



FACULTAD 2

TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO EN CIENCIAS INFORMÁTICA

Componente para gestionar la trazabilidad del instrumental quirúrgico
mediante la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia

Autores: Dailys Sánchez Díaz
Ania Escalona Herrera

Tutores: MSc. Diana Rosa Alfonso Espinosa
MSc. Alfredo Rodríguez Ruiz

Co-Tutor: Ing. Reinier Milián Pérez

La Habana, 18 de junio del 2014

“Año 56 de la Revolución”

Pensamiento

*“A la cima no se llega superando a los demás,
sino superándose a sí mismo.”*

Ernesto Ché Guevara.



Agradecimientos de Dailys

Agradezco primeramente a Dios porque sin su ayuda no hubiera podido seguir adelante con esta carrera, a mis padres que son mis amores y el mayor tesoro que tengo en esta tierra, a mi Hecti que fue mi fortaleza y el bastoncito que me sostuvo a veces en los malos momentos en esta escuela, a mis amigos de mis primeros años de la UCI: a Liván, More, Melli y Adri por aguantar mis malacrianzas de aquellos tiempos. A mi familia que a pesar de estar lejos me apoyaron y se preocuparon por mi durante toda la carrera. Agradezco a mis compañeros de aula y de cuarto: a Gera y Gley, que de una u otra forma también me soportaron y me prestaron la Toshiba, a mi compañera de tesis Ania, que era mi despertador casi todos los días y estuvo a mi lado en esta ardua tarea. A mis tutores Alfredo y Diana que nos guiaron y ayudaron en todo momento para salir victoriosas y a los profes Yovanoti, Isledy ,Yanes y Dianita que nos corrigieron y nos aconsejaron para salir bien en esta última prueba de mis estudios.

Agradecimientos de Ania

Quiero agradecer a toda mi familia por su apoyo, especialmente a mi mamá Nersi y a mi papá Andrés que no lo habría logrado sin ellos, quienes son mi vida, mi amor, mi orgullo, mi guía, mi todo. Agradecerle también a mi hermana Arianna por ayudarme y quererme. A mi cuñado Bencomo y a Héctor por su colaboración en todo. A mis compañeras de cuarto Arianne y Tita. A mi compañera de tesis por soportarme todo este tiempo y a las personas que formaron parte de mi vida y me ayudaron a lograr mis objetivos, que a pesar de la distancia se han mantenido cerca, en especial a Alfonso. A mi tutora Diana Rosa, por su apoyo durante toda la investigación.

Dedicatoria de Dailys

Dedico mi tesis a Dios en primer lugar, a mis padres, a Héctor y mi familia.

Dedicatoria de Ania

Dedico mi tesis a toda mi familia.

Datos de contactos

MSc. Diana Rosa Alfonso Espinosa: Graduada en el año 2008 de Ingeniera en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas. Posee categoría docente de Instructor. Ha impartido las asignaturas de Pruebas y evaluación de software, Administración de calidad, CMMI, Aplicaciones informáticas en el sector de la salud, Gestión de Software e Introducción a las pruebas de software. Actualmente se desempeña como profesora en el Departamento de Práctica Profesional del Centro de Informática Médica (CESIM). Graduada de Máster en Informática en Salud en el 2014. Correo electrónico: dralfonso@uci.cu

MSc. Alfredo Rodríguez Ruiz: Graduado en el año 2008 de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas. Posee categoría docente de Instructor. Ha impartido las asignaturas Programación I y II, Programación web y Gráfico por computadora. Actualmente se desempeña como profesor en el Departamento de Práctica Profesional del Centro de Informática Médica (CESIM). Graduado de Máster en informática Aplicada en el 2014. Correo electrónico: arruiz@uci.cu

Ing. Reinier Milián Pérez: Graduado en el año 2012 de Ingeniero en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas. No posee categoría docente. Actualmente se desempeña como desarrollador en el Departamento de Desarrollo de Aplicaciones en el Centro de Informática Médica (CESIM). Correo electrónico: rmilian@uci.cu

Dailys Sánchez Díaz: Estudiante de la Universidad de las Ciencias Informáticas que se encuentra cursando actualmente el 5to año de la carrera de Ingeniería de Ciencias Informáticas. Correo electrónico: dsanchezd@estudiantes.uci.cu

Ania Escalona Herrera: Estudiante de la Universidad de las Ciencias Informáticas que se encuentra cursando actualmente el 5to año de la carrera de Ingeniería de Ciencias Informáticas. Correo electrónico: aeherrera@estudiantes.uci.cu

Resumen

La presente investigación surge debido al interés de elevar la calidad de la atención sanitaria, y con ello la seguridad de los pacientes, a partir de la disminución de los errores humanos que pueden verse involucrados en las tareas de identificación, monitorización y trazabilidad de instrumentos quirúrgicos. Con este fin el objetivo general del presente trabajo consiste en el desarrollo de un componente informático, que a partir del uso de la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia (RFID), permita la automatización de los procesos de identificación, monitoreo y trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos en las instituciones de salud cubana, elevando la seguridad y control sobre los mismos.

Para el desarrollo del componente se emplea como servidor de aplicación JBoss y Eclipse como plataforma de desarrollo, Java como lenguaje de programación, PostgreSQL como Sistema Gestor de Bases de Datos, Hibernate como herramienta de mapeo objeto-relacional para la persistencia de los datos y Seam como el marco de trabajo integrador. Para simular el proceso de interacción etiqueta-lector se utilizó un sistema libre de costo llamado RIFIDI.

Como resultado se espera que la aplicación de este componente simplifique la captura y gestión de la información relacionada con la integridad de los instrumentos quirúrgicos, logrando mantener una correcta trazabilidad durante el recorrido de los mismos dentro del hospital, reduciendo la posibilidad de ocurrencia de errores humanos en el manejo de la información y facilitando a su vez el trabajo del personal involucrado en los procesos del sistema.

Palabras Clave: identificación, instrumentos quirúrgicos, monitorización, RFID, trazabilidad.

Índice de contenidos

Introducción	1
CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica	5
1.1 Identificación, monitorización y trazabilidad de objetos	5
1.1.1 Tipos de trazabilidad: interna y externa	8
1.1.2 Aplicaciones de la trazabilidad.....	9
1.2 Caracterización del proceso de trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos.....	10
1.3 Tecnologías de identificación automática	11
1.3.1 El código de barra y sus especificidades	11
1.3.2 EPC/RFID.....	14
1.4 Selección de la tecnología RFID como alternativa de solución	14
1.5 Caracterización de los componentes de la tecnología RFID	16
1.6 Beneficios de la tecnología RFID.....	18
1.7 La inspección como requerimiento de pre-despliegue de los sistemas RFID.....	19
1.8 Análisis de las Soluciones Existentes	21
1.8.1 Ámbito internacional	21
1.8.2 Ámbito nacional.....	23
1.9 Librerías, plataformas y componentes utilizados	23
1.9.1 Capa de presentación:.....	23
1.9.2 Capa de negocio	25
1.9.3 Capa de datos	25
1.9.4 Lenguajes de programación	26
1.10 Guía de desarrollo del software	28
1.11 Herramientas y tecnologías utilizadas para la solución	29
CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución	34
2.1 Actores del negocio	34
2.2 Flujo actual de los procesos del negocio	35
2.2.1 Recepción de los instrumentos quirúrgicos en el almacén.....	35
2.2.2 Recepción de los instrumentos quirúrgicos en la central de esterilización desde el almacén	36

2.2.3	Recepción de los instrumentos quirúrgicos en la central de esterilización desde el quirófano hospitalario	37
2.2.4	Monitorización del instrumento quirúrgico en la central de esterilización	39
2.2.5	Monitorización del instrumento quirúrgico en los quirófanos hospitalarios	40
2.2.6	Realización del inventario de los instrumentos quirúrgicos	42
2.3	Propuesta del sistema	43
2.4	Especificación de los requisitos del software	44
2.4.1	Requisitos funcionales	44
2.4.2	Requisitos no funcionales	47
2.5	Descripción de la arquitectura del componente propuesto	51
2.5.1	Arquitectura	51
2.5.2	Patrón de arquitectura	53
2.5.3	Patrones de diseño	54
2.6	Diagramas de clases del diseño	56
2.7	Modelo de datos	60
2.8	Selección de equipos y análisis de costo	62
	CAPÍTULO 3: Implementación de la solución	66
3.1	Diagrama de despliegue	66
3.2	Diagrama de componentes	67
3.3	Tratamiento de errores y excepciones	69
3.4	Mecanismos de seguridad para el componente propuesto	70
3.5	Vistas de las principales funcionalidades de la solución	71
3.6	Estándar de codificación utilizado	74
	Beneficios esperados	77
	Conclusiones	78
	Recomendaciones	79
	Referencias bibliográficas	80
	Bibliografía	84

Introducción

El sistema de salud a nivel mundial en la actualidad no es tan seguro como debería y podría ser. La identificación de los posibles riesgos relacionados con la atención hospitalaria juega un papel primordial y determinante en el sector sanitario, debido a sus graves repercusiones en la salud de los pacientes. (1)

Partiendo de la frase “*Errar es de humanos*” (2), se puede considerar que el error, es un fenómeno inherente a la naturaleza humana y que ocurre incluso en los sistemas más perfectos, por lo tanto es necesario asumir que, independientemente de la capacitación y del cuidado de las personas, los errores pueden ocurrir en cualquier proceso humano, incluido el sistema sanitario. Al ser imposible modificar la condición humana para mejorar la seguridad de la atención al paciente entonces será necesario modificar las condiciones en las que los profesionales de la salud trabajan, para ello se hace necesario crear sistemas seguros que sean resistentes a los errores humanos, es decir, que ayuden a prevenirlos, a identificarlos y a minimizar sus consecuencias.

Las tecnologías de la informática y las telecomunicaciones (TIC) han jugado un importante papel en la mitigación de los riesgos asociados a la atención sanitaria, aportando soluciones e instrumentos que permiten recolectar, procesar, analizar y transmitir un volumen enorme de información. En este ámbito surgieron las tecnologías de identificación automática, las cuales se emplean para apoyar los procesos de identificación de personas y objetos, así como también para capturar información sobre estos de manera que aporten datos a una computadora de forma automática, evitando errores al hacerlo manualmente.

Existen disímiles tipos de tecnologías de identificación automática, entre las que se encuentran las tarjetas chip, las tarjetas magnéticas, los sistemas biométricos, los sistemas de código de barras y los sistemas de tecnología de Identificación por Radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés).

Estos tienen entre sus objetivos aumentar la eficiencia y disminuir los errores en la introducción de la información. Son empleadas en el beneficio de diferentes sectores de la sociedad, principalmente el sector de la salud, aportando múltiples ahorros y mejoras en la calidad de la asistencia al paciente. Son responsables de la mejora en las tareas de inventario, recepción, almacenamiento, distribución, logística y

seguridad de la cadena de suministros médicos, tomando como punto de partida el proceso de identificación de estos y transitando por el monitoreo y trazabilidad de los mismos. (3)

El control y seguimiento de los instrumentos quirúrgicos es uno de los procesos de mayor importancia dentro de una institución hospitalaria. Este incluye entre otras actividades aquellas relacionadas con la recepción, almacenamiento, traslado y recuento sistemático de los instrumentos quirúrgicos en cada una de las áreas internas que involucran su utilización.

La omisión o incorrecta ejecución de una o varias de estas actividades puede acarrear peligrosas consecuencias. Produciendo daños a diferentes niveles puede causar perjuicios que afectan la integridad del instrumental quirúrgico pues estos pueden extraviarse o ser sustraídos sin autorización de la entidad hospitalaria. Debido a que la inversión de los hospitales en instrumentos quirúrgicos es cuantiosa el descuido, uso inadecuado y falta de mantenimiento sobre estos puede obstaculizar y quizás llevar hasta el fracaso los procedimientos quirúrgicos y como resultado causar una pérdida económica considerable para el hospital.

Por otra lado la salud del paciente puede verse afectada pues estudios realizados demuestran como cada año, un increíble número de 1500 casos de olvido de instrumentos quirúrgicos dentro del cuerpo de un paciente se dan solamente en Norteamérica (4), un sistema de salud que involucra gran parte de los avances tecnológicos actuales. Los cirujanos olvidan instrumentos tan comunes como esponjas, compresas de gasa, tubos de succión, agujas, aparatos mecánicos o guías láser. Estos errores médicos suelen tener consecuencias muy serias en los pacientes; como parálisis, daños en el parto, incapacidad o invalidez, pérdida de sensibilidad, daño cerebral, hasta incluso la muerte.

Como resultado de lo anterior puede verse dañada la imagen del sistema sanitario de un país pues situaciones como estas puede suponer un deterioro de la confianza del paciente en los procesos asistenciales, y por lo tanto, en los profesionales del sector sanitario que velan por su salud, ya que los primeros esperan que se les asegure que la atención sanitaria suministrada cumpla con las características de control, seguridad y calidad establecidas.

El Ministerio de Salud Pública de la República de Cuba (Minsap), ha definido dentro de sus prioridades la informatización del sistema nacional de salud, mejorando la eficiencia, control y seguridad en los procesos

clínicos y administrativos del sector sanitario (5). Se han dado los primeros pasos en la implantación de soluciones informáticas dirigidas principalmente a la gestión de la información de los procesos asistenciales, así como también se han exportado soluciones médicas a países como Venezuela y México, siendo una fuente importante de ingresos para el país. Sin embargo tras un análisis de las fuentes de información nacional e internacional se pudo identificar que en el sector sanitario de Cuba no se encuentran implantados sistemas que utilicen la tecnología RFID para la identificación, monitorización y trazabilidad de instrumentos quirúrgicos.

No existe una cultura de uso de esta tecnología como iniciativa para la automatización de estos procesos y por lo tanto son pocas las investigaciones que abordan este aspecto, existiendo desconocimiento por parte de la mayoría de los profesionales que desarrollan software para la salud de las potencialidades de RFID como alternativa para la mejora de estos procesos.

Luego de analizar la situación problemática planteada se identifica como **problema de investigación**: ¿Cómo contribuir a la automatización de los procesos de identificación, monitorización y trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos en las instituciones de salud cubana haciendo uso de la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia?

El **objeto de estudio** lo constituye: los métodos de incorporación de la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia en los procesos de identificación, monitorización y trazabilidad de instrumentos quirúrgicos. El **campo de acción** de la presente investigación se enfoca en: los sistemas para la automatización de los procesos de identificación, monitorización y trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos en las instituciones de salud cubana haciendo uso de la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia.

Con el propósito de brindarle una solución efectiva al problema se plantea como **objetivo general** de la investigación: Desarrollar un componente informático, que a partir del uso de la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia, permita la automatización de los procesos de identificación, monitoreo y trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos en las instituciones de salud cubana, elevando la seguridad y control sobre los mismos.

