



Universidad de las Ciencias
Informáticas

Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 2

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

**Sistema de soporte a las decisiones clínicas
relacionadas con el diagnóstico precoz del
cáncer de mama**

AUTORES: Mario Agustín Ferrer Brossard
Fernando Valdivia Navarro

TUTOR: Ing. Froilán Domínguez González
CO-TUTOR: Ing. Alfredo José Chiong Zaldivar

La Habana, junio de 2015
“Año 57 de la Revolución”

PENSAMIENTO

*El fin de la ciencia no es abrir la
puerta al saber eterno, sino poner
límite al error eterno.*

Galileo Galilei



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaramos ser autor(es) de la presente tesis y reconocemos a la UCI, Universidad de las Ciencias Informáticas, los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

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

Fernando Valdivia Navarro

Firma de Autor

Mario Agustín Ferrer Brossard

Firma de Autor

Froilán Domínguez González

Firma de Tutor

Alfredo José Chiong Zaldívar

Firma de Co-Tutor

AGRADECIMIENTOS

Mario:

Les agradezco a mis padres en especial a mi ángel de la guarda y tutora de toda la vida, mi madre Odalis Brossard Nápoles...

A toda mi familia... especialmente a mis abuelos (Rosa y Rubén) por guiarme en mis primeros pasos.

A mis hermanos de sangre...

A mis hermanos de la vida...

A mis amigos...

A mis compañeros de estudio...

A todas aquellas personas que aportaron su granito de arena y confiaron siempre en mí...

A mi compañero de tesis y mi tutor (Froilán), ya que a base de trabajo, risas y críticas siempre constructivas, llegamos a ser un buen equipo y más que un equipo una familia. Gracias tutor por su dedicación y el valor de asumir el reto de guiarnos sin temor alguno.

A todos MUCHAS GRACIAS...

Fernando:

En este momento tan especial de mi vida quisiera agradecer a toda mi familia y amigos en general, a todos aquellos que creyeron en mí y siempre estuvieron ahí para apoyarme...

Agradecer en especial a mi mamá Isabel Navarro Moreno, mi papá Fernando Valdivia Rodríguez y mi hermano Fabian Valdivia Navarro, por su confianza, dedicación y entrega, los quiero mucho... a mi abuelos que sin ellos no hubiera sido posible ser el hombre que soy hoy, a mi novia Deliannis Pérez Rosa por tener la paciencia de soportarme estos años de estudiante y lo que están por venir, que sepas que te amo. A todos mis amigos les agradezco por su comprensión... A mi nueva familia que me ha acogido como uno más de los suyos, siempre tan atentos y preocupados por mí. A mi compañero de tesis y tutor por su dedicación y entrega, gracias a ellos fue posible convertir en fácil lo que otros vieron imposible.

Gracias por todo...

RESUMEN

Por la importancia que tiene la salud en Cuba y especialmente la mujer como célula fundamental de la familia, es indispensable para los especialistas la búsqueda de alternativas que permitan la detección temprana y el tratamiento adecuado del cáncer de mama. La presente investigación está enfocada en implementar un sistema de soporte a las decisiones clínicas relacionadas con el diagnóstico precoz del cáncer de mama, que funcione como componente horizontal del módulo Consulta Externa del Sistema de Información Hospitalaria. Con el desarrollo del sistema se proveerá al personal facultativo de información oportuna y precisa, útil para garantizar la calidad en la atención médica. Para la realización del mismo se utilizaron las herramientas OpenCDS como servicio de soporte a la decisión y Drools Guvnor para la creación de las reglas que conforman el módulo de conocimiento relacionado con el cáncer de mama, además se garantizó que el intercambio y mensajería de los datos estuviese basado en estándares. Como resultado final se obtuvo un servicio de soporte a las decisiones clínicas relacionadas con el diagnóstico precoz del cáncer de mama, que brinda recomendaciones al personal facultativo que interactúa con el módulo de Consulta Externa, en cuanto a la realización de exámenes clínicos a los pacientes en el tiempo adecuado.

Palabras claves: cáncer, mama, sistema, decisiones, diagnóstico, estándares, información, recomendaciones, exámenes.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS DE LOS SISTEMAS DE SOPORTE A LAS DECISIONES CLÍNICAS.....	15
1.1. Enfermedades crónicas no transmisibles. Cáncer de mama.	15
1.2. Sistemas de Información Clínicos.	16
1.2.1. Componentes de un Sistema de Información Clínico.	17
1.3. Componente de Soporte a las Decisiones Clínicas.	18
1.3.1. Evolución de los Sistemas de Soporte a las Decisiones Clínicas.	18
1.3.2. Estructura de los Sistemas de Soporte a las Decisiones Clínicas.	20
1.4. Sistemas Expertos.	21
1.5. Estándar de intercambio de datos y mensajería.....	22
1.5.1. Nivel Siete de Salud.....	22
1.5.2. Registro Médico Virtual.	23
1.5.3. Servicio de Soporte a la Decisión.....	23
1.6. Medidas del Foro Nacional de Calidad.....	24
1.7. Estándares de terminologías.....	25
1.8. Trabajos relacionados.....	25
1.9. Plataformas y herramientas.....	28
1.10. Servicios web. Arquitectura Orientada a Servicios	34
1.11. Metodología de desarrollo.....	34
1.12. Conclusiones parciales del capítulo.	35
CAPÍTULO II. PROPUESTA DEL SISTEMA DE SOPORTE A LAS DECISIONES CLÍNICAS	36
2.1. Modelo de dominio.....	36
2.2. Propuesta de solución.....	38
2.3. Requisitos funcionales.	38
2.4. Requisitos no funcionales.....	39
2.5. Arquitectura de la propuesta de solución.....	40
2.6. Componentes de la propuesta de solución.....	41
2.7. Componente de Servicio de Soporte a la Decisión de OpenCDS.....	41
2.7.1. Funcionalidades del servicio brindado.....	42

2.7.2.	Estructura de los mensajes de entrada y salida.	43
2.7.3.	Esquema estructural del VMR utilizado.	45
2.7.4.	Payload suministrado al CDSS.	45
2.7.5.	Payload de salida del CDSS.	46
2.8.	Componente Repositorio de Conocimientos.	48
2.8.1.	Medida de calidad relacionada con el diagnóstico precoz del cáncer de mama.	48
2.8.2.	Implementación de la medida de calidad.	50
2.8.3.	Lenguajes Específicos de Dominio.	53
2.9.	Diagrama de componentes.	53
2.10.	Diagrama de despliegue.	54
2.11.	Conclusiones parciales del capítulo.	55
CAPÍTULO III. PRUEBAS REALIZADAS AL SISTEMA DE SOPORTE A LAS DECISIONES CLÍNICAS.		
56		
3.1.	Interacción del CDSS propuesto con el HIS.	56
3.2.	Escenarios de prueba aplicados a las reglas definidas.	58
3.3.	Pruebas de rendimiento.	59
3.3.1.	Pruebas aplicadas a la funcionalidad evaluar datos del paciente.	60
3.4.	Conclusiones parciales.	62
CONCLUSIONES.		63
RECOMENDACIONES.		64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.		65
BIBLIOGRAFÍA.		73
ANEXOS.		80
	Anexo 1: Fragmento del knowledgeModules.	80
	Anexo 2: Enfoque estructural anidado.	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: <i>Ventajas y desventajas de las etapas de los CDSS</i>	20
Tabla 1.2: <i>Componentes de un sistema de soporte a las decisiones clínicas</i>	20
Tabla 1.3: <i>Estándares de terminologías</i>	25
Tabla 1.4: <i>Comparación entre canales de servicios empresariales</i>	30
Tabla 2.1: <i>Descripción de la entidad Paciente</i>	37
Tabla 2.2: <i>Descripción de la entidad Síntomas</i>	37
Tabla 2.3: <i>Descripción de la entidad Persona</i>	37
Tabla 2.4: <i>Descripción de la entidad Médico</i>	37
Tabla 2.5: <i>Descripción de la entidad Cuestionarios de Preguntas</i>	37
Tabla 2.6: <i>Descripción de la entidad Diagnóstico</i>	37
Tabla 2.7 <i>Descripción de la entidad HIS</i>	38
Tabla 2.8: <i>Descripción de la entidad Sistema</i>	38
Tabla 2.9: <i>Descripción de la entidad Base de Conocimientos</i>	38
Tabla 2.10: <i>Descripción de la entidad Documentos Clínicos</i>	38
Tabla 2.11: <i>Requisitos funcionales</i>	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: *Tendencias del uso del canal empresarial WSO2*..... 30

Figura 2.1: *Modelo de dominio del sistema propuesto*..... 36

Figura 2.2: *Modelo de interacción entre el HIS y el CDSS*..... 41

Figura 2.3: *Solicitud a la funcionalidad evaluar datos del paciente*. 43

Figura 2.4: *Sección kmEvaluationRequest*. 44

Figura 2.5: *Sección data*..... 44

Figura 2.6: *Respuesta del CDSS*..... 45

Figura 2.7: *Payload suministrado al CDSS*..... 46

Figura 2.8: *Payload de salida*. 47

Figura 2.9: *Fragmento de la respuesta asociada a la región Denominador*. 48

Figura 2.10: *Fragmento de la respuesta asociada a la región Numerador*..... 48

Figura 2.11: *Regla Pre_MetodoDeterminaciónConceptoRequerido_NQF*. 51

Figura 2.12: *Regla Denominador*..... 51

Figura 2.13: *Ejemplo de variables internas*..... 52

Figura 2.14: *Regla Numerador*. 52

Figura 2.15: *Regla Post_CrearSalida*. 52

Figura 2.16: *Ejemplo de DSL*..... 53

Figura 2.17: *Ejemplo de código Drools*..... 53

Figura 2.18: *Diagrama de componentes*..... 54

Figura 2.19: *Diagrama de despliegue*..... 54

Figura 3.1: *Primer Escenario*. 57

Figura 3.2: *Segundo Escenario*. 57

Figura 3.3: *Tercer Escenario*. 58

Figura 3.4: *Escenarios de pruebas*. 58

Figura 3.5: *Resultados de las pruebas*. 59

Figura 3.6: *Informe resumido para la funcionalidad evaluar datos del paciente*. 60

Figura 3.7: *Gráfico de resultados de la funcionalidad evaluar datos del paciente*. 61

Figura 3.8: *Visualizador Spline para la funcionalidad evaluar datos del paciente*. 61

INTRODUCCIÓN

Con el triunfo de la Revolución Cubana, la medicina opta por un enfoque humanista y de justicia social. La población es favorecida con acceso pleno a los servicios de salud sin costo alguno, bajo el principio de que la salud es un derecho social inalienable (1). Para garantizar la calidad de dichos servicios se pretende que el diagnóstico y/o tratamiento que sugiere el médico sea inmediato, adecuado y seguro para los pacientes.

El Ministerio de Salud Pública (MINSAP) es el organismo rector del Sistema Nacional de Salud (SNS) encargado de dirigir, ejecutar y controlar la aplicación de la política del Estado y del Gobierno en cuanto a la salud pública, el desarrollo de las Ciencias Médicas y la Industria Médico Farmacéutica (2). Dicho ministerio ha identificado un conjunto de programas de salud que han regido hasta el momento la actividad del SNS para el logro de los propósitos y objetivos fundamentales de la salud pública (3).

En 1987 se estableció el Programa de Reducción de la Mortalidad por Cáncer; este documento fue modificado y en 1994 se convirtió en el Programa Nacional de Control de Cáncer. Entre sus acciones contempla la educación sanitaria a la población, la prevención, el diagnóstico precoz, el tratamiento eficaz y la atención al paciente sin posibilidades de curación y con dolor (4). El Subprograma Nacional de Diagnóstico Preclínico y Precoz de Cáncer Mamario, forma parte de dicho programa (5).

El cáncer de mama (CM), consiste en el crecimiento descontrolado de las células mamarias. El término hace referencia a un tumor maligno que se ha desarrollado a partir de células mamarias. Los tumores malignos son cancerosos. De no ser controladas, las células malignas pueden propagarse más allá del tumor original hacia otras partes del cuerpo (6). Dicha enfermedad puede aparecer en ambos sexos aunque con mayor frecuencia en las mujeres (7).

Según reportes publicados en el 2014 por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el CM en las mujeres ocupa la segunda posición en cuanto al número de muertes, con más de 92.000 en las Américas. Específicamente en la región de América Latina y el Caribe, dicha afección registra el 15% de las defunciones (8). En Cuba se observa una tendencia ascendente de pacientes con CM en los últimos años; para el 2014 el número de defunciones fue de 1536 (9), lo que representa una tasa de 27,5 por cada 100 000 habitantes, siendo el género femenino el más afectado. La enfermedad se registra actualmente como la cuarta causa de muerte, según el Anuario Estadístico de Salud emitido por el MINSAP (9). Por la importancia que tiene la salud en el país y especialmente la mujer como célula fundamental de la familia, se hace indispensable para los

especialistas la búsqueda de alternativas que permitan el diagnóstico precoz y el tratamiento adecuado de sus síntomas.

El diagnóstico se ha definido tradicionalmente como el arte de identificar una enfermedad por sus signos y síntomas. El médico utiliza la información obtenida de la historia clínica y los exámenes físicos y mentales, para desarrollar una lista de posibles causas de los trastornos presentados por el paciente (10). De una acertada toma de decisiones clínicas en el diagnóstico por parte de los médicos, depende en gran medida la seguridad e integridad del paciente. Siendo este tema objeto de preocupación mundial, debido al peligro que representa para la humanidad la abundante tasa de errores médicos que anualmente cuesta la vida a millones de personas (11; 12).

En Cuba, se trabaja en incorporar las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en el sector de la salud. Entre las instituciones con profesionales dedicados a llevar adelante dicha tarea se encuentra la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), centro de estudios universitarios que se especializa en el desarrollo de *software*.

El Centro de Informática Médica (CESIM) perteneciente a dicha universidad, desarrolló el Sistema de Información Hospitalaria (por sus siglas en inglés HIS). Dicho sistema permite la optimización de los recursos humanos y minimiza los inconvenientes y morosidades que existen en el proceso de atención al paciente. Permite obtener reportes e informes estadísticos, en dependencia del área o servicio que lo requiera de una forma rápida y confiable, dando lugar a mejoras en la calidad de vida de los pacientes y de los servicios de salud que se prestan. Este sistema está compuesto por varios módulos, dirigidos a gestionar la información de los servicios que se brindan en la institución hospitalaria, dentro de los que se encuentran; Laboratorio, Enfermería, Admisión, Farmacia, Epidemiología, Consulta Externa y otros. (13)

El módulo Consulta Externa está enfocado a la gestión de las consultas realizadas a los pacientes a partir de las especialidades en las que son atendidos. Brinda además, funcionalidades para el personal facultativo que le permiten registrar los diagnósticos clínicos. El personal que hace uso de estas funcionalidades en las consultas, puede presentar dificultades para el diagnóstico de enfermedades como el cáncer de mama. Entre estas deficiencias se encuentran:

- Dificultad en el diagnóstico precoz, ya que la patología resulta compleja de detectar por el personal facultativo (14), el cual no cuenta durante la asistencia clínica con acceso a recursos de información médica; impidiendo que se realice el tratamiento adecuado de los pacientes cuando aún existe un alto potencial de curación.

- Insuficiente procesamiento de la información relacionada con el paciente (14), lo que eleva considerablemente la posibilidad de que ocurran errores clínicos como las cascadas diagnósticas¹, generando un alto costo por concepto de hospitalización para las instituciones sanitarias.
- Demoras en el diagnóstico de los pacientes (14), considerando la ausencia de la tecnología necesaria en algunos centros asistenciales para la realización de los exámenes de detección precoz; lo que puede provocar un agravamiento de la enfermedad por la falta de tratamiento oportuno, reduciendo la calidad de vida de los pacientes e implicando que se les apliquen tratamientos más agresivos y con mayor posibilidad de recurrencia.

Por lo anteriormente planteado se define como **problema a resolver**: ¿cómo apoyar el proceso de toma de decisiones clínicas relacionadas con el diagnóstico precoz a pacientes con cáncer de mama? enmarcado en el **objeto de estudio**: la toma de decisiones clínicas en las instituciones hospitalarias, centrado en el **campo de acción**: la toma de decisiones clínicas relacionadas con el diagnóstico precoz del cáncer de mama, en el Sistema de Información Hospitalaria.

Para dar cumplimiento al problema planteado se define como **objetivo general de la investigación**: implementar un sistema de soporte a las decisiones clínicas relacionadas con el diagnóstico precoz del cáncer de mama, que funcione como componente horizontal al módulo de Consulta Externa correspondiente a la solución integral del Sistema de Información Hospitalaria.

Se propone como **idea a defender**: Con la implementación de un sistema de soporte a las decisiones clínicas relacionadas con el diagnóstico precoz del cáncer de mama, se proveerá al personal facultativo de información precisa y oportuna, útil para garantizar la calidad en la atención médica.

Para lograr el objetivo propuesto se plantean las siguientes **tareas de la investigación**:

- Elaborar el marco teórico de la investigación identificando los principales conceptos, limitaciones y ventajas de los sistemas de soporte a las decisiones clínicas.
- Realizar un estudio de sistemas de soporte a las decisiones clínicas relacionadas con el diagnóstico precoz del cáncer de mama a nivel internacional y nacional.

¹ *Sucesión escalonada de pruebas o técnicas de laboratorio, radiológicas, fisiológicas, biopsias, para buscar una etiqueta diagnóstica.*

- Valorar las herramientas y tecnologías necesarias para el desarrollo de la solución propuesta.
- Implementar un sistema de soporte a las decisiones clínicas relacionadas con el diagnóstico precoz del cáncer de mama.
- Realizar pruebas al sistema propuesto a partir de herramientas para analizar y medir el desempeño de las aplicaciones y su interacción con el Sistema de Información Hospitalaria.

Los **métodos de investigación** utilizados se muestran a continuación:

Métodos Teóricos:

- Bibliográfico: evidenciado en el conjunto de técnicas y estrategias empleadas para localizar, identificar y acceder a la literatura especializada que contiene la información adecuada para la investigación, lo que permitió adoptar enfoques teóricos relacionados con el objeto de estudio.
- Histórico-lógico: para investigar y analizar brevemente la evolución de los sistemas de soporte a las decisiones clínicas y realizar el estudio del estado del arte de los sistemas relacionados con el cáncer de mama, con el objetivo de lograr una mejor comprensión del campo de acción.

Métodos Empíricos:

- Observación: mediante este método se valoraron los avances realizados en el estudio de las diferentes herramientas y tecnologías a utilizar, identificando los perfiles de integración adecuados para dar cumplimiento al objetivo general.

El documento está estructurado en tres capítulos, cuyo contenido se describe a continuación:

Capítulo I. Fundamentos Teóricos-Metodológicos de los Sistemas de Soporte a las Decisiones Clínicas: agrupa los principales conceptos asociados a la investigación. Se desarrollan temas relacionados con el cáncer de mama y los sistemas de soporte a las decisiones clínicas. Incluye además cuestiones esenciales para comprender el objeto de estudio, el estado del arte, las tecnologías y herramientas necesarias para darle cumplimiento al objetivo general.

Capítulo II. Propuesta del Sistema de Soporte a las Decisiones Clínicas: se especifica la arquitectura del sistema de soporte a las decisiones clínicas relacionadas con el cáncer de mama propuesto y se explican cada uno de los componentes que conforman la misma. Se definen los requisitos funcionales y no funcionales con que cuenta la propuesta de solución. Se describe la

estructura de los mensajes de entrada y salida al sistema, así como el proceso de implementación de la medida de calidad utilizada como módulo de conocimientos.

Capítulo III. Pruebas internas realizadas al Sistema de Soporte a las Decisiones Clínicas: se describen las pruebas internas realizadas a la solución propuesta teniendo en cuenta su integración con el módulo de Consulta Externa del Sistema de Información Hospitalaria. Se evidencia la confiabilidad de la medida de calidad implementada y se muestran los resultados obtenidos a partir de la realización de pruebas de rendimiento al servicio web brindado.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS DE LOS SISTEMAS DE SOPORTE A LAS DECISIONES CLÍNICAS

En el presente capítulo se describen los principales conceptos contenidos en el campo de acción del problema científico a resolver. Se ofrece una breve descripción de los sistemas de soporte a las decisiones clínicas relacionadas con el cáncer de mama. Se fundamenta la selección de las tecnologías y herramientas necesarias para dar cumplimiento al objetivo general propuesto, así como la metodología a utilizar para el desarrollo del sistema.

