleva a cabo especificando las diferentes funciones del sistema, para adecuarlas a las necesidades del usuario. El resultado de este proceso es un mapa conceptual que contiene una representación externa del conocimiento del dominio. Seguidamente, se realiza un modelado formal en el cual dicho mapa es transformado en conocimiento, representándolo simbólicamente a través de diversos formalismos. Luego de esta formalización son establecidos diferentes métodos de inferencia para manejar el conocimiento de manera eficiente y, posteriormente, se adapta a un modelo de diseño para su implementación.

Con este modelado también se determina que un sistema basado en conocimiento, visto ya como un software, sea correcto, no tenga errores, permita representar todo el conocimiento necesario y tenga la capacidad para realizar los procesos de inferencia para dar soluciones. Una explicación en detalle de los SBC y su desarrollo son abordados en el Capítulo II.

A continuación, se describen algunos trabajos que presentan desarrollos de sistemas basados en conocimiento en el área de diagnóstico médico y áreas relacionadas:

Romero y Rodríguez (2001), proponen un Sistema Experto para la formulación de dietas alimenticias por vía enteral en el ser humano (SEFDA). Este sistema formula dietas alimenticias a personas que presentan enfermedades como anemia, desnutrición proteica y calórica, diabetes, hiperlipidemias. Este conocimiento fue obtenido de los expertos nutricionistas. De esta forma, la aplicación apoya la toma de decisiones de expertos en las áreas de dietética y nutrición del ser humano.

Similar al anterior, Labraña, Salcedo, Ricardo y Farran (2002), presentan el diseño de un sistema para nutrición y dietética, basado en la metodología CommonKADS. El SBC permite obtener el diagnóstico y prescripción de patologías en el área de la Nutrición y Dietética, emulando el comportamiento del experto en esta disciplina. De esta manera, el usuario puede ser asistido por el sistema proporcionándole recomendaciones de acuerdo a protocolos de tratamientos, basado en resultados de exámenes, exámenes clínicos, historial del paciente y protocolo del tratamiento específico indicado al paciente.

Casali, Corti, D'Agostino, Siragusa (2002), proponen un sistema basado en conocimiento de apoyo al diagnóstico de la patología pulpar y periapical denominado EndoDiag. El SBC permite adquirir la evaluación de la actitud del paciente, diagnóstico presuntivo, diagnóstico definitivo a partir de la inspección bucal, confirmación diagnóstica a partir de estudios radiográficos y tratamiento, emulando el conocimiento experto del área. Este sistema podrá asistir a los profesionales en la delicada y compleja actividad de enseñar y aprender a diagnosticar.

Por otro lado, Sigut, Piñeiro, Marichal, Moreno (2003), proponen el diseño de un sistema inteligente para resolver una clase general de problemas de diagnóstico. Plantean el diseño e implementación de un Sistema Basado en Conocimiento en el que se integran diversas herramientas y técnicas de clasificación y de reconocimiento de patrones, utilizando la metodología CommonKADS.

Taboada, González, Argüello, Mira y Martínez (2004), proponen una aplicación de telemedicina basada en conocimiento, orientada a ayudar al profesional médico en las tareas de diagnóstico y tratamiento de pacientes. La aplicación está diseñada siguiendo la metodología de ensamblado de componentes de conocimiento, con el objetivo de compartir el conocimiento con otros sistemas Web.

También, Pariso, Panizzi, Lerache (2012), proponen un Sistema Experto para el entrenamiento y la asistencia en el diagnóstico en un Centro de Diálisis. Este sistema

de asistencia contiene el conocimiento adquirido por un nefrólogo en el área de diálisis, con el fin de que ese conocimiento pueda ser extensivo a los enfermeros y técnicos novatos, como un plan de entrenamiento, para asegurar la toma de decisiones eficiente.

Morrell (2016), nos presenta en su trabajo de investigación un sistema experto para la clasificación temprana de dengue severo. Mediante la caracterización clínica del dengue severo en adultos es posible identificar peculiaridades y elementos asociados a severidad que contribuyen a su prevención. Por los pocos especialistas en Cuba, surge la necesidad de contar con recursos informáticos capaces de multiplicar la experiencia lograda por los médicos expertos.

Cristancho, Otalora, Callejas (2016), presentan en un sistema experto (SE) que permite establecer la frecuencia cardiaca máxima en términos de porcentaje de intensidad, la duración de una sesión de entrenamiento y la frecuencia en días por semana. La base del SE es el conocimiento de profesionales en el área de medicina y del deporte, que ayuda a los deportistas con padecimiento de enfermedades o factores de riesgo a tomar mejores decisiones al momento de realizar ejercicio físico.

Otro desarrollo enfocado a la recomendación de un SBC, es el realizado por Proaño, Jácome, Saguay, Sandoval (2017), es un Sistema Basados en Conocimiento como herramienta de ayuda en la auditoría de sistemas de información. Este sistema emula la opinión del auditor de sistema de información sobre algún hallazgo, de tal manera que ayuda a eliminar muchos factores que pueden influir para que la opinión sea errada, incluyendo aspectos emocionales o capacidades y habilidades técnicas. En este escenario, el propósito es eliminar la subjetividad al momento de analizar los hechos y que la opinión se ajuste a la realidad presente.

En resumen, basado en los antecedentes antes descritos, se puede concluir que sería ventajoso para esta propuesta de investigación el uso de Sistemas Basados en Conocimiento, ya que a través de estos es posible modelar el conocimiento del dominio y utilizarlo para realizar tareas de diagnóstico como lo harían los expertos.

I.4 Objetivos

Con base en la arquitectura de un SBC y los antecedentes antes mencionados, y para dar respuesta a las interrogantes presentadas en el planteamiento del problema, se propone desarrollar un Sistema Basado en Conocimiento, con el objetivo de almacenar el conocimiento del dominio y generar el diagnóstico, para apoyar al personal médico en el INAC en el área de Oftalmología. En la Figura 2 se ilustra la arquitectura de solución de acuerdo a lo planteado.

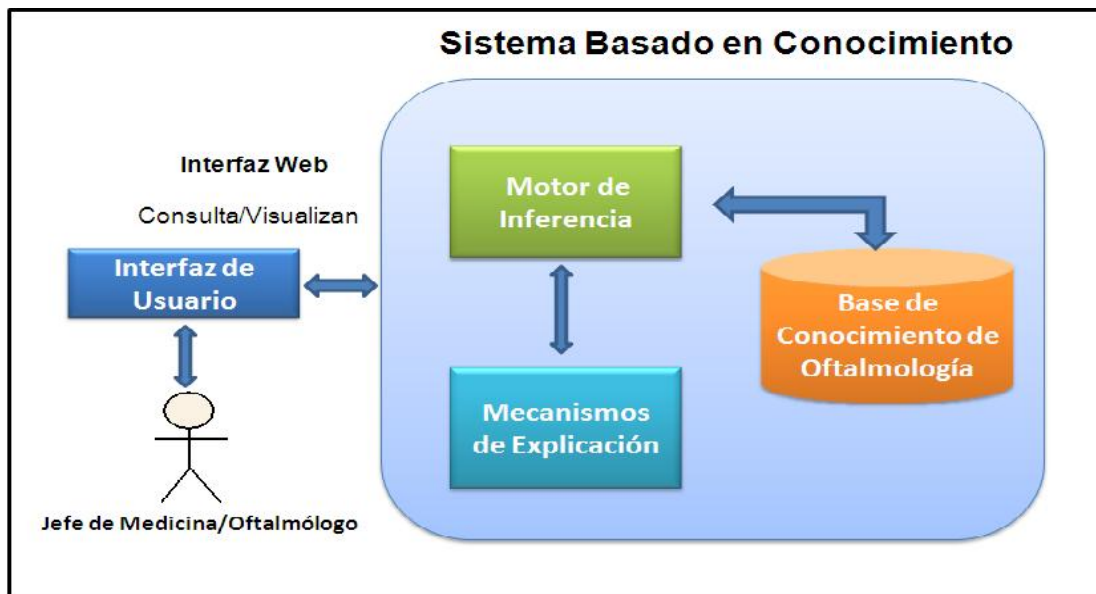


Figura 2 - Arquitectura de Solución Del Sistema Basado en Conocimiento para apoyar el Diagnóstico Médico en la Especialidad de Oftalmología en el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil.

En la Figura 2 se pueden observar los siguientes componentes:

- Ñ La **Base de Conocimiento de Oftalmología**, donde se definirán los conceptos y relaciones del dominio y que será el punto de inicio para construir la base de conocimiento de las diferentes especialidades médicas en otras investigaciones.
- Ñ El **Motor de Inferencia**, el cual incluirá los algoritmos que utilizarán este conocimiento para realizar un diagnóstico.
- Ñ El **Mecanismo de Explicación**, le indicará al usuario la línea de razonamiento que

ha sido utilizada para generar una solución.

Ñ La **Interfaz de Usuario**, que permitirá al médico interactuar con el sistema, ingresando los datos de los exámenes médicos y la evaluación interna del paciente. A partir de estos datos el SBC proporcionará un diagnóstico médico.

I.4.1 Objetivo General

Desarrollar un Sistema Basado en Conocimiento para apoyar el Diagnóstico Médico en la Especialidad de Oftalmología en el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil.

I.4.2 Objetivos Específicos

- Adquirir el conocimiento del dominio para el diagnóstico médico en la especialidad de oftalmología en el INAC.
- Conceptualizar y formalizar el conocimiento del dominio.
- Desarrollar la base de conocimiento del sistema.
- Desarrollar el módulo de inferencia del sistema.
- Desarrollar la interfaz de usuario.
- Evaluar el SBC con casos de prueba para determinar su capacidad de diagnóstico.

CAPÍTULO II. Sistemas Basados en Conocimiento y su desarrollo

En este capítulo se define qué son los Sistemas Basados en Conocimiento, la arquitectura y las ventajas de su uso, como deben ser desarrollados y qué lenguajes y herramientas se utilizan para su implementación. También se describe de manera particular, la metodología de desarrollo CommonKADS.

II.1 Introducción a los Sistemas Basados en Conocimiento

Los SBC son sistemas de software que mantienen una gran cantidad de conocimiento y que incluyen métodos para deducir nueva información. Además, son capaces de describir y justificar los pasos de razonamiento que se han seguido para alcanzar una solución o tomar una decisión. La existencia de esta capacidad de dar explicación es fundamental en dominios donde la toma de decisiones es muy sensible o importante (Alonso y otros, 2004).

Los SBC se desarrollan para realizar una tarea específica sobre un dominio determinado. El término tarea se refiere a alguna actividad orientada hacia una meta o a la resolución de problemas. El dominio se refiere al área en que se ejecutará la tarea. Las tareas de los SBC se suelen agrupar en dos tipos: tareas de análisis (como clasificación, asesoramiento, diagnóstico, entre otras) y tareas de síntesis (como diseño, planificación, modelado, entre otras).

Además, Alonso y otros (2004) menciona que el desarrollo de Sistemas Basados en Conocimiento para ciertos dominios es muy aconsejable y en algunas casos, imprescindible. Las ventajas que nos ofrece un SBC podemos resumirlas en las siguientes:

- Ñ **Mantenimiento del conocimiento:** Extraer el conocimiento médico de cada especialidad tiene un alto precio, pero puede ser reutilizable.
- Ñ **Reducción de costos:** Una vez extraído el conocimiento e implementado en un SBC puede ser utilizado por el Jefe de Medicina para abarcar las distintas especialidades y ayudar a agilizar la toma de decisiones. A pesar de que es costoso desarrollar un SBC, frente a usar especialistas de cada área, el mantenimiento es muy reducido, se pueden hacer tantas copias como se desee y las técnicas adquiridas se pueden emplear para otros dominios.
- Ñ **Aumento de la fiabilidad:** Las soluciones que dan los SBC son más rápidas, objetivas y evitan operaciones incómodas y monótonas. Las decisiones tomadas por el SBC van a depender de todos los casos y parámetros que conozca el sistema y no van a prevalecer las últimas experiencias como ocurre con los expertos humanos.
- Ñ **Modularidad:** La característica de separar la base de conocimiento de los métodos de razonamiento ofrece una enorme facilidad para incorporar nuevo conocimiento y aprovecharlo en el razonamiento, sin tener que modificar el resto de la información introducida.

II.2 Metodologías de Desarrollo

Actualmente, existe varias metodologías para el desarrollo de Sistemas Basados en Conocimiento (SBC), las dos metodologías más importantes surgidas de este cambio de paradigma son CommonKADS y MIKE. Para este trabajo se utilizará la metodología CommonKADS. Esta metodología estructurada basada en el modelado (Alonso Betanzos, Guijarro Berdiñas, Lozano Tello, Palma Méndez, & Toboada Iglesias, 2004), cubre la gestión del proyecto, el análisis organizacional y todos aquellos aspectos importantes para que el SBC tenga éxito dentro de un contexto organizacional determinado. Además, es ampliamente utilizada como se observa en algunas de las referencias que fueron citadas y ha sido utilizada por el grupo de trabajo del Laboratorio de Inteligencia Artificial del Centro ISYS de la Escuela de Computación de la Universidad Central de Venezuela en otros trabajos. A

continuación, se explica en detalle los diferentes modelos que conforman esta metodología.

II.2.1 CommonKADS

Esta metodología fue propuesta y desarrollada por un grupo de investigadores pertenecientes a diversos países de la comunidad Europea, a través del programa ESPRIT para la innovación y la aplicación de Tecnología Informática Avanzada. La metodología CommonKADS abarca todo el ciclo de desarrollo de software, mediante un número de modelos interrelacionados que capturan los principales rasgos del sistema y de su entorno. Los modelos definidos por la metodología se pueden observar en la Figura 3.

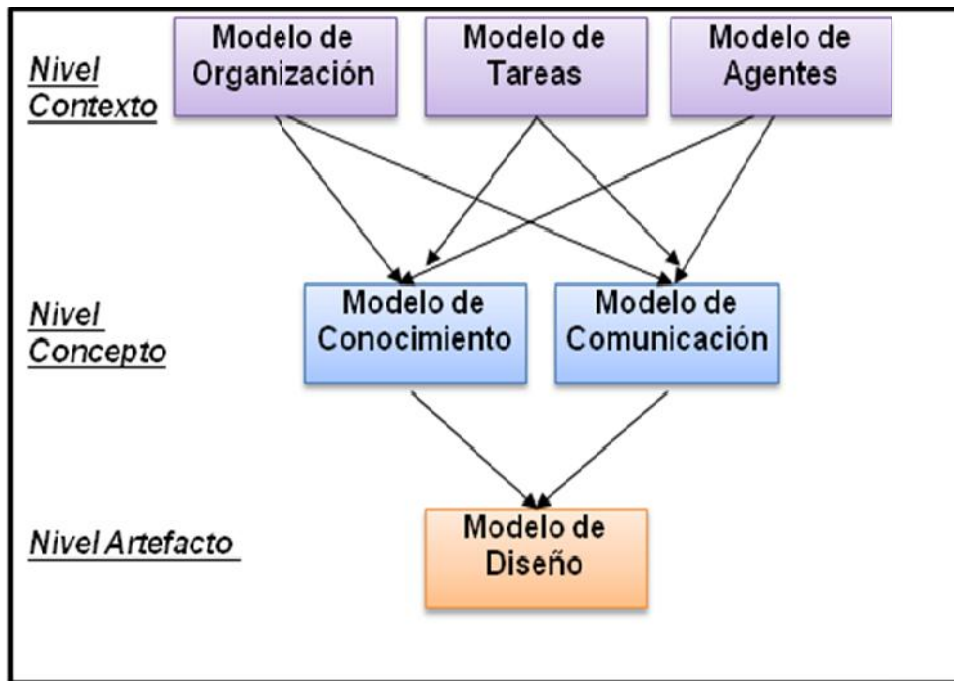


Figura 3 - El conjunto de modelados de CommonKADS

Estos modelos están relacionados entre sí y la construcción de cada uno de ellos se lleva a cabo a través de una serie de formularios proporcionados por la misma metodología como se muestra en la Figura 4, que los clasifica en tres niveles: nivel de contexto, nivel de conceptos y nivel de artefactos.

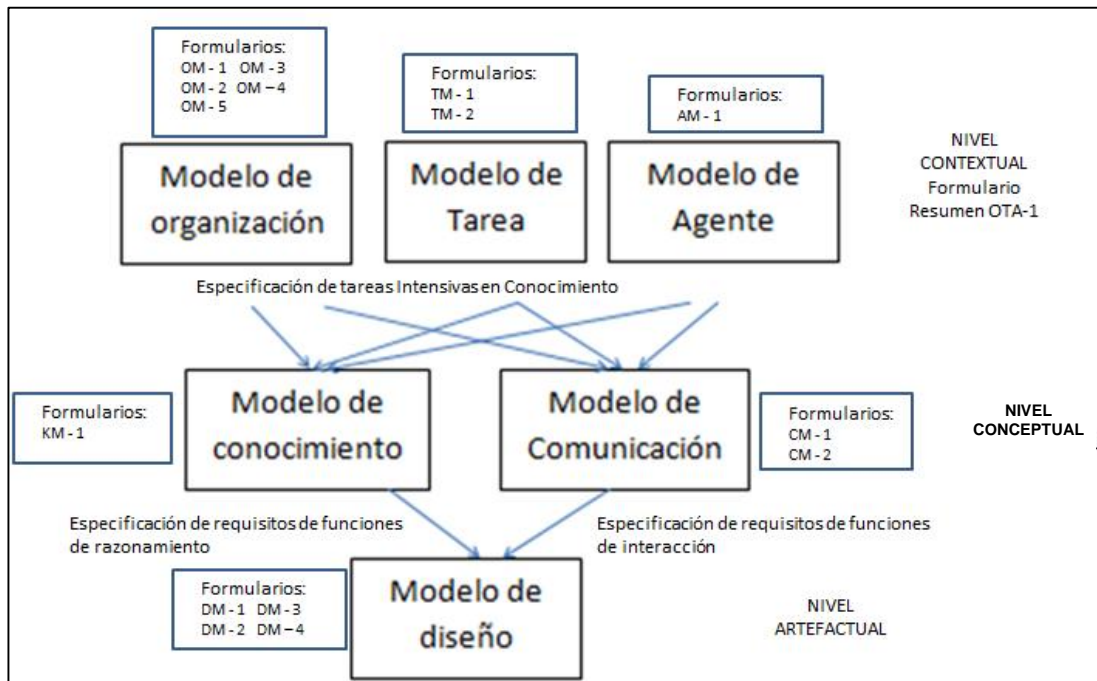


Figura 4 - Conjunto de modelos de CommonKADS, sus relaciones y formularios

NIVEL CONTEXTUAL

Estos modelos exponen la justificación del desarrollo e implantación de un SBC dentro de una organización, así como también los problemas que dicho sistema resolvería, junto con información sobre la relación costos/beneficios e impacto sobre dicha organización. A este nivel pertenecen los modelos de organización, tareas y agentes:

Modelo de Organización

Se centra en el análisis de las características más importantes de la organización para intentar descubrir aquellas áreas en las que podría ser útil el desarrollo de un SBC, establecer la viabilidad de éste e indicar el impacto que tendría de implantarse. Los formularios que están asociados con este modelo son:

Formulario OM-1: contexto organizacional, problemas y soluciones. El primer componente del modelo de la organización se centra en los problemas y oportunidades de mejora del funcionamiento de la organización, analizados en el contexto más amplio de la misma. El propósito de la misión de la organización, sus metas, estrategias, entre muchas otras variables, entenderlo es fundamental, ya que las soluciones basadas en conocimiento serán finalmente juzgadas dentro de esta perspectiva. Es importante identificar desde el principio al personal de interés que participará en el proyecto:

Proveedores de conocimiento: son los especialistas o expertos en ellos que reside el conocimiento necesario para una cierta área.

Usuarios del conocimiento: son las personas que necesitan de este conocimiento para poder realizar su trabajo.

Gestores de conocimiento: son aquellos que tienen el poder de tomar decisiones que afectan tanto el trabajo de los proveedores como al de los usuarios del conocimiento

La identificación temprana de estos participantes nos ayudará a centrarnos más rápidamente en los procesos de negocio adecuados, sus problemas y oportunidades de mejora.

Formulario OM-2: descripción del área de interés de la organización. Se especifica en mayor detalle la empresa para determinar el entorno en el que deberían integrarse las soluciones propuestas. Se analizan los aspectos variables de la organización focalizando la atención en las áreas de nuestro interés. Además, cada análisis OM-2 se centra en una de las áreas de problemas-oportunidades enumeradas en el anterior formulario OM-1, por lo que podrá ser necesario elaborar varios formularios OM-2.

Formulario OM-3: descomposición del proceso de negocio. El proceso de negocio especificado en el OM-2 se describe en mayor detalle con la ayuda del formulario OM-3, en el que este proceso se descompone en tareas. Esta

descomposición es importante, ya que el SBC siempre realizará una tarea específica que tendrá que encajar perfectamente en el proceso global.

Formulario OM-4: activos de conocimiento; tomando como punto de partida el componente de conocimiento del formulario OM-2, se desarrolla un nuevo formulario, que se centra en los activos de conocimiento de la organización. La importancia de estas piezas de conocimiento reside en que las utilizan los trabajadores de la organización para realizar una tarea específica o un proceso. Un aspecto importante en esta parte del estudio será distinguir las dimensiones en las que estos activos de conocimiento pueden mejorarse, tanto en forma, como en calidad, o en accesibilidad temporal o espacial.

Formulario OM-5: Análisis de viabilidad: los formularios anteriores contienen información de la organización de CommonKADS. El último paso es plasmar en un documento final las implicaciones clave de la información recogida en los análisis previos. En esta etapa la toma de decisiones se centrará en determinar: El área de las oportunidades más prometedoras para nuestra aplicación, los beneficios con respecto a los costos, si están disponibles y son alcanzables las tecnologías necesarias para realizar esta solución.

Modelo de Tareas

Refina la información del modelo anterior si el análisis de viabilidad es positivo, estudiando las tareas relevantes de la organización, en cuanto a sus entradas, salidas, precondiciones, recursos, competencias y criterios de realización. Este modelo está conformado por los siguientes formularios:

Formulario TM-1: Análisis de Tareas: Representa una actividad orientada a una meta que añade un valor a la organización; es decir, si dicha tarea se elimina la eficacia de la organización se ve afectada. La información implicada en el modelado de las tareas en CommonKADS se especifica con ayuda de este formulario, lo cual supone un refinamiento de datos incluidos en el formulario OM-3.

Formulario TM-2: Análisis de los cuellos de botella del conocimiento: Este formulario del nivel de análisis de la tarea se dedica por entero al modelado del conocimiento, dada la importancia del papel que este juega en el desarrollo de un sistema.

Modelo de Agentes

Son los ejecutores de una tarea, describe las competencias de estos agentes, su autoridad, sus limitaciones, interrelaciones de comunicación, entre otros.

Formulario AM-1: Descripción de los Agentes: Esto se realiza en el modelado de CommonKADS en el modelado de agentes para que de nuevo se pueda contar con el apoyo de un formulario como lo es el AM-1. Donde el objetivo de este nivel de modelado es analizar los roles y competencias de cada agente implicado en la realización de cada tarea, lo que resulta especialmente útil como esta se realiza de forma compartida.

Finalmente, el nivel contextual produce como artefacto un formulario resumen final el **OTA-1**, que es un documento que integra la información de los formularios anteriores con el fin de gestionar la toma de decisiones sobre mejoras y los cambios necesarios en la organización.

NIVEL DE CONCEPTUAL

Los modelos de este nivel responden a la interrogante de cuál es la naturaleza y la estructura del conocimiento y de la comunicación involucrada en la tareas. Este nivel consta de dos modelos diferentes:

Modelo de Conocimiento

Es una especificación de los datos y estructuras de conocimiento requeridos en una aplicación. Se trata de una descripción inteligible del papel que los diferentes componentes del conocimiento juegan en la resolución del problema.

El Modelo de Conocimiento tiene tres componentes, cada uno de los cuales captura un grupo particular de estructuras de conocimiento. De esta manera, se distingue entre Conocimiento del Dominio, Conocimiento de Inferencia y Conocimiento de Tarea:

- **El Conocimiento del Dominio:** se representa el conocimiento relevante del dominio de la aplicación. Para poder realizar esta especificación, esta categoría se divide en dos partes: el *Esquema del Dominio* y la *Base de Conocimiento*. La primera parte incluye la terminología general utilizada para describir el conocimiento del dominio particular, mientras que la segunda amplía la primera con los hechos específicos de dicho dominio.
- **El Conocimiento sobre Inferencias:** se describe el nivel más bajo de descomposición funcional. A estos elementos, que representan las unidades básicas de procesamiento de la información, se les denomina inferencias. Básicamente, una inferencia describe un proceso primitivo de razonamiento. Un proceso de razonamiento puede ser considerado primitivo cuando se puede describir funcionalmente. Normalmente, las inferencias utilizarán conocimiento de alguna base de conocimiento para derivar nueva información a partir de sus entradas.
- **El Conocimiento sobre Tareas:** se especifican todas las tareas que forman parte del modelo. Básicamente, el objetivo de una tarea consiste en la especificación del problema que está siendo resuelto. Sin embargo, además del objetivo que se pretende alcanzar, una tarea debe especificar la estrategia que hay que seguir para alcanzar dicho objetivo.

El modelado de conocimiento está considerado como una forma especializada de detallar requisitos. Por ello, dicho proceso requiere tanto el uso de técnicas y

estrategias especializadas como de principios generales de IS. La metodología CommonKADS, ofrece un conjunto de estrategias para realizar el proceso de construcción del modelo de conocimiento, el cual incluye tres etapas principales: identificación, especificación y refinamiento de conocimiento. A continuación, se detallan las tres etapas:

1. Identificación del Conocimiento

Su objetivo es examinar y recopilar los componentes de conocimiento disponibles y adaptarlos para que puedan ser reutilizados en la siguiente etapa. Incluye dos actividades: la búsqueda de las fuentes de información y el listado de los posibles componentes de conocimiento a ser reutilizados.

La naturaleza de las fuentes de información determina la forma de llevar a cabo el modelado de conocimiento. Si las fuentes de información son muy diversas, entonces el modelado de conocimiento requiere más tiempo, ya que dichas fuentes pueden entrar en conflicto.

✓ Técnicas para la Adquisición del Conocimiento:

La adquisición de conocimiento puede enfocarse como la forma de obtener material para el modelado del conocimiento en el dominio problema. Es la tarea de modelado de conocimiento la que convierte el material adquirido a una descripción formal del proceso. En cualquier caso, la adquisición de conocimiento es una de las tareas que más tiempo consume, tanto de los expertos de los que adquiere el conocimiento como de los Ingenieros del Conocimiento, quienes también pueden adquirir conocimiento de otras fuentes, como libros, manuales técnicos, entre otros.

Además, de los requisitos temporales, la adquisición de conocimiento es también problemática porque no sólo los expertos poseen gran cantidad de información, sino que además, dicha información está estructurada de un modo cognitivamente complejo y parte de ella es tácita y pragmática.

Entre las técnicas de adquisición de conocimiento se encuentran las técnicas automáticas, semiautomáticas y manuales. En este trabajo, se describirá la técnica manual de adquisición de conocimiento, ya que se ajusta a la

investigación, dicha técnica está conformada por la **entrevista**, es el método de adquisición más usado ya que permite adquirir conocimiento en cualquier campo; el **análisis de protocolos**, esta técnica consiste en pedirle al experto que verbalice en voz alta su pensamiento mientras resuelve un problema típico del dominio; los **cuestionarios**, esta técnica consiste en presentarle al experto una serie de fichas en donde se le plantean preguntas muy concretas que éste debe resolver; **extracción de curvas cerradas**, esta técnica reviste más interés si el dominio de aplicación tiene un componente importante de reconocimiento de patrones visuales, ya que permite adquirir las relaciones entre los objetos del dominio y consigue una representación de los espacial de los mismos; la **observación directa**, esta técnica conjuga observar al experto durante su trabajo, con la entrevista y el análisis de protocolos; esta última técnica se describe a continuación.

Observación Directa, la cual consiste en observar al experto mientras trabaja en sus tareas habituales, en situaciones reales. Se consigue así una visión directa del trabajo del experto. Se superan con esta técnica los inconvenientes de las interpretaciones subjetivas que puede hacer el ingeniero de conocimiento con respecto al trabajo del experto y las deformaciones que el propio experto pueda tener de su trabajo y que pueden haber confundido también al ingeniero. Por este motivo, es recomendable utilizar la observación directa en cualquier trabajo de adquisición de conocimiento, ya que la técnica no es introspectiva.

En cualquier caso, también se debe tener en cuenta que la técnica es útil para captar conocimiento procesal, Durante el proceso de observación, el Ingeniero de Conocimiento ha de intentar no perturbar las condiciones normales del experto, por lo cual es desaconsejable la utilización de cámaras de video u otros aparatos que puedan coartar al experto, haciéndole modificar su conducta. Normalmente, el Ingeniero de Conocimiento tomará notas de sus observaciones y tratará de imaginar el proceso del pensamiento del experto, al que se le podría hacer preguntas, si este está de acuerdo. Si el experto debe concentrarse en su trabajo y no pueda contestar pregunta, debe realizarse una entrevista después de la observación. También, en ocasiones se conjuga la observación directa con

el análisis de protocolos.