Para darle cumplimiento al objetivo propuesto se definen las siguientes **tareas de investigación**:

- Establecimiento de los principales referentes teóricos-metodológicos que permiten la conceptualización de los procesos de identificación, monitorización y trazabilidad de instrumentos quirúrgicos.
- Estudio de las características y capacidades de las diferentes tecnologías de identificación automática utilizadas para la identificación, monitorización y trazabilidad de objetos y personas.
- Análisis de los diferentes sistemas existentes en el ámbito internacional y nacional que utilizan la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia para el control de los instrumentos quirúrgicos.
- Caracterización de los procesos identificación, monitorización y trazabilidad de instrumentos quirúrgicos.
- Desarrollo de un componente RFID para la automatización de los procesos de identificación, monitorización y trazabilidad de instrumentos quirúrgicos.

Estructura del documento

El presente trabajo de diploma contiene una introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas, bibliografía consultada y anexos.

En el primer capítulo se presentan los fundamentos teóricos-metodológicos del objeto de estudio y el campo de acción. En el segundo capítulo se describe la propuesta de solución a partir de la identificación de los requerimientos funcionales y no funcionales junto a los elementos de diseño necesarios para comprender la estructura técnica de la propuesta. En el tercer y último capítulo se describen los aspectos relacionados a la seguridad, estándares de codificación y tratamiento de excepciones presentes en el desarrollo del componente RFID para la trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos.

Capítulo 1

CAPÍTULO 1: Fundamentación teórica

Este capítulo persigue como objetivo estudiar los fundamentos teóricos-metodológicos para la obtención de un componente que gestione la trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos a partir de la tecnología RFID. Consta de tres epígrafes donde se describen los principales conceptos relacionados al problema planteado, la caracterización del objeto de estudio a partir de sus generalidades y especificidades, el análisis de los sistemas homólogos existentes a nivel internacional y nacional, que usando las tecnologías de identificación automática permiten gestionar la trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos y finalmente la mención de las herramientas y tecnologías a utilizar durante la etapa de desarrollo del componente propuesto.

1.1 Identificación, monitorización y trazabilidad de objetos

La identificación siempre ha sido un concepto importante para la humanidad, ya que para esta es necesario poder diferenciar a los objetos, personas y/o actividades mediante una simple o sofisticada clasificación, dependiendo de la cantidad o de la importancia. Es decir, requiere distinguir los diferentes objetos cotidianos con los que tiene que interactuar una persona o una empresa, lo que implica tener un sistema de identificación para llevar un rastreo o control de dichos objetos en forma ordenada.

Unido a este concepto surge la necesidad del constante monitoreo de los objetos previamente identificados con el fin de conocer sistemáticamente su ubicación real. Y para complementar este ciclo nace el concepto de trazabilidad que brinda información relacionada a los estados actuales y pasados de estos objetos.

A continuación se describen conceptualmente los términos identificación, monitorización y trazabilidad de objetos.

¿Qué se entiende por la identificación de objetos?

El término identificación se usa para designar al acto de identificar, reconocer o establecer los datos e información principal sobre una persona u objeto. (6)

Esta, además de ser un acto o acción a realizar en determinadas situaciones, también puede ser el nombre que llevan determinados elementos que tienen por objetivo justamente establecer la identidad de una persona u objeto.

El término identificación es definido por el Diccionario de la Real Academia Española (DRAE), en su versión en internet¹ como la “acción y efecto de identificar o identificarse”, definición con la que coinciden las autoras de este trabajo.

¿Qué se entiende por la monitorización de objetos?

Según el DRAE, en su versión en internet, la monitorización se entiende como el proceso de “observar mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías”.

Es el proceso de supervisión de una o varias características de un objeto, esta puede ser en tiempo continuo o discreto. El objetivo no es únicamente saber el estado de ese objeto en tiempo real sino poder realizar una correcta interpretación de la información que se genera a partir de la sucesión de dicho objeto a lo largo del tiempo.

Es también la observación periódica y/o continua del comportamiento de un elemento dentro de un sistema. Este tiene por objetivo recopilar información de estados anteriores del mismo, todo para suministrar datos eficientes y pertinentes para la toma de decisiones.

Las autoras de esta investigación asumen como monitorización de objetos al control de la posición en el espacio de este a través de un sistema informático.

¿Qué se entiende por la trazabilidad de objetos?

El término trazabilidad es definido igualmente por el DRAE, en su versión en internet. En este caso se describe como la “posibilidad de identificar el origen y las diferentes etapas de un proceso de producción y distribución de bienes de consumo”.

¹ Disponible en: <http://www.rae.es>

Por su parte la Asociación Española de Codificación Comercial² (AECOC) define la trazabilidad como los (...) “procedimientos que permiten controlar el histórico, la situación física y la trayectoria de un producto o lote de productos a lo largo de la cadena de suministro en un momento dado, a través de unas herramientas determinadas (...)”.

La Organización Internacional de Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés) dentro de las series 9000, específicamente en el documento: ISO 9000:2000, Sistemas de Administración de Calidad-Fundamento y Vocabulario³ define este término de la siguiente manera: “ (...) la organización debería dar pasos para identificar el estado del producto/servicio en lo que concierne a las actividades de verificación y mediciones requeridas y debería, cuando sea necesario, identificar el producto/servicio utilizando los medios adecuados a lo largo del proceso [...] Cuando la trazabilidad es un requisito, la organización debería controlar y registrar la identificación única e inequívoca del producto y/o servicio (...)”.

Muchas compañías aún consultan la ISO 8402:1994 quien plantea en el documento “ISO 8402:1994 Administración de Calidad y Seguridad de Calidad–Vocabulario: “la trazabilidad es la capacidad de recuperar los antecedentes y uso o localización de un artículo o una actividad a través de una identificación registrada”. (7)

Las autoras de la presente investigación, tomando como referencia lo planteado en los conceptos anteriores, asumen como trazabilidad la posibilidad de identificar el origen y los diferentes lugares por donde transitó un objeto o persona en un intervalo de tiempo determinado.

Al definir trazabilidad, es importante distinguir entre los términos seguimiento (*tracking*) y rastro (*tracing*):

- Seguimiento es la capacidad de seguir el sendero de una unidad y/o lote de artículos específicos durante su curso vertical a lo largo de la cadena de abastecimiento, a medida que se traslada entre los socios comerciales. De forma rutinaria, a los artículos comerciales se los sigue para conocer su disponibilidad, administración de inventarios y con fines logísticos.
- El rastreo es la capacidad de identificar el origen de una unidad particular ubicada dentro de la cadena de abastecimiento haciendo referencias a los registros que se mantienen de ella, siguiendo

² Disponible en: <http://www.aecoc.es>

³ Disponible en: <http://www.iso.org>

su curso hacia atrás en la cadena de abastecimiento. Las unidades se rastrean con diversos fines, por ejemplo, cuando se producen devoluciones o quejas. (8)

Para efectivamente facilitar la trazabilidad, ambas capacidades, de seguimiento y rastreo, deben estar presentes.

1.1.1 Tipos de trazabilidad: interna y externa

Existen dos tipos básicos de trazabilidad, la interna y la externa.

La trazabilidad interna se refiere al proceso para obtener los datos trazables dentro de la propia empresa o institución. Tiene lugar cuando se reciben mercancías o materia prima, esta se procesa dentro de la propia empresa y luego se entrega el producto a terceros. El objetivo a conseguir es mantener la traza de las propiedades de los productos que intervienen en la manufactura o manipulación desde el inicio hasta el final de los procesos, añadiéndose las informaciones necesarias para el cumplimiento de la trazabilidad. En este tipo de trazabilidad intervienen los procesos de recepción de mercancía o materia prima, gestión de almacenes, procesos productivos o de transformación, de logística interna, identificación y etiquetado, entre otros. (9)

La trazabilidad externa se refiere al proceso para obtener los datos trazables entre empresas es decir entre eslabones de una cadena de suministro. Tiene relación con el intercambio de las propiedades de las mercancías que deben intercambiarse entre los diferentes eslabones de la cadena, con terceros o, en su caso, cuando se deben trazar productos dentro de la propia compañía pero entre puntos separados geográficamente uno de los otros. Este tipo de trazabilidad se divide en tres procesos generales y comunes a todos los eslabones: recepción o captura de datos trazables provenientes del proveedor o de un tercero, trazabilidad interna dentro de la compañía utilizando los datos iniciales provenientes de terceros añadiendo los generados en los propios procesos y la expedición o compartir la información con los clientes o el siguiente eslabón de la cadena. (10)

Al definir trazabilidad es importante conocer los siguientes elementos:

- El qué hay que trazar: identificar al elemento en sí, conocer cómo se llama o cuál es.
- El cuándo se traza: conocer justo en el momento en que tiene lugar tal circunstancia o acción.

- El dónde se traza: conocer en qué lugar ocurre tal circunstancia o acción sobre el elemento.
- El por qué se traza: conocer el motivo, el estado o la acción que el elemento realiza. (7)

Es válido destacar que para establecer un proceso de trazabilidad con calidad, se requiere previamente la identificación y monitorización de los elementos que se desean trazar. De esta manera, para las autoras de esta investigación queda determinado que al usar el término trazabilidad se hace referencia implícitamente a las acciones de identificación y monitorización.

1.1.2 Aplicaciones de la trazabilidad

La aplicación de la trazabilidad no tiene límites, pues es de gran importancia hacer el seguimiento de los productos en cualquier etapa de su proceso. En el sector agropecuario depende de la identificación de los animales, en el sector agrícola debido a la seguridad alimentaria, las exigencias y normativas en los países importadores y exportadores de productos vegetales y frutas, en el sector de la construcción actualmente empresas constructoras y clientes finales requieren un buen rastreo de sus productos a utilizar en la obra, en los aeropuertos se está comenzando a implantar esta tecnología para el control de equipajes.

En el sector de la salud por no ser el último es menos importante ya que mejorar la calidad y disminuir el costo requiere eficiencia en todos los procesos enfocados al tratamiento de pacientes. (11)

En cuanto a este último consiste en colocar una etiqueta en las pulseras de identificación del paciente, cuando el personal médico realiza su ronda, o desea información, la lee y automáticamente tiene acceso a la Historia Clínica Digital del mismo.

También existen pulseras de identificación con sensores de temperatura, los cuales permiten monitorear estos parámetros en forma remota y asociarlos a un paciente. Otra aplicación de identificación consiste en colocar pulseras con etiquetas a los bebés recién nacidos con información de su madre, de manera de evitar desapariciones o intercambio de los mismos. Además, existen etiquetas que pueden ser implantados en el cuerpo humano, no solo para identificar a un paciente durante una emergencia, sino para monitorear una enfermedad específica, como el Edema Cerebral.

En cuanto a localización de pacientes ha sido utilizada en pacientes con Alzheimer, se les coloca una pulsera con una etiqueta, que permita su ubicación y realización de actividades, reduciendo la ayuda de las personas que los atienden.

En la medicación se ha utilizado de varias formas; las medicinas son etiquetadas y el lector permite verificar si están vencidas y luego, en combinación con la identificación del paciente, se puede determinar si el medicamento está prescrito al paciente y si es la dosis que debe suministrarse. (12)

1.2 Caracterización del proceso de trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos

El instrumental quirúrgico es la herramienta que utiliza el cirujano para realizar una intervención quirúrgica. Es un factor clave y determinante para asegurar el éxito de la intervención y para que esto suceda, se deben gestionar, entre otros factores, el correcto etiquetado, monitoreo y la adecuada capacidad de identificar la ubicación y condición pasada o actual de estos, así como conocer su historia. Llevar la trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos representa hacer el seguimiento o rastreo de los mismos por todos los procesos en que intervienen, desde su adquisición hasta el fin de su vida útil. (13)

El proceso comienza con la recepción de estos en el almacén donde se realizan pedidos de nuevo instrumental por la central de esterilización. En esta se realiza el lavado, montaje, envasado, esterilización, y entrega a los quirófanos de la entidad hospitalaria, realizándose posteriormente en los quirófanos un recuento preoperatorio y postoperatorio de los instrumentos utilizados en la intervención. La ejecución de estos procesos facilita la gestión del instrumental y garantizan unas altas cotas de calidad, lo que sin duda, repercute en una mayor seguridad del paciente. (13)

El etiquetado del instrumental implica evitar errores humanos de digitación de información o seguimiento manual al no intervenir el hombre en dichos procesos. El instrumental en general posee un alto valor, lo que lo hace un elemento susceptible de ser robado y/o reducido en un mercado paralelo. El etiquetado genera un efecto disuasivo, puesto que una pieza marcada pierde el atractivo. (14)

La gestión de la trazabilidad de estos instrumentos también permite disminuir los costos de operación debido a que el instrumental marcado implica un cambio en el proceder en los equipos. Además permite llevar estadísticas de duración e información histórica de ellos, lo que facilita el manejo de inventario,

permitiendo llegar con tiempo necesario a procesos de licitación de compras de dicho instrumental, anticipando a proveedores entre otras cosas. Al poder hacer seguimiento a todo el instrumental se detectan los puntos críticos del proceso obteniéndose mejoras continuas y eventual redistribución de recursos. (14)

La trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos logra un mejor control en su localización, traslado y registro de sus movimientos generando ventajas en todas las fases por las que pasa un determinado instrumento quirúrgico, permitiendo su registro e identificación desde su llegada al almacén hasta su utilización en los quirófanos de un determinado hospital.

1.3 Tecnologías de identificación automática

La tecnología de identificación automática, es un término amplio con el que se denomina a un grupo de tecnologías que se emplean para ayudar a que las máquinas identifiquen distintos tipos de objetos. Con frecuencia la identificación automática se asocia con la captura automática de datos. Es decir, que se pueden identificar objetos, captar información acerca de los mismos y de alguna manera introducir esta información en una computadora sin tener que recurrir a la intervención humana. El objetivo de la mayoría de los sistemas de identificación automática ayuda a aumentar la eficiencia, disminuir los errores en la introducción de la información y liberar al personal para que pueda realizar labores con mayor valor agregado, como el ofrecer servicios al cliente.

Existe una variedad de tecnologías que se agrupan bajo el paraguas de la identificación automática. Estas incluyen los códigos de barras y la identificación por radio frecuencia. (15)

1.3.1 El código de barra y sus especificidades

El código de barras es un arreglo en paralelo de barras y espacios que contiene información codificada en las barras y espacios del símbolo. Esta información puede ser leída por dispositivos ópticos, los cuales envían la información leída hacia una computadora como si la información se hubiera tecleado. (16)

A continuación se describen los códigos de barras que opera con el sistema GS1, una organización líder a nivel mundial en el diseño e implementación de estándares y soluciones globales para mejorar la

eficiencia y visibilidad de las cadenas de demanda y suministro, globalmente y a través de diferentes sectores. (17)

El Código de barras EAN-13

El código de barras EAN-13 de 13 dígitos es el transportador de datos GS1 con más trayectoria y es un método de marcación de producto indispensable que se encuentra virtualmente en todos los productos de consumo que permite capacidad de escaneo omnidireccional, de rápida y fácil lectura que puede ser leído por escáneres láser disponible comercialmente. A continuación se muestra en la figura 1 la imagen correspondiente al código de barras EAN-13.



