

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 7



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

**Componente de apoyo a la toma de decisiones para el módulo
Agenda Médica del Sistema de Información Hospitalaria xavia HIS**

Autores: Yenisbel Díaz Díaz

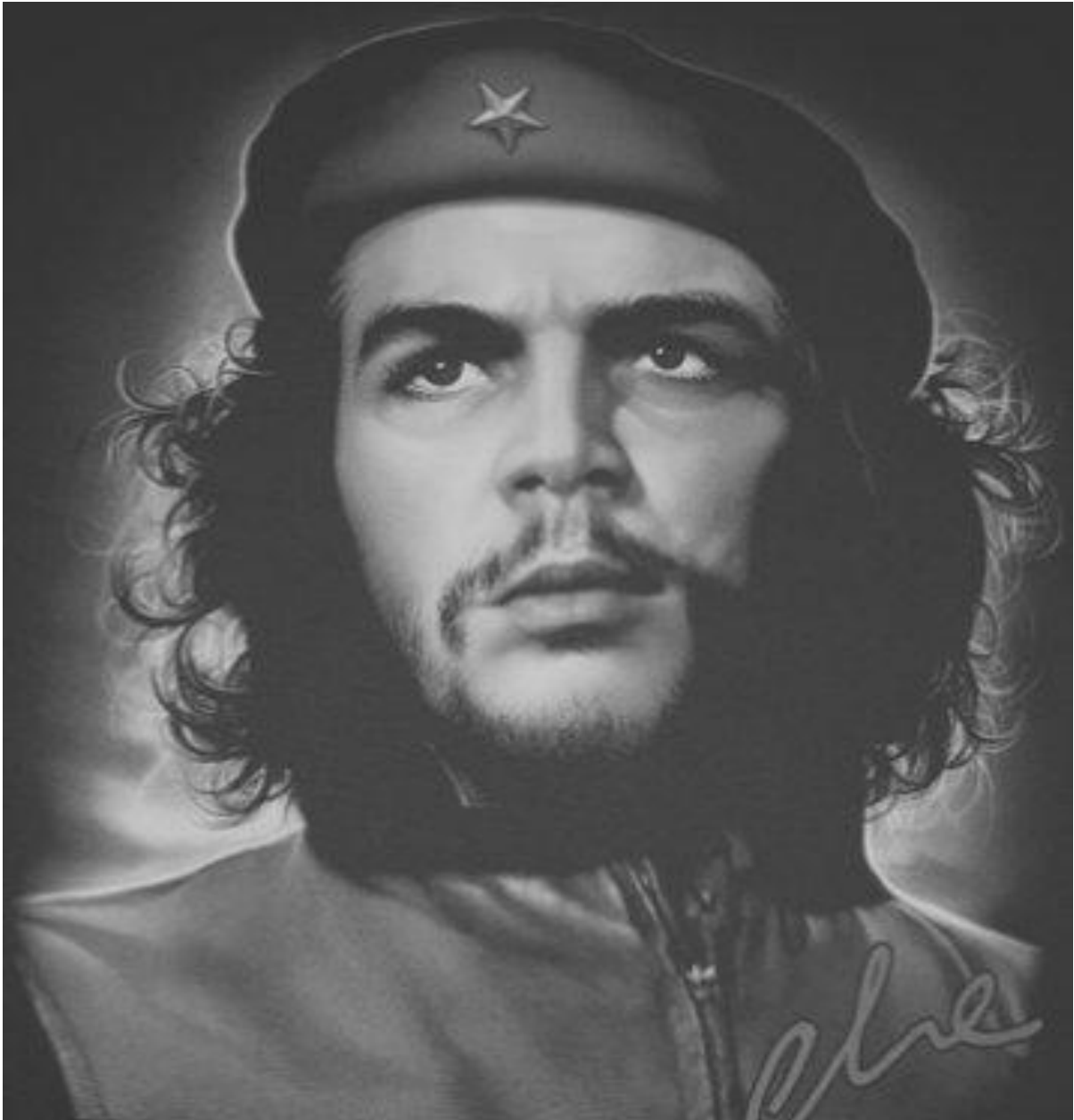
Ariel Tejedor Silvestre

Tutor: Ing. Raymundo Rodríguez García.

Cotutora: Ing. Yaimara Fernández De La Cruz

La Habana, 2013

“Año 55 de la Revolución”



“El conocimiento nos hace responsable.”

Ernesto Che Guevara

DATOS DE CONTACTO

Ing. Raymundo Rodríguez García. Especialista. Graduado de Ingeniero en Ciencias Informáticas, egresado de la UCI en el 2010. Se desempeña actualmente como Jefe de Proyecto y Administrador de la configuración del departamento de Tecnologías, Integración y Estándares del Centro de Informática Médica (CESIM), en la UCI. Correo electrónico: rrdiguez@uci.cu

Ing. Yaimara Fernández De la Cruz. Profesor en adiestramiento. Graduada de Ingeniera en Ciencias Informáticas, egresada de la UCI en el 2011. Se desempeña actualmente como especialista del departamento de Tecnologías, Integración y Estándares del Centro de Informática Médica (CESIM), en la UCI. Correo electrónico: yfdelacruz@uci.cu

AGRADECIMIENTOS

Yenisbel Díaz Díaz

A mi mamá por ser mi mayor tesoro, mi quía, mi amiga y lo que más quiero en el mundo.

A mi abuelita Elsidia por ser tan especial, por estar siempre pendiente a mí y ser tan paciente conmigo, te adoro mi viejita.

A mi abuelito Reino que siempre me dio tanto amor y que aunque no esté físicamente a mi lado estará siempre conmigo.

A mi abuelita Ilda por darme el cariño y la dedicación que no me dio mi padre, por preocuparse tanto y estar pendiente de mí.

A mi cosi por su dedicación, por guiarme, apoyarme y darme fuerzas para seguir adelante, te quiero amor.

A toda mi familia y amistades que aunque no los mencione los quiero a todos y les doy gracias por su apoyo.

A mis tutores Yaimara y Raymundo por ser tan dedicados y por ayudarnos en la realización del trabajo.

A la Revolución por darme la oportunidad y los medios para convertirme en una ingeniera.

Ariel Tejedor Silvestre

Mis padres Amarilys Silvestre y Ariel Tejedor, que con esfuerzo y desvelo han dedicado sus vidas para cultivarme de valores humanos y forjarme como un hombre de bien. Ellos que han sentado sus esperanzas en verme convertido en profesional y nunca han dudado de mis capacidades.

Mi novia Yaneysi, por haber tenido tanta paciencia conmigo y apoyarme.

De forma general agradezco a todos mis familiares que de una forma u otra me han brindado su apoyo o han mostrado interés y preocupación por mí.

Mis tutores Raymundo y Yaimara porque realmente fueron de gran ayuda para la realización de este trabajo y porque siempre nos dieron su apoyo.

Mis compañeros de estudio y amistades por permitirme acompañarlos en estos 5 años maravillosos.

Mis profesores por enseñarme y ayudarme en el plano profesional y personal.

La Revolución, por darme la oportunidad de estudiar y de hacerme un ingeniero.

Todos los que al menos una vez me preguntaron ¿y la tesis?

DEDICATORIA

Yenisbel Díaz Díaz

Dedico este trabajo a mi madrecita querida por darme el cariño y el apoyo que necesitaba para poder llegar a ser lo que soy.

Ariel Tejedor Silvestre

A mis padres Amarilys Silvestre y Ariel Tejedor.

A toda mi familia que siempre apostó por mí.

RESUMEN

El módulo Agenda Médica del Sistema de Información Hospitalaria xavia HIS, lleva a cabo la planificación de manera centralizada de las tareas del personal médico, en las áreas Guardia Médica, Quirófano, Consulta Externa y Distribuir enfermeras por servicios de una institución sanitaria. La planificación requiere la presencia y guía de un usuario, provocando retrasos en el resultado de la misma. Esto se debe a la cantidad de elementos que una persona necesita conocer y tener en cuenta para planificar una actividad en un área determinada.

En el presente trabajo, se desarrolla un componente para el módulo Agenda Médica del xavia HIS, que apoye la toma de decisiones en la planificación de las actividades, utilizando agentes inteligentes. Para que estos puedan llevar a cabo una tarea, se basan en una base de conocimiento la cual surge mediante la experiencia adquirida de planificaciones realizadas que hayan sido aceptadas o rechazadas.

En su construcción se emplea como metodología MAS-CommonKADS, Drools Expert como motor de inferencia, JADE como plataforma de desarrollo de agentes y Eclipse como Entorno de Desarrollo Integrado. Para el modelado AgentUML, Enterprise Architect para el diseño y JBoss como servidor de aplicaciones. La solución obtenida será de ayuda para mejorar los procesos de planificación de las tareas en las áreas asistenciales de las instituciones hospitalarias. Teniéndose un control adecuado de las afectaciones y una menor cantidad de variables a tener en cuenta para llevar a cabo una actividad.

Palabras clave: *agenda médica, agentes inteligentes, componente de software, planificación.*

Índice

Introducción	1
Capítulo 1: Tendencias y perspectivas en la asistencia a la toma de decisiones	6
1.1 Fundamentación teórica	6
1.2 Estado del arte	7
1.2.1 Sistemas estudiados del ámbito internacional	7
1.2.2 Sistemas estudiados del ámbito nacional	9
1.3 Metodologías, herramientas y tecnologías	11
Capítulo 2: Características de la solución propuesta.	17
2.1 Fase de Conceptuación.....	17
2.2 Fase de análisis	18
2.2.1 Requerimientos funcionales.....	18
2.2.2 Requerimientos no funcionales.....	19
2.2.3 Descripción de los modelos de la metodología MAS-CommonKADS	20
2.2.4 Actor del componente.....	27
2.2.5 Casos de uso.....	27
Capítulo 3: Diseño e implementación del componente de apoyo a la toma de decisiones	35
3.1 Fase de Diseño	35
3.2 Diagramas del modelo de agente.....	37
3.3 Diagrama de clases.....	43
3.4 Codificación y prueba de los agentes	46
3.4.1 Estructura de una regla.....	46
3.4.2 Descripción de las principales funcionalidades desarrolladas en el componente	48
Conclusiones	54
Recomendaciones	55
Referencias	56
Bibliografía	59
Webgrafía	61
Glosario de Términos	63
Anexos	64

Índice de figuras y tablas

Tabla 1. Requerimientos funcionales.....	18
Tabla 2. Relación entre requisitos funcionales.....	19
Tabla 3. Actor del componente	27
Tabla 4. Casos de uso.....	28
Tabla 5. Descripción textual CU planificar intervención quirúrgica.	30
Tabla 6. Descripción textual CU planificar consulta externa.	31
Tabla 7. Descripción textual CU planificar guardia médica.	32
Tabla 8. Descripción textual CU planificar la distribución de enfermeras por servicios.	33
Figura 1. Diagrama de casos de uso.....	28
Figura 2. Arquitectura del componente.....	37
Figura 3. Diagrama de clases del sistema de agentes.	45

Introducción

El futuro de la sociedad depende en gran medida de la informatización de sus procesos y para ello es necesaria la utilización masiva de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) (1). Las TIC presentan una ventaja fundamental, pues ofrecen una gama de herramientas que simplifican el trabajo de una persona por la velocidad con que llega la información desde un punto a otro sin necesidad de estar en él físicamente. Estas herramientas están vinculadas a todos los ámbitos donde se desarrolla el hombre representando, intercambiando, procesando, sistematizando y recuperando información de la forma más variada posible. Es por ello que uno de los sectores que integra las TIC al avance y mejora de sus procesos es el sector de la Salud. (2)

El Ministerio de Salud Pública (MINSAP) es el organismo rector del Sistema Nacional de Salud (SNS), este último es el encargado de dirigir, ejecutar y controlar la salud pública, el desarrollo de las ciencias médicas y la industria médico-farmacéutica. La salud en Cuba implica una amplia participación social y el respaldo de la voluntad política sostenida a lo largo de más de 50 años de revolución. Desde el triunfo de la revolución se ha trabajado en el avance del SNS el cual ha llegado hasta los lugares más apartados del país. (3)

El SNS está constituido por varias instituciones, dentro de ellas se encuentran los hogares maternos, consultorios, clínicas estomatológicas, hospitales generales y especializados dentro de los que se encuentran: cardiocentros, pediátricos y neurológicos. Un hospital general está conformado por varias áreas las cuales se identifican por su especialidad, ejemplo de estas áreas son: radiología, ortopedia, oftalmología y urología. También existen los recursos humanos, admisión y archivo, salas de ingreso, terapia intensiva y terapia intermedia.

En las instituciones hospitalarias se llevan a cabo una serie de actividades médicas como las citas para consultas o tratamientos de enfermedades, consultas externas, consultas de rehabilitación, diagnósticos para enfermedades, visitas de los médicos a las salas de ingreso y la guardia médica. También se planifican los procesos de superación y capacitación de especialistas así como los recursos materiales y humanos. Estos recursos se deben tener en cuenta para realizar la planificación de las tareas de los trabajadores, como la guardia médica y las consultas externas.

En la actualidad, la gestión de los servicios de salud constituye un reto sin precedentes, debido a la gran variedad de actividades que se incluyen en ella. Por ello se hace indispensable el desarrollo de la planificación para minimizar los riesgos y aprovechar las oportunidades en la búsqueda por alcanzar el futuro que se desea. Esta es definida como un proceso mediante el cual se precisan objetivos y se asignan recursos para su logro, utilizando determinadas técnicas que sitúan en el tiempo y en el espacio las metas que se persiguen. (4)

Una buena práctica de la planificación puede facilitar la organización y coordinación del trabajo en un área determinada. Con ello se logra una mejor distribución del tiempo, los recursos y los responsables alcanzándose un mayor grado de cumplimiento de las metas. El proceso de planificación debe ser participativo, es decir, que los diferentes grupos que conforman la organización se sientan parte de él y, a la vez, se comprometan con las propuestas de los planes. (4)

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), cuenta con un Centro de Informática Médica (CESIM), este se encarga de desarrollar productos, servicios y soluciones informáticas para el mejoramiento de la calidad en la atención médica. Dentro de ellos se encuentra el Sistema de Información Hospitalaria xavia HIS, este cuenta con varios módulos y específicamente para la planificación, se define el módulo Agenda Médica. Mediante este es posible visualizar las tareas que realiza el personal médico de un centro de manera centralizada, a partir de la información obtenida de las distintas áreas de servicio, así como el seguimiento y control de las mismas. (5)

En el módulo Agenda Médica se realiza la planificación de algunas de las áreas del hospital como son Guardia Médica, Quirófano, Consulta Externa y Distribuir enfermeras por servicios. Mediante la informatización de las actividades que se realizan en ellas, se logra una disminución de los problemas en la entrada de los datos para la planificación. Sin embargo, los errores son frecuentes debido a que el usuario sigue siendo el encargado de realizar la planificación. Esto se debe a la cantidad de elementos que una persona necesita dominar, conocer y tener en cuenta para planificar una actividad en un área determinada. (6)

Además no se conocen a tiempo las ausencias, tales como vacaciones, cursos de superación, entre otros; convirtiéndose en afectaciones. Esto ocurre por la falta de comunicación entre todas las áreas del hospital, cada una se planifica independientemente teniendo en cuenta solamente sus propias variables. Todo ello

produce descoordinación en la planificación de las actividades que se realizan. Estas situaciones traen consigo un mal funcionamiento de la institución, provocando afectaciones en el servicio brindado, descontento y rechazo por parte de los trabajadores hacia el uso de las nuevas tecnologías en la informatización del sector sanitario. (6)

A pesar de que el módulo Agenda Médica desarrollado en la UCI contribuye a mejorar las tareas de planificación de las distintas áreas expuestas anteriormente, presenta dificultades puntuales provocadas fundamentalmente por el factor humano. En este marco cabe plantearse como **problema a resolver**: ¿Cómo disminuir el esfuerzo empleado en la planificación de los procedimientos y tareas que se realizan en el módulo Agenda Médica del Sistema de Información Hospitalaria xavia HIS?

El **objeto de estudio** de la investigación en curso es: los procesos de gestión en las instituciones de salud. Definiéndose como **campo de acción**: los sistemas de apoyo a la toma de decisiones para planificación de actividades en las instituciones de salud.

El **objetivo general** es desarrollar un componente para el módulo Agenda Médica del Sistema de Información Hospitalaria xavia HIS para el apoyo a la toma de decisiones en la planificación de las actividades, utilizando agentes inteligentes.

Para darle cumplimiento al objetivo expuesto anteriormente se han definido las siguientes tareas de la investigación:

1. Evaluar las tendencias en cuanto a los sistemas de apoyo a la toma de decisiones con agentes inteligentes.
2. Evaluar las tendencias en cuanto al desarrollo de sistemas de Agenda Médica que incluyan apoyo a la toma de decisiones.
3. Realizar un análisis sobre el estado del arte de las principales soluciones en el área de la planificación de actividades.
4. Caracterizar el módulo de Agenda Médica del Sistema de Información Hospitalaria xavia HIS.
5. Valorar la posible reutilización de componentes ya existentes que puedan enriquecer la solución propuesta.

6. Describir la arquitectura establecida por el departamento Tecnologías, Integración y Estándares (TIE) para el desarrollo con agentes inteligentes.
7. Obtener los artefactos correspondientes para todas las fases según lo establecido por la metodología MAS-CommonKADS.
8. Describir los modelos de organización, tareas, agente, comunicación, coordinación y experiencia, propuestos por la metodología para el trabajo con agentes inteligentes.

Entre los **métodos de investigación** utilizados se destacan:

Métodos Teóricos

Análisis histórico-lógico: se utiliza para identificar y valorar sistemas para la toma de decisiones que utilizan agentes inteligentes y de esta forma obtener puntos en común entre la solución propuesta y los sistemas desarrollados.

Análítico-sintético: se utiliza para el análisis de la investigación. Además en el estudio de las tecnologías, herramientas y estándares que existen para la creación del componente de apoyo a la toma de decisiones.

Modelación: se utiliza para representar los comportamientos e interacciones de los agentes inteligentes, mediante los diagramas realizados.

Métodos Empíricos

Entrevistas: se utilizó la variante no formal, para conocer el funcionamiento de las áreas implementadas en el módulo Agenda Médica y para el análisis del estado del arte a nivel nacional.

El presente trabajo está constituido por tres capítulos los cuales se describen a continuación:

- ❖ **Capítulo 1: Tendencias y perspectivas en la asistencia a la toma de decisiones**, se abordan los conceptos fundamentales y se describen los sistemas incluidos en el estado del arte del tema tratado tanto a nivel internacional como nacional. También se muestran los aspectos fundamentales asociados a la metodología de desarrollo de software para el trabajo con agentes inteligentes y se analizan las herramientas y tecnologías a utilizar en la solución del problema planteado.

- ❖ **Capítulo 2: Características de la solución propuesta**, se realiza una breve descripción del problema y de la solución propuesta. Además se realiza la fase de conceptualización, en ella se especifica una breve descripción del problema y la solución propuesta, los requerimientos funcionales y los no funcionales. Se conforma la fase de análisis donde se explican los modelos definidos por MAS-CommonKADS (agente, organización, tarea, experiencia, comunicación y coordinación) y se representan los casos de uso del sistema y su descripción.
- ❖ **Capítulo 3: Diseño e implementación del componente de apoyo a la toma de decisiones**, se describe la arquitectura del componente para un mejor entendimiento de su funcionamiento. Se explica el diagrama de clases del sistema de agentes y se exponen algunos diagramas del modelo de agente. Se explican las funcionalidades más significativas implementadas en el sistema, mediante las cuales es posible obtener una adecuada planificación de las tareas que se llevan a cabo en las áreas desarrolladas en el módulo Agenda Médica.

Capítulo 1: Tendencias y perspectivas en la asistencia a la toma de decisiones

En el presente capítulo se muestran los conceptos fundamentales y se realiza el estado del arte sobre los sistemas que planifican procedimientos, mediante la utilización de agentes inteligentes a nivel internacional y nacional. También se analizan las tecnologías, metodologías y herramientas que se pueden utilizar para el desarrollo de agentes.