1.1. Enfermedades crónicas no transmisibles. Cáncer de mama.

Se nombra Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT), a las afecciones² de larga duración y por lo general de progresión lenta (15). Dentro del grupo de las ECNT están algunos tipos de cáncer, entre los que se encuentra el cáncer de mama o carcinoma³ mamario.

La ciencia aún no conoce totalmente la causa o causas que pudieran originar el cáncer de mama, cualquier persona puede padecer de la enfermedad (16). Sin embargo existen factores de riesgo que aumentan la posibilidad de desarrollar este tipo de cáncer.

Los siguientes factores pueden elevar el riesgo de una mujer a desarrollar el cáncer de mama:

- Género: Las mujeres tienen 200 veces más probabilidades de sufrir cáncer mamario que los hombres. (17)
- Edad: Las posibilidades aumentan a medida que la mujer envejece y, en la mayoría de los casos, la enfermedad aparece en mujeres de más de 50 años. (17)
- Antecedentes personales de cáncer de mama: Una mujer que ha sufrido esta patología con anterioridad, tiene una probabilidad del 1 % al 2 % por año de desarrollar un segundo cáncer de mama, si no tiene otros factores de riesgo. (17)

La serie de pruebas necesarias para evaluar un posible cáncer de mama usualmente comienza cuando una mujer o su médico descubren una masa o calcificaciones anormales mediante una mamografía de detección, o un bulto o un nódulo en la mama durante un examen clínico o un autoexamen. (17)

² Enfermedad, dolencia.

³ Tumor maligno que se forma a partir del tejido epitelial de los órganos.

En Cuba se utilizan como métodos para el diagnóstico precoz del CM el autoexamen, el examen clínico de las mamas, la mamografía y la biopsia (muestras de tejido mamario) aspirativa con aguja fina (BAAF), esta última es una prueba generalmente ambulatoria capaz de brindar un diagnóstico de alta precisión (21; 22). Por lo general, dichas pruebas de detección se realizan en una clínica, un hospital o un consultorio médico y pueden usarse para diagnosticar el cáncer de mama o realizar un seguimiento después de diagnosticado el mismo.

Sin embargo los exámenes clínicos de mama y los autoexámenes no son tan exactos en el diagnóstico precoz de la patología. Actualmente la mejor forma de descubrir el cáncer de mama es mediante una mamografía. (20)

La mamografía es una radiografía que sirve para encontrar cambios en la mama de mujeres que no presentan signos o síntomas de la enfermedad. Este examen se trata de un procedimiento muy sencillo e inofensivo, pues la dosis de radiación empleada es aproximadamente la misma cantidad que recibe un paciente en su entorno natural durante un lapso de alrededor de siete semanas (21). La mamografía tiene el mayor impacto en la reducción de la mortalidad por cáncer de mama, pues logra la identificación de lesiones mínimas, cuando aún no son palpables incluso por los especialistas (21). La mamografía no es una prueba diagnóstica definitiva, por lo que las personas con resultado positivo deben someterse a pruebas de diagnóstico más seguras para confirmar la enfermedad (ejemplo una biopsia) (22).

Contar con un programa de detección precoz es fundamental para mantener el CM bajo control y pesquisar los casos desde su etapa inicial. La importancia de las pruebas de cribado⁴ para hacer un diagnóstico precoz, se debe a que aumentan las posibilidades de curación y garantizan una mayor supervivencia de los pacientes. Para garantizar la calidad asistencial, es importante educar a los pacientes sobre los factores de riesgo y la detección precoz del cáncer de mama.

1.2. Sistemas de Información Clínicos.

Un Sistema de Información Clínico (por sus siglas en inglés CIS) es un sistema informático diseñado para recopilar, almacenar, manipular y poner a disposición información clínica importante para el proceso de atención sanitaria. Dichos sistemas pueden estar limitados en alcance a una sola área o pueden ser más generalizados e incluyen prácticamente todos los aspectos de información clínica. (23)

⁴ *Evaluación masiva de sujetos asintomáticos para detectar una enfermedad específica.*

Los CIS proporcionan un repositorio de datos clínicos donde se encuentran almacenados datos del paciente tales como la historia clínica. El repositorio permite la codificación de la información, con el objetivo de ayudar a los médicos a decidir sobre la condición del paciente, las opciones de tratamiento y las actividades de bienestar. (23)

Algunas de las áreas abordadas por los CIS son:

- Historia Clínica Electrónica (HCE): conjunto de documentos que contienen los datos, valoraciones e informaciones de cualquier índole, sobre la situación y la evolución clínica de un paciente a lo largo del proceso asistencial. (24)
- Ayuda a la decisión clínica: proporciona a los usuarios las herramientas para adquirir, manipular, aplicar y mostrar la información apropiada para ayudar en la toma de decisiones clínicas correctas, oportunas y basadas en la evidencia.

1.2.1. Componentes de un Sistema de Información Clínico.

Los CIS modernos están compuestos por múltiples componentes, donde el verdadero desafío reside en lograr una adecuada articulación de cada uno de ellos. Estos componentes no solo están conformados por piezas de *software*, sino también por recursos humanos y tecnológicos. (25)

Algunos de los componentes de los CIS son:

- Componente de Sistemas Administrativos
- Componente de Interoperabilidad
- Componente de Servicios Terminológicos
- Componente de Registro Clínico Electrónico
- **Componente de Soporte para la Toma de Decisiones**
- Componente de Agregación de la Información

Los CIS recientes contienen estos y otros componentes, los cuales se relacionan entre ellos para cumplir el objetivo de centrar la información en los pacientes e integrarla longitudinalmente. La capacidad de proveer a los CIS del componente de soporte a la toma de decisiones es fundamental, ya que le permite al médico determinar un mejor diagnóstico y plan de tratamiento para el paciente, teniendo en cuenta sus datos históricos y los síntomas que presentan actualmente. (26)

1.3. Componente de Soporte a las Decisiones Clínicas.

Los Sistemas de Soporte a las Decisiones Clínicas (por sus siglas en inglés CDSS) tienen más de una definición proporcionada por profesionales calificados, institutos y organizaciones sin fines de lucro basada en estándares. A continuación se citan algunas de sus definiciones (27):

- Dr. Robert Hayward, (*Centre of Health Evidence*) - "Los Sistemas de Apoyo de Decisiones Clínicas vinculan las observaciones con el conocimiento de la salud, para influir en decisiones clínicas tomadas por los médicos para mejorar la atención en la salud". (28)
- HL7 (*Health Level Seven International*) - "Constituyen el acto de proporcionar a los médicos, pacientes y otros actores de la salud con conocimientos y/o persona específica, de información inteligentemente filtrada o presentada en el momento adecuado, para mejorar la atención sanitaria y el cuidado de la salud". (29)
- HIMSS (*Healthcare Information and Management Systems Society*) - "CDSS es un proceso para la mejora de las decisiones y acciones relacionadas con la salud". (30)

Se entiende por CDSS, a cualquier programa de computadora diseñado para ayudar al profesional de la salud en la toma de decisiones clínicas (31). Un CDSS se basa en proveer al médico, paciente o cualquier individuo de información específica e inteligentemente procesada en el momento adecuado para apoyar o mejorar el proceso de toma de decisiones clínicas y así garantizar un mejor proceso de atención y cuidado de los pacientes (32).

Los CDSS no toman decisiones, sólo proporcionan una guía o una referencia relativa al contexto apropiado. La importancia de los CDSS ha crecido enormemente y está creciendo constantemente, teniendo en cuenta que casi todos los hospitales actualmente cuentan con historias clínicas electrónicas de los pacientes, CIS o sistemas de información hospitalaria. (27)

1.3.1. Evolución de los Sistemas de Soporte a las Decisiones Clínicas.

Los CDSS han evolucionado rápidamente desde sus inicios en 1959 hasta nuestros días. Wright y Sittig describieron en un artículo la historia de los CDSS, dividiendo su evolución en cuatro etapas y clasificaciones (33):

- CDSS aislados, desarrollados desde 1959.
- Sistemas integrados originados en 1967.
- Sistemas basados en Estándares desde 1989.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS DE LOS SISTEMAS DE SOPORTE A LAS DECISIONES CLÍNICAS

- Modelos de servicio desde 2005.

A continuación se muestra una comparación en cuanto a las ventajas y desventajas que caracterizaron los sistemas desarrollados en cada una de las etapas:

CDSS	Ventajas	Desventajas
Aislados	<ul style="list-style-type: none"> • No requiere accesos especiales para ver la información específica del paciente o entrar a sistemas clínicos. • No hay necesidad de estandarizarlos. • Son fáciles de compartir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para emplearlos, el médico debe buscar el sistema, registrarse, introducir la información de su caso y luego leer e interpretar o sea que no son sistemas proactivos. • Demoras para el médico en el ingreso de los datos, ya que cuando los mismos se encuentran en otros sistemas deben ser cargados manualmente.
Integrados	<ul style="list-style-type: none"> • Los médicos no tienen que cargar los datos contenidos en los otros sistemas. • Pueden ser proactivos, pueden alertar al usuario sobre interacciones entre drogas o errores en las dosis. 	<ul style="list-style-type: none"> • No son fáciles de compartir, estos sistemas creados para interactuar con un tipo específico de sistema clínico.
Basados en estándares	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de estándares para representar, codificar, almacenar y compartir el conocimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Existen muchos estándares para representar el conocimiento. • Todo estándar limita lo que el usuario pretende ingresar en la regla.

Modelo de servicio	<ul style="list-style-type: none"> • Son sistemas versátiles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitan a los sistemas clínicos que los utilizan a interactuar solo con sus interfaces definidas.
--------------------	--	---

Tabla 1.1: Ventajas y desventajas de las etapas de los CDSS.

Si bien los cuatro modelos propuestos fueron secuenciales en el tiempo, existen CDSS que se encuentran en desarrollo y responden a características específicas de cada uno. El tiempo ha ido inclinando la balanza a favor de los modelos más recientes y ha disminuido el uso de sistemas aislados, aunque no han sido completamente reemplazados.

1.3.2. Estructura de los Sistemas de Soporte a las Decisiones Clínicas.

En un Sistema de Información Clínico los CDSS están conformados por los siguientes componentes (32):

Sistema de Soporte a las Decisiones Clínicas		
Bases de conocimiento		Motor de inferencia
Información Centrada en el paciente.	Información Basada en el conocimiento.	Administrador de Reglas.
		Productos de salida <ul style="list-style-type: none"> • Recordatorios. • Alarmas. • Sugerencias Diagnósticas. • Acceso a Fuentes de Información.

Tabla 1.2: Componentes de un sistema de soporte a las decisiones clínicas.

Bases de conocimiento: consisten en el repositorio de información clínica (tanto centrada en el paciente como basada en el conocimiento médico) que alimenta las reglas⁵.

- Basada en el conocimiento: es la información contenida en la literatura, tanto en libros, publicaciones periódicas, bases de referencias bibliográficas, etc.

⁵ Es la representación del conocimiento médico en un dominio particular que respeta el flujo lógico de la decisión médica para llegar a tomar una decisión.

- Centrada en el paciente: la información referida a la carga mórbida de los pacientes, generalmente contenida en las historias clínicas.

Motor de reglas o inferencia: lugar donde se almacenan y administran las reglas que son ejecutadas por elementos desencadenantes o por monitores de eventos clínicos.

Productos de salida: son los diferentes resultados que generan las reglas. Los productos de salida pueden ser clasificados en:

- Recordatorios (34).
- Alarmas (35).
- Sugerencias diagnósticas (36).
- Acceso contextual a fuentes de información (37).

Lograr disponer de un CDSS y su implementación efectiva durante el proceso asistencial, ha demostrado ser una de las intervenciones más efectivas de la informática biomédica en la mejoría de la calidad asistencial y la seguridad de los pacientes (38; 39).

1.4. Sistemas Expertos.

Un Sistema Experto (SE), puede definirse como una rama de la Inteligencia Artificial (IA), que se basa en imitar el razonamiento de un experto para resolver problemas de su dominio (ejemplo: el médico realizando un diagnóstico) (40). Una de las características principales de los SE clásicos es que están basados en el conocimiento, es decir, contienen conocimientos predefinidos que se utilizan para tomar todas las decisiones. Los mismos pueden contener gran cantidad de información y sus bases de conocimientos pueden ser actualizadas o ampliadas con facilidad. Entre sus principales ventajas se encuentran:

- Permanencia: A diferencia de un experto humano un SE no envejece y por tanto no sufre pérdida de facultades con el paso del tiempo.
- Replicación: Una vez programado un SE, puede ser replicado infinidad de veces.
- Rapidez: Un SE puede obtener información de una base de datos y realizar cálculos numéricos mucho más rápido que cualquier ser humano.
- Entornos peligrosos: Un SE puede trabajar en entornos peligrosos o dañinos para el ser humano.

- Fiabilidad: Los SE no se ven afectados por condiciones externas, un humano sí (cansancio, presión, etc.).
- Consolidar varios conocimientos.
- Apoyo Académico.

Los SE son aplicados en ramas como: medicina, economía, psicología, finanzas, derecho y prácticamente todas las ramas del conocimiento. (41)

Uno de los problemas de los SE en el diagnóstico es que no toman en cuenta que una persona puede tener más de una enfermedad, que los síntomas pueden ser independientes, o que el paciente puede estar fingiendo (42). Es evidente que una computadora no puede sustituir al médico. Sólo éste es capaz de razonar lógicamente y mezclar la razón con la intención, la ética, lo afectivo y la experiencia, algo que una máquina no puede hacer.

Los CDSS internamente contienen SE (43), los cuales brindan asesoría al tomar decisiones altamente especializadas sobre un área en particular. A diferencia de los sistemas expertos, los CDSS poseen un enfoque más integral ya que incluyen tareas que requieren de integración con servidores terminológicos, descubrimiento de información y manipulación o interpretación de las HCE para facilitar buenas prácticas basada en la evidencia médica (44).

1.5. Estándar de intercambio de datos y mensajería.

A medida que la salud depende crecientemente de la conectividad entre distintas instituciones, sistemas, ciudades, regiones, países, etc., la posibilidad de intercambiar información pasa a ser una necesidad crítica. La estandarización de los CDSS brinda la posibilidad de compartir su contenido. Los estándares de intercambio de datos y mensajería que brinda HL7, contienen las especificaciones o instrucciones necesarias para la estructura y formato de los datos a intercambiar.

1.5.1. Nivel Siete de Salud.

Fundada en el año 1987, el Nivel Siete de Salud (por sus siglas en inglés HL7) (45) es una organización sin fines de lucro acreditado por el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (por sus siglas en inglés ANSI). HL7 es una de las organizaciones más importantes en estándares de intercambio de información en salud. Tiene como misión proveer un marco completo de

estándares relacionados para el intercambio, la integración y la recuperación de información electrónica de salud, dando soporte a la práctica, la gestión, ejecución y evaluación clínica.

La versión estándar número tres de HL7 permite el uso de XML (*Extensible Markup Language*) y sus derivados para expresar los mensajes y cuenta con una familia de estándares entre los que se encuentran VMR y DSS. En los siguientes sub-epígrafes se brinda una breve descripción de los estándares mencionados anteriormente.

1.5.2. Registro Médico Virtual.

Un Registro Médico Virtual (por sus siglas en inglés VMR) (46) es un modelo de datos para la representación de los datos clínicos que se analizan y/o producen por los motores de Soporte a la Decisión Clínica (por sus siglas en inglés CDS). El término VMR se utiliza para referirse a una representación simplificada de la historia clínica, más adecuada y segura para manipular directamente, a fin de obtener evaluaciones y recomendaciones específicas para cada paciente.

El VMR incluye datos sobre demografía e historia clínica del paciente, así como inferencias sobre el diagnóstico al paciente (por ejemplo, recomienda intervenciones clínicas). Entre sus principales beneficios se encuentran:

- Permite el desarrollo, el intercambio y el uso generalizado de los artefactos y capacidades de los sistemas de soporte a las decisiones clínicas utilizando una tecnología de aplicación común (XML).
- Soporta, sistemas de soporte a las decisiones clínicas interoperables y escalables.

El VMR es muy flexible, por lo que resulta provechoso elegir un enfoque estructural general para la representación de los datos. Este modelo de datos ofrece dos estructuras opcionales (47):

- Anidado (como es típico en estructuras XML).
- Listado con identificadores relacionados (como es típico en las estructuras de bases de datos relacionales).

1.5.3. Servicio de Soporte a la Decisión.

El estándar de Servicio de Soporte a la Decisión (por sus siglas en inglés DSS) (48) es una de las primeras normas de salud, específicamente diseñado para soportar una Arquitectura Orientada a Servicios (por sus siglas en inglés SOA) y establece una base para la colaboración con el Grupo

de Gestión de Objetos (por sus siglas en inglés OMG). Las normas DSS especifican una interfaz estándar para proporcionar apoyo a la decisión clínica como un servicio de *software* (49).

Entre los principales beneficios que brinda DSS están:

- Soporta CDSS escalables e interoperables.
- Facilita la aplicación rentable de capacidades de apoyo a la decisión clínica.
- Promueve la interoperabilidad.
- Ayuda a definir claramente las expectativas de cómo los servicios de apoyo a las decisiones deben interactuar con los Sistemas de Información Clínicos.

Un DSS define el conjunto de comportamientos que se espera realice el motor de inferencias de los CDSS. El mismo toma los datos de los pacientes como entrada y ofrece evaluaciones y recomendaciones específicas para cada paciente. Los datos utilizados por un DSS (por ejemplo, VMR para la representación de datos del paciente) se definen a través de otros proyectos dentro de HL7.

1.6. Medidas del Foro Nacional de Calidad.

El Foro Nacional de Calidad (por sus siglas en inglés NQF) es una organización sin fines de lucro basada en membresías que trabajan para impulsar mejoras en la atención médica. El NQF está avalado con el estándar de oro para la calidad asistencial. Las medidas que implementan son válidas y están basadas en evidencia. Las mismas ayudan a (50):

- Garantizar que la atención al paciente sea más segura.
- Fortalecer la gestión de la atención crónica.
- Lograr mejores resultados de salud.

Para mejorar la calidad, primero tiene que ser medida. Una atención sanitaria de alta calidad es la que identifica las necesidades de salud (educativas, preventivas, protectoras y de mantenimiento) de los individuos o de la población de una forma total y precisa, y destina los recursos necesarios (humanos y de otros tipos) a estas necesidades de manera oportuna (51). Las medidas definidas por el NQF, teniendo en cuenta la garantía que brindan en materia de calidad asistencial, son un elemento a tener en cuenta para integrar las bases de conocimiento de los Sistemas de Soporte de las Decisiones Clínicas.

1.7. Estándares de terminologías.

La interoperabilidad sintáctica o funcional se refiere a la capacidad de lograr que los sistemas se comuniquen (que utilicen una sintaxis entendible entre ellos). La interoperabilidad semántica contiene el significado de la comunicación, el equivalente a un diccionario. La solución para alcanzar tal interoperabilidad es utilizar estándares de terminologías. Los estándares de terminología proveen codificación específica para conceptos clínicos como: patologías, lista de problemas, alergias, diagnósticos y medicamentos que pueden tener o no variantes léxicas. La siguiente tabla muestra un resumen de los principales estándares de terminología así como sus respectivas organizaciones (52):

Estándar	Descripción
CIE – 9 CIE – 10	Codificación de diagnósticos y enfermedades utilizados para facturación y epidemiología. Clasificaciones médicas.
LOINC	Terminología basada en conceptos para resultados de exámenes de laboratorio. Procedimientos y clasificaciones médicas.
ATC	Clasificación de sustancias farmacológicas y medicamentos, organizados según grupos terapéuticos.
SNOMED CT	Mapeo de conceptos clínicos con términos estándar para su descripción.
UMLS	Base de datos de más de cien terminologías médicas con herramientas para el mapeo de conceptos.