Figura 1. Código de barras EAN-13.

Fuente: <http://www.omicrono.com/2014/04/como-se-invento-el-codigo-de-barras/>

El código de barras GS1-128

La codificación GS1-128 es una herramienta eficaz de comunicación, con capacidad para conectar información de las mercaderías y complementar los procesos de identificación de los productos, a lo largo de la cadena de abastecimiento permite contenido de datos de configuración flexible así como caracteres alfanuméricos y de esta forma puede llevar una amplia variedad de información complementaria como: número de artículo, número de lote, cantidad, fecha de fabricación, fecha máxima de duración, número de serie, contenido neto, peso bruto, dimensiones, número de pedido del cliente, entre otros. Es modular, o sea, capaz de adaptarse a las necesidades particulares de identificación de cualquier empresa, posibilidad de incluir datos con formatos fijos y variables. (18). A continuación se muestra en la figura 2 la imagen correspondiente al código de barras GS1-128.



Figura 2. Código de barras GS1-128.

Fuente: <http://www.gs1us.org/resources/standards/gs1-128>

El GS1 DataBar

GS1 DataBar es un nuevo código de barras utilizado en el punto de venta, contienen más información que la que puede llevar la familia de códigos de barras EAN⁴/UPC⁵ para facilitar la identificación de productos. Permite marcar productos pequeños y transportar otros datos además de su identificación básica. Debido a estas características, GS1 DataBar abre nuevas posibilidades para la administración de los productos frescos utilizando las herramientas de identificación que se emplean con los productos de consumo de alta rotación (19). A continuación se muestra en la figura 3 la imagen correspondiente al código de barras GS1 DataBar.



Figura 3. GS1 DataBar.

Fuente: <http://www.casio-intl.com/asia-mea/en/pa/DT-X8/>

El GS1 DataMatrix

GS1 DataMatrix permite la identificación de productos pequeños e incorporar en su estructura más de dos mil trescientos caracteres alfanuméricos y más de tres mil caracteres numéricos de información en un mismo código, es un código de barras de matriz 2D o bidimensional que puede ser impreso como un símbolo cuadrado o rectangular, compuesto por puntos individuales o cuadrados, la representación es un cuadrilado ordenado de puntos oscuros y claros, bordeado por un buscador de patrón, es solo compatible con aplicaciones cuyos sistemas de lectura aceptan el escaneo bidimensional. Se basa en un

⁴ EAN(Numeración Europea de Artículos)

⁵ UPC(Código Universal del Producto)

procesamiento de imagen de última generación (20). A continuación se muestra en la figura 4 la imagen correspondiente al código de barras GS1 DataMatrix.



Figura 4. GS1 DataMatrix.

Fuente: <http://stackoverflow.com/questions/10081418/xcode-exc-bad-access-not-a-type-retain>

1.3.2 EPC/RFID

La identificación por radiofrecuencia es una tecnología básicamente de captura e identificación automática de información contenida en etiquetas. Permite identificar automáticamente un objeto gracias a una onda emisora incorporada en el mismo que transmite por radiofrecuencia los datos identificativos del objeto, siendo esta identificación normalmente unívoca, permite elevar la eficiencia de procesos de negocios críticos. Basado en un concepto similar al del sistema de código de barras; la principal diferencia entre ambos reside en que el segundo utiliza señales ópticas para transmitir los datos entre la etiqueta y el lector, y RFID, en cambio, emplea señales de radiofrecuencia (en diferentes bandas dependiendo del tipo de sistema, típicamente 125 KHz, 13,56 MHz, 433-860-960 MHz y 2,45 GHz). (21)

1.4 Selección de la tecnología RFID como alternativa de solución

Al evaluar las características relacionadas a las tecnologías de identificación automáticas mencionadas en el epígrafe anterior, las autoras del presente trabajo deciden proponer la utilización de la tecnología RFID como alternativa de solución a las necesidades del negocio. Esta decisión estuvo avalada por el resultado de la comparación de varios de los parámetros más importantes a tener en cuenta para este tipo de sistemas:

Modo de lectura: en la presente investigación se desea automatizar el proceso de trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos y en el caso de utilizar el código de barras, nunca se obtendría una automatización completa ya que este requiere de un recurso humano para leer las etiquetas mientras que la lectura por RFID no requiere línea de visión para obtener la información de la etiqueta que

automáticamente se anuncia a sí misma ante la presencia de un lector cercano por medio de su respectiva señal de radio.

Velocidad de lectura: al recepcionar los instrumentos quirúrgicos se ahorraría tiempo al hacer uso de RFID ya que un lector RFID puede leer cientos de etiquetas de forma casi simultánea (procesamiento simultáneo) y su velocidad es de 0.10 segundos, con el código de barras solo se puede leer una etiqueta cada vez y la velocidad de lectura es de 1 a 2 segundos. (22)

Capacidad de almacenamiento: las etiquetas RFID permiten almacenar desde un único bit hasta centenares de kilobits. Considerando que 8 bits representan un carácter, una capacidad de 1 kilobit permite almacenar 128 caracteres. En el código de barras se pueden almacenar hasta 30 caracteres solamente. (21)

Posibilidad de modificar los datos: si fuese necesario insertar nueva información, que el personal de la entidad hospitalaria considere necesaria agregar a los instrumentos quirúrgicos para su seguimiento, sería posible llevar a cabo esta acción, pues las etiquetas RFID poseen memoria electrónica y pueden ser dinámicamente actualizadas. Mientras que el código de barras la información que aparece impresa en una etiqueta es fija y no puede modificarse.

Seguridad de los datos: el código de barras se puede falsificar sacando una simple copia ya que no poseen los niveles de seguridad de encriptación de datos que están presentes en RFID. (23)

Temperatura que soportan las etiquetas: el máximo de temperatura que pueden soportar las etiquetas de código de barras es de 135 grados Celsius, mientras que las de RFID soportan hasta más de 200 grados Celsius (24), este parámetro es muy importante a la hora de comparar las tecnologías sobre el negocio en cuestión ya que las autoclaves ubicadas en la central de esterilización donde se esterilizan los instrumentos quirúrgicos alcanzan temperaturas superiores a los 200 grados, además el instrumental pasa por procesos de lavado con químicos especiales para su esterilización donde se necesitan de etiquetas que tengan propiedades resistentes a estos productos.

Tiempo de vida útil de las etiquetas: el tiempo estimado para las etiquetas de códigos de barras es de tres años en cambio para las etiquetas RFID es de diez años. (21)

1.5 Caracterización de los componentes de la tecnología RFID

La identificación por radiofrecuencia es una tecnología básicamente de captura e identificación automática de la información contenida en etiquetas (*tags* o transpondedores) RFID. Cuando estos transpondedores entran en el área de cobertura de un lector RFID, este envía una señal para que la etiqueta le transmita la información almacenada en su memoria. Una de las claves de esta tecnología es que la recuperación de la información contenida en la etiqueta se realiza vía radiofrecuencia y sin necesidad de que exista contacto físico o visual (línea de vista) entre el dispositivo lector y las etiquetas, aunque en muchos casos se exige una cierta proximidad de esos elementos. (21)

Un sistema RFID consta principalmente de cuatro componentes:

- **Etiqueta RFID:** también llamada etiqueta o transpondedor (transmisor y receptor). La etiqueta se inserta o adhiere en un objeto, animal o persona, portando información sobre el mismo. Consta de un microchip que almacena los datos y una pequeña antena que habilita la comunicación por radiofrecuencia con el lector. Las etiquetas pueden clasificarse de acuerdo al origen de la energía, batería interna o fuente de alimentación. A rasgos generales, las etiquetas RFID pasivas obtienen la energía de la transmisión del lector, las etiquetas activas tienen una batería propia y las etiquetas semiactivas o semipasivas utilizan una batería solamente para activar la circuitería del chip pero la energía para la comunicación se la transmite por ondas de radio del lector.
- **Un lector o interrogador:** encargado de transmitir la energía suficiente a la etiqueta y de leer los datos que ésta le envíe. Consta de un módulo de radiofrecuencia (transmisor y receptor), una unidad de control y una antena para interrogar las etiquetas vía radiofrecuencia. Los lectores están equipados con interfaces estándar de comunicación que permiten enviar los datos recibidos de la etiqueta a un subsistema de procesamiento de datos, como puede ser un ordenador personal o una base de datos. Algunos lectores llevan integrado un programador que añade a su capacidad de lectura, la habilidad para escribir información en las etiquetas. Es un dispositivo capaz de leer la etiqueta, independientemente de si puede solo leer, o leer y escribir.

- **Ordenador, host o controlador:** que desarrolla la aplicación RFID. Recibe la información de uno o varios lectores y se la comunica al sistema de información. También es capaz de transmitir órdenes al lector.
- **Capa Intermedia (Middleware):** es necesario para recoger, filtrar y manejar los datos. Es el software que se encarga de gestionar la conexión entre el hardware de RFID y los sistemas de información existentes en la aplicación. Se ocupa, entre otras cosas, del encaminamiento de los datos entre los lectores, las etiquetas y los sistemas de información, y es el responsable de la calidad y usabilidad de las aplicaciones basadas en RFID. Tiene 4 funciones básicas:
 - a. Adquisición de datos.
 - b. Encaminamiento de los datos.
 - c. Gestión de procesos.
 - d. Gestión de dispositivos. (21)

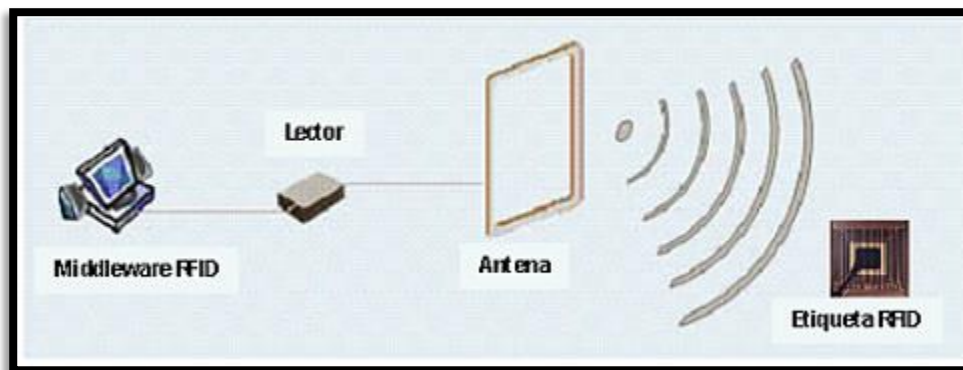


Figura 5. Funcionamiento de un sistema RFID.

Fuente: <http://www.scoop.it/t/rfid-la-tecnologia-del-manana/p/3291870611/2012/11/11/lo-basico-para-entender-la-tecnologia-rfid>

Clasificación de los distintos sistemas RFID existentes:

- Según su capacidad de programación:
 - a. De solo lectura: las etiquetas se programan durante su fabricación y no pueden ser reprogramadas.
 - b. De una escritura y múltiples lecturas: las etiquetas permiten una única reprogramación.
 - c. De lectura/escritura: las etiquetas permiten múltiples reprogramaciones.

- Según el modo de alimentación:
 - a. Activos: si las etiquetas requieren de una batería para transmitir la información.
 - b. Pasivos: si las etiquetas no necesitan batería.
- Según el rango de frecuencia de trabajo:
 - a. Baja Frecuencia (BF): se refiere a rangos de frecuencia inferiores a 135 KHz.
 - b. Alta Frecuencia (AF): cuando la frecuencia de funcionamiento es de 13,56 MHz.
 - c. Ultra Alta Frecuencia (UHF): comprende las frecuencias de funcionamiento en las bandas de 433 MHz, 860 MHz, 928 MHz.
 - d. Frecuencia de Microondas: comprende las frecuencias de funcionamiento en las bandas de 2,45 GHz y 5,8 GHz.
- Según el protocolo de comunicación:
 - a. Dúplex: el transpondedor transmite su información en cuanto recibe la señal del lector y mientras dura ésta. A su vez pueden ser:
 - Half dúplex, cuando transpondedor y lector transmiten en turnos alternativos.
 - Full dúplex, cuando la comunicación es simultánea. En estos casos la transmisión del transpondedor se realiza a una frecuencia distinta que la del lector.
 - b. Secuencial: el campo del lector se apaga a intervalos regulares, momento que aprovecha el transpondedor para enviar su información. Se utiliza con etiquetas activas, ya que la etiqueta no puede aprovechar toda la potencia que le envía el lector y requiere una batería adicional para transmitir, lo cual incrementaría el coste.
- Según el principio de propagación:
 - a. Inductivos: utilizan el campo magnético creado por la antena del lector para alimentar la etiqueta. Opera en el campo cercano y a frecuencias bajas (BF y AF).
 - b. Propagación de ondas electromagnéticas: utilizan la propagación de la onda electromagnética para alimentar la etiqueta. Opera en el campo lejano y a muy altas frecuencias (UHF y microondas). (21)

1.6 Beneficios de la tecnología RFID

La utilización de la tecnología RFID se ha afianzado en el mercado internacional como una alternativa eficiente para la trazabilidad de objetos.

Los mandatos de etiquetado han aparecido rápidamente en una variedad de industrias debido a que las organizaciones se han convencido de que la tecnología RFID puede disminuir los costos de distribución y manipulación, además de reducir los niveles de inventario al mejorar la visibilidad. Esta puede beneficiar potencialmente a cualquier proceso en el que se deba identificar, rastrear o mover artículos.

Los usuarios pueden aprovechar las características de rendimiento de la tecnología RFID para crear sistemas de lectura y clasificación que operan con poca o ninguna intervención de un operador. Estos atributos son particularmente valiosos en las operaciones de clasificación y recepción, donde la mano de obra es frecuentemente la mayor barrera en la velocidad de producción y la exactitud del procesamiento.