1.1 Fundamentación teórica

La Inteligencia Artificial (IA), es la capacidad o aptitud de una máquina o dispositivo para realizar funciones ligadas a la inteligencia humana, tales como razonar, descubrir significados, generalizar o aprender de la experiencia. El término se aplica, así mismo a la rama de la computación (interactuando con multitud de disciplina) que se ocupa de desarrollar máquinas dotadas de este tipo de capacidades (7). Dentro de ella se realiza el estudio y diseño de “agentes inteligentes”, los cuales son sistemas capaces de realizar las acciones correctas dependiendo de sus circunstancias y objetivos. También pueden cambiar en un momento dado el propio entorno, aprender de sus experiencias y responder o actuar tendiendo a maximizar un resultado esperado tal como puede hacer un ser humano. La naturaleza artificial de estos agentes inteligentes posibilita contar con las herramientas para la automatización de la toma de decisiones en la resolución de distintos problemas. (8)

Mediante los agentes inteligentes los servicios sanitarios podrían ser más eficientes y efectivos, pues atendiendo a sus características de inteligencia, interactividad y autonomía; mejoran la rapidez y calidad de atención en los servicios. Además, permite que las respuestas sean dadas en corto tiempo, la implantación de alertas y la ayuda en la toma de decisiones. Por tanto, la inteligencia artificial contribuye al desarrollo del sector sanitario. (8)

Existe una necesidad creciente en las organizaciones por la integración a sus sistemas informáticos, de la inteligencia artificial ligada al apoyo en la toma de decisiones. Esta se enfoca en el uso del conocimiento especializado y en la experiencia de las personas. Facilitar la toma de decisiones implica el desarrollo de sistemas inteligentes, los cuales proporcionan un manejo total y coordinado de las decisiones que se

toman en las tareas operacionales y corporativas dentro de un área determinada (9). Estos aspectos permiten una asistencia apropiada al médico en el momento de decidir lo que debe hacer. Su aplicación en la medicina es de gran provecho a los futuros profesionales durante su práctica, y en especial a quienes atienden el diagnóstico de enfermedades difíciles de identificar. (10)

Componente: se aplica al elemento que forma parte de una cosa o a la parte de una cosa que, junto con otras, la compone. (11)

Agenda médica: aplicación para el control, gestión y administración de las tareas necesarias que se producen en un centro de salud, como las consultas especializadas de un médico o equipo de doctores en consultorios y clínicas. (12)

Agente inteligente: entidad de software que recoge, filtra y procesa la información, realiza inferencias sobre dicha información e interactúa con el entorno sin necesidad de supervisión o control constante por parte de usuarios. (13)

Tres características fundamentales de los agentes inteligentes:

1. *Inteligencia:* el agente sabe razonar y aprende a partir de la información que recoge.
2. *Interactividad:* el agente puede interactuar con su entorno y otros agentes con el propósito de realizar una tarea.
3. *Autonomía:* el agente puede tomar decisiones de manera autónoma. (14)

1.2 Estado del arte

Partiendo de la búsqueda de sistemas informáticos que utilicen agentes inteligentes para el logro de sus objetivos, se encontraron diferentes aplicaciones que aunque no gestionen todos los procedimientos que se requieren en una institución sanitaria, sirven como punto de partida para comprender algunos de los procesos que se desean realizar.

1.2.1 Sistemas estudiados del ámbito internacional

- **Sistema multiagente para automatizar procesos de consenso en problemas de toma de decisión en grupo: COMAS**

Sistema español desarrollado en la Universidad de Jaén en el año 2010, con propósito de facilitar, guiar y automatizar procesos de búsqueda de consenso en problemas de Toma de Decisiones en Grupo (TDG), cada vez más frecuentes en la mayoría de las organizaciones, entornos sociales y empresariales. El sistema se compone de un conjunto de agentes inteligentes, cada uno de ellos con un rol y responsabilidades determinados, encargados de guiar, supervisar y controlar los procesos de consenso. (15)

Algunos de los agentes del sistema son:

Agente Moderador: asume el rol del moderador humano en el proceso de consenso, y es el principal responsable de garantizar un correcto desarrollo en dicho proceso de forma global. Existirá un agente moderador por cada problema que se esté abordando en un momento dado.

Agente Experto: representa a un experto humano en el sistema, actuando como tal de forma autónoma. El número de agentes expertos existentes en el sistema es variable, y depende del número de expertos que participen en el problema de TDG en un momento dado. (15)

➤ **Sistema inteligente para la radioterapia del cáncer de próstata**

Sistema español desarrollado en la Universidad Pablo de Olavide en el año 2012 con el objetivo de minimizar el impacto sobre las células sanas, optimizando a la vez el tratamiento con radioterapia. Este sistema funciona a dos niveles, por un lado, existe una capa que modela la planificación del tratamiento y en base a una serie de datos, traza la mejor vía para abordar el cáncer de próstata del paciente. Por otra parte, el sistema está dotado de una capa superior en la que se incluye la ejecución del tratamiento, y donde se calcula la dosis final óptima de radiación a aplicar. El sistema se basa en una técnica de inteligencia artificial, que permite el procesamiento de incertidumbre de significados múltiples en modelos dinámicos difusos. (16)

El sistema inteligente puede ser empleado por el médico para conseguir tratamientos más individualizados a cada paciente y a cada tipo de tumor. La técnica es susceptible para otros tipos de cáncer así como en su diagnóstico y otras enfermedades. También es aplicable a otros dominios como exploración espacial, o la selección de proveedores de una empresa. (17)

➤ **Sistema inteligente para la ayuda en la planificación de tratamientos en oncología pediátrica: OncoTheraper**

Es un sistema español creado en el año 2010 para la planificación de tratamientos en oncología pediátrica, que integra el producto IActive Intelligent Decisor (Decisor Inteligente Activo), componente inteligente basado en Tecnología Smart Process Management (Tecnología inteligente de gestión de procesos). Diseñado para la ayuda a la toma de decisiones, capaz de generar un plan de tratamiento para asistir a los pediatras oncólogos en el desempeño de tareas y toma de decisiones durante la planificación del tratamiento y seguimiento de un enfermo. (18)

Desde la perspectiva de utilización de los oncólogos, estos introducen en el sistema el objetivo perseguido, es decir, "tratamiento oncológico" y de acuerdo, a la base de conocimiento y proceso de razonamiento interactivo del producto IActive Intelligent Decisor, OncoTheraper genera un proceso o plan que será utilizado por el médico, como soporte a la hora de determinar finalmente el tratamiento a prescribir al paciente. (18)

Mediante la utilización de los agentes inteligentes para el desarrollo de este sistema se mejora la calidad asistencial reduciendo la carga de trabajo del pediatra oncólogo desplazando la toma de decisiones hacia un proceso de razonamiento automatizado. De esta forma puede dedicar más tiempo a la atención directa al paciente. Además incrementa la seguridad del mismo pues las decisiones propuestas por el sistema y aceptadas por el médico especialista estarán validadas automáticamente. (18)

El ciclo de funcionamiento de OncoTheraper es el siguiente:

- Se establece la situación inicial del paciente donde se describe el estado concreto del mismo, a través, de la información clínica. Mediante IActive Intelligent Decisor se lleva a cabo un proceso de búsqueda y razonamiento con la intención de encontrar el tratamiento adecuado.
- Del anterior paso se obtiene un tratamiento personalizado para el paciente. Dicho plan será, posteriormente, monitorizado con el objetivo de garantizar la ejecución de todo el tratamiento. (18)

1.2.2 Sistemas estudiados del ámbito nacional

➤ **Agentes inteligentes para el diagnóstico de patologías ginecológicas**

Sistema multiagente diseñado en el año 2007 en el Departamento de Ciencias de la Computación, Universidad Central de Las Villas para el diagnóstico de las patologías ginecológicas con el objetivo de agilizar y mejorar los procesos de apoyo a médicos jóvenes. El sistema se adaptó al modelo *Cooperative* el cual define la sociedad de agentes teniendo en cuenta 4 componentes fundamentales: agentes que la conforman, objetivos que puede cumplir cada uno de los agentes, necesidades de cada uno de los agentes y el facilitador de la sociedad. (19)

El *facilitador* necesita una definición formal de la sociedad:

- Agentes que la conforman: al menos un agente para diagnosticar cada patología. Es posible que un agente realice más de un diagnóstico.
- Objetivos que puede cumplir cada agente: es necesario especificar qué diagnósticos puede realizar.
- Necesidades de cada uno de los agentes: rasgos de entrada que necesita el agente para efectuar diagnósticos correctos, aclarando la estructura del rasgo. (19)

➤ **Agente semántico inteligente para la salud**

Sistema desarrollado en el año 2009 en la Universidad de las Ciencias Informáticas, su objetivo es la confección de un agente inteligente capaz de suministrar información actualizada referente a las aplicaciones del sector sanitario a sus usuarios.

El sistema se desarrolla utilizando un Sistema Experto (SE), modificando la arquitectura de tal forma que el agente pueda tener dos entradas, la primera para que un usuario interactúe usando el lenguaje natural y la segunda para que otros sistemas dentro de la red de Informática Médica (INFOMED) puedan incluir nuevo conocimiento al agente. (20)

Algunos de los componentes del sistema son:

- *Agente Externo*: cualquier sistema que se encuentre en la red INFOMED que interactúa con el agente mediante la capa intermediaria usando el protocolo SOAP.
- *Intermediario*: proceso concurrente que chequeará peticiones de los agentes externos.
- *Analizador (Sintáctico-Semántico)*: realiza las traducciones de ambas entradas para realizar las consultas en el agente.

- *Gestor de conocimiento*: es el encargado de ejecutar las consultas e insertar el nuevo conocimiento. Está integrada por un motor de inferencia, subsistema de adquisición del conocimiento, subsistema de explicación, base de hechos y base de conocimiento. (20)

➤ **Sistema para la planificación Quirúrgica Ortopédica en Caderas y Rodillas**

Sistema desarrollado en el departamento Software Médico Imagenológico (SWMI) de la Universidad de las Ciencias Informáticas en el año 2012. Es realizado con el objetivo de apoyar y agilizar la Planificación Quirúrgica Ortopédica (PQO) que se hace de forma manual. Cuenta con las áreas de caderas y rodillas, las mismas fueron priorizadas para la implementación, pues estas articulaciones están sometidas a un mayor deterioro debido a las enfermedades propias del desgaste fisiológico. (21)

El sistema permite manipular imágenes médicas a través de diferentes herramientas de procesamiento general. Soporta varias culturas y contiene distintas mediciones especializadas de rodillas y de caderas, así como la generación de reportes en diferentes formatos. (21)

1.3 Metodologías, herramientas y tecnologías

Para el desarrollo del sistema se expone el marco de trabajo definido en la arquitectura propuesta por el departamento TIE, para el desarrollo con agentes inteligentes.

1.3.1 Metodología MAS-CommonKADS

Metodología utilizada para mostrar cómo se sigue un proceso de desarrollo de software de sistemas de agentes inteligentes. Su enfoque principal es la construcción de sistemas inteligentes. Emplea siete modelos diferentes:

- Modelo de agente: especifica las características, como pueden ser las capacidades de razonamiento, habilidades o los servicios que provee y algunas cuestiones sobre jerarquía de agentes y grupos, lo que se tiene en cuenta en el modelo de organización.
- Modelo de tareas: describe todo aquello que el agente puede realizar, sus metas y los métodos que utiliza para la resolución de problemas.
- Modelo de experiencia: describe el conocimiento que necesitan los agentes para alcanzar sus objetivos.

- Modelo de organización: describe la organización social donde cada agente es introducido, la estructura jerárquica y cuestiones similares. Éste se complementa con los modelos de coordinación y comunicación.
- Modelo de coordinación: describe los protocolos, interacciones y capacidades que permiten a los agentes entablar conversaciones.
- Modelo de comunicación: se centra en las interacciones hombre-agente y el desarrollo de interfaces de usuario.
- Modelo de diseño: recoge los resultados de los anteriores y se divide a su vez en tres sub-modelos: el diseño de red para los aspectos relevantes de la infraestructura; el diseño de agente para dividir o componer agentes del análisis de acuerdo a criterios prácticos, seleccionando la arquitectura más adecuada a cada uno de ellos y el diseño de plataforma para seleccionar la plataforma de desarrollo de agentes para cada arquitectura.

MAS-CommonKADS plantea la integración de agentes con un modelo de ciclo de vida de software, siguiendo las siguientes fases:

- Conceptuación: tarea de extracción o adquisición de conocimiento para obtener una primera descripción del problema y la determinación de los casos de uso que pueden ayudar a entender los requisitos informales y a probar el sistema.
- Análisis: determinación de los requisitos del sistema partiendo del enunciado del problema. Durante esta fase se desarrollan los siguientes modelos: organización, tareas, agente, comunicación, coordinación y experiencia.
- Diseño: determinación de cómo los requisitos de la fase de análisis pueden ser logrados mediante el desarrollo del modelo de diseño. Se determinan las arquitecturas tanto de la red multiagente como de cada agente.
- Codificación y prueba de cada agente.
- Integración: el sistema completo es probado.
- Operación y mantenimiento. (22)

1.3.2 AgentUML

Es un lenguaje de modelado orientado a agentes basado en el Lenguaje de Modelado Unificado (UML, por sus siglas en inglés). Provee algunos tipos de representación que cubren la descripción del sistema, los componentes, la dinámica y el desarrollo. (23)

Como los objetos y los agentes difieren en muchos puntos, los diagramas UML deben ser modificados para describirlos. AUML surge con el fin de representar los agentes, sus comportamientos e interacciones. Para una mayor comprensión de por qué es necesario este lenguaje y no UML se realizará la comparación agente y objeto:

Autonomía:

- Objetos: reciben invocaciones de métodos. No controla cuándo se ejecutan.
- Agentes: reciben peticiones que puede o no realizar.

Flexibilidad:

- Objetos: no interactúan directamente con el entorno, sino a través de un usuario, dan respuestas y normalmente carecen de habilidades sociales (cooperación).
- Agentes: tienen su propio hilo de control, pueden actuar directamente con el entorno, se comunican con otros agentes y son capaces de buscar servicios que otros agentes implementen para utilizarlos.

(24)

Además se utilizan las notaciones de UML para la confección de los diagramas realizados. UML es un lenguaje de modelado diseñado para visualizar, especificar, construir y documentar software orientado a objeto. (25)

1.3.3 Enterprise Architect 7.1

Herramienta que aborda el diseño y análisis UML y cubre el desarrollo de software desde la captura de requerimientos a lo largo de las etapas de análisis, diseño, prueba y mantenimiento. Es multiusuario, diseñada para ayudar a construir software robusto y fácil de mantener. Además, permite generar documentación e informes flexibles y de alta calidad. Se utiliza para modelar los agentes siguiendo las pautas de AUML y utilizando las notaciones que establece UML permitiendo una representación más entendible de los agentes, sus comportamientos e interacciones. Además se utiliza para el modelado de los diagramas confeccionados. (26)

1.3.4 Java Agent Development Framework 4.1

Java Agent Development Framework (JADE, por sus siglas en inglés), es un entorno de desarrollo de agentes que soporta las especificaciones FIPA y es la plataforma de código abierto líder en la implementación de sistemas multiagente. Está completamente escrito utilizando el lenguaje de programación java. Se utiliza para la implementación del componente porque proporciona una plataforma de agentes que posibilita la comunicación e interacción. (27)

En JADE un sistema de agentes se comunica intercambiando mensajes que representan los actos de habla (speech act). Cada mensaje está estructurado como una tupla de pares clave-valor y está escrito en un lenguaje de comunicación entre agentes, llamado FIPA ACL.

Algunas de sus ventajas son:

- Es una plataforma probada y sobre la cual se han desarrollado aplicaciones.
- Se tiene un contenedor principal que es donde reside el Sistema Multiagente (AMS), con la flexibilidad de tenerlos en forma de clúster para así dar una plataforma que es tolerable a fallos. (28)

1.3.5 Drools Expert 5.4.0

Motor de inferencia de código abierto desarrollado en java, cumple con la Especificación de Solicitudes Java. Posee mejor integración con objetos por lo que los hechos pueden ser representados como: objetos comunes java o archivos de Lenguaje de Marcas Extensible (XML, por sus siglas en inglés). Al trabajar con reglas, ayuda a mantener la lógica separada del código de la aplicación, estas pueden ser modificadas por personas que no necesitan ser desarrolladores. Otra ventaja importante es que la lógica no se dispersa alrededor de todo el código, sino que está centralizada en un punto, donde puede ser analizada y validada.

Drools, trabaja con la estrategia de encadenamiento hacia delante, esto es un método de razonamiento utilizando inferencia y se basa en datos para inferir otros hasta alcanzar una meta. Las reglas se disparan en consecuencia de cambios realizados sobre la memoria de trabajo. Se utiliza para el trabajo con reglas que son la base de conocimiento de los agentes. (29)

1.3.6 Eclipse 3.6.0

Entorno de Desarrollo (IDE, por sus siglas en inglés), utilizado para la implementación de aplicaciones web. Posibilita el desarrollo de sistemas de agentes inteligentes mediante su integración con el framework

JADE (30). Eclipse cuenta con una gran comunidad de usuarios y por ello tiene creado muchísimos plugins los cuales lo convierten en un IDE extremadamente potente. (31)

La arquitectura de plugins de Eclipse permite, además de integrar diversos lenguajes sobre un mismo IDE, introducir otras aplicaciones accesorias que pueden resultar útiles durante el proceso de desarrollo como: los editores visuales de interfaces y ayuda en línea para librerías. (32)

1.3.7 PostgreSQL 9.1

Sistema gestor de base de datos distribuido bajo licencia BSD (Distribución de Software de Berkley). Utiliza el modelo cliente/servidor y usa multiprocesos en vez de multihilos para garantizar la estabilidad del sistema. Un fallo en uno de los procesos no afectará el resto y el sistema continuará funcionando. Sus principales características son: estabilidad, potencia, robustez y facilidad de administración. Funciona bien con grandes cantidades de datos y una alta concurrencia de usuarios. (33)

Permite métodos de almacenado, restricciones de integridad y vistas. PostgreSQL aproxima los datos a un modelo objeto-relacional y es capaz de manejar complejas rutinas y reglas. Ejemplos de su avanzada funcionalidad son consultas SQL declarativas, control de concurrencia multi-versión, soporte multi-usuario, transacciones, optimización de consultas, herencia y arreglos. (33)

1.3.8 JBoos 4.2.2

Servidor de aplicaciones Enterprise Edition (J2EE, por sus siglas en inglés) implementado en java. Es el primer servidor de aplicaciones de código abierto, preparado para la producción y certificado J2EE1.4, disponible en el mercado, ofreciendo una plataforma de alto rendimiento para aplicaciones de e-business. Combinando una arquitectura orientada a servicios revolucionaria con una licencia de código abierto. Por este motivo es la plataforma más popular de middleware para desarrolladores, vendedores independientes de software y, también, para grandes empresas. Una ventaja fundamental es la centralización y la disminución de la complejidad en el desarrollo de la aplicación. (34)

1.3.9 JBoos Seam 2.1.1

JBoss Seam es un framework desarrollado por JBoss, que tiene como objetivo facilitar el desarrollo de aplicaciones sobre todo aplicaciones web. Seam es una potente plataforma de desarrollo de código abierto. Integra tecnologías como XML (AJAX), Java Server Faces (JSF) y Java Persistence (JPA). (35)

Seam ha sido diseñado desde cero para eliminar la complejidad a nivel de arquitectura. Permite a los desarrolladores ensamblar aplicaciones web complejas con clases java anotadas, un rico conjunto de componentes de interfaz de usuario, y muy poco de XML. Puede introducir una experiencia de usuario más sofisticada y, al mismo tiempo, elimina los errores comunes que se encuentran en las aplicaciones web tradicionales. (35)

Es un proyecto de código abierto y aunque cuenta con el respaldo de JBoss, su funcionamiento no está ligado al servidor de aplicaciones de este. El desarrollo de Seam, utilizando JSF y EJB que son las tecnologías con soporte, es muy ágil y de esta forma reduce el nivel de configuración necesario para la integración y aprovecha al máximo las ventajas de cada una de las tecnologías haciendo al proyecto más estable, legible, predecible y mantenible. (36)

- ❖ En el presente capítulo se realizó un estudio sobre los sistemas de planificación que utilizan agentes inteligentes existentes tanto a nivel internacional como nacional. Algunos de estos sistemas se enfocan principalmente en un área especializada de la salud y otros en un proceso determinado de la misma, además de ser privativos lo cual no permite que podamos usarlos. Por estos motivos no cumplen con los objetivos de la investigación, pero sirvieron de apoyo para conocer las funciones de los agentes inteligentes en un determinado proceso vinculado a la salud. También se muestran sistemas que se basan en la planificación destinada a la medicina, estos aunque no utilicen agentes inteligentes son válidos para entender cómo se planifica un determinado proceso. Además, se enumeraron y describieron las tecnologías escogidas para el desarrollo del componente.