Tabla 1.3: Estándares de terminologías.

1.8. Trabajos relacionados.

Con el objetivo de lograr una mayor comprensión del campo de acción se realizó un estudio del arte tanto a nivel internacional como nacional, de los CDSS relacionados con el diagnóstico precoz del cáncer de mama. Algunos se centran en brindarle información valiosa al paciente, mientras que otros utilizan los datos suministrados del mismo para sugerir posibles diagnósticos o tratamientos al personal facultativo.

- **Internacionales.**

SAGE

El Ambiente de Orientación Activa y Compartible (por sus siglas en inglés SAGE) (53) fue un proyecto llevado a cabo en la Universidad de Stanford, con el objetivo de desarrollar tecnologías que permitieran al médico experto crear y codificar guías clínicas en un formato estándar y computable. Entre las interacciones esperadas entre el motor de guías de SAGE y un Sistema de Información Clínico se encuentran las alertas o recordatorio a los médicos, obtener y evaluar información clínica de un paciente, o realizar una actualización de la historia clínica del mismo.

SAGE representa un repositorio en línea de acceso público, con información basada en evidencia para los interesados en las normas y el intercambio de conocimientos para mejorar el control del cáncer. La información puede ser consultada por los pacientes diagnosticados con cáncer (54).

SEBASTIAN

SEBASTIAN propone una interfaz estandarizada para los módulos de soporte a la toma de decisiones clínicas, y sólo realiza consultas limitadas al sistema clínico para obtener información. Cualquier sistema clínico que interactúe con SEBASTIAN puede realizar consultas a un sistema centralizado de reglas para la toma de decisiones. Puede ser accedido vía internet y requerir un conjunto de datos que el sistema debe buscar y entregar. (55)

MBizi

MBizi es un sistema informático que proporciona recomendaciones a los médicos para un diagnóstico adecuado del cáncer de mama y el tratamiento idóneo de cada paciente. Dicho sistema almacena toda la información de los pacientes de los diferentes servicios del hospital involucrados, como radiodiagnóstico, cirugía general, anatomía patológica, oncología médica, oncología radioterápica, medicina nuclear, psicología y rehabilitación. La información está unificada y todos los profesionales de la salud tienen acceso a ella.

Está basado en tecnología web, permitiendo que los médicos puedan acceder a la información desde sus puestos de trabajo y dispositivos móviles, garantizando en todo momento la seguridad y confidencialidad de los datos médicos tratados en él. El sistema brinda al profesional nuevas herramientas de apoyo a la toma de decisiones para las pruebas diagnósticas y sobre el tratamiento más idóneo para aplicar en cada caso. (56)

Watson

El sistema experto Watson proporciona asistencia a los médicos para realizar diagnósticos y ofrecer recomendaciones de tratamiento para las personas diagnosticadas con cáncer, incluido el cáncer de mama. El mismo tiene la capacidad de interactuar con expertos humanos y recordar todo lo que haya aprendido. Watson puede procesar, analizar e interpretar el significado de toda la información relacionada con el cáncer de mama y sugerir un plan de tratamiento adaptado a la persona, utilizando la información médica disponible. (57)

DM-Scan

DM-Scan es un nuevo *software* que ayuda a determinar el riesgo de cáncer de mama. A partir de la imagen obtenida en una mamografía, el *software* cuantifica de manera objetiva la densidad de la mama (diferenciando el tejido denso del graso), un valor directamente relacionado con el riesgo de verse afectada por la patología. Ofrece una medida continua y más objetiva que la ofrecida por los médicos actualmente, basada en una inspección visual. DM-Scan incorpora técnicas de reconocimiento de formas, aprendizaje automático y visión por computador. Incluye además un modelo estadístico creado a partir de una base de datos de 650 mamografías que permite clasificar nuevas pruebas. (58)

- **Nacionales.**

No existen evidencias de sistemas de soporte a las decisiones clínicas relacionados con el diagnóstico precoz del con cáncer de mama, implementados en Cuba.

Los sistemas antes mencionados están desplegados y mantienen un elevado nivel en cuanto a la calidad de los servicios que brindan. La mayoría enfocan el diagnóstico precoz del cáncer de mama a la sugerencia u orientación de los pacientes en cuanto a la realización de la mamografía. Entre sus principales desventajas están que son sistemas desarrollados bajo tecnologías privativas y por lo general responden solo a las necesidades particulares de las instituciones para las cuales fueron desarrollados, lo que obstaculiza su integración con los sistemas desarrollados en el CESIM. En el caso particular de SEBASTIAN, limita a los sistemas clínicos que lo utilizan a interactuar solo con sus interfaces definidas, pues está sustentado en servicios web.

La inexistencia en el país de sistemas informáticos relacionados con el diagnóstico precoz del cáncer de mama que brinden apoyo a las decisiones clínicas tomadas por los profesionales de la salud, constituye un punto a tener en cuenta para el desarrollo de la presente investigación.

1.9. Plataformas y herramientas.

Partiendo del objetivo general de la investigación se realizó el estudio de las tendencias tecnológicas que permitan cumplirlo. A continuación se describen las características esenciales de cada una de las herramientas y tecnologías utilizadas.

- **Servidor de aplicaciones.**

Un servidor de aplicaciones es un dispositivo de *software* que proporciona servicios de aplicación a las computadoras cliente. Sus principales beneficios son la centralización y la disminución de la complejidad en el desarrollo de aplicaciones. (59) Entre los principales servidores de aplicaciones utilizados en la actualidad están: **JBoss AS** (60), **Oracle GlassFish Server** (61) y **WSO2 AS** (62).

JBoss AS es un servidor de aplicaciones de código abierto implementado en Java. Al estar basado en Java, **JBoss AS** puede ser utilizado en cualquier sistema operativo para el que esté disponible la máquina virtual de dicho lenguaje. Combinando una Arquitectura Orientada a Servicios (por sus siglas en inglés SOA), con una licencia GNU de código abierto, **JBoss AS** puede ser descargado, utilizado, incrustado y distribuido sin restricciones por la licencia.

Apache Tomcat es un contenedor web de código abierto con soporte de tecnologías *Java Servlet* y *JavaServer Pages*. El motor de *servlets* de Tomcat a menudo se presenta en combinación con el servidor web Apache. Tomcat es usado como servidor web autónomo en entornos con alto nivel de tráfico y alta disponibilidad. Dado que Tomcat fue escrito en Java, funciona en cualquier sistema operativo que disponga de la máquina virtual de dicho lenguaje. (63)

Se utilizó Apache Tomcat en su versión 7.0 para garantizar la disponibilidad del servicio de soporte a las decisiones y **JBoss AS v7.1.1**, dada la necesidad de ejecutar la herramienta **Drools Guvnor**.

- **Canal de servicios empresariales.**

El Canal de Servicios Empresariales (por sus siglas en inglés ESB) es una tecnología que ha surgido con el objetivo de llevar adelante la implantación de la Arquitectura Orientada a Servicios. Los ESB constituyen un elemento de integración que combina mensajería, servicios web, transformación de datos, enrutamiento y políticas de seguridad, además de permitir la interacción entre diversas aplicaciones o sistemas de una arquitectura empresarial. (64)

FUNDAMENTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS DE LOS SISTEMAS DE SOPORTE A LAS DECISIONES CLÍNICAS

Entre los distintos ESB existentes se encuentra **Mule ESB**, el cual es una plataforma de código abierto. Está basado en la plataforma Java. Incluye también un eficaz conjunto de esquemas XML. La creación de los flujos de integración se realiza de manera sencilla. (65)

También se destaca **JBoss ESB** que aprovecha las tecnologías JEMS como motor de reglas de negocio *JBoss Drools* para el enrutamiento basado en contenido y mensajería. Este enrutamiento basado en contenido puede utilizar *Jboss Drools* o *XPath*. Soporta *XSLT* y el motor de la transformación *Smooks* para XML. *JBoss ESB* se ejecuta en el servidor de aplicaciones *JBoss Server*. (66)

Otro de los canales utilizados es **WSO2 ESB** basado en *WSO2 Carbon*, el cual soporta varios protocolos de transporte y admite la comunicación entre diferentes aplicaciones. Incluye transformación y enrutamiento de mensajes, así como la gestión de la seguridad. Permite a los administradores de sistemas y arquitectos de SOA realizar de forma sencilla el enrutamiento de mensajes, la virtualización, la intermediación, la transformación, la programación de tareas, el balanceo de carga y otras funciones, al contar con una interfaz gráfica intuitiva (67). A continuación se muestra una tabla comparativa con los ESB antes mencionados. (68)

	WSO2 ESB & Plataforma SOA	MULE ESB	JBOSS ESB & Plataforma SOA
Soporta patrones de integración empresarial	Si	Si	Si
Ofrece todas las características necesarias del ESB	Si	Si	Si
Ofrece una plataforma SOA completa y coherente	Si	No	Si
Espacio gráfico de desarrollo en el ESB	Si	Si	Si
Basado en una arquitectura reparable	Si	Si	No

Conectores de la nube y adaptadores heredados	Si	Si	Si
Rendimiento	Alto	Moderado	Moderado
Seguridad e identidad de gestión	Si	Limitado	Limitado
Modelo de negocio abierto	Si	Si	No

Tabla 1.4: Comparación entre canales de servicios empresariales.

Luego de analizar algunos de los canales de servicios empresariales utilizados y teniendo en cuenta la tabla comparativa antes mostrada, el canal de servicios empresariales a utilizar es **WSO2 ESB** en su versión 4.8.1, pues demuestra ser el más potente y completo, además cuenta con mayores prestaciones y rendimiento. Las estadísticas mostradas en la siguiente gráfica respaldan la selección realizada (69):

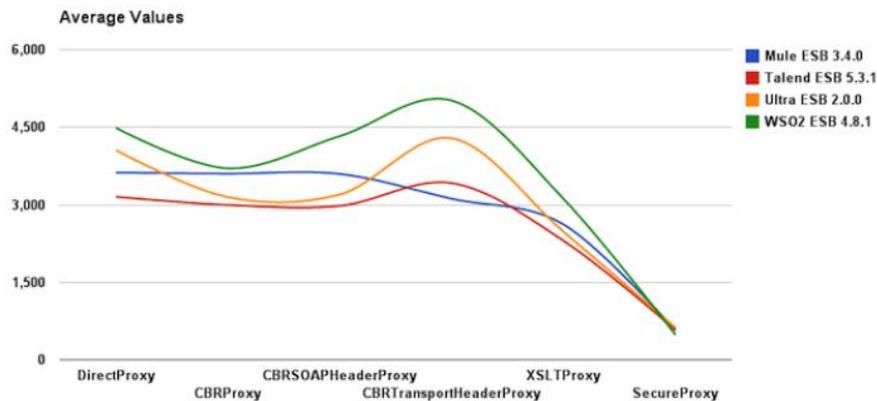


Figura 1.1: Tendencias del uso del canal empresarial WSO2.

- **Plataforma empresarial de Java**

La plataforma empresarial de Java v6 (por sus siglas en inglés JEE), se apoya en componentes de *software* modulares ejecutándose sobre un servidor de aplicaciones. Su lenguaje de programación Java es de propósito general, concurrente, orientado a objetos y basado en clases que fue diseñado específicamente para tener tan pocas dependencias de implementación como fuera posible. Esta plataforma cuenta además con una interfaz de aplicación para la persistencia y acceso a los datos. (70)

- **Entornos de desarrollo Integrado.**

Un Entorno de Desarrollo Integrado (por sus siglas en inglés IDE) es un programa compuesto por un conjunto de herramientas para el programador. Consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica. Facilitan el desarrollo ágil de programas informáticos para la web o sistemas de escritorios. Entre la gama de entornos de desarrollo existentes se destaca el uso del sistema **Visual Studio** (71), el cual es de fácil manipulación y posee soporte para diferentes lenguajes de programación. **JBoss Developer Studio** (72) es otro de los entornos de desarrollo comúnmente utilizados, este incluye un amplio conjunto de potencialidades en sus herramientas y soporte para múltiples modelos y marcos de programación.

Eclipse (73) es una herramienta que permite integrar diferentes aplicaciones, es de código abierto y multiplataforma. Constituye una potente y completa plataforma de programación, desarrollo y compilación.

Netbeans (74), es un IDE multilenguaje y multiplataforma. Está escrito en Java pero puede ser utilizado para el trabajo con otros lenguajes de programación. Es un producto libre y gratuito sin restricciones de uso.

En el caso particular de **Netbeans** y **Eclipse**, ambos son potentes herramientas, la sintaxis no varía de un IDE a otro, lo que varía son las prestaciones que ofrece cada uno. No se puede afirmar cuál de los dos es mejor, la elección depende de cual se adapte más a las necesidades o resulte más cómodo para el usuario. Para dar solución a la problemática planteada se utilizará como entorno integrado de desarrollo **Netbeans** v8.0.1.

- **Lenguaje de Modelado Unificado**

El Lenguaje de Modelado Unificado (por sus siglas en inglés UML), es un lenguaje de modelado gráfico para la especificación, construcción, visualización y documentación de sistemas de *software* orientados a objetos. Proporciona una forma estándar de escribir los planos de un sistema, cubriendo tanto los elementos conceptuales como: procesos del negocio y funciones del sistema. (75) Se utilizó UML en su versión 2.1.

- **Herramientas de modelado.**

Las herramientas de modelado de sistemas se utilizan para la visualización en diagramas de los productos que se van a desarrollar. Entre dichas herramientas se destaca **Enterprise Architect**, la cual es privativa, facilita la realización de las etapas del ciclo de vida de un programa informático

tales como análisis, diseño, pruebas y mantenimiento y brinda apoyo a la generación de código ejecutable a partir de reglas de negocio (76). **Rational Rose** es otra de las herramientas destinadas al modelado de sistemas, permite generar código en diferentes lenguajes de programación (Java, C++ y C#) a partir de los diagramas realizados. Brinda la posibilidad de generar documentación referente al sistema informático, para obtener una ayuda en cuanto a la implementación del mismo. (77)

Visual Paradigm (78) es una herramienta de Ingeniería de *Software* Asistida por Computadora (por sus siglas en inglés CASE) que soporta UML y proporciona asistencia a los analistas, ingenieros de *software* y desarrolladores, durante todos los pasos del ciclo de vida de desarrollo de un sistema. Las ventajas que proporciona **Visual Paradigm** por UML son:

- Facilita el modelado de UML.
- Evita errores de sintaxis en el modelado.
- Coherencia entre diagramas.
- Integración con otras aplicaciones.

La herramienta **Visual Paradigm** v6.0 se ajusta al perfil de trabajo utilizado para darle solución al objetivo general planteado, teniendo en cuenta las ventajas antes mencionadas.

- **Herramientas para el trabajo con reglas de negocios.**

JBPM (79) es un motor de flujo de trabajo de código abierto escrito en Java que puede ejecutar los procesos de negocio que se describen en BPMN v2.0 (80). Se basa en la Máquina Virtual de Procesos (por sus siglas en inglés PVM), que es el fundamento de la comunidad JBoss, para soportar múltiples lenguajes de proceso de forma nativa. Dicho motor proporciona varias herramientas que permiten para crear, implementar, ejecutar y gestionar los procesos de negocio a lo largo de su ciclo de vida. Se utilizó en la propuesta de solución JBPM v2.4.0.

JBoss Drools es un Sistema de Gestión del Reglas de Negocio (por sus siglas en inglés BRMS), que utiliza un motor de reglas basado en inferencia de encadenamiento hacia adelante y de encadenamiento hacia atrás, más conocido como sistema de reglas de producción. Proporciona un motor de reglas del negocio, una aplicación de gestión de creación de páginas web y las reglas (Drools Workbench) para el desarrollo del núcleo. (81)

Drools Guvnor es un repositorio centralizado de reglas de negocio que permite gestionarlas mediante una interfaz web (82), para el motor de reglas de negocio JBoss Drools. Para llevar a cabo la creación e implementación de los diferentes paquetes y reglas, así como escenarios de pruebas a utilizar, se decide utilizar Jboss Drools Guvnor en su v5.5.0, ya que permite:

- Que sea fácil la implementación de reglas para un ingeniero de conocimientos.
- Que sea lo más intuitivo posible para el personal sanitario con un mínimo de formación, para que estos sean capaces de revisar las reglas, verificar el contenido y recomendar las modificaciones que sean necesarias.

- **Servicio de Soporte a las Decisiones.**

OpenCDS representa un esfuerzo multi-institucional, de colaboración para el desarrollo de estándares de soporte de decisiones clínicas escalables. Es una herramienta de código abierto que define una implementación de referencia de la interfaz estándar HL7 / OMG DSS. OpenCDS. Satisface además, el uso de HL7 VMR como modelo de datos de referencia y la herramienta Drools Guvnor para definir las reglas. Se utiliza OpenCDS en su versión 1.2. Algunas de sus características se muestran a continuación (49; 83):

- Utiliza una Arquitectura Orientada a Servicios.
- Soporta múltiples enfoques de representación del conocimiento.
- El conocimiento se encapsula en componentes altamente reutilizables.

- **Herramientas para realizar pruebas de rendimiento**

La herramienta **Jmeter** v2.3.1 se escoge para comprobar el correcto funcionamiento del CDSS propuesto. La misma permite realizar pruebas de carga para analizar y medir el desempeño de las aplicaciones web. Dicha herramienta posibilita verificar el rendimiento en recursos estáticos y dinámicos como pudieran ser archivos y bases de datos bajo diferentes tipos de carga concurrentemente, con la posibilidad de obtener una conclusión más acertada. También muestra las operaciones fallidas durante el proceso de pruebas. Además, posee un funcionamiento de hilos que permite realizar varias operaciones al mismo tiempo, lo que brinda diferentes estadísticas de la prueba que se realiza. (84)

1.10. Servicios web. Arquitectura Orientada a Servicios

Un servicio web se define como un sistema de *software* diseñado para permitir interoperabilidad máquina a máquina en una red. Los mismos son considerados aplicaciones web que pueden ser accedidas en una red, como internet y ejecutadas en un sistema de alojamiento remoto (85). La descripción de los servicios web se realiza a través de los mensajes que se intercambian entre el proveedor del servicio y el cliente utilizando el Lenguaje de Descripción de Servicios Web (por sus siglas en inglés WSDL) (86).

La Arquitectura Orientada a Servicios (por sus siglas en inglés SOA) es un paradigma de arquitectura para diseñar y desarrollar sistemas distribuidos. Las soluciones SOA han sido creadas para satisfacer los objetivos de negocio las cuales incluyen facilidad y flexibilidad de integración con sistemas legados, alineación directa a los procesos de negocio reduciendo costos de implementación, innovación de servicios a clientes y una adaptación ágil ante cambios incluyendo reacción temprana ante la competitividad. Permite la creación de sistemas de información altamente escalables que reflejan el negocio de la organización, a su vez brinda una forma bien definida de exposición e invocación de servicios, lo cual facilita la interacción entre diferentes sistemas propios o de terceros. (87)

1.11. Metodología de desarrollo.

El Proceso Unificado Ágil (88) (por sus siglas en inglés AUP) es una versión simplificada del Proceso de Desarrollo Unificado (por sus siglas en inglés RUP). Este describe, de una manera simple y fácil de entender, la forma de desarrollar aplicaciones de *software* de negocio usando técnicas ágiles y conceptos que aún se mantienen válidos en RUP. La metodología AUP aplica técnicas ágiles incluyendo:

- Desarrollo Dirigido por Pruebas (por sus siglas en inglés TDD).
- Modelado ágil.
- Gestión de Cambios ágil.
- Refactorización de Base de Datos para mejorar la productividad.

Se propone como metodología de desarrollo la utilización de AUP-UCI ya que la misma está adaptada al ciclo de vida definido para la actividad productiva de la UCI. Esta metodología se

apoya en el Modelo CMMI-DEV v1.3, el cual constituye una guía para aplicar las mejores prácticas en una entidad desarrolladora. Estas prácticas se centran en el desarrollo de productos de calidad.