Hay muchas posibilidades de aprovechar la manipulación desatendida, y una de las más prometedoras es el monitoreo desatendido. Por ejemplo, los fabricantes pueden usar sistemas RFID para reducir su inventario en un 10 por ciento, según un estudio realizado por la empresa consultora Accenture. Los lectores RFID pueden ser colocados estratégicamente, de manera oculta o visible, para crear zonas de seguridad dentro de las instalaciones. Los lectores pueden monitorear de manera constante y discreta el inventario de bienes acabados, los componentes, las herramientas, el equipo y otros artículos valiosos leyendo las etiquetas en todos los artículos dentro de la zona de lectura. Las etiquetas RFID en los artículos pueden activar alarmas o enviar notificaciones discretas a un supervisor en caso de que se intente retirarlos sin autorización. (3)

1.7 La inspección como requerimiento de pre-despliegue de los sistemas RFID

El proceso de adopción de soluciones basadas en tecnología RFID tiene características específicas que requieren de las organizaciones el establecimiento de acciones pre-despliegue con el objetivo de identificar los problemas y obstáculos que pueden surgir durante la implementación del sistema RFID, y encontrar a tiempo técnicas útiles para solucionarlos.

La inspección, o diagnóstico institucional como también suele llamársele, es una de las tareas principales que deben ser realizadas antes de que se decida la implementación de un sistema RFID en una institución determinada.

Las mejores prácticas para la implementación de sistemas de Identificación por Radiofrecuencia indican que, a modo de preparación, hay que realizar una inspección del lugar donde se hará la instalación (25).

Esta actividad puede proporcionar respuestas a muchas preguntas que pueden surgir en relación con el aspecto de la Tecnología de la Información (TI) en una implementación de RFID.

El objetivo principal de la inspección o diagnóstico institucional, es la detección temprana de las fuentes potenciales de interferencia que pudieran de alguna manera impedir el correcto funcionamiento del sistema RFID, causar alteraciones a la seguridad de los pacientes o impedir la ejecución correcta de los procesos asistenciales. El resultado de esta inspección será decisivo para conocer el tipo, cantidad y modelo de dispositivos lectores y antenas necesarias para cubrir en la institución la monitorización y trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos por cada uno de los procesos que los involucran.

La dirección de la entidad hospitalaria es la estructura autorizada para dictar y supervisar la realización de una inspección o diagnóstico institucional. Apoyados por un grupo multidisciplinario, integrado mayormente por especialistas en las telecomunicaciones, deben durante esta inspección realizar una verificación del ruido electromagnético ambiental, información que sirve de apoyo para identificar los posibles obstáculos a la hora de realizar la colocación de los lectores, ya que las frecuencias que emiten otros equipos y fuentes de la entidad pueden ser iguales a las del lector, o puede haber retrodifusión que interfiera con la colocación y el funcionamiento de estos. Otro aspecto que se evalúa es la interferencia de otros dispositivos de radiofrecuencia y otras formas de electricidad que pudieran afectar la precisión del sistema RFID pues existe el riesgo de que las longitudes de onda se anulen entre sí al usar una frecuencia en particular.

Otros aspectos de utilidad que deben ser verificados para la implementación de un sistema de RFID son la cobertura y densidad de la señal.

Será necesario también evaluar la fuerza de la señal que se propaga a través de las zonas de interrogación, y la frecuencia a través de la que se transmiten esas señales pues cuanto más fuerza tengan las ondas en cierta frecuencia, más difícil será implementar un sistema de RFID.

1.8 Análisis de las Soluciones Existentes

1.8.1 Ámbito internacional

A continuación se muestran varios sistemas a nivel internacional que gestionan información referente a la trazabilidad de los diferentes instrumentos quirúrgicos con la tecnología de RFID.

Sistema de Central de Esterilización en el Hospital Universitario Virgen de las Nieves de Granada.

País de origen: España.

Este sistema ha permitido la reducción de costo tanto de personal como de equipamiento al eliminar las unidades de esterilización de los distintos centros y controlar de forma efectiva el flujo de instrumental y contenedores, en el proceso cíclico de esterilización, con la identificación concreta de los distintos estados o puntos de control preciso, para la verificación y/o localización. (26)

Este sistema se rechaza como una posible solución al problema planteado por las siguientes razones:

- Está diseñado para responder las necesidades específicas de la institución, ya que solo es utilizado en la central de esterilización del hospital. Su principal objetivo está enmarcado en conocer en cualquier momento el flujo de contenedores que se recogen en los centros que lo componen el Hospital General, Materno e Infantil, Rehabilitación y Traumatología, y San Juan de Dios y se mandan a la central de esterilización limitando su alcance al no incluir los procesos de trazabilidad en el almacén, la central de esterilización y los quirófanos hospitalarios, áreas de interés en la presente investigación.
- Por otra parte es una aplicación de escritorio por lo cual su acceso se limita al ordenador donde esté instalada, requiere instalación y actualización personalizada.

Sistema Bioaccez Controls

País de origen: Francia.

En el Hospital de Montreuil de Francia se implantó en el 2007 el uso de la tecnología RFID mediante el sistema *Bioaccez Controls*. Dicho sistema en general permite la gestión de las etiquetas identificativas

soldados a los instrumentos y lectores de etiqueta a proximidad (2 mm). Algunas de las características de los lectores RFID para instrumentales son: emisor y receptor optimizado (patentado) para trabajar con etiquetas metálicas, compatibles con sistemas operativos Windows, Linux y Mac, adaptables a ambientes extremos, enteramente integrables en metal, y amplia gama de empaquetados. (27)

Este sistema se rechaza como una posible solución al problema planteado por la siguiente razón:

- Solo se utiliza para monitorizar los instrumentos en los contenedores del almacén y no cuenta con ninguno de los procesos de trazabilidad desarrollados en la central de esterilización y los quirófanos de la entidad hospitalaria.

Sistema RFID MBA

País de origen: España.

MBA⁶ Grupo ha instalado un sistema completo de trazabilidad de instrumentos quirúrgicos, basado en infraestructura RFID de Intermec, que abarca desde su recepción en el almacén central de este grupo hasta la gestión de inventarios en los depósitos de sus clientes constituida por una red de hospitales tanto públicos como privados. El objetivo del proyecto mejorar los procesos de expedición y recepción en los almacenes, optimizar la gestión de los recursos en inventario, garantizar el control del inventario en consigna de hospitales y contrastar los índices financieros en tiempo real, entre otros aspectos. (28)

Este sistema se rechaza como una posible solución al problema planteado por la siguiente razón:

- Abarca los procesos de trazabilidad limitando el alcance de estos a las áreas de los almacenes del grupo MBA, sin integrar las áreas asociadas a la central de esterilización de los hospitales y los quirófanos hospitalarios.

Todos los sistemas descritos en este epígrafe en su totalidad poseen una licencia privativa, situación que impidió la reutilización y/o modificación de sus funcionalidades con el objetivo de adaptarlo a las necesidades del presente negocio. No obstante el estudio de los antecedentes internacionales permitió a las autoras de la presente investigación ampliar el conocimiento asociado a este tipo de soluciones,

⁶ MBA (Maestría en Administración de Negocios)

profundizando en la estructura, funcionamiento, dinámica y organización de soluciones RFID para la trazabilidad de instrumentos quirúrgicos, información que fue de vital importancia durante el desarrollo del componente propuesto.

1.8.2 Ámbito nacional

En el ámbito nacional no se encontró ninguna solución que gestione la trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos haciendo uso de la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia.

No existe una cultura de utilización de esta tecnología para el control de los productos durante la cadena de suministros, sin embargo la intención de comenzar a integrar esta tecnología en el sector agroalimentario ha permitido la incorporación de una solución RFID desarrollada por la empresa Futura⁷.

Conocida como *Suite Futura RFID* es un software desarrollado para integrar los procesos de fabricación y trazabilidad desde la siembra del producto hasta su venta al consumidor. Permite la gestión multinivel, gracias a la aplicación encargada de compartir y discriminar la información con los integrantes de la *Suite Futura RFID*. Asimismo, esta solución puede implantarse de forma modular en función de las necesidades de sus clientes, pues han desarrollado una solución para cada una de las distintas áreas de producción.
(29)

1.9 Librerías, plataformas y componentes utilizados

A continuación se describen las herramientas, lenguajes y tecnologías utilizadas para el desarrollo de la solución propuesta. La decisión de asumir estos elementos tecnológicos tuvo como base las políticas definidas por el CESIM para el desarrollo de sistemas vinculados al sector de la salud. Dichas políticas se encuentran recogidas en el documento de Arquitectura del mismo.

1.9.1 Capa de presentación:

Java Server Faces

Java Server Faces (JSF, por sus siglas en inglés) es un *framework* para aplicaciones Java basadas en la web, que permitió la simplificación en el desarrollo de interfaces como Recepción externa, Traslados

⁷ Disponible en: <http://www.smartfutura.com/smartfutura/portada.asp>

internos, Monitorizar instrumentos quirúrgicos entre otros. JSF usa *Facelets* como la tecnología para hacer el despliegue de las páginas, pero también se puede acomodar a otras tecnologías como lenguaje de interfaz de usuario extensible, que es un lenguaje basado en XML. (30)

Los principales componentes de la tecnología *Java Server Faces* son:

- Una librería de etiquetas *Java Server Pages* (JSP, por sus siglas en inglés) personalizadas para dibujar componentes de interfaz de usuario dentro de una página JSP.
- Una *Application Programming Interface* (API, por sus siglas en inglés) y una implementación de referencia para:
 - a. Representar componentes de interfaz de usuario y manejar su estado.
 - b. Manejar eventos, validar en el lado del servidor y convertir datos.
 - c. Definir la navegación entre páginas.
 - d. Soportar internacionalización y accesibilidad, y proporcionar extensibilidad para todas estas características. (31)

Facelets

Es un *framework* web de código abierto bajo la licencia Apache y tecnología alternativa de controlador de vista de JSF. *Facelets* soporta todos los componentes informáticos de interfaz de usuario JSF y construye su propio árbol de componentes informáticos, lo que refleja el punto de vista de una aplicación de este tipo. El mismo, permite que JSP y JSF puedan funcionar conjuntamente en una misma aplicación web. Además, su trabajo está basado en plantillas y tiene una fácil composición de componentes informáticos. Incluye funciones para expresiones, así como también permite la creación de librerías de componentes informáticos. *Facelets* permite en general el desarrollo amigable para el diseñador gráfico. (32)

Ajax4JSF

Ajax4jsf es una librería de código abierto que se integra totalmente en la arquitectura de JSF y extiende la funcionalidad de sus etiquetas dotándolas con tecnología *Asynchronous JavaScript And XML* (Ajax, por sus siglas en inglés) de forma limpia y sin añadir código JavaScript. Mediante este marco de trabajo se puede variar el ciclo de vida de una petición JSF, recargar determinados componentes de la página sin necesidad de recargarla por completo, realizar peticiones al servidor automáticas, control de cualquier

evento de usuario, entre otras operaciones (33). Se usó en las interfaces correspondientes a las funcionalidades de Traslados internos, Monitorización en el quirófano, entre otros.

RichFaces

Es una librería de componentes informáticos ricos para JSF, y además posee un *framework* avanzado para la integración sencilla de las funcionalidades Ajax dentro del desarrollo de las aplicaciones del negocio. Es capaz de trabajar con cualquier implementación de JSF y con la mayoría de sus bibliotecas de componente informáticos sin ninguna configuración adicional. Además, permite crear interfaces de usuario modernas de manera eficiente y rápida, basadas en componentes informáticos altamente configurables en cuanto a temas y esquemas de colores predefinidos por el propio *framework* o desarrollados a conveniencia (34). Esta librería se usó en el diseño de todas las interfaces.

1.9.2 Capa de negocio

Enterprise JavaBeans

Los EJB son una del API. Estos proporcionan un modelo de componentes informáticos distribuido del lado del servidor. Su objetivo es dotar al programador de un modelo que le permita abstraerse de los problemas generales de una aplicación (conurrencia, transacciones, persistencia, seguridad, entre otros), para centrarse en el desarrollo de la lógica de negocio en sí. La ventaja de estar basado en componentes informáticos permite que éstos sean flexibles y sobre todo reutilizables. Las aplicaciones que utilizan la arquitectura EJB son escalables, transaccionales y de multiusuario seguro. Estas aplicaciones se pueden escribir una vez, y luego desplegar en cualquier plataforma de servidor capaz de soportar la especificación de EJB. (35)

1.9.3 Capa de datos

Java Persistence API

Java Persistence API, es la API de persistencia desarrollada para la plataforma Java EE (*Java Enterprise Edition*) e incluida en el estándar EJB3. Esta API busca unificar la manera en que funcionan las utilidades que proveen un mapeo objeto-relacional. El objetivo que persigue el diseño de esta API es no perder las

ventajas de la orientación a objetos al interactuar con una base de datos, como sí pasaba con EJB2, y permitir usar objetos regulares (conocidos como POJOs). (36)

Hibernate

Es una herramienta de mapeo objeto-relacional para la plataforma Java, que facilita el mapeo de atributos entre una base de datos relacional tradicional y el modelo de objetos de una aplicación mediante archivos declarativos XML. Cuenta con el *Hibernate Query Language* (HQL, por sus siglas en inglés) que es un lenguaje de consulta similar al SQL. Además brinda, de una manera muy rápida y mejorada, la posibilidad de generar bases de datos en cualquiera de los entornos soportados: PostgreSQL, Oracle, DB2, MySQL entre otros, además de ser una herramienta de código abierto (37). Se usó para realizar las consultas a la base de datos durante el desarrollo de las funcionalidades, así como en la realización de la ingeniería inversa.

1.9.4 Lenguajes de programación

Java: es un lenguaje de programación que puede ser ejecutado en múltiples plataformas. Es uno de los escasos lenguajes cuyos programas pueden ser transportados de sistema operativo, computadora o entorno, sin necesidad de cambiar el código. Esta característica ha sido la que alimentó su auge en la última década. Hasta la fecha, la plataforma Java ha atraído a más de 9 millones de desarrolladores de software. Este lenguaje es utilizado en los principales sectores industriales y está presente en una amplia gama de dispositivos, computadoras y redes. (38)

Algunas de las características principales que ofrece Java son:

- **Simple:** ofrece toda la funcionalidad de un lenguaje potente, pero sin las características menos usadas y más confusas de éstos. Java reduce en un 50% los errores más comunes de programación con lenguajes como C y C++. Además, el intérprete completo de Java que hay en este momento es muy pequeño, solamente ocupa 215 Kb de RAM.
- **Orientado a objetos:** Java trabaja con sus datos como objetos y con interfaces a esos objetos. Soporta las tres características propias del paradigma de la orientación a objetos: encapsulación, herencia y polimorfismo. Java incorpora funcionalidades inexistentes en C++ como por ejemplo, la resolución dinámica de métodos.