Capítulo 2: Características de la solución propuesta.

En el presente capítulo, se describen las características de la solución propuesta para el apoyo a la toma de decisiones en la planificación de las actividades que se realizan en la Agenda Médica, utilizando agentes inteligentes. Se describen las fases de Conceptuación y Análisis de la metodología de desarrollo de software para la construcción de sistemas inteligentes MAS-CommonKADS.

2.1 Fase de Conceptuación

El módulo Agenda Médica del sistema xavia HIS, lleva a cabo la planificación y visualización de las tareas que realiza el personal médico de un centro en áreas determinadas. Este presenta algunas ineficiencias provocadas fundamentalmente por el factor humano. Por ello, se propone desarrollar un componente para el apoyo a la toma de decisiones, utilizando agentes inteligentes que permita automatizar la planificación de las áreas que el módulo de Agenda Médica implementa: Consulta externa, Distribución de enfermeras por servicios, Guardia médica e Intervención quirúrgica. El componente debe ser capaz de:

- Planificar consulta externa.
- Planificar guardia médica.
- Planificar distribución de enfermeras por servicios.
- Planificar intervención quirúrgica.

El módulo Agenda Médica presenta un funcionamiento inadecuado de las afectaciones y para ello, en el componente se establece un agente Gestor de Afectaciones (*G_A*). Este recoge todas las afectaciones existentes en el hospital y las que surgen previamente, garantizando un control adecuado de las mismas. Por ejemplo, si algún médico falta sin estar previsto, el componente brinda la opción de introducir la afectación y luego te muestra una propuesta por la que puede ser sustituida. Todos los agentes deben consultar al *G_A* a la hora de planificar sus actividades garantizando una correcta planificación.

Existe un agente para cada área que se planifica, esto garantiza que los errores sean poco frecuentes. Mediante estos agentes la planificación de las actividades de cada una de las áreas, dependerá lo menos posible del factor humano lográndose un resultado en corto plazo.

2.2 Fase de análisis

En la fase de análisis según la metodología orientada agente MAS-CommonKADS, se determinan los requisitos del sistema partiendo del enunciado del problema y se desarrollan los siguientes modelos: organización, tarea, agente, comunicación, coordinación y experiencia.

2.2.1 Requerimientos funcionales

Los requisitos funcionales describen la conducta funcional del sistema, las habilidades y el papel que desarrollan en la organización. Son una técnica aplicable en las áreas del modelado de procesos de negocios o reingeniería de procesos de negocios. (37)

Requisitos Funcionales
RF1 Buscar equipo quirúrgico
RF2 Obtener datos para crear intervención quirúrgica
RF3 Buscar quirófano
RF4 Obtener listado de equipos quirúrgicos
RF5 Obtener listado de quirófanos
RF6 Buscar enfermera
RF7 Buscar médico
RF8 Obtener datos para crear la consulta externa
RF9 Obtener listado de enfermeras
RF10 Obtener listado de médicos
RF11 Insertar afectación
RF12 Obtener listado de afectaciones
RF13 Actualizar listado de afectaciones
RF14 Obtener datos para crear la guardia médica
RF15 Obtener datos para distribuir enfermeras por servicios

Tabla 1. Requerimientos funcionales

A continuación se representa la relación que existe entre los requisitos funcionales y para ello se establecen los siguientes términos: Incluye (I), No están relacionados (en blanco), Esta incluido (EI).

	RF1	RF2	RF3	RF4	RF5	RF6	RF7	RF8	RF9	RF10	RF11	RF12	RF13	RF14	RF15
RF1		I		I		I	I		I	I					
RF2	EI		EI												
RF3		I			I										
RF4	EI														
RF5			EI												
RF6	EI							I	I			I			I
RF7	EI	I						I		I		I		I	
RF8						EI	EI								
RF9	EI					EI									
RF10	EI						EI								
RF11															
RF12						EI	EI								
RF13															
RF14							EI								
RF15						EI									

Tabla 2. Relación entre requisitos funcionales

2.2.2 Requerimientos no funcionales

Los requisitos no funcionales son los que definen las restricciones para que una implementación sea aceptable. (37)

Usabilidad

El componente propuesto podrá ser usado por sistemas que sean compatibles con las herramientas y tecnologías usadas. Además las características deben ser similares a las del módulo Agenda Médica del sistema xavia HIS.

Rendimiento

El componente debe ser rápido en el momento de procesar la información y dar respuesta a las peticiones de los sistemas, para ello contará con un tiempo promedio de 2.5 a 5 segundos. La eficiencia del producto estará determinada en gran medida por el aprovechamiento de los recursos que se disponen en el modelo Cliente/Servidor, y la velocidad de las consultas en la base de datos.

Software

Para el funcionamiento del componente, se propone que este sea desplegado junto con el sistema al que sea integrado en una PC servidor. Esta debe contar con una máquina virtual de Java, el Framework JADE

4.1, el motor de inferencias Drools Expert 5.4.0 y un servidor de base de datos que utilizará PostgreSQL 9.1.

Soporte

Para garantizar el soporte del componente se prestarán servicios de instalación, configuración y mantenimiento en todos los hospitales y centros donde se despliegue.

2.2.3 Descripción de los modelos de la metodología MAS-CommonKADS

Modelo de Agente (AM)

➤ Planificador de Quirófano

Tiene como característica la planificación de las actividades del quirófano y se relaciona con todos los agentes del sistema. Dentro de las capacidades de razonamiento que este posee se encuentran: buscar quirófano disponible, buscar equipo médico disponible según la especialidad de la cirugía, debe tener una lista del personal que labora en el quirófano y una lista de los pacientes que se operan por día y de qué tipo es la cirugía. Luego de tener estos razonamientos se podrá conformar la cirugía.

➤ Planificador de Enfermeras por servicios

Tiene como característica la planificación de los horarios de las enfermeras. Dentro de las capacidades de razonamiento están: obtener una lista de las enfermeras disponibles por áreas de trabajo y obtener un listado de los servicios que existen en el hospital. Después de haber razonado estos aspectos se podrá conformar la distribución de enfermeras por servicios.

➤ Planificador de Guardia Médica

Tiene como característica la planificación de la guardia médica del hospital. Dentro de sus capacidades de razonamiento tiene: una lista de médicos ordenada por la cantidad de guardias realizadas, la fecha de inicio, fecha fin y el servicio que brinda cada médico de guardia. Después de analizar estos datos se podrá conformar la guardia médica.

➤ Planificador de Consultas Externas

Tiene como característica la planificación de todas las consultas en las diferentes áreas especializadas de una institución hospitalaria y la interacción con todos los agentes del sistema. Dentro de sus capacidades de razonamiento debe estar: buscar médico disponible según la especialidad de la consulta y buscar

enfermera disponible. Luego de esto queda conformada la consulta externa de una especialidad determinada.

➤ **Gestor de Afectaciones**

Tiene como característica principal recoger todas las afectaciones de cada una de las áreas y guardarlas en una lista para luego brindársela a cada uno de los agentes en el momento en que realizan la planificación. Dentro de sus capacidades de razonamiento debe estar: conformar la lista de afectaciones y responder la solicitud de un agente devolviendo las afectaciones existentes y las que se vayan incluyendo.

➤ **Planificador**

Tiene como característica principal atender las solicitudes de planificación del módulo Agenda Médica y enviarlas al agente específico según corresponda. Dentro de sus capacidades de razonamiento debe estar: conformar una lista de solicitudes, verificar el identificador del agente al cual debe enviar la solicitud y devolver al sistema la planificación realizada por el agente.

Modelo de Organización (OM)

La organización humana en que el sistema va a ser introducido es un hospital o cualquier centro de atención médica.

➤ **Planificador de Quirófano**

Este agente se relaciona con el agente Planificador de Enfermeras por servicios, Planificador de Guardia Médica, Planificador de Consulta Externa, Gestor de Afectaciones y con el agente Planificador. El encargado de llevar a cabo esta planificación es el Planificador.

➤ **Planificador de Enfermeras por servicios**

Este agente se relaciona con el agente Planificador de Guardia Médica, Planificador de Consulta Externa, Planificador de Quirófano, Gestor de Afectaciones y con el agente Planificador. El encargado de llevar a cabo esta planificación es el Planificador.

➤ **Planificador de Guardia Médica**

Este agente se relaciona con el agente Planificador de Enfermeras por servicios, Planificador de Consulta Externa, Planificador de Quirófano, Gestor de Afectaciones y con el agente Planificador. El encargado de llevar a cabo esta planificación es el Planificador.

➤ Planificador de Consulta Externa

Este agente se relaciona con el agente Planificador de Enfermeras por servicios, Planificador de Guardia Médica, Planificador de Quirófano, Gestor de Afectaciones y con el agente Planificador. El encargado de llevar a cabo esta planificación es el Planificador.

➤ Gestor de Afectaciones

Este agente se relaciona con el agente Planificador de Enfermeras por servicios, Planificador de Guardia Médica, Planificador de Quirófano, Planificador de Consulta Externa y con el agente Planificador. El encargado de llevar a cabo esta planificación es el Planificador.

➤ Planificador

Este agente se relaciona con agente Planificador de Enfermeras por servicios, Planificador de Guardia Médica, Planificador de Quirófano, Planificador de Consulta Externa y con el agente Gestor de Afectaciones. Es el encargado de llevar a cabo las planificaciones.

Modelo de Tareas (TM)

Las tareas de los agentes están enfocadas a satisfacer los requisitos funcionales utilizados para el desarrollo del componente.

➤ Planificador de Quirófano

- Obtener los datos correspondientes para planificar la actividad (especialidad, fecha, hora de inicio y cantidad de pacientes)
- Determinar equipo de médicos disponibles según la especialidad de la cirugía.
- Determinar quirófano disponible según la especialidad de la cirugía.
- Planificar la actividad quirúrgica teniendo en cuenta los datos correspondientes.
- Re-planificar el plan quirúrgico en caso de alguna afectación o rechazo.

➤ Planificador de Enfermeras por servicios

- Obtener fecha de inicio y fin del servicio.

- Obtener listado de enfermeras disponibles por áreas.
 - Asignarlas enfermeras a los servicios según el área a la que pertenezcan.
 - Planificar la distribución de las enfermeras por servicios.
 - Re-planificar la asignación de las enfermeras en caso de alguna afectación o rechazo.
- Planificador de la Guardia Médica.
- Obtener fecha de inicio y fin del servicio.
 - Obtener listado de médicos disponibles con los servicios que brindan.
 - Planificar la guardia médica.
 - Re-planificar la guardia médica en caso de alguna afectación o rechazo.
- Planificador de la Consulta Externa
- Obtener los datos correspondientes para planificar la consulta (especialidad, fecha, hora de inicio, hora fin y cantidad de pacientes).
 - Buscar médico disponible según la especialidad de la consulta.
 - Buscar enfermera disponible.
 - Planificar la consulta externa.
 - Re-planificar en caso de afectaciones o rechazo.
- Gestor de Afectaciones
- Obtener las afectaciones introducidas.
 - Conformar la lista con todas las afectaciones existentes.
 - Responder ante una solicitud de cualquier agente, devolviendo la lista de afectaciones.
 - Enviar a los agentes nuevas afectaciones que sean introducidas.
 - Actualizar la lista de afectaciones.
- Planificador
- Obtener las solicitudes del módulo Agenda Médica con los datos correspondientes al servicio que desea obtener.
 - Solicitar al agente Facilitador de Directorio el listado con los identificadores de los agentes específicos según el servicio que brindan.
 - Enviar la solicitud al agente específico correspondiente.

- Obtener la planificación realizada.
- Responder la solicitud del sistema, devolviendo la planificación realizada.

Modelo de Experiencia (EM):

Para que los agentes (Planificador de Quirófano, Planificador de Enfermeras por servicios, Planificador de Guardia Médica, Planificador de la Consulta Externa) alcancen sus objetivos y adquieran experiencia primero deben conocer los datos necesarios para realizar una determinada planificación. Luego de tener todos los datos, el agente planifica un servicio determinado y el usuario puede aceptar o no dicha planificación. Si la planificación no es aceptada debe especificarse el motivo, por ejemplo:

Planificador de Quirófano

La planificación puede ser rechazada por los siguientes aspectos:

- El quirófano no es el adecuado porque
 - No está apto para este tipo de cirugía.
 - Tiene afectaciones.
- El equipo quirúrgico no es el adecuado porque
 - Falta un integrante.
 - No se corresponde con la cirugía.

Planificador de Consulta Externa

La planificación puede ser rechazada por los siguientes aspectos:

- La enfermera no es la adecuada porque
 - Ese día le corresponde otra consulta.
 - Tiene afectaciones para ese día.
- El médico propuesto no es el adecuado porque
 - No se corresponde con la especialidad de la consulta.
 - Tiene otra tarea para ese día.

Planificador de Guardia Médica

La planificación puede ser rechazada por los siguientes aspectos:

- El médico propuesto no es el adecuado porque

- Ya le tocó una vez en esa fecha.
- No puede comenzar en el horario propuesto.

Planificador de Enfermeras por servicios

La planificación puede ser rechazada por los siguientes aspectos:

- La enfermera propuesta no es la adecuada porque
 - Para esa fecha tendrá afectaciones.
 - No se corresponde con área.

Una vez conocidas las causas del rechazo de una planificación, el agente obtendrá la experiencia necesaria para realizar una mejor propuesta en un evento futuro. En otras palabras el agente puede incluir nuevas reglas en su base de conocimientos y validarlas para obtener mejores resultados. Por ejemplo en el caso que se rechace una planificación de quirófano y que la causa sea “*No está apto para este tipo de cirugía*” el agente puede determinar la necesidad de clasificar los quirófanos según el tipo de cirugía que se realiza en este y de esta forma analizar este aspecto a la hora de realizar una nueva proposición. Otro mecanismo para que los agentes puedan adquirir nuevos conocimientos es analizando las planificaciones que se hayan realizado y que fueron aceptadas. Además de brindar la posibilidad de que un experto en el tema pueda insertar nuevas reglas al negocio para que sean analizadas.

Modelo de Comunicación (CM):

El módulo Agenda Médica se relaciona con el agente Planificador realizando una petición. Para que el agente pueda responder la solicitud, el sistema debe suministrarle la información necesaria en dependencia del tipo de servicio que desea obtener. El agente Planificador se relaciona con el resto de los agentes (Planificador de Enfermeras por servicios, Planificador de Consultas Externas, Planificador de Guardia Médica y Planificador de Quirófano), para responder a la solicitud del módulo Agenda Médica devolviendo el servicio solicitado. Para que los agentes puedan llevar a cabo su planificación tienen que relacionarse entre ellos y además con el agente Gestor de Afectaciones. El agente Planificador debe relacionarse además con el Facilitador de Directorio, este brinda los identificadores de cada agente específico.

Modelo de Coordinación (CM):

➤ Planificador de Quirófano

Este agente interactúa con el Planificador el cual realiza la petición de planificación y luego se la muestra al usuario. Consulta al agente Gestor de Afectaciones para verificar si existe alguna afectación con el equipo quirúrgico o con el quirófano. También se comunica con el Facilitador de Directorio el cual le brinda los servicios disponibles que realiza cada agente. Además con el Sistema de Gestión de Agente mediante el cual se registra para obtener un identificador válido. Toda esta secuencia se realiza mediante el Lenguaje de Comunicación de Agentes (ACL).

➤ Planificador de Enfermeras por servicios

Este interactúa con el Planificador el cual realiza la petición de planificación y luego se la muestra al usuario. Consulta al agente Gestor de Afectaciones para verificar si existe alguna afectación con las enfermeras. También se comunica con el Facilitador de Directorio el cual le brinda los servicios disponibles que realiza cada agente. Además con el Sistema de Gestión de Agente mediante el cual se registra para obtener un identificador válido. Toda esta secuencia se realiza mediante el Lenguaje de Comunicación de Agentes.

➤ Planificador de Guardia Médica

Este interactúa con el Planificador el cual realiza la petición de planificación y luego se la muestra al usuario. Consulta al agente Gestor de Afectaciones para verificar si existe alguna afectación con los médicos. También se comunica con el Facilitador de Directorio el cual le brinda los servicios disponibles que realiza cada agente. Además con el Sistema de Gestión de Agente mediante el cual se registra para obtener un identificador válido. Toda esta secuencia se realiza mediante el Lenguaje de Comunicación de Agentes.

➤ Planificador de Consulta Externa

Este interactúa con el Planificador el cual realiza la petición de planificación y luego se la muestra al usuario. Consulta al agente Gestor de Afectaciones para verificar si existe alguna afectación con las enfermeras o los médicos. También se comunica con el Facilitador de Directorio el cual le brinda los servicios disponibles que realiza cada agente. Además con el Sistema de Gestión de Agente mediante el cual se registra para obtener un identificador válido. Toda esta secuencia se realiza mediante el Lenguaje de Comunicación de Agentes.

➤ Gestor de Afectaciones

Este interactúa con los agentes específicos y por solicitud de ellos éste le envía la lista de afectaciones existentes, además notifica al resto de los agentes cada vez que ocurra algún cambio en las afectaciones. También se comunica con el Facilitador de Directorio el cual le brinda los servicios disponibles que realiza cada agente. Además con el Sistema de Gestión de Agente mediante el cual se registra para obtener un identificador válido. Toda esta secuencia se realiza mediante el Lenguaje de Comunicación de Agentes.

➤ Planificador

Este interactúa con todos los agentes y además con la interfaz de interoperabilidad, mediante esta recibe las peticiones del usuario y le muestra los resultados. También se comunica con el Facilitador de Directorio el cual le brinda los servicios disponibles que realiza cada agente. Además con el Sistema de Gestión de Agente mediante el cual se registra para obtener un identificador válido. Toda esta secuencia se realiza mediante el Lenguaje de Comunicación de Agentes.

2.2.4 Actor del componente

Un actor es un usuario del sistema que representa a las entidades externas al componente. (37)

Actor	Descripción
Módulo de Agenda Médica	Usuario encargado de consumir y desencadenar todas las funcionalidades del componente.

Tabla 3. Actor del componente

2.2.5 Casos de uso

Un caso de uso describe las posibles interacciones o usos de un usuario con el sistema. Pueden combinarse, indicando que un caso de uso extiende a otro o usa un caso previo. (37)

Casos de Uso
CU1 Planificar intervención quirúrgica
CU2 Proponer equipo quirúrgico
CU3 Proponer quirófano disponible

CU4 Planificar guardia médica
CU5 Planificar consulta externa
CU6 Proponer médico disponible
CU7 Proponer enfermera disponible
CU8 Planificar enfermeras por paciente

Tabla 4. Casos de uso

2.2.6 Diagrama de casos de uso

Para un mejor entendimiento de la relación existente entre el actor y los casos de uso, se muestra la figura siguiente. Para su confección se utilizaron las notaciones que propone UML.