1.12. Conclusiones parciales del capítulo.

- El impacto que representa para la sociedad el cáncer de mama, implica la búsqueda de soluciones que garanticen la detección precoz de la enfermedad y el tratamiento adecuado de sus síntomas.
- Los CDSS constituyen un componente esencial en los sistemas de información clínicos actuales. Los mismos pueden sintetizar e integrar la información específica del paciente, realizar evaluaciones complejas y presentar los resultados al médico de manera oportuna.
- Con el empleo de estándares de terminologías, de intercambio de datos y mensajería se garantiza la interoperabilidad entre los CDSS y los diversos sistemas de información clínicos.
- Los CDSS desarrollados para el diagnóstico precoz del cáncer de mama, en su mayoría, responden a las necesidades particulares de las instituciones para los cuales fueron desarrollados o son sistemas desplegados bajo tecnologías privativas en busca de beneficios económicos.

CAPÍTULO II. PROPUESTA DEL SISTEMA DE SOPORTE A LAS DECISIONES CLÍNICAS

En el presente capítulo se especifica la arquitectura propuesta para el sistema de soporte a las decisiones clínicas relacionadas con el cáncer de mama y se explican cada uno de los componentes que conforman la misma. Se describe la estructura de los mensajes de entrada y salida al sistema, así como el proceso de implementación de la medida de calidad utilizada como módulo de conocimientos. Se especifica además la manera en que son empleadas las tecnologías y herramientas seleccionadas en el capítulo anterior para la implementación de la misma, así como los requisitos funcionales y no funcionales para su desarrollo y despliegue.

2.1. Modelo de dominio.

En la presente investigación no existe un flujo de trabajo definido que permita identificar procesos o casos de uso. Es por esto que se decidió realizar el modelo del dominio en el que se especifican los principales conceptos asociados al tema sobre el cual se está trabajando. A continuación se muestran los conceptos y las relaciones existentes entre ellos.

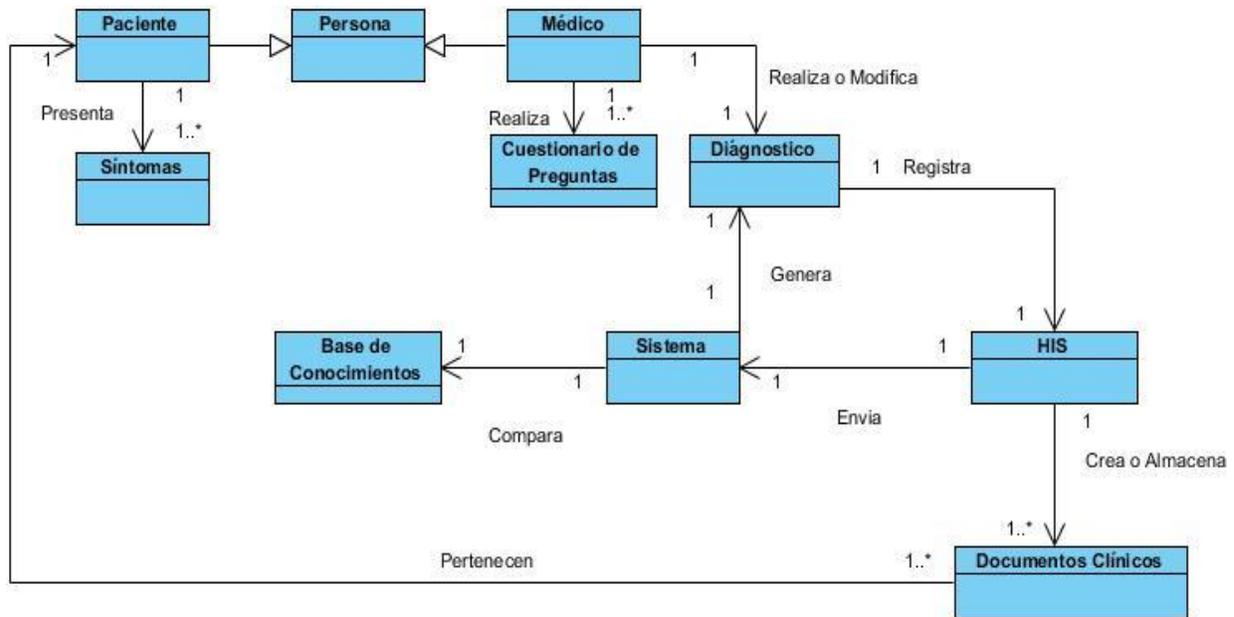


Figura 2.1: Modelo de dominio del sistema propuesto.

En las siguientes tablas se muestran cada una de las clases evidenciadas en el modelo de dominio. Los atributos definidos son el nombre y la descripción de la clase:

Nombre de la Clase	Paciente
--------------------	----------

Descripción	Persona que recibe los servicios que brinda una institución de salud.
-------------	---

Tabla 2.1: Descripción de la entidad Paciente.

Nombre de la Clase	Síntomas
Descripción	Manifestación subjetiva de una enfermedad que no es observable por el médico, como el cansancio o el dolor.

Tabla 2.2: Descripción de la entidad Síntomas.

Nombre de la Clase	Persona
Descripción	Individuo de la especie humana.

Tabla 2.3: Descripción de la entidad Persona.

Nombre de la Clase	Médico
Descripción	Persona licenciada en medicina y que se dedica a curar o prevenir las enfermedades de los pacientes.

Tabla 2.4: Descripción de la entidad Médico.

Nombre de la Clase	Cuestionarios de Preguntas
Descripción	Mecanismo de obtención de información relevante con respecto al padecimiento del paciente.

Tabla 2.5: Descripción de la entidad Cuestionarios de Preguntas.

Nombre de la Clase	Diagnóstico
Descripción	Determinación o identificación de una enfermedad mediante el examen de los síntomas que presenta.

Tabla 2.6: Descripción de la entidad Diagnóstico.

Nombre de la Clase	HIS
--------------------	-----

Descripción	Solución informática desarrollada en el CESIM orientada al sector de la salud.
-------------	--

Tabla 2.7 Descripción de la entidad HIS.

Nombre de la Clase	Sistema
Descripción	Sistema de Soporte a las Decisiones Clínicas.

Tabla 2.8: Descripción de la entidad Sistema.

Nombre de la Clase	Base de Conocimientos
Descripción	Conjunto de reglas e información relevante para el funcionamiento de un Sistema de Soporte a las Decisiones Clínicas.

Tabla 2.9: Descripción de la entidad Base de Conocimientos.

Nombre de la Clase	Documentos Clínicos
Descripción	Historia clínica del paciente.

Tabla 2.10: Descripción de la entidad Documentos Clínicos.

2.2. Propuesta de solución.

La propuesta de solución se basa en brindar un servicio web de soporte a la toma de decisiones clínicas relacionadas con el diagnóstico precoz del cáncer de mama, empleado a través del módulo de Consulta Externa perteneciente al Sistema de Información Hospitalaria, desarrollado en el CESIM. Dicho servicio se gestiona a través del uso de la herramienta OpenCDS, la cual presenta un enfoque de código abierto, utiliza una Arquitectura Orientada a Servicios y permite el trabajo con estándares clínicos normados internacionalmente.

2.3. Requisitos funcionales.

Los requisitos funcionales (RF) de un sistema surgen a partir del análisis en profundidad de la problemática actual. Para la definición del mismo fue necesario basarse en las funcionalidades del módulo de Consulta Externa perteneciente al HIS, con el objetivo de conocer las necesidades

reales del personal facultativo como usuarios del sistema. Como resultado de este análisis, a continuación se lista el RF definido.

Requisitos funcionales	
RF1.	Generar evaluación y recomendación a través de los datos clínicos del paciente.

Tabla 2.11: *Requisitos funcionales.*

RF1. Permite generar y mostrar al personal facultativo, una evaluación y recomendación del paciente según sus datos clínicos, con respecto al cáncer de mama.

2.4. Requisitos no funcionales.

Los requisitos no funcionales especifican propiedades del sistema, como restricciones del entorno o de la implementación, rendimiento, dependencias de la plataforma, facilidad de mantenimiento, extensibilidad, fiabilidad, entre otros. (92)

- **Usabilidad.**

El CDSS propuesto puede ser usado por cualquier persona que posea conocimientos básicos en el manejo de una computadora y de un ambiente web en sentido general, las interacciones cliente-servicio tienen un bajo nivel de complejidad.

- **Rendimiento.**

La disponibilidad del trabajo en la red depende de la cantidad de peticiones realizadas al CDSS realizadas por los clientes. Se garantiza que las respuestas a las solicitudes de los clientes se den en un breve período de tiempo para evitar demoras en el trabajo de los mismos.

- **Soporte.**

Se requiere que el CDSS propuesto reciba mantenimiento ante la ocurrencia de cualquier fallo. Por dicho motivo, el sistema contará con una documentación apropiada capaz de brindarle facilidad de instalación, configuración y mantenimiento al personal facultativo.

- **Disponibilidad.**

Se garantiza a los usuarios el acceso a la información solicitada en todo momento (si tiene permiso para ello). El sistema está diseñado para mantener un funcionamiento constante. La disponibilidad

del servicio está condicionada por los recursos disponibles y los ciclos de mantenimiento que se determinen.

- **Seguridad.**

Para garantizar la confidencialidad de la información, la seguridad se maneja a través del WSO2 IS (*Identity Server*), servidor de identidades utilizado para implementar las políticas de seguridad. El flujo comienza cuando se realiza una petición al servicio web brindado, cuando la misma llega al WSO2 ESB este le pregunta al IS si las credenciales recibidas son correctas, en caso de no serlo el WSO2 ESB termina la ejecución y le responde al usuario con un mensaje de error. Si el IS responde que son correctas las credenciales, el WSO2 ESB envía la petición al servidor de aplicaciones donde se encuentra alojado el CDSS y emite la respuesta al cliente. Además, el servicio no requiere de información sensible de los pacientes como nombre y apellidos o número de carnet para su adecuado funcionamiento.

2.5. Arquitectura de la propuesta de solución.

La arquitectura de la solución propuesta se compone por dos actores fundamentales:

- HIS: actuará como fuente de datos clínicos de los pacientes y consumidor del servicio que brinda el CDSS relacionado con el diagnóstico precoz del cáncer de mama. El mismo es responsable tanto del envío de la información requerida, como de la transformación de la misma al modelo de datos necesario para interactuar con el CDSS.
- CDSS: actuará como un complemento al módulo de Consulta Externa del HIS. Este sistema es el encargado de emitir una respuesta según la solicitud y los datos enviados por el personal facultativo que consume los servicios. La interoperabilidad entre CDSS y el HIS se satisface a partir del uso del modelo de datos HL7 VMR.

La comunicación entre los principales actores se basa en un sistema de mensajes bajo el Protocolo Simple de Acceso a Objeto (por sus siglas en inglés SOAP) sincrónicos (implementa el patrón requerimiento/respuesta), codificados en XML que son transportados por el protocolo de transferencia de hipertexto (por sus siglas en inglés HTTP). La misma se realiza a través del canal de servicios empresariales WSO2 ESB, siendo el responsable de la mediación, balance de cargas y enrutamiento de los datos enviados por dichos actores a la hora de interactuar entre ellos. La siguiente figura muestra la interacción entre cada uno de los actores descritos anteriormente.

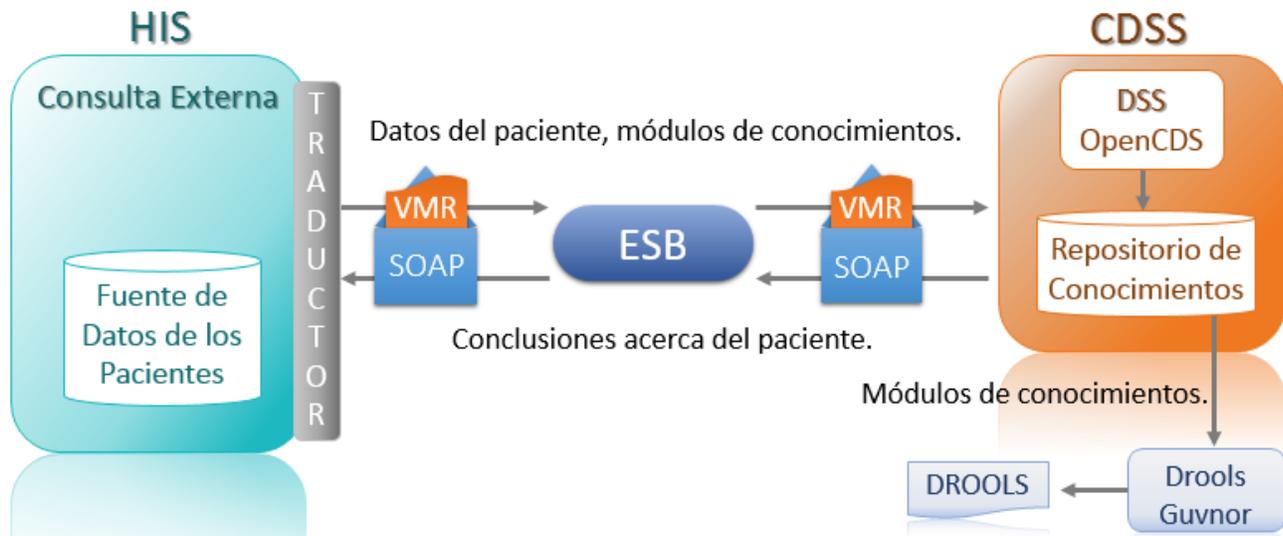


Figura 2.2: Modelo de interacción entre el HIS y el CDSS.

2.6. Componentes de la propuesta de solución.

La propuesta de solución se divide en dos componentes esenciales, el servicio de soporte a la decisión de OpenCDS y el repositorio de conocimientos, los cuales garantizan el funcionamiento adecuado del CDSS propuesto. A continuación se describen las funciones, características y elementos que integran cada uno de los componentes antes mencionados.

2.7. Componente de Servicio de Soporte a la Decisión de OpenCDS.

El Servicio de Soporte a la Decisión de OpenCDS (DSS OpenCDS), crea una compilación del estándar HL7/OMG DSS utilizando varios de los sub-proyectos que integran la herramienta OpenCDS. La clase principal de este servicio web es *DroolsDecisionEngineDSSEvaluationAdapater*, la misma recibe una solicitud, analiza los datos de entrada, ejecuta el módulo de conocimientos requerido y envía los resultados al personal facultativo. Cada módulo de conocimientos corresponde a un paquete generado en la plataforma Drools Guvnor. Dentro de los sub-proyectos utilizados por DSS OpenCDS se encuentran:

- **DSS-java-stub.**

Implementación de la especificación del servicio de soporte a las decisiones de la normativa OMG, para servicios SOAP Web.

- **Opencds-vmr-v1_0.**

Este sub-proyecto está compuesto por un conjunto de ficheros tales como:

Opencds-vmr-v1_0-schema: Contiene el esquema XML definido para VMR, así como las clases *Java* generadas automáticamente a partir mediante JAXB (90).

Opencds-vmr-v1_0-mappers: Contiene clases para mapear los datos de entrada de la estructura XML externa al formato interno y viceversa.

Opencds-vmr-v1_0-internal: Contiene el VMR utilizado por el DSS OpenCDS para su compilado. Se usa internamente para la creación de módulos de conocimientos mediante la plataforma *Drools Guvnor*. En esencia, se asocia a un sistema de código y un identificador, a uno o varios *OpenCdsConcepts*⁶, así como el método que se utiliza para determinar que el sistema de código y el identificador implican al concepto. El uso de *OpenCdsConcepts* permite una clara separación de las preocupaciones entre el mapeo de terminología y la lógica de creación.

2.7.1. Funcionalidades del servicio brindado.

El *DSS OpenCDS* brinda un conjunto de funcionalidades que se encargan de obtener y procesar la información clínica de cada paciente. Estas funcionalidades realizan consultas al repositorio de conocimiento del sistema, para poder emitir resultados a partir de la información recibida. Las funcionalidades que a continuación se muestran responden al requisito funcional de la propuesta de solución:

- **Evaluar datos del paciente.**

Esta funcionalidad lanza una excepción en caso de cumplirse alguna condición que impida la evaluación de la información recibida. Si ninguna de las condiciones de excepción está presente, se realiza la evaluación de una manera no-iterativa de uno o más módulos de conocimientos, utilizando los datos proporcionados como un objeto *EvaluationRequest* y devolviendo los resultados de la evaluación como un objeto de *EvaluationResult*. El suministro de datos excesivos se ignorará sin dar lugar a una excepción.

- **Evaluar datos del paciente en el tiempo especificado.**

Esta funcionalidad lanza una excepción en caso de cumplirse alguna condición que impida la evaluación de información recibida. Si ninguna de las condiciones de excepción está presente, se realiza la evaluación de una manera no-iterativa de uno o más módulos de conocimientos, utilizando los datos proporcionados como un objeto *EvaluationRequest* y devolviendo los resultados de la evaluación como un objeto de *EvaluationResult*. Lleva a cabo la evaluación en la

⁶ *Conceptos definidos en la herramienta OpenCDS para facilitar la interpretación del sistema de código y las terminologías.*

fecha actual y la hora especificada. El suministro de datos excesivos se ignorará sin dar lugar a una excepción.

2.7.2. Estructura de los mensajes de entrada y salida.

La estructura de los mensajes de entrada y salida en la solución propuesta garantizan que sea factible la interpretación de la información tanto por el sistema, como por el personal facultativo. Con una adecuada estructura y estandarización de los mensajes depende en gran medida la interoperabilidad entre el CDSS y el HIS. A continuación se describen cada una de estas estructuras y se especifican los principales atributos a tener en cuenta para obtener la respuesta solicitada.

Estructura de los mensajes de entrada al CDSS:

- **Realizar solicitud a la funcionalidad evaluar datos del paciente.**

A la hora de realizar una solicitud al CDSS propuesto se definen un conjunto de valores específicos para los diferentes atributos que componen las secciones de la funcionalidad solicitada. El personal facultativo es el encargado de definir el módulo de conocimientos que desea consultar e introducir la información del paciente a evaluar. La Figura 2.2 muestra las secciones y atributos necesarios para garantizar la correcta invocación.

```
<p:evaluate xmlns:p="http://www.omg.org/spec/CDSS/201105/dss">
  <interactionId scopingEntityId="edu.duke.duhs" interactionId="123456"
  submissionTime="2015-5-20T07:59:35.123"></interactionId>
  <evaluationRequest>
    <kmEvaluationRequest>
      <kmId scopingEntityId="org.opencds" businessId="NQF_0031_v1"
      version="1.1.1"?</kmId>
    </kmEvaluationRequest>
    <dataRequirementItemData>
      <driId itemId="payload001">
        <containingEntityId scopingEntityId="edu.utah"
        businessId="123.456.7.8.2.1" version="1.1.1"?</containingEntityId>
        </driId>
        <data>
          <informationModelSSId scopingEntityId="org.opencds.vmr" businessId="VMR"
          version="1.0"></informationModelSSId>
          <base64EncodedPayload>[PAYLOAD]</base64EncodedPayload>
        </data>
      </dataRequirementItemData>
    </evaluationRequest>
  </p:evaluate>
```

Figura 2.3: Solicitud a la funcionalidad evaluar datos del paciente.

La estructura del mensaje presentado para realizar la solicitud a la funcionalidad evaluar datos del paciente, cuenta de dos secciones principales en las cuales se especifica la información

indispensable para que el sistema pueda interpretar y procesar los datos de entrada. A continuación se describen dichas secciones:

- *kmEvaluationRequest*

```
<kmEvaluationRequest>
  <kmId scopingEntityId="org.opencds" businessId="NQF_0031_v1"
  version="1.1.1"></kmId>
</kmEvaluationRequest>
```

Figura 2.4: Sección *kmEvaluationRequest*.

Esta sección especifica el módulo de conocimientos correspondiente a la solicitud realizada por el personal facultativo. La etiqueta *kmid* cuenta con los atributos *scopingEntityId*, *businessId* y *versión*, donde se especifican el identificador de la entidad, el módulo de conocimientos a consultar y la versión en la que se encuentra implementado dicho módulo, respectivamente. Los valores de estos atributos hacen referencia a las especificaciones contenidas en el archivo *knowledgeModules* (Ver Anexo 1), en el cual se encuentran referenciados todos los módulos almacenados en el repositorio de conocimientos del CDSS propuesto.