2. Especificación del Conocimiento

Es la esta etapa central en el modelado de conocimiento, ya que está orientada a obtener una especificación conceptual completa del conocimiento, excluyendo las instancias del dominio. Incluye las tres actividades siguientes:

a) Selección de Plantilla de Tareas, teniendo en cuenta el tipo de solución al problema, los tipos de datos de entrada al problema, el tipo genérico de problema y las restricciones del medio. El catálogo de plantillas de CommonKADS se puede utilizar para modelar cualquier tipo de problema. Se pueden distinguir dos tipos de tareas:

- Las **tareas analíticas** son aquellas que se aplican sobre sistemas que existen antes de llevar a cabo la tarea. En ocasiones, el sistema a analizar no se conoce completamente, como, por ejemplo, el funcionamiento del cuerpo humano en el diagnóstico médico. La entrada a este tipo de tareas suele ser algún dato acerca del sistema, mientras que la salida es alguna caracterización del mismo. Los tipos de tarea analíticas son *Clasificación, Valoración, Diagnóstico, Monitorización y Predicción*.
- Las **tareas sintéticas** son aquellas en las que el sistema no existe antes del desarrollo. La entrada a este tipo de tareas son los requisitos acerca del sistema a construir, mientras que la salida es una descripción del sistema a construido. Los tipos de tarea sintéticas son *Diseño, Configuración, Planificación, Programación Temporal y Asignación*.

b) Especificación inicial del esquema del conocimiento del dominio de forma independiente del problema a resolver. Incluye: los conceptos específicos del dominio, los conceptos específicos a la forma de resolver el problema.

c) Completar la especificación del modelo de conocimiento, mediante

alguna de las dos opciones que se detallan a continuación:

- Opción 1 (Middle-out): Se parte del diagrama de inferencias de la plantilla seleccionada y se completa el conocimiento de la tarea, el conocimiento del dominio y el conocimiento que hace la traducción entre los roles de inferencia y los roles del dominio.
- Opción 2 (Middle-in): Se va descomponiendo la tarea en subtarear (aplicando los métodos requeridos), al mismo tiempo que se va refinando el conocimiento del dominio, teniendo en cuenta las suposiciones de los métodos sobre el conocimiento del dominio. El proceso finaliza cuando el conocimiento requerido por la tarea es el especificado en el dominio.

3. Refinamiento del Conocimiento

Esta etapa incluye:

Completar las bases del conocimiento, esta actividad permite comprobar si la representación del esquema del dominio, obtenida en la etapa previa, es suficientemente expresiva para representar el conocimiento de la aplicación. En general, las bases de conocimiento se pueden completar a partir de la información obtenida en la primera etapa durante las entrevistas con los expertos o revisando los protocolos que siguen. También se pueden concertar entrevistas especiales para llevar a cabo esta actividad. Una tercera alternativa, es reutilizar bases de conocimiento ya existentes. Hay que tener en cuenta que es casi imposible llegar a obtener un modelo del dominio completo antes de la puesta en marcha de la aplicación en el entorno real para el que se diseña.

Documentación del modelo de conocimiento, esta documentación sobre el Modelo de Conocimiento incluye la descripción completa de dicho modelo en CML, apoyada por algunas figuras y esquemas ilustrativos, más un formulario que recopila toda la documentación útil que se ido adquiriendo durante el modelado de conocimiento. Dicho formulario conocido como **KM-1**, explica la documentación que debemos considerar durante el modelo de conocimiento.

Modelo de Comunicación

Es necesario para modelar las transacciones de objetos de información que deben realizar los agentes que colaboran para realizar una tarea. Este modelo es independiente de la implementación.

Formulario CM-1: Especifica las Transacciones que permite el Dialogo entre dos agentes del modelo de comunicación: involucra el nombre de la transacción, los agentes involucrados, y el objeto central de la información que se transmite. De igual manera se debe especificar la forma y el medio de transmisión.

Formulario CM-2: Especifica los mensajes y los ítems de información de una transacción en el modelo de comunicación: En el modelo de comunicación de CommonKADS se tiene en cuenta la diferencia entre el contenido de un mensaje y el efecto que se pretende que este tenga. Se realiza asociando cada mensaje con uno de los tipos de comunicación predefinidos.

NIVEL DE ARTEFACTO

Responde a la cuestión de cómo debe implementarse el conocimiento en un sistema computacional y cuál es la arquitectura del SBC. En este nivel se detallan los aspectos técnicos de la implementación y consta de un único modelo:

Modelo de Diseño

Es el proceso de construcción de un diseño software que cumpla con las restricciones y requisitos, que se encuentra, implícita o explícitamente, en algunos de los modelados de análisis de CommonKADS: organización, tareas, agentes, conocimiento y comunicación.

Formulario DM-1: Arquitectura del Sistema: Resume los resultados del primer paso del proceso de diseño. Se utiliza como punto de partida para el diseño,

debiéndose reflejar todas las diferencias respecto a esta arquitectura de referencia.

Formulario DM-2: Plataforma de Implementación: Conjunto de características deseables en una herramienta de desarrollo de SBC. Debe realizarse un estudio más exhaustivo de la herramienta en sí.

Formulario DM-3: Especificaciones de la Arquitectura: Conjunto de decisiones que afectan el diseño de la aplicación. Los elementos especificados en los modelos de análisis, concretamente los del modelo de comunicación, se pueden proyectar fácilmente sobre los elementos de la arquitectura.

Formulario DM-4: Diseño de la Aplicación: Conjunto de especificaciones que afectan a la arquitectura. Hay que tener en cuenta que el prototipo del proceso de razonamiento debe permitir obtener una traza del proceso en términos del modelo de conocimiento, con lo que es necesaria una interfaz para usuarios expertos. Estas trazas permitirán al experto y al ingeniero de conocimiento profundizar en la dinámica del modelo de conocimiento y detectar problemas y/o errores que están ocultos en la descripción estática del modelo.

La metodología CommonKADS permite la reutilización de esquemas del dominio ya existentes. Por otro lado, proporciona un catálogo de plantillas de tareas que pueden ser parcialmente reutilizadas en otras aplicaciones.

Otro de los aspectos importantes que introdujo CommonKADS fue la definición de un marco de trabajo para la gestión y planificación del proyecto. CommonKADS define un ciclo de vida para el desarrollo del proyecto basado en un modelo en espiral. Este ciclo de vida consta de cuatro fases (Figura 5):

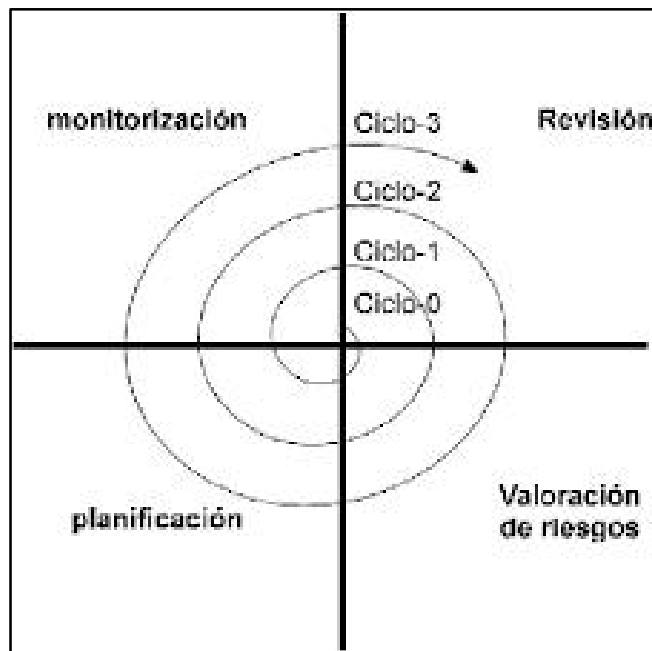


Figura 5 - Ciclo de Vida en CommonKADS

- **Revisión:** es el primer paso de cada ciclo y en éste se revisa el estado actual del proyecto y se establecen los objetivos principales que se quieren cubrir en el ciclo en cuestión.
- **Valoración de riesgos:** las líneas generales del proyecto establecidas en el paso anterior sirven de entradas para esta fase. Su función principal es la identificación y valoración de los principales obstáculos que nos podemos encontrar para la consecución exitosa del proyecto, así como las acciones que se deben tomar para minimizar dichos riesgos.
- **Planificación:** una vez obtenida una visión clara de los objetivos que hay que cubrir, los riesgos que se pueden presentar y las acciones que hay que tomar, hay que realizar una planificación del trabajo a realizar.
- **Monitorización:** está constituida por el desarrollo del proyecto. Para determinar el grado de cumplimiento de los objetivos se requieren reuniones

con los agentes implicados en el proyecto. El resultado de dichas reuniones se utilizan como entrada del proceso de revisión del siguiente ciclo.

Finalmente, los artefactos que se obtienen tras la finalización de un proyecto de conocimiento que utilice CommonKADS como metodología serán de tres tipos (Alonso Betanzos, Guijarro Berdiñas, Lozano Tello, Palma Méndez, & Toboada Iglesias, 2004):

1. Los formularios y documentación de los modelos de los tres niveles de la metodología CommonKADS.
2. La información del desarrollo del proyecto, que está basado en un modelo en espiral y consta de cuatro fases revisión, valoración de riesgos, planificación y monitorización.
3. El producto software correspondiente al SBC desarrollado.

II.3 Lenguaje CML

CommonKADS propone el lenguaje CML (*Conceptual Modeling Language*), para plasmar la especificación del modelo de conocimiento. Este lenguaje no sólo permite la definición de todos los elementos que lo componen, sino la estructuración del conocimiento en las partes anteriormente mencionadas. Además, propone el uso de una notación gráfica que permite no sólo la definición de la estructuras de tareas (relación tareas-subtareas), sino que también permite la definición de ontología y los conceptos del dominio y la definición de la dependencia de los datos entre las inferencias a través de las estructuras de inferencia.

II.4 Evaluación de SBC

La evaluación de un producto software es parte fundamental de su desarrollo, ya se centra en el análisis de si el software que se ha desarrollado se ha diseñado correctamente y es capaz de resolver correctamente los problemas que pretendía solucionar. Para la evaluación de cualquier tipo de software se manejan dos conceptos básicos: **la verificación** y **la validación**. La verificación se refiere al conjuntos de actividades que nos aseguran que el software ha implementado determinada función de forma correcta, mientras que la validación se refiere a otro conjunto de actividades diferente que nos asegura que el software que hemos implementado resuelve de forma correcta los problemas para los que fue diseñado.

En cualquier caso, el objetivo de ambos (la verificación y la validación) en un sistema basado en conocimiento sería:

- Asegurar la calidad del producto desarrollado, de manera que cualquier SBC cumpla unos estándares de calidad. Para ello, es necesario que la metodología de análisis utilizada para la construcción del sistema incluya una fase de verificación y validación.
- Asegurar su uso en dominios críticos. En algunos dominios no es posible reconsiderar las decisiones que se toman, dadas las consecuencias de las mismas.
- Asegurar su aceptación en la rutina diaria, ya que sólo es posible si cumple las expectativas de construcción y no comete errores.

Además, Alonso y otros (2004) menciona que la validación suele basarse en comparaciones de los resultados obtenidos por el SBC con lo generalmente se denomina un “estándar de oro”. Sin embargo, en algunos dominios, como por ejemplo la Medicina, es difícil o imposible establecer este estándar de comparación, por lo que suele realizar una comparación de los resultados del sistema con los resultados obtenidos por expertos en el dominio en cuestión, demostrando así la aptitud del SBC, más que la conformidad de éste con una especificación absoluta.

Aunque la aptitud del sistema no es un concepto fácilmente cuantificable, ya que no existe garantía absoluta de que las decisiones e interpretaciones de un “experto de oro” se rijan por los mismos principios del “estándar de oro”, el procedimiento sigue siendo válida, ya que las soluciones serán válidas para el problema en cuestión.

Además de los dos conceptos fundamentales mencionados anteriormente, la evaluación del SBC puede incluir otras dos pruebas que se relacionan con la usabilidad y la utilidad del sistema. Estas dos últimas pruebas se refieren a la aceptación del sistema por los usuarios y al valor y el interés que despierta en ellos. En concreto, la usabilidad del sistema se refiere a la satisfacción de los usuarios con éste y a su facilidad de manejo y de adaptación. La utilidad se centra mayormente en si el sistema ha alcanzado las metas propuestas en su desarrollo para la organización en la que se ubica, de modo que la tarea se realiza ahora de forma más eficaz, más eficiente o se pueden tratar más tareas que antes en el mismo tiempo.

CAPÍTULO III. Desarrollo del Modelo de Organización, Modelo de Tareas y Modelo de Agentes

A continuación, se explica cada uno de los modelos desarrollados según la metodología CommonKADS para el desarrollo del SBC de forma estándar, donde se han aplicado técnicas de adquisición del conocimiento del dominio para el diagnóstico médico en la especialidad de oftalmología en el INAC. En este capítulo se explican los modelos que están relacionados con nivel de contexto.

III.1 Modelo de Organización

Este modelo se alimenta de distintas fuentes, tales como la teoría de la organización, la gestión de información, el análisis del proceso de negocio, entre otros. No obstante, el objetivo de esta etapa del análisis no es producir una descripción completa de la organización, sino tan sólo analizarla desde el punto de vista específico de la orientación del conocimiento.

III.1.1 Formulario OM-1: Identificación de los problemas y oportunidades orientadas al conocimiento de la organización.

A continuación, en la Tabla 1 se muestra el Formulario OM-1, que es el primer componente del modelo y se centra en los problemas y oportunidades de mejora del funcionamiento de la organización.

Modelo de Organización	Formulario OM-1: Problemas y Posibilidades de Mejora
Problemas y Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una gran cantidad de personas que recurren a la institución diariamente para obtener certificados médicos, pero la institución no cuenta con el personal médico disponible para atender la demanda diaria. • Los análisis de los exámenes médicos de los usuarios son examinados por el especialista del área (cardiología, psicología, oftalmología, medicina general, otorrinolaringología, neurología, psiquiatría), donde en ocasiones no se encuentran todos los especialistas. En estos casos el jefe de medicina es el encargado de analizar los exámenes de la especialidad que falta. • La duración del servicio por paciente es de tres (3) a cinco (5) horas y en ocasiones, no se cuenta con el personal médico disponible para atender la gran cantidad de solicitudes, lo que origina demoras en atender a todos los pacientes programados para un día. • Después de analizados los exámenes del usuario, el doctor jefe del área de Medicina analiza nuevamente las observaciones dadas por cada unidad, a partir de las cuales realiza un diagnóstico final que aprueba o desaprueba la acreditación del certificado médico, que le permite al usuario laboral en su carrera a fin. De no ser apto para obtener el certificado médico el especialista debe especificar por qué no se le otorgará el mismo, o si será otorgado por plazos de tiempo (3 meses, 6 meses), explicar el motivo de la decisión.
Contexto de la organización	<p>Instituto Nacional de Aeronáutica Civil (INAC), en el área de Medicina Aeronáutica, en la dependencia de Licencia Aeronáutica perteneciente a la Gerencia General de Seguridad Aeronáutica.</p> <p>Misión del INAC: “Garantizar la seguridad y el desarrollo de la aeronáutica civil venezolana para contribuir al desarrollo integral de la nación”</p> <p>Visión del INAC: “Ser una organización efectiva en lo que respecta a la seguridad y servicio aeronáutico, creando una cultura de calidad y un desarrollo sustentable que nos permita alcanzar los más altos estándares en función a las necesidades del sector de la aviación civil nacional e internacional”.</p> <p>El INAC, además de ofrecer sus servicios a los Pilotos, también se encuentra el personal técnico que manipula una aeronave</p> <p>.</p>

	<p>Factores externos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un piloto, alumno piloto, piloto privado, piloto comercial, aeromoza, técnicos, operadores y todo el personal que forma parte de la tripulación de una aeronave, requiere estar en condiciones favorables de salud para obtener un certificado médico; esta condición es analizada por médicos certificados en el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil.
<p>Soluciones</p>	<p>Solución 1: Ampliar el área de Medicina Aeronáutica y contratar a más especialistas de cada aérea para que puedan atender a todos los usuarios pautados para el día.</p> <p>Solución 2: Desarrollo de un SBC para obtener un diagnóstico según las distintas especialidades, que le permita al jefe de medicina abarcar las áreas que no son de su especialidad, y agilizar la toma de decisiones en cuanto a la acreditación de un certificado médico o no, permitiendo mayor capacidad de atención al usuario en un día.</p>

Tabla 1 - *Formulario OM-1: Identificación de los problemas y oportunidades orientadas al conocimiento de la organización.*

III.1.2 Formulario OM-2: Descripción de los aspectos de la organización.

También se encuentra el Formulario OM-2, que explica los componentes importantes de la organización que se debe considerar. Después de las entrevistas iniciales, en las que se decidió que área sería la que se mejoraría, en este caso el diagnóstico médico de la especialidad de oftalmología, se estudió la institución en mayor profundidad para determinar el entorno en el que deberían integrarse la solución propuesta, se muestra en la Tabla 2.

Modelo de Organización	Formulario OM-2: Aspectos Variables
Estructura	El organigrama de la institución, en el que se detallan los departamentos de interés, se refleja en la Figura 6. La estructura de la Gerencia General de Seguridad Aeronáutica, donde se encuentra el área de Licencias Aeronáuticas, se detalla en la Figura 7.
Procesos	<p>El proceso para otorgar un certificado médico aeronáutico se detalla a continuación en un mapa conceptual en la Figura 8 y la descripción de tareas se encuentra en el Formulario OM-3.</p> <p>El INAC, se encarga de brindar el servicio de renovación y otorgamiento de Certificado Médico Aeronáutico en sus diferentes clases, el cual es ejecutado por el personal médico especializado del área de Medicina Aeronáutica, en la dependencia de Licencia Aeronáutica perteneciente a la Gerencia General de Seguridad Aeronáutica.</p> <p>Este personal tiene como misión dar el diagnóstico médico, realizar la evaluación oftalmológica de los pacientes, evaluar los resultados de los exámenes médicos solicitados y analizar cada historial médico que se recibe.</p>
Personal	<p>Jefe de Medicina: encargado del área de medicina aeronáutica.</p> <p>Acreditador del área de medicina: acreditador del certificado médico.</p> <p>Medicina Interna (Médicos Especialistas): en la especialidad de cardiología, psicología, oftalmología, medicina general, otorrinolaringología, neurología, psiquiatría; se encarga de dar un diagnóstico en su especialidad.</p>
Recursos	<p>Recursos utilizados por los procesos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Existe un sistema que almacena y controla las historias médicas de los usuarios, generando un histórico de las visitas médicas de cada persona. Los exámenes médicos que traen los usuarios son escaneados y se mantiene una copia en digital de los mismos. Las historia médicas tienen la información para adquirir el conocimiento de la ontología. 2. En el archivo se almacena el físico de las historias médicas y se cuenta con espacio físico para éste. 3. Personal Médico y administrativo (jefes que se encargan de otorgar el certificado médico).
Conocimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento en la especialidad de cardiología, psicología, oftalmología, medicina general, otorrinolaringología, neurología y psiquiatría.

	<ul style="list-style-type: none"> • Medicina aeronáutica. • Acreditación de un certificado médico. • Requisitos para obtener certificado médico establecido en el reglamento interno.
Cultura y Potencial	<p>Ñ La institución se encuentra en el cumplimiento de lo establecido por la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI).</p> <p>Ñ Los especialistas médicos se capacitan de forma continua en los últimos descubrimientos en la medicina.</p> <p>Ñ El área de medicina aeronáutica se rige por lo establecido en Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela en la Regulación Aeronáutica venezolana RAV 60 Licencias al Personal Aeronáutico (2008).</p>

Tabla 2 - *Formulario OM-2: Descripción de los aspectos de la organización.*

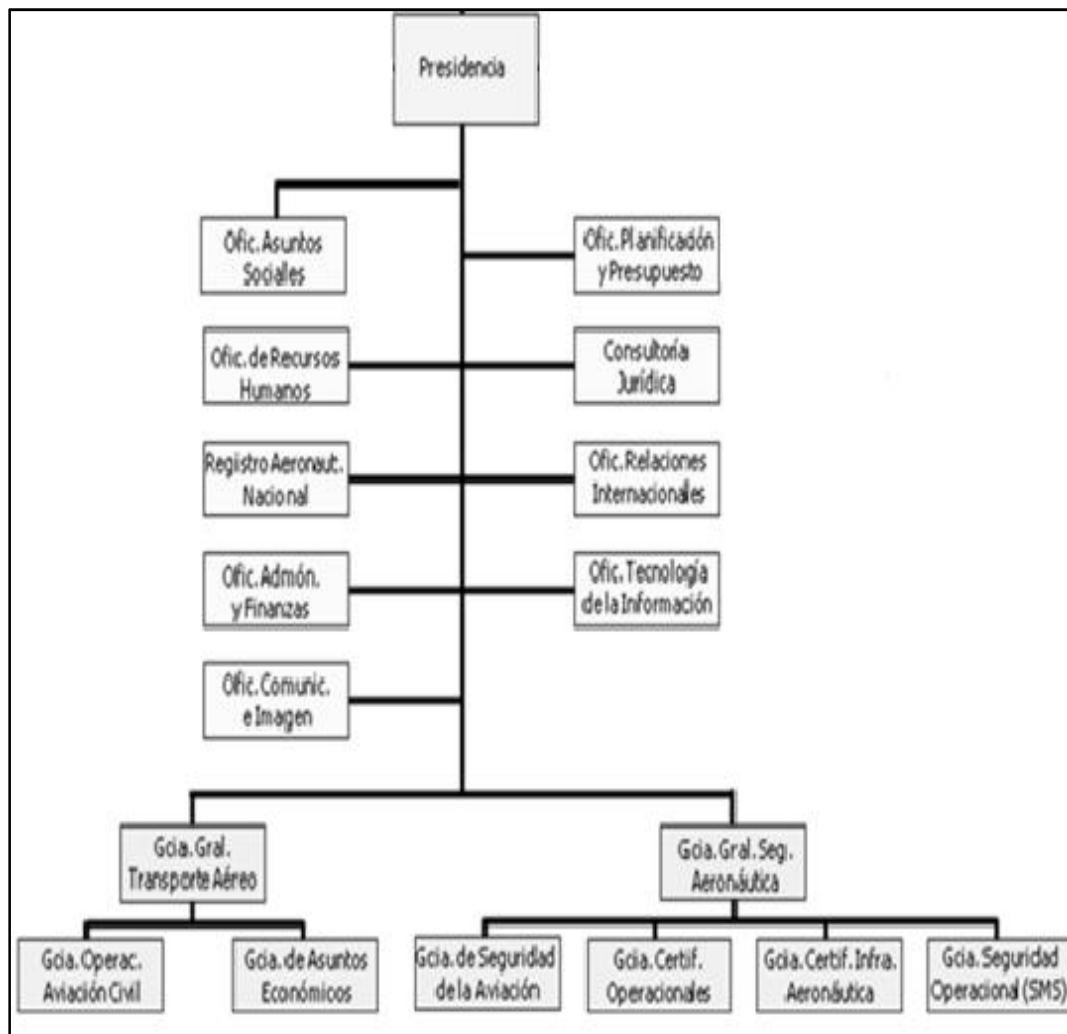


Figura 6 - *Organigrama del Instituto Nacional de Aeronáutica Civil (INAC)*

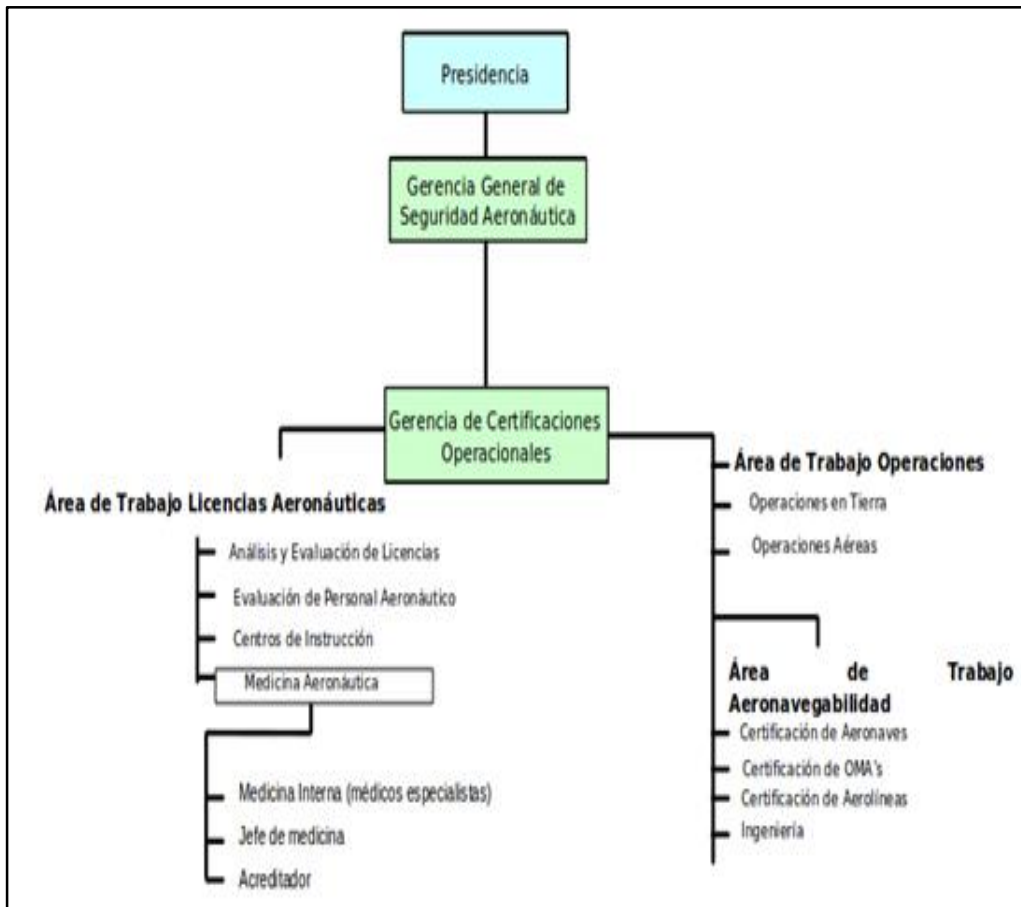


Figura 7 - Estructura de la Gerencia General de Seguridad Aeronáutica

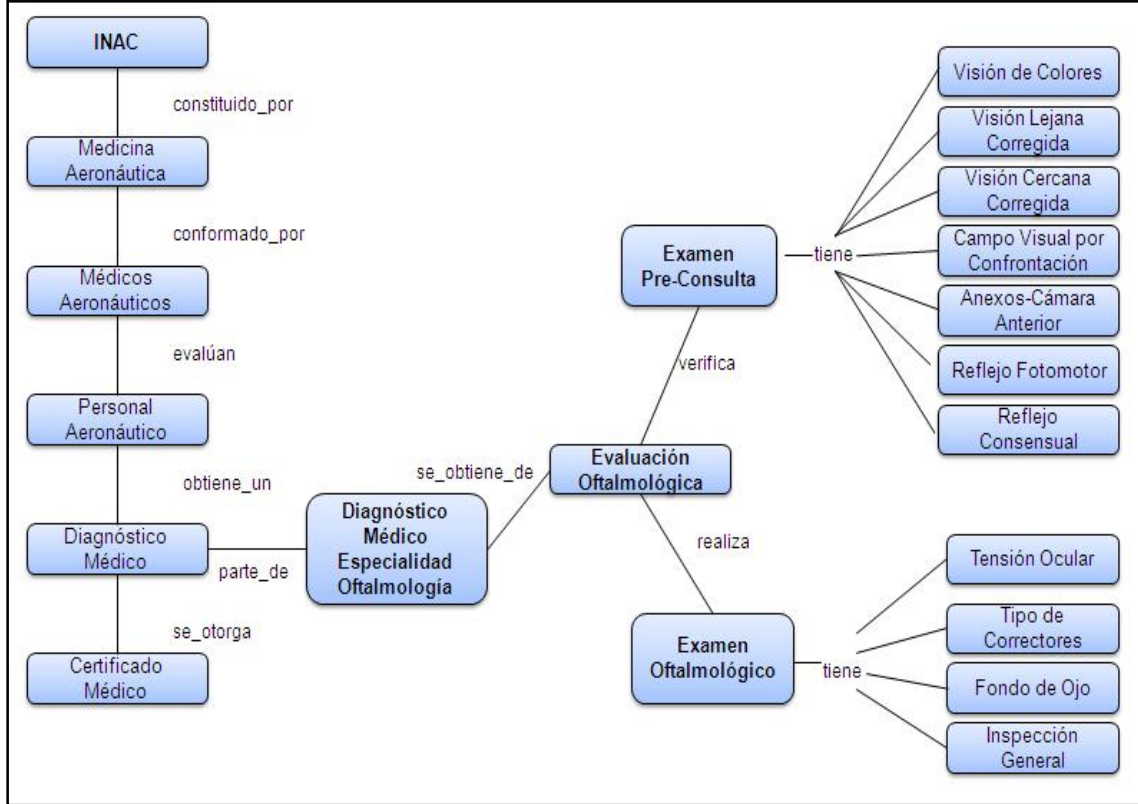


Figura 8 - Modelo Conceptual del Dominio

III.1.3 Formulario OM-3: Descomposición del Proceso de Negocio

El proceso de negocio especificado en el Formulario OM-2, se describe en mayor detalle con la ayuda del Formulario OM-3 que se muestra a continuación en la Tabla 3, en el que este proceso se descompone en tareas. Esta descomposición es importante, ya que el SBC siempre realizará una tarea específica que tendrá que encajar perfectamente en el proceso global.