- **Distribuido:** se ha construido con extensas capacidades de interconexión TCP/IP. Existen librerías de rutinas para acceder e interactuar con protocolos como http⁸ y ftp⁹. Esto permite a los programadores acceder a la información a través de la red con tanta facilidad como a los ficheros locales.
- **Robusto:** realiza verificaciones en busca de problemas tanto en tiempo de compilación como en tiempo de ejecución. La comprobación de tipos en Java ayuda a detectar errores, lo antes posible, en el ciclo de desarrollo. Java obliga a la declaración explícita de métodos, reduciendo así las posibilidades de error. Maneja la memoria para eliminar las preocupaciones por parte del programador de la liberación o corrupción de memoria.
- **Seguro:** en el lenguaje, características como los punteros o el casting implícito que hacen los compiladores de C y C++ se eliminan para prevenir el acceso ilegal a la memoria. Cuando se usa Java para crear un navegador, se combinan las características del lenguaje con protecciones de sentido común aplicadas al propio navegador.
- **Dinámico:** se beneficia todo lo posible de la tecnología orientada a objetos. Java no intenta conectar todos los módulos que comprenden una aplicación hasta el tiempo de ejecución. (38)

XHTML: lenguaje extensible de marcado de hipertexto por sus siglas en inglés (inglés extensibles *Hyper Text Markup Language*) es la combinación de HTML y XML. Básicamente tiene las mismas funcionalidades pero cumple las especificaciones más estrictas de XML (38). Se usó en el desarrollo del componente en cada una de las interfaces.

Lenguaje Unificado de Modelado: UML por sus siglas en inglés, es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar y documentar cada una de las partes que comprende el desarrollo de software. UML entrega una forma de modelar cosas conceptuales como lo son procesos de negocio y funciones de sistema, además de cosas concretas como lo son escribir clases en un lenguaje determinado, esquemas de base de datos y componentes de software reusables. (39)

⁸ http: (Protocolo de Transferencia de Hipertexto).

⁹ ftp: (Protocolo de Transferencia de Archivos).

1.10 Guía de desarrollo del software

Modelo de desarrollo de software basado en el nivel 2 de CMMI¹⁰, es un modelo para la mejora y evaluación de procesos de desarrollo, mantenimiento y operación de sistemas de software. Las mejores prácticas CMMI se publican en documentos llamados modelos, los cuales contienen el conjunto de prácticas relacionadas que son ejecutadas de forma conjunta para conseguir determinados objetivos. Así es como el modelo CMMI establece una medida del progreso, conforme al avance en niveles de madurez.

El modelo de CMMI plantea 5 niveles de madurez. Cada nivel es un escalón bien definido de mejora de proceso y estabiliza una parte importante de los procesos organizacionales.

- Nivel 1. Inicial.
- Nivel 2. Administrado.
- Nivel 3. Definido.
- Nivel 4. Cuantitativamente administrado.
- Nivel 5. Optimizado.

Cada nivel a su vez cuenta con un número de áreas de proceso que deben lograrse.

El hecho de alcanzar estas áreas se detecta mediante la satisfacción o insatisfacción de varias metas claras y cuantificables. (40) La UCI estuvo inmersa en este proceso de mejora y alcanzó el nivel 2, lo cual implica que todos los proyectos realizados en la universidad tengan una mayor calidad de desarrollo, una mayor solidez metodológica y un aval internacional a la hora de comercializarlos, al haber transitado por todas las áreas del nivel. Además la información en cada producto está registrada basándose en la experiencia de utilización y buenas prácticas de los expertos de la metodología Proceso Unificado de Desarrollo (RUP).

El nivel 2 consta de 7 áreas de proceso las cuales son:

- REQM - Gestión de Requisitos.
- PP - Planificación de Proyectos.
- PMC - Seguimiento y Control de Proyectos.

¹⁰ CMMI: (Integración de modelos de madurez de capacidades).

- SAM - Acuerdos con Proveedores.
- MA - Medición y Análisis.
- PPQA - Aseguramiento de la Calidad de Procesos y Productos.
- CM - Gestión de la Configuración.

Para guiar el desarrollo de la solución propuesta se decide utilizar dicha guía atendiendo a las políticas de la universidad y del CESIM, garantizando con ello una estandarización en la ejecución de las tareas y en la obtención de los artefactos como resultado de su utilización.

Notación Utilizada para Modelar los Procesos del Negocio

Notación para la administración de procesos del Negocio (BPMN, por sus siglas en inglés) es un nuevo estándar para modelado de procesos de negocio y servicios web, se usa para modelar gráficamente las operaciones de los procesos del negocio, de forma que los usuarios no técnicos del negocio puedan leer y comprender hasta los procesos más complejos, además pueden mapear los procesos a los lenguajes de ejecución del negocio para automatizarlos usando las notaciones que definen las normas BPMN. (41)

El objetivo principal de esta notación es mejorar la eficiencia a través de la gestión sistemática de los procesos de negocio que se deben modelar, automatizar, integrar, monitorizar y optimizar de forma continua. A través del modelado de las actividades y los procesos puede lograrse un mejor entendimiento del negocio. Muchas veces esto brinda un mejor enfoque (36). Esta notación permitió realizar el modelado de los procesos del negocio como son la recepción de los instrumentos quirúrgicos en el almacén, y en la central de esterilización, en la monitorización de los instrumentos quirúrgicos en la central de esterilización y el quirófano. Y en el inventario de los instrumentos quirúrgicos en la central de esterilización.

1.11 Herramientas y tecnologías utilizadas para la solución

A continuación se describen las herramientas y tecnologías que serán utilizadas para la implementación del componente para gestionar la trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos con la Tecnología de Identificación por Radiofrecuencia, los cuales están propuestos en la estrategia de plataforma tecnológica desarrollada por el HIS.

JavaEE 5

Java Platform Enterprise Edition o Java versión 5 es una plataforma de programación (parte de la Plataforma Java) para desarrollar y ejecutar *software* de aplicaciones en lenguaje de programación Java con arquitectura de n niveles distribuida. Se basa ampliamente en componentes de *software* modulares y se ejecuta sobre un servidor de aplicaciones. (42)

JBoss Seam 2.1

Es un *framework* para el desarrollo de aplicaciones web en Java, que define un modelo de componentes informáticos uniforme para toda la lógica de negocio de las aplicaciones que sean desarrolladas mediante su utilización. La misma integra tecnologías como Ajax, JSF, JPA, EJB y *Business Process Management* (BPM, por sus siglas en inglés) en un sistema unificado con sofisticadas herramientas. (43)

Automatiza muchas de las tareas comunes y hace un uso extensivo de las anotaciones para poder reducir la cantidad de código XML que es necesario escribir, reduce de manera importante la cantidad total de codificación necesaria. Permite la creación de complejas aplicaciones Web. Además de simplificar la comunicación de las vistas con sus respectivas clases controladoras y los datos de manera que fuese más simple el desarrollo del componente.

JBoss Application Server

Es el servidor de aplicaciones de código abierto más ampliamente desarrollado del mercado. Por ser una plataforma certificada J2EE, soporta todas las funcionalidades de J2EE 1.4 e incluye servicios adicionales como *clustering*, *caching* y persistencia. JBoss es ideal para aplicaciones Java y aplicaciones basadas en la web. También, soporta EJB 3.0, lo que hace el desarrollo de las aplicaciones mucho más simple. Además, al ser desarrollado con tecnología Java, es multiplataforma (36). Durante el desarrollo del componente, como servidor de aplicaciones se utilizó Jboss Server en su versión 4.2 .

PostgreSQL8.4

PostgreSQL es un sistema de gestión de bases de datos objeto relacional, distribuido bajo licencia BSD¹¹ y con su código fuente disponible libremente. Es el sistema de gestión de bases de datos de código

¹¹BSD: (Sistema operativo derivado del sistema Unix).

abierto más potente del mercado y en sus últimas versiones no tiene nada que envidiarle a otras bases de datos comerciales. (44)

Entre las características más importantes y soportadas por este sistema gestor de bases de datos se destacan que es *unicode*, realiza copias de seguridad en caliente (*Online/hotbackups*), tiene una documentación completa, y está disponible para Linux y UNIX¹² en todas sus variantes y Windows 32/64bit. Sirve de soporte a muchos de los lenguajes más utilizados hoy día, tal es el caso de PHP, C, C++, Java, Python, entre otros. Es dirigido por una comunidad de desarrolladores y organizaciones comerciales la cual trabaja en su desarrollo y perfeccionamiento, esta comunidad es denominada PostgreSQL Global Development Group. Para el desarrollo del componente se utilizó PostgreSQL en su versión 8.4 como sistema gestor de base de datos.

Eclipse SDK 3.4.2

Eclipse es un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE, por sus siglas en inglés) de código abierto multiplataforma para desarrollar lo que se llama aplicaciones de cliente enriquecido, opuesto a las aplicaciones "cliente-liviano" basadas en navegadores. Esta herramienta emplea módulos para proporcionar toda su funcionalidad al frente de la plataforma de cliente enriquecido, a diferencia de otros entornos monolíticos donde las funcionalidades están todas incluidas, las necesite el usuario o no. El Eclipse SDK¹³ incluye las herramientas de desarrollo de Java, ofreciendo un IDE con un compilador de Java interno y un modelo completo de los archivos fuente de Java. Esto permite técnicas avanzadas de refactorización y análisis de código. Eclipse SDK 3.4.2 es la versión utilizada para el desarrollo de la solución. (36)

Simulador *RifidiPrototyper* 1.0

RifidiPrototyper 1.0 es una herramienta de demostración basada en un emulador RFID. Permite gestionar los lectores y ubicarlos dentro de un modelo o esquema de una entidad, además pueden ser creados diversos artículos los cuales pueden ser introducidos dentro o fuera del rango del lector. Este simulador permite poner a prueba los flujos de la entidad y la lógica empresarial con bastante facilidad. (45)

¹² UNIX: Sistema operativo portable, multitarea y multiusuario.

¹³ SDK (Kit de Desarrollo de Software)

La plataforma Rifidi, se comporta como una plataforma de *middleware* completa para la construcción de todas las facetas de una aplicación RFID con las herramientas de creación de prototipos y un servidor *middleware* RFID. Esta permite tener una idea del RFID para una aplicación de producción pudiendo hacer una rápida creación de prototipos y despliegues de RFID de producción en una plataforma de alto rendimiento y de código abierto. La plataforma Rifidi se compone de dos productos, uno con un enfoque en la creación de prototipos y el otro centrado en el desarrollo de la producción y despliegue de aplicaciones. (46)

Esta plataforma fue utilizada para la simulación de la tecnología RFID en el componente propuesto, con la para el funcionamiento de los lectores y etiquetas.

IReport

IReport es una herramienta de diseño de informes visual, poderoso, intuitivo y fácil de usar para *JasperReports* (librería de Java que facilita y agiliza la generación, la previsualización y la impresión de los informes) escrito en las secuencias de comandos de código de Java. Este *software* permite que los usuarios corrijan visualmente informes complejos con cartas, imágenes, subinformes, *iReport* está además integrado con *JFreeChart*, una de la biblioteca gráficas código abierto más difundida para Java. (47)

Esta herramienta fue utilizada para la generación del reporte de trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos, la versión utilizada fue 3.1.0.

PgAdmin 3.0

PgAdmin es una aplicación gráfica para gestionar el gestor de bases de datos postgresql, siendo la más completa y popular con licencia *Open Source*. Está diseñado para responder a las necesidades de todos los usuarios, desde escribir consultas SQL simples hasta desarrollar bases de datos complejas. El interfaz gráfico soporta todas las características de PostgreSQL y facilita enormemente la administración. La aplicación también incluye un editor SQL con resaltado de sintaxis, un editor de código de la parte del servidor, un agente para lanzar *scripts* programados. La conexión al servidor puede hacerse mediante

conexión TCP/IP y puede encriptarse mediante SSL¹⁴ para mayor seguridad(48). Durante el desarrollo de la aplicación se utilizó pgAdmin3.0 para administrar la base de datos.

Conclusiones parciales

Las tecnologías de identificación automática han logrado posicionarse como una solución fundamental ante la necesidad de identificar, monitorizar y trazar objetos y personas. Dentro de estas la tecnología RFID ha demostrado ser la solución de mayor aplicación para la identificación, monitoreo y trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos.

Para la implantación de un sistema RFID es responsabilidad de las estructuras de dirección de las entidades hospitalarias ejecutar la inspección o diagnóstico institucional, actividad recomendada ampliamente en la bibliografía consultada y que sirve de apoyo para la toma de decisiones estratégicas en relación a la utilidad y factibilidad de un sistema RFID.

El estudio de los antecedentes nacionales e internacionales demostró que el desarrollo de soluciones informáticas que incluyen la tecnología RFID va en aumento a medida que se refinan los mecanismos y componentes que la integran. A pesar de esto los sistemas de salud desarrollados en Cuba no aprovechan las bondades de esta tecnología pues no incorporan mecanismos de trazabilidad haciendo uso de RFID.

El estudio de las tecnologías y herramientas seleccionadas para el desarrollo del componente propuesto permitió un acercamiento a los elementos del entorno de desarrollo y sus características, elementos que facilitaron su uso durante el desarrollo de la propuesta de solución planteada.

¹⁴ SSL: (protocolo de capa de conexión segura).

CAPÍTULO 2: Descripción de la propuesta de solución

En el presente capítulo se caracteriza la propuesta de solución al problema planteado en la introducción. Se enuncian los requisitos funcionales y no funcionales comprendidos en el componente para la trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos y se describen los elementos del diseño que permiten a la estructura técnica de la solución. Se realiza la propuesta de componentes RFID, de acuerdo al objeto de estudio, especificando información de interés como los costos que hoy en el mercado internacional estos poseen.

2.1 Actores del negocio

A continuación en la Tabla 1 se describen los actores involucrados en los procesos del negocio y sus respectivas funciones.

Tabla 1. Actores del negocio.

Fuente: Elaboración propia.

Actor	Objetivo
Proveedor	<ul style="list-style-type: none"> • Entrega instrumentos quirúrgicos al hospital.
Jefe o dependiente del almacén	<ul style="list-style-type: none"> • Recepciona los instrumentos quirúrgicos. • Entrega instrumentos quirúrgicos a la central de esterilización del hospital.
Responsable de la central de esterilización	<ul style="list-style-type: none"> • Realiza la solicitud de instrumentos quirúrgicos al almacén. • Recepcionar y clasificar el instrumento proveniente del almacén y los quirófanos de la entidad hospitalaria. • Monitoriza los instrumentos quirúrgicos dentro de la central de esterilización.

Enfermera instrumentista de quirófano	<ul style="list-style-type: none">• Transportar el instrumento de la central de esterilización hacia el quirófano.• Montar la mesa general y la mesa auxiliar con los instrumentos necesarios.• Comprobar el instrumento antes de entregarlo a central de esterilización.
---------------------------------------	---

2.2 Flujo actual de los procesos del negocio

El modelado del negocio, también conocido como diseño de negocio, es la planificación que realiza una empresa respecto a los ingresos y beneficios que intenta obtener. En un modelo de negocio, se establecen las pautas a seguir para atraer clientes, definir ofertas de producto e implementar estrategias publicitarias, entre muchas otras cuestiones vinculadas a la configuración de los recursos de la compañía.