- *data*

```
<data>
  <informationModelSSId scopingEntityId="org.opencds.vmr"
  businessId="VMR" version="1.0"></informationModelSSId>
  <base64EncodedPayload>[PAYLOAD]</base64EncodedPayload>
</data>
```

Figura 2.5: Sección *data*.

En esta sección se especifican el modelo de referencia de datos, la versión a utilizar y el *Payload* que contiene la información clínica del paciente. El *Payload* suministrado constituye el propósito fundamental de la transmisión. Los datos registrados en el *Payload* se encuentran codificados en el sistema de numeración posicional Base64, el cual es utilizado para transportar la información.

Estructura de los mensajes de salida del CDSS:

Los mensajes de salida emitidos por el CDSS propuesto contienen los resultados de la evaluación del *Payload* suministrado al sistema, a partir de la funcionalidad solicitada por el personal facultativo. La estructura utilizada para representar los datos de salida se muestra en la siguiente figura:

```
<evaluationResponse>
  <finalKMEvaluationResponse>
    <kmId scopingEntityId="org.opencds" businessId="NQF_0031_v1" version="1.1.1"/>
    <kmEvaluationResultData>
      <evaluationResultId itemId="PrimaryEvaluationResult">
        </evaluationResultId>
        <data>
          <informationModelSSId scopingEntityId="org.opencds.vmr"
businessId="KMEvaluationResult"
          version="1.1.1"/>
          <base64EncodedPayload>[PAYLOAD]</base64EncodedPayload>
        </data>
      </kmEvaluationResultData>
    </finalKMEvaluationResponse>
  </evaluationResponse>
```

Figura 2.6: Respuesta del CDSS.

La Figura 2.7 evidencia la ausencia de variaciones en cuanto a los principales atributos recogidos en el mensaje de entrada. Las secciones *finalKMEvaluationResponse* y *kmEvaluationResultData* especifican la respuesta de la evaluación del *km* solicitado y el resultado de la evaluación de los datos, respectivamente. La respuesta generada por el DSS OpenCDS se encuentra codificada en el *Payload* de la sección *data*, lo que implica que el mismo sea decodificado para que los datos de salida puedan ser interpretados por el HIS.

2.7.3. Esquema estructural del VMR utilizado.

El esquema estructural anidado fue el seleccionado para la representación de las relaciones de datos, tanto en el VMR suministrado como en el de salida. Esta estructura es compacta y resulta comprensible para los seres humanos ya que las relaciones de datos se localizan reunidas en un solo lugar. En el Anexo 2 se muestra la estructura jerarquizada, con sus detalles omitidos. Se observa además, como las entidades relacionadas y estados clínicos se anidan dentro del código fuente del XML. El uso de una sola estructura, garantiza que los datos no sean duplicados.

2.7.4. Payload suministrado al CDSS.

El *Payload* suministrado al sistema contiene la información específica de cada paciente a evaluar basado en el modelo de referencia de datos VMR v1.0. Dicha información constituye la fuente necesaria para que el CDSS propuesto pueda generar los resultados. Los datos que integran el VMR se encuentran normados a partir de los estándares de terminologías y de intercambio de datos y mensajería, garantizando así la integridad de la información. La figura que a continuación se muestra, representa un ejemplo de los atributos que presenta un *Payload* suministrado al CDSS relacionado con el diagnóstico precoz del cáncer de mama.

```

<ns3:cdsInput xmlns:ns2="org.opencds.vmr.v1_0.schema.vmr"
xmlns:ns3="org.opencds.vmr.v1_0.schema.cdsinput">
  <templateId root="2.16.840.1.113883.3.795.11.1.1"/>
  <vmrInput>
    <templateId root="2.16.840.1.113883.3.795.11.1.1"/>
    <patient>
      <templateId root="2.16.840.1.113883.3.795.11.2.1.1"/>
      <id extension="100100000003297915" root="2.16.840.1.113883.3.299.1.1.3.1"/>
      <demographics>
        <birthTime value="19510411000000"/>
        <gender codeSystem="2.16.840.1.113883.5.1" code="F"/>
      </demographics>
      <clinicalStatements>
        <observationResults>
          <observationResult>
            <templateId root="2.16.840.1.113883.3.795.11.6.3.1"/>
            <id root="c6f88320-67ad-11db-bd13-0800200c9a66"/>
            <observationFocus displayName="Signos vitales"
codeSystem="2.16.840.1.113883.6.96" code="46680005"/>
            <observationValue>
              <concept codeSystem="2.16.840.1.113883.6.1" code="completed"/>
            </observationValue>
            <relatedClinicalStatement>
              <targetRelationshipToSource codeSystem="2.16.840.1.113883.5.1002"
code="PERT"/>
            </relatedClinicalStatement>
          </observationResult>
          <observationResult>
            <templateId root="2.16.840.1.113883.3.795.11.6.3.1"/>
            <id root="c6f88321-67ad-11db-bd13-0800200c9a66"/>
            <observationFocus displayName="Ubicación" codeSystem="2.16.840.1.113883.6.96" code="271650018"/>
            <observationEventTime high="20141121105756" low="20141121105756"/>
            <interpretation codeSystem="2.16.840.1.113883.6.1" code="completed"/>
          </observationResult>
        </observationResults>
      </clinicalStatements>
    </patient>
  </vmrInput>
</ns3:cdsInput>

```

Figura 2.7: Payload suministrado al CDSS.

La sección *cdsInput* especifica los datos de entrada utilizados por los sistemas de soporte a las decisiones clínicas, su identificador (*templateId*) define un conjunto de restricciones impuestas a dicha entrada de datos. La sección *vmrInput*, determina el modelo de datos utilizado y agrupa en su interior la información clínica del paciente. En la sección *demographics* se recogen datos del paciente como fecha de nacimiento, género y raza; mientras que en la sección *clinicalStatements* son registrados atributos tales como: eventos adversos (*encounterEvents*), problemas (*problems*) y procedimientos (*procedureEvents*). La información contenida en el VMR puede incluir además datos clínicos que relacionen al paciente con otros pacientes o entidades.

2.7.5. Payload de salida del CDSS.

El *Payload* de salida contiene la respuesta a la solicitud realizada por el personal facultativo, una vez procesada la información suministrada por el mismo al CDSS propuesto. La sección *cdsOutput*

especifica los datos de salida generados por el sistema, los cuales se encuentran en atributos tales como:

- Resultados Observados (*ObservationResults*): con información deducida a partir de los datos de entrada.
- Propuestas de tratamiento tales como: propuestas de procedimiento (*ProcedureProposals*), propuestas de citas (*AppointmentProposals*) o las propuestas de la administración de sustancias (*SubstanceAdministrationProposals*).
- Planes de cuidados, los cuales constituyen combinación de cualquiera de los resultados antes mencionados en un paquete integrado.

A continuación se muestra un ejemplo de un *Payload* emitido por el CDSS propuesto al ser solicitada a la funcionalidad evaluar datos del paciente:

```
<ns5:cdsOutput xmlns:ns2="org.opencds.vmr.v1_0.schema.vmr">
  <vmrOutput>
    <patient>
      <demographics>
        <birthTime value="19510411000000.000-0500"/>
        <gender code="F" codeSystem="2.16.840.1.113883.5.1"/>
      </demographics>
      <clinicalStatements>
        <observationResults>
          <observationResult>
            <id root="2.16.840.1.113883.3.795.10.1" extension="ROOT_NQF_31"/>
            <observationFocus code="C53"
codeSystem="2.16.840.1.113883.3.795.12.1.1" codeSystemName="OpenCDS concepts"
displayName="Quality measure"/>
            <observationEventTime low="20150616103615.231-0400"
high="20150616103615.231-0400"/>
            <observationValue>
              <concept code="C72"
codeSystem="2.16.840.1.113883.3.795.12.1.1" codeSystemName="OpenCDS concepts"
displayName="NQF - 0031, v1"/>
            </observationValue>
            <relatedClinicalStatement>
              [DENOMINADOR]
            </relatedClinicalStatement>
            <relatedClinicalStatement>
              [NUMERADOR]
            </relatedClinicalStatement>
          </observationResult>
        </observationResults>
      </clinicalStatements>
    </patient>
  </vmrOutput>
</ns5:cdsOutput>
```

Figura 2.8: *Payload de salida.*

La respuesta generada por el sistema, cuenta con dos regiones que definen el resultado final de la evaluación del paciente, las mismas son:

- Denominador:

```
<targetRelationshipToSource code="C67" codeSystem="2.16.840.1.113883.3.795.12.1.1"
codeSystemName="OpenCDS concepts" displayName="Is contained by"/>
<observationResult>
  <id root="2.16.840.1.113883.3.795.10.1" extension="denominator"/>
  <observationFocus code="C54" codeSystem="2.16.840.1.113883.3.795.12.1.1"
codeSystemName="OpenCDS concepts" displayName="Denominator criteria met"/>
  <observationEventTime low="20150616103615.231-0400" high="20150616103615.231-0400"/>
  <observationValue>
    <boolean value="false"/>
  </observationValue>
</observationResult>
```

Figura 2.9: Fragmento de la respuesta asociada a la región Denominador.

- Numerador:

```
<targetRelationshipToSource code="C67" codeSystem="2.16.840.1.113883.3.795.12.1.1"
codeSystemName="OpenCDS concepts" displayName="Is contained by"/>
<observationResult>
  <id root="2.16.840.1.113883.3.795.10.1" extension="numerator"/>
  <observationFocus code="C55" codeSystem="2.16.840.1.113883.3.795.12.1.1"
codeSystemName="OpenCDS concepts" displayName="Num and denom criteria met"/>
  <observationEventTime low="20150616103615.231-0400" high="20150616103615.231-0400"/>
  <observationValue>
    <boolean value="false"/>
  </observationValue>
</observationResult>
```

Figura 2.10: Fragmento de la respuesta asociada a la región Numerador.

Ambas regiones hacen referencia a las reglas del mismo nombre, que forman parte del módulo de conocimiento evaluado. Cuentan con la sección *observationValue* la cual define un valor asociado a los criterios cumplidos por los datos del paciente suministrados al sistema. En capítulos posteriores serán explicados detalladamente los puntos de vista a tener en cuenta para arrojar el resultado mostrado en las regiones antes mencionadas.

2.8. Componente Repositorio de Conocimientos.

El repositorio de conocimientos contiene los paquetes de reglas individuales (módulos de conocimientos), asignaciones de terminología *OpenCdsConcept* e información útil para DSS OpenCDS en tiempo de ejecución. Este componente representa la base de conocimientos del CDSS propuesto, el cual se nutre del conocimiento de expertos adquirido a través de los paquetes de reglas generados en la herramienta Drools Guvnor.

2.8.1. Medida de calidad relacionada con el diagnóstico precoz del cáncer de mama.

La medida de calidad NQF 0031 (51), constituye un documento que recoge el conocimiento experto, basado en evidencia, relacionado con el diagnóstico precoz del cáncer de mama. Esta

medida evalúa el porcentaje de mujeres en un grupo demográfico específico entre 42-69 años que se ha realizado una mamografía para detectar el cáncer de mama. La detección precoz del cáncer de mama es una importante medida preventiva para mejorar los resultados de cualquier sistema de salud. Esta medida facilita los esfuerzos hacia la detección temprana de cáncer de mama y la aceleración del tratamiento después del diagnóstico. La intención de la medida es mejorar la prevención del cáncer de mama, con el fin de detectar la enfermedad cuando todavía es temprano y más susceptible al tratamiento. A continuación se muestran los aspectos que evalúa la NQF 0031:

Criterios de población

- Paciente inicial =
 - "Característica del paciente: fecha de nacimiento" (edad) $> = 42$ y $< = 69$ años;
- Denominador =
 - Todos los pacientes pertenecen a la población inicial;
 - "Tipo de encuentro: encuentro ambulatorio" $< = 2$ años antes o simultáneamente a la fecha final indicada;
 - Y No:
 - "Procedimiento realizado: mastectomía bilateral";
 - "Procedimiento realizado: mastectomía unilateral" > 1 vez;
 - Y NO: PRIMERO "Procedimiento realizado: mastectomía bilateral" = SEGUNDO "Procedimiento realizado: mastectomía unilateral";
- Numerador =
 - "Se ha realizado estudios de diagnóstico: diagnóstico precoz del cáncer de mama" $< = 2$ años antes o simultáneamente a la "fecha de finalización de medición";
- Exclusiones =
 - Ninguna.

El resultado generado al ser interpretada esta medida se cuantifica a partir de la siguiente secuencia de pasos:

1. Calcular el denominador final añadiendo todos los criterios que se cumplen en el denominador.

2. Restarle al denominador final todos los que no cumplen con los criterios del numerador pero también cumplen los criterios de exclusión. En este caso no se tienen criterios de exclusión.
3. El cálculo de rendimiento es el número de criterios del numerador cumplidos dividido por el denominador final.
4. Para medidas de varias poblaciones de pacientes, se repite este proceso para cada una de ellas y se informa cada resultado por separado.
5. Para múltiples medidas de numeradores, calcular cada numerador por separado dentro de cada población.

2.8.2. Implementación de la medida de calidad.

Para la implementación de la medida de calidad NQF 0031, se limitó el criterio de población a solo una persona, teniendo en cuenta que el módulo de Consulta Externa está orientado a la atención directa de un paciente. Esto permite que el resultado generado por el CDSS propuesto brinde información detallada (no cuantificada) para el personal facultativo que se encuentre utilizando el sistema. Dicho resultado consiste ofrecer en una evaluación y recomendación del paciente a partir de los criterios cumplidos o no, en las regiones del denominador y el numerador de dicha medida.

El uso de la herramienta Drools Guvnor permite crear e implementar los diferentes módulos de conocimientos así como los escenarios de pruebas a utilizar. En la implementación de la medida de calidad NQF 0031 intervienen los siguientes componentes:

- Modelo: sub-proyecto *Opencds-vmr-v1_0-internal*.
 - Las enumeraciones: Especificadas manualmente, equivalentes a las variables locales utilizadas dentro de un paquete.
 - Configuraciones de Lenguajes de Dominio Específicos (por sus siglas en inglés DSL): Proporciona especificaciones de cómo el texto legible por humanos se traduce en la lógica de *Drools*.
 - Activos de reglas de Negocios: Se traduce en las reglas. Confirmación
 - Escenarios de prueba: Distintos casos de prueba para comprobar las condiciones de frontera, etc.
- **Regla *Pre_MétodoDeterminaciónConceptoRequerido_NQF*.**

El uso del prefijo "*Pre_*" en el nombre de la regla es una convención para indicar que es una regla de pre-procesamiento. Esta regla establece que si un concepto OpenCDS dentro del VMR no se

determina de acuerdo a la metodología que sigue NQF, este debe ser eliminado. Esta regla esencialmente asegura que solamente los enlaces de terminología que se han hecho en la forma prevista por el último enfoque NQF disponible sean aceptados (Figura 2.11).

WHEN

1. Concept.Determination.Identify - Concept is not determined according to

THEN

1. Concept.Determination.Remove - Remove concept without desired concept determination method

(show options...)

Figura 2.11: Regla Pre_MetodoDeterminaciónConceptoRequerido_NQF.

- **Regla Denominador.**

Esta regla determina si un paciente cumple con los criterios indicados en el denominador. Como se puede observar la regla es interpretable por cualquier personal sanitario aun sin contar con el conocimiento necesario para utilizar esta herramienta, esto es dado mediante el uso de DSL. Los conceptos son accedidos por medio de listas desplegables específicas para el tipo de tema de que se trata. Estos se conforman en función de las entradas de la terminología.

WHEN

1. There is NOT an assertion
2. Initialize.evalTime.fpId.evalpid - Note that all criteria below must be met for the rule to fire.
3. Age.Low - EvaluatedPerson age is greater than or equal to years
4. Age.High - EvaluatedPerson age is less than or equal to years
5. Gender - EvaluatedPerson gender is
6. Enc.Past.Count - EvaluatedPerson had 1 or more times in the past year(s)
7.
8. Proc.Past - EvaluatedPerson had
9.
10. Proc.Count.Past - EvaluatedPerson had 2 or more times.

THEN

1. Assert to both Rules and Process that

(show options...)

Figura 2.12: Regla Denominador.

En la regla mostrada anteriormente, cuando el criterio del denominador se cumple, el estado afirma que se han cumplido los requisitos de la NQF 0031. Esta afirmación constituye una variable interna, cuyos valores se definen de manera específica en la sección “enumeraciones” del paquete:

Assertion `['NQF_0031_Denom_Met=NQF 0031 denominator criteria met',
'NQF_0031_Num_Met=NQF 0031 numerator criteria met']`

Figura 2.13: Ejemplo de variables internas.

El planteamiento anterior permite el manejo de forma fácil, de las variables intermedias y las conclusiones.

- **Regla Numerador.**

Esta regla es similar a la anterior, pero en este caso el denominador examina si se cumplen los criterios con respecto a detecciones previas del cáncer de mama en los últimos dos años por parte del paciente. Al inicializar la declaración de esta regla es necesaria la inicialización de las variables globales.

WHEN

1. There is assertion
2. Initialize.evalTime.fpId.evalpId - Note that all criteria below must be met for the rule to fire.
3. Proc.Time - EvaluatedPerson had in the past

THEN

1. Assert to both Rules and Process that

(show options...)

Figura 2.14: Regla Numerador.

- **Regla Post_CrearSalida**

Esta regla usa DSLs para crear una medida de calidad sobre la base de las afirmaciones hechas por la NQF 0031. Se ejecuta después de las otras reglas, y llena el `kmEvaluationResult` que se devuelve al personal facultativo de DSS OpenCDS.

WHEN

1. Initialize.evalTime.fpId.evalpId - Note that all criteria below must be met for the rule to fire.
2. Collect assertions

THEN

1. Output.Root.Obs.Focus.CDValue.Assrt - Create root output observation with ID focus
2. Output.Nested.Obs.Focus.BLValue.Assrt - Create nested observation with ID within enclosing observation ID focused on
3. Output.Nested.Obs.Focus.BLValue.Assrt - Create nested observation with ID within enclosing observation ID focused on

Figura 2.15: Regla Post_CrearSalida.

2.8.3. Lenguajes Específicos de Dominio

Los DSLs son una forma de crear un lenguaje de reglas específico para un contexto dado. Con el uso de los DSLs se ocultan detalles de la implementación, permitiendo una mejor comprensión de la lógica de las reglas. Drools Guvnor permite el uso de DSLs para codificar las reglas de negocio.

OpenCDS implementa un conjunto de DSLs con el objetivo de brindarle al personal facultativo las herramientas necesarias para hacer la creación de los nuevos módulos de conocimiento de una forma sencilla y en un lenguaje natural. Posibilitando al personal facultativo incorporar el conocimiento sin tener que contar con mucho dominio del lenguaje de programación con el que se está trabajando. Un ejemplo DSL implementado es:

AgeHighDsl: Compara si la edad del paciente en evaluación es menor igual a una edad n establecida en la regla. A continuación se muestra el uso del DSL y el código que a implementar de no ser utilizado:

- DLS

Age.High - EvaluatedPerson age is less than or equal to years

Figura 2.16: Ejemplo de DSL.

- Código Drools

```
[when] Age.High - EvaluatedPerson age is less than or equal to {n} years =
($AgeHighDsl_focalPerson : EvaluatedPerson(id == $evaluatedPersonId)
and EvaluatedPersonAgeAtEvalTime(personId == $AgeHighDsl_focalPerson.id ,
ageUnit == "1", age <= {n})) //DslUsed==AgeHighDsl|||n=={n}
```

Figura 2.17: Ejemplo de código Drools.

El código mostrado anteriormente, puede resultar complicado de interpretar por el personal que no tenga previo conocimiento del lenguaje utilizado. De ahí la importancia del uso de los DSLs, partiendo de las facilidades y comodidades que brinda.

2.9. Diagrama de componentes.

Un diagrama de componentes representa cómo un sistema de *software* dividido en componentes y muestra las dependencias que existen entre estos. En los mismos se ilustran las piezas del *software*, controladores embebidos, tablas, archivos, documentos etc. que conformarán un sistema. Los componentes pueden ser agrupados en paquetes. También se pueden organizar mediante relaciones entre ellos de: (93)

- Dependencia, generalización, asociación y realización.
- Un componente se puede construir a partir de otros componentes (agregación).