Modelo de Organización			Formulario OM-3: Descomposición de los Procesos			
Nº	Tarea	Realizada por	¿Dónde?	Recursos de Conocimiento	¿Intensiva en Conocimiento?	Importancia
1	Verificar exámenes de Pre-consulta	Oftalmólogo/ Medicina Interna	Medicina Aeronáutica	Requisitos para obtener certificado médico establecido en el reglamento interno.	No	Media
2	Realizar exámenes oftalmológico	Oftalmólogo/ Medicina Interna	Medicina Aeronáutica	Conocimiento en la Especialidad de oftalmología.	SI	Alta
3	Obtener evaluación oftalmológica	Oftalmólogo/ Medicina Interna	Medicina Aeronáutica	El mismo que para la tarea 2.	SI	Alta
4	Realizar diagnóstico Médico del Piloto	Jefe de Medicina	Medicina Aeronáutica	Medicina aeronáutica. Requisitos para obtener certificado médico establecido en el reglamento interno.	Si	Alta
5	Otorgar Certificado Médico Piloto	Acreditador del área de medicina	Medicina Aeronáutica	Acreditación de un certificado médico.	No	Alta

Tabla 3 - Formulario OM-3: Descomposición del Proceso de Negocio

Como se observa en este estudio, la mayoría de las tareas son intensivas en conocimiento y por lo tanto, susceptibles de implementarse en un SBC: verificar exámenes de pre-consulta, realizar exámenes oftalmológicos, obtener evaluación oftalmológica y realizar diagnóstico médico del piloto. Por otro lado, dado que el trabajo se ha enfocado hacia la mejora del tiempo empleado por los Médicos Aeronáuticos en la atención al paciente y teniendo en cuenta que en el proceso de certificación está influenciado por la pericia de cada médico, parece lógico centrarse en las tareas de evaluación y diagnóstico.

Como el objetivo principal es reducir el tiempo de atención, se analizó el funcionamiento del área de Medicina Aeronáutica durante un período de 2 semanas y se realizó un estudio sobre la carga de trabajo que supone cada una de las tareas implicadas en el proceso, cuyo resultado se muestra en la Figura 9. Esta participación temporal en el proceso global es la que se ha utilizado como criterio para definir la importancia de cada tarea en el formulario OM-3.

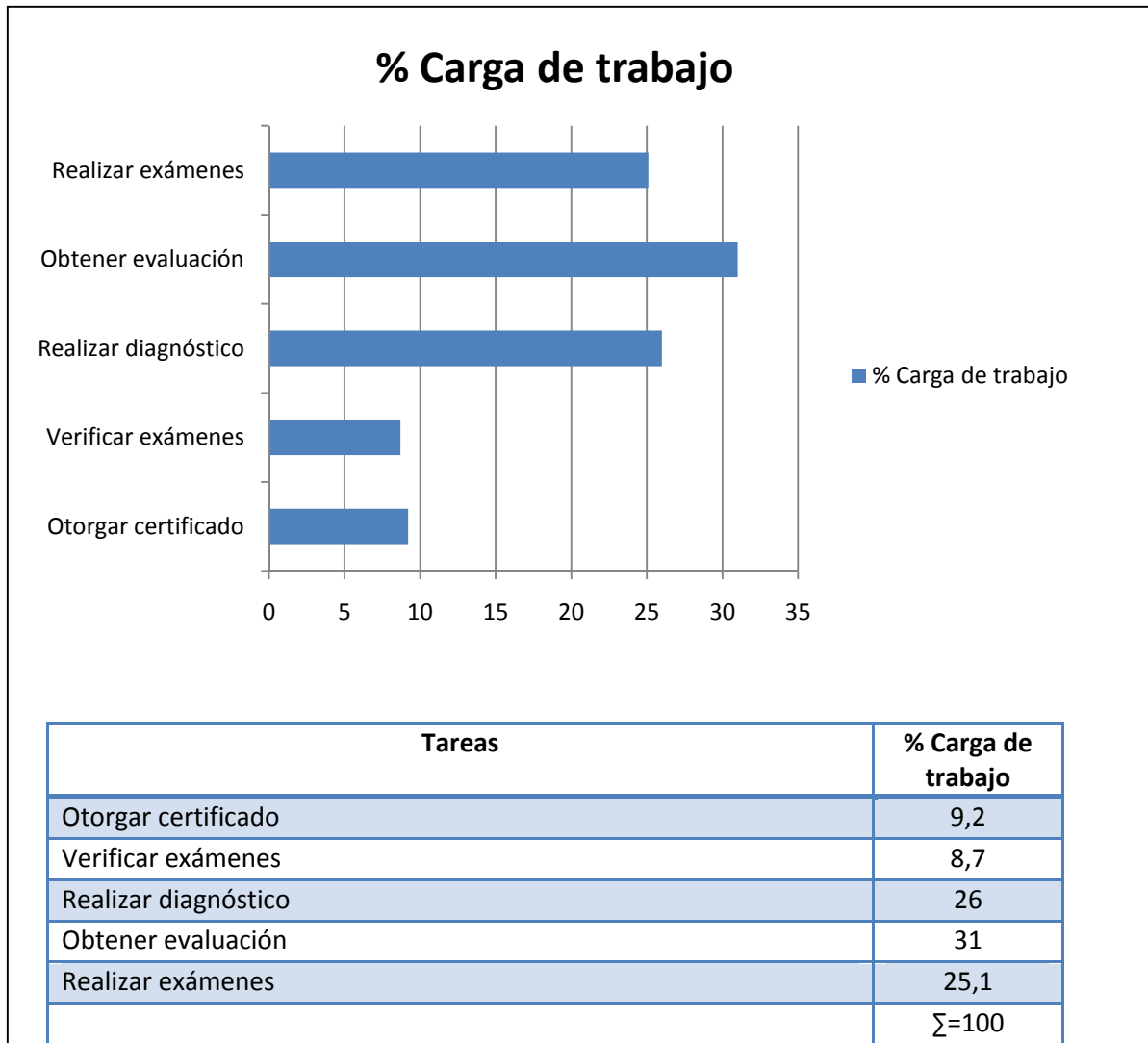


Figura 9 - Porcentaje de participación temporal de cada tarea en el proceso de certificado médico

III.1.4 Formulario OM-4: Activos de Conocimiento

Nuevamente, tomando como punto de partida el componente *conocimiento* del formulario OM-2, se desarrolla un nuevo formulario, el OM-4, que se centra en los activos de conocimiento del INAC específicamente del área de medicina aeronáutica. La información incluida en este formulario proporcionará una visión preliminar de este aspecto que se refinará más adelante en los modelos de tareas y conocimiento. La importancia de este factor de conocimiento reside en que las utilizan los trabajadores del INAC para realizar una tarea específica o un proceso, como se muestra a continuación en la Tabla 4.

Modelo de Organización			Formulario OM-4: Activos de Conocimiento			
Recurso de Conocimiento	Pertenece a	Usado en	¿Forma Correcta?	¿Lugar Correcto?	¿Tiempo correcto?	¿Calidad correcta?
Manejo del reglamento interno para obtener certificado médico.	Oftalmólogo/ Medicina Interna	1, 2, 3,4 y 5	Si	Si	No	Si
Especialista en oftalmología.	Oftalmólogo	2, 3 y 4	Si	Si	No	Si
Manejo del sistema de certificación.	Oftalmólogo/Jefe de Medicina/ Acreditador	1, 2, 4 y 5	Si	Si	No	Si
Conocimientos básicos de oftalmología	Oftalmólogo/ Medicina Interna	1	Si	Si	No	No

Tabla 4 - Formulario OM-4: Activos de Conocimiento

III.1.5 Formulario OM-5: Análisis de Viabilidad

Después del análisis anterior se dispone de información suficiente para tomar una de decisión respecto a la orientación y viabilidad del proyecto de conocimiento. Además, se dispone del último de los formularios del modelo de la organización, el OM-5 (Tabla 5), que intenta analizar la viabilidad de las soluciones propuestas para los

problemas detectados.

Modelo de Organización	Formulario OM-5: Análisis de Viabilidad
Viabilidad Empresarial	<p>Observando en la Figura 9 el análisis temporal de tareas, se puede decir que realizar los exámenes al paciente es la tarea que más tiempo conlleva. Esto debido a la dificultad que lleva el chequeo físico que debe realizar el médico especialista a cada piloto, la resolución de este problema está fuera del alcance de un SBC. Por otro lado, para obtener la evaluación de los exámenes realizados y los verificados, se invierte la mayor parte del tiempo un 31% para así obtener el diagnóstico con un tiempo en esa tarea de 26%. Dado que el trabajo se ha enfocado en reducir los tiempos de respuesta por los médicos especialistas oftalmólogos, teniendo en cuenta que el proceso de realizar los exámenes al paciente este aspecto está muy influenciado por el contacto físico que tiene el médico con el paciente, es lógico centrarse en la tarea de diagnóstico. Sin embargo, se puede agilizar el tiempo de respuesta del diagnóstico, si tenemos los datos de la evaluación. Centrarse en el área de diagnóstico tendría la ventaja de que podrían contratarse médicos (más económicos que contratar especialista) que podrían encargarse de generar el diagnóstico con la ayuda del SBC, aumentando además la estandarización del proceso de solución. El desarrollo de este sistema no es costoso, no existe un gran riesgo de fracaso y el conocimiento extraído para el desarrollo del sistema contribuirá a la documentación de los procesos y servirá para desarrollar las demás especialidades médicas.</p>
Viabilidad Técnica	<p>El conocimiento del diagnóstico está disponible y posee la dificultad de desarrollo, aunque el problema de diagnóstico está ampliamente estudiado en los SBC, como se mencionó en los antecedentes antes descritos. La integración del SBC con el sistema existente de certificación no presenta ninguna dificultad. Tampoco van a existir problemas con la interacción con el SBC, ya que los médicos, especialista y administrativos están familiarizados con el uso de computadoras.</p>
Viabilidad del Proyecto	<p>Se puede combinar la viabilidad técnica con los beneficios esperados observamos que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar un SBC implicaría la reducción del tiempo empleado por los especialistas. • La tarea de diagnóstico el conocimiento implicado depende del conocimiento experto, dispuesto a brindar la información. • Al ser la tarea de diagnóstico de la especialidad de oftalmología, el desarrollo de un SBC para esta tarea serviría como prototipo para realizar el diagnóstico de otras especialidades médicas.
Acciones Propuestas	<p>Basado en lo anterior, sería recomendable contar con una aplicación donde se lograra modelar y almacenar el conocimiento médico de cada especialidad. Esta herramienta generaría el diagnóstico médico</p>

	de la especialidad de oftalmología y agilizar la toma de decisiones en cuanto a la acreditación de un certificado médico, disminuyendo los tiempos de respuesta en atender a un paciente y permitiendo mayor capacidad de atención diaria de usuarios.
--	--

Tabla 5 - Formulario OM-5: Análisis de Viabilidad

III.2 Modelo de Tareas

Tomando en consideración el modelo anterior, que arrojó un análisis de viabilidad positivo, se procede a refinar la información que se ha incluido en el modelado de la organización sobre las tareas relevantes. A continuación, los formularios que derivan del modelo:

III.2.1 Formulario TM-1: Análisis de Tareas

A continuación, se presenta el modelado de cada una de las tareas, donde se especifica con ayuda del formulario TM-1, el análisis y la descripción de los datos incluidos en el formulario OM-3.

Modelo de tareas	Formulario TM-1: Análisis de tareas
Tarea	Verificar Examen Pre-consulta (1 de OM-3)
Organización	Es realizado en el departamento de Medicina Aeronáutica, el personal encargado es el especialista Oftalmólogo y médico internista.
Objetivo y valor	El objetivo es realizar una revisión de los exámenes proporcionados por el paciente para obtener una evaluación previa de los resultados.
Dependencia y flujos	Tareas siguientes: Realizar examen oftalmológico (2 de OM-3) y Evaluación oftalmológica (3 de OM-3). Ambas requieren la información suministrada por esta tarea, aunque la de realizar examen en menor medida (sólo para que el oftalmólogo tenga como referencia los datos de los

	exámenes).
Objetos Manipulados	Objetos de entrada: datos de los exámenes realizados previos a la consulta. Objetos de salida: evaluación de los resultados.
Tiempo y control	Frecuencia: Cada vez que se examina un piloto. Diaria Duración: 30min por piloto.
Agentes	Agentes Humanos: Jefe de Medicina como agente que interactuarán con el sistema y los especialista médicos como proveedores de conocimiento y como agentes que utilizarán la información proporcionada por el SBC. Sistemas de Información: Base de datos de registro del personal aeronáutico.
Conocimiento y capacidad	Los recursos de conocimiento establecidos en OM-3.
Recursos	Se requiere scanner con mayor capacidad para resguardar la copia en digital de los exámenes.
Calidad y eficiencia	La tarea deberá seguir el reglamento interno de la institución.

Tabla 6 - Formulario TM-1: Descripción detallada de Verificar Examen Pre-consulta

Modelo de tareas	Formulario TM-1: Análisis de tareas
Tarea	Realizar Examen Oftalmológico (2 de OM-3)
Organización	Es realizado en el departamento de Medicina Aeronáutica por el Oftalmólogo, forma parte del proceso para otorgar un certificado médico aeronáutico que se detalla en el mapa conceptual que se encuentra en OM-2.
Objetivo y Valor	El objetivo es realizar los exámenes médicos exigidos en el reglamento interno de la institución, para obtener la evaluación de la especialidad.
Dependencia y Flujos	Tareas precedentes: Verificar exámenes de pre-consulta (1 de OM-3). Tareas siguientes: Obtener evaluación oftalmológica (3 de OM-3) y Realizar diagnóstico Médico del Piloto (4 de OM-3). Ambas utilizan la información suministrada por esta tarea.
Objetos Manipuladores	Objetos de entrada: Datos de inspección general y tensión ocular. Objetos de salida: Resultados de los exámenes.
Tiempo y Control	Frecuencia: Cada vez que se examina un piloto. Diaria Duración: 1 hora por piloto.
Agentes	Agentes Humanos: Especialista médicos son los agentes que realizan la evaluación a los pacientes tomando los datos requeridos de los exámenes. Sistemas de Información: Base de datos de registro del personal aeronáutico.
Conocimiento y Capacidad	Los recursos de conocimiento establecidos en OM-3.
Recursos	Archivos de las historias médicas.
Calidad y Eficiencia	La tarea deberá seguir el reglamento interno de la institución. De igual forma, es una tarea manual donde el especialista médico interactúa con el paciente.

Tabla 7 - Formulario TM-1: Descripción detallada de la tarea Realizar Examen oftalmológico.

Modelo de tareas	Formulario TM-1: Análisis de tareas
Tarea	Obtener evaluación oftalmológica (3 de OM-3)
Organización	Es realizado en el departamento de Medicina Aeronáutica por el Oftalmólogo.
Objetivo y Valor	El objetivo es obtener la evaluación de los exámenes realizados y los que se verificaron inicialmente, para así tener un pre-diagnóstico.
Dependencia y Flujos	Tareas precedentes: Verificar exámenes de pre-consulta (1 de OM-3) y Realizar Examen Oftalmológico (2 de OM-3). Tareas siguientes: Realizar diagnóstico médico (4 de OM-3).
Objetos Manipuladores	Objetos de entrada: Datos de los resultados de los exámenes existentes y realizados por el especialista. Objetos de salida: Evaluación de los resultados.
Tiempo y Control	Frecuencia: Cada vez que se examina un piloto. Diaria Duración: 20 min por piloto.
Agentes	Agentes Humanos: El médico especialista. Sistemas de Información: Base de datos de registro del personal aeronáutico.
Conocimiento y Capacidad	Los recursos de conocimiento establecidos en OM-3.
Recursos	Los resultados de los exámenes.
Calidad y Eficiencia	La tarea deberá seguir el reglamento interno de la institución.

Tabla 8 - *Formulario TM-1: Descripción detallada de la tarea Obtener evaluación oftalmológica.*

Modelo de tareas	Formulario TM-1: Análisis de tareas
Tarea	Realizar diagnóstico médico (4 de OM-3)
Organización	Es realizado en el departamento de Medicina Aeronáutica por el Oftalmólogo.
Objetivo y valor	El objetivo es obtener el diagnóstico médico del paciente, según la evaluación realizada
Dependencia y flujos	Tareas precedentes: Obtener evaluación oftalmológica (3 de OM-3). Tareas siguientes: Otorgar Certificado Médico Piloto (5 de OM-3)
Objetos Manipulados	Objetos de entrada: Evaluación de los resultados. Objetos de salida: Diagnóstico médico de la especialidad.
Tiempo y control	Frecuencia: Cada vez que se examina un piloto. Diaria Duración: 20min por piloto.
Agentes	Agentes Humanos: Jefe de Medicina como agente que interactuarán con el sistema y los especialista médicos como proveedores de conocimiento y como agentes que utilizarán la información proporcionada por el SBC. Sistemas de Información: Base de datos de registro del personal aeronáutico.
Conocimiento y capacidad	Los recursos de conocimiento establecidos en OM-3.
Recursos	
Calidad y eficiencia	La tarea deberá seguir el reglamento interno de la institución. El sistema irá afinando su comportamiento conforme al estudio de nuevos casos de diagnóstico. Se prevé el aumento de efectividad en los procesos de diagnóstico médico.

Tabla 9 - *Formulario TM-1: Descripción detallada de la tarea Realizar diagnóstico médico*

Modelo de tareas	Formulario TM-1: Análisis de tareas
Tarea	Otorgar Certificado Médico Piloto (4 de OM-3)
Organización	Es realizado en el departamento de Medicina Aeronáutica por el Oftalmólogo.
Objetivo y valor	El objetivo es generar el certificado médico del paciente, según el diagnóstico obtenido.
Dependencia y flujos	Tareas precedentes: <i>Realizar diagnóstico médico</i> (4 de OM-3).
Objetos Manipulados	Objetos de entrada: Diagnóstico médico. Objetos de salida: Certificado médico piloto.
Tiempo y control	Frecuencia: Cada vez que se examina un piloto. Diaria Duración: 15min por piloto.
Agentes	Agentes Humanos: Jefe de Medicina como agente que genera y acredita el certificado médico. Sistemas de Información: Base de datos de registro del personal aeronáutico y sistema de certificación médico.
Conocimiento y capacidad	Manejo del sistema de certificación.
Recursos	Resultado del diagnóstico.
Calidad y eficiencia	La tarea deberá seguir el reglamento interno de la institución. Esta tarea no estaría presente en el SBC, motivado que ya se encuentra automatizado el proceso de emitir el certificado médico piloto.

Tabla 10 - *Formulario TM-1: Descripción detallada de la tarea Otorgar Certificado Médico Piloto*

III.2.2 Formulario TM-2: Análisis de los cuellos de botella del conocimiento

El análisis constituye un refinamiento de los activos del conocimiento, dada la importancia del papel que este juega en el desarrollo del sistema.

Modelo de tareas	Formulario TM-2: Análisis de las tareas
Tarea	Auditar Diagnósticos Emitidos
Organización	Proceso ejecutado por el área de trabajo de Medicina Aeronáutica para Auditar los diagnósticos emitidos por el Centro Medico Examinador Aeronáutica.
Objetivo y valor	Auditar Diagnósticos Médicos Especialista.
Dependencia y flujos	Tareas precedentes: <i>Diagnósticos emitidos por un CMAE</i>
Objetos Manipulados	Objetos de entrada: Diagnóstico médico. Objetos de salida: Certificado médico piloto.
Tiempo y control	Frecuencia: Cada vez que se examina un piloto. Diaria Duración: 15min por piloto.
Agentes	Agentes Humanos: Jefe de Medicina como agente que genera y acredita el certificado médico. Sistemas de Información: Base de datos de registro del personal aeronáutico y sistema de certificación médico.
Conocimiento y capacidad	Manejo del sistema de certificación.
Recursos	Resultado del diagnóstico.
Calidad y eficiencia	Proceso para realizar auditorías a los diagnósticos emitidos por un CMAE, el Usuario realiza búsquedas de diagnósticos emitidos por CMAEs, verifica los diagnósticos y si el caso lo amerita, suspende o revoca el documento (Certificado Médico o Constancia de Aptitud Psicofísica) y convoca al solicitante para una revisión por parte de los médicos internos. En el proceso, el solicitante puede ser enviado a una reevaluación si el caso lo amerita, en este caso el documento permanecerá suspendido.

Tabla 11 - Formulario TM-2: Especificación del Activo del Conocimiento

III.3 Modelo de Agentes

Hasta los momentos el análisis de impactos y mejoras se ha realizado desde el punto de vista de las tareas, pero también debe realizarse desde otro punto de vista: el de los agentes. Este modelo de agentes que ofrece CommonKADS, con el apoyo de un formulario, el AM-1 permite agrupar toda la información en un único documento para poder valorar los impactos y los cambios de la organización necesarios desde el punto de vista de los agentes.

III.3.1 Formulario AM-1: Realiza la descripción de los agentes

El objetivo de este formulario es al análisis de los roles y competencias de cada agente implicado en la realización de cada tarea, lo que resulta especialmente útil cuando esta se realiza de forma compartida. El término agente no solo se refiere al personal de la organización, sino también a otros sistemas de información que pueden jugar un papel en la realización de la tarea.

Modelo de tareas	Formulario AM-1: Agentes
Nombre	Consultar Historia Médica
Organización	El Profesional Aeronáutico Consulta la Historia médica de un Interesado y verifica si existe algún tipo de inconsistencia en los diagnósticos emitidos por los Médicos Examinadores del CMAE
Implicado en	Auditar Diagnósticos Médicos Especialista.
Se comunica con	Tareas precedentes: <i>Diagnósticos emitidos por un CMAE</i>
Conocimiento	Objetos de entrada: Selección de un expediente. Manejo de los conocimientos de las especialidades médicas. Objetos de salida: Al encontrar inconsistencia expediente.
Otras competencias	Agentes Humanos: Jefe de Medicina como agente que genera y acredita el certificado médico. Sistemas de Información: Base de datos de registro del personal aeronáutico y sistema de certificación médico.
Responsabilidad y Soluciones	Evaluar la capacidad psicofísica del solicitante de forma que cumpla una serie de requisitos o estándares mínimos considerados necesarios para que cualquier piloto realice su trabajo de forma segura y eficaz, contribuyendo a prevenir tanto la incapacidad aguda durante el vuelo como la incapacidad crónica precoz.

Tabla 12 - Formulario AM-1: Especificación del Activo del Conocimiento

III.4 Formulario OTA-1: Documentos sobre Impacto y Mejoras

El último paso en el modelado contextual de CommonKADS consiste en analizar toda la información recogida en los formularios anteriores e integrarla en un documento, con el fin de gestionar y documentar la toma de decisiones sobre las mejoras y los cambios necesarios de la organización. Para elaborar este documento resumen, de nuevo se nos proporciona un formulario, el OTA-1, cuyo contenido se muestra en la Tabla 13.

Modelo de tareas	Formulario OTA-1: Documentos sobre Impacto y Mejoras
Impactos y cambios en la organización	Se propone en este trabajo el desarrollo de un Sistema Basado en Conocimiento (SBC), con el fin de que el servicio de solicitud de certificado sea más eficiente y eficaz en el análisis de los resultados médicos del paciente.
Impactos y cambios en las tareas y agentes	Contar con una aplicación donde se logre modelar y almacenar el conocimiento médico de cada especialidad. Esta herramienta generaría el diagnóstico médico de cada área permitiendo al Jefe de Medicina abarcar las distintas especialidades y agilizar la toma de decisiones en cuanto a la acreditación de un certificado médico, disminuyendo los tiempos de respuesta en atender a un paciente y permitiendo mayor capacidad de atención diaria de usuarios.
Implicado en	Unidad de Medicina Aeronáutica
Se comunica con	Tareas precedentes: <i>Diagnósticos emitidos por un CMAE</i>
Conocimiento	Objetos de entrada: Selección de un expediente. Manejo de los conocimientos de las especialidades médicas. Objetos de salida: Al encontrar inconsistencia expediente médico.
Otras competencias	Agentes Humanos: Jefe de Medicina como agente que genera y acredita el certificado médico. Sistemas de Información: Base de datos de registro del personal aeronáutico y sistema de certificación médico.
Responsabilidad y Soluciones	Reducir el tiempo de repuesta del diagnóstico médico de cada especialidad, facilitaría al personal médico la emisión de los certificados médicos; de esta manera, la Institución podría ofrecer un servicio más efectivo para el personal aeronáutico del país.

Tabla 13 - Formulario OTA-1: Impactos y Mejoras

CAPÍTULO IV. Desarrollo del Modelo de Conocimiento

En esta sección se mostrará el desarrollo del modelo de conocimiento del nivel de Conceptos sugerido por la metodología CommonKADS. Con este modelo se pretende especificar el conocimiento y la estructura de la información que requiere el SBC.

Según la metodología CommonKADS, el Modelo de Conocimiento (MC) ayuda a entender la estructura de las tareas intensivas en conocimiento y sirve para especificar la información y el conocimiento requerido por la aplicación sin hacer referencia a los detalles de implementación. En consecuencia, el MC establece los requisitos de conocimiento y razonamiento del sistema basado en conocimiento (SBC).

IV.1 Identificación del conocimiento.

Se realiza un proceso de familiarización con el dominio y la organización. Para ello, se busca la información existente proveniente de diversas fuentes. Se opta, en primer lugar, por estudiar las historias médicas existentes de la especialidad oftalmológica y se examina los diferentes diagnósticos médicos que utiliza el especialista o medico examinador, almacenados actualmente en la base de datos de un sistema de información propio de la institución. Por otro lado, se analizan los formularios OM-3 y OM-4 del modelo de contexto, donde se citan como fuentes de conocimiento el manejo del reglamento interno para obtener certificado médico, especialista en oftalmología, manejo del sistema de certificación y conocimientos básicos de oftalmología, que resultan muy útiles para determinar los modos de trabajo y actuaciones

Una vez analizada esta información se realizan entrevistas directamente con el Oftalmólogo y el Jefe de Medicina para delimitar los requisitos y datos necesarios que se requieren del paciente, para determinar los tipos de diagnósticos utilizados y cómo se llevan a cabo los procesos de evaluación oftalmológica.

Como escenarios para ayudar a la comprensión del dominio se escogieron 20 historias médicas típicas, ya evaluadas por los médicos y certificadas por la institución, donde se refleja el examen oftalmológico y el diagnóstico médico de la especialidad.

Tras realizar la actividad anterior, se listan los conceptos necesarios para el diagnóstico médico de la especialidad oftalmología que serán tenidos en cuenta en el nuevo SBC. Para ello, como primera aproximación, se buscan esquemas existentes relacionados con el diagnóstico médico en la especialidad de oftalmología para ser reutilizados para el nuevo sistema, pero no se encuentra nada en este dominio. Por otro lado, se analizan los métodos que utiliza el INAC a través de la técnica de **Observación Directa** para generar el diagnóstico médico al personal aeronáutico.

IV.2 Categorías de Conocimiento

CommonKADS define para esto, tres categorías de conocimiento: el Conocimiento del Dominio, el Conocimiento sobre Inferencias y el Conocimiento sobre Tareas. Por lo tanto, para poder describir una aplicación en el nivel de conocimiento es necesario entonces especificar elementos de conocimiento en cada una de estas categorías, con el fin de representar los distintos tipos de éstos que se puedan encontrar en cualquier dominio de aplicación. A continuación se describen estas categorías:

- a) *Conocimiento del Dominio*: en esta categoría se especifican los tipos de conocimiento e información que son usados en el dominio de la aplicación. Se corresponde con el modelo de datos o modelo de objetos utilizado en la Ingeniería de Software. Por esta razón, en esta categoría se debe especificar la información estática más importante y los objetos de conocimiento más relevantes. Para poder realizar dicha especificación, esta categoría se divide en dos partes: el Esquema del Dominio y la Base de Conocimiento.
- b) *Conocimiento sobre Inferencias*: Esta categoría permite especificar las inferencias, las cuales son los procesos básicos de razonamiento realizados

directamente sobre el conocimiento del dominio. Estos elementos constituyen los bloques constitutivos de los procesos de razonamiento. En la Ingeniería de Software, las inferencias se corresponderían con el nivel más bajo de descomposición funcional.

- c) *Conocimiento sobre Tareas*: En esta categoría se describe la tarea a realizar por el SBC y como se llevará a cabo, realizando una descomposición de la tarea en subtareas e inferencias.

A continuación, se describen las categorías de conocimiento especificadas anteriormente, para el dominio del diagnóstico médico especialidad oftalmología en el INAC.

IV.2.1 Conocimiento del Dominio

El conocimiento del dominio adquirido en la presente investigación es formalizado en dos partes: *Esquema del dominio* y la *Base de Conocimiento*. La primera incluye la terminología general utilizada para describir el conocimiento del dominio particular, mientras que la segunda amplía con los hechos específicos de dicho dominio.

ESQUEMA DEL DOMINIO

Un esquema del dominio es una descripción esquemática del conocimiento específico del dominio y de la información, realizada desde el punto de vista del proceso de razonamiento que se está intentando modelar. Esta descripción se realiza a través de un conjunto de definiciones de tipos. Es decir, en el esquema del dominio se describe la estructura estática del conocimiento y la información del dominio de la aplicación. Para construir esta categoría se utilizan los siguientes elementos: conceptos, relaciones y tipos de reglas.

Conceptos, se utilizan para definir colecciones de objetos que presentan características similares. Los conceptos poseen características significativas que

los diferencian de otros conceptos. Estas características se pueden especificar por medio de un conjunto de atributos. Cada atributo se especifica mediante un nombre que los identifica y los valores que puede tomar. Estos valores deben ser anatómicos, es decir tienen que representarse mediante valores simples y no pueden hacer referencia a otros conceptos.