A partir del estudio de los procesos realizados en los hospitales de Cuba y el mundo, tomando como apoyo además la información consultada en los expedientes de proyectos de las soluciones hospitalarias desarrolladas en el CESIM, se identificaron los siguientes procesos del negocio y las acciones contenidas en estos.

2.2.1 Recepción de los instrumentos quirúrgicos en el almacén.

El proceso inicia cuando el almacén del hospital recibe del proveedor una entrega de instrumentos quirúrgicos acompañada de una factura con todos los datos referentes al contenido de la entrega. Los instrumentos quirúrgicos deben venir en cajas selladas y ser recibidos por el jefe o el dependiente del almacén. Estos son los encargados de verificar los paquetes y comprobar contra la factura si existe algún error. Si ocurre algún problema, ya sea que falte algún paquete o se encuentre alguno defectuoso la persona que recibió la entrega debe notificar al proveedor el problema encontrado y dar entrada a los restantes instrumentos quirúrgicos. En caso de no haber ningún problema simplemente se le dará entrada a todos los instrumentos quirúrgicos recibidos mediante la creación del informe de recepción. A continuación en la figura 6 se muestra el diagrama de clases del negocio perteneciente a este proceso, donde se modela el flujo de las acciones anteriormente descritas:

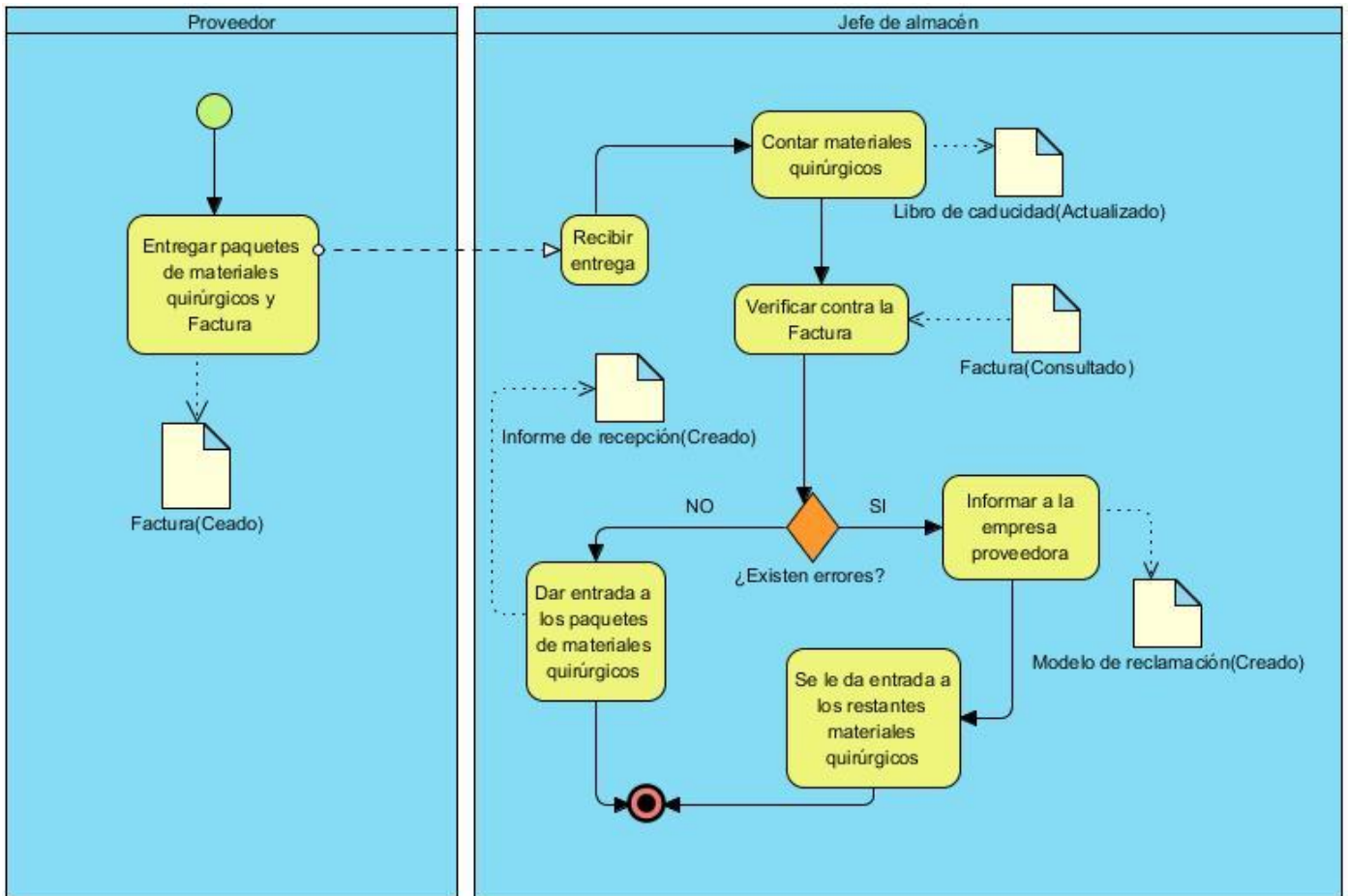


Figura 6. Recepción de los instrumentos quirúrgicos en el almacén.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2 Recepción de los instrumentos quirúrgicos en la central de esterilización desde el almacén

La recepción del instrumento quirúrgico proveniente del almacén del hospital ocurre cuando se solicitan desde la central instrumentos quirúrgicos nuevos por reposición o renovación siendo responsabilidad de la enfermera circulante el trasladar el instrumental acompañado de una factura con todos los datos referentes al contenido de la entrega, traslada los instrumentos desde el almacén a la central de esterilización, la entrega es recibida por la jefa de la central la cual se encarga de clasificar y contar verificando todo contra la factura. En caso de no haber ningún problema simplemente se le dará entrada a

todos los instrumentos quirúrgicos recibidos plasmando la información referente al instrumental en el libro de entradas y salidas del instrumental quirúrgico de la central de esterilización, este libro recoge todo lo relacionado con cada información perteneciente a cada instrumento quirúrgico que entra y sale de la central, si existe algún problema se notifica al almacén a través de un modelo de reclamación y se le da entrada a los restantes instrumentos quirúrgicos. A continuación en la figura 7 se muestra el diagrama de clases del negocio perteneciente a este proceso, donde se modela el flujo de las acciones anteriormente descritas:

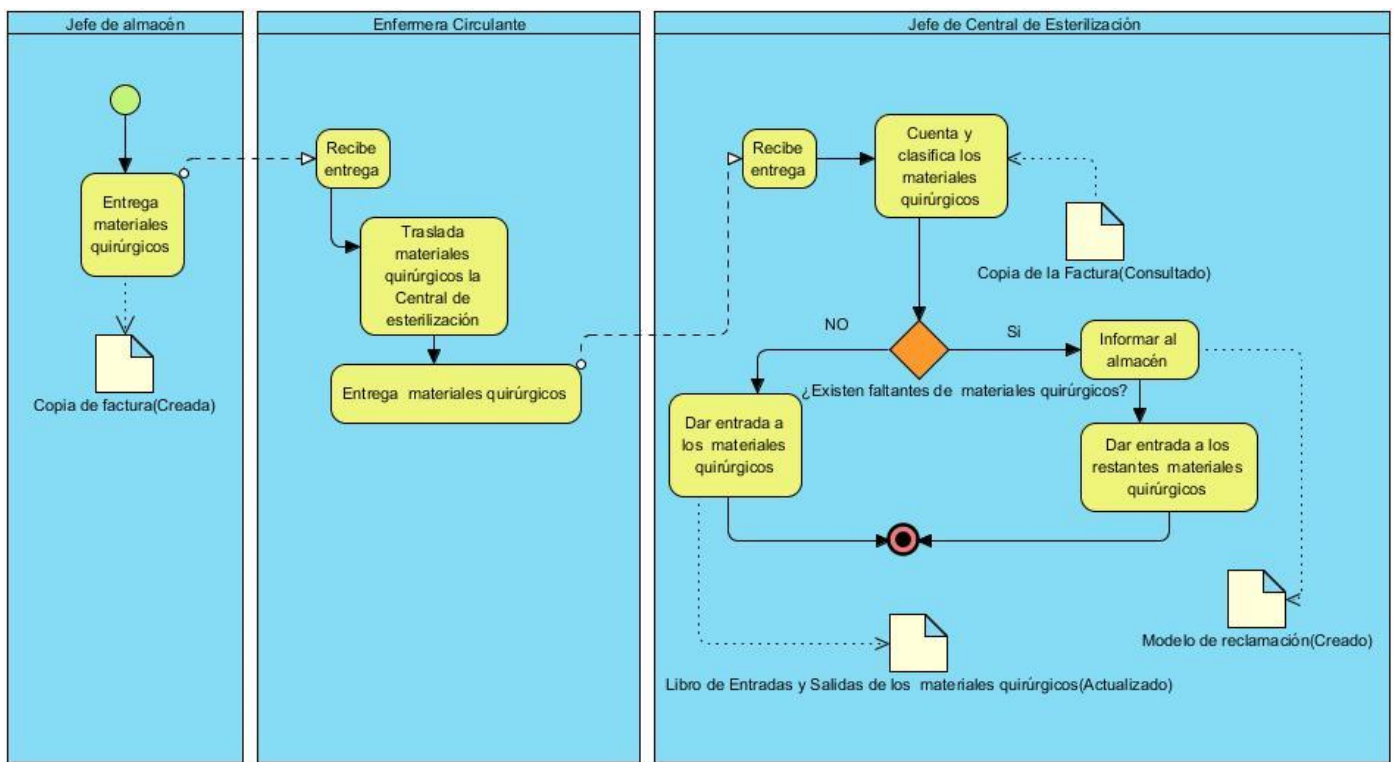


Figura 7. Recepción de los instrumentos quirúrgicos en la central de esterilización enviada desde el almacén.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3 Recepción de los instrumentos quirúrgicos en la central de esterilización desde el quirófano hospitalario

La recepción del instrumento quirúrgico proveniente del quirófano ocurre al terminar una intervención quirúrgica, la enfermera instrumentista le entrega los instrumentos usados a la circulante la cual transporta

el instrumental a la central de esterilización, la entrega es recibida por la jefa de la central que se encarga de clasificar y contar verificando todo contra el libro de entradas y salidas de instrumentos quirúrgicos de la central. En caso de no haber ningún problema simplemente se le dará entrada a todos los instrumentos quirúrgicos recibidos actualizando la información en el libro de entradas y salidas sobre el instrumental usado en esa cirugía, si existiera algún problema se notifica inmediatamente a la enfermera circulante esta a su vez le informa a la enfermera instrumentista sobre el faltante, la cual en conjunto con el cirujano verifican y comprueban el hecho ocurrido. A continuación en la figura 8 se muestra el diagrama de clases del negocio perteneciente a este proceso, donde se modela el flujo de las acciones anteriormente descritas:

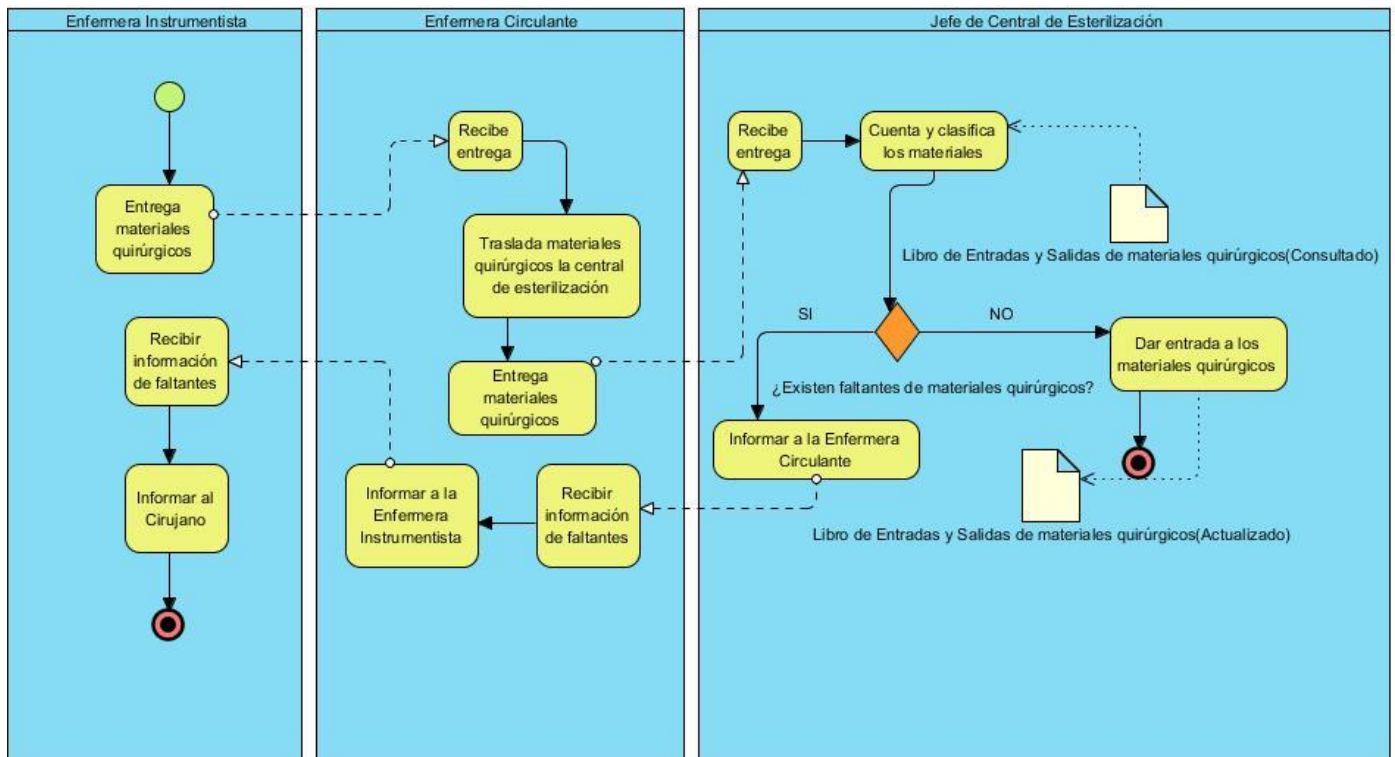


Figura 8. Recepción de los instrumentos quirúrgicos en la central de esterilización enviada desde el quirófano.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.4 Monitorización del instrumento quirúrgico en la central de esterilización

El proceso de esterilización se realiza en el área del sector técnico la cual está subdividida en tres áreas de trabajos: área contaminada, área limpia y área estéril. El área contaminada es el sector donde se recibe todo el instrumental, cajas y equipos para ser procesados desde los diferentes servicios clínicos del hospital, en esta área se efectúan las etapas de recepción, lavado y secado del material, así como también después de terminar estas actividades se realiza un conteo y verificación del estado del instrumental el cual se recoge en un informe. Luego el sector de área limpia recibe todo el instrumental limpio proveniente del área contaminada, donde se realiza la preparación para el armado, lubricación y empaque, aquí también se confecciona un informe y se verifica realizando otro conteo con el informe proveniente del área contaminada para que no existan errores y pérdidas.