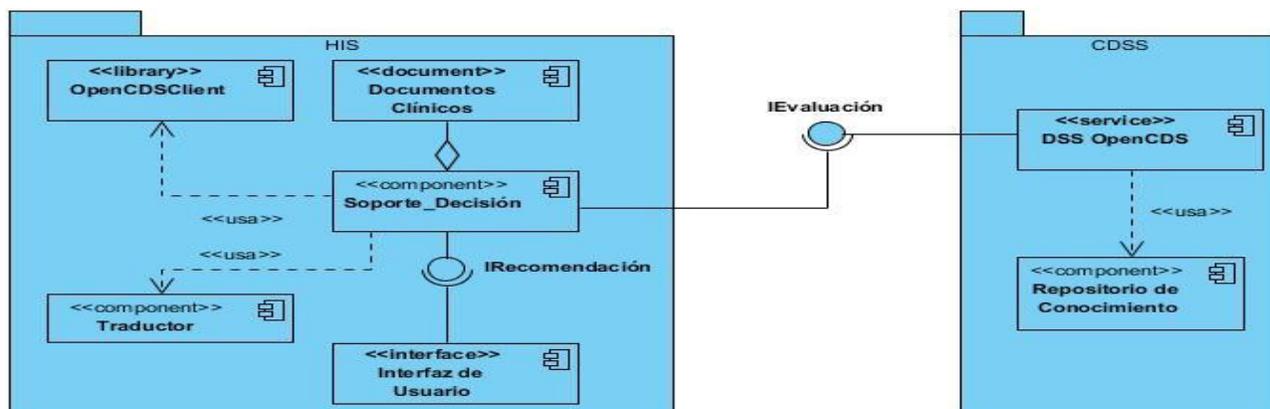


Figura 2.18: Diagrama de componentes.

2.10. Diagrama de despliegue.

Los diagramas de despliegue muestran el hardware sobre el que se ejecutará el sistema y cómo el *software* se despliega en ese hardware. Además de la configuración de los nodos que participan en la ejecución y de los artefactos que residen en los nodos. Un nodo es un recurso de ejecución tal como un computador, un dispositivo o memoria. El diagrama de despliegue del sistema propuesto contará con tres nodos físicos para su ejecución (Ver Figura 2.19). (93)

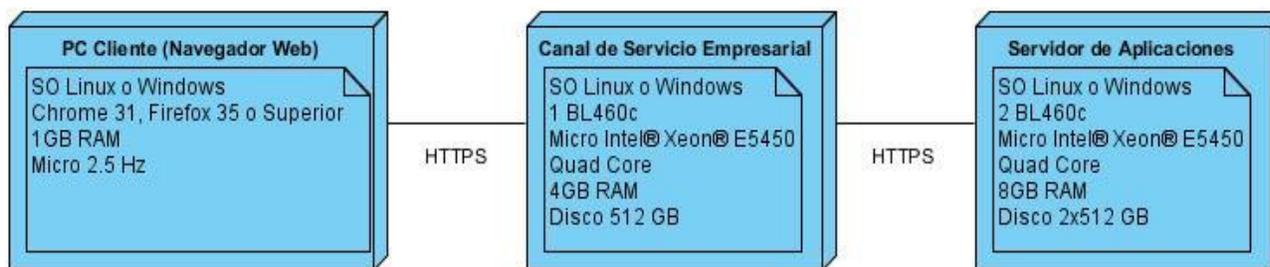


Figura 2.19: Diagrama de despliegue.

El envío de solicitudes al CDSS propuesto parte de una PC cliente, la cual permite el acceso y la interacción con el mismo. La PC cliente solo necesita un navegador web para garantizar el acceso al sistema y realizar las operaciones necesarias. La PC cliente se conecta mediante un enlace HTTPS (protocolo seguro orientado a las transacciones que sigue el esquema petición-respuesta entre un cliente y un servidor, se utiliza además para acceder a las páginas web) al canal de servicio empresarial; nodo responsable de la mediación, balance de cargas y enrutamiento de los

datos enviados. Dicho nodo se conecta con el servidor de aplicaciones Apache Tomcat, encargado de proveer las funcionalidades que brinda el DSS OpenCDS, mediante una conexión segura.

2.11. Conclusiones parciales del capítulo.

En el presente capítulo se describieron los principales componentes y servicios que brinda el CDSS propuesto, así como los requisitos no funcionales asociados al mismo, obteniéndose las siguientes conclusiones:

- El empleo de la herramienta OpenCDS, implica el uso de una Arquitectura Orientada a Servicios y permite el trabajo con estándares clínicos normados internacionalmente.
- El CDSS propuesto se divide en dos componentes esenciales, el servicio de soporte a la decisión de OpenCDS y el repositorio de conocimientos.
- La medida de calidad NQF 0031, se implementó a partir de cuatro reglas definidas en la herramienta Drools Guvnor, dicha medida constituyó el módulo de conocimientos asociado al diagnóstico precoz del cáncer de mama.

CAPÍTULO III. PRUEBAS REALIZADAS AL SISTEMA DE SOPORTE A LAS DECISIONES CLÍNICAS

En el presente capítulo se describen las pruebas realizadas al Sistema de Soporte a las Decisiones Clínicas propuesto, teniendo en cuenta la interacción del mismo con el Sistema de Información Hospitalaria. Se evidencia la confiabilidad de la medida de calidad implementada y se muestran los resultados obtenidos a partir de la realización de pruebas de rendimiento al servicio web brindado, mediante la herramienta Jmeter. Los experimentos antes mencionados se describen en los siguientes epígrafes.

3.1. Interacción del CDSS propuesto con el HIS.

Para probar la funcionalidad evaluar datos del paciente, incluido en la propuesta de solución, se realizaron solicitudes al DSS OpenCDS, desde el módulo de Consulta Externa del HIS. En este sentido, se hizo necesario la implementación de un grupo de clases para garantizar la traducción de los documentos clínicos enviados al sistema por el HIS, los cuales utilizan el estándar de Arquitectura de Datos Clínicos (por sus siglas en inglés CDA), así como la interpretación de la respuesta.

Se definió una interfaz de usuario para el soporte a la decisión, la cual está conformada por tres secciones:

- Medidas de Calidad: se agrupan las medidas de calidad disponibles (*Screening* de cáncer de mama).
- Datos del Paciente: se muestra información relevante del paciente.
- Evaluación y Recomendación: se brinda la interpretación del resultado generado por el CDSS propuesto, de manera que resulte fácil de entender por el personal facultativo. Las respuestas están dadas a partir de los diferentes criterios que se evalúan en la medida de calidad seleccionada.

A continuación se muestra una breve descripción de tres escenarios creados para probar la correcta interacción entre el HIS y el CDSS propuesto:

- Primer Escenario.

Respuesta emitida por el CDSS relacionado con el cáncer de mama, cuando los datos del paciente no cumplen con los requisitos para ser aplicada la medida de calidad (NQF 0031). En la Figura 3.1 se evidencia el resultado generado cuando el paciente a evaluar es del sexo masculino.

The screenshot shows a web interface with a navigation bar at the top containing tabs: 'Datos personales', 'Examen funcional', 'Signos vitales', 'Examen físico', and 'Soporte a la decisión'. Below this is a header 'Soporte a las Decisiones Clínicas'. The main content area is divided into three sections: 'Medidas de Calidad' with a radio button selected for 'Screening de cáncer de mama'; 'Datos del Paciente' with fields for 'Nombre: Pedro', 'Cédula: 84021822263', 'Sexo: Masculino', and 'Fecha Nacimiento: 1994-11-15'; and 'Evaluación y Recomendación' with the text 'Evaluación: Al parecer el paciente no cumple con los criterios requeridos para ser evaluado.' and 'Recomendación: -'. A 'Generar' button is located at the bottom right.

Figura 3.1: Primer Escenario.

- Segundo Escenario.

Respuesta emitida por el CDSS relacionado con el cáncer de mama, cuando los datos del paciente cumplen con los criterios de la medida de calidad (NQF 0031). En la Figura 3.2 se presenta el resultado generado cuando el paciente a evaluar es del sexo femenino, su edad se encuentra entre los 42-69 años y se ha realizado al menos un examen para la detección de cáncer de mama (dos años antes a la fecha actual).

The screenshot shows a web interface similar to Figure 3.1. The navigation bar and header are the same. The 'Medidas de Calidad' section has the 'Screening de cáncer de mama' radio button selected. The 'Datos del Paciente' section shows: 'Nombre: pruebaRIS', 'Cédula: 5456448646', 'Sexo: Femenino', and 'Fecha Nacimiento: 1961-04-06'. The 'Evaluación y Recomendación' section shows: 'Evaluación: Al parecer el paciente se ha realizado estudios para la prevención del Cáncer de Mama en el tiempo requerido.' and 'Recomendación: -'. A 'Generar' button is at the bottom right.

Figura 3.2: Segundo Escenario.

- Tercer Escenario.

Respuesta emitida por el CDSS relacionado con el cáncer de mama, cuando los datos del paciente no cumplen con los criterios de la medida de calidad (NQF 0031). En la Figura 3.3 se presenta el resultado generado cuando el paciente a evaluar es del sexo femenino, su edad se encuentra entre los 42-69 años y no se ha realizado al menos un examen para la detección de cáncer de mama (dos años antes a la fecha actual).

The screenshot shows a web interface for clinical decision support. At the top, there are tabs for 'Datos personales', 'Examen funcional', 'Signos vitales', 'Examen físico', and 'Soporte a la decisión'. Below these, a green header reads 'Soporte a las Decisiones Clínicas'. On the left, a box titled 'Medidas de Calidad' contains a radio button selected for 'Screening de cáncer de mama'. On the right, a 'Datos del Paciente' section lists: Nombre: pruebaRISD, Cédula: 451268486, Sexo: Femenino, Fecha Nacimiento: 1951-04-11. Below that, an 'Evaluación y Recomendación' section contains: Evaluación: Parece estar indicado realizar estudios para la prevención del Cáncer de Mama en este paciente y el momento de realizarlos es ahora. Recomendación: Realizar Mamografía (Unilateral/Bilateral). A 'Generar' button is at the bottom right.

Figura 3.3: Tercer Escenario.

3.2. Escenarios de prueba aplicados a las reglas definidas.

La herramienta Drools Guvnor brinda la posibilidad de simular escenarios de prueba sobre los procesos de negocio. Los escenarios de prueba se utilizan para validar que las reglas y la base de conocimientos funcionarán acorde a lo esperado. Estos se realizan partiendo de hechos iniciales que se pasan al escenario de prueba antes de la ejecución del mismo. Durante la ejecución de la regla, se registran cambios en la base de conocimientos. Una vez terminada la ejecución finalizan las acciones de registro y los hechos existentes en la salida de la base de conocimientos se comparan con los resultados esperados.

Con el objetivo de evaluar la medida de calidad implementada (NQF 0031) se generaron cuatro escenarios de pruebas, para las reglas que conforman dicha medida. Tales escenarios se evidencian en la siguiente imagen:

Formato	Válido	Nombre	Estado	Ultimo modificado
		01-Pre_MétodoDeterminaciónConceptoRequerido_NQF	Draft	02/06/2015 04:05:52
		02-Denominador	Draft	02/06/2015 04:05:20
		03-Numerador	Draft	02/06/2015 04:04:47
		04-Post_CrearSalida	Draft	02/06/2015 04:04:22

Figura 3.4: Escenarios de pruebas.

Cada uno de los escenarios está enfocado en evaluar de manera independiente las reglas que, en su conjunto, conforman la implementación de la medida de calidad NQF 0031. En el primero de los escenarios se evaluó que los *OpenCdsConcept* estuvieran determinados de acuerdo a la metodología que sigue NQF. En el segundo, se evaluaron los criterios indicados en el denominador, asumiendo que el paciente se había realizado un encuentro ambulatorio y un examen de mamografía unilateral en un período determinado. En el tercer escenario se evaluaron

los criterios indicados en el numerador, por lo que se simularon los datos de un paciente que en un período de dos años se había realizado algún tipo de examen para la detección del cáncer de mama. Por último, el cuarto escenario se realizó para evaluar la capacidad de respuesta a la solicitud de la medida una vez cumplidos los criterios emitidos tanto en el numerador como en el denominador. Tales pruebas evidenciaron el buen funcionamiento de la medida implementada (ver Figura 3.5).



Figura 3.5: Resultados de las pruebas.

3.3. Pruebas de rendimiento

Las pruebas de rendimiento o de estrés son las pruebas que se realizan desde una perspectiva para determinar lo rápido que realiza una tarea un sistema en condiciones particulares de trabajo. También puede servir para validar y verificar otros atributos de la calidad del sistema, tales como la escalabilidad, fiabilidad y uso de los recursos. Existen dos tipos de pruebas de rendimiento: pruebas de carga y de estrés. (94)

Las pruebas de carga se ejecutan para comprender el comportamiento de una aplicación ante una carga determinada. La carga puede estar compuesta por el número de usuarios esperados en producción o un número de transacciones durante un tiempo determinado. El resultado de esta prueba nos ofrece el tiempo de respuesta de todas las transacciones críticas. (94)

Las pruebas de estrés son utilizadas normalmente para someter a la aplicación al límite de su funcionamiento mediante la ejecución de un número de usuarios muy superior al esperado, o bien median la substracción de recursos (también conocidas como pruebas negativas donde se simula por ejemplo el fallo de un servidor en *cluster*). Este "test de stress" tiene como finalidad determinar la robustez de una aplicación cuando la carga es extrema y ayuda a los administradores a comprobar la configuración de las alarmas del sistema entre otras cosas. En este tipo de pruebas los tiempos de respuesta de la aplicación no son importantes y tienden a ser ignorados. Otro

posible objetivo de este tipo de pruebas es determinar el límite real de la aplicación en cuanto a número de usuarios concurrentes, número de transacciones por segundo, entre otros. (94)

Para garantizar el correcto funcionamiento de la infraestructura de comunicaciones propuesta, se realizaron pruebas para determinar la capacidad de procesamiento, estabilidad y rapidez del mismo con el apoyo de la herramienta Jmeter v2.3.1. La prueba fue aplicada a la funcionalidad evaluar datos del paciente.

3.3.1. Pruebas aplicadas a la funcionalidad evaluar datos del paciente.

Se aplicaron pruebas de rendimiento al CDSS propuesto a través de la funcionalidad evaluar datos del paciente. Para la misma se definió una muestra de 400 solicitudes evaluadas en los indicadores: la media de tiempo invertido por una petición (columna Media), el mínimo de tiempo invertido por una petición (columna *Mín*), el máximo de tiempo invertido por una petición (columna *Máx*), la mediana de tiempo invertido por una petición: significa que el 50% de las muestras tardaron menos del valor reflejado (columna Mediana), el tanto por ciento de respuestas con error (columna % Error), el número de peticiones procesadas en una unidad de tiempo (columna Rendimiento) y tráfico de red: número de peticiones procesadas en una unidad de tiempo (columna *Kb/sec*). Los resultados son indicados a continuación:

Label	# Muestras	Media	Mín	Máx	Mediana	% Error	Rendimiento	Kb/sec
Petición Webservice(SOAP)	400	21177	375	34426	23991	0,00%	11,2/sec	53,34
TOTAL	400	21177	375	34426	23991	0,00%	11,2/sec	53,34

Figura 3.6: Informe resumido para la funcionalidad evaluar datos del paciente.

En el informe anterior se muestra que el rendimiento del servicio brindado es de 11,2 peticiones por segundo, lo cual se evidencia gráficamente en la Figura 3.2.

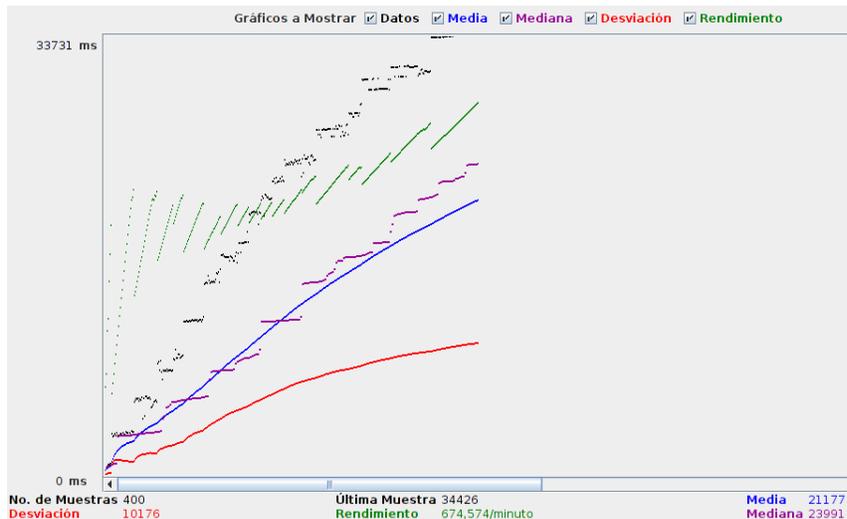


Figura 3.7: Gráfico de resultados de la funcionalidad evaluar datos del paciente.

Para obtener un mayor grado de detalle con respecto al comportamiento del servicio brindado, se generó una gráfica del visualizador *Spline* para observar los picos mínimos y máximos de respuesta a las solicitudes realizadas.

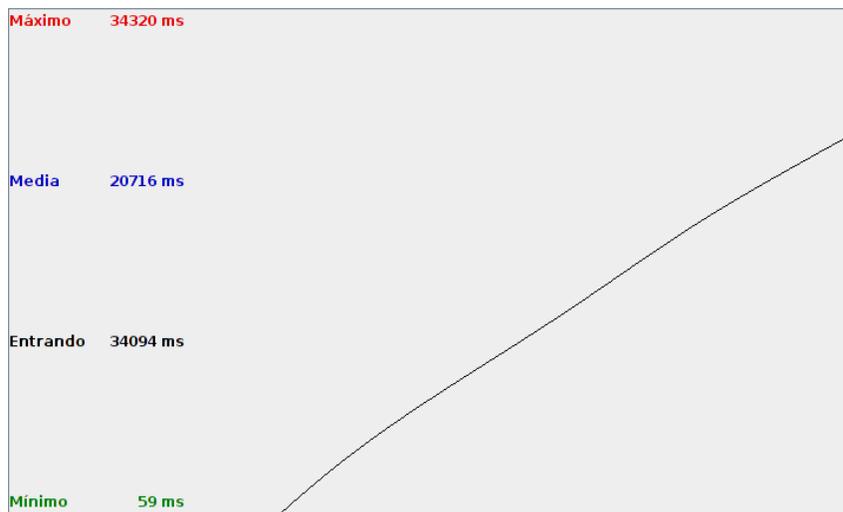


Figura 3.8: Visualizador *Spline* para la funcionalidad evaluar datos del paciente.

En sentido general los tiempos de respuesta son adecuados, se resuelven todas las solicitudes, no existen errores y la carga del servidor no tiene picos máximos, lo que demuestra un aumento en los tiempos de respuesta a medida que crece el número de solicitudes realizadas al servicio web. Como resultado final se evidencia un bajo nivel de carga del servidor en correspondencia con la muestra poblacional utilizada.

3.4. Conclusiones parciales

En el presente capítulo se realizaron las pruebas al CDSS propuesto, las mismas arrojaron las siguientes conclusiones:

- Se implementaron las clases necesarias para la traducción de los mensajes a partir de estándares (de HL7 CDA a HL7 VMR), lo que permitió comprobar la correcta interacción entre el HIS y el CDSS propuesto, en cuanto al envío y recibo de la información requerida.
- Se comprobó la validez de la medida implementada (NQF 0031), a través de la aplicación de varios escenarios de pruebas a la misma, en la herramienta Drools Guvnor.
- Las pruebas de rendimiento realizadas al sistema demostraron la eficiencia del mismo, arrojando rápidas respuestas para la cantidad de clientes estimados.