Como parte de la formalización del conocimiento adquirido, se ha realizado un modelado formal basado en el modelo conceptual del conocimiento adquirido. A continuación, se muestra la representación gráfica en la Figura 10 y en Lenguaje de Modelado Conceptual (CML).

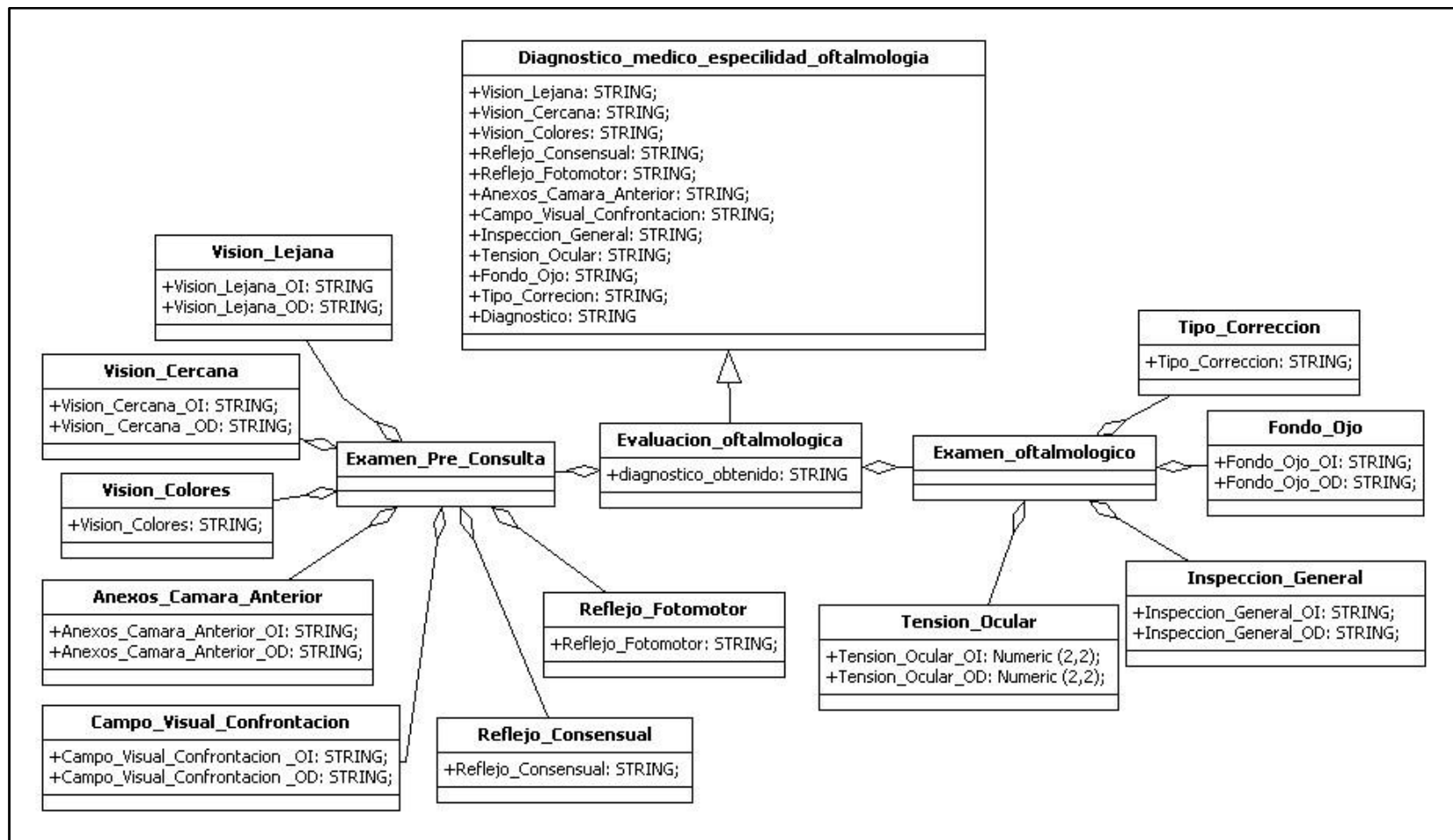


Figura 10 - Esquema de Representación de los conceptos relacionados con diagnóstico médico especialidad oftalmología

Especificación CML de los Conceptos

CONCEPT Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología;

DESCRIPTION: “Posible resultado que se obtiene al evaluar los resultados obtenidos de cada examen médico”;

SUPER-TYPE-OF: Evaluacion_ofthalmologica;

ATTRIBUTES:

Vision_Lejana: STRING;
Vision_Cercana: STRING;
Vision_Colores: STRING;
Reflejo_Consensual: STRING;
Reflejo_Fotomotor: STRING;
Anexos_Camara_Anterior: STRING;
Campo_Visual_Confrontacion: STRING;
Inspeccion_General: STRING;
Tension_Ocular: STRING;
Fondo_Ojo: STRING;
Tipo_Correccion: STRING;
Diagnostico: STRING;

END CONCEPT Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología;

CONCEPT Evaluacion_ofthalmologica;

DESCRIPTION: “Posible resultado que se obtiene al evaluar los exámenes médicos oftalmológicos del paciente”;

SUB-TYPE-OF: Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología;

HAS PARTS: Examen_Pre_Consulta, Examen_ofthalmologico;

ATTRIBUTES:

Diagnostico: STRING;

END CONCEPT Evaluacion_ofthalmologica;

CONCEPT Examen_Pre_Consulta;

DESCRIPTION: “Posible resultado que se obtiene al evaluar los exámenes médicos oftalmológicos del paciente”;

PART-OF: Evaluacion_ofthalmologica;

HAS PARTS: Vision_Colores, Vision_Lejana, Vision_Cercana, Reflejo_Consensual, Campo_Visual_Confrontacion, Anexos_Camara_Anterior, Reflejo_Fotomotor;

ATTRIBUTES:

END CONCEPT Examen_Pre_Consulta;

CONCEPT Examen_ofthalmologico;

DESCRIPTION: “Valores que se obtiene al realizar los exámenes médico oftalmológicos al paciente”;

PART-OF: Evaluacion_ofthalmologica;

HAS PARTS: Inspeccion_General, Tension_Ocular, Fondo_Ojo, Tipo_Correccion;
ATTRIBUTES:
END CONCEPT Examen_ofthalmologico;

CONCEPT Vision_Lejana;
DESCRIPTION: “Valor que se obtiene de los exámenes médicos oftalmológicos del paciente”;
PART-OF: Examen_Ofthalmologico;
ATTRIBUTES:
 Vision_Lejana_OI: STRING;
 Vision_Lejana_OD: STRING;
AXIOMS:
 Vision_Lejana_OI < 20;
 Vision_Lejana_OD < 20;
END CONCEPT Vision_Lejana;

CONCEPT Vision_Cercana;
DESCRIPTION: “Valor que se obtiene de los exámenes médicos oftalmológicos del paciente”;
PART-OF: Examen_Ofthalmologico;
ATTRIBUTES:
 Vision_Cercana_OI: STRING;
 Vision_Cercana_OD: STRING;
AXIOMS:
 Vision_Cercana_OI 0,25;
 Vision_Cercana_OD 0,25;
END CONCEPT Vision_Cercana;

CONCEPT Vision_Colores;
DESCRIPTION: “Valor que se obtiene de los exámenes médicos oftalmológicos que trae el paciente”;
PART-OF: Examen_Pre_Consulta;
ATTRIBUTES:
 Vision_Colores: STRING;
END CONCEPT Vision_Colores;

VALUE-TYPE: Vision_Colores;
VALUE-LIST: {Normal, Anormal};
TYPE: STRING;
END VALUE-TYPE Vision_Colores;

CONCEPT Reflejo_Consensual;
DESCRIPTION: “Valor que se obtiene de los exámenes médicos oftalmológicos que trae el paciente”;
PART-OF: Examen_Pre_Consulta;

ATTRIBUTES:
Reflejo_Consensual: STRING;
END CONCEPT Reflejo_Consensual;;

VALUE-TYPE: Reflejo_Consensual;
VALUE-LIST: {Normal, Anormal};
TYPE: STRING;
END VALUE-TYPE Reflejo_Consensual;

CONCEPT Campo_Visual_Confrontacion;
DESCRIPTION: "Valor que se obtiene de los exámenes médicos oftalmológicos que trae el paciente";
PART-OF: Examen_Pre_Consulta;
ATTRIBUTES:
Campo_Visual_Confrontacion_OI: STRING;
Campo_Visual_Confrontacion_OD: STRING;
END CONCEPT Campo_Visual_Confrontacion;

VALUE-TYPE: Campo_Visual_Confrontacion_OI;
VALUE-LIST: {Normal, Anormal};
TYPE: STRING;
END VALUE-TYPE Campo_Visual_Confrontacion_OI;

VALUE-TYPE: Campo_Visual_Confrontacion_OD;
VALUE-LIST: {Normal, Anormal};
TYPE: STRING;
END VALUE-TYPE Campo_Visual_Confrontacion_OD;

CONCEPT Anexos_Camara_Anterior;
DESCRIPTION: "Valor que se obtiene de los exámenes médicos oftalmológicos que trae el paciente";
PART-OF: Examen_Pre_Consulta;
ATTRIBUTES:
Anexos_Camara_Anterior_OI: STRING;
Anexos_Camara_Anterior_OD: STRING;
END CONCEPT Anexos_Camara_Anterior;

VALUE-TYPE: Anexos_Camara_Anterior_OI;
VALUE-LIST: {Normal, Anormal};
TYPE: STRING;
END VALUE-TYPE Anexos_Camara_Anterior_OI;

VALUE-TYPE: Anexos_Camara_Anterior_OD;
VALUE-LIST: {Normal, Anormal};
TYPE: STRING;
END VALUE-TYPE Anexos_Camara_Anterior_OD;

CONCEPT Reflejo_Fotomotor;
DESCRIPTION: "Valor que se obtiene de los exámenes médicos oftalmológicos que trae el paciente";
PART-OF: Examen_Pre_Consulta;
ATTRIBUTES:
 Reflejo_Fotomotor: STRING;
END CONCEPT Reflejo_Fotomotor;

VALUE-TYPE: Reflejo_Fotomotor;
VALUE-LIST: {Normal, Anormal};
TYPE: STRING;
END VALUE-TYPE Reflejo_Fotomotor;

CONCEPT Tension_Ocular;
DESCRIPTION: "Valor que se obtiene de los exámenes médicos oftalmológicos del paciente";
PART-OF: Examen Oftalmologico;
ATTRIBUTES:
 Tension_Ocular_OI: Numeric (2,2);
 Tension_Ocular_OD: Numeric (2,2);
END CONCEPT Tension_Ocular;

VALUE-TYPE: Tension_Ocular_OI;
VALUE-LIST: ('13', '14', '15', '16', '17');
TYPE: NUMERIC;
END VALUE-TYPE Tension_Ocular_OI;

VALUE-TYPE: Tension_Ocular_OD;
VALUE-LIST: ('13', '14', '15', '16', '17');
TYPE: NUMERIC;
END VALUE-TYPE Tension_Ocular_OD;

CONCEPT Inspeccion_General;
DESCRIPTION: "Valor que se obtiene del estudio del estado físico de los ojos";
PART-OF: Examen_Oftalmologico;
ATTRIBUTES:
 Inspeccion_General_OI: STRING;
 Inspeccion_General_OD: STRING;
END CONCEPT Inspeccion_Ocular;

VALUE-TYPE: Inspeccion_General_OI;
VALUE-LIST: {Normal, Anormal};
TYPE: STRING;
END VALUE-TYPE Inspeccion_General_OI;

VALUE-TYPE: Inspeccion_General_OD;
VALUE-LIST: {Normal, Anormal};
TYPE: STRING;
END VALUE-TYPE Inspeccion_General_OD;

CONCEPT Fondo_Ojo;
DESCRIPTION: “Valor que se obtiene del estudio del estado físico de los ojos”;
PART-OF: Examen_Oftalmologico;
ATTRIBUTES:
 Fondo_Ojo_OI: STRING;
 Fondo_Ojo_OD: STRING;
END CONCEPT Fondo_Ojo;

VALUE-TYPE: Fondo_Ojo_OI;
VALUE-LIST: {Normal, Anormal};
TYPE: STRING;
END VALUE-TYPE Fondo_Ojo_OI;

VALUE-TYPE: Fondo_Ojo_OD;
VALUE-LIST: {Normal, Anormal};
TYPE: STRING;
END VALUE-TYPE Fondo_Ojo_OD;

CONCEPT Tipo_Correccion;
DESCRIPTION: “Valor que se obtiene al observar al paciente”;
PART-OF: Evaluacion_Oftalmologica;
ATTRIBUTES:
 Tipo_Correccion:STRING
END CONCEPT Tipo_Correccion;

VALUE-TYPE: Tipo_Correccion;
VALUE-LIST: {No Aplica, Convencional, Contacto};
TYPE: STRING;
END VALUE-TYPE Tipo_Correccion;

Relaciones, estas estructuras permiten establecer los nexos entre los conceptos identificados; las relaciones se pueden utilizar de la misma manera que en un diagrama entidad-relación. Son expresadas gráficamente y en CML, las relaciones entre los diferentes conceptos y también los tipos de reglas que definen la lógica del modelo de conocimiento en la Figura 11.

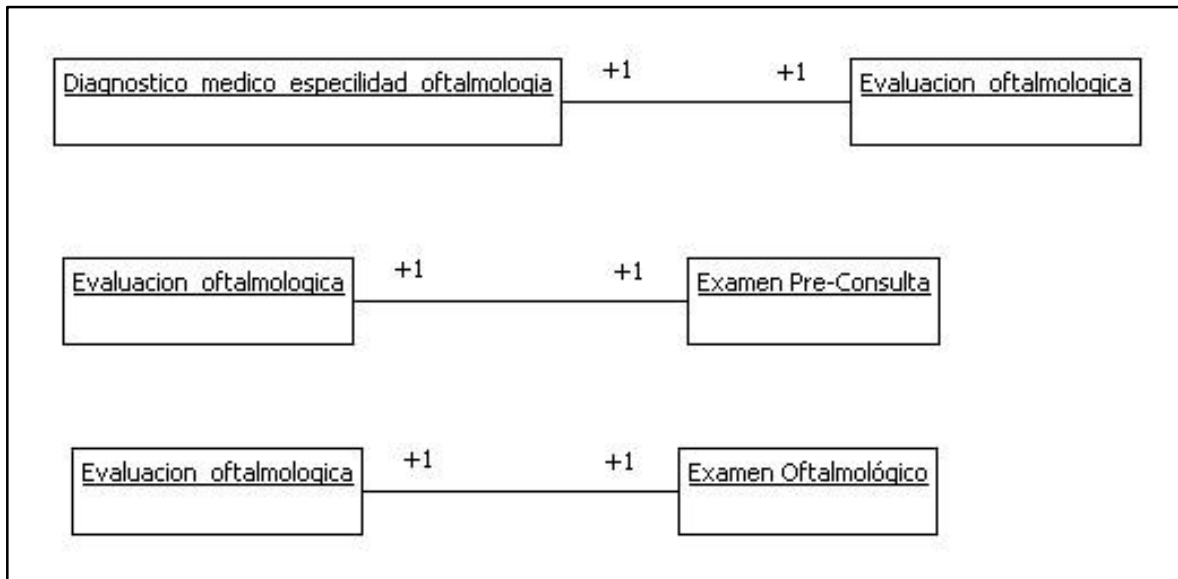


Figura 11 - Representación gráfica de las relaciones binarias

Especificación CML de las relaciones binarias.

```

BINARY-RELATION se_obtiene_de;
  ARGUMENT-1: Diagnostico_medico_especificidad_oftalmologia;
  ARGUMENT-2: Evaluacion_oftalmologica;
  CARDINALITY: 1:1;
END BINARY-RELATION se_obtiene_de;
  
```

```

BINARY-RELATION verifica;
  ARGUMENT-1: Evaluacion_oftalmologica;
  ARGUMENT-2: Examen Pre-Consulta;
  CARDINALITY: 1:1;
END BINARY-RELATION verifica;
  
```

```

BINARY-RELATION realiza;
  ARGUMENT-1: Evaluacion_oftalmologica;
  ARGUMENT-2: Examen Oftalmológico;
  CARDINALITY: 1:1;
END BINARY-RELATION realiza;
  
```

Tipos de Regla, los tipos de reglas permiten definir relaciones entre dos expresiones lógicas sobre los valores de uno o varios atributos de conceptos. Con los tipos de reglas es posible disponer de mecanismos que permitan modelar en un mismo patrón, las relaciones (entre expresiones del dominio) que compartan estructuras similares, así como dividir la base de conocimiento en porciones más pequeñas. En la Figura 12, se puede detallar la especificación gráfica y en CML los tipos de reglas definidas entre los conceptos *Diagnóstico Médico*, *Evaluación Oftalmológica*, *Examen Pre-Consulta* y *Examen Oftalmológico* sobre los cuales son aplicadas las reglas de inferencia para generar el diagnóstico.

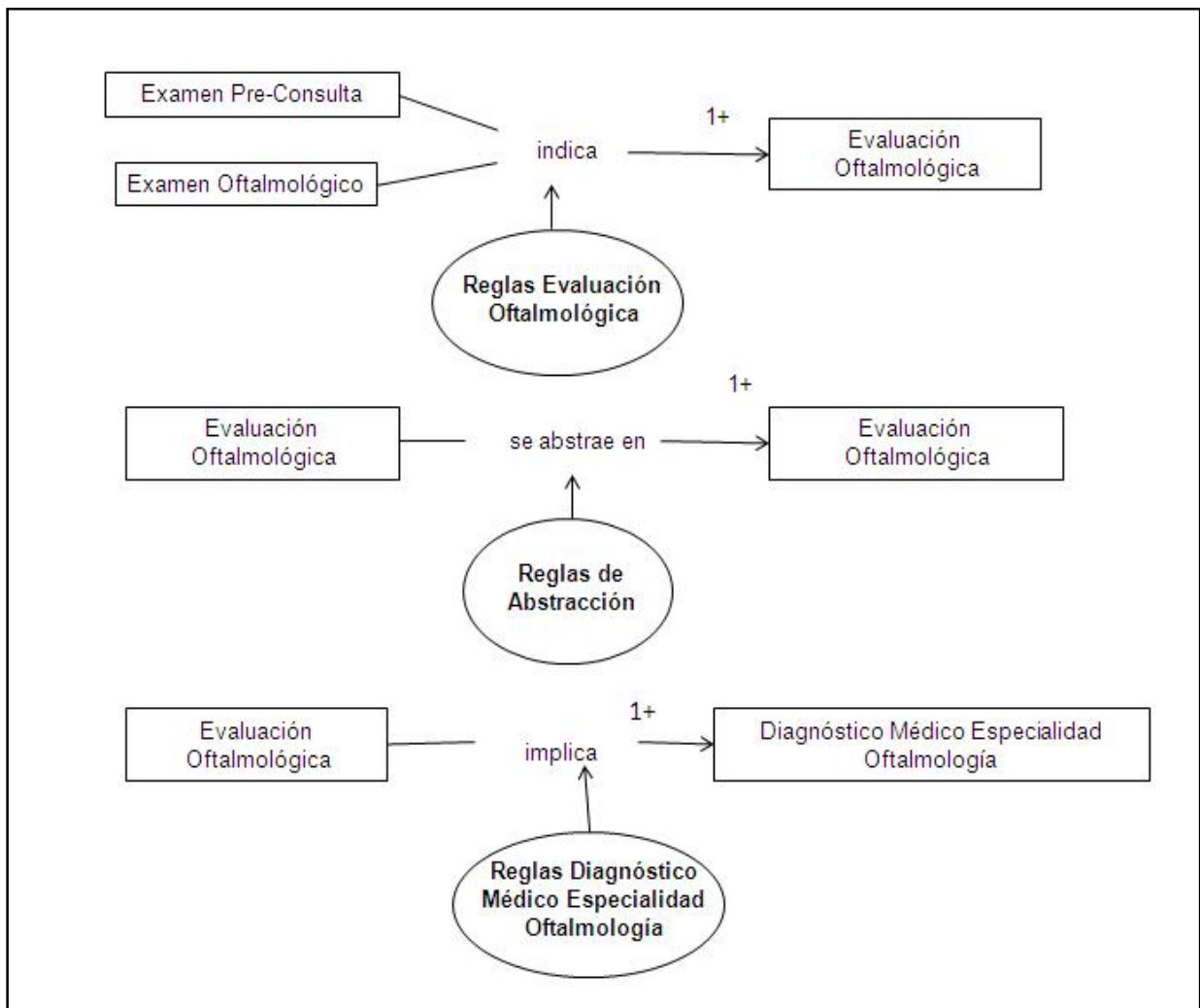


Figura 12 - Representación gráfica de tipos de reglas.

Especificación CML de tipos de reglas.

RULE-TYPE Reglas_Evaluación_Oftalmológica;

DESCRIPTION: “Regla que establece la relación entre el valor de los datos registrados y el criterio de la evaluación”;

ANTECEDENT: Examen_Pre-Consulta;

ANTECEDENT: Examen_Oftalmológico;

CONSEQUENT: Evaluación_Oftalmológica;

CONNECTION-SYMBOL: indica;

END RULE-TYPE Reglas_Evaluación_Oftalmológica;

RULE-TYPE Reglas_Abstracción;

DESCRIPTION: “Regla que establece la relación entre los resultados de la evaluación y el diagnóstico”;

ANTECEDENT: Evaluación_Oftalmológica;

CONSEQUENT: Evaluación_Oftalmológica;

CONNECTION-SYMBOL: se abstrae en;

END RULE-TYPE Reglas_Abstracción;

RULE-TYPE Reglas_Diagnóstico_Médico_Especialidad_Oftalmología;

DESCRIPTION: “Regla que establece la relación entre la evaluación y el diagnóstico”;

ANTECEDENT: Evaluación_Oftalmológica;

CONSEQUENT: Diagnóstico_Médico_Especialidad_Oftalmología;

CONNECTION-SYMBOL: implica;

END RULE-TYPE Reglas_Diagnóstico_Médico_Especialidad_Oftalmología;

BASE DE CONOCIMIENTO

En el esquema del dominio se ha definido los distintos tipos de conocimiento que se tiene acerca del diagnóstico médico en la especialidad de oftalmología. Las instancias de estos tipos se especifican en las bases de conocimiento. Durante el desarrollo del modelado del conocimiento, la especificación de las instancias es lo más importante ya que representan elementos de conocimiento que son utilizados en el proceso de razonamiento.

El lenguaje CML también permite definir instancias de conceptos, relaciones y tipos de reglas. Las bases de conocimiento que se especifican a continuación se han definido considerando los patrones de conocimiento suministrados por los expertos, hasta el momento. Seguidamente, la base de conocimiento en CML:

Especificación CML de la Base de Conocimiento

KNOWLEDGE-BASE Obtener_Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología;

EXPRESSIONS:

INSTANCE Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología-Aprobado;

Instance-of: Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología;

ATTRIBUTES:

Vision_Lejana: Normal;
Vision_Cercana: Normal;
Visión_Colores: Normal;
Reflejo_Consensual: Normal;
Reflejo_Fotomotor: Normal;
Anexos_Camara_Anterior: Normal;
Campo_Visual_Confrontacion: Normal;
Inspeccion_General: Normal;
Tension_Ocular: Normal;
Fondo_Ojo: Normal;
Tipo_Correccion: No aplica;

END INSTANCE Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología-Aprobado;

INSTANCE Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología-Rechazado;

Instance-of: Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología;

ATTRIBUTES:

Vision_Lejana: Anormal;
Vision_Cercana: Anormal;
Visión_Colores: Anormal;
Reflejo_Consensual: Anormal;
Reflejo_Fotomotor: Anormal;
Anexos_Camara_Anterior: Anormal;
Campo_Visual_Confrontacion: Anormal;
Inspeccion_General: Anormal;
Tension_Ocular: Anormal;
Fondo_Ojo: Anormal;
Tipo_Correccion: No aplica;

END INSTANCE Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología- Rechazado;

INSTANCE Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología-Reposo_Medico;

Instance-of: Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología;

ATTRIBUTES:

Vision_Lejana: Normal;
Vision_Cercana: Normal;
Visión_Colores: Normal;

Reflejo_Consensual: Normal;
Reflejo_Fotomotor: Normal;
Anexos_Camara_Anterior: Normal;
Campo_Visual_Confrontacion: Normal;
Inspeccion_General: Normal;
Tension_Ocular: Anormal;
Fondo_Ojo: Normal;
Tipo_Correccion: Contacto;

END INSTANCE Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología- Reposo_Medico;

INSTANCE Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología-Aprobado
_por_3_meses;

Instance-of: Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología;

ATTRIBUTES:

Vision_Lejana: Anormal;
Vision_Cercana: Anormal;
Visión_Colores: Normal;
Reflejo_Consensual: Normal;
Reflejo_Fotomotor: Normal;
Anexos_Camara_Anterior: Normal;
Campo_Visual_Confrontacion: Normal;
Inspeccion_General: Normal;
Tension_Ocular: Normal;
Fondo_Ojo: Normal;
Tipo_Correccion: Convencional;

END INSTANCE Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología-Aprobado
_por_3_meses;

INSTANCE Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología-Aprobado
_por_6_meses;

Instance-of: Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología;

ATTRIBUTES:

Vision_Lejana: Normal;
Vision_Cercana: Anormal;
Visión_Colores: Normal;
Reflejo_Consensual: Normal;
Reflejo_Fotomotor: Normal;
Anexos_Camara_Anterior: Normal;
Campo_Visual_Confrontacion: Normal;
Inspeccion_General: Normal;
Tension_Ocular: Anormal;
Fondo_Ojo: Normal;
Tipo_Correccion: Convencional;

END INSTANCE Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología-Aprobado
_por_6_meses;

END KNOWLEDGE-BASE

obtener_Diagnostico_medico_especialidad_ofthalmología;

KNOWLEDGE-BASE Reglas_Evaluación_Oftalmologica;

EXPRESSIONS:

Vision_lejana.Vision_lejana_OI =20 AND
Vision_lejana.Vision_lejana_OD=20
INDICA
Examen_Pre_Consulta.Vision_lejana = 'Normal';

Vision_lejana.Vision_lejana_OI < 20 AND
Vision_lejana.Vision_lejana_OD < 20
INDICA
Examen_Pre_Consulta.Vision_lejana = 'Anormal';

Vision_cercana.Vision_cercana_OI <=0.25 AND
Vision_cercana.Vision_cercana_OD<=0.25
INDICA
Examen_Pre_Consulta.Vision_cercana = 'Normal';

Vision_cercana.Vision_cercana_OI >0.25 AND
Vision_cercana.Vision_cercana_OD>0.25
INDICA
Examen_Pre_Consulta.Vision_cercana = 'Anormal';

Campo_Visual_Confrontacion.Campo_Visual_Confrontacion_OI = 'Normal' AND
Campo_Visual_Confrontacion.Campo_Visual_Confrontacion_OD='Normal';
INDICA
Examen_Pre_Consulta.Campo_Visual_Confrontacion = 'Normal';

Campo_Visual_Confrontacion.Campo_Visual_Confrontacion_OI = 'Anormal' AND
Campo_Visual_Confrontacion.Campo_Visual_Confrontacion_OD='Anormal';
INDICA
Examen_Pre_Consulta.Campo_Visual_Confrontacion = 'Anormal';

Campo_Visual_Confrontacion.Campo_Visual_Confrontacion_OI = 'Anormal' AND
Campo_Visual_Confrontacion.Campo_Visual_Confrontacion_OD='Normal';
INDICA

Examen_Pre_Consulta.Campo_Visual_Confrontacion = 'Anormal';

Campo_Visual_Confrontacion.Campo_Visual_Confrontacion_OI = 'Normal' AND
Campo_Visual_Confrontacion.Campo_Visual_Confrontacion_OD='Anormal';
INDICA

Examen_Pre_Consulta.Campo_Visual_Confrontacion = 'Anormal';

Anexo_Camara_Anterior.Anexo_Camara_Anterior_OI = 'Normal' AND
Anexo_Camara_Anterior.Anexo_Camara_Anterior_OD= 'Normal';
INDICA

Examen_Pre_Consulta..Anexo_Camara_Anterior = 'Normal';

Anexo_Camara_Anterior.Anexo_Camara_Anterior_OI = 'Anormal' AND
Anexo_Camara_Anterior.Anexo_Camara_Anterior_OD= 'Anormal';
INDICA

Examen_Pre_Consulta.Anexo_Camara_Anterior = 'Anormal';

Anexo_Camara_Anterior.Anexo_Camara_Anterior_OI = 'Anormal' AND
Anexo_Camara_Anterior.Anexo_Camara_Anterior_OD= 'Normal';
INDICA

Examen_Pre_Consulta.Anexo_Camara_Anterior = 'Anormal';

Anexo_Camara_Anterior.Anexo_Camara_Anterior_OI = 'Anormal' AND
Anexo_Camara_Anterior.Anexo_Camara_Anterior_OD= 'Normal';
INDICA

Examen_Pre_Consulta.Anexo_Camara_Anterior = 'Anormal';

Tension_Ocular.Tension_Ocular_OI >= 13 AND
Tension_Ocular.Tension_Ocular_OI <=17 AND
Tension_Ocular.Tension_Ocular_OD>= 13 AND
Tension_Ocular.Tension_Ocular_OD <=17

INDICA

Examen_Oftalmologico.Tension_Ocular = 'Normal';