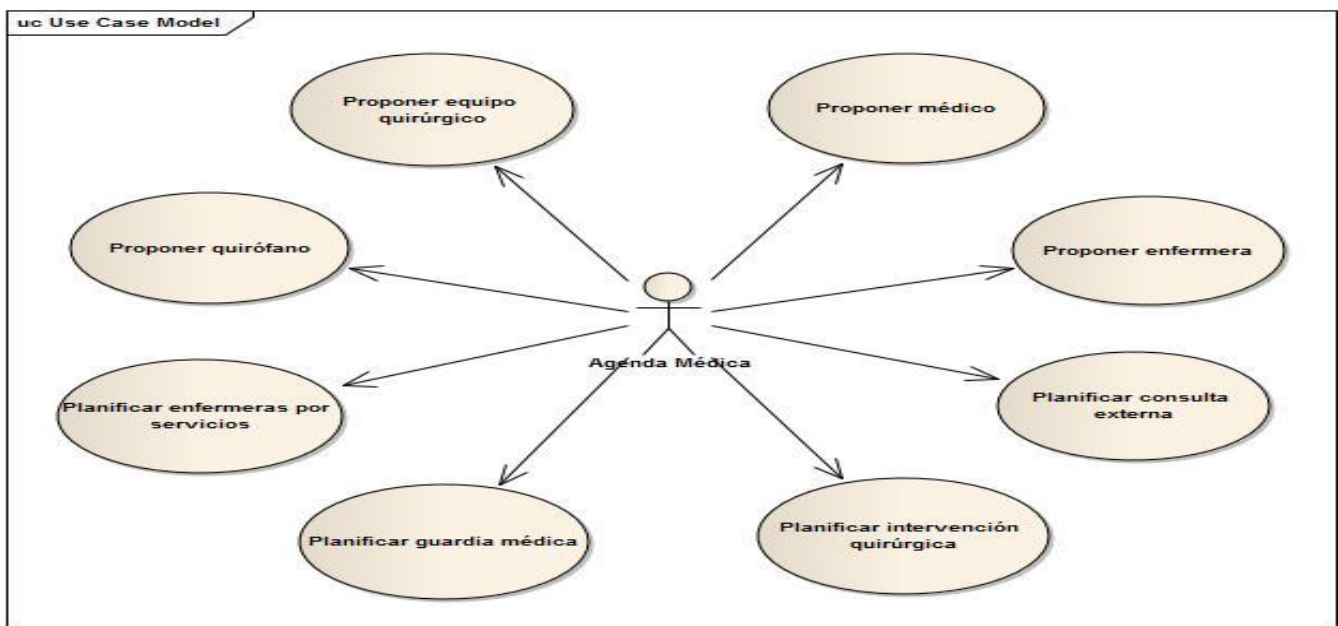


Figura 1. Diagrama de casos de uso.

2.2.7 Descripción de casos de uso

A continuación, se presenta la descripción de los casos de usos más críticos para el desarrollo del componente. Mediante estos es posible realizar la planificación de cada una de las áreas que se implementan, haciendo uso de los requisitos funcionales establecidos.

Caso de Uso:	Planificar intervención quirúrgica	
Actor:	Módulo Agenda Médica	
Resumen:	El caso de uso inicia cuando el actor realiza la petición de Planificar Intervención quirúrgica, el sistema obtiene los datos necesarios para planificar la cirugía, la planifica, la muestra y el caso de uso termina.	
Precondiciones:	Debe verificar si existe alguna afectación.	
Referencias	RF1, RF2, RF3, RF4, RF5, RF6, RF7, RF9, RF10,RF12	
Descripción	Actor	Sistema
1	Realiza la petición de planificar intervención quirúrgica y para ello brinda los datos correspondientes (hora de inicio, fecha, especialidad de la cirugía y cantidad de pacientes).	
2		Obtiene los datos correspondientes para planificar la cirugía: (listado de equipos quirúrgicos y listado de quirófanos, listado de afectaciones).
3		Teniendo en cuenta los datos correspondientes y las reglas definidas, planifica la intervención quirúrgica.
4	Acepta la propuesta y termina el caso de uso.	
Excepciones	4- Evento: No acepta la propuesta	

	Actor	Sistema
		Re-planifica la intervención quirúrgica.
Postcondiciones	"Queda creada una intervención quirúrgica en la fecha y con las características correspondientes."	

Tabla 5. Descripción textual CU planificar intervención quirúrgica.

Caso de Uso:	Planificar consulta externa	
Actor:	Módulo Agenda Médica	
Resumen:	El caso de uso inicia cuando el actor realiza la petición de planificar consulta externa, el sistema obtiene los datos necesarios para planificar la consulta, la planifica, la muestra y el caso de uso termina.	
Precondiciones:	Debe verificar si existe alguna afectación.	
Referencias	RF6, RF7, RF8, RF9, RF10, RF12	
Descripción	Actor	Sistema
1	Realiza la petición de planificar consulta externa y para ellos brinda los datos correspondientes (especialidad, hora de inicio, hora fin, fecha y cantidad de pacientes).	
2		Obtiene los datos correspondientes para planificar la consulta: listado de enfermeras y listado de médicos, listado de afectaciones).
3		Teniendo en cuenta los datos

		correspondientes y las reglas definidas, planifica la consulta externa.
4	Acepta la propuesta y termina el caso de uso.	
Excepciones	4- Evento: No acepta la propuesta	
	Actor	Sistema
		Re-planifica la consulta externa.
Postcondiciones	"Queda creada la planificación de consulta externa con las características correspondientes."	

Tabla 6. Descripción textual CU planificar consulta externa.

Caso de Uso:	Planificar guardia médica	
Actor:	Módulo Agenda Médica	
Resumen:	El caso de uso inicia cuando el actor realiza la petición de planificar guardia médica, el sistema obtiene los datos necesarios para planificar la guardia, la planifica, la muestra y el caso de uso termina.	
Precondiciones:	Debe verificar si existe alguna afectación.	
Referencias	RF7, RF10, RF12, RF14	
Descripción	Actor	Sistema
1	Realiza la petición de planificar guardia médica y para ellos brinda los datos correspondientes (fecha de inicio y fecha fin).	
2		Obtiene los datos correspondientes para planificar la guardia: (listado de médicos y listado de afectaciones).

3		Teniendo en cuenta los datos correspondientes y las reglas definidas, planifica la guardia médica.
4	Acepta la propuesta y termina el caso de uso.	
Excepciones	4- Evento: No acepta la propuesta	
	Actor	Sistema
		Re-planifica la guardia médica.
Postcondiciones	"Queda creada la planificación de guardia médica con las características correspondientes."	

Tabla 7. Descripción textual CU planificar guardia médica.

Caso de Uso:	Planificar distribución de enfermeras por servicios	
Actor:	Módulo Agenda Médica	
Resumen:	El caso de uso inicia cuando el actor realiza la petición de planificar la distribución de enfermeras por servicios, el sistema obtiene los datos necesarios para planificar la distribución, la planifica, la muestra y el caso de uso termina.	
Precondiciones:	Debe verificar si existe alguna afectación.	
Referencias	RF6, RF9, RF12, RF15	
Descripción	Actor	Sistema
1	Realiza la petición de planificarla distribución de enfermeras por servicios y para ellos brinda los datos correspondientes (fecha de inicio y fecha fin).	
2		Obtiene los datos correspondientes para planificar

		la distribución: (listado de enfermeras y listado de afectaciones).
3		Teniendo en cuenta los datos correspondientes y las reglas definidas, planifica la distribución de enfermeras por servicios.
4	Acepta la propuesta y termina el caso de uso.	
Excepciones	4- Evento: No acepta la propuesta	
	Actor	Sistema
		Re-planifica la distribución de enfermeras por servicios.
Postcondiciones	"Queda creada la planificación de la distribución de enfermeras por servicios con las características correspondientes."	

Tabla 8. Descripción textual CU planificar la distribución de enfermeras por servicios.

Anteriormente se describieron los CU más significativos para el desarrollo del componente. A continuación se realiza una breve descripción del resto de los casos de uso utilizados, los cuales se encuentran representados en los anexos:

- Proponer equipo quirúrgico: este caso de uso es el que se encarga de proponer un equipo quirúrgico disponible para realizar una cirugía. Para ello debe obtener la fecha en que se va a realizar, la especialidad, el tipo de cirugía, el listado de médicos anesestesiólogos, el listado de médicos cirujanos y el listado de afectaciones. Luego teniendo en cuenta las reglas y los requerimientos definidos, propone un resultado el cual puede ser aceptado o rechazado.
- Proponer quirófano disponible: este caso de uso es el que se encarga de proponer un quirófano disponible para realizar una cirugía. Para ello debe obtener la especialidad de la cirugía y el listado de quirófanos disponibles. Luego teniendo en cuenta las reglas y los requerimientos definidos, propone un resultado el cual puede ser aceptado o rechazado.

- Proponer médico disponible: este caso de uso es el que se encarga de proponer un médico disponible para realizar una consulta externa. Para ello debe obtener la especialidad de la consulta y la fecha, el listado de médicos que pertenecen a la especialidad de la consulta y el listado de afectaciones. Luego teniendo en cuenta las reglas y los requerimientos definidos, propone un resultado el cual puede ser aceptado o rechazado.
 - Proponer enfermera disponible: este caso de uso es el que se encarga de proponer una enfermera disponible para realizar una actividad deseada. Para ello debe obtener la fecha del servicio, el listado de enfermeras y el listado de afectaciones. Luego teniendo en cuenta las reglas y los requerimientos definidos, propone un resultado el cual puede ser aceptado o rechazado.
- ❖ En el desarrollo de este capítulo se realizó una descripción detallada del problema existente y la solución propuesta. También se describieron, a través de términos de requisitos funcionales y no funcionales, las características del componente. Se identificó el actor y los casos de uso, los cuales fueron descritos y modelados gráficamente. Este capítulo constituye un elemento fundamental para el desarrollo exitoso de las siguientes fases de la metodología MAS-CommonKADS.

Capítulo 3: Diseño e implementación del componente de apoyo a la toma de decisiones

En este capítulo se detalla la arquitectura empleada, el diagrama de clases del sistema de agentes y los modelos de agente, los cuales son aspectos esenciales para el entendimiento y buen funcionamiento del componente. Además se describen las funcionalidades más importantes para la implementación de los casos de uso, ayudando así a obtener una buena planificación de las áreas que implementa el módulo Agenda Médica.

3.1 Fase de Diseño

Para el desarrollo del componente se utilizó la arquitectura propuesta por el departamento TIE para el desarrollo con agentes inteligentes en la tesis “Propuesta de arquitectura para sistemas de agentes inteligentes en el CESIM”. Esta arquitectura establece que los agentes no estarán en contacto directo con el usuario, para ello existirá un agente que sirva de intermediario entre el sistema, la Interfaz de Interoperabilidad y las aplicaciones externas, a este se le denomina Planificador. Además define los Agentes Específicos que pueden ser tantos como se necesiten en el marco de trabajo, el Facilitador de Directorio, el Sistema de Gestión de Agentes, el Sistema de Transporte de Mensajes, la Base de Datos del Sistema y la Base de Conocimientos.

A continuación se describen todos los aspectos definidos en la arquitectura del componente:

- *Interfaz de Interoperabilidad (II)*: es utilizada para que el módulo de Agenda Médica interactúe con el sistema de agentes inteligentes.
- *Facilitador de Directorio (DF, por sus siglas en inglés)*: es utilizado por los agentes que buscan o registran servicios disponibles. Además contiene una lista de los servicios que brindan los agentes y un identificador para cada uno.
- *Sistema de Gestión de Agentes (AMS, por sus siglas en inglés)*: ofrece el servicio de páginas blancas y ciclo de vida de los agentes, los cuales consisten en un directorio de los identificadores y el estado de los mismos. Cada agente debe registrarse con el AMS con el fin de obtener un identificador válido.

- *Sistema de Transporte de Mensajes (STM)*: también llamado canal de comunicación de agente, es el componente de software que controla todo el intercambio de mensajes dentro de la plataforma, incluidos los mensajes a/o desde plataformas remotas.
- *Base de Datos del Sistema (BD)*: guarda los datos relacionados con las tareas que realizan los agentes proporcionando que estos puedan apoyarse en algunas acciones o planificaciones realizadas por otros.
- *Base de Conocimientos (BC)*: contiene el conocimiento expresado en reglas el cual brinda la inteligencia y la experiencia al proceso. Los agentes se apoyan en estas reglas para dar solución a las peticiones del módulo Agenda Médica. (24)

Agentes Específicos

- *Agente Planificador*: atiende todas las solicitudes que se hagan al sistema multiagente enviándolas a los agentes correspondientes según el identificador que tengan asignado en el Facilitador de Directorio.
- *Agente Gestor de Afectaciones (G_A)*: contiene un listado con todas las afectaciones introducidas a través de la Interfaz de Interoperabilidad. Además provee la lista de afectaciones, a solicitud del resto de los agentes. Para conformar la lista, el agente considera afectación cualquier actividad que le impida realizar otra que tenga para un mismo día.
- *Agente Planificador de Guardia Médica (P_GM)*: planifica la guardia teniendo en cuenta una serie de aspectos para que esta sea lo más correcta posible. Para llevar a cabo la planificación este debe relacionarse con el agente Gestor de Afectaciones y con la Base de Conocimientos. En caso de afectación o rechazo debe ser capaz de re-planificar la guardia.
- *Agente Planificador de Consulta Externa (P_CE)*: planifica la consulta externa teniendo en cuenta los datos correspondientes a la misma. Para realizar la planificación debe contener el listado de afectaciones, el listado de médicos y consultar la Base de Conocimientos. En caso de alguna nueva afectación o rechazo de la planificación realizada, este debe re-planificar la consulta.
- *Agente Planificador Quirúrgico (P_Q)*: este agente es el encargado de planificar las actividades que se desarrollan en el área de quirófano teniendo en cuenta los aspectos necesarios para su realización. Debe tener en cuenta las afectaciones, los datos para realizar una actividad quirúrgica y consultar la

Base de Conocimientos para aprender de planificaciones realizadas anteriormente. En caso de alguna nueva afectación o rechazo de la planificación realizada, este debe re-planificar la cirugía.

- *Agente Distribuidor de Enfermeras por Servicios (P_DEP)*: planifica la distribución de las enfermeras por servicios teniendo en cuenta el área en que serán ubicadas. Debe tener en cuenta las enfermeras disponibles, las afectaciones y comunicarse con la Base de Conocimientos. En caso de alguna nueva afectación o rechazo de la planificación realizada, este debe re-planificar la distribución.

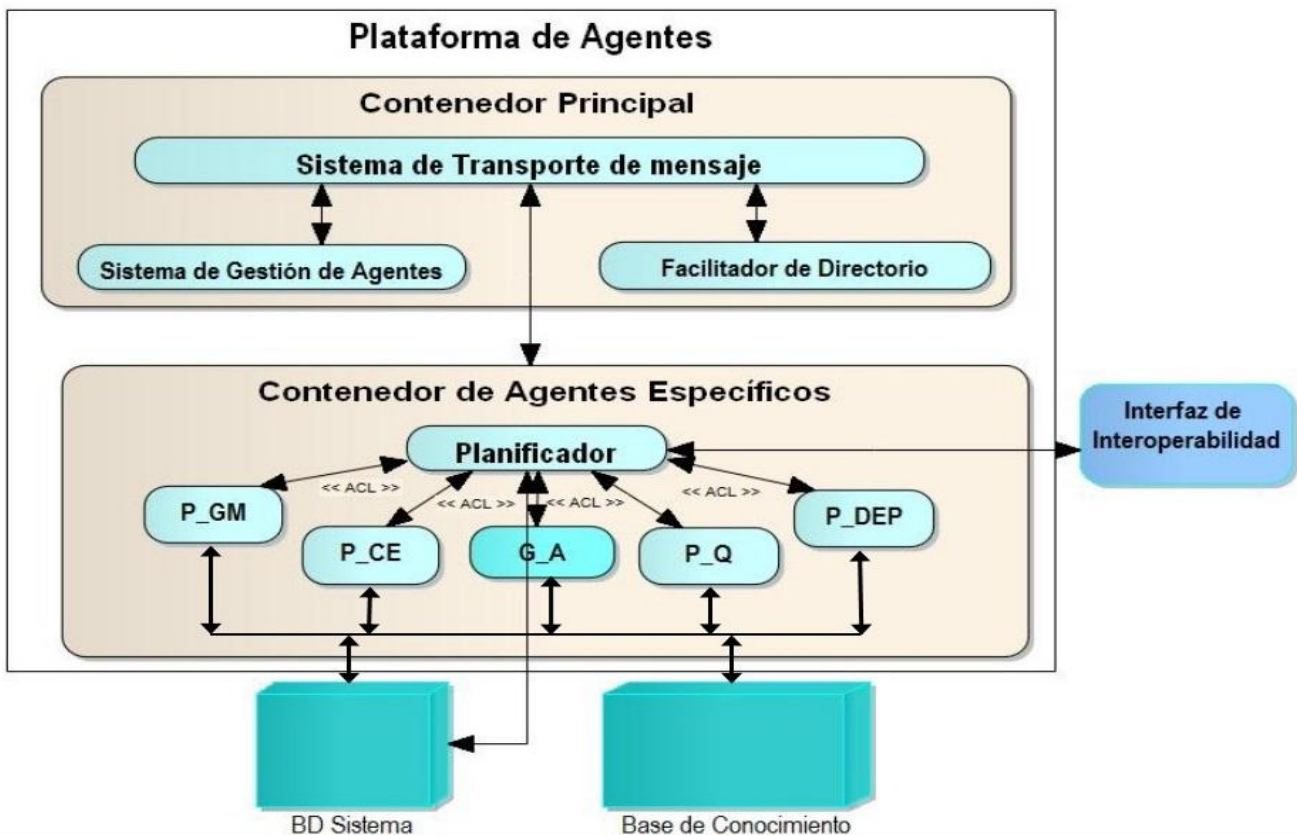


Figura 2. Arquitectura del componente.

3.2 Diagramas del modelo de agente

Sirve para especificar las características de los agentes involucrados en la resolución de un problema, siguiendo la perspectiva de agente. Está pensado para recoger los requisitos que debe tener un agente para realizar las tareas (responsabilidades) asignadas. Además se definen los rasgos más relevantes de cada agente y las relaciones entre ellos. (37)

El modelo de agente se basa en extender el modelo homónimo de CommonKADS. El constituyente central del modelo es el agente y cada ejemplar del constituyente agente tiene relaciones uno-a-uno con los constituyentes de capacidades, y muchos-a-muchos con el constituyente servicio y objetivo. La definición de los constituyentes se realiza con plantillas que son rellenas durante el análisis y están compuestas de atributos (37). En los diagramas representados, se establecen las relaciones de los constituyentes con los modelos establecidos por la metodología MAS-CommonKADS. A continuación se realiza una descripción de estos constituyentes y se mencionan los atributos por los que están compuestos:

- *Agente/Clase/Grupo*: un agente es una entidad capaz de realizar tareas y ofrecer o requerir servicios a otros agentes. Una clase describe características comunes (atributos, creencias, servicios, objetivos) de un conjunto de agentes que comparten estas características mediante una relación de herencia. Un grupo es un conjunto de agentes que mantienen una dirección común para recibir mensajes cuya composición puede variar dinámicamente. Estos constituyentes se han agrupado para su descripción dado que comparten los mismos atributos (nombre, tipo, papel y descripción).
- *Objetivo*: es la responsabilidad asignada o adoptada por un agente. La ejecución de esta responsabilidad puede realizarse mediante la ejecución de una determinada tarea o mediante un mecanismo de planificación. Este constituyente incluye los atributos (nombre, función, parámetros-entrada y parámetros-salida).
- *Servicio*: tarea que un agente ofrece a otros agentes. En cualquier caso, la oferta de un servicio no implica que este se vaya a ejecutar cuando se demande. Será el agente el que decida si lo realiza o no, y bajo qué condiciones, tal y como se recoge en las Restricciones. Incluye los atributos (nombre, descripción, tipo, parámetros-entrada y parámetros-salida).
- *Propiedad*: describe posibles propiedades que pueden definirse para un servicio, dependiendo de la aplicación. Este constituyente incluye los atributos (nombre, descripción y tipo).
- *Capacidad de razonamiento*: requisitos en la experiencia del agente necesarios para cumplir los objetivos asignados, comunicarse con el usuario y comunicarse con el resto de agentes. Este constituyente incluye los atributos (experiencia y comunicación).
- *Capacidad general*: requisitos genéricos del agente, en concreto se deben describir los requisitos sobre los sensores y actuadores del agente, y los lenguajes de comunicación conocidos. Este constituyente incluye los atributos (habilidades y lenguaje de comunicación).