CONCLUSIONES

Con implementación del Sistema de Soporte a las Decisiones Clínicas relacionadas con el diagnóstico precoz del cáncer de mama se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- El estudio de las principales características de los sistemas de soportes a las decisiones clínicas, tanto a nivel internacional y como nacional, relacionado con el diagnóstico precoz del cáncer de mama, permitió definir una vía de solución estable y estandarizada para el Sistema de Gestión Hospitalaria.
- La utilización de la herramienta de soporte a la decisión OpenCDS y la creación de un repositorio de conocimientos para almacenar el paquete de la regla (NQF 0031) definida, así como la utilización de los diferentes estándares de intercambio y mensajería (DSS y VMR), permitieron darle cumplimiento al objetivo general de la investigación propuesto.
- Con la implementación de un componente para la traducción de los mensajes a partir de estándares definidos por HL7 (CDA, VMR), se garantizó la interoperabilidad entre el HIS y el CDSS propuesto.
- El sistema obtenido proveerá al personal facultativo que interactúa con el módulo de Consulta Externa, de información oportuna y precisa para el diagnóstico precoz del cáncer de mama, lo que permitirá elevar la calidad en la atención médica de los pacientes.

RECOMENDACIONES

Luego de haber cumplido el objetivo general de la investigación se recomienda que:

- Los resultados de la presente investigación sean presentados en futuros eventos relacionados con la medicina asistencial cubana.
- El Sistema de Soporte a la Decisiones Clínicas implementado, sea aplicado a otras patologías teniendo en cuenta el conocimiento experto definido por el NQF.
- El Sistema de Soporte a la Decisiones Clínicas implementado, esté disponible para el resto de los sistemas del CESIM.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GARCÍA ESPINAR, Javier. TABLA DE DERECHOS HUMANOS 2.0: Cuadro de normas y mecanismos para la Protección de los Derechos Humanos. *Fundación Acción Pro Derechos Humanos* [En línea]. 2008. Disponible en: <http://www.derechoshumanos.net/derechos/index.htm#salud>
2. NÚÑEZ GUDÁS, Mirta. Sistema de salud: aspectos. *Portal de Salud de Cuba* [En línea]. 2000. Disponible en: http://www.sld.cu/sistema_de_salud/aspectos.html
3. NÚÑEZ GUDÁS, Mirta. Sistema de salud: estrategias. *Portal de Salud de Cuba* [En línea]. 2000. Disponible en: http://www.sld.cu/sistema_de_salud/estrategias.html
4. RODRÍGUEZ SALVÁ, Armando, MARTÍN GARCÍA, Antonio y CAMACHO RODRÍGUEZ, Rolando. El Programa Nacional de Control de Cáncer en Cuba. *Revista Brasileira de Cancerología*. 1998. Vol. 44, no. 2, p. 119-129.
5. ERMESO RIVERO, Marina. Métodos diagnósticos utilizados en la patología mamaria. Estructura del subprograma nacional de cáncer de mama. *Revista Cubana de Enfermería* [En línea]. 1995. Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/enf/vol11_1_95/enf06195.htm
6. WEISS, Marisa. ¿Qué es el cáncer de mama? *BREASTCANCER.ORG* [En línea]. 2014. Disponible en: http://www.breastcancer.org/es/sintomas/cancer_de_mama/que_es_cancer_mama
7. RUIZ VON FELTEN, Rebeca. Cáncer de mama. *Onmeda.es Para tu salud* [En línea]. 2014. Disponible en: http://www.onmeda.es/enfermedades/cancer_mama.html
8. OPS. *Epidemiología del Cáncer de mama en las Américas, 2014* [En línea]. Científico. Organización Panamericana de la Salud, 2014. Disponible en: http://www.paho.org/Hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=21588&Itemid=270
9. CLÚA CALDERÍN, Ana Margarita y GUTIÉRREZ CAMPO, Léster. ANUARIO ESTADÍSTICO DE SALUD. [En línea]. 2015. Disponible en: <http://files.sld.cu/dne/files/2015/04/anuario-estadistico-de-salud-2014.pdf>
10. EDWIN RAKEL, Robert. Diagnosis Medicine. *Encyclopedia Britannica* [En línea]. Disponible en: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/161063/diagnosis/301328/Formulating-a-diagnosis#ref293769>
11. MCKAY, Mary. Prevention of Medical Errors. *Advance for Nurses* [En línea]. Disponible en: <http://nursing.advanceweb.com/Continuing-Education/CE-Articles/Prevention-of-Medical->

Errors.aspx

12. T. KOHN, Linda, M. CORRIGAN, Janet y S. DONALDSON, Molla. *To Err Is Human: Building a Safer Health System* [En línea]. Washington, D.C.: NATIONAL ACADEMY PRESS, 1999. ISBN 0-309-51563-7. Disponible en: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9728
13. MILIAN OBREGÓN, Janeth y CRESPO AVILÉS, Leonardo. *Desarrollo de la especialidad Angiología para la valoración del pie diabético del módulo Consulta Externa del sistema alas HIS*. Universidad de las Ciencias Informáticas, 2012.
14. BORRELL CARRIÓ, Francesc. Seguridad clínica en atención primaria. los errores médicos (II). 2012. Vol. 44, no. 8, p. 492-502. DOI 10.1016/j.aprim.2011.07.013.
15. Enfermedades crónicas. *Organización Mundial de la Salud* [En línea]. 2011. Disponible en: http://www.who.int/topics/chronic_diseases/es/
16. G. KOMEN, Susan. *La verdad sobre el cáncer de seno* [En línea]. 2014. Disponible en: http://ww5.komen.org/uploadedFiles/Content_Binaries/806-316-SP.pdf
17. S. MILLER, Robert. Cáncer de mama. *Cancer.Net* [En línea]. 2014. Disponible en: <http://www.cancer.net/es/tipos-de-c%C3%A1ncer/c%C3%A1ncer-de-mama>
18. CUBA. registro Nacional de Cáncer. *Scielo Cuba*. 1997. P. 5-20.
19. BORREGO LÓPEZ, Julio, RODRÍGUEZ PÉREZ, Alfredo, PEÑA CEDEÑO, Addis, VASALLO PASTOR, Nancy y PÉREZ MARTÍNEZ, Marina. Valor de la biopsia aspirativa con aguja fina en el diagnóstico de las afecciones de las mamas. *Revista Cubana de Obstetricia y Ginecología*. 1997. Vol. 23, no. 3, p. 81-85.
20. Cáncer de mama. *CDC* [En línea]. 2013. Disponible en: http://www.cdc.gov/spanish/cancer/breast/basic_info/screening.htm
21. RUBIO HERNÁNDEZ, María Caridad. *Cáncer de mama en la mujer* [En línea]. Disponible en: http://consultas.cuba.cu/consultas.php?id_cat=3&letr=c&id_cons=402&pagina=1
22. La importancia del diagnóstico precoz ¿Qué test de screening se deben realizar? *Pfizer* [En línea]. 2011. Disponible en: <https://www.pfizer.es/salud/servicios/publicaciones/oncovida.html#>
23. CLINICAL INFORMATION SYSTEM. *biohealthmatics.com* [En línea]. 2006. Disponible en: <http://www.biohealthmatics.com/technologies/his/cis.aspx>
24. Electronic Medical Records, Electronic Health Records. *Open Clinical* [En línea]. 2005. Disponible en: <http://www.openclinical.org/emr.html>

25. GONZÁLEZ BERNALDO DE QUIRÓS, Fernán. *Sistema de Información en los Sistemas de Salud: Componentes de un sistema de Información en salud*. 2009. Oregon Health and Science University.
26. KULESZA, Shelly. Key Components of Clinical Information Systems. *afoundria* [En línea]. 2014. Disponible en: <https://www.afoundria.com/cis/>
27. KARTHIGEYAN, Lakshmi, MURUGESAN, Prabhu y PRABHU NATARAJAN, Senthil. *Clinical Decision Support Systems* [En línea]. 2014. Disponible en: http://assets1.csc.com/innovation/downloads/Clinical_Decision_Support_Systems.pdf
28. Clinical Decision Support Systems (CDSS). *Leaders in Pharmaceutical Business Intelligence* [En línea]. 2012. Disponible en: <http://pharmaceuticalintelligence.com/tag/robert-hayward/>
29. Decision Support Service (DSS). *HSSP-DSS* [En línea]. Disponible en: <http://hssp-dss.wikispaces.com/>
30. BERIN, Amy. Clinical Decision Support: Show me the Evidence. *HIMSS* [En línea]. 2009. Disponible en: <http://www.himss.himssweb711.cms-plus.com/News/NewsDetail.aspx?ItemNumber=5675>
31. J., Friedlin, PR., Dexter y JM., Overhage. Details of a successful clinical decision support system. *AMIA Annu Symp Proc*. 2007. P. 254-262.
32. WRIGHT, Adam y F. SITTIG, Dean. SANDS: A Service-Oriented Architecture for Clinical Decision Support in a National Health Information Network. 2008. Vol. 41, no. 6, p. 962–981. DOI 10.1016/j.jbi.2008.03.001.
33. GONZÁLEZ BERNALDO DE QUIRÓS, Fernán. *Sistema de Información en los Sistemas de Salud: Sistemas de soporte para la toma de decisiones*. 2009. Oregon Health and Science University.
34. MF., Larson, CW., Ko y JA., Dominitz. Effectiveness of a provider reminder on fecal occult blood test follow-up. 2009. Vol. 59, no. 9, p. 1991-1996. DOI 10.1007/s10620-009-0751-2.
35. JUDGE, James, S. FIELD, Terry, DEFLORIO, Martín, LAPRINO, Jane, AUGER, Jill, ROCHON, Paula, W. BATES, David y H. GURWITZ, Jerry. Prescribers' Responses to Alerts During Medication Ordering in the Long Term Care Setting. *J Am Med Inform Assoc*. 2006. Vol. 13, no. 4, p. 385–390. DOI 10.1197/jamia.M1945.
36. ML., Graber y A., Mathew. Performance of a web-based clinical diagnosis support system

for internists. 2008. Vol. 23, no. 1, p. 37-40. DOI 10.1007/s11606-007-0271-8.

37. B., Collins y S., Speedie. Attaching context sensitive infobuttons to an EHR options and issues. 2008. P. 914.

38. BB., Anton, JJ., Schafer, A., Micenko, DM., Wolf, S., DiNucci, P., Donovan y B., Jordan. Clinical decision support. How CDS tools impact patient care outcomes. 2009. Vol. 23, no. 1, p. 39-45.

39. B., Mollon, J JR., Chong, AM., Holbrook, M., Sung, L., Thabane y G., Foster. Features predicting the success of computerized decision support for prescribing: a systematic review of randomized controlled trials. [En línea]. 2009. Vol. 9, no. 11. DOI doi: 10.1186/1472-6947-9-11. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Features+predicting+the+success+of+computerized+decision+support+for+prescribing%3A+a+systematic+review+of+randomized+controlled+trials>.

40. MONTES CASTRO, Jesús. Sistemas expertos (SE). *monografias.com* [En línea]. 2006. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos16/sistemas-expertos/sistemas-expertos.shtml>

41. Sistemas Expertos. *Informática Integral Inteligente* [En línea]. Disponible en: <http://www.informaticaintegral.net/sisexp.html>

42. TP., Clemmer y RM., Gardem. Informática Médica en la unidad de cuidados intensivos: estado de la cuestión 1995. 1996.

43. W. ROLSTON, David y HILL, McGraw. *PRINCIPIOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS* [En línea]. 1. 1990. 3516. ISBN 970-10-0074-9. Disponible en: <http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/handle/123456789/778>

44. H., Navas, AL., Osornio, A., Baum, A., Gomez, D., Luna y FG., de Quiros. Creation and evaluation of a terminology server for the interactive coding of discharge summaries. 2007. Vol. 129, no. 1, p. 650-654.

45. About HL7. *Health Level Seven® INTERNATIONAL* [En línea]. 2007. Disponible en: <http://www.hl7.org/>

46. LAAKSO MPA., Lynn. HL7 Version 3 Standard: Virtual Medical Record for Clinical Decision Support (vMR-CDS) XML Specification, Release 1. [En línea]. 2016. Disponible en: http://www.hl7.org/implement/standards/product_brief.cfm?product_id=342

47. STRASBERG MD MS, Howard. Patient Summaries: Documents or Data? [En línea]. 2011. Disponible en: <http://solutions.wolterskluwer.com/blog/2011/09/patient-summaries-documents-or->

data/

48. LAAKSO MPA., Lynn. HL7 Decision Support Service (DSS). [En línea]. 2011. Disponible en: http://www.hl7.org/implement/standards/product_brief.cfm?product_id=12
49. Key Components: Reference implementation of standard HL7/OMG Decision Support Service (DSS) interface. [En línea]. 2012. Disponible en: <http://www.opencds.org/TheSolution/KeyComponents.aspx>
50. VICKERS, Kyle. About Us: The National Quality Forum (NQF) is a not-for-profit, nonpartisan, membership-based organization that works to catalyze improvements in healthcare. [En línea]. Disponible en: http://www.qualityforum.org/story/About_Us.aspx
51. The principles of quality assurance. WHO Working Group. 1989. Vol. 1, no. 2-3, p. 79–95.
52. GONZÁLEZ BERNALDO DE QUIRÓS, Fernán. *Sistema de Información en los Sistemas de Salud: Interoperabilidad y Estándares*. 2009. Oregon Health and Science University.
53. The SAGE Project Home Page. [En línea]. Disponible en: <http://sage.wherever.org/>
54. PALMER, Karen. SAGE-Standards and guidelines evidence. [En línea]. 2009. Disponible en: <http://www.partnershipagainstcancer.ca/2009/02/06/>
55. KAWAMOTO, Kensaku. SEBASTIAN. [En línea]. 2013. Disponible en: http://www.openclinical.org/gmm_sebastian.html
56. Bilbomatica diseña un sistema para ayudar a los expertos en cáncer de mama. [En línea]. Disponible en: <http://www.bilbomatica.es/es/noticia/bilbomatica-disena-un-sistema-para-ayudar-los-expertos-en-cancer-de-mama>
57. CAICEDO, Larisa. El sistema Watson ayuda a los médicos a diagnosticar y tratar el cáncer. [En línea]. 2013. Disponible en: <http://www.breastcancer.org/es/noticias-investigacion/20130612>
58. POLLÁN, M., LLOBET, R. y MIRANDA GARCÍA, J. Validation of DM-Scan, a computer-assisted tool to assess mammographic density in full-field digital mammograms. *23865000*. 2013. Vol. 2, no. 1, p. 242.
59. K. BARRY, Douglas. Application Server Definition. [En línea]. Disponible en: http://www.service-architecture.com/articles/application-servers/application_server_definition.html
60. Overview. [En línea]. Disponible en: <http://jbossas.jboss.org>
61. Oracle GlassFish Server. [En línea]. Disponible en: <https://shop.oracle.com/pls/ostore/product?p1=OracleGlassFishServer>

62. WSO2 Application Server. [En línea]. Disponible en: <http://wso2.com/products/application-server/>
63. Home. [En línea]. Disponible en: <http://tomcat.apache.org/>
64. KEEN, Martin, ACHARYA, Amit, BISHOP, Susan, HOPKINS, Alan y ROBINSON, Rick. *Patterns: Implementing an SOA Using an Enterprise Service Bus* [En línea]. WebSphere, [sin fecha]. ISBN 0738490008. Disponible en: ibm.com/redbooks
65. What is Mule ESB? *MuleSoft* [En línea]. Disponible en: <http://www.mulesoft.org/what-mule-esb>
66. DIMAGGIO, Len. Overview. [En línea]. 2011. Disponible en: <http://jbossesb.jboss.org/>
67. WSO2 Enterprise Service Bus Documentation. [En línea]. Disponible en: <https://docs.wso2.com/display/ESB481/WSO2+Enterprise+Service+Bus+Documentation>
68. ESB Comparison. [En línea]. 2012. Disponible en: <http://blog.cobia.net/cobiacomm/2012/08/01/esb-comparison/>
69. INFANTE OSORIO, Jorge. El ESB de WSO2 se considera el ESB más rápido en su categoría. [En línea]. 2014. Disponible en: <http://desarrollosa.blogspot.com/2014/03/el-esb-de-wso2-se-considera-el-esb-mas.html>
70. Your First Cup. *Oracle* [En línea]. 2012. Disponible en: <http://docs.oracle.com/javase/6/firstcup/doc/gkhoy.html#gcrlz>
71. Herramientas para todos los desarrolladores y todas las aplicaciones. [En línea]. Disponible en: <http://www.visualstudio.com/>
72. Red Hat JBoss Developer Studio. [En línea]. Disponible en: <https://www.jboss.org/products/jbds>
73. STORKEKEL, Scott. An Introduction to the Eclipse IDE. [En línea]. 2002. Disponible en: <http://onjava.com/pub/a/onjava/2002/12/11/eclipse.html>
74. NetBeans IDE. [En línea]. Disponible en: <https://netbeans.org/>
75. LARMAN, Craig. *UML y patrones : análisis y diseño orientado a objetos* [En línea]. México : Prentice Hall, 1999. ISBN 9701702611 9789701702611. Disponible en: <http://www.worldcat.org/title/uml-y-patrones-analisis-y-diseno-orientado-a-objetos/oclc/626650184?ht=edition&referer=di>
76. Enterprise Architect - Herramienta de diseño UML. [En línea]. Disponible en:

<http://sparxsystems.com.ar/products/ea.html>

77. Rational Rose Enterprise. [En línea]. Disponible en: <http://www-03.ibm.com/software/products/es/enterprise>

78. Visual Paradigm for UML. [En línea]. 2007. Disponible en: http://www.freedownloadmanager.org/es/downloads/Paradigma_Visual_para_UML_%5Bcuenta_de_Plataforma_de_Java_14715_p/

79. Home. [En línea]. Disponible en: <http://www.jbpm.org/>

80. Home. [En línea]. Disponible en: <http://www.bpmn.org/>

81. Overview. [En línea]. Disponible en: <http://www.drools.org/>

82. Using the Drools Guvnor Repository to store your Rules. [En línea]. Disponible en: <http://www.mastertheboss.com/jboss-jbpm/drools/using-the-drools-guvnor-repository-to-store-your-rules>

83. Home. [En línea]. Disponible en: www.opencds.org Published: www.opencds.org

84. Apache JMeter. [En línea]. Disponible en: <http://jmeter.apache.org/>

85. W3C. W3C [En línea]. Disponible en: <http://www.w3.org/standards/webofservices/>

86. WSDL Current Status. W3C [En línea]. 2007. Disponible en: http://www.w3.org/standards/techs/wSDL#w3c_all

87. ROSALES PÉREZ, Daniella y MÁRQUEZ CABRERA, Raúl. *Propuesta de Modelo de Estructura y Evolución para un Centro de Excelencia SOA*. La Habana : Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.