Tension_Ocular.Tension_Ocular_OI< 13 OR
Tension_Ocular.Tension_Ocular_OI > 17 AND
Tension_Ocular.Tension_Ocular_OD< 13 OR
Tension_Ocular.Tension_Ocular_OD> 17;

INDICA

Examen_Oftalmologico.Tension_Ocular = 'Anormal';

Fondo_Ojo.Fondo_Ojo_OI= 'Normal' AND
Fondo_Ojo.Fondo_Ojo_OD= 'Normal';
INDICA
Examen_Oftalmologico.Fondo_Ojo= 'Normal';

Fondo_Ojo.Fondo_Ojo_OI= 'Anormal' AND Fondo_Ojo.Fondo_Ojo_OD= 'Anormal';
INDICA
Examen_Oftalmologico.Fondo_Ojo= 'Anormal';

Fondo_Ojo.Fondo_Ojo_OI= 'Anormal' AND
Fondo_Ojo.Fondo_Ojo_OD= 'Normal';
INDICA
Examen_Oftalmologico.Fondo_Ojo= 'Anormal';

Fondo_Ojo.Fondo_Ojo_OI= 'Normal' AND
Fondo_Ojo.Fondo_Ojo_OD= 'Anormal';
INDICA
Examen_Oftalmologico.Fondo_Ojo= 'Anormal';

END KNOWLEDGE-BASE Reglas_Evaluación_Oftalmologica;

KNOWLEDGE-BASE Reglas_Abstracción;

EXPRESSIONS:

Examen_Pre_Consulta.Vision_lejana = 'Normal'
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Vision_Lejana= 'Normal';

Examen_Pre_Consulta.Vision_lejana = 'Anormal'
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Vision_Lejana= 'Anormal';

Examen_Pre_Consulta.Vision_cercana = 'Normal';
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Vision_cercana = 'Normal';

Examen_Pre_Consulta.Vision_cercana = 'Anormal';
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Vision_cercana = 'Anormal';

Examen_Pre_Consulta.Visión_Colores = 'Normal';
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Visión_Colores = 'Normal';

Examen_Pre_Consulta.Visión_Colores = 'Anormal';
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Visión_Colores = 'Anormal';

Examen_Pre_Consulta.Reflejo_Consensual = 'Normal'
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Reflejo_Consensual = 'Normal';

Examen_Pre_Consulta.Reflejo_Consensual = 'Anormal'
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Reflejo_Consensual = 'Anormal';

Examen_Pre_Consulta.Reflejo_Fotomotor = 'Normal'
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Reflejo_Fotomotor = 'Normal';

Examen_Pre_Consulta.Reflejo_Fotomotor = 'Anormal'
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Reflejo_Fotomotor = 'Anormal';

Examen_Pre_Consulta.Anexos_Camara_Anterior = 'Normal'
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Anexos_Camara_Anterior = 'Normal';

Examen_Pre_Consulta.Anexos_Camara_Anterior = 'Anormal';
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Anexos_Camara_Anterior = 'Anormal';

Examen_Pre_Consulta.Campo_Visual_Confrontacion= 'Normal'
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Campo_Visual_Confrontacion= 'Normal';

Examen_Pre_Consulta.Campo_Visual_Confrontacion= 'Anormal'
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Campo_Visual_Confrontacion= 'Anormal';

Examen_Pre_Consulta.Inspeccion_General = 'Normal'
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Inspeccion_General = 'Normal';

Examen_Pre_Consulta.Inspeccion_General = 'Anormal'
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Inspeccion_General = 'Anormal'

Examen_Oftalmologico.Tension_Ocular = 'Normal'
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Tension_Ocular = 'Normal';

Examen_Oftalmologico.Tension_Ocular = 'Anormal'
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Tension_Ocular = 'Anormal';

Examen_Oftalmologico.Fondo_Ojo = 'Normal'
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Fondo_Ojo = 'Normal';

Examen_Oftalmologico.Fondo_Ojo = 'Anormal';
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Fondo_Ojo = 'Anormal';

Examen_Oftalmologico.Tipo_Correccion = 'Contacto'
SE ABSTRAE EN
Evaluacion_Oftalmologica.Tipo_Correccion = 'Contacto';

END KNOWLEDGE-BASE Reglas_Abstracción;

KNOWLEDGE-BASE Reglas_Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología;

(*Notación: Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología = DMEO)

Evaluacion_Oftalmologica.Vision_Lejana= 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Vision_Cercana= 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Visión_Colores = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Reflejo_Consensual = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Reflejo_Fotomotor = 'Normal' AND

Evaluacion_Oftalmologica.Anexos_Camara_Anterior = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Campo_Visual_Confrontacion= 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Inspeccion_General = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Tension_Ocular = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Fondo_Ojo = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Tipo_Correccion = 'Normal'

IMPLICA

DMEO.Diagnostico = Aprobado;

Evaluacion_Oftalmologica.Vision_Lejana= 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Vision_Cercana= 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Visión_Colores = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Reflejo_Consensual = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Reflejo_Fotomotor = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Anexos_Camara_Anterior = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Campo_Visual_Confrontacion= 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Inspeccion_General = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Tension_Ocular = 'Anormal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Fondo_Ojo = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Tipo_Correccion = 'Contacto'

IMPLICA

DMEO.Diagnostico = Reposo Medico;

Evaluacion_Oftalmologica.Vision_Lejana= 'Anormal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Vision_Cercana= 'Anormal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Visión_Colores = 'Anormal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Reflejo_Consensual = 'Anormal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Reflejo_Fotomotor = 'Anormal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Anexos_Camara_Anterior = 'Anormal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Campo_Visual_Confrontacion= 'Anormal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Inspeccion_General = 'Anormal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Tension_Ocular = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Fondo_Ojo = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Tipo_Correccion = 'No Aplica'

IMPLICA

DMEO.Diagnostico = Rechazado;

Evaluacion_Oftalmologica.Vision_Lejana= 'Anormal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Vision_Cercana= 'Anormal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Visión_Colores = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Reflejo_Consensual = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Reflejo_Fotomotor = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Anexos_Camara_Anterior = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Campo_Visual_Confrontacion= 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Inspeccion_General = 'Normal' AND

Evaluacion_Oftalmologica.Tension_Ocular = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Fondo_Ojo = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Tipo_Correccion = 'Convencional'
IMPLICA
DMEO.Diagnostico = Aprobado por 3 meses;

Evaluacion_Oftalmologica.Vision_Lejana= 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Vision_Cercana= 'Anormal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Visión_Colores = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Reflejo_Consensual = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Reflejo_Fotomotor = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Anexos_Camara_Anterior = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Campo_Visual_Confrontacion= 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Inspeccion_General = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Tension_Ocular = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Fondo_Ojo = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Tipo_Correccion = 'Convencional'
IMPLICA
DMEO.Diagnostico = Aprobada por 6 meses;

Evaluacion_Oftalmologica.Vision_Lejana= 'Anormal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Vision_Cercana= 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Visión_Colores = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Reflejo_Consensual = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Reflejo_Fotomotor = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Anexos_Camara_Anterior = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Campo_Visual_Confrontacion= 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Inspeccion_General = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Tension_Ocular = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Fondo_Ojo = 'Normal' AND
Evaluacion_Oftalmologica.Tipo_Correccion = 'Convencional'
IMPLICA
DMEO.Diagnostico = Aprobada por 6 meses;

**END KNOWLEDGE-BASE Reglas_
Diagnostico_Medico_Especialidad_Oftalmología;**

IV.2.2 Conocimiento Sobre Inferencias

En el Conocimiento del Dominio se ha descrito la estructura de la información y del conocimiento del dominio de la aplicación. En la categoría Conocimiento sobre Inferencias, se especifica cómo dichas estructuras estáticas son utilizadas para llevar

a cabo los procesos de razonamiento.

En la Ingeniería del Conocimiento IC, se adopta una posición más rigurosa, ya que cada inferencia queda completamente descrita mediante una especificación declarativa de sus entradas y salidas (roles dinámicos), que normalmente se realiza gracias a la utilización de conocimiento. El proceso interno se conoce como una caja negra y no tiene interés para el modelado de conocimiento. Este planteamiento nos puede servir para decidir cuándo terminar el proceso de descomposición funcional: se terminará si con las inferencias obtenidas podemos obtener una traza compresible del razonamiento efectuado por el sistema.

Por otro lado, una inferencia sólo puede hacer referencia al conocimiento del dominio indirectamente a través de los roles de conocimiento, que son etiquetas abstractas que indican el papel que juega el conocimiento del dominio en el proceso de razonamiento. Los roles de conocimiento se pueden clasificar en estos dos tipos:

- Roles dinámicos: constituyen las entradas y salidas del proceso de inferencia. Se llaman así porque cada invocación de la inferencia se realizará con diferentes instancias de los elementos representados por estos roles.
- Roles estáticos: especifican el conocimiento del dominio que se utiliza para realizar el proceso de razonamiento indicado en la inferencia. A diferencia de los roles dinámicos, los roles estáticos son prácticamente estables durante todo el proceso de razonamiento.

Tal como se determinó en la etapa previa de modelado contextual, la actividad a modelar en esta nueva fase del modelado es la tarea Diagnóstico Médico especialidad Oftalmología, caracterizada en los formularios TM-1 y TM-2. Luego de revisar y estudiar el catálogo de plantillas proporcionado por la librería de CommonKADS, se escoge del tipo de tarea analítica para este dominio de la aplicación la **Tarea de Valoración**.

La **Tarea de Valoración** consiste en identificar un caso como miembro de una

categoría de decisión, teniendo en cuenta criterios específicos del dominio. El método por defecto que contiene la librería es el que se muestra en la Figura 13.

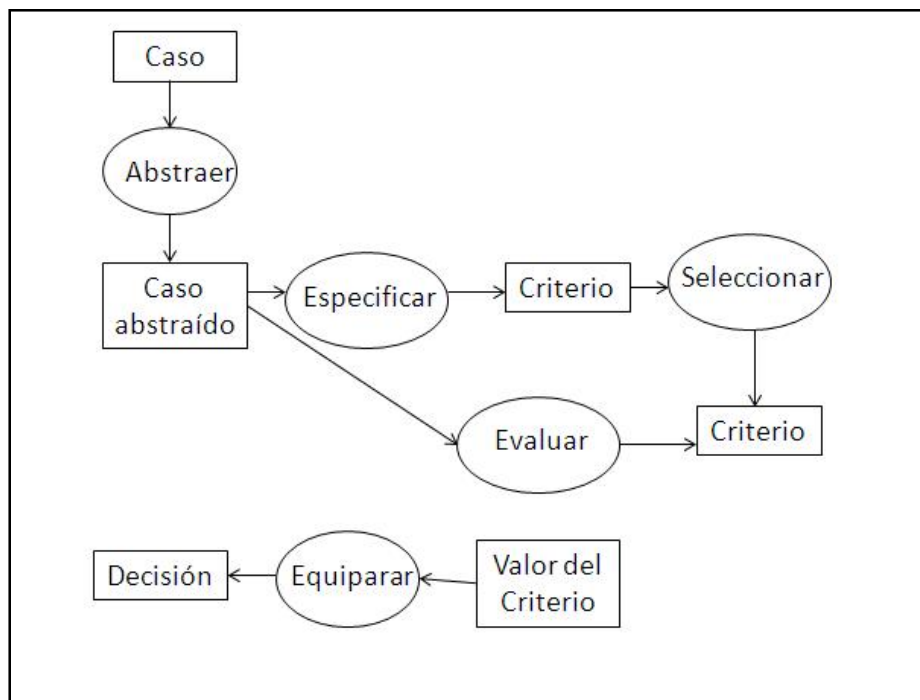


Figura 13 - Estructura de inferencias en el método para la tarea de valoración.

En la primera inferencia que se muestra en la Figura 13, el método abstrae los datos del caso; es decir, a partir de los datos del caso, obtiene conocimiento de más alto nivel. En segunda inferencia, el método especifica los criterios aplicables al caso particular. Luego, selecciona un único criterio, calcula un valor para el criterio seleccionado y comprueba si éste conduce a una decisión. La selección y evaluación de criterios se repite hasta que se alcanza alguna decisión.

Las variables usuales que aparecen sobre este método son las siguientes:

- Los criterios pueden ser específicos a cada caso.
- La abstracción del caso puede no ser necesaria.
- La inferencia de selección de criterios puede ser intensiva en conocimiento. Es decir, se debe elegir la mejor manera de llevar a cabo la selección:

- Aleatoria, si no existe conocimiento sobre la selección.
- Heurística, cuando el orden viene dado por la experiencia de los expertos del dominio.
- Estadística, es decir, se selecciona el elemento más predictivo.

Partiendo de la experiencia obtenida de los expertos Oftalmólogos, al momento de realizar la inferencia de selección de criterios, por lo que el esquema de conocimiento del dominio en una *tarea de valoración* quedaría de la siguiente forma (Figura 14):

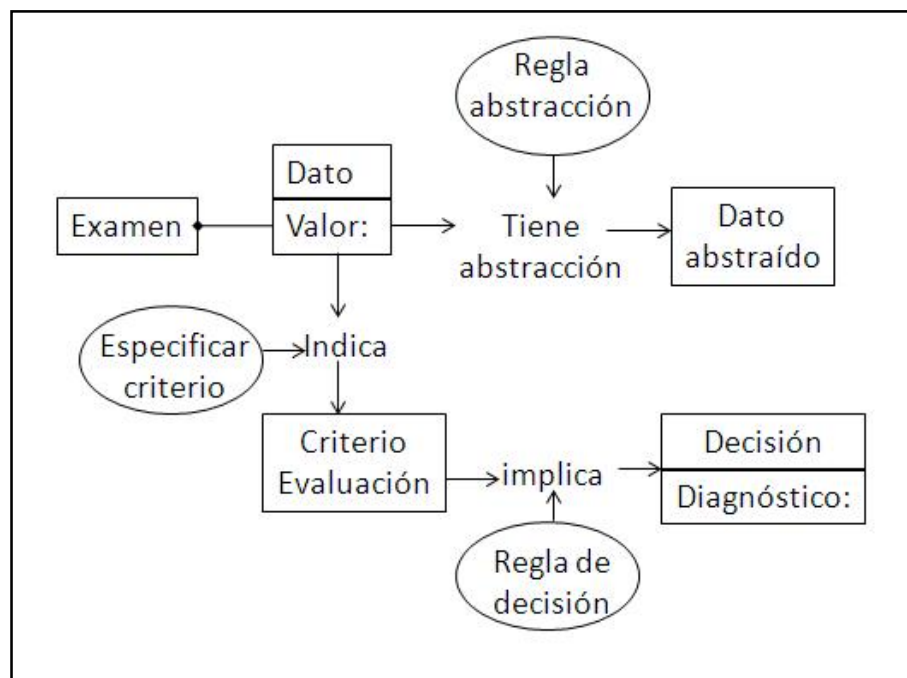


Figura 14 - Esquema de conocimiento de dominio en un tarea de valoración.

Funciones de transferencia, permite transmitir un elemento de información/conocimiento entre el agente de razonamiento y el mundo exterior. Desde el punto de vista del modelado de conocimiento, se puede ver estas funciones como cajas negras, ya que solo se especifica su nombre y los elementos de entrada y salida. Los detalles específicos de estas funciones se establecerán en un paso de modelado posterior cuando se trabaje en el Modelo de Comunicación.

Diagramas de Inferencia, es el conjunto de inferencias sirve para especificar las capacidades de razonamiento del sistema que se está desarrollando. Dicho conjunto de inferencias se puede representar de forma gráfica por medio de un diagrama o estructura de inferencias, en el que las inferencias se unen a través de sus roles de entrada y salida, que utilizan la siguiente notación:

- Los roles dinámicos se representan mediante *rectángulos*, situándose el nombre del rol en su interior.
- Las inferencias se representan mediante *óvalos*, situándose el nombre de la misma en su interior. Para indicar las dependencias de entrada/salida entre los roles y las inferencias se utilizan flechas.
- Los roles estáticos se representan con dos *líneas gruesas* rodeando el nombre del rol, y se conectan con las inferencias mediante flechas.

En la Figura 15, se muestra el diagrama de inferencia para obtener diagnóstico médico de la especialidad de Oftalmología en el INAC.

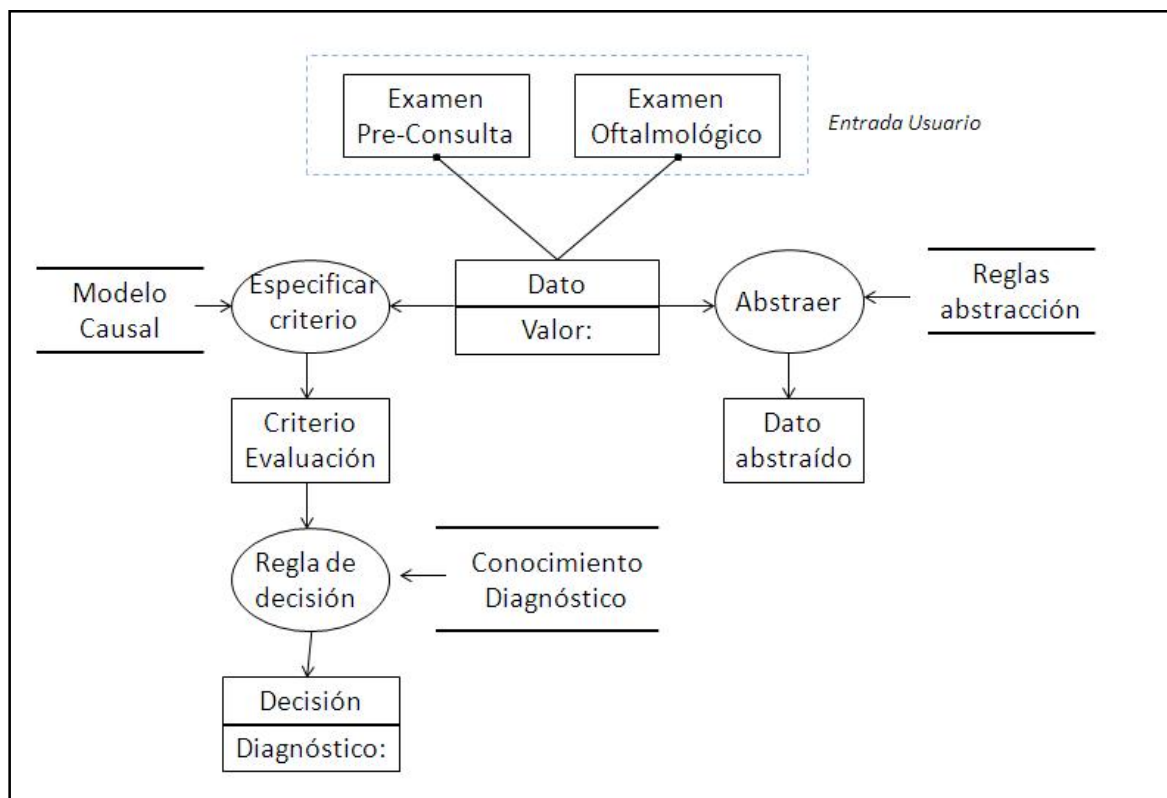


Figura 15 - Diagrama de Inferencia para obtener Diagnóstico Médico de la Especialidad de Oftalmología en el INAC.

Como vemos, para obtener un diagnóstico que permita resolver los criterios de la evaluación oftalmológica, es necesario realizar tres tipos de inferencias. En las figuras 16, 17 y 18, se describen cada una de éstas y se muestra también su especificación en CML.

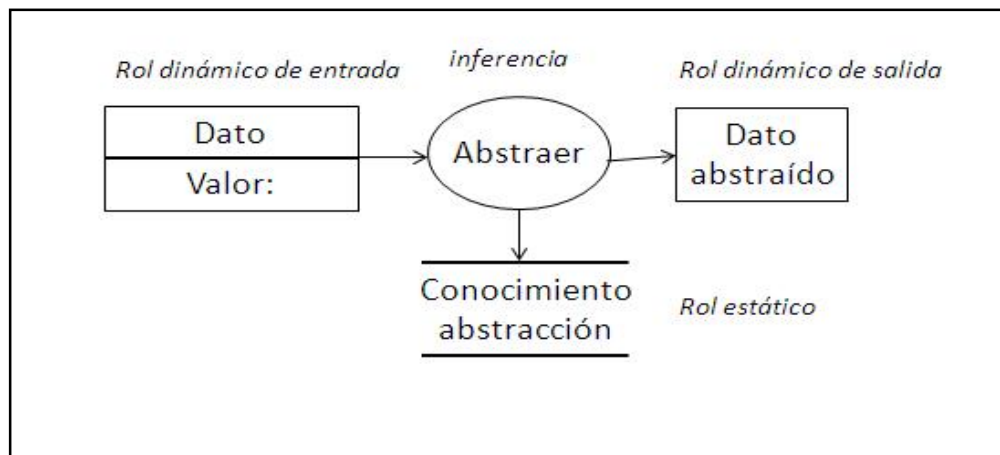


Figura 16 - Especificación gráfica de la inferencia Abstraer.

Especificación CML inferencia Abstraer

INFERENCE Abstraer;

OPERATION-TYPE ABSTRAER;

ROLES:

INPUT Dato;

OUTPUT Dato abstraído;

STATIC Conocimiento de abstracción;

SPECIFICATION:

“Cada vez que se ejecuta, genera una transformación de los datos de entrada que produce una descripción más cualificada del caso.”;

END INFERENCE Abstraer;

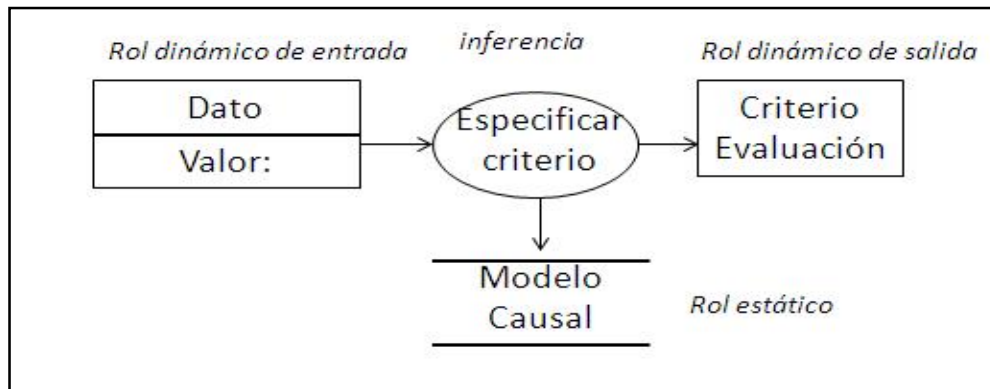


Figura 17 - Especificación gráfica de la inferencia Especificar criterio.

Especificación CML inferencia Especificar criterio

INFERENCE Especificar criterio;

OPERATION-TYPE ESPECIFICAR;

ROLES:

INPUT Dato;

OUTPUT Criterio Evaluación

STATIC Modelo Causal;

SPECIFICATION:

“Cada vez que se ejecuta, se selecciona un único criterio, calcula un valor para el criterio seleccionado.”;

END INFERENCE Especificar criterio;

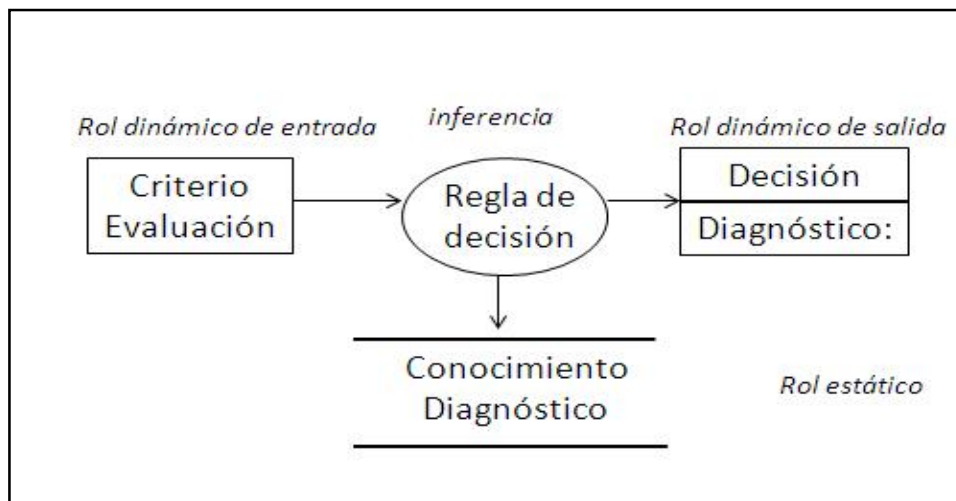


Figura 18 - Especificación gráfica de la inferencia Regla de decisión.

Especificación CML de la inferencia Regla de decisión

INFERENCE Reglas de decisión;

OPERATION-TYPE DECISION;

ROLES:

INPUT ; Criterio Evaluación;

OUTPUT Criterio Evaluación;

STATIC Decisión;

SPECIFICATION:

“Cada vez que se ejecuta, comprueba si el criterio seleccionado conduce a una decisión.”;

END INFERENCE Especificar criterio;

Se observa que en las descripciones de las inferencias, no se hace ninguna referencia a elementos del dominio de aplicación. Es así como una inferencia sólo podrá hacer referencia al conocimiento del dominio, indirectamente a través de los roles. Por esta razón una vez que éstas se especifiquen, hay que indicar con qué elementos del dominio se corresponden; esta especificación de roles se muestra de manera gráfica en la Figuras 19, 20, 21.

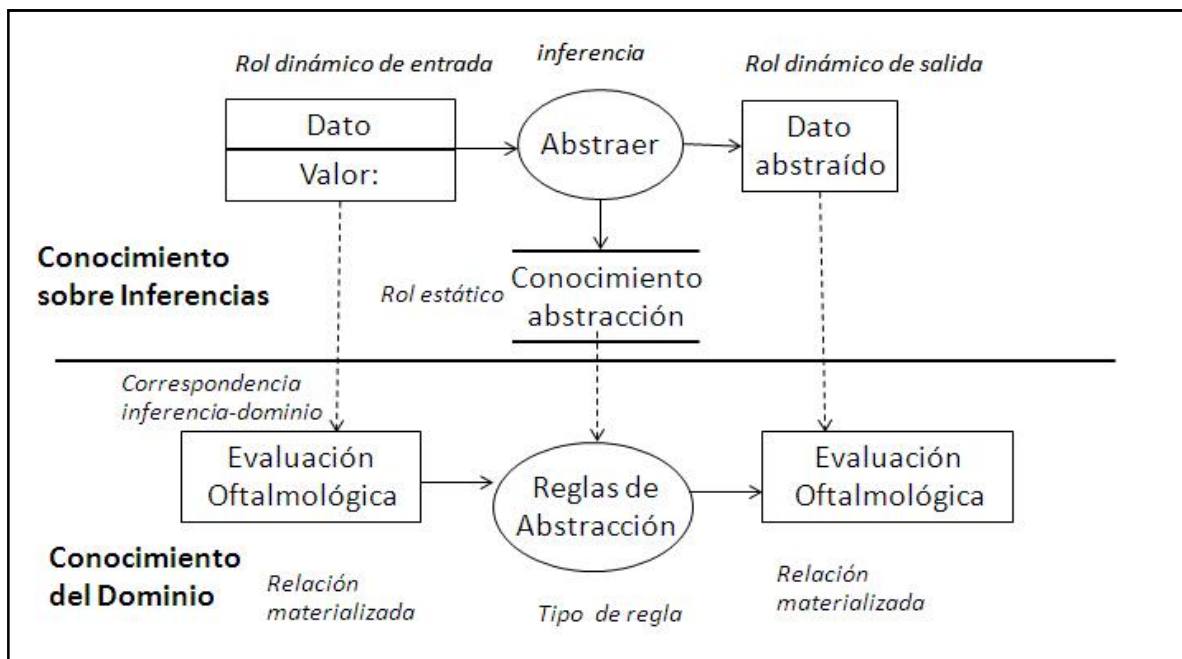


Figura 19 - Asociación de roles entre la inferencia Abstraer y el conocimiento del dominio.