- *Restricción*: normas, preferencias y permisos que debe seguir el agente. Este constituyente incluye los atributos (normas, preferencias y servicios). (37)

El diagrama del agente Planificador se muestra en el Anexo 10, a continuación se realiza una descripción de los atributos que lo componen:

En el constituyente Agente/Clase/Grupo:

- Nombre: planificador
- Tipo: agente software
- Papel: planificador
- Descripción: responde las solicitudes de planificación del actor

Constituyente Objetivo:

- Nombre: planificador
- Función: responde las solicitudes del actor
- Parámetros-entrada: petición de un servicio con los datos correspondientes
- Parámetros-salida: planificación del servicio deseado

Constituyente Servicio:

- Nombre: planificador
- Descripción: responde las solicitudes del actor
- Tipo: concurrente
- Parámetros-entrada: petición de un servicio con los datos correspondientes
- Parámetros-salida: planificación del servicio deseado

Constituyente Propiedad:

- Nombre: la planificación
- Descripción: obtener las planificaciones de los servicios solicitados por el actor
- Tipo: concurrente

Constituyente Capacidad de razonamiento:

- Experiencia: adquiere experiencia de las planificaciones cumplidas y rechazadas
- Comunicación: se relaciona directamente con el entorno.

Constituyente Capacidad general:

- Habilidades: consulta y obtiene las planificaciones solicitadas por el actor
- Lenguaje de comunicación: lenguaje ACL

Constituyente Restricción:

- Normas: el agente responde a las solicitudes del el actor
- Preferencias: se procesan los mensajes en el orden de llegada
- Servicios: permisos de consultar al resto de los agentes específicos

El diagrama del agente Planificador de Quirófano se muestra en la Anexo 11, a continuación se realiza una descripción de los atributos que lo componen:

En el constituyente Agente/Clase/Grupo:

- Nombre: planificadorQ
- Tipo: agente software
- Papel: planificador
- Descripción: planifica las actividades quirúrgicas del hospital

Constituyente Objetivo:

- Nombre: planificadorQ
- Función: planifica las actividades quirúrgicas del hospital
- Parámetros-entrada: especialidad de la cirugía, tipo de cirugía, fecha, hora inicio y cantidad de pacientes
- Parámetros-salida: planificación de una actividad quirúrgica con el equipo de médico y el quirófano

Constituyente Servicio:

- Nombre: actividad quirúrgica
- Descripción: planifica las actividades quirúrgicas del hospital
- Tipo: concurrente
- Parámetros-entrada: especialidad de la cirugía, tipo de cirugía, fecha, hora inicio y cantidad de pacientes
- Parámetros-salida: planificación de una actividad quirúrgica con el equipo de médico y el quirófano

Constituyente Propiedad:

- Nombre: la planificación de las actividades quirúrgicas
- Descripción: obtener la planificación de la cirugía
- Tipo: concurrente

Constituyente Capacidad de razonamiento:

- Experiencia: adquiere experiencia de las planificaciones cumplidas y rechazadas

- Comunicación: se relaciona con el entorno mediante el agente planificador.

Constituyente Capacidad general:

- Habilidades: planifica, consulta y obtiene los datos necesarios para realizar una actividad quirúrgica
- Lenguaje de comunicación: lenguaje ACL

Constituyente Restricción:

- Normas: el agente responde a las solicitudes del agente Planificador
- Preferencias: se procesan los mensajes en el orden de llegada
- Servicios: permisos de consultar al Gestor de Afectaciones

El diagrama del agente Gestor de Afectaciones se muestra en la Anexo 12, a continuación se realiza una descripción de los atributos que lo componen:

En el constituyente Agente/Clase/Grupo:

- Nombre: gestor de afectaciones
- Tipo: agente software
- Papel: facilitador
- Descripción: envía las afectaciones a los agentes específicos

Constituyente Objetivo:

- Nombre: gestor de afectaciones
- Función: recoge y envía las afectaciones a los agentes específicos
- Parámetros-entrada: afectaciones
- Parámetros-salida: afectaciones existentes

Constituyente Servicio:

- Nombre: gestor de afectaciones
- Descripción: obtiene y envía las afectaciones existentes
- Tipo: concurrente
- Parámetros-entrada: afectaciones
- Parámetros-salida: afectaciones existentes

Constituyente Propiedad:

- Nombre: facilita las afectaciones existentes
- Descripción: obtener las afectaciones existentes
- Tipo: concurrente

Constituyente Capacidad de razonamiento:

- Experiencia: adquiere experiencia de las afectaciones que han existido
- Comunicación: se relaciona con todos los agentes específicos

Constituyente Capacidad general:

- Habilidades: obtiene y brinda las afectaciones
- Lenguaje de comunicación: lenguaje ACL

Constituyente Restricción:

- Normas: el agente responde a las solicitudes del resto de los agentes específicos
- Preferencias: se procesan los mensajes en el orden de llegada
- Servicios: permisos de envío de las afectaciones a los agentes específicos

El diagrama del agente Planificador de Consulta Externa se muestra en la Anexo 13, a continuación se realiza una descripción de los atributos que lo componen:

En el constituyente Agente/Clase/Grupo:

- Nombre: planificador de consulta externa
- Tipo: agente software
- Papel: planificador
- Descripción: planifica las consultas de hospital

Constituyente Objetivo:

- Nombre: planificar consulta externa
- Función: planifica las consultas especializadas del hospital
- Parámetros-entrada: especialidadC, hora, fecha, cantPacientes
- Parámetros-salida: planificación de la consulta externa con su médico y enfermera correspondiente

Constituyente Servicio:

- Nombre: consulta externa
- Descripción: planifica las consultas especializadas del hospital
- Tipo: concurrente
- Parámetros-entrada: especialidadC, hora, fecha, cantidadP
- Parámetros-salida: planificación de la consulta externa con su médico y enfermera correspondiente

Constituyente Propiedad:

- Nombre: la planificación de la consulta externa

- Descripción: obtener la planificación de la consulta externa
- Tipo: concurrente

Constituyente Capacidad de razonamiento:

- Experiencia: adquiere experiencia de las planificaciones cumplidas o rechazadas
- Comunicación: se relaciona con el entorno mediante el agente planificador

Constituyente Capacidad general:

- Habilidades: planifica, consulta y obtiene los datos necesarios para crear la consulta
- Lenguaje de comunicación: lenguaje ACL

Constituyente Restricción:

- Normas: el agente responde a las solicitudes del agente planificador
- Preferencias: se procesan los mensajes en el orden de llegada
- Servicios: permisos de consultar al Gestor de Afectaciones

Los diagramas del resto de los agentes se encuentran representados en los Anexos 14 y 15.

3.3 Diagrama de clases

El diagrama de clase del sistema de agente se representa como un rectángulo que contiene los atributos asociados al agente, el identificador, las funciones y las organizaciones. Cada atributo se almacena en un compartimiento. El diagrama de clase permite a los diseñadores definir tantos compartimentos como necesiten y en cualquier orden que desee. (38)

A continuación se describen las clases de agentes existentes en el componente.

Clase Afectaciones: en esta clase se obtienen todas las afectaciones existentes en el sistema de agentes, luego las envía a los agentes los cuales deben tenerlas en cuenta para realizar una planificación a petición del actor. Cada vez que reciba una nueva afectación debe informarla a los agentes específicos. Su relación con el resto de las clases está en concordancia con lo que se describe en el modelo de coordinación.

Clase Planificador de Guardia Médica: en esta clase se lleva a cabo la planificación de la guardia médica del hospital teniendo en cuenta las tareas descritas en el modelo de tareas. En el desarrollo de la planificación es esencial su relación con la clase afectaciones mediante la cual obtiene la lista de

afectaciones a tener en cuenta para una adecuada planificación. Además debe tener en cuenta las reglas definidas. Su relación con el resto de las clases está en concordancia con las relaciones que se describen en el modelo de coordinación.

Clase Planificador de Quirófano: en esta clase se realiza la planificación de una actividad quirúrgica teniendo en cuenta las tareas descritas en el modelo de tareas. Su relación con el agente afectaciones no debe faltar a la hora de planificar una actividad. Además debe tener en cuenta las reglas definidas u otros aspectos esenciales para la obtención de una adecuada planificación. Su relación con el resto de las clases está en concordancia con las relaciones que se describen en el modelo de coordinación.

Clase Planificador de Consulta Externa: en esta clase se realiza la planificación de las consultas especializadas que se llevan a cabo en el hospital. Para que esta planificación sea adecuada es necesario y fundamental obtener las afectaciones existentes, además se deben cumplir las tareas planteadas en el modelo de tareas. También debe tener en cuenta las reglas definidas. Su relación con el resto de las clases está en concordancia con las relaciones que se describen en el modelo de coordinación.

Clase Planificador de Enfermeras por servicios: en esta clase se realiza la distribución de las enfermeras por las diferentes áreas del hospital. Para ello debe tener en cuenta las tareas descritas en el modelo de tareas y obtener las afectaciones existentes. Además debe tener en cuenta las reglas definidas. Su relación con el resto de las clases está en concordancia con las relaciones que se describen en el modelo de coordinación.

Clase Planificador: en esta clase se establece la relación directamente con el entorno en la cual se recogen las solicitudes del actor y se envía al agente correspondiente según el servicio solicitado. Para poder saber a quién enviar la solicitud de planificación debe consultar a la clase Facilitador de Directorio la cual brinda los identificadores de cada agente. Su relación con el resto de las clases está en concordancia con las relaciones que se describen en el modelo de coordinación.

Clase Facilitador de Directorio: en esta clase se establecen los identificadores de cada agente según el servicio que brindan. Facilita los identificadores al Agente Planificador, para que se pueda realizar una determinada planificación. Su relación con el resto de las clases está en concordancia con las relaciones que se describen en el modelo de coordinación.

Clase Sistema de Gestión de Agente: en esta clase se registran todos los agentes del componente y se les asigna un identificador. Todos los agentes tienen que ser registrados en esta clase por lo cual se relaciona con todos los agentes específicos y además con el Facilitador de Directorio al cual le brinda los identificadores.

Para entender el diagrama es importante saber que las clases están compuestas por tres comportamientos:

- *Primer comportamiento (identificador):* contiene el identificador de un agente precedido por el estereotipo << agent >>. El estereotipo agente se añade para facilitar la distinción entre los diagramas de clases de agentes y diagramas de clase.
- *Segundo comportamiento (funciones):* se describen las funciones desempeñadas por el agente.
- *El tercer comportamiento (organización):* define las organizaciones donde el agente está implicado.

Los agentes pueden pertenecer a varias organizaciones en el mismo momento. (38)

A continuación se representan brevemente las clases de agentes y las relaciones entre ellas, el diagrama de clases con sus comportamientos se muestra en el Anexo 16.

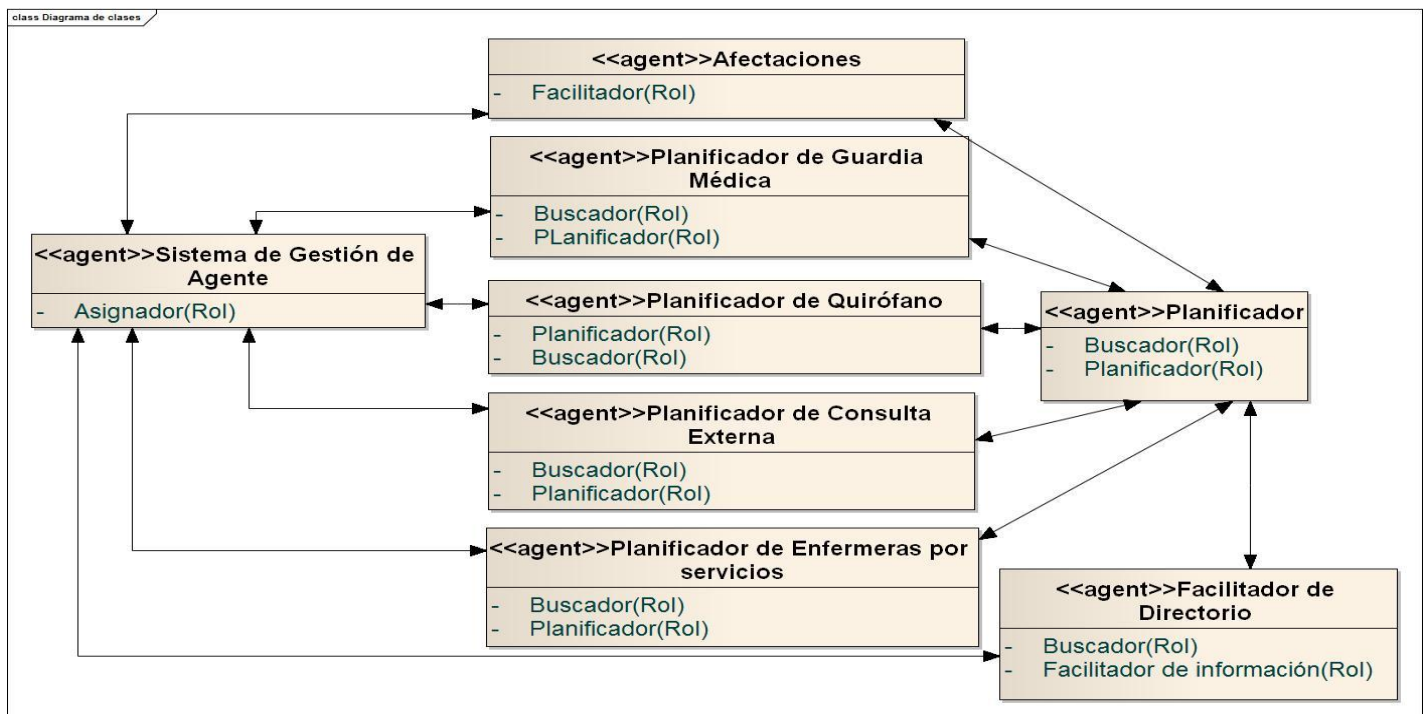


Figura 3. Diagrama de clases del sistema de agentes.

3.4 Codificación y prueba de los agentes

En esta fase de la metodología MAS-CommonKADS, se realiza la implementación del componente y luego son probados para verificar su funcionamiento.

3.4.1 Estructura de una regla

Las reglas son condiciones que tienen que cumplir los agentes para realizar sus tareas. Estas surgen de la base de conocimiento a medida que se van rechazando planificaciones. También pueden ser introducidas por un experto en el tema.

Las reglas tienen la estructura siguiente:

```
rule "Nombre de la regla"  
    when  
        Condiciones  
    then  
        Cosecuencias  
end
```

- La sintaxis rule "Nombre de la regla", se refiere al nombre de la regla que desea crear y debe ser único.
- La sintaxis "when", se refiere a "cuando" y dentro de ella se especifican las "Condiciones" que están definidas.
- La sintaxis "then", se refiere a "entonces" y dentro de ella se especifican las "Consecuencias" que traen consigo las condiciones.
- La sintaxis "end", se refiere al final de la regla. (24)

Para cargar las reglas en el componente se utiliza una instancia de la clase RuleBase que contiene un PackageBuilder a través del cual se accede al archivo de reglas. A continuación se muestra un ejemplo de cómo hacerlo:

```
private RuleBase leerReglas () {
    PackageBuilder builder = new PackageBuilder();
    try {
        //Para cargar el archivo de reglas.
        builder.addPackageFromDrl(new FileReader("Direccion del archivo de reglas.drl"));
    } catch (DroolsParserException e1) {
        facesMessages.add("Error con el archivo de reglas");
    } catch (FileNotFoundException e1) {
        facesMessages.add("Error al cargar el archivo de reglas");
    } catch (IOException e1) {
        facesMessages.add("Error con el archivo de reglas");
    } catch (Exception e1) {
        facesMessages.add(e1.getMessage().toString());
    }
    if (builder.hasErrors()) {
        facesMessages.add(builder.getErrors().toString());
        throw new RuntimeException(builder.getErrors().toString());
    }
    org.drools.rule.Package pkg = builder.getPackage();
    RuleBase ruleBase = RuleBaseFactory.newRuleBase();
    try {
        ruleBase.addPackage(pkg);
    } catch (Exception e) {
        facesMessages.add("No se pudo compilar el archivo de reglas");
    }
    return ruleBase;
}
```

Para procesar las reglas se necesita crear una instancia de la clase WorkingMemory como se presenta a continuación:


```
RuleBase rule = leerReglas();
WorkingMemory workingMemory = rule.newStatefulSession();
//Insertar hechos al workingMemory
workingMemory.setGlobal("result", result);
for (int i = 0; i < aux.size(); i++)
{
    workingMemory.insert(aux.get(i));
}
workingMemory.insert(espec);
//Para que se procesen las reglas
workingMemory.fireAllRules ();
```

3.4.2 Descripción de las principales funcionalidades desarrolladas en el componente

Proponer médico para consulta externa: esta funcionalidad pertenece al agente Planificador de Consulta Externa (PlanificadorCE). Mediante esta función se selecciona el médico más adecuado para realizar una consulta externa, para ello se obtienen los médicos existentes y se escogen los que corresponden con la especialidad de la consulta. Seguidamente se verifican las afectaciones (guardia, intervención quirúrgica, consulta externa u otra actividad) que puedan tener estos médicos en la fecha que se va a realizar la consulta externa y se van descartando. El resultado se guarda en una variable y si ninguno de los analizados puede realizar la consulta, se lanza una excepción notificando el problema.

Una de las reglas incluidas en esta funcionalidad es:

```
rule "Ortopedico"
    when
        med: Medico (getEspecialida () == "Ortopedico", especialidad == "Ortopedia")
    then
        result.add(med);
end
```

Esta regla define que médico escoger según la especialidad de la consulta.

Proponer enfermera para una consulta externa: esta funcionalidad pertenece al agente Planificador de consultas externas (PlanificadorCE). Mediante esta función se selecciona el enfermero más adecuado para realizar una consulta externa y para ello se seleccionan todos los enfermeros existentes en la base de datos. Seguidamente se verifican las afectaciones (guardia, intervención quirúrgica, consulta externa u otra actividad) que puedan tener en la fecha que se va a realizar la consulta y se van descartando. Al terminar de verificar los enfermeros se guarda en una variable el más adecuado. Si ninguno puede realizar la consulta, se lanza una advertencia notificado el problema ocurrido.

Proponer quirófano: esta funcionalidad pertenece al agente Planificador de Intervención Quirúrgica (PlanificadorIQ). Mediante esta función se obtiene un quirófano para una determinada intervención quirúrgica y para ello se seleccionan todos los quirófanos de la base de datos. Luego se escogen los que correspondan con la especialidad de la cirugía que se desea realizar y se verifica que alguno esté disponible para guardarlo en una variable. Si no existe ningún quirófano disponible se le notifica al usuario. Una de las reglas incluidas en esta funcionalidad es:

```
rule "Quirófano"
    when
        quirofano: Quirofano( getEspecialida() == "Neurologia", isDisponible() == true)
    then
        resultQuirofanos.add(quirófano);
end
```

Esta regla selecciona un quirófano para una intervención quirúrgica, teniendo en cuenta su especialidad y si está disponible.

Proponer equipo quirúrgico: esta funcionalidad pertenece al agente Planificador de Intervención Quirúrgica (PlanificadorIQ). Mediante esta función se obtiene un equipo quirúrgico para una determinada intervención quirúrgica. Para ello se debe conocer la cantidad de especialistas de tipo anestesiólogo y cirujano, así como la cantidad de ayudantes que deben participar en la cirugía. Luego se seleccionan todos los especialistas de este tipo y los ayudantes, se verifican las afectaciones (consulta externa, guardia, u otras actividades) que estos puedan tener en la fecha que se va a realizar la cirugía y se van descartando. Cuando se terminan de verificar las afectaciones, si están disponibles los especialistas y ayudantes

requeridos, se crea el equipo y se guarda en una variable o de lo contrario se le notifica al usuario una advertencia.