88. FLORES, Ervin. METODOLOGIAS AGILES: «PROCESO UNIFICADO AGIL (AUP)». [En línea]. Disponible en: http://ingenieriadesoftware.mex.tl/63758_AUP.html

89. Modelo de Dominio. *Tecnología y Synergix* [En línea]. Disponible en: <https://synergix.wordpress.com/2008/07/10/modelo-de-dominio/>

90. Project JABAX. [En línea]. Disponible en: <https://jaxb.java.net/>

91. Measures. [En línea]. Disponible en: <http://www.qualityforum.org/QPS>

92. JACOBSON, Ivar, BOOCH, Grady y RUMBAUGH, James. *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software* [En línea]. Madrid : Pearson Educacion, S.A., 2000. ISBN 84-7829-036-2. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/50327385/EI-Proceso-Unificado-de-Desarrollo-de-Software->

Jacobson-Booch-Rumbaugh#scribd

93. BOOCH, Grady, RUMBAUGH, James y JACOBSON, Ivar. *El Lenguaje Unificado de Modelado Manual de Referencia* [En línea]. 2. Madrid: Pearson Addison Wesley, 2006. ISBN 9788478290765. Disponible en: <http://es.slideshare.net/jpincay/lenguaje-unificado-de-modelado-manual-de-referencia-2007>

94. Tipos de Pruebas Técnicas. *q-vision Technologies* [En línea]. Disponible en: <http://www.qvision.us/index.php/es/2014-02-18-20-02-58/articulos-interes/74-tipos-de-pruebas-tecnicas>

BIBLIOGRAFÍA

1. About HL7. *Health Level Seven® INTERNATIONAL* [En línea]. 2007. Disponible en: <http://www.hl7.org/>
2. Apache JMeter. [En línea]. Disponible en: <http://jmeter.apache.org/>
3. B., Collins y S., Speedie. Attaching context sensitive infobuttons to an EHR options and issues. 2008. P. 914.
4. B., Mollon, J JR., Chong, AM., Holbrook, M., Sung, L., Thabane y G., Foster. Features predicting the success of computerized decision support for prescribing: a systematic review of randomized controlled trials. [En línea]. 2009. Vol. 9, no. 11. DOI doi: 10.1186/1472-6947-9-11. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Features+predicting+the+success+of+computerized+decision+support+for+prescribing%3A+a+systematic+review+of+randomized+controlled+trials.>
5. BB., Anton, JJ., Schafer, A., Micenko, DM., Wolf, S., DiNucci, P., Donovan y B., Jordan. Clinical decision support. How CDS tools impact patient care outcomes. 2009. Vol. 23, no. 1, p. 39–45.
6. BERIN, Amy. Clinical Decision Support: Show me the Evidence. *HIMSS* [En línea]. 2009. Disponible en: <http://www.himss.himssweb711.cms-plus.com/News/NewsDetail.aspx?ItemNumber=5675>
7. Bilbomatica diseña un sistema para ayudar a los expertos en cáncer de mama. [En línea]. Disponible en: <http://www.bilbomatica.es/es/noticia/bilbomatica-disena-un-sistema-para-ayudar-los-expertos-en-cancer-de-mama>
8. BOOCH, Grady, RUMBAUGH, James y JACOBSON, Ivar. *El Lenguaje Unificado de Modelado Manual de Referencia* [En línea]. 2. Madrid: Pearson Addison Wesley, 2006. ISBN 9788478290765. Disponible en: <http://es.slideshare.net/jpincay/lenguaje-unificado-de-modelado-manual-de-referencia-2007>
9. BORREGO LÓPEZ, Julio, RODRÍGUEZ PÉREZ, Alfredo, PEÑA CEDEÑO, Addis, VASALLO PASTOR, Nancy y PÉREZ MARTÍNEZ, Marina. Valor de la biopsia aspirativa con aguja fina en el diagnóstico de las afecciones de las mamas. *Revista Cubana de Obstetricia y Ginecología*. 1997. Vol. 23, no. 3, p. 81-85.
10. BORRELL CARRIÓ, Francesc. Seguridad clínica en atención primaria. Los errores médicos (II). 2012. Vol. 44, no. 8, p. 492-502. DOI 10.1016/j.aprim.2011.07.013.
11. CAICEDO, Larisa. El sistema Watson ayuda a los médicos a diagnosticar y tratar el cáncer. [En línea]. 2013. Disponible en: <http://www.breastcancer.org/es/noticias-investigacion/20130612>
12. Cáncer de mama. CDC [En línea]. 2013. Disponible en:

http://www.cdc.gov/spanish/cancer/breast/basic_info/screening.htm

13. Clinical Decision Support Systems (CDSS). *Leaders in Pharmaceutical Business Intelligence* [En línea]. 2012. Disponible en: <http://pharmaceuticalintelligence.com/tag/robert-hayward/>
14. CLINICAL INFORMATION SYSTEM. *biohealthmatics.com* [En línea]. 2006. Disponible en: <http://www.biohealthmatics.com/technologies/his/cis.aspx>
15. CLÚA CALDERÍN, Ana Margarita y GUTIÉRREZ CAMPO, Léster. ANUARIO ESTADÍSTICO DE SALUD. [En línea]. 2015. Disponible en: <http://files.sld.cu/dne/files/2015/04/anuario-estadistico-de-salud-2014.pdf>
16. CUBA. registro Nacional de Cáncer. *Scielo Cuba*. 1997. P. 5-20.
17. Decision Support Service (DSS). *HSSP-DSS* [En línea]. Disponible en: <http://hssp-dss.wikispaces.com/>
18. DIMAGGIO, Len. Overview. [En línea]. 2011. Disponible en: <http://jbossesb.jboss.org/>
19. EDWIN RAKEL, Robert. Diagnosis Medicine. *Encyclopedia Britannica* [En línea]. Disponible en: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/161063/diagnosis/301328/Formulating-a-diagnosis#ref293769>
20. Electronic Medical Records, Electronic Health Records ... *Open Cinical* [En línea]. 2005. Disponible en: <http://www.openclinical.org/emr.html>
21. Enfermedades crónicas. *Organización Mundial de la Salud* [En línea]. 2011. Disponible en: http://www.who.int/topics/chronic_diseases/es/
22. Enterprise Architect - Herramienta de diseño UML. [En línea]. Disponible en: <http://sparxsystems.com.ar/products/ea.html>
23. ERMESO RIVERO, Marina. Métodos diagnósticos utilizados en la patología mamaria. Estructura del subprograma nacional de cáncer de mama. *Revista Cubana de Enfermería* [En línea]. 1995. Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/enf/vol11_1_95/enf06195.htm
24. ESB Comparison. [En línea]. 2012. Disponible en: <http://blog.cobia.net/cobiacom/2012/08/01/esb-comparison/>
25. FLORES, Ervin. METODOLOGIAS AGILES: «PROCESO UNIFICADO AGIL (AUP)». [En línea]. Disponible en: http://ingenieriadesoftware.mex.tl/63758_AUP.html
26. G. KOMEN, Susan. *La verdad sobre el cáncer de seno* [En línea]. 2014. Disponible en: http://ww5.komen.org/uploadedFiles/Content_Binaries/806-316-SP.pdf
27. GARCÍA ESPINAR, Javier. TABLA DE DERECHOS HUMANOS 2.0: Cuadro de normas y mecanismos para la Protección de los Derechos Humanos. *Fundación Acción Pro Derechos Humanos* [En línea]. 2008. Disponible en:

<http://www.derechoshumanos.net/derechos/index.htm#salud>

28. GONZÁLEZ BERNALDO DE QUIRÓS, Fernán. *Sistema de Información en los Sistemas de Salud: Componentes de un sistema de Información en salud*. 2009. Oregon Health and Science University.
29. GONZÁLEZ BERNALDO DE QUIRÓS, Fernán. *Sistema de Información en los Sistemas de Salud: Sistemas de soporte para la toma de decisiones*. 2009. Oregon Health and Science University.
30. GONZÁLEZ BERNALDO DE QUIRÓS, Fernán. *Sistema de Información en los Sistemas de Salud: Interoperabilidad y Estándares*. 2009. Oregon Health and Science University.
31. H., Navas, AL., Osornio, A., Baum, A., Gomez, D., Luna y FG., de Quiros. Creation and evaluation of a terminology server for the interactive coding of discharge summaries. 2007. Vol. 129, no. 1, p. 650-654.
32. Herramientas para todos los desarrolladores y todas las aplicaciones. [En línea]. Disponible en: <http://www.visualstudio.com/>
33. Home. [En línea]. Disponible en: <http://tomcat.apache.org/>
34. Home. [En línea]. Disponible en: <http://www.bpmn.org/>
35. Home. [En línea]. Disponible en: <http://www.jbpm.org/>
36. Home. [En línea]. Disponible en: www.opencds.org Published: www.opencds.org
37. INFANTE OSORIO, Jorge. El ESB de WSO2 se considera el ESB más rápido en su categoría. [En línea]. 2014. Disponible en: <http://desarrollosoa.blogspot.com/2014/03/el-esb-de-wso2-se-considera-el-esb-mas.html>
38. J., Friedlin, PR., Dexter y JM., Overhage. Details of a successful clinical decision support system. *AMIA Annu Symp Proc*. 2007. P. 254-262.
39. JACOBSON, Ivar, BOOCH, Grady y RUMBAUGH, James. *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software* [En línea]. Madrid : Pearson Educacion, S.A., 2000. ISBN 84-7829-036-2. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/50327385/El-Proceso-Unificado-de-Desarrollo-de-Software-Jacobson-Booch-Rumbaugh#scribd>
40. JUDGE, James, S. FIELD, Terry, DEFLORIO, Martín, LAPRINO, Jane, AUGER, Jill, ROCHON, Paula, W. BATES, David y H. GURWITZ, Jerry. Prescribers' Responses to Alerts During Medication Ordering in the Long Term Care Setting. *J Am Med Inform Assoc*. 2006. Vol. 13, no. 4, p. 385–390. DOI 10.1197/jamia.M1945.
41. K. BARRY, Douglas. Application Server Definition. [En línea]. Disponible en: http://www.service-architecture.com/articles/application-servers/application_server_definition.html
42. KARTHIGEYAN, Lakshmi, MURUGESAN, Prabhu y PRABHU NATARAJAN, Senthil.

-
- Clinical Decision Support Systems* [En línea]. 2014. Disponible en: http://assets1.csc.com/innovation/downloads/Clinical_Decision_Support_Systems.pdf
43. KAWAMOTO, Kensaku. SEBASTIAN. [En línea]. 2013. Disponible en: http://www.openclinical.org/gmm_sebastian.html
44. KEEN, Martin, ACHARYA, Amit, BISHOP, Susan, HOPKINS, Alan y ROBINSON, Rick. *Patterns: Implementing an SOA Using an Enterprise Service Bus* [En línea]. WebSphere, [sin fecha]. ISBN 0738490008. Disponible en: ibm.com/redbooks
45. Key Components: Reference implementation of standard HL7/OMG Decision Support Service (DSS) interface. [En línea]. 2012. Disponible en: <http://www.opencds.org/TheSolution/KeyComponents.aspx>
46. KULESZA, Shelly. Key Components of Clinical Information Systems. *afoundria* [En línea]. 2014. Disponible en: <https://www.afoundria.com/cis/>
47. La importancia del diagnóstico precoz ¿Qué test de screening se deben realizar? *Pfizer* [En línea]. 2011. Disponible en: <https://www.pfizer.es/salud/servicios/publicaciones/oncovida.html#>
48. LAAKSO MPA., Lynn. HL7 Decision Support Service (DSS). [En línea]. 2011. Disponible en: http://www.hl7.org/implement/standards/product_brief.cfm?product_id=12
49. LAAKSO MPA., Lynn. HL7 Version 3 Standard: Virtual Medical Record for Clinical Decision Support (vMR-CDS) XML Specification, Release 1. [En línea]. 2016. Disponible en: http://www.hl7.org/implement/standards/product_brief.cfm?product_id=342
50. LARMAN, Craig. *UML y patrones : análisis y diseño orientado a objetos* [En línea]. México : Prentice Hall, 1999. ISBN 9701702611 9789701702611. Disponible en: <http://www.worldcat.org/title/uml-y-patrones-analisis-y-diseno-orientado-a-objetos/oclc/626650184?ht=edition&referer=di>
51. MCKAY, Mary. Prevention of Medical Errors. *Advance for Nurses* [En línea]. Disponible en: <http://nursing.advanceweb.com/Continuing-Education/CE-Articles/Prevention-of-Medical-Errors.aspx>
52. Measures. [En línea]. Disponible en: <http://www.qualityforum.org/QPS>
53. MF., Larson, CW., Ko y JA., Dominitz. Effectiveness of a provider reminder on fecal occult blood test follow-up. 2009. Vol. 59, no. 9, p. 1991-1996. DOI 10.1007/s10620-009-0751-2.
54. MILIAN OBREGÓN, Janeth y CRESPO AVILÉS, Leonardo. *Desarrollo de la especialidad Angiología para la valoración del pie diabético del módulo Consulta Externa del sistema alas HIS*. Universidad de las Ciencias Informáticas, 2012.
55. ML., Graber y A., Mathew. Performance of a web-based clinical diagnosis support system for internists. 2008. Vol. 23, no. 1, p. 37-40. DOI 10.1007/s11606-007-0271-8.

-
56. Modelo de Dominio. *Tecnología y Synergix* [En línea]. Disponible en: <https://synergix.wordpress.com/2008/07/10/modelo-de-dominio/>
 57. MONTES CASTRO, Jesús. Sistemas expertos (SE). *monografias.com* [En línea]. 2006. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos16/sistemas-expertos/sistemas-expertos.shtml>
 58. NetBeans IDE. [En línea]. Disponible en: <https://netbeans.org/>
 59. NÚÑEZ GUDÁS, Mirta. Sistema de salud: aspectos. *Portal de Salud de Cuba* [En línea]. 2000. Disponible en: http://www.sld.cu/sistema_de_salud/aspectos.html
 60. NÚÑEZ GUDÁS, Mirta. Sistema de salud: estrategias. *Portal de Salud de Cuba* [En línea]. 2000. Disponible en: http://www.sld.cu/sistema_de_salud/estrategias.html
 61. OPS. *Epidemiología del Cáncer de mama en las Américas, 2014* [En línea]. Científico. Organización Panamericana de la Salud, 2014. Disponible en: http://www.paho.org/Hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=21588&Itemid=270
 62. Oracle GlassFish Server. [En línea]. Disponible en: <https://shop.oracle.com/pls/ostore/product?p1=OracleGlassFishServer>
 63. Overview. [En línea]. Disponible en: <http://jbossas.jboss.org>
 64. Overview. [En línea]. Disponible en: <http://www.drools.org/>
 65. PALMER, Karen. SAGE-Standards and guidelines evidence. [En línea]. 2009. Disponible en: <http://www.partnershipagainstcancer.ca/2009/02/06/>
 66. POLLÁN, M., LLOBET, R. y MIRANDA GARCÍA, J. Validation of DM-Scan, a computer-assisted tool to assess mammographic density in full-field digital mammograms. *23865000*. 2013. Vol. 2, no. 1, p. 242.
 67. Project JABAX. [En línea]. Disponible en: <https://jaxb.java.net/>
 68. Rational Rose Enterprise. [En línea]. Disponible en: <http://www-03.ibm.com/software/products/es/enterprise>
 69. Red Hat JBoss Developer Studio. [En línea]. Disponible en: <https://www.jboss.org/products/jbds>
 70. RODRÍGUEZ SALVÁ, Armando, MARTÍN GARCÍA, Antonio y CAMACHO RODRÍGUEZ, Rolando. El Programa Nacional de Control de Cáncer en Cuba. *Revista Brasileira de Cancerología*. 1998. Vol. 44, no. 2, p. 119-129.
 71. ROSALES PÉREZ, Daniella y MÁRQUEZ CABRERA, Raúl. *Propuesta de Modelo de Estructura y Evolución para un Centro de Excelencia SOA*. La Habana : Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.
 72. RUBIO HERNÁNDEZ, María Caridad. *Cáncer de mama en la mujer* [En línea]. Disponible en: http://consultas.cuba.cu/consultas.php?id_cat=3&letr=c&id_cons=402&pagina=1

-
73. RUIZ VON FELTEN, Rebeca. Cáncer de mama. *Onmeda.es Para tu salud* [En línea]. 2014. Disponible en: http://www.onmeda.es/enfermedades/cancer_mama.html
 74. S. MILLER, Robert. Cáncer de mama. *Cancer.Net* [En línea]. 2014. Disponible en: <http://www.cancer.net/es/tipos-de-c%C3%A1ncer/c%C3%A1ncer-de-mama>
 75. Sistemas Expertos. *Informática Integral Inteligente* [En línea]. Disponible en: <http://www.informaticaintegral.net/sisexp.html>
 76. STORKEKEL, Scott. An Introduction to the Eclipse IDE. [En línea]. 2002. Disponible en: <http://onjava.com/pub/a/onjava/2002/12/11/eclipse.html>
 77. STRASBERG MD MS, Howard. Patient Summaries: Documents or Data? [En línea]. 2011. Disponible en: <http://solutions.wolterskluwer.com/blog/2011/09/patient-summaries-documents-or-data/>
 78. T. KOHN, Linda, M. CORRIGAN, Janet y S. DONALDSON, Molla. *To Err Is Human: Building a Safer Health System* [En línea]. Washington, D.C.: NATIONAL ACADEMY PRESS, 1999. ISBN 0-309-51563-7. Disponible en: http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9728
 79. The principles of quality assurance. WHO Working Group. 1989. Vol. 1, no. 2-3, p. 79–95.
 80. The SAGE Project Home Page. [En línea]. Disponible en: <http://sage.wherever.org/>
 81. Tipos de Pruebas Técnicas. *q-vision Technologies* [En línea]. Disponible en: <http://www.qvision.us/index.php/es/2014-02-18-20-02-58/articulos-interes/74-tipos-de-pruebas-tecnicas>
 82. TP., Clemmer y RM., Gardem. *Informática Médica en la unidad de cuidados intensivos: estado de la cuestión* 1995. 1996.
 83. Using the Drools Guvnor Repository to store your Rules. [En línea]. Disponible en: <http://www.mastertheboss.com/jboss-jbpm/drools/using-the-drools-guvnor-repository-to-store-your-rules>
 84. VICKERS, Kyle. About Us: The National Quality Forum (NQF) is a not-for-profit, nonpartisan, membership-based organization that works to catalyze improvements in healthcare. [En línea]. Disponible en: http://www.qualityforum.org/story/About_Us.aspx
 85. Visual Paradigm for UML. [En línea]. 2007. Disponible en: http://www.freedownloadmanager.org/es/downloads/Paradigma_Visual_para_UML_%5Bcuenta_de_Plataforma_de_Java_14715_p/
 86. W. ROLSTON, David y HILL, McGraw. *PRINCIPIOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS* [En línea]. 1. 1990. 3516. ISBN 970-10-0074-9. Disponible en: <http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/handle/123456789/778>
 87. W3C. W3C [En línea]. Disponible en: <http://www.w3.org/standards/webofservices/>

88. WEISS, Marisa. ¿Qué es el cáncer de mama? *BREASTCANCER.ORG* [En línea]. 2014. Disponible en: http://www.breastcancer.org/es/sintomas/cancer_de_mama/que_es_cancer_mama
89. What is Mule ESB? *MuleSoft* [En línea]. Disponible en: <http://www.mulesoft.org/what-mule-esb>
90. WRIGHT, Adam y F. SITTIG, Dean. SANDS: A Service-Oriented Architecture for Clinical Decision Support in a National Health Information Network. 2008. Vol. 41, no. 6, p. 962–981. DOI 10.1016/j.jbi.2008.03.001.
91. WSDL Current Status. *W3C* [En línea]. 2007. Disponible en: http://www.w3.org/standards/techs/wSDL#w3c_all
92. WSO2 Application Server. [En línea]. Disponible en: <http://wso2.com/products/application-server/>
93. WSO2 Enterprise Service Bus Documentation. [En línea]. Disponible en: <https://docs.wso2.com/display/ESB481/WSO2+Enterprise+Service+Bus+Documentation>
94. Your First Cup. *Oracle* [En línea]. 2012. Disponible en: <http://docs.oracle.com/javaee/6/firstcup/doc/gkhoy.html#gclrz>

ANEXOS

Anexo 1: Fragmento del knowledgeModules.

```
<kmMetadata>
  <identifier scopingEntityId="org.opencds" businessId="NQF_0031_v1" version="1.1.1"/>
  <purpose language="en">Implementation of NQF 0031 rules version 1, for Breast Cancer
Screening</purpose>
  <explanation language="en"></explanation>
  <executionEngine>org.opencds.service.drools.v55.DroolsAdapter</executionEngine>
  <dataModel>org.opencds.vmr^VMR^1.0</dataModel>
</kmMetadata>
```

Anexo 2: Enfoque estructural anidado.

```
<vmr>
  <templateId root="" />
  <patient>
    <id root="" />
    <demographics />
    <clinicalStatements>
      <adverseEvents>
        <adverseEvent>
          . . .
          <relatedEntity>
            <targetRole />
            <administrableSubstance>
              . . .
            </administrableSubstance>
          </relatedEntity>
          . . .
          <relatedClinicalStatement>
            <targetRelationshipToSource />
            <observationResult>
              . . .
            </observationResult>
          </relatedClinicalStatement>
          . . .
        </adverseEvent>
      </adverseEvents>
    </clinicalStatements>
  </patient>
</vmr>
```