La especificación de los roles de conocimiento en CML de la inferencia Abstraer, es la siguiente:

KNOWLEDGE ROLE Dato;

TYPE: DINAMICO

DOMAIN –MAPPING: Evaluación Oftalmológica;

END KNOWLEDGE ROLE Dato;

KNOWLEDGE ROLE Dato Abstraído;

TYPE: DINAMICO

DOMAIN –MAPPING: Evaluación Oftalmológica;

END KNOWLEDGE ROLE Dato Abstraído;

KNOWLEDGE ROLE Conocimiento de Abstracción;

TYPE: ESTÁTICO

DOMAIN –MAPPING: Reglas de Abstracción FROM “Reglas de Evaluación Oftalmológica”;

END KNOWLEDGE ROLE Conocimiento de Abstracción;

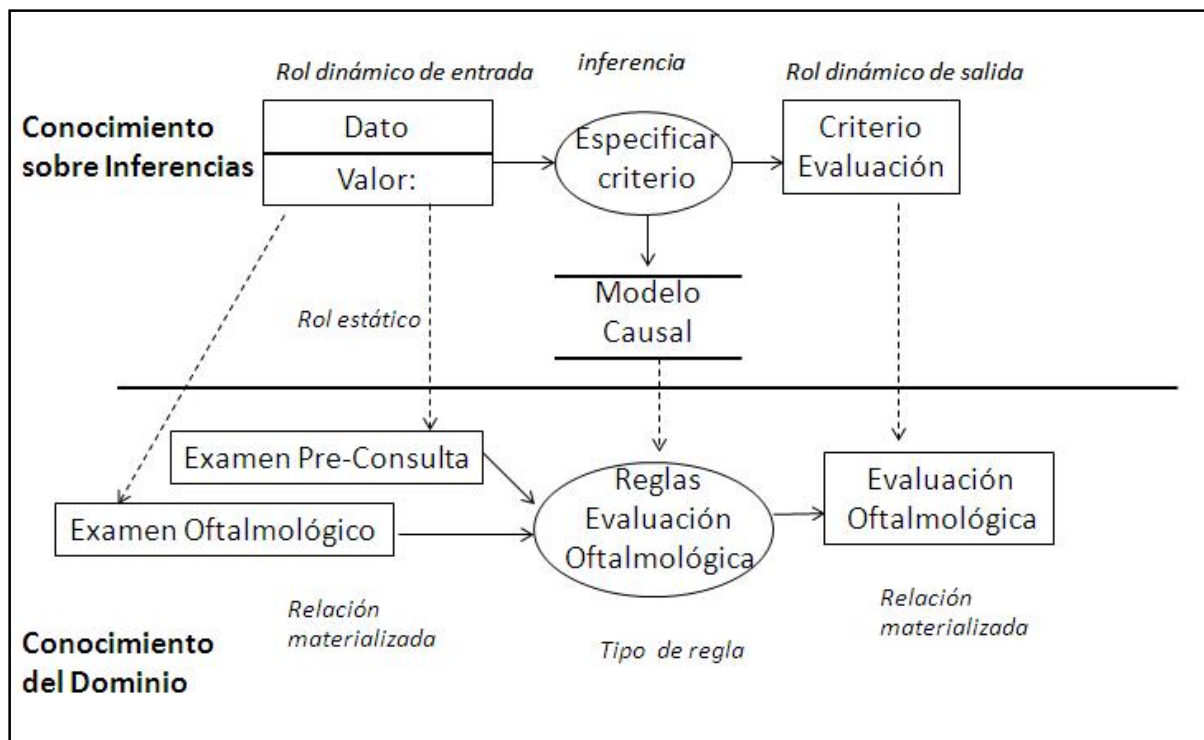


Figura 20 - Asociación de roles entre la inferencia Especificar Criterio y el conocimiento del dominio.

La especificación de los roles de conocimiento en CML de la inferencia Especificar

Criterio, es la siguiente:

KNOWLEDGE ROLE Dato;

TYPE: DINAMICO

DOMAIN –MAPPING: Examen Pre-Consulta;

DOMAIN –MAPPING: Examen Oftalmológico;

END KNOWLEDGE ROLE Dato;

KNOWLEDGE ROLE Criterio Evaluación;

TYPE: DINAMICO

DOMAIN –MAPPING: Evaluación Oftalmológica;

END KNOWLEDGE ROLE Criterio Evaluación;

KNOWLEDGE ROLE Modelo Causal;

TYPE: ESTÁTICO

DOMAIN –MAPPING: Reglas de Evaluación Oftalmológica;

END KNOWLEDGE ROLE Modelo Causal;

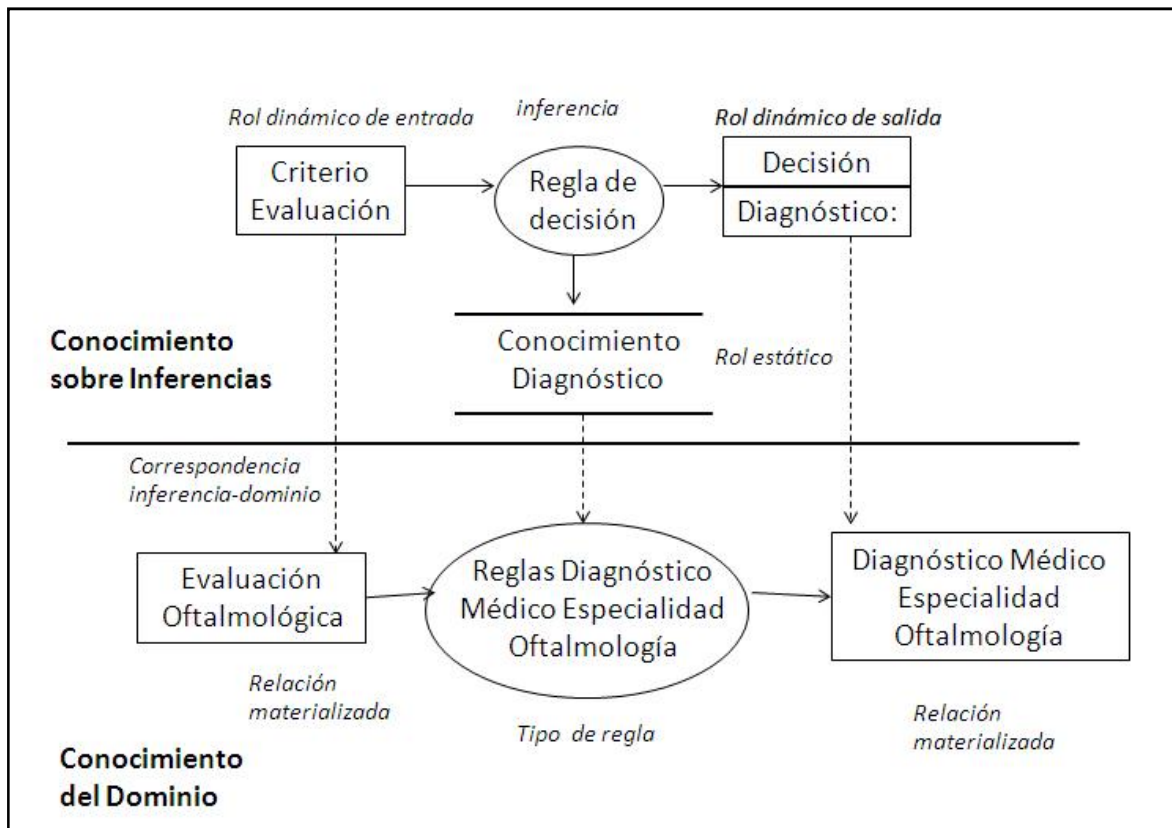


Figura 21 - Asociación de roles entre la inferencia Regla de decisión y el conocimiento del dominio.

La especificación de los roles de conocimiento en CML de la inferencia *Regla de decisión*, es la siguiente:

KNOWLEDGE ROLE Criterio Evaluación;

TYPE: DINAMICO

DOMAIN –MAPPING: Evaluación Oftalmológica;

END KNOWLEDGE ROLE Criterio Evaluación;

KNOWLEDGE ROLE Decisión;

TYPE: DINAMICO

DOMAIN –MAPPING: Diagnóstico Médico Especialidad Oftalmología;

END KNOWLEDGE ROLE Decisión;

KNOWLEDGE ROLE Conocimiento Diagnóstico;

TYPE: ESTÁTICO

DOMAIN –MAPPING: Reglas Diagnóstico Médico Especialidad Oftalmología;

END KNOWLEDGE ROLE Conocimiento Diagnóstico;

IV.2.3 Conocimiento sobre Tareas

Uno de los aspectos más importantes del conocimiento es saber qué es lo que se quiere hacer con él. Es decir, cuales son los objetivos que se pretenden alcanzar con su utilización. La especificación de los objetivos del proceso de razonamiento que está siendo modelado se consigue mediante la definición de tareas. Sin embargo, además del objetivo que se pretende alcanzar, una tarea debe especificar la estrategia que hay que seguir para alcanzar dicho objetivo. En el conocimiento sobre tareas se detallan todas las tareas que forman parte del modelo, separando la especificación del objetivo de la tarea de la especificación de la estrategia para alcanzarlo.

En CommonKADS, la especificación del objetivo de la tarea se ha separado de la especificación de la estrategia para alcanzarlo. Por lo tanto, la especificación de una tarea se realiza por medio de dos tipos de conocimiento:

- Tarea, especificada mediante la palabra clave TASK, define el objetivo del proceso de razonamiento que se intenta modelar en función de sus entradas y salidas.
- Método de la Tarea, que se especifica mediante la palabra clave TASK-

METHOD, y que indica cómo se puede llevar a cabo la tarea mediante la especificación de su descomposición en sub-tareas y la indicación del régimen de control sobre dichas sub-tareas.

De esta forma, el conocimiento sobre tareas se suele describir de forma jerárquica: las tareas de más alto nivel se van descomponiendo en tareas más pequeñas, hasta alcanzar tareas primitivas, que obviamente se corresponderán con las inferencias especificadas en el conocimiento sobre inferencias. Esta jerarquía puede representarse gráficamente, donde la notación utilizada es la siguiente:

- Las tareas se indican mediante rectángulos con las esquinas redondeadas y con el nombre de la tarea en su interior.
- El método de la tarea se indica mediante un rectángulo con el nombre del método en su interior. La descomposición del método se indica mediante líneas que parten del método hacia las sub-tareas, inferencias o funciones de transferencias en las que se descompone. El método queda ligado a la tarea que desarrolla mediante una línea continua.

Tomando en consideración los aspectos recalcados en el conocimiento sobre inferencia ya vistos en el punto anterior, donde se especifica la plantilla seleccionada de la librería de CommonKADS, la *Tarea de Valoración y las inferencias*. Partiendo de este enfoque, se detalla en la Figura 22 el diagrama de tareas diseñado para el dominio y a continuación, su especificación en CML.

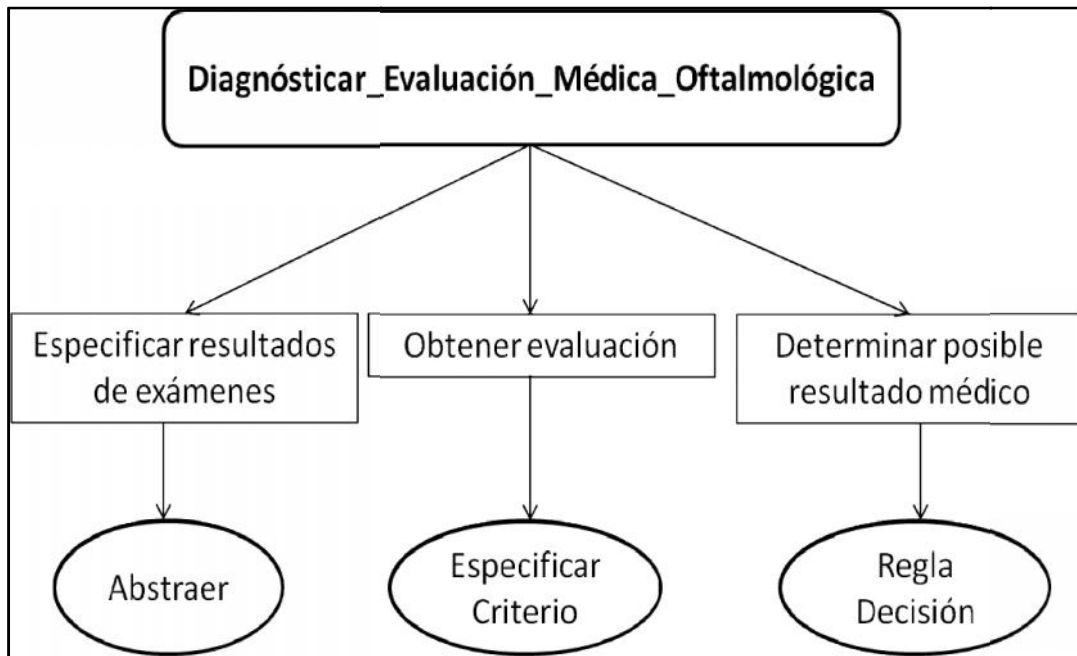


Figura 22 - Diagrama de tarea de dominio

Especificación CML

TASK KNOWLEDGE Diagnóstico Médico Especialidad Oftalmología;

TASK Diagnóstico_Evaluación_Médica_Oftalmológica;

GOAL: “Obtener el diagnóstico médico de la especialidad de oftalmología”

ROLES:

INPUT: Evaluación_Oftalmológica: “Resultado de los exámenes médicos que se calcula el valor para el criterio seleccionado”

OUTPUT: Diagnóstico_médico_especialidad Oftalmología: “Se selecciona un único criterio y se comprueba si éste conduce a una decisión”;

END TASK Diagnóstico_Evaluación_Médica_Oftalmológica;

TASK-METHOD Especificar_resultados_exámenes-Obtener_evaluación-Determinar_posible_resultado_médico;

REALIZES: abstracción-criterio-decisión;

DESCOMPOSITION:

INFERENCE: Abstraer, Especificar criterio, Regla de decisión;

INTERMEDIATE:

Dato_valor: “Son los datos y los valores de los exámenes pre-consulta y examen oftalmológico”;

Dato_Abstraido: “Dependiendo del caso se abstraen los datos necesarios”;

Criterio_Evaluación: “Se evalúa el caso más el criterio para obtener el valor”;

Decisión_Diagnóstico: “Se obtiene el resultado de la decisión”;

CONTROL

STRUCTURE:

Regla_abstracción (Entrada_Usuario -> Dato_Abstraido);

Especificar_Criterio (Entrada_Usuario -> Criterio_Evaluación)

Regla_de_decisión (Dato_Abstraido + Criterio_Evaluación ->

Decisión_Diagnóstico);

END TASK-METHOD Especificar_resultados_exámenes-Obtener_evaluación-Determinar_posible_resultado_médico tracción-criterio-decisión;

END TASK KNOWLEDGE Diagnóstico Médico Especialidad Oftalmología;

IV.3 Formulario KM-1: Documentación sobre el Modelo del Conocimiento para apoyar el diagnóstico médico en la especialidad de oftalmología

A continuación, el Formulario KM-1 que contiene la documentación sobre el modelo de conocimiento para apoyar diagnóstico médico de la especialidad de oftalmología:

Modelo de Conocimiento	Formulario KM-1: Documentación sobre el Modelo del Conocimiento para apoyar el diagnóstico médico en la especialidad de oftalmología
Modelo de Conocimiento	La tarea de diagnóstico el conocimiento depende del conocimiento experto, dispuesto a brindar la información. Al ser la tarea de diagnóstico de la especialidad de oftalmología, el desarrollo de un SBC para esta tarea serviría como prototipo para realizar el diagnóstico de otras especialidades médicas
Fuentes de Información usadas	Resultados emitidos del Departamento de Medicina Aeronáutica específicamente de la especialidad de oftalmología verificados contra expediente de cada paciente.
Glosario	Se ofrecería una guía de términos sobre el dominio.
Escenarios	Contar con una aplicación donde se lograra modelar y almacenar el conocimiento médico de cada especialidad de acuerdo a la evaluación de los pilotos. Esta herramienta

	generaría el diagnóstico médico de cada área permitiendo al Jefe de Medicina abarcar las distintas especialidades y agilizar la toma de decisiones en cuanto a la acreditación de un certificado médico, disminuyendo los tiempos de respuesta en atender a un paciente y permitiendo mayor capacidad de atención diaria de usuarios.
Resultados de validación	La mayoría de las tareas son intensivas en conocimiento y por lo tanto, susceptibles de implementarse en un SBC: verificar exámenes de pre-consulta, realizar exámenes oftalmológicos, obtener evaluación oftalmológica y realizar diagnóstico médico del piloto. Por otro lado, dado que el trabajo se ha enfocado hacia la mejora del tiempo empleado por los Médicos Aeronáuticos en la atención al paciente y teniendo en cuenta que en el proceso de certificación está influenciado por la pericia de cada médico, parece lógico centrarse en las tareas de evaluación y diagnóstico.
Material de Adquisición de Conocimiento	La documentación obtenida en el proceso de adquisición.

Tabla 14 - *Formulario KM-1: Resumen de la documentación sobre el Modelo de Conocimiento para apoyar el diagnóstico médico en la especialidad de oftalmología*

CAPÍTULO V. Desarrollo del Modelo de Comunicación y Modelo de Diseño

En este capítulo, se presenta el desarrollo del modelo de comunicación incluido dentro del modelado conceptual de CommonKADS. El modelo de diseño, como único modelo del nivel artefactual, es considerado como el proceso de construcción de un diseño de software. Además, se describe el desarrollo de la aplicación Web a través de la cual se accede al SBC para apoyar el diagnóstico médico de la especialidad oftalmología en el INAC y se muestran las pruebas realizadas a la aplicación.

V.1 Modelo de Comunicación

El modelo de comunicación es el segundo de los modelos incluidos dentro del nivel de modelo conceptual de CommonKADS. Su objetivo es la especificación detallada de los procesos de transferencia de información/conocimiento entre los distintos agentes del SBC, es decir, detalla que información se transmite y entre que agentes.

V.1.1 Formulario CM-1: Transacciones que permiten dialogo entre dos agentes del modelo de comunicación.

En el siguiente formulario se define la transacción para cada objeto de información y que será transmitido a otro agente para que éste pueda usarlo en sus propias tareas.

Modelo de Comunicación	Formulario CM-1
Nombre de la Transacción	El INAC suministra a los médicos integrantes de las unidades médicas examinadoras, las herramientas y conocimientos necesarios para el manejo de los conceptos básicos de la medicina aeronáutica, y las normas nacionales e internacionales que regulan al sector, dándole cumplimiento a las exigencias de certificación médica aeronáutica.
Objetos de Información	Para la emisión de tal certificado se manejan diferentes

	especialidades médicas que involucran un proceso detallado de evaluación física y psicológica a cada piloto aeronáutico. Se manejan siete (7) especialidades distintas: Otorrinolaringología, Oftalmología, Cardiología, Medicina General, Neurología, Psicología y Psiquiatría.
Agentes Involucrados	Médicos especialistas Doctor jefe del área de Medicina.
Plan de Comunicaciones	Contar con una aplicación donde se lograra modelar y almacenar el conocimiento médico de cada especialidad de acuerdo a la evaluación de los pilotos. Esta herramienta generaría el diagnóstico médico de cada área permitiendo al Jefe de Medicina abarcar las distintas especialidades y agilizar la toma de decisiones en cuanto a la acreditación de un certificado médico, disminuyendo los tiempos de respuesta en atender a un paciente y permitiendo mayor capacidad de atención diaria de usuarios.
Restricciones	El proceso de evaluación de todas las especialidades tiene una duración de entre tres (3) a cinco (5) horas por paciente, lo que ocasiona demora y retraso en atender a todos los usuarios pautados para el día, previa cita asignada, recurriendo a reprogramar la misma de aquellos que no pudieron ser atendidos durante la jornada del día. Otro inconveniente es la inasistencia ocasional del personal médico especializado; por lo cual el jefe del área de medicina aeronáutica es el encargado de analizar los exámenes de la especialidad que falta al momento, emitiendo un diagnóstico de la evaluación.
Especificación del Intercambio de información	Es responsabilidad de los médicos especialistas de la institución, analizar los resultados de cada usuario y dar un diagnóstico por área de medicina.

Tabla 15 - *Formulario CM-1: Transacciones que permiten dialogo entre dos agentes del modelo de comunicación.*

V.1.2. Formulario CM-2: Mensajes e ítems de información de una transacción en el modelo de comunicación.

Este último formulario proporciona, varios aspectos de importancia que debería ser tenido en cuenta en el modelo de diseño de CommonKADS y en la implementación del SBC, como los protocolos de comunicación entre agentes, la interacción hombre-máquina, entre otros.

Modelo de Comunicación	Formulario CM-2
Transacción	Diagnóstico médico en la aeronáutica civil debido a la inasistencia ocasional del personal médico especializado; cuando esto ocurre, el jefe de medicina es el encargado de analizar los exámenes de la especialidad que falta, además de dar el diagnóstico de la evaluación.
Agentes Involucrados	Especialidades médicas: Oftalmología Jefe del área de Medicina.
Ítems de Información	Contar con una aplicación que logre modelar y almacenar el conocimiento médico de cada especialidad. Esta herramienta generaría el diagnóstico médico de cada área permitiendo al Jefe de Medicina abarcar las distintas especialidades y agilizar la toma de decisiones en cuanto a la acreditación de un certificado médico, disminuyendo los tiempos de respuesta en atender a un paciente y permitiendo mayor capacidad de atención diaria de usuarios.
Especificaciones de los mensajes	El doctor jefe de medicina, ingresará todos los datos del paciente y los Exámenes pre-consulta traídos por el paciente y los datos realizados en el momento que forma parte del Examen Oftalmológico; luego de ingresar los datos, se obtiene el Diagnostico, para generar el resultado final. <ul style="list-style-type: none"> - Aprobado - Rechazado - Aprobado por 3 meses - Aprobado por 6 meses - Reposo Médico

Tabla 76 - *Formulario CM-2: Mensajes e ítems de información de una transacción en el modelo de comunicación.*

V.2 Modelo de diseño

Con el objetivo de tener acceso al sistema basado en conocimiento para apoyar el diagnóstico médico de la especialidad oftalmología en el INAC, se desarrolló una aplicación Web que da respuesta a un conjunto de requerimientos funcionales, a saber:

1. Registrar la evaluación oftalmológica.

2. Obtener el diagnóstico médico de la especialidad oftalmología.
3. Guardar la evaluación y el diagnóstico obtenido de cada persona.
4. Consultar la evaluación y el diagnóstico obtenido del personal aeronáutico.
5. Administrar el diagnóstico médico de la especialidad oftalmología.

El análisis del sistema se realizó utilizando diagramas de casos de uso y diagramas de estado (Booch, Rumbaugh & Jacobson, 2006).

En la Figura 23, se muestra el nivel 0 del diagrama de casos de uso general del sistema basado en conocimiento para apoyar el diagnóstico médico de la especialidad oftalmología en el INAC.

Cada uno de los casos de uso con sus respectivos diagramas de estado, se describen a continuación.

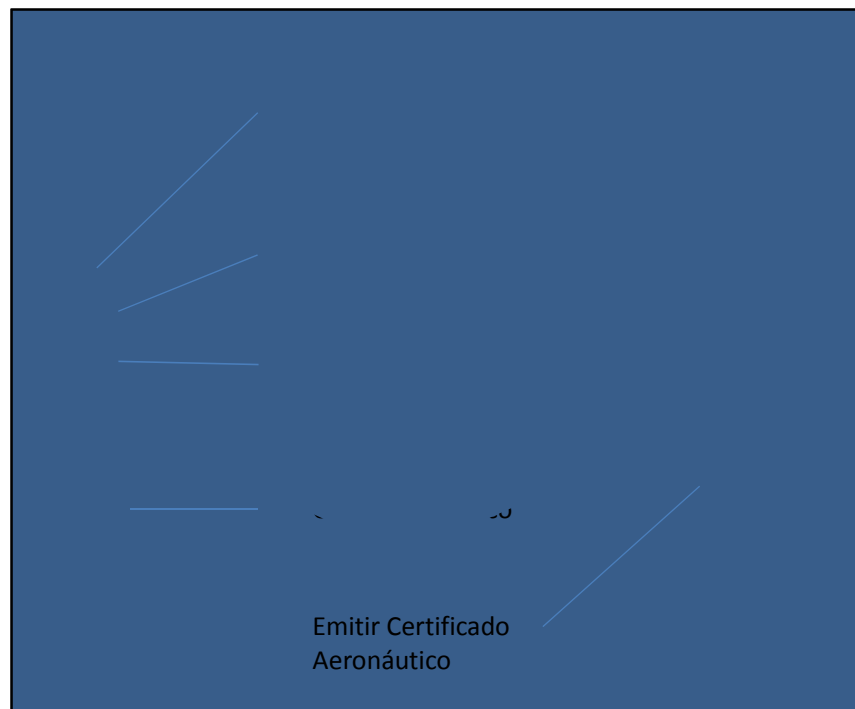


Figura 23 - Caso de Usos Nivel (0)

Nombre del caso de uso	Solicitud Certificado Médico Aeronáutico
Actor (es)	Piloto, Médicos Aeronáuticos, Jefe de Medicina.
Precondición	Previa Solicitud al Departamento de Licencias INAC para la Renovación o Trámite de Certificado Medido Aeronáutico, para otorgar la cita.
Descripción	Se otorga la cita para la realización de las evaluaciones médicas, incluyendo la oftalmológica, luego se genera el diagnostico respectivo y el jefe de medicina decide de acuerdo al resultados obtenido si aprueba o no la emisión del certificado.
Diagrama de estado	<p>Solicitud ●</p> <pre> graph TD S((Solicitud)) --- INAC[INAC] INAC -- "constituido_por" --- MA[Medicina Aeronáutica] MA -- "conformado_por" --- MAero[Médicos Aeronáuticos] MAero -- "evalúan" --- PA[Personal Aeronáutico] PA -- "obtiene_un" --- DM[Diagnóstico Médico] DM -- "se_otorga" --- CM[Certificado Médico] </pre>
Postcondición	Después del Diagnóstico Medico si solo está bien se procede a emitir el certificado médico.

Tabla 87 - Formulario Caso de Uso Nivel (0)

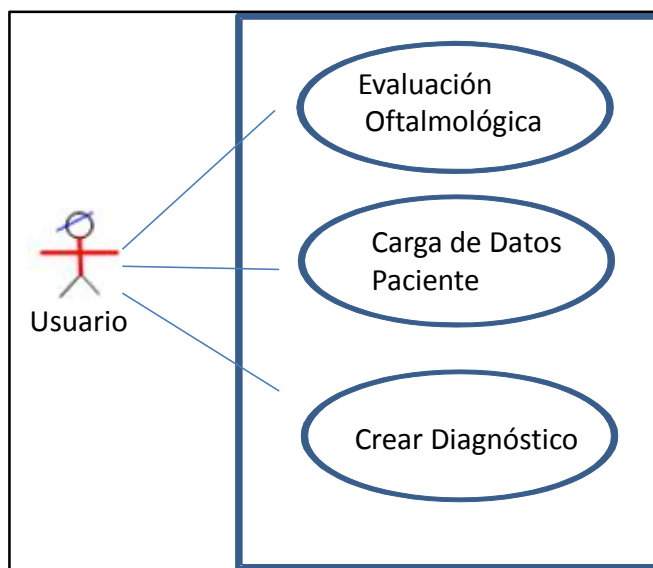


Figura 24 - Caso de Usos Nivel (1)

Nombre del caso de uso	Evaluación Oftalmológica
Actor (es)	Medico especialidad Oftalmología
Precondición	Realiza la evaluación pre-consulta y la evaluación oftalmológica.
Descripción	Se otorga la cita para la realización de las evaluaciones médicas, incluyendo la oftalmológica, luego se genera el diagnostico respectivo y el jefe de medicina decide de acuerdo al resultados obtenido si aprueba o no la emisión del certificado.