Unas de las reglas incluidas en esta funcionalidad son:

```
rule "Anestesiologo Intervencion Quirurgica"  
    when  
        med : Medico( getEspecialida() == "Anestesiologo")  
    then  
        resultAne.add(med);  
end
```

Esta regla se utiliza para seleccionar los anesthesiologos.

```
rule "Cirujano Intervencion Quirurgica"  
    when  
        med : Medico( getEspecialida() == "Quirurgico", getTipoCirujia == tipoCirujia)  
    then  
        resultCirujano.add(med);  
end
```

Esta regla se utiliza para seleccionar los cirujanos especializados en el tipo de cirugía que se va a realizar.

Planificar intervención quirúrgica: esta funcionalidad pertenece al agente Planificador de Intervención Quirúrgica (PlanificadorIQ). Mediante esta funcionalidad se crea una intervención quirúrgica teniendo en cuenta el quirófano y equipo quirúrgico propuesto. Además se tienen en cuenta los datos obtenidos del sistema, luego se verifica que ningún elemento esté vacío. Si todos estos aspectos se cumplen, se crea la intervención quirúrgica y se inserta en la base de datos, si hay alguna afectación se le notifica al usuario.

Planificar consulta externa: esta funcionalidad pertenece al agente Planificador de Consulta Externa (PlanificadorCE). Mediante esta función se crea la planificación de una consulta externa con el médico y enfermero propuesto además de los datos entrados por el sistema. Para ello se verifica que ningún elemento esté vacío, si todo está correcto se crea la consulta externa y se inserta en la base de datos, si no, se notifica una advertencia.

Planificar enfermeras por servicios: esta funcionalidad pertenece al agente Planificador de Enfermeras por servicios (PlanificadorEnfPac). Mediante esta función se distribuyen las enfermeras por las principales áreas de trabajo (Cuerpo de guardia, Salas de ingreso, Terapia intermedia, Terapia intensiva) y para ello se seleccionan todas las enfermeras de la base de datos. Después se ordenan de menor a mayor según la cantidad de guardias realizadas y se separan por áreas de trabajo. Luego se establece el período de guardia (inicio y fin del servicio) requerido por el sistema. Seguidamente se asigna una enfermera a un día determinado y para ello se verifica que no tenga afectaciones (intervención quirúrgica, consulta externa u otra actividad) y que haya descansado el tiempo suficiente entre esta guardia y la anterior. Si cumple con todas estas restricciones se asigna la enfermera al día correspondiente, sino se adiciona a una cola de enfermeras pendientes donde serán ubicadas en la lista en la primera posición para volver a verificar las afectaciones y el tiempo de descanso. Después si la lista de enfermeras se queda vacía ya sea por falta de enfermeras o por afectaciones, se le notifica al usuario.

Una de las reglas incluidas en esta funcionalidad es:

```
rule "Salas de ingreso"  
    when  
        enf: Enfermera(getArea() == "Salas de ingreso")  
    then  
        resultSI.add(enf);  
end
```

Esta regla es para separar las enfermeras según el área donde realizan la guardia.

Planificar guardia médica: esta funcionalidad pertenece al agente Planificador de Guardia Médica (PlanificadorGuardiaMedica). Mediante esta función se realiza la planificación de la guardia médica de una institución hospitalaria. Para ello se separan los médicos por los servicios que prestan (Ortopedia, Oftalmología, Cardiología, MGI, etc.) y se lleva a cabo la planificación. Para ello se seleccionan todos los médicos de la base de datos, se ordenan de menor a mayor según la cantidad de guardias realizadas y se separan por los servicios que prestan. Luego se establece el período de guardia (inicio y fin del servicio) requerido por el sistema, así como los servicios que se desean planificar. Para asignar un médico a un día determinado se verifica que no tenga afectaciones (intervención quirúrgica, consulta externa u otra actividad) y que haya descansado el tiempo suficiente entre esta guardia y la anterior. Si cumple con todas estas restricciones se asigna el médico al día establecido, sino, se adiciona a una cola de médicos

pendientes donde después serán reajustados en la primera posición de la lista para volver a verificar las afectaciones y el tiempo de descanso. Además si la lista de médicos se queda vacía ya sea por falta de médicos o porque están afectados, se le notifica al usuario.

Una de las reglas incluidas en esta funcionalidad es:

```
rule "MGI"  
    when  
        med : Medico( getEspecialida() == "MGI", mgi == true)  
    then  
        resultMGI.add(med);  
end
```

Esta regla es para separar los médicos según su el servicio que se desea planificar.

Además se utilizaron otras funcionalidades como:

- TieneAfectaciones (): para verificar si un médico o enfermero tiene afectaciones.
- OrdenarPorCantidadGuardia (): para ordenar la lista de médicos o enfermeros de menor a mayor, según la cantidad de guardias que han realizado.
- leerReglas (): este método se encarga de leer el archivo de reglas.

Cada agente, debe inscribirse en el AMS así como publicar el o los servicios que brinde en el Facilitador de Directorio, para que los otros agentes a través del DF, puedan conocer los servicios que este brinda. Para inscribirse en el AMS y publicar un servicio en el DF, es necesario crear una descripción del agente y los servicios que brinda. La descripción contendrá el identificador del agente que será único. Además de la descripción de todos los servicios que éste brinde. Se muestra un ejemplo de cómo realizar esta tarea.

```
DFAgentDescription dfd = new DFAgentDescription();  
// Identificador del agente  
dfd.setName(getAID());  
ServiceDescription sd = new ServiceDescription();  
// Tipo del servicio  
sd.setType("PlanificarGuardiaMedica");  
// Nombre del servicio  
sd.setName("JADE-PlanificadorGM");
```

```
// Adicionar todos los servicios
dfd.addServices(sd);
try {
    // Registrando el servicio
    DFService.register(this, dfd);
} catch (FIPAException fe) {
    System.out.println(fe.getMessage());
}
```

- ❖ Con el desarrollo de este capítulo se obtuvieron los diagramas del modelo de Agente y el diagrama de clases del sistema de agente. Se explica detalladamente la arquitectura del componente mediante la cual se entiende el funcionamiento de los agentes inteligentes. Se describen las principales funcionalidades implementadas.

Conclusiones

Con la realización del presente trabajo se ha cumplido con el objetivo propuesto, así como con las tareas trazadas, obteniéndose las siguientes conclusiones:

- Mediante el estudio del estado del arte, se analizaron los diferentes sistemas con características similares referentes a las funcionalidades del componente que se desea desarrollar, estos no cumplen con el objetivo de la investigación pero aún así, sirvieron como apoyo para conocer el funcionamiento de los agentes inteligentes en sistemas de planificación.
- Para lograr una solución que cumpliera con el objetivo planteado, se realizó un análisis del módulo Agenda Médica y se identificaron las principales deficiencias que este posee, lo cual sirvió para determinar la especificación de los requerimientos del componente.
- Como resultado se obtiene un componente de apoyo a la toma de decisiones para el módulo Agenda Médica del Sistema de Información Hospitalaria xavia HIS, que facilita la planificación de las tareas que se realizan en las áreas que este módulo implementa, garantizando una menor cantidad de variables a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo una determinada actividad.

Recomendaciones

Luego de concluir la investigación los autores recomiendan:

- *Desarrollar el Modelo de Experiencia*, mediante el cual los agentes serán capaces de aprender por si solos a través de las planificaciones realizadas.
- *Incorporar al componente la planificación del resto de las áreas de un hospital*, para obtener un componente más completo.

Referencias

1. Web del Profesor. *Web del Profesor*. [En línea] [Citado el: 18 de Octubre de 2012.] <http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/sanrey/tics.pdf>.
2. Buenas tareas. *Buenas tareas*. [En línea] [Citado el: 18 de Octubre de 2012.] <http://www.buenastareas.com/ensayos/Ventajas-y-Desventajas-Del-Uso-De/1569606.html>.
3. EcuRed. *EcuRed*. [En línea] [Citado el: 18 de Octubre de 2012.] http://www.ecured.cu/index.php/Ministerio_de_Salud_P%C3%BAblica.
4. **Vargas, Julia Li**. Cendeisss. *Cendeisss*. [En línea] 2005. [Citado el: 11 de Junio de 2013.] <http://www.cendeisss.sa.cr/posgrados/modulos/modulo7gestion.pdf>.
5. **Veitia, Yojan Tang**. *Análisis y diseño del módulo Agenda Médica del Sistema de Información Hospitalaria alas HIS*. La Habana : s.n., 2010.
6. **Fernández, Carlos Alberto Fis**. *Implementación del Módulo Agenda Médica del Sistema de Información Hospitalaria alas HIS*. La Habana : s.n., 2012.
7. **Oceano, Grupo**. *Diccionario ilustrado de la ciencia y la tecnología*. Barcelona : Oceano. pág. 735. ISBN-13: 978-84-494-2866-1/ ISBN-10: 84-494-2866-1.
8. RevistaeSalud.com. *RevistaeSalud.com*. [En línea] [Citado el: 22 de Febrero de 2013.] <http://www.revistaesalud.com/index.php/revistaesalud/article/view/331/667>.
9. **Valverde, DR. Nicolas Kemper**. seccperu. *seccperu*. [En línea] [Citado el: 7 de Abril de 2013.] http://www.seccperu.org/eaec/slides/inteligenciaComputacional_Redetes_Telecomunicaciones-Nicolas_Kemper_Valverde.pdf.
10. Sácielo. *Sácielo*. [En línea] [Citado el: 7 de Abril de 2013.] http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352008000500005.
11. TheFreeDictionary. *TheFreeDictionary*. [En línea] 2007. [Citado el: 12 de Junio de 2013.] <http://es.thefreedictionary.com/componente>.
12. Jagarsoft. *Jagarsoft*. [En línea] [Citado el: 28 de Enero de 2013.] <http://www.jagarsoft.com/agenda-medica.php>.
13. **Alvarez, Nuria Isabel Betanco y Cruz, Yaimara Fernández De la**. *PROPUESTA DE ARQUITECTURA DE SISTEMAS MULTIAGENTE PARA EL SECTOR SANITARIO*. La Habana : s.n., 2013. ISBN 978-959-7213-02-4.

14. Kioskea.Net. *Kioskea.Net*. [En línea] [Citado el: 18 de Marzo de 2013.] <http://es.kioskea.net/faq/4474-los-agentes-inteligentes>.
15. **Carrascosa, Iván Palomares**. *Desarrollo de un Sistema Multi-Agente para automatizar Procesos de Consenso en Problemas de Toma de Decisión en Grupo*. Jaén : s.n., 2010.
16. INNOVAticias.com. *INNOVAticias.com*. [En línea] [Citado el: 1 de Marzo de 2013.] <http://www.innovaticias.com/medicina-y-salud/4226/sistema-inteligente-radioterapia-cancer-prostata>.
17. Universidad Pablo Olavide. *Universidad Pablo Olavide*. [En línea] [Citado el: 18 de Marzo de 2013.] <http://www.upo.es/upotec/catalogo/salud/sistema-inteligente-optimiza-tratamiento-cancer/>.
18. DATAPRIX. *DATAPRIX*. [En línea] 2010. [Citado el: 1 de Marzo de 2013.] <http://www.dataprix.com/empresa/exito/sistema-inteligente-para-ayuda-planificaci-n-tratamientos-oncolog-pedi-trica>.
19. **Sánchez, Karina Leonor Fernández, y otros**. *AGENTES INTELIGENTES PARA EL DIAGNÓSTICO DE PATOLOGÍAS GINECOLÓGICAS*. Cienfuegos : s.n., 2007.
20. **Corales, Yovannys Sánchez, Romero, Yoenny Pérez y González, Roberto Acosta**. *Agente Semántico Inteligente para la Salud*. La Habana : s.n.
21. **Cruz, Ing. Maria De Jesús Cartelle, y otros**. *SISTEMA PARA LA PLANIFICACIÓN QUIRÚRGICA ORTOPÉDICA EN CADERAS Y RODILLAS*. La Habana : s.n., 2012.
22. **Durán, Francisco José Gallego, Largo, Faraón Llorens y Aldeguer, Ramón Rizo**. *Breve análisis de algunas metodologías de diseño de Sistemas Multiagentes(SMA)*. 2004.
23. **Lara, Juan de**. *Sistemas Multi-Agentes*.
24. **Ravelo, Sergio Alberto Valdes y Quiñones, Sadiel Godales**. *Propuesta de arquitectura para sistema de agentes inteligentes en el CESIM*. La Habana : s.n., 2012.
25. **Jacobson, Ivar, Booch, Grady y Rumbaugh, Jim**. *El lenguaje unificado de UML*.
26. Sparx systems. *Sparx systems*. [En línea] [Citado el: 17 de Enero de 2013.] <http://www.sparxsystems.com.ar/products/ea.html>.
27. **Beneventi, Alessandro y Tomaiuolo, Michele**. *Drools4JADE*. Parma : s.n.
28. *Agentes y Jade*.
29. **Amantea, Ariel, Assefi, Ershad y Narcisi, Gustavo**. *Evaluación de motores de inferencia*. 2009.

30. **Barahona, Gregorio Jesús González y Pascual, Joaquín Seoane.** *Introducción al software libre.*
31. IEEE Student Branch. *IEEE Student Branch.* [En línea] [Citado el: 12 de Junio de 2013.] <http://zion.ieeesb.etsit.upm.es/web/?p=1189>.
32. **Chavarría, Raúl Eduardo.** slideshare. *slideshare.* [En línea] 2006. [Citado el: 12 de Junio de 2013.] <http://www.slideshare.net/Benedeti/ide-eclipse-breve-gua-201399>.
33. **Rafael Martínez Guerrero.** PostgreSql-es. *PostgreSql-es.* [En línea] [Citado el: 17 de Enero de 2013.] http://www.postgresql.org/es/sobre_postgresql.
34. **Sánchez, José A Alférez.** *INSTALACIÓN, CONFIGURACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL SERVIDOR DE APLICACIONES .*
35. SeamFramework.org. *SeamFramework.org.* [En línea] 2009. [Citado el: 12 de Junio de 2013.] <http://www.seamframework.org/>.
36. Wordpress.com. *Wordpress.com.* [En línea] [Citado el: 12 de Enero de 2013.] <http://sebasjm.wordpress.com/2009/04/13/jboss-seam/>.
37. **Fernández, Carlos Ángel Iglesias.** *Definición de una metodología para el desarrollo de sistemas multiagente.* Madrid : s.n., 1998.
38. *FIPA Modeling: Agent Class Diagrams.* 2000.

Bibliografía

1. **Alvarez, Nuria Isabel Betanco y Cruz, Yaimara Fernández De la.** *PROPUESTA DE ARQUITECTURA DE SISTEMAS MULTIAGENTE PARA EL SECTOR SANITARIO.* La Habana : s.n., 2013. ISBN 978-959-7213-02-4.
2. **Amantea, Ariel, Assefi, Ershad y Narcisi, Gustavo.** *Evaluación de motores de inferencia.* 2009.
3. Agentes y Jade.
4. **Barahona, Gregorio Jesús González y Pascual, Joaquín Seoane.** *Introducción al software libre.*
5. **Beneventi, Alessandro y Tomaiuolo, Michele.** *Drools4JADE.* Parma : s.n.
6. **Carrascosa, Iván Palomares.** *Desarrollo de un Sistema Multi-Agente para automatizar Procesos de Consenso en Problemas de Toma de Decisión en Grupo.* Jaén : s.n., 2010.
7. **Corales, Yovannys Sánchez, Romero, Yoenny Pérez y González, Roberto Acosta.** *Agente Semántico Inteligente para la Salud.* La Habana : s.n.
8. **Cruz, Ing. Maria De Jesús Cartelle, y otros.** *SISTEMA PARA LA PLANIFICACIÓN QUIRÚRGICA ORTOPÉDICA EN CADERAS Y RODILLAS.* La Habana : s.n., 2012.
9. **Durán, Francisco José Gallego, Largo, Faraón Llorens y Aldeguer, Ramón Rizo.** *Breve análisis de algunas metodologías de diseño de Sistemas Multiagentes(SMA).* 2004.
10. **Fernández, Carlos Alberto Fis.** *Implementación del Módulo Agenda Médica del Sistema de Información Hospitalaria alas HIS.* La Habana : s.n., 2012.
11. **Fernández, Carlos Ángel Iglesias.** *Definición de una metodología para el desarrollo de sistemas multiagente.* Madrid : s.n., 1998.
12. *FIPA Modeling: Agent Class Diagrams.* 2000.
13. **Jacobson, Ivar, Booch, Grady y Rumbaugh, Jim.** *El lenguaje unificado de UML.*
14. **Lara, Juan de.** *Sistemas Multi-Agentes.*
15. **Oceano, Grupo.** *Diccionario ilustrado de la ciencia y la tecnología.* Barcelona : Oceano. pág. 735. ISBN-13: 978-84-494-2866-1/ ISBN-10: 84-494-2866-1.
16. **Pressman, Roger S.** *Ingeniería del software un enfoque práctico.* Quinta edición. Madrid : Concepción Fernández , 2002. pág. 601. ISBN 0-07-709677-0.

17. **Ravelo, Sergio Alberto Valdes y Quiñones, Sadiel Godales.** *Propuesta de arquitectura para sistema de agentes inteligentes en el CESIM.* La Habana : s.n., 2012.
18. **Sampier, Roberto Hernández.** *Metodología de la investigación.* La Habana : Felix Varela, 2008. Vol. 1.
19. **Sánchez, José A Alférez.** *INSTALACIÓN, CONFIGURACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL SERVIDOR DE APLICACIONES .*
20. **Sánchez, Karina Leonor Fernández, y otros.** *AGENTES INTELIGENTES PARA EL DIAGNÓSTICO DE PATOLOGÍAS GINECOLÓGICAS.* Cienfuegos : s.n., 2007.
21. **team, The JBoss Drools.** *Drools Expert User Guide.*
22. **Valverde, DR. Nicolas Kemper.** seccperu. *seccperu.* [En línea] [Citado el: 7 de Abril de 2013.] http://www.seccperu.org/eaec/slides/inteligenciaComputacional_Redtes_Telecomunicaciones-Nicolas_Kemper_Valverde.pdf.
23. **Vargas, Julia Li.** Cendeisss. *Cendeisss.* [En línea] 2005. [Citado el: 11 de Junio de 2013.] <http://www.cendeisss.sa.cr/posgrados/modulos/modulo7gestion.pdf>.
24. **Veitia, Yojan Tang.** *Análisis y diseño del módulo Agenda Médica del Sistema de Información Hospitalaria alas HIS.* La Habana : s.n., 2010.

Webgrafía

1. Buenas tareas. *Buenas tareas*. [En línea] [Citado el: 18 de Octubre de 2012.] <http://www.buenastareas.com/ensayos/Ventajas-y-Desventajas-Del-Uso-De/1569606.html>.
2. EcuRed. *EcuRed*. [En línea] [Citado el: 18 de Octubre de 2012.] http://www.ecured.cu/index.php/Ministerio_de_Salud_P%C3%BAblica.
3. RevistaeSalud.com. *RevistaeSalud.com*. [En línea] [Citado el: 22 de Febrero de 2013.] <http://www.revistaesalud.com/index.php/revistaesalud/article/view/331/667>.
4. Sácielo. *Sácielo*. [En línea] [Citado el: 7 de Abril de 2013.] http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352008000500005.
5. TheFreeDictionary. *TheFreeDictionary*. [En línea] 2007. [Citado el: 12 de Junio de 2013.] <http://es.thefreedictionary.com/componente>.
6. Jagarsoft. *Jagarsoft*. [En línea] [Citado el: 28 de Enero de 2013.] <http://www.jagarsoft.com/agenda-medica.php>.
7. Kioskea.Net. *Kioskea.Net*. [En línea] [Citado el: 18 de Marzo de 2013.] <http://es.kioskea.net/faq/4474-los-agentes-inteligentes>.
8. INNOVAticias.com. *INNOVAticias.com*. [En línea] [Citado el: 1 de Marzo de 2013.] <http://www.innovaticias.com/medicina-y-salud/4226/sistema-inteligente-radioterapia-cancer-prostata>.
9. Universidad Pablo Olavide. *Universidad Pablo Olavide*. [En línea] [Citado el: 18 de Marzo de 2013.] <http://www.upo.es/upotec/catalogo/salud/sistema-inteligente-optimiza-tratamiento-cancer/>.
10. DATAPRIX. *DATAPRIX*. [En línea] 2010. [Citado el: 1 de Marzo de 2013.] <http://www.dataprix.com/empresa/exito/sistema-inteligente-para-ayuda-planificaci-n-tratamientos-oncolog-pedi-trica>.
11. Sparx systems. *Sparx systems*. [En línea] [Citado el: 17 de Enero de 2013.] <http://www.sparxsystems.com.ar/products/ea.html>.
12. IEEE Student Branch. *IEEE Student Branch*. [En línea] [Citado el: 12 de Junio de 2013.] <http://zion.ieeesb.etsit.upm.es/web/?p=1189>.
13. **Chavarría, Raúl Eduardo**. slideshare. *slideshare*. [En línea] 2006. [Citado el: 12 de Junio de 2013.] <http://www.slideshare.net/Benedeti/ide-eclipse-breve-gua-201399>.