Por último el área estéril recibe todo el instrumental quirúrgico entregado por el área limpia, en la cual se realiza las etapas de procesamiento, almacenamiento, en esta área también se realiza un conteo, el cual es recogido en otro informe perteneciente a esta área y se verifica con el informe del área limpia para comprobar que no existan errores, y por último se realiza la entrega de los instrumentos estériles los cuales van a ser usados en los quirófanos. Esto es plasmado en el libro de entrada y salida de instrumentos quirúrgicos de la central de esterilización. A continuación en la figura 9 se muestra el diagrama correspondiente al proceso de monitorización del instrumento quirúrgico en la central de esterilización:

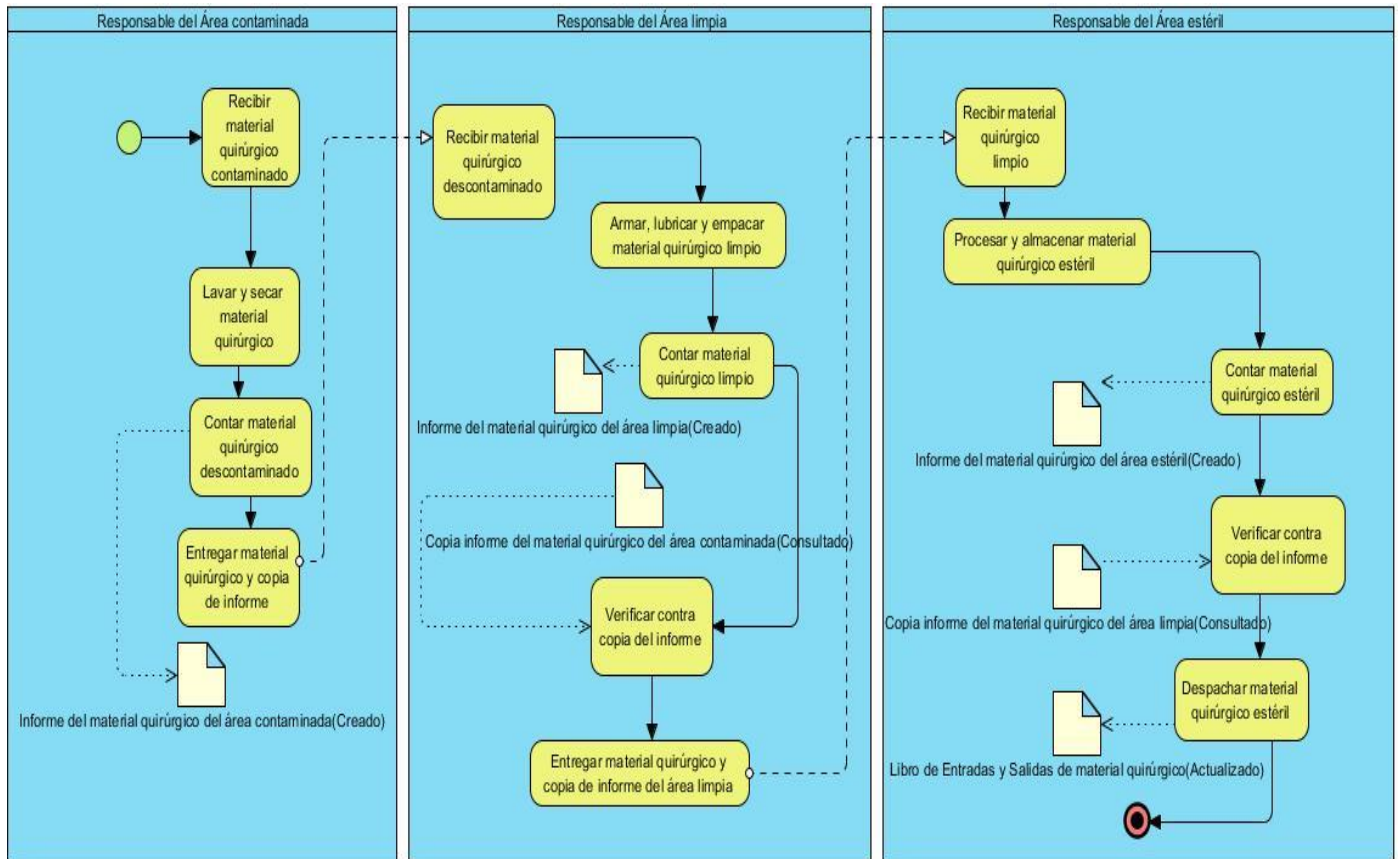


Figura 9. Monitorización del instrumento quirúrgico en la central de esterilización.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.5 Monitorización del instrumento quirúrgico en los quirófanos hospitalarios

El procedimiento de monitorización de los instrumentos quirúrgicos en los quirófanos hospitalarios, es utilizado para ver la cantidad de utensilios que se depositan en la mesa estéril, con el fin de ser usados durante la intervención quirúrgica. Los enfermeros instrumentistas y circulantes e incluso con la colaboración del cirujano cuentan juntos todos los paquetes de los instrumentos quirúrgicos antes de que comience la intervención quirúrgica. La enfermera circulante anotará inmediatamente el número de artículos de cada tipo en el registro del paciente, cuántos recuentos se han realizado y por quién. Al terminar la cirugía se vuelve a realizar el recuento para ver si coincide con la cantidad de instrumentos quirúrgicos iniciales, en caso de haber faltante la enfermera circulante debe escribir un informe de

incidentes, indicando todos los esfuerzos y acciones realizados para localizar el artículo perdido, incluso cuando este haya sido localizado en una radiografía se deja por escrito en ese documento. A continuación en la figura 10 se muestra el diagrama correspondiente al proceso de monitorización del instrumento quirúrgico en una cirugía:

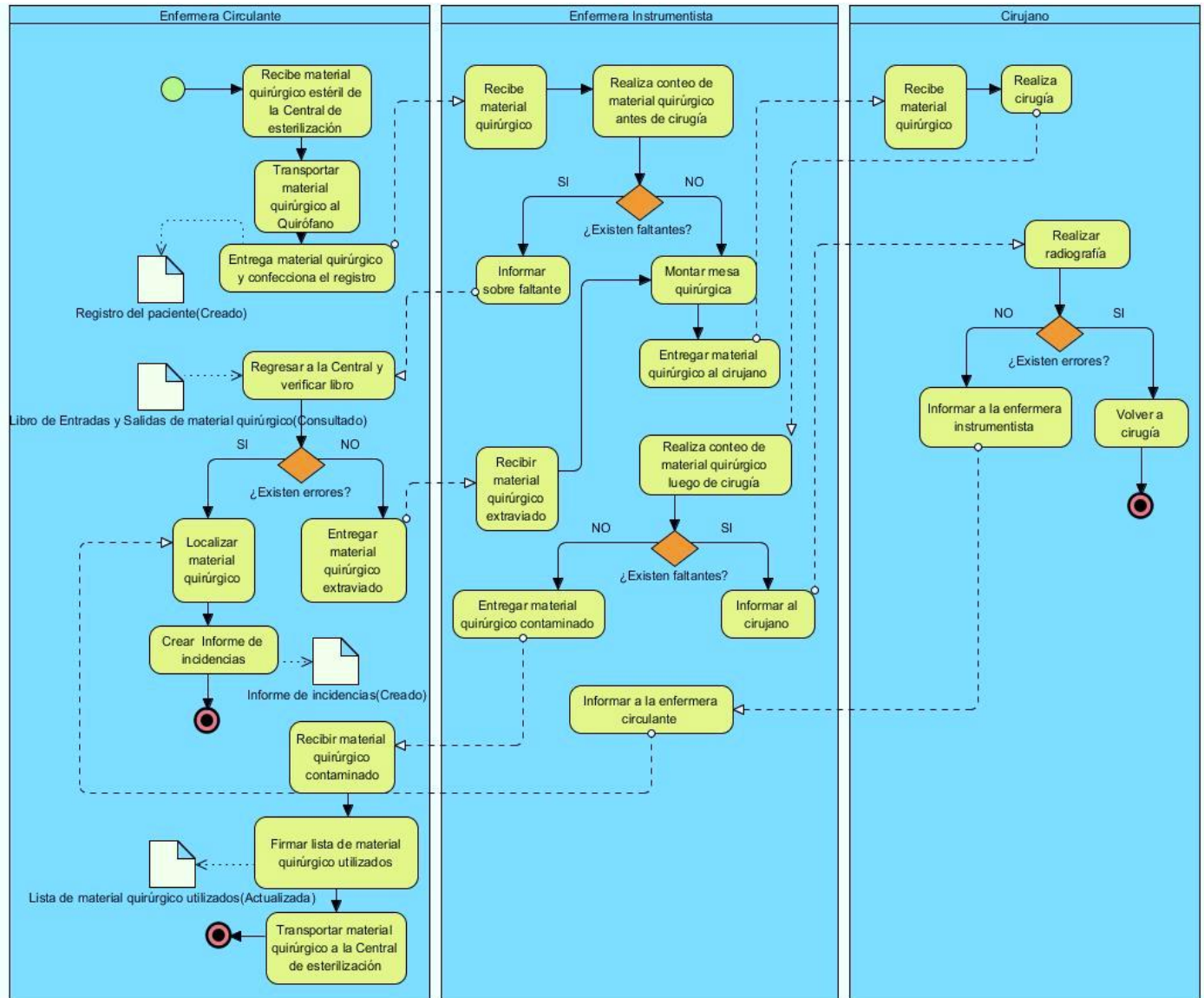


Figura 10. Monitorización de los instrumentos quirúrgicos en los quirófanos hospitalarios.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.6 Realización del inventario de los instrumentos quirúrgicos

El inventario del instrumental quirúrgico es realizado en cada uno de los turnos por la enfermera instrumentista, de forma escrita en una lista de utilización de instrumentos quirúrgicos, el cual contiene si está ubicado en estantería, en algún ciclo de esterilización o enviado a salas de cirugías, además de la descripción, cantidad y estado de cada uno de los instrumentos quirúrgicos. Esta lista es archivada luego de ser verificada y firmada en cada uno de los siguientes puntos de controles: egreso de central de esterilización desde el área estéril, apertura del equipo en el quirófano por la instrumentadora, conclusión del procedimiento quirúrgico en el conteo final e ingreso a la central de esterilización en el área de recepción. Se diseñan igualmente informes donde se relacionan los incidentes relacionados con el instrumental en cuanto a faltantes, estado defectuoso o conveniencia de renovación. La enfermera responsable de la central de esterilización analiza estos incidentes y los cuantifica, dando soluciones oportunas en cuanto a reposición y con la enfermera administradora de salas de cirugía se toman las decisiones en cuanto a requisición del instrumental. A continuación en la figura 11 se muestra el diagrama correspondiente al proceso realizar inventario de los instrumentos quirúrgicos:

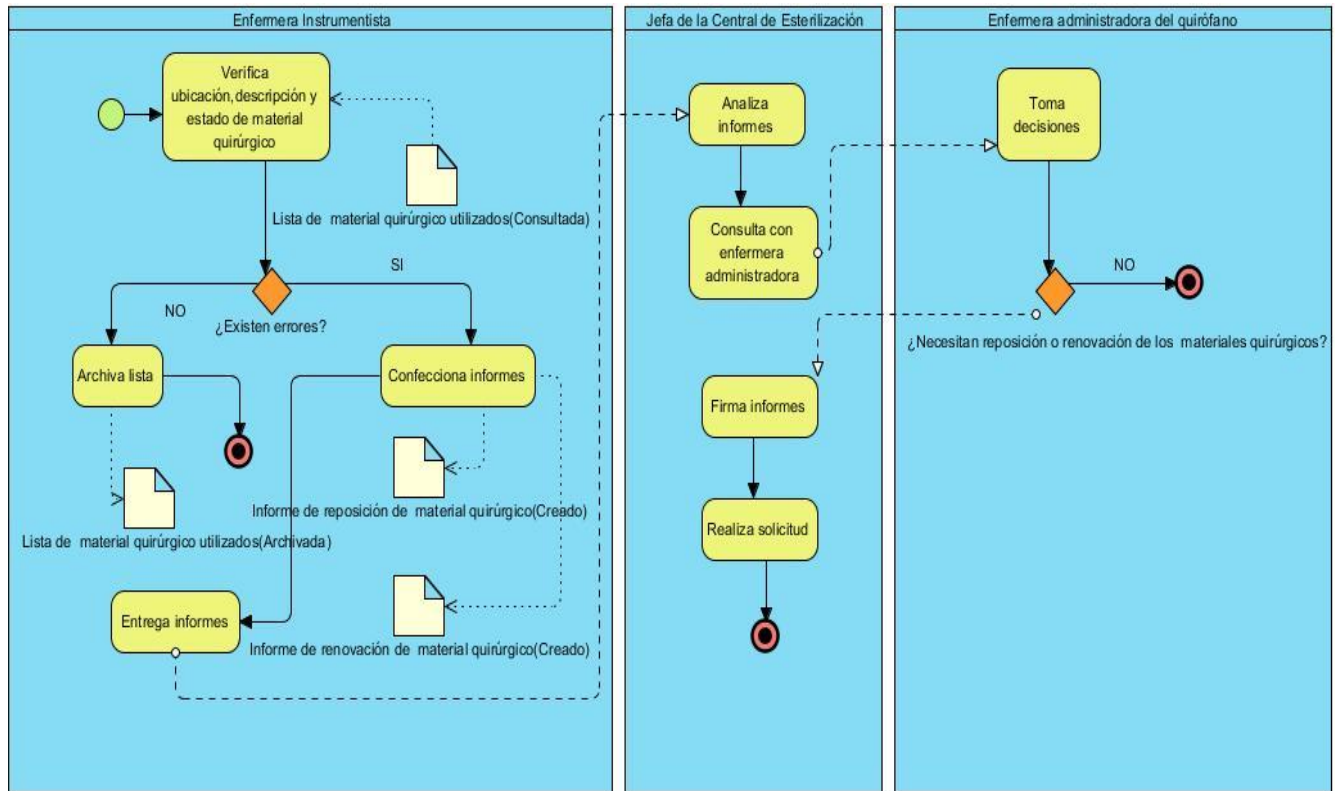


Figura 11. Realización del Inventario de los instrumentos quirúrgicos.