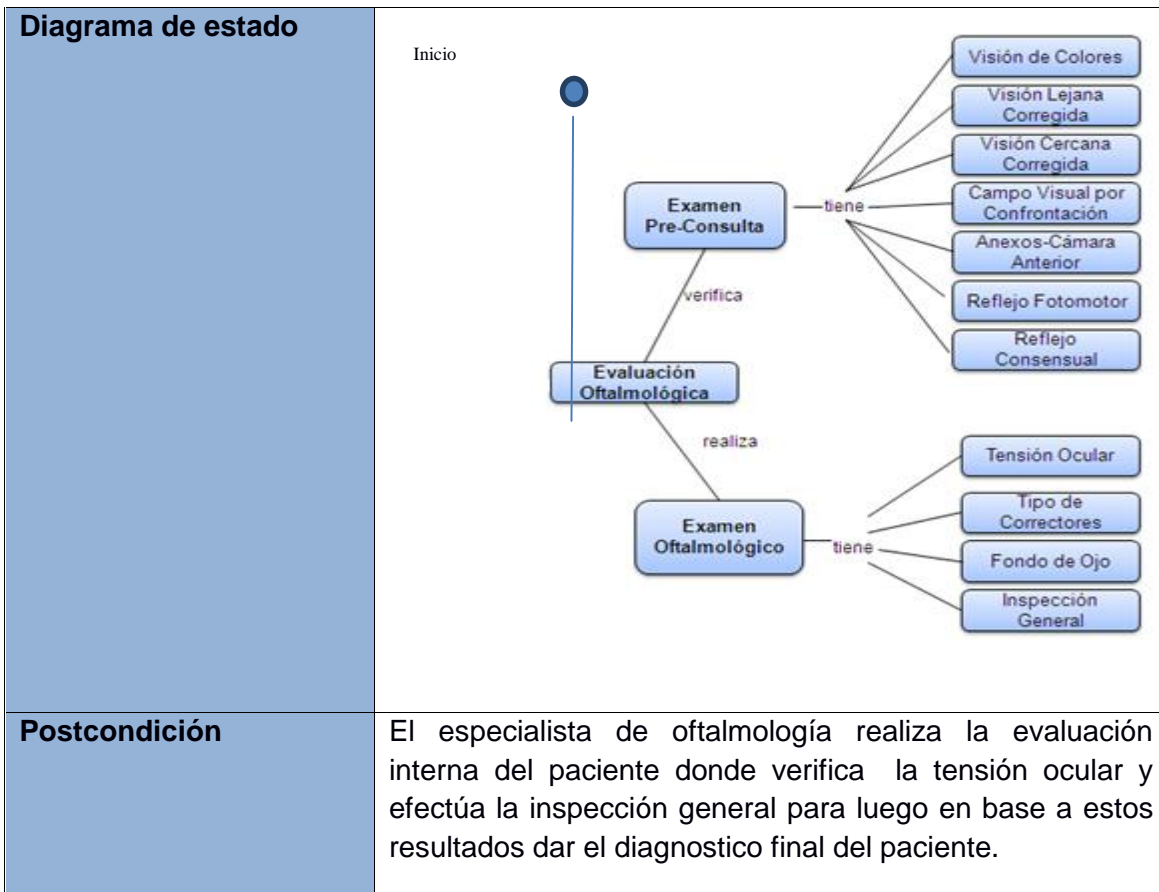


Tabla 18 - Formulario Caso de Uso Nivel (1)

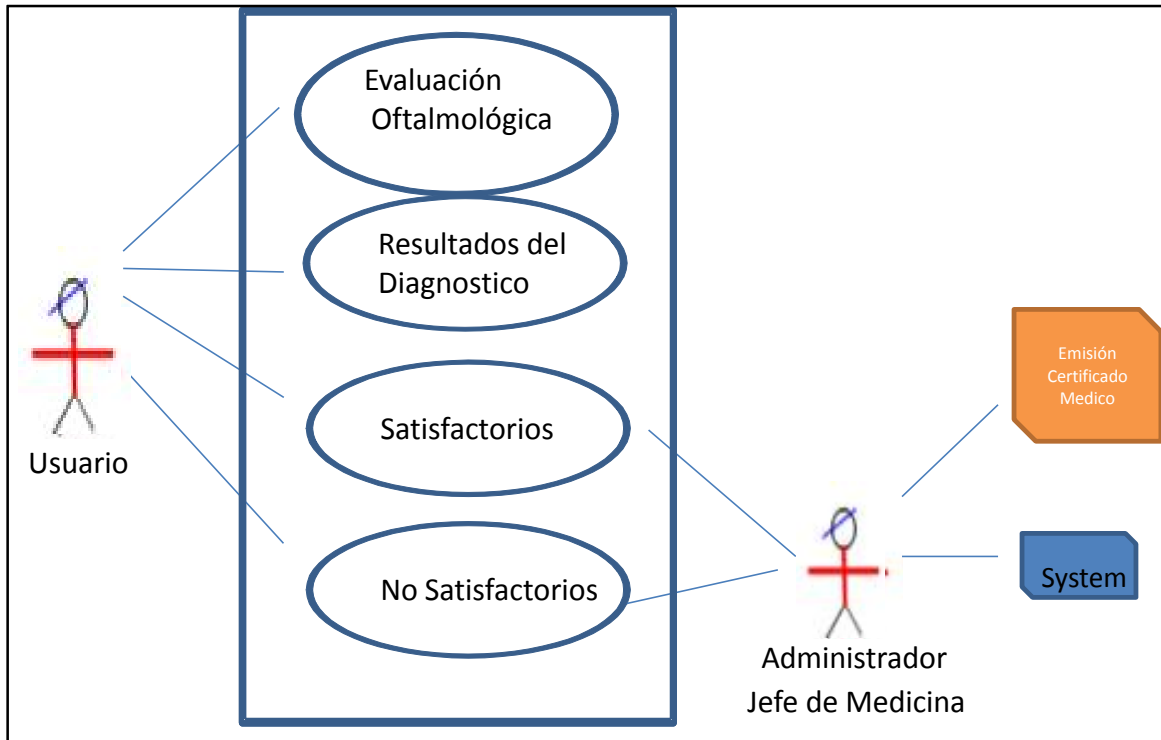


Figura 25 - Caso de Usos Nivel (2)

Nombre del caso de uso	Crear Diagnóstico
Actor (es)	Medico especialidad Oftalmología, Doctor Jefe de Medicina Aeronáutica
Precondición	Realiza la evaluación pre-consulta y la evaluación oftalmológica.
Descripción	Al realizar la consulta, se crea el diagnostico por el sistema, el cual arrojará los resultados pertinentes los cuales serán evaluados por el jefe del área de medicina aeronáutica, quien decidirá si emite el certificado médico o no al piloto.

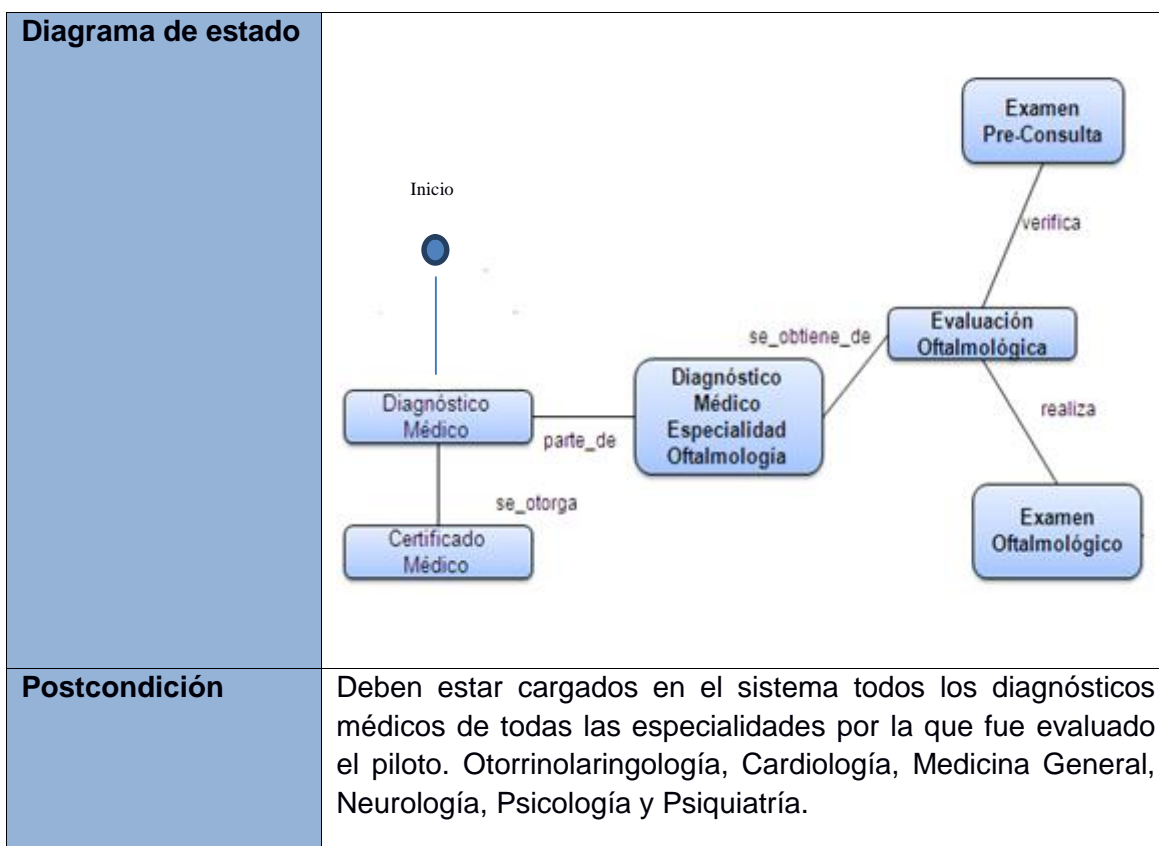


Tabla 99 - Formulario Caso de Uso Nivel (2)

Actores	Responsabilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Usuario externo 	<ul style="list-style-type: none"> • Solicita Cita ante el INAC para renovación o tramitación de Certificado Médico Aeronáutico
<ul style="list-style-type: none"> • Especialidad Oftalmológica 	<ul style="list-style-type: none"> • Examen Oftalmológico • Crear Diagnóstico
<ul style="list-style-type: none"> • Administrador • Jefe de Medicina 	<ul style="list-style-type: none"> • Registrar datos paciente • Registrar Especialidades Medicas • Registrar Escenarios • Registrar Recaudos

	<ul style="list-style-type: none"> • Consultar Historia Medica • Verificar diagnósticos pre-consulta y oftalmológicos • Cargar sugerencias u observaciones • Firma Evaluaciones o resultados diagnósticos
--	---

Tabla 20 - *Detalle de Especificación de los Casos de Uso*

A continuación, se explica el proceso de diseño del SBC para el diagnóstico médico en la especialidad de oftalmología, haciendo énfasis en el diseño de la arquitectura del sistema y la selección de la plataforma de implementación.

V.2.1 Diseño de la Arquitectura del Sistema

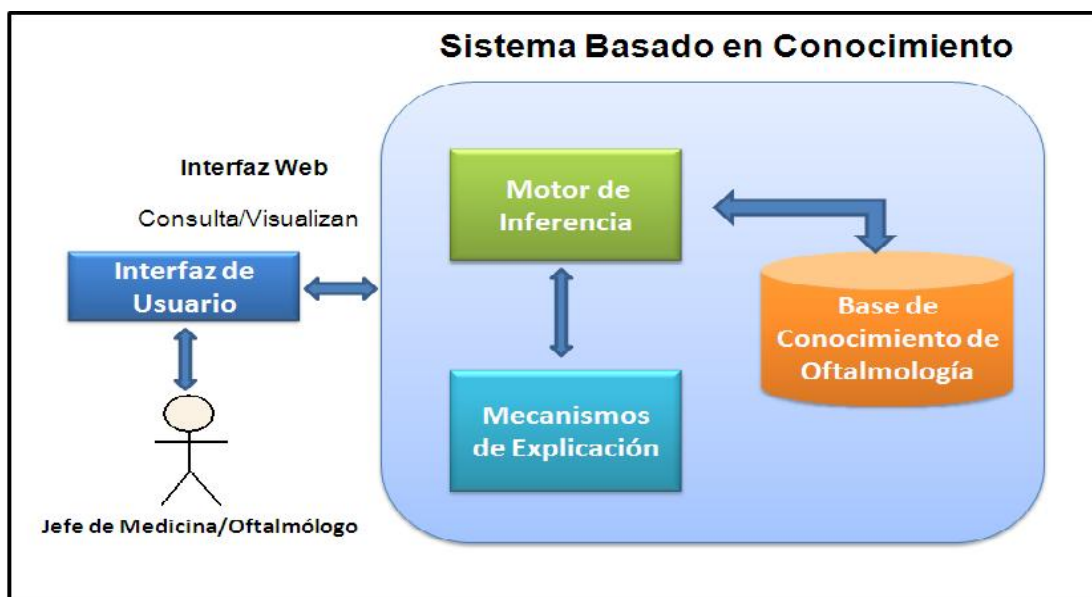
En primer lugar, para diseñar la arquitectura del SBC a desarrollar se describe la arquitectura de forma global. En esta investigación se propone un modelo de arquitectura que siga un patrón de Modelo, Vista, Controlador (MVC), muy recomendable para la realización de aplicaciones Web. Dentro de este patrón arquitectónico se consideran los siguientes subsistemas (Potencier & Zaninotto, 2013):

- **Modelo de la aplicación:** en este subsistema se especifican todas las funciones y datos que conforman la funcionalidad de la aplicación, en el caso del SBC a desarrollar, se detallan las tareas, inferencias, esquemas de dominio y bases de conocimiento definidas anteriormente.
- **Vistas:** transforma el modelo en una página Web que permite al usuario interactuar con ella; a través de las vistas se visualizan las interfaces gráficas

que sirven como entrada de datos al sistema (formularios de captura de los datos del paciente), así como la visualización de la salida resultante del diagnóstico médico obtenido.

- **Controlador:** se define la unidad de control del sistema, que en este caso viene dado por un modelo dirigido por eventos, donde se gestionan todos los requerimientos de entradas tanto internos como externos. La función del controlador es mediar entre las vistas y el modelo de la aplicación, atendiendo las peticiones que activan las funciones del modelo, y enviando sus resultados a las vistas respectivas.

Tomando en consideración la arquitectura de solución planteada en el Capítulo I Figura 2, como se muestra a continuación:



Se desarrolla la Figura 26, que describe la arquitectura MVC de referencia para un SBC según CommonKADS:

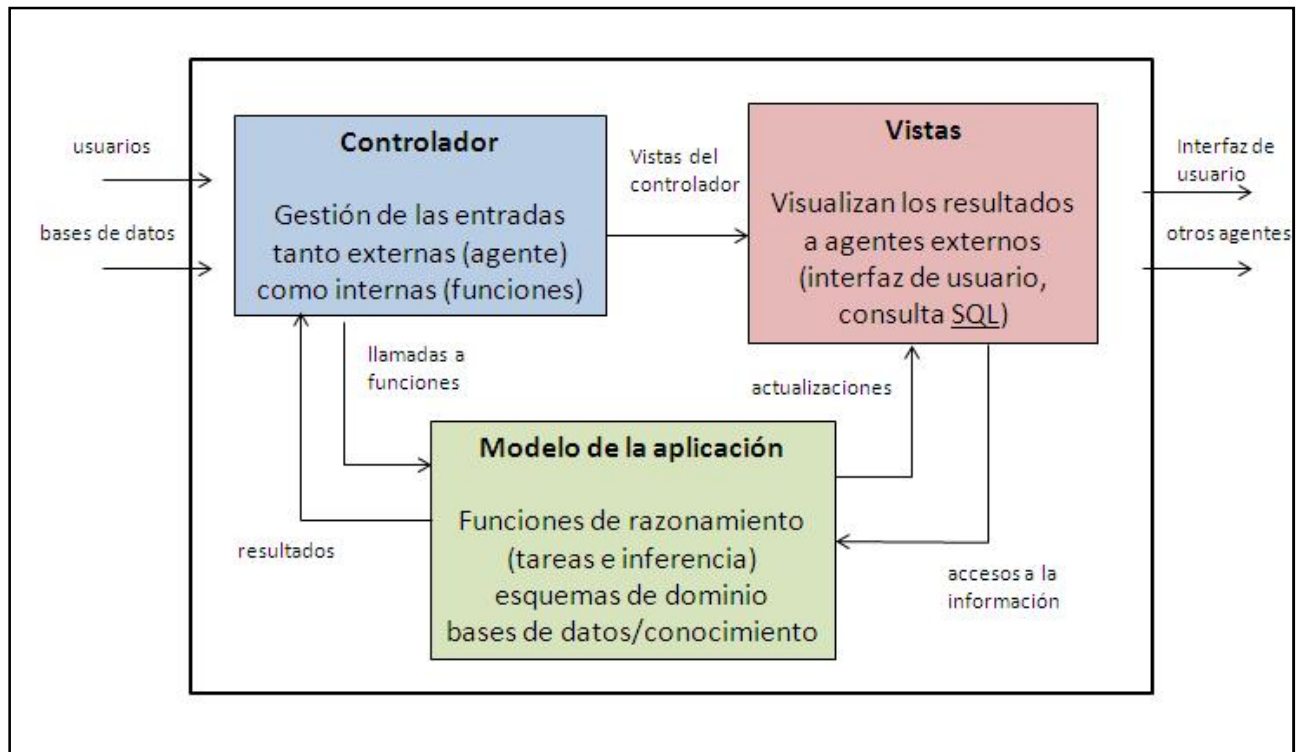


Figura 26 - Arquitectura de referencia para un SBC según CommonKADS

Como podemos apreciar en la figura anterior, el controlador gestiona las entradas del sistema. Éste manda un mensaje de activación a una o más funciones de la aplicación, que corresponde a las funciones de razonamiento del SBC, cuyos resultados pueden visualizarse por medio de la correspondiente vista.

V.2.2 Formulario DM-1: Arquitectura del Sistema

Seguidamente, se debe definir la arquitectura del modelo de la aplicación, que contiene los elementos de software que implementan las funciones y los datos resultantes del análisis del sistema. Este modelo de la aplicación está compuesto por las tareas, las inferencias y el conocimiento del dominio. Por tanto, se partirá del uso del paradigma orientado a objetos ya que permite establecer de una forma sencilla la correspondencia entre los elementos especificados en el análisis del sistema, con los elementos de la arquitectura global. El resultado de este proceso de diseño de la arquitectura del sistema es presentado en la hoja de trabajo DM-1.

Modelo de Diseño	Formulario DM-1: Arquitectura del Sistema
Organización de los subsistemas	Modelo Vista Controlador (MVC) Figura No. 26
Modelo de Control	<p>Control dirigido por eventos</p> <p>Con este modelo se realiza un control centralizado, el cual determina que entradas permiten obtener cierta salida.</p>
Descomposición de los Subsistemas	<p>Paradigma Orientado a Objetos</p> <p>La descomposición de los elementos de los subsistemas es realizada siguiendo el paradigma orientado a objetos. Donde las líneas continuas indican flujos de acceso de información y las líneas de puntos indican flujos de invocación de métodos. Conservando la estructura por lo que permite establecer de forma sencilla la correspondencia entre los elementos especificados en el análisis y los elementos de la arquitectura.</p>

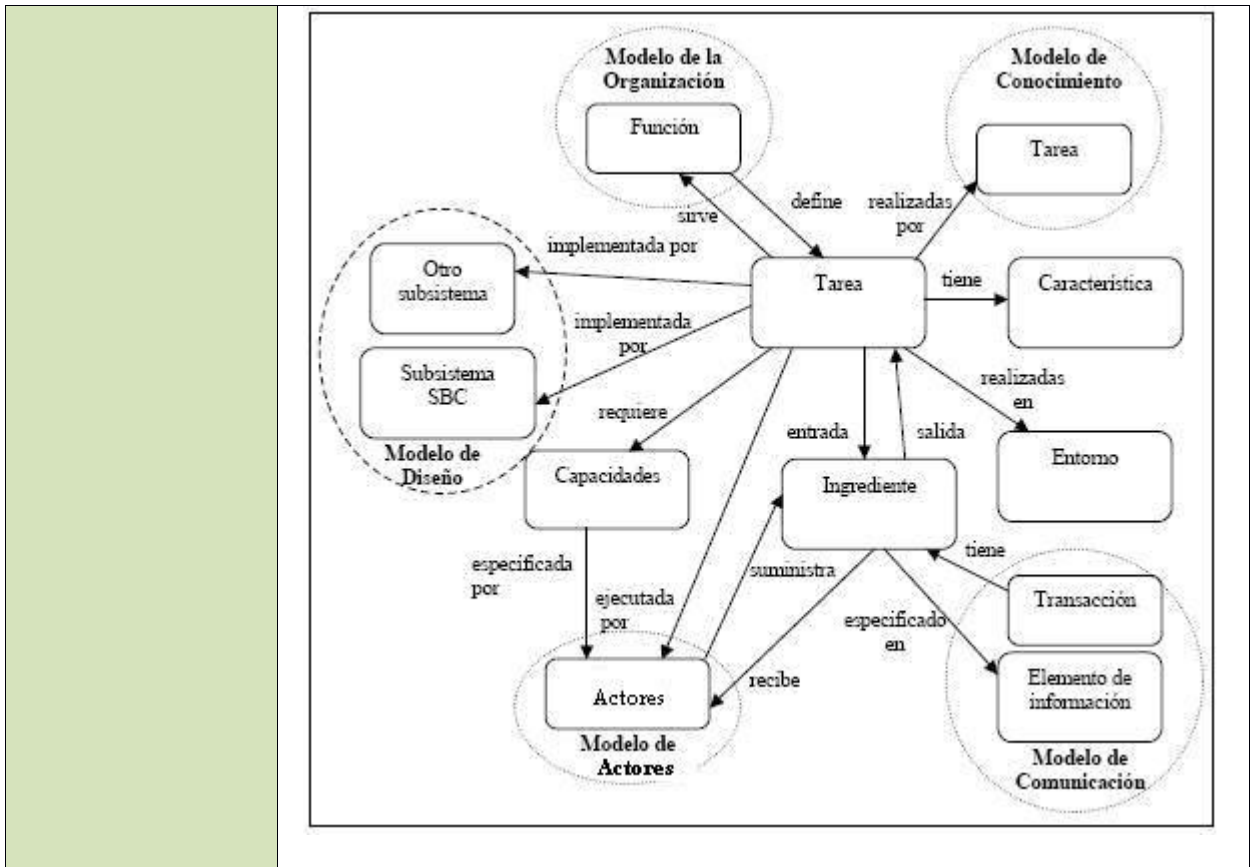


Tabla 21 - Formulario DM-1: Arquitectura del Sistema

V.2.3 Formulario DM-2: Plataforma de Implementación

La plataforma de implementación del SBC a desarrollar en esta investigación, es detallada en la hoja de trabajo DM-2, donde se explican las diferentes características y herramientas que determinaron la elección de dicha plataforma.

Modelo de Diseño	Formulario DM-2: Plataforma de Implementación
Producto Software	Evaluación Oftalmológica en tecnología Web
Hardware Potencial	Tecnologías Web utilizadas para la implementación de la aplicación
Hardware de Desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • El manejador de base de datos PostgreSQL. • Los entornos de desarrollo de software Java, JavaScript
Lenguaje de Implementación	Los entornos de desarrollo de software Java, JavaScript
Presentación del Conocimiento	Procesal
Características de la Plataforma de implementación	De esta manera, los componentes pertenecientes a la arquitectura del sistema de basado en conocimiento quedaron dispuestos e implementados en la aplicación Web tal como se observa en la Figura 27. <i>Esquema de implementación de la aplicación Web</i>

Tabla 22 - Formulario DM-2: Plataforma de Implementación

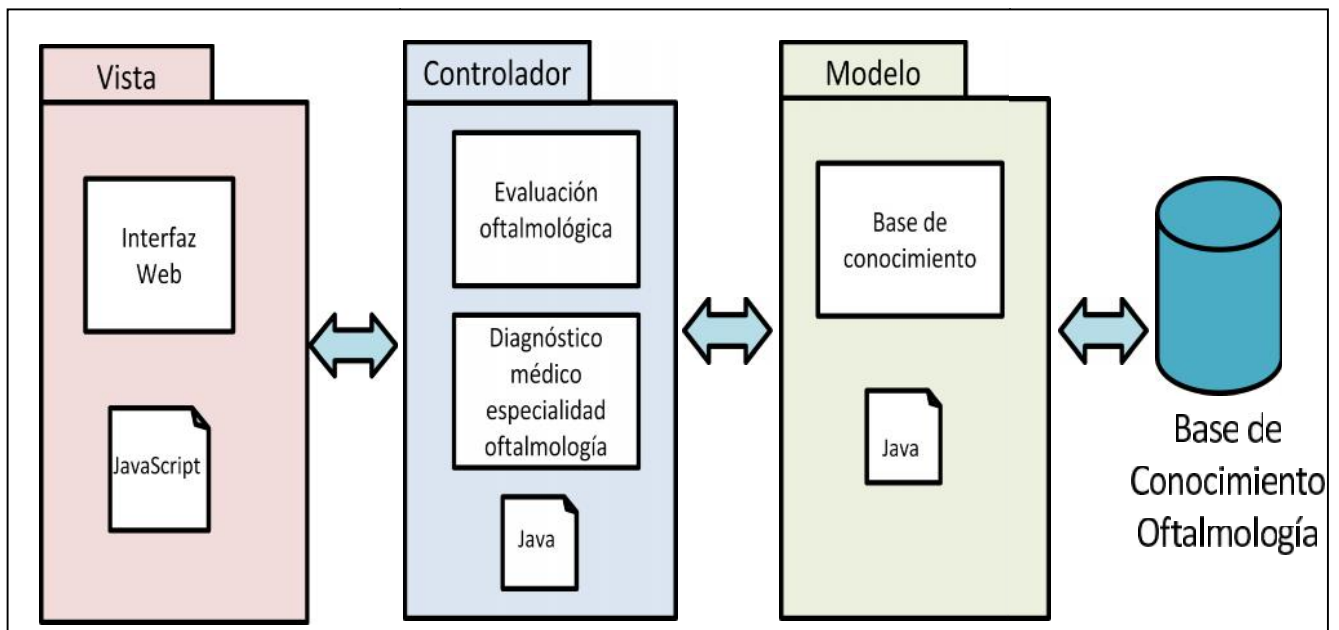


Figura 27 - Esquema de implementación de la aplicación Web

V.2.4 Formulario DM-3: Especificación de los componentes de la arquitectura

El conjunto de decisiones de diseño, que hay que tomar durante la especificación de la arquitectura, se detallan en el formulario de trabajo DM-3 de la metodología CommonKADS para el modelo de diseño.

Modelo de Diseño:	FORMULARIO DM-3 Especificaciones de la Arquitectura
Requerimiento:	Asignación Cita para Evaluación Médica Aeronáutica
Controlador	El interesado debe enviar por autogestión todos los recaudos, requisitos y cualquier soporte requerido para el trámite de acreditación de Medico Examinador.
Tarea y Método:	Después de la verificación de dichos requisitos, el solicitante podrá gestionar una cita para la entrevista y verificación del perfil requerido, si el solicitante cumple con el perfil se procede a asignar cita para evaluación médica.

Inferencias y Método:	Una vez realizada las evaluaciones medicas correspondientes incluyendo la oftalmológica dependiendo del resultado generado del diagnóstico se proceera a emitir el certificado médico aeronáutico por parte del Jefe de Medicina Aeronáutica.
Rol Dinámico:	El Profesional Aeronáutico
Rol Estático:	Presidente del INAC
Base de Conocimiento:	Autogestión todos los recaudos, requisitos y cualquier soporte requerido para el trámite de acreditación de Medico Examinador.
Prioridad del requerimiento:	Alta

Tabla 23 – Formulario DM-3 Especificaciones de la Arquitectura: Evaluación Médica Aeronáutica

Modelo de Diseño:	FORMULARIO DM-3 Especificaciones de la Arquitectura
Requerimiento:	Diagnóstico de la especialidad de oftalmología
Controlador	El proceso inicia con la verificación de la solicitud por parte del Asistente Aeronáutico en recepción.
Tarea y Método	De dicha verificación puede ocurrir que el solicitante efectivamente tenga una cita fijada para el día en que se está presentando, con lo cual el Asistente Aeronáutico avanza el trámite al siguiente nivel de gestión; o puede ocurrir que el solicitante no tenga una cita programada, ante esto el Asistente Aeronáutico informa de la situación al solicitante. En esta verificación también se evalúa la condición de auditoria que tenga el solicitante.
Inferencias y Método:	El siguiente nivel de gestión es el Coordinador es que remite al paciente a su evaluación médica oftalmológica.

Rol Dinámico	Jefe de Medicina Aeronáutica es el encargado de la supervisión de este proceso desde el momento en que el solicitante es evaluado por el médico especialista hasta la generación del diagnóstico y posterior decisión para la aprobación o no del certificado médico.
Rol Estático	Jefe de Medicina Aeronáutica
Base de Conocimiento	Verificación de la solicitud
Prioridad del requerimiento:	Alta

Tabla 24 - *Formulario DM-3 Especificaciones de la Arquitectura: Diagnóstico de la Especialidad de Oftalmología*

Modelo del Diseño:	FORMULARIO DM-3 Especificaciones de la Arquitectura
Requerimiento:	Gestionar Vigilancia de Centro Médico Aeronáutico Examinador
Controlador	El proceso inicia cuando el Jefe de Medicina Aeronáutica requiera verificar los diagnósticos arrojados por los médicos evaluadores.
Tarea y Método:	Ingresa parámetros de búsqueda y obtiene los resultados de la misma.
Inferencias y Método:	N/A
Rol Dinámico:	N/A
Rol Estático:	Personal Autorizado Jefe de Medicina
Base del Conocimiento:	Información de los Diagnósticos médicos
Prioridad del requerimiento:	Alta

Tabla 25 - *Formulario DM-3 Especificaciones de la Arquitectura: Diagnóstico Médico*

IV.2.5 Formulario DM-4: Especificación de la Aplicación sobre la Arquitectura

El conjunto de decisiones de diseño de la aplicación se encuentra detallado en la Tabla 26, que se corresponde con la hoja de trabajo DM-4 de la metodología CommonKADS.

Modelo del Diseño:	FORMULARIO DM-4 Diseño de la Aplicación
Requerimiento:	Diagnóstico Médico Oftalmológico
Controlador:	Examen Pre-consulta Evaluación Oftalmológica Resultados Evaluación Oftalmológica Tomas de Decisión
Métodos de las Tareas	Desarrollar un Sistema Basado en Conocimiento para apoyar el Diagnóstico Médico en la Especialidad de Oftalmología en el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil.
Inferencias y Método:	Sistema será desarrollado en Framework de Dinámica (java, JavaScript) y base de datos PostgreSQL
Rol Dinámico:	N/A
Rol Estático:	Jefe de medicina abarcar las áreas que no son de su especialidad y agilizar la toma de decisiones en cuanto a la acreditación de un certificado médico, brindando rapidez en los servicios para una mejor atención al usuario.
Base del Conocimiento:	Normativa de la Institución (INAC)
Prioridad del requerimiento:	Alta

Tabla 26 - Formulario DM-4: Diseño de la Aplicación

IV.2.6 Interfaces de la aplicación Web.

Con el fin de entender el funcionamiento de la aplicación Web desarrollada, a continuación se presenta un recorrido por cada una de sus interfaces.

Pantalla Principal

EL SBC para obtener Diagnóstico Médico de la Especialidad Oftalmología en el INAC, se encuentra caracterizada por dos secciones que pueden ser visualizadas luego de validar el usuario. El sistema posee **Inicio de sección** para validar que sea el personal autorizado. (ver Figuras 28 y 29).



Certificados Médicos

INAC

Inicio de Sesión

Su Usuario ...

Su Contraseña...

(*) Campos obligatorios.

Ingresar al Sistema

Para hacer uso del sistema se recomienda utilizar el navegador Web

Figura 28. Inicio de Sesión



Figura 29 - Pantalla Principal

Especialidad Oftalmología

1) Evaluación Oftalmológica

En la primera opción (Ver Figura 30) – **Evaluación Oftalmológica** – donde el usuario en este caso el doctor encargado o personal autorizado, ingresará todos los datos del paciente (personal aeronáutico) los *Exámenes Pre-consulta* traídos por el paciente y los datos realizados en el momento que forma parte del *Examen Oftalmológico*; luego de ingresar los datos, se selecciona la opción *Obtener Diagnóstico*, de esta forma la aplicación genera el resultado del diagnóstico para dicha situación (Ver Figura 31).