14. **Rafael Martinez Guerrero**. PostgreSQL-es. *PostgreSql-es*. [En línea] [Citado el: 17 de Enero de 2013.] http://www.postgresql.org.es/sobre_postgresql.

15. SeamFramework.org. *SeamFramework.org*. [En línea] 2009. [Citado el: 12 de Junio de 2013.] <http://www.seamframework.org/>.

16. Wordpress.com. *Wordpress.com*. [En línea] [Citado el: 12 de Enero de 2013.] <http://sebasjm.wordpress.com/2009/04/13/jboss-seam/>.

Glosario de Términos

Actividad en el Quirófano: clasificación que reciben las planificaciones que son llevadas a cabo en el Quirófano de una institución hospitalaria. De esta manera se denomina la actividad en el quirófano a la unión todo aquello que el planificador tenga en cuenta a la hora de realizar una operación.

Personal médico: este término incluye los médicos y las enfermeras que existan en la institución.

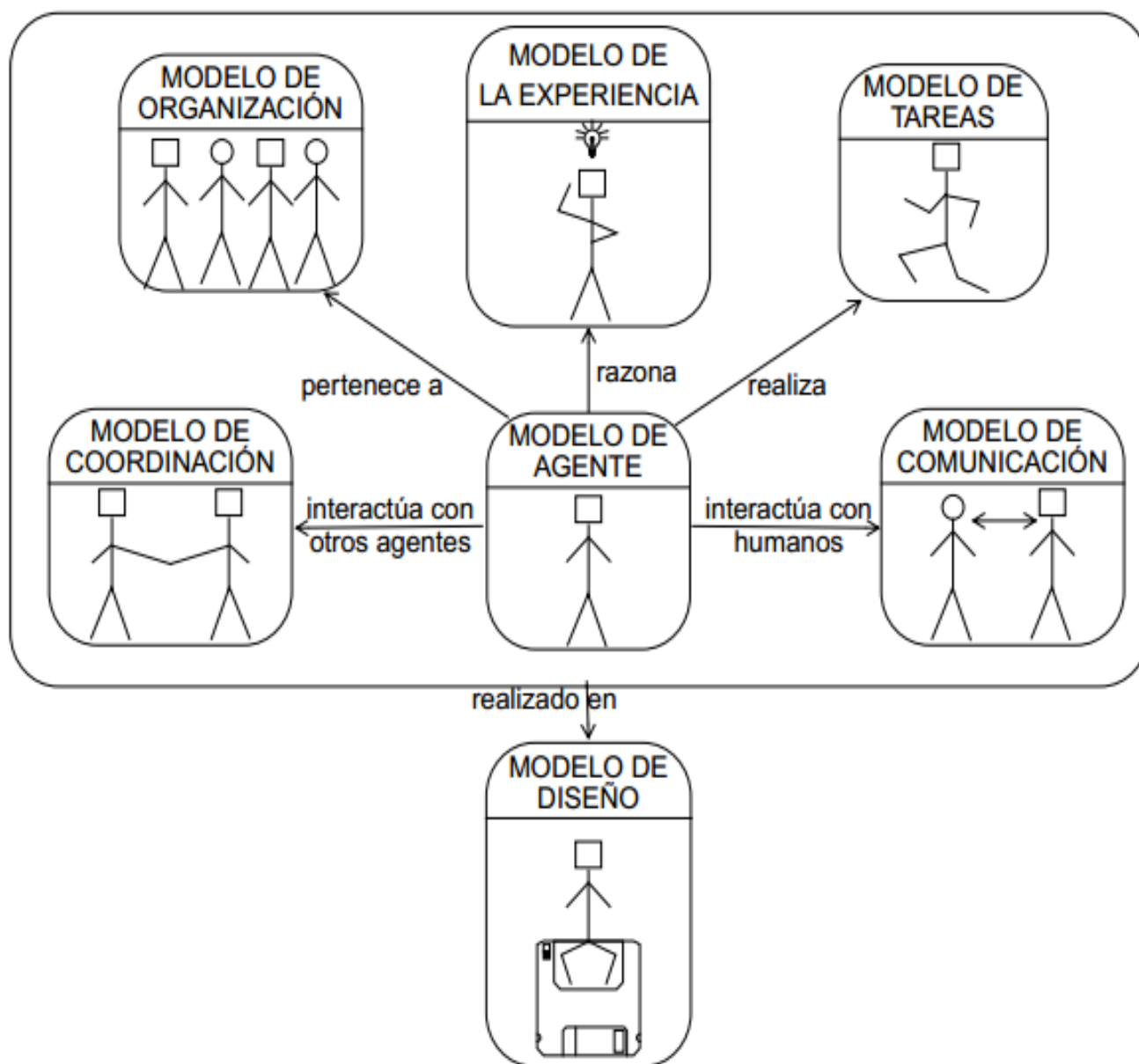
Equipo quirúrgico: término que se refiere al conjunto de médicos especializados en cirugía, anestesiología u otro tipo de especialidad, que realizan una determinada cirugía.

Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA, por sus siglas en inglés): la fundación de agentes físicos inteligentes es una organización que promueve tecnologías basadas en agentes y la interoperabilidad de sus estándares con otras tecnologías. Las especificaciones FIPA, representan un conjunto de normas que tienen como objetivo promover la interoperación de agentes y los servicios que puede representar. Describen a varios niveles cómo dos agentes autónomos pueden localizarse ellos mismos registrándose en directorios públicos y comunicarse mediante el intercambio de mensajes. (24)

FIPA ACL: término que define el lenguaje de comunicación entre agentes. (37)

Anexos

Anexo 1: Relación entre los modelos definidos por MAS-CommonKADS.



Anexo 2: Descripción del CU proponer enfermera disponible.

Caso de Uso:	Proponer enfermera disponible.	
Actor:	Módulo Agenda Médica	
Resumen:	El caso de uso inicia cuando el actor realiza la petición de Proponer enfermera, el sistema obtiene los datos correspondientes, propone la enfermera y el caso de uso termina.	
Precondiciones:	Debe verificar si existe alguna afectación.	
Referencias	RF6, RF8, RF9, RF12	
Descripción	Actor	Sistema
1	Realiza la petición de proponer enfermera y para ello brinda los datos correspondientes (la fecha).	
2		Obtiene los datos correspondientes para proponer la enfermera: (listado de enfermeras y listado de afectaciones).
3		Teniendo en cuenta los datos correspondientes y las reglas definidas, propone una enfermera para la consulta.
4	Acepta la propuesta y termina el caso de uso.	
Excepciones	4- Evento: No acepta la propuesta	
	Actor	Sistema
		Propone otra enfermera.
Postcondiciones	"Queda propuesta la enfermera para una consulta determinada."	

Anexo 3: Descripción del CU proponer médico disponible.

Caso de Uso:	Proponer médico disponible	
Actor:	Módulo Agenda Médica	
Resumen:	El caso de uso inicia cuando el actor realiza la petición deProponer médico, el sistema obtiene los datos correspondientes, propone el médico y el caso de uso termina.	
Precondiciones:	Debe verificar si existe alguna afectación.	
Referencias	RF7, RF8, RF10, RF12	
Descripción	Actor	Sistema
1	Realiza la petición de proponer médico y para ello brinda los datos correspondientes (especialidad de la consulta y la fecha).	
2		Obtiene los datos correspondientes para proponer el médico: (listado de médicos que pertenecen a la especialidad correspondiente y listado de afectaciones).
3		Teniendo en cuenta los datos correspondientes y las reglas definidas, propone un médico para la consulta.
4	Acepta la propuesta y termina el caso de uso.	
Excepciones	4- Evento: No acepta la propuesta	
	Actor	Sistema
		Propone otro médico.

Postcondiciones	“Queda propuesto el médico para una consulta determinada.”
------------------------	--

Anexo 4: Descripción del CU proponer quirófano disponible.

Caso de Uso:	Proponer quirófano disponible	
Actor:	Módulo Agenda Médica	
Resumen:	El caso de uso inicia cuando el actor realiza la petición deProponer quirófano, el sistema obtiene los datos correspondientes, propone el quirófano y el caso de uso termina.	
Precondiciones:	Debe verificar si existe alguna afectación.	
Referencias	RF2, RF3, RF5, RF12	
Descripción	Actor	Sistema
1	Realiza la petición de proponer quirófano y para ello brinda los datos correspondientes (especialidad de la cirugía).	
2		Obtiene los datos correspondientes para proponer el quirófano: (listado de quirófanos disponibles).
3		Teniendo en cuenta los datos correspondientes y las reglas definidas, propone un quirófanodisponible.
4	Acepta la propuesta y termina el caso de uso.	
Excepciones	4- Evento: No acepta la propuesta	
	Actor	Sistema
		Propone otro quirófano.
Postcondiciones	“Queda propuesto el quirófano para una cirugía determinada.”	

Anexo 5: Descripción del CU proponer equipo quirúrgico.

Caso de Uso:	Proponer equipo quirúrgico	
Actor:	Módulo Agenda Médica	
Resumen:	El caso de uso inicia cuando el actor realiza la petición de Proponer equipo quirúrgico, el sistema obtiene los datos correspondientes, propone el equipo y el caso de uso termina.	
Precondiciones:	Debe verificar si existe alguna afectación.	
Referencias	RF1, RF2, RF4, RF6, RF7, RF9, RF10, RF12	
Descripción	Actor	Sistema
1	Realiza la petición de proponer equipo quirúrgico y para ello brinda los datos correspondientes (fecha, especialidad de la cirugía y tipo de cirugía).	
2		Obtiene los datos correspondientes para proponer el equipo: (listado de médicos anesthesiólogos, listado de médicos cirujanos, listado de afectaciones).
3		Teniendo en cuenta los datos correspondientes y las reglas definidas, propone un equipo quirúrgico.
4	Acepta la propuesta y termina el caso de uso.	
Excepciones	4- Evento: No acepta la propuesta	
	Actor	Sistema

	Propone otro equipo quirúrgico.
Postcondiciones	“Queda propuesto el equipo quirúrgico para una cirugía determinada.”

Anexo 6: Interfaz de una planificación de guardia médica.

alashIS
SISTEMA DE INFORMACIÓN HOSPITALARIA

Agenda Médica

Usuario: Ariel Home Salir

Inicio ↴

Entidades »

- Médico
- Enfermero
- Quirófano
- Afectaciones med
- Afectaciones enf

Planificaciones »

- Consulta externa
- Guardia médica
- Enfermeras x servicios
- Intervención quirúrgica

Búsqueda »

- Consulta externa
- Intervención quirúrgica
- Guardia médica
- Enfermeras x servicio

Seleccione la fecha de inicio y fin

Fecha inicio* 2013/06/17

Fecha fin* 2013/06/19

* campos requeridos

Seleccione los servicios que desea planificar

MGI	<input checked="" type="checkbox"/>	Oftalmología	<input checked="" type="checkbox"/>
Ortopedia	<input checked="" type="checkbox"/>	Cardiología	<input checked="" type="checkbox"/>
Cirugia	<input checked="" type="checkbox"/>	Pediatría	<input type="checkbox"/>
Anestesiología	<input checked="" type="checkbox"/>	Neurología	<input type="checkbox"/>

✓ Planificar

Guardia médica

Servicio	Fecha inicio	Fecha fin	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido
MGI	6/17/13	6/18/13	Alfredo	Diaz	Hernandez
Anestesiólogo	6/17/13	6/18/13	Disney	Ortiz	Diaz
Quirúrgico	6/17/13	6/18/13	Ana	Perez	Gonzalez
Ortopédico	6/17/13	6/18/13	Yenisbel	Diaz	Diaz

« « 1 2 3 4 5 » » Fin

✓ Aceptar X Cancelar ✓ Generar PDF

Anexo 7: Interfaz de una planificación de consulta externa.

alashIS
SISTEMA DE INFORMACIÓN HOSPITALARIA

Agenda Médica
Usuario: Ariel Home Salir

Inicio ↗

Entidades »

- Médico
- Enfermero
- Quirófano
- Afectaciones med
- Afectaciones enf

Planificaciones »

- Consulta externa
- Guardia médica
- Enfermeras x servicios
- Intervención quirúrgica

Búsqueda »

- Consulta externa
- Intervención quirúrgica
- Guardia médica
- Enfermeras x servicio

Planificar consulta externa

Especialidad*

Fecha*

Hora de inicio*

Hora de fin*

Pacientes*

* campos requeridos

Proponer enfermera Proponer médico

✓ Crear consulta

Consulta externa							
Nombre Médico	Primer Apellido	Nombre Enfermera	Primer Apellido	Especialidad	Fecha	Hora inicio	Número de pacientes
Maria	Hernandez	Pedro	Pablo	Neurologia	6/18/13	8:00:00 AM	18

✓ Generar PDF

✓ Aceptar ✗ Cancelar

Anexo 8: Interfaz de una planificación de distribución de enfermeras por servicios.

alashIS
SISTEMA DE INFORMACIÓN HOSPITALARIA

Agenda Médica

Usuario: Ariel Home Salir

Seleccione la fecha de inicio y fin

Fecha inicio* 2013/06/17

Fecha fin* 2013/06/19

* campos requeridos

Seleccione la cantidad de enfermeros por cada área

Cuerpo de guardia* 1 Terapia intensiva* 1

Salas de ingreso* 1 Terapia intermedia* 1

* campos requeridos

✓ Planificar

Enfermeras por servicios

Área	Fecha inicio	Fecha fin	Nombre	Primer apellido	Segundo apellido
Cuerpo de guardia	6/17/13	6/18/13	Arami	Pelaez	Cervera
Salas de ingreso	6/17/13	6/18/13	Pepe	Gonzalez	Perez
Terapia intensiva	6/17/13	6/18/13	Ernesto	Garcia	Garcia
Terapia intermedia	6/17/13	6/18/13	Manuel	Delgado	Delgado
Cuerpo de guardia	6/18/13	6/19/13	Annia	Marrachea	Perez

1 2 3 Fin

✓ Generar PDF

✓ Aceptar X Cancelar

Inicio

Entidades »

- Médico
- Enfermero
- Quirófano
- Afectaciones med
- Afectaciones enf

Planificaciones »

- Consulta externa
- Guardia médica
- Enfermeras x servicios
- Intervención quirúrgica

Búsqueda »

- Consulta externa
- Intervención quirúrgica
- Guardia médica
- Enfermeras x servicio

Anexo 9: Interfaz de una planificación quirófano.

alashIS
SISTEMA DE INFORMACIÓN HOSPITALARIA

Agenda Médica

Usuario: Ariel Home Salir

Inicio ↪

Entidades »

- Médico
- Enfermero
- Quirófano
- Afectaciones med
- Afectaciones enf

Planificaciones »

- Consulta externa
- Guardia médica
- Enfermeras x servicios
- Intervención quirúrgica

Búsqueda »

- Consulta externa
- Intervención quirúrgica
- Guardia médica
- Enfermeras x servicio

Planificar intervención quirúrgica

Especialidad* Pacientes*

Tipo de cirugía* Cirujanos*

Fecha* Anestesiólogos*

Hora de inicio* Ayudantes*

* campos requeridos

Proponer quirófano Proponer equipo

Quirófano #: Equipo quirúrgico: Cirujanos: Maria Anestesiólogos: Felix Ayudantes: Pablo, Gonzalo y Raidel

+ + +

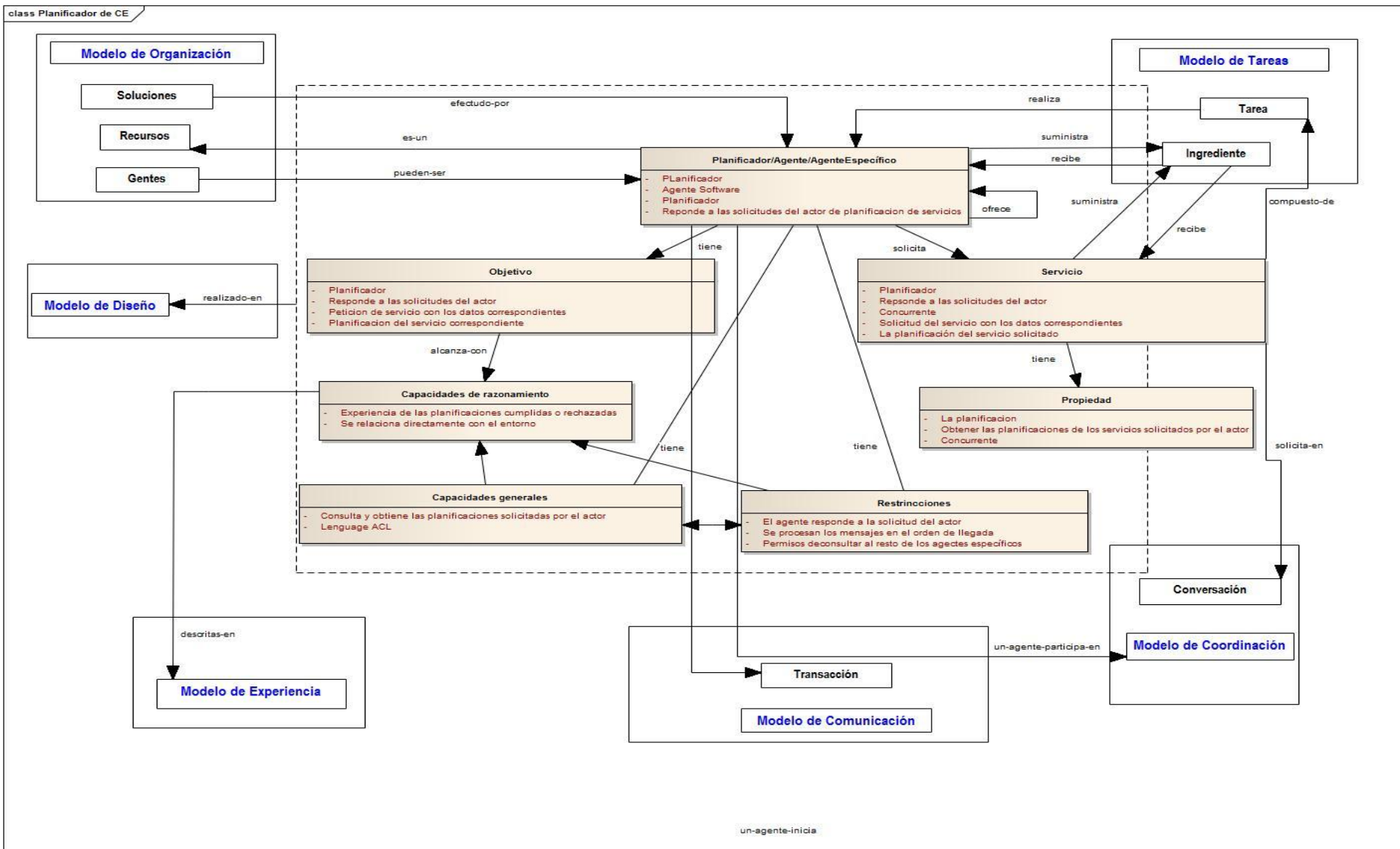
✓ Crear cirugía ✓ Cambiar quirófano ✓ Editar equipo