Principal	Evaluación Oftalmológica	
Oftalmología		
Evaluación Oftalmológica		
Crear Diagnóstico		
Mi Seguridad		
Salir del Sistema		
Datos Personal Aeronautico		
Nombre del Paciente	<input type="text"/>	
Cedula o Pasaporte	<input type="text"/>	
Evaluación	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo
Examen Pre-Consulta		
Visión Lejana	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Visión Cercana	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Campo Visual por Confrontación	<input type="text"/> Normal <input type="button" value="v"/>	<input type="text"/> Normal <input type="button" value="v"/>
Anexos y Cámara Anterior	<input type="text"/> Normal <input type="button" value="v"/>	<input type="text"/> Normal <input type="button" value="v"/>
Visión de Colores	<input type="text"/> Normal <input type="button" value="v"/>	
Reflejo Consensual	<input type="text"/> Normal <input type="button" value="v"/>	
Reflejo Fotomotor	<input type="text"/> Normal <input type="button" value="v"/>	
Examen Oftalmológico		
Inspección General	<input type="text"/> Normal <input type="button" value="v"/>	<input type="text"/> Normal <input type="button" value="v"/>
Tensión Ocular	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fondo de Ojo	<input type="text"/> Normal <input type="button" value="v"/>	<input type="text"/> Normal <input type="button" value="v"/>
Tipo de Corrección	<input type="text"/> No Aplica <input type="button" value="v"/>	
Datos Examinador		
Lugar	<input type="text"/>	
Fecha	<input type="text"/>	
Nombre del Médico Examinador	<input type="text"/>	
Cedula del Médico Examinador	<input type="text"/>	
<input type="button" value="Obtener Diagnóstico"/>		
Diagnóstico	<input type="text"/>	
<input type="button" value="Grabar"/> <input type="button" value="Cancelar"/>		

Figura 30 - Plantilla del Examen Oftalmológico

Principal	Evaluación Oftalmológica	
Oftalmología		
Evaluación Oftalmológica		
Crear Diagnóstico		
Mi Seguridad		
Salir del Sistema		

Datos Personal Aeronautico		
Nombre del Paciente	* <input type="text" value="Jose Rodriguez"/>	
Cedula o Pasaporte	* <input type="text" value="18567021"/>	
Evaluación	Ojo Derecho	Ojo Izquierdo
Examen Pre-Consulta		
Vision Lejana	* <input type="text" value="20"/>	* <input type="text" value="20"/>
Vision Cercana	* <input type="text" value="0.25"/>	* <input type="text" value="0.25"/>
Campo Visual por Confrontación	* <input type="text" value="Normal"/> ▼	* <input type="text" value="Normal"/> ▼
Anexos y Camara Anterior	* <input type="text" value="Normal"/> ▼	* <input type="text" value="Normal"/> ▼
Vision de Colores	* <input type="text" value="Normal"/>	* <input type="text" value="Normal"/> ▼
Reflejo Consensual	* <input type="text" value="Normal"/>	* <input type="text" value="Normal"/> ▼
Reflejo Funtular	* <input type="text" value="Normal"/>	* <input type="text" value="Normal"/> ▼
Examen Oftalmologico		
Inspección General	* <input type="text" value="Normal"/> ▼	* <input type="text" value="Normal"/> ▼
Tensión Ocular	* <input type="text" value="14"/>	* <input type="text" value="14"/>
Fondo de Ojo	* <input type="text" value="Normal"/> ▼	* <input type="text" value="Normal"/> ▼
Tipo de Corrección	* <input type="text" value="No Aplica"/> ▼	
Examen Oftalmologico		
Inspección General	* <input type="text" value="Normal"/> ▼	* <input type="text" value="Normal"/> ▼
Tensión Ocular	* <input type="text" value="14"/>	* <input type="text" value="14"/>
Fondo de Ojo	* <input type="text" value="Normal"/> ▼	* <input type="text" value="Normal"/> ▼
Tipo de Corrección	* <input type="text" value="No Aplica"/> ▼	
Datos Examinador		
Lugar	* <input type="text" value="Caracas"/>	
Fecha	* <input type="text" value="27-3-2017"/>	
Nombre del Medico Examinador	* <input type="text" value="Dr. Marth Cordova"/>	
Cedula del Medico Examinador	* <input type="text" value="10890253"/>	
Diagnostico	<input type="button" value="Obtener Diagnostico"/> <input type="text" value="Aprobado"/>	
	<input type="button" value="Grabar"/>	<input type="button" value="Cancelar"/>

Figura 31 - Examen Oftalmológico con datos reales.

2) Crear Diagnóstico

En esta segunda opción (Ver Figura 32) – **Crear Diagnóstico** – el usuario experto, podrá ingresar en el sistema SBC un nuevo diagnóstico, como también modificar si así lo requiere. Tomando en consideración la Base de Conocimiento, específicamente las Instancias *Obtener Diagnostico Medico en la Especialidad de Oftalmología* (Ver Figura 33).

Añadir registro	
Inspección General	* <input type="text" value="Normal"/>
Tipo de Curvatura	* <input type="text" value="No Aplica"/>
Fondo de Ojo	* <input type="text" value="Normal"/>
Vision Cercana	* <input type="text" value="Normal"/>
Tension Ocular	* <input type="text" value="Normal"/>
Reflejo Consensual	* <input type="text" value="Normal"/>
Diagnostico	<input type="text" value="Aprobado"/>
Campo Visual de Confrontacion	* <input type="text" value="Normal"/>
Arteria y Camera Anterior	* <input type="text" value="Normal"/>
Vision de Colores	* <input type="text" value="Normal"/>
Vision Lejana	* <input type="text" value="Normal"/>
Reflejo Fotomotor	* <input type="text" value="Normal"/>

Figura 32 - Crear Diagnóstico

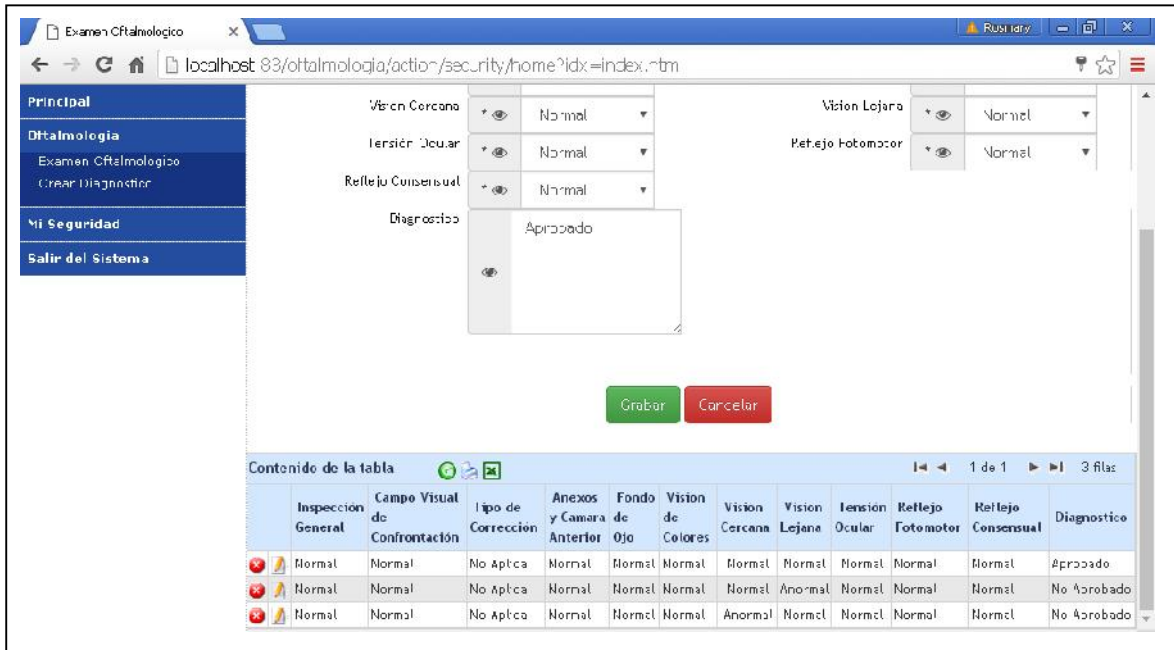


Figura 33 - Diagnostico Creado

IV.2.7 Pruebas y Resultados

Las pruebas realizadas sobre la aplicación Web para validar el SBC para apoyar el diagnóstico médico de la especialidad de oftalmología en el INAC, se centraron en dos aspectos, el primero, evaluar con los expertos de conocimiento, si la aplicación responde con el diagnóstico correcto. El segundo, a través de pruebas de aceptación dirigidas al personal Médico Aeronáutico, para comprobar la conformidad de éstos, ante las respuestas proporcionadas por la aplicación al diagnóstico médico en la especialidad de oftalmología.

Evaluar la aplicación Web con los expertos de conocimiento.

En conjunto con los expertos Oftalmólogos del área de Medicina Aeronáutica, se realizaron diez (10) diferentes consultas al sistema, con el fin de evaluar si ésta respondía con el diagnóstico médico de la especialidad oftalmología al personal

Aeronáutico y coincidía con la respuesta del experto. A continuación, las pantallas de los tres primeros diagnósticos que se obtuvieron en el sistema.

La primera consulta realizada, se muestra en la siguiente Figura 34:

Examen Pre-Consulta			
Vision Lejana	*	20	20
Vision Cercana	*	0.25	0.25
Campo Visual por Confrontación	*	Normal	Normal
Anexos y Cámara Anterior	*	Normal	Normal
Vision de Colores	*	Normal	Normal
Reflejo Consensual	*	Normal	Normal
Reflejo Fotomotor	*	Normal	Normal
Examen Oftalmológico			
Inspección General	*	Normal	Normal
Tensión Ocular	*	14	14
Fondo de Ojo	*	Normal	Normal
Tipo de Corrección	*	No Aplica	No Aplica

Figura 34 - Primera consulta

Arrojando como resultado el diagnóstico médico de la especialidad oftalmología correcto (Figura 35).

Obtener Diagnostico

Diagnostico: Aprobado

Grabar Cancelar

Figura 35 - Resultado de la Primera Consulta del Diagnóstico es Correcto

La segunda consulta realizada (Figura 36):

Principal	
Oftalmología	
Evaluación Oftalmológica	
Crear Diagnostico	
Mi Seguridad	
Salir del Sistema	

Examen Pre-Consulta				
Vision Lejana	+ [icon]	-7	+ [icon]	17
Vision Cercana	+ [icon]	0.75	+ [icon]	0.50
Campo Visual por Confrontación	+ [icon]	Normal	+ [icon]	Normal
Anexos y Camara Anterior	+ [icon]	Normal	+ [icon]	Normal
Vision de Colores	+ [icon]	Normal	+ [icon]	Normal
Reflejo Consensual	+ [icon]	Normal	+ [icon]	Normal
Reflejo Fctómetro	+ [icon]	Normal	+ [icon]	Normal

Examen Oftalmológico				
Inspección General	+ [icon]	Normal	+ [icon]	Normal
Tensión Ocular	+ [icon]	15	+ [icon]	15
Fondo de Ojo	+ [icon]	Normal	+ [icon]	Normal
Tipo de Corrección	+ [icon]	Contacto	+ [icon]	Contacto

Figura 36 - Segunda Consulta

Resultado obtenido de la segunda consulta es correcto, ver Figura 37.

Principal	
Oftalmología	
Evaluación Oftalmológica	
Crear Diagnostico	
Mi Seguridad	
Salir del Sistema	

Diagnostico

Obtener Diagnostico

Aprobada por 3 meses

Grabar
Cancelar

Figura 37 - Resultado obtenido segunda consulta

La tercera consulta realizada, ver Figura 38.

Principal	
Oftalmología	
Evaluación Oftalmológica	
Crear Diagnóstico	
Mi Seguridad	
Salir del Sistema	

Examen Pre-Consulta			
Vision Lejia	* [Icono] 20	[Icono] 20	
Vision Cercana	* [Icono] 0.25	[Icono] 0.25	
Campo Visual por Confrontación	* [Icono] Normal	[Icono] Normal	
Arrejos y Cámara Anterior	* [Icono] Normal	[Icono] Normal	
Vision de Colores	* [Icono] Normal	[Icono] Normal	
Reflejo Consensual	* [Icono] Normal	[Icono] Normal	
Reflejo Fotomotor	* [Icono] Normal	[Icono] Normal	

Examen Oftalmológico			
Inspección General	* [Icono] Normal	[Icono] Normal	
Tensión Ocular	* [Icono] 19	[Icono] 19	
Fondo de Ojo	* [Icono] Normal	[Icono] Normal	
Tipo de Corrección	* [Icono] No Aplica	[Icono] No Aplica	

Figura 38 - Tercera Consulta

Resultado obtenido es correcto, ver Figura 39.

Principal	
Oftalmología	
Evaluación Oftalmológica	
Crear Diagnóstico	
Mi Seguridad	
Salir del Sistema	

Obtener Diagnóstico

Diagnóstico: Reposo Médico

Grabar Cancelar

Figura 39 - Resultado obtenido tercera consulta

En la tabla 27 se muestran los parámetros de cada caso:

Concepto	Visión Lejana	Visión Cercana	Visión Colores	Reflejo Consensual	Reflejo Fotomotor	Anexas Cámara Anterior	Campo Visual	Inspección General	Tensión Ocular	Fondo Ojo	Tipo Corrección
Caso 1	OI=20 OD=20	OI=0.25 OD=0.25	N	N	N	OI=N OD=N	OI=N OD=N	N	OI=14 OD=14	OI=N OD=N	No aplica
Caso 2	OI=17 OD=17	OI=0.75 OD=0.50	N	N	N	OI=N OD=N	OI=N OD=N	N	OI=15 OD=15	OI=N OD=N	Contacto
Caso 3	OI=20 OD=20	OI=0.25 OD=0.25	N	N	N	OI=N OD=N	OI=N OD=N	N	OI=19 OD=19	OI=N OD=N	No aplica
Caso 4	OI=20 OD=20	OI=0.50 OD=0.50	N	N	N	OI=N OD=N	OI=N OD=N	N	OI=13 OD=13	OI=N OD=N	Convencional
Caso 5	OI=16 OD=16	OI=2 OD=2	N	N	A	OI=N OD=N	OI=A OD=A	A	OI=18 OD=18	OI=N OD=N	No aplica
Caso 6	OI=20 OD=20	OI=0.50 OD=0.50	N	N	N	OI=N OD=N	OI=N OD=N	N	OI=15 OD=15	OI=N OD=N	No aplica
Caso 7	OI=20 OD=20	OI=1.75 OD=2.25	N	N	N	OI=N OD=N	OI=N OD=N	N	OI=13 OD=13	OI=N OD=N	Contacto
Caso 8	OI=20 OD=20	OI=0.75 OD=0.75	A	A	N	OI=A OD=A	OI=A OD=A	A	OI=17 OD=17	OI=A OD=A	Contacto
Caso 9	OI=20 OD=20	OI=0.25 OD=0.25	N	N	N	OI=N OD=N	OI=N OD=N	N	OI=13 OD=13	OI=N OD=N	No aplica
Caso 10	OI=20 OD=20	OI=0.25 OD=0.25	N	N	A	OI=N OD=N	OI=N OD=N	N	OI=14 OD=14	OI=N OD=N	No aplica

Tabla 27 – Parámetros para la evaluación

Nomenclatura:

OI= Ojo Izquierdo OD= Ojo Derecho

N= Normal A= Anormal

A continuación, en la tabla 28 se muestran los resultados del experto y la aplicación web contra cada uno de los casos:

Casos	Experto	Aplicación Web
1	Aprobado	Aprobado
2	Aprobado por 3 meses	Aprobado por 3 meses
3	Reposo Médico	Reposo Médico
4	Aprobado	Aprobado
5	Rechazado	Rechazado
6	Aprobado	Aprobado
7	Aprobado por 6 meses	Aprobado por 6 meses
8	Rechazado	Rechazado
9	Aprobado	Aprobado
10	Aprobado por 6 meses	Aprobado por 6 meses

Tabla 28 - Resultados del Experto y la Aplicación Web

Los resultados obtenidos de la evaluación de la aplicación web y del experto de conocimiento nos arroja un 100% de coincidencia, estos datos son plasmados en la siguiente Figura 40:



Figura 40: Resultados de Comparación entre la aplicación web y el experto de conocimiento.

Pruebas de aceptación dirigidas a los Médicos Aeronáuticos.

Las Pruebas de Aceptación (PA), permiten detectar fallas en la implantación del software. Una PA tiene como propósito mostrar al usuario el cumplimiento de un requisito del software, más específicamente: a) describen un escenario (secuencia de pasos) de ejecución o uso del sistema desde la perspectiva del usuario, b) pueden estar asociadas a requisitos funcionales o no funcionales, c) un requisito tiene una o más PAs asociadas y d) cubren desde escenarios típicos/frecuentes hasta los más excepcionales (Pressman, 2002).

Las PA se realizan en un ambiente de producción, donde intervienen los desarrolladores y usuarios. Las PA son de dos tipos: alfa y beta.

Prueba alfa: se lleva a cabo por un usuario, usando el software de forma natural con el desarrollador como observador. Este último irá registrando los errores y problemas de uso. Las pruebas alfa se llevan a cabo en un entorno controlado.

Prueba beta: se llevan a cabo por los usuarios finales del software en los lugares de trabajo. A diferencia de la prueba alfa, el desarrollador no está presente normalmente. Así, la prueba beta es una aplicación en vivo del software en un entorno que no puede ser controlado por el desarrollador. El usuario registra todos los problemas que encuentra durante la prueba beta e informa a intervalos regulares al desarrollador.

De esta manera, se realizaron pruebas sobre la aplicación Web (de tipo alfa), solicitando a dos (2) Médicos Aeronáuticos (Jefe de Medicina, Oftalmólogo) del área de Medicina Aeronáutica del INAC, que realizarán las siguientes acciones:

Prueba 1: Ingresar los datos de la evaluación oftalmológica en la aplicación y obtener el diagnóstico.

Prueba 2: Crear un nuevo diagnóstico médico en la especialidad oftalmología utilizando la aplicación.

1. ¿Fue posible ingresar los datos de la evaluación oftalmológica del paciente en el sistema?
2. ¿El diagnóstico médico obtenido de la evaluación oftalmológica, es el esperado según los datos suministrados?

3. ¿Se sintió asistido por el sistema para obtener el diagnóstico médico de la especialidad oftalmología?
4. ¿Fue posible crear un diagnóstico médico en la especialidad oftalmología, con los parámetros establecidos en el sistema?

Los resultados obtenidos fueron tabulados en la siguiente tabla:

MÉDICO AERONÁUTICO	PREGUNTA	SI	NO
Dr. Martin Córdova	1. ¿Fue posible ingresar los datos de la evaluación oftalmológica del paciente en el sistema?	X	
	2. ¿El diagnóstico médico obtenido de la evaluación oftalmológica, es el esperado según los datos suministrados?	X	
	3. ¿Se sintió asistido por el sistema para obtener el diagnóstico médico de la especialidad oftalmología?	X	
	4. ¿Fue posible crear un diagnóstico médico en la especialidad oftalmología, con los parámetros establecidos en el sistema?	X	
Dra. Eneida Pérez	1. ¿Fue posible ingresar los datos de la evaluación oftalmológica del paciente en el sistema?	X	
	4. ¿El diagnóstico médico obtenido de la evaluación oftalmológica, es el esperado según	X	

	los datos suministrados?		
	5. ¿Se sintió asistido por el sistema para obtener el diagnóstico médico de la especialidad oftalmología?	X	
	4. ¿Fue posible crear un diagnóstico médico en la especialidad oftalmología, con los parámetros establecidos en el sistema?	X	

Tabla 29 - Resultados obtenidos luego de realizar las pruebas de aceptación (tipo alfa) con dos Médicos Aeronáuticos.

Análisis de resultados

Al analizar los resultados obtenidos, de las pruebas de aceptación de la aplicación Web con los expertos de conocimiento y las de aceptación dirigida al personal de Medicina Aeronáutico, se observó lo siguiente:

- 1) Para la primera sección de pruebas, la aplicación respondió de manera satisfactoria, al obtener el diagnóstico médico de la especialidad oftalmología sobre la evaluación de oftalmológica del personal aeronáutico, ingresado por los expertos, y permitió la creación de un nuevo diagnóstico según los parámetros establecidos en la base de conocimiento.
- 2) Para la segunda sección de pruebas, la aplicación contestó apropiadamente a cada una de las preguntas realizadas al personal médico aeronáutico; ingresaron los datos de la evaluación obteniendo el resultado del diagnóstico correcto. Además, cada uno de los facilitadores expresó que se sintió asistido por el sistema y pudieron crear un nuevo diagnóstico con los parámetros establecidos en el sistema.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Un posible enfoque en cuanto a los sistemas de telemedicina, que puede ayudar en gran medida a mejorar la calidad y rapidez del diagnóstico y tratamiento de pacientes, es el uso de aplicaciones inteligentes basadas en conocimiento, conocidas como Sistemas Basados en Conocimiento (SBC). Dichas aplicaciones disponen de un modelo de conocimiento conocido como base de conocimiento donde se recoge información sobre objetos, propiedades y relaciones de dominio de interés, esto es, en este caso, información sobre síntomas, signos, patologías, etc., y las propiedades y relaciones entre los mismos. Además, los SBC cuentan con información relevante sobre cómo resolver la tarea para la que son construidos, a partir de la información contenida en la base de conocimiento y los datos aportados por el usuario. En la aplicación que se presenta en este trabajo, la tarea a resolver por el sistema de conocimiento es el diagnóstico a partir de los síntomas relatados por el paciente y los resultados de las observaciones que se le practiquen al mismo.

Este proceso de diagnóstico debe ser cooperativo en tanto que el usuario de la aplicación debe, en todo momento, poder disponer del control sobre los datos introducidos y del proceso de razonamiento perseguido. En el entorno médico, los SBCs permiten, pues, no sólo ayudar a un clínico en las tareas de diagnóstico o tratamiento de pacientes, sino que además pueden ser útiles como herramienta de aprendizaje para nuevos especialistas.

Para el caso del Instituto Nacional de Aeronáutica Civil (INAC), la Certificación Médica Aeronáutica (CMA) es un Certificado de aptitud psicofísica, reglamentado por la RAV 67, emitido por el médico evaluador o un examinador de modo individual o integrado en un Centro Médico Aeronáutico Examinador (CMAE). Todo solicitante que, previo examen médico y evaluación de su historia clínica, cumple con los requisitos médicos establecidos en la RAV 67, tiene derecho a un CMA de la clase correspondiente, documentado en la evidencia de la exploración clínica que permita prever que tal condición será sustentable durante el período de validez del CMA.

La patología oftalmológica tiene particular importancia en el medio aeronáutico, siendo preciso el diagnóstico precoz de los procesos en aras de garantizar la seguridad de vuelo. Evidentemente un cuerpo extraño, una conjuntivitis o un orzuelo, procesos comunes en el ámbito de la Oftalmología, pueden incapacitar a un piloto. Para la evaluación oftalmológica se exige unos mínimos de agudeza visual lejana y cercana, que pueden conseguirse con o sin lentes correctoras. Es preceptivo y a veces problemático, (ya que entre el 4-8% de los varones tienen algún tipo de defecto), una correcta visión de colores.

Es importante contar con el diagnóstico en línea que pueda ser previamente consultado por los médicos especialistas para cada una de las áreas a que han llegado en la división de Licencias Aeronáuticas, específicamente el Jefe del Área de Medicina para los fines del caso de que se trate, para que de esta forma lograr tomar la decisión relacionada a la aprobación o no del certificado o licencia en operaciones de vuelo. El objetivo del reconocimiento médico consiste en comprobar que el aspirante no sufra ninguna afección o trastorno físico o psíquico que pueda disminuir su aptitud psicofísica significativamente durante el plazo de validez del certificado de evaluación médica.

La certificación aeronáutica es pilar fundamental en el proceso de licenciamiento del personal aeronáutico y en la seguridad aérea. Por ello es importante que los médicos examinadores por cada especialidad se limiten a certificar su impresión diagnóstica y pronóstico y abstenerse de emitir conceptos de aptitud para vuelo. El Jefe del Área de Medicina y responsable de su grupo de trabajo, debe solicitar mantener actualizadas sus hojas de vida ante la Dirección de Medicina Aeronáutica del INAC; debidamente cargadas en el sistema de manera de tener acceso en el momento oportuno para tomar las debidas decisiones de los casos aprobatorios o no aprobatorios. En la ficha de certificado médico se debe anotar todo lo relacionado con la evaluación médica del paciente.

En caso de existir algún criterio de no aptitud psicofísica de algún aspirante o solicitante de renovación de la respectiva Licencia o Certificado, que cada médico

evaluador considere importante, debe comunicarse de inmediato al Jefe de la Dirección de Medicina del INAC , y este como única autoridad competente, para que proceda a suspender las actividades aeronáuticas al personal técnico.

Se hace importante contar con un sistema eficaz que pueda almacenar el diagnóstico por la especialidad oftalmológica de manera que el jefe de medicina aeronáutica pueda tomar la decisión después de consultar los resultados diagnósticos si aprueba o no el certificado de medicina aeronáutica al piloto solicitante.

De esta forma, agilizaría los procesos dentro del Instituto Nacional de Aeronáutica Civil (INAC) que es el principal objetivo del desarrollo de esta aplicación.

REFERENCIAS

Alonso, A., Guijarro, B., Lozano, A., Palma, J. T., & Toboada, J. (2004). *Ingeniería del Conocimiento. Aspectos Metodológicos*. Madrid: Pearson Prentice Hall

Booch, G., Rumbaugh, J. & Jacobson, I. (2006). *El lenguaje unificado de modelado*. Madrid: Pearson Educación, S.A. ISBN: 84-7829-076-1.

Casali, A., Corti, R., D'Agostino, E., & Siragusa, M. (2002). *Sistema basado en conocimiento de apoyo al diagnóstico de la patología pulpar y periapical*. JAIIO, Actas de SIS – ISSN, vol 5, 192-19

Cristancho H., Otalora J., Callejas M., (2016). *Sistema experto para determinar la frecuencia cardíaca máxima en deportistas con factores de riesgo*. Revista Ingeniería Biomédica. Volumen 10/ Número 19.

Chávez, J., Recarey, C., Garcia, M., & Lopez, O. (2012). *Utilización de la Inteligencia Artificial en el diagnóstico patológico de edificaciones de valor patrimonial*. Informes de la Construcción, 64 (527), 297-

Labraña, C., Salcedo, P., Cid, R. & Farran, Y. (2002). *Marcos de modelado en la ingeniería del conocimiento, CommonKADS y el diseño de un sistema para nutrición y dietética*. Ingeniería informática, ISSN 0717-4195, Nº 7.

Morell B. Esteban (2016). *Sistema experto para la clasificación temprana de dengue severo*. SEC-DENGUE. Márgenes. Volumen 3/ Número 4 Pag. 115-127.

Panizzi, M., Pariso, M., & Lerache, J. (2012). *Sistema Experto para el entrenamiento y la asistencia en el diagnóstico en un Centro de Diálisis*. XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (pág. 10). Argentina: Red de Universidades con Carreras

en Informática (RedUNCI).

Potencier F. & Zaninotto, F. (2013). *Symfony 1.4, la guía definitiva*. [Libro en línea]. LibrosWeb. Disponible: http://librosweb.es/symfony_1_4/ [Consulta: 2013, Febrero 2017].

Pressman, R. (2002). *Ingeniería del software, un enfoque práctico*. 5° Edition. McGrawHill.

Proaño A., Saguy N., Jácome B., Sandoval F. (2017) *Sistemas basados en conocimiento como herramienta de ayuda en la auditoria de sistemas de información*. Disponible en: <http://www.ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/122>. [citado 14 Abril 2017]

Romero, M. y Rodríguez, J. E. (2001). *Sistema Experto para la formulación de dietas alimenticias por vía enteral en el ser humano (SEFDA)*. Tecnura ISSN: 0123-921X, vol:5, 53–59.

Regulación Aeronáutica Venezolana RAV 60 Licencias al Personal Aeronáutico (Decreto Nro. 38.333). (2005, Diciembre 12). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 5.898 (Extraordinario), Noviembre 03, 2008.

Schreiber, G. (2002). *Knowledge Engineering and Management. The CommonKADS Methodology*. The MIT Press.

Sigut, Piñeiro, Marichal, Moren. *Integración de técnicas de análisis y clasificación mediante un sistema basado en el conocimiento para problemas de diagnóstico*. Universidad de La Laguna, Tenerife. 2003 [citado 04 Jun 2013]. Disponible en: http://www.ceautomatica.uji.es/old/actividades/jornadas/XXII/documentos/F_03_IC.pdf

Taboada M, González JL, Argüello M, Des J, Mira J, Martínez D. *Adquisición de conocimiento médico para aplicaciones en telemedicina*. En: González F, Zamarrón C, editores. *Telemedicina. Aplicaciones y nuevas tecnologías*. Santiago de Compostela: Sociedad Gallega de Telemedicina; 2004 [citado 27 Mar 2013]. Disponible en: <http://aiff.usc.es/~elchus/personal/download/xornadastaboada.pdf>

Vizcaíno, A., Soto, J., García F., Ruiz, F. y Piattini, M. (2006). *Aplicando gestión de conocimiento en el proceso de mantenimiento del software*. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 10, 91-98.