Cirugía planificada

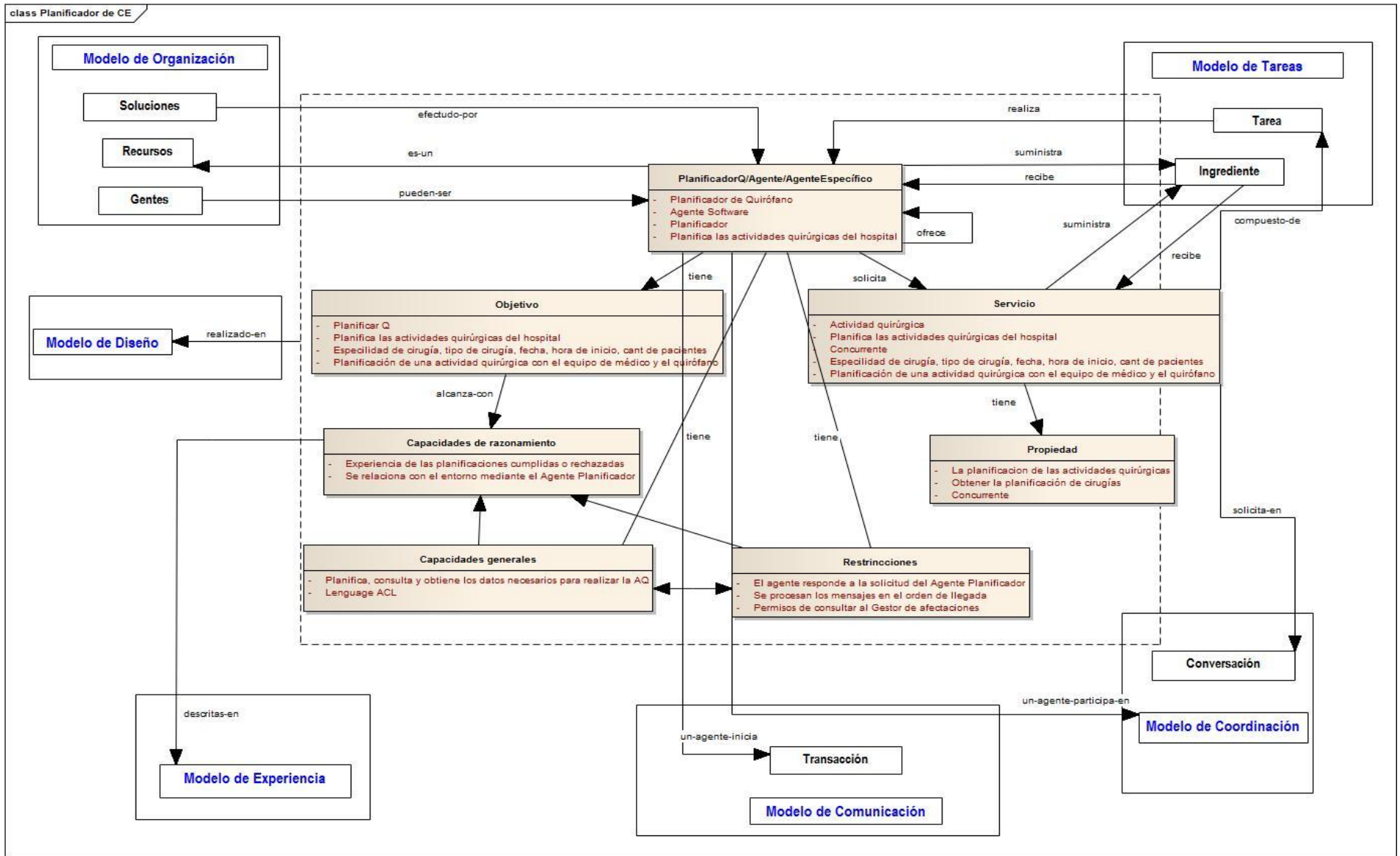
Equipo	Fecha	Hora de inicio	Especialidad	Tipo cirugía	Quirófano	Pacientes
Equipo quirúrgico: Cirujanos: Maria Anestesiólogos: Felix Ayudantes: Pablo, Gonzalo y Raidel	6/18/13	8:00:00 AM	Oftalmología	Cataratas	Quirófano #: 6	3

✓ Aceptar X Cancelar ✓ Generar PDF

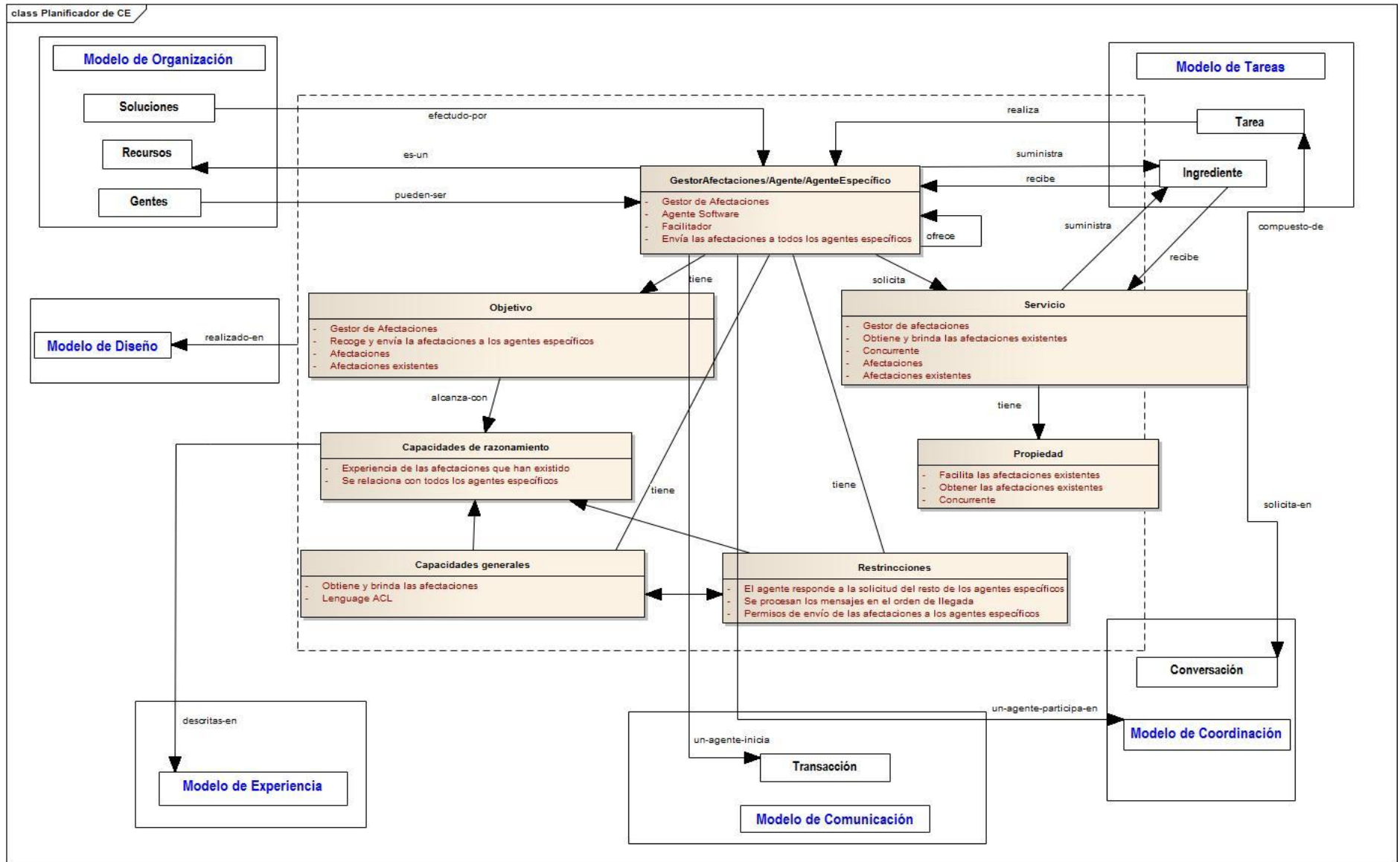
Anexo 10: Diagrama del agente planificador.



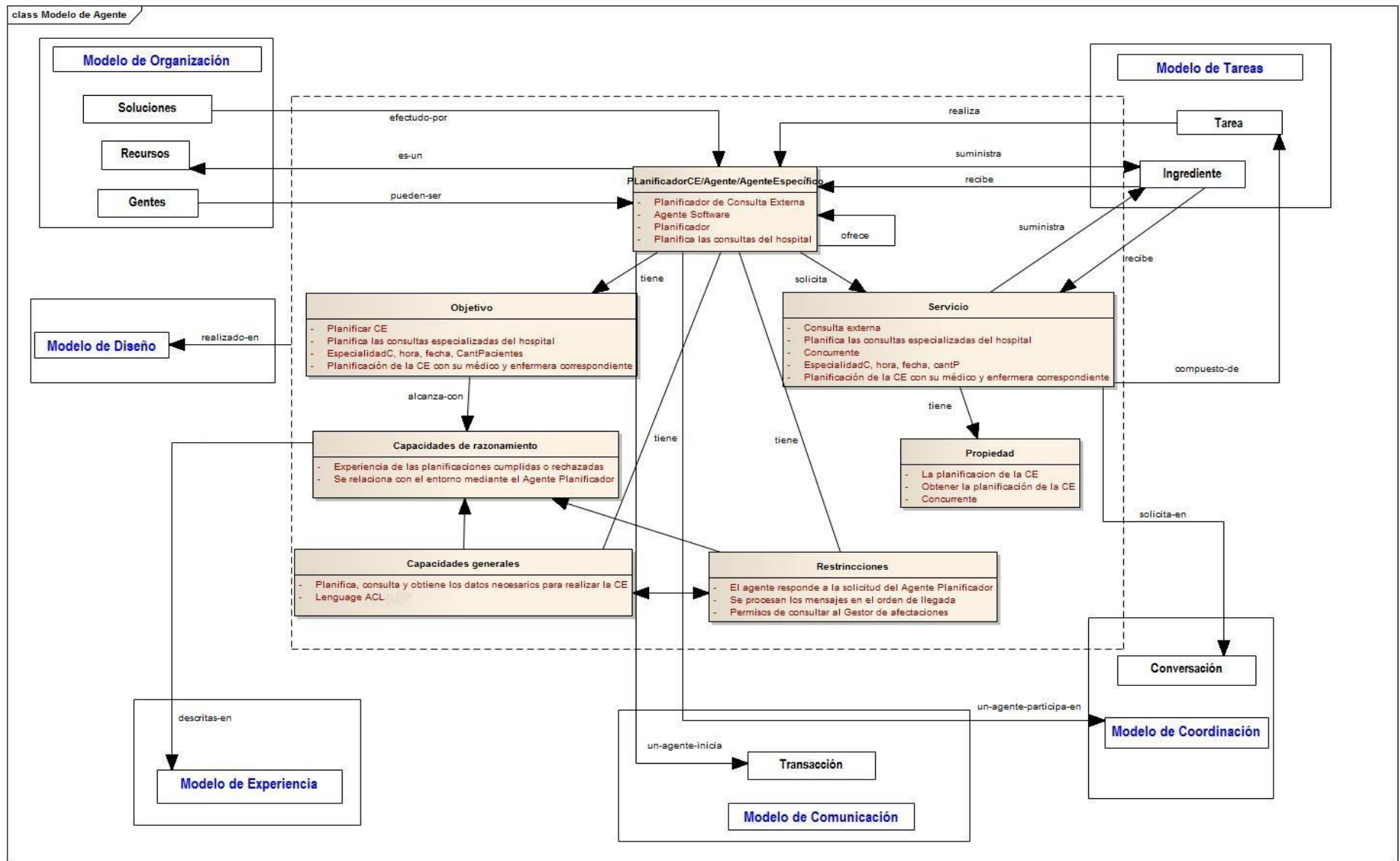
Anexo 11. Diagrama del agente planificador de quirófano.



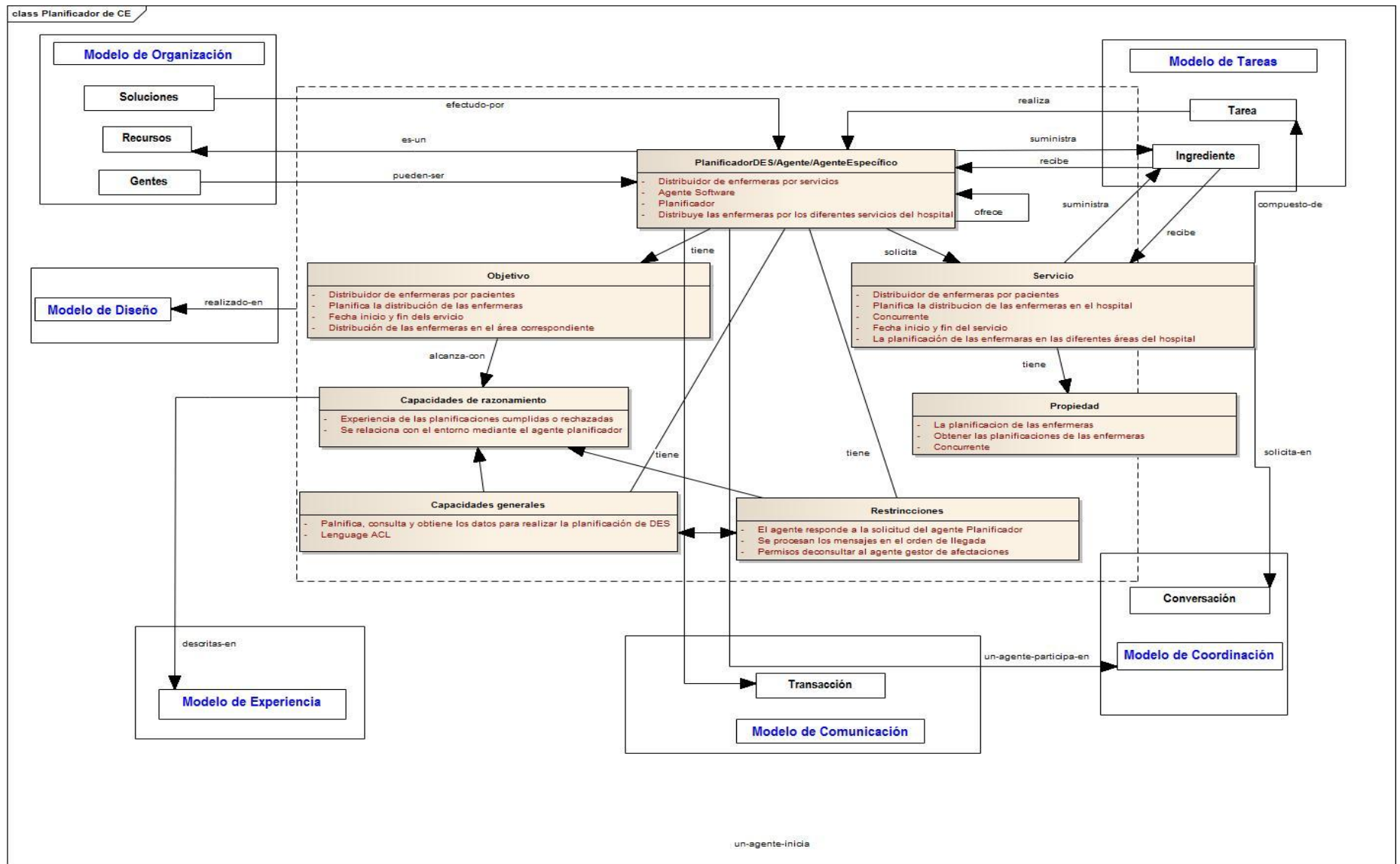
Anexo 12. Diagrama del agente gestor de afectaciones.



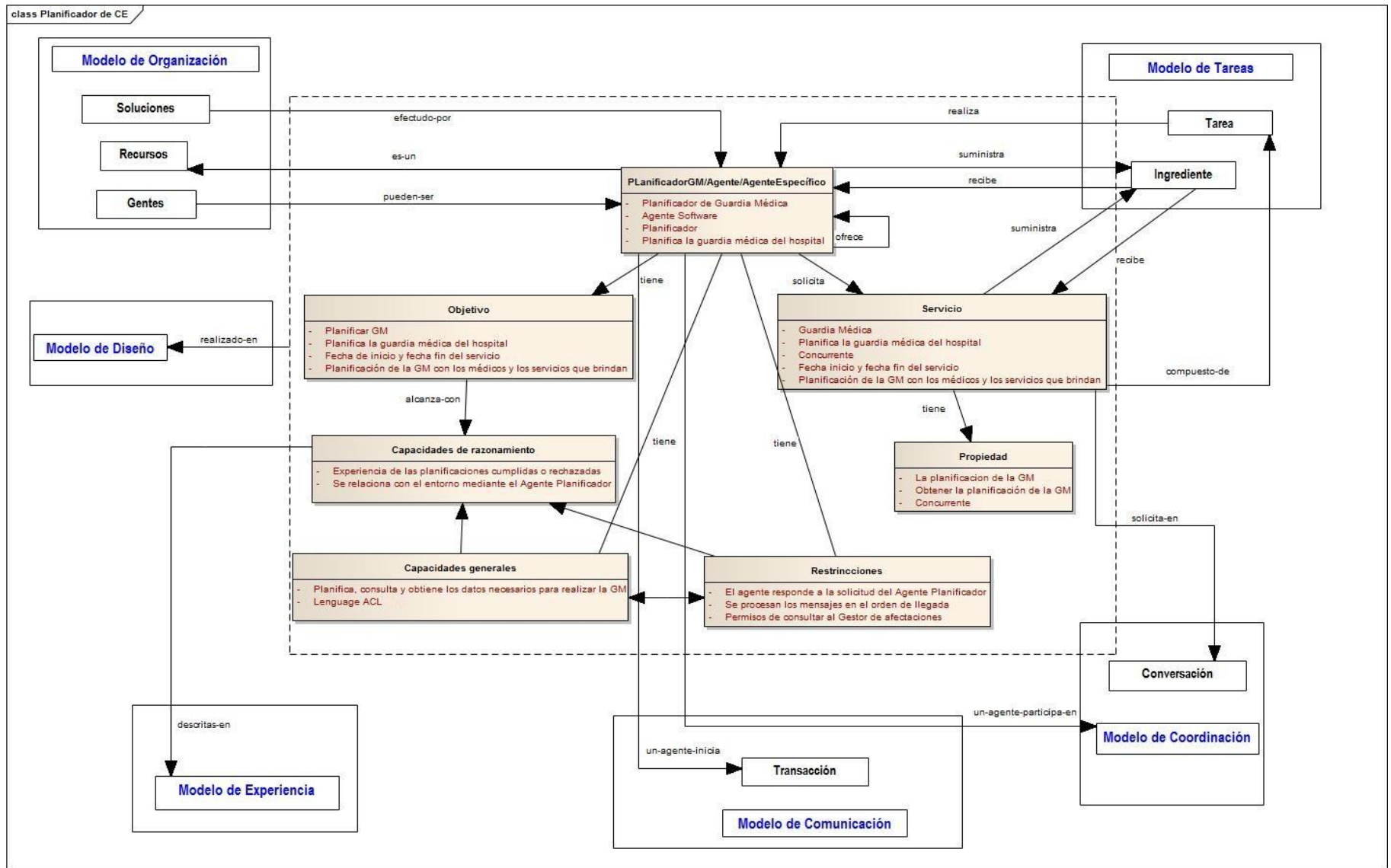
Anexo 13. Diagrama del agente planificador de consulta externa.



Anexo 14. Diagrama del agente distribución de enfermeras por servicios.



Anexo 15. Diagrama del agente planificador de guardia médica.



Anexo 15. Diagrama de clases del sistema de agentes.