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Propuesta del sistema

El componente propuesto tiene como objetivo principal llevar a cabo la gestión de manera organizada de los procesos de identificación, monitoreo y trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos en una entidad hospitalaria. Controlando el flujo de estos durante su vida útil será capaz de permitir:

- Etiquetar con un transpondedor RFID los instrumentos quirúrgicos recepcionados en el almacén, provenientes del proveedor.
- Registrar los traslados internos de los instrumentos quirúrgicos almacenando los datos necesarios para posteriormente conocer la ruta histórica de estos.
- Monitorizar los instrumentos quirúrgicos etiquetados identificando aquellos que han sido trasladados o sustraídos sin autorización.
- Localizar aquellos instrumentos quirúrgicos que no se encuentren en el área indicada.

- Mejorar el tiempo y esfuerzo implicado en la realización del inventario físico a partir de las bondades de la tecnología RFID.

2.4 Especificación de los requisitos del software

Los requerimientos para un sistema son la descripción de los servicios proporcionados por el sistema y sus restricciones operativas, estos reflejan las necesidades de los clientes de un sistema que ayude a resolver algún problema.

2.4.1 Requisitos funcionales

Los requisitos funcionales (RF) son declaraciones que identifican atributos, capacidades, características y/o cualidades que necesita cumplir un sistema para que tenga valor y utilidad para el usuario. En otras palabras, los requerimientos muestran qué elementos y funciones son necesarias para un proyecto. (49)

Con el fin de garantizar el correcto funcionamiento del componente se reutilizaron dos requisitos funcionales desarrollados como parte del trabajo de diploma: “Componente para el control de acceso y activos fijos en el Sistema de información Hospitalaria xavia HIS, utilizando la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia” (50). Estos son:

RF 1 Gestionar antenas: permite adicionar, modificar, buscar y eliminar las antenas RFID que serán utilizadas en la entidad hospitalaria.

- **RF 1.1** Adicionar antena.
- **RF 1.2** Eliminar antena.
- **RF 1.3** Modificar antena.
- **RF 1.4** Buscar antena.

RF 2 Gestionar lectores: se encarga de adicionar, modificar, buscar y eliminar los lectores RFID, estos tienen la responsabilidad de interrogar a las antenas para obtener la información contenida en las etiquetas RFID.

- **RF 2.1** Adicionar lector.

- **RF 2.2** Eliminar lector.
- **RF 2.3** Modificar lector.
- **RF 2.4** Buscar lector.

A continuación se muestra la relación de los requisitos funcionales definidos para la implementación del componente propuesto en esta investigación:

RF 3 Gestionar tipo de instrumento quirúrgico: este requisito es el encargado de gestionar la información relacionada acerca de los tipos de instrumentos quirúrgicos que llegan al almacén y no se encuentran registrados en el sistema.

- **RF 3.1** Adicionar tipo de instrumento quirúrgico.
- **RF 3.2** Eliminar tipo de instrumento quirúrgico.
- **RF 3.3** Modificar tipo de instrumento quirúrgico.
- **RF 3.4** Buscar tipo de instrumento quirúrgico.

RF 4 Gestionar el estado del instrumental quirúrgico: se encarga de adicionar, modificar, buscar y eliminar el estado que tienen los instrumentos quirúrgicos. Los estados que puede tomar un instrumento son: contaminado, limpio o esterilizado.

- **RF 4.1** Adicionar estado del instrumental quirúrgico.
- **RF 4.2** Eliminar estado del instrumental quirúrgico.
- **RF 4.3** Modificar estado del instrumental quirúrgico.
- **RF 4.4** Buscar estado del instrumental quirúrgico.

RF 5 Gestionar quirófano: se encarga de adicionar, modificar, buscar o eliminar un quirófano en específico.

- **RF 5.1** Adicionar quirófano.
- **RF 5.2** Eliminar quirófano.
- **RF 5.3** Modificar quirófano.
- **RF 5.4** Buscar quirófano.

RF 6 Gestionar tipo de quirófano: permite adicionar, modificar, buscar y eliminar los tipos de quirófanos de la entidad hospitalaria.

- **RF 6.1** Adicionar tipo de quirófano.
- **RF 6.2** Eliminar tipo de quirófano.
- **RF 6.3** Modificar tipo de quirófano.
- **RF 6.4** Buscar tipo de quirófano.

RF 7 Gestionar estado del quirófano: incluye adicionar, modificar, buscar y eliminar el estado en que se encuentran los quirófanos. Los estados que puede tomar este elemento son: disponibles o fuera de servicio.

- **RF 7.1** Adicionar estado del quirófano.
- **RF 7.2** Eliminar estado del quirófano.
- **RF 7.3** Modificar estado del quirófano.
- **RF 7.4** Buscar estado del quirófano.

RF 8 Gestionar causas de inactividad de los quirófanos: permite adicionar, modificar, buscar y eliminar en el sistema las causas de inactividad de un quirófano.

- **RF 8.1** Adicionar causas de inactividad de los quirófanos.
- **RF 8.2** Eliminar causas de inactividad de los quirófanos.
- **RF 8.3** Modificar causas de inactividad de los quirófanos.
- **RF 8.4** Buscar causas de inactividad de los quirófanos.

RF 9 Recepción externa: se encarga de registrar los datos de los instrumentos quirúrgicos entregados por un proveedor al almacén del hospital. Incluye el registro de los datos identificativos del instrumento y la asociación de una etiquetas RFID disponible.

RF 10 Traslados internos: incluye el escaneo, registro y entrega de los instrumentos quirúrgicos que se pretenden trasladar desde el área que entrega hacia el área que recibe.

RF 11 Monitorizar el instrumental quirúrgico por áreas: se escoge un área determinada donde se interrogan todas las etiquetas de los instrumentos presentes en esa área mostrando el listado de instrumentos encontrados en el área, no encontrados y presentes en el área escaneada pero que no pertenecen a ella.

RF 12 Localizar el instrumental quirúrgico por áreas: permite conocer el área en la que se encuentra un determinado instrumento quirúrgico cuando se detecta que este se encuentra fuera del área que le corresponde.

RF 13 Monitorización en los quirófanos hospitalarios: permite comprobar, tras la culminación de una intervención quirúrgica y a partir de la interrogación de los lectores a las etiquetas RFID, la existencia y ubicación de los instrumentos quirúrgicos que le fueron asignados a un quirófano determinado.

RF 14 Realizar inventario por áreas: se escoge un área determinada donde se interrogan las etiquetas de los instrumentos presentes en dicha área, se realiza una comparación de la cantidad asignada con la cantidad real y se muestra la diferencia existente.

RF 15 Generar reporte de trazabilidad del instrumental quirúrgico: genera un reporte que muestra las trazas de un determinado instrumento quirúrgico tomando como punto de origen su recepción en la entidad y culminando con su estado actual.

2.4.2 Requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales (RNF) son restricciones de los servicios o funciones ofrecidos por el sistema. Incluyen restricciones de tiempo, sobre el proceso de desarrollo y estándares. Los requerimientos no funcionales a menudo se aplican al sistema en su totalidad. Normalmente apenas se aplican a características o servicios individuales del sistema. (49)

A continuación se listan los RNF pertenecientes al componente propuesto.

- **Usabilidad:**

RNF 1: Fácil interacción

El sistema debe brindar una facilidad de uso que permita la fácil interacción con el mismo. Debe poseer además una interfaz de manejo cómoda que posibilite a los usuarios sin experiencia una rápida adaptación.

RNF 2: Emplear perfiles de usuario

Se deben emplear perfiles de usuario para diferenciar las interfaces y opciones para los usuarios que accedan al sistema según los diferentes roles que estos tengan dentro del mismo.

RNF 3: Resolución de la página

La resolución de la página se adaptará a la resolución de pantalla en el cliente.

- **Confiabilidad:**

RNF 4: Políticas de respaldo

Se garantizarán políticas de respaldo a toda la información, evitando pérdidas en caso de desastres ajenos al sistema.

RNF 5: Eliminación de la información

Ninguna información que se haya ingresado en el sistema será eliminada físicamente de la base de datos, independientemente de que para el sistema, este elemento ya no exista.

- **Eficiencia:**

RNF 6: Buenas prácticas de programación

El sistema adoptará buenas prácticas de programación para incrementar el rendimiento en operaciones costosas para la máquina virtual como la creación de objetos.

- **Soporte:**

RNF 7: Soporte y mantenimiento del sistema

La Universidad de las Ciencias Informáticas debe garantizar el soporte y mantenimiento del sistema.

RNF 8: Documentación necesaria

Debe existir toda la documentación necesaria que pueda servir de apoyo a los especialistas del CESIM en caso de que sea necesario hacer un mantenimiento inmediato al producto.

- **Restricciones de diseño:**

RNF 9: Codificación

La codificación se realizará siguiendo el estándar “CamelCase” definido en el documento de arquitectura del CESIM.

RNF 10: Nomenclatura

La nomenclatura de las bases de datos, tablas, campos de las tablas, esquemas, procedimientos almacenados o funciones, vistas, *triggers* y tipos de datos se elaborarán siguiendo los estándares definidos en el CESIM.

- **Interfaz:**

RNF 12: Interfaz de usuario

La interfaz debe ser sencilla con colores suaves a la vista y sin cúmulo de imágenes u objetos que distraigan al usuario del objetivo.

RNF 13: Coherencia y estilo

Mantener una coherencia y estilo común entre todas las páginas.

- **Estándares aplicables**

RNF 14: Pautas de análisis

Para las descripciones de casos de uso, mensajes y avisos que debe emitir el sistema, se deben seguir las pautas de análisis definidas en el centro.

- **Seguridad**

RNF 15: Acceso de los usuarios

Cada usuario realizará operaciones en la aplicación en dependencia de sus privilegios o niveles de acceso.

RNF 16: Mensajes de verificación

Ofrecer mensajes de verificación antes de ejecutar acciones irreversibles como pueden ser eliminación de datos.

- **Portabilidad**

RNF 17: Características del sistema

El sistema debe ser multiplataforma, utilizado bajo los sistemas operativos Windows y cualquier distribución de Unix.

- **Rendimiento**

RNF 18: Procesamiento de datos y tiempo de respuesta

Se debe contar con un rápido procesamiento de los datos y con un tiempo de respuesta mínimo.

- **Hardware**

Los requerimientos técnicos mínimos en las computadoras clientes y servidores incluyen:

RNF 19: Servidor de aplicaciones:

- Sistema operativo Linux.
- Procesador Intel® Xeon® 5140 Dual – Core o superior.
- 8GB de memoria.
- 80GB de disco duro.

RNF 20: Servidor de base de datos:

- Sistema operativo Linux.
- Procesador Intel® Xeon® 5140 Dual – Core o superior.
- 8GB de memoria.

RNF 21: Estaciones clientes:

- Sistema Operativo Linux o Windows.
- Navegador web IE 7, Firefox 6.0 o versiones superiores.
- 256 Mb de memoria RAM.
- Microprocesador de 2.0 Hz.

2.5 Descripción de la arquitectura del componente propuesto

La arquitectura de *software* hace alusión a la especificación de la estructura del sistema, entendida como la organización de componentes y relaciones entre ellos; los requerimientos que debe satisfacer el sistema y las restricciones a las que está sujeto, así como las propiedades no funcionales del sistema y su impacto sobre la calidad del mismo; las reglas y decisiones de diseño que gobiernan esta estructura y los argumentos que justifican las decisiones tomadas. (51)

2.5.1 Arquitectura

La arquitectura utilizada es cliente/servidor. Esta es un modelo para el desarrollo de sistemas de información, en la cual las transacciones se dividen en procesos independientes que cooperan entre sí para intercambiar información, servicios o recursos. Esta arquitectura consiste en que el cliente realiza peticiones a otro programa (el servidor) que le da respuesta. En esta arquitectura la capacidad de proceso está repartida entre los clientes y los servidores. La separación entre clientes y servidor es una separación de tipo lógico, donde el servidor no se ejecuta necesariamente sobre una sola máquina ni es necesariamente un solo programa.

Cliente: conjunto de *software* y *hardware* que invoca los servicios de uno o varios servidores. Los clientes interactúan con el usuario, usualmente en forma gráfica. Frecuentemente se comunican con procesos

auxiliares que se encargan de establecer conexión con el servidor, enviar el pedido, recibir la respuesta, manejar las fallas y realizar actividades de sincronización y de seguridad. Entre sus funciones comunes se destacan:

- Mantener y procesar todo el diálogo con el usuario.
- Menús e interpretación de comandos.
- Entrada de datos y validación.
- Procesamiento de ayudas.
- Recuperación de errores.
- Generación de consultas e informes sobre las bases de datos. (52)

Servidor: conjunto de *hardware* y *software* que responde a los requerimientos de un cliente. Los servidores proporcionan un servicio al cliente y devuelven los resultados. En algunos casos existen procesos auxiliares que se encargan de recibir las solicitudes del cliente, verificar la protección, activar un proceso servidor para satisfacer el pedido, recibir su respuesta y enviarla al cliente. Además, deben manejar los interbloques, la recuperación ante fallas, y otros aspectos afines. Por las razones anteriores, la plataforma computacional asociada con los servidores es más poderosa que la de los clientes. Entre sus funciones comunes se destacan:

- Acceso, almacenamiento y organización de datos.
- Actualización de datos almacenados.
- Administración de recursos compartidos.
- Ejecución de toda la lógica para procesar una transacción.
- Procesamiento común de elementos del servidor (datos, capacidad de CPU, almacenamiento en disco, capacidad de impresión, manejo de memoria y comunicación).
- Gestión de periféricos compartidos. (52)

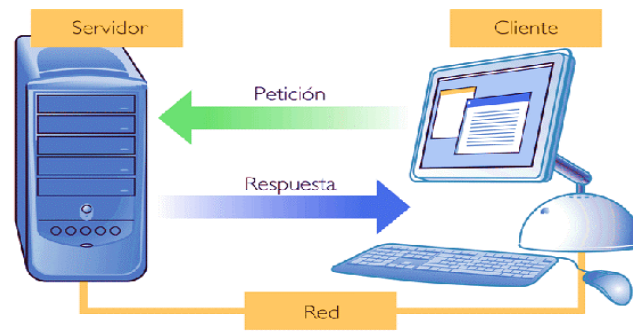


Figura 42. Arquitectura cliente-servidor.

Fuente: <http://cervantes1bachdyg.wikispaces.com/Arquitectura+cliente-servidor>

2.5.2 Patrón de arquitectura

El patrón arquitectónico describe la estructura fundamental del sistema de *software*, expresando un conjunto de subsistemas predefinidos, especificando responsabilidades y organizando las relaciones entre ellos. Su importancia radica en que es la decisión fundamental de diseño cuando se desarrolla un sistema de *software*. En la figura 13 se observa el patrón arquitectónico a utilizar en la implementación de la propuesta de solución. (53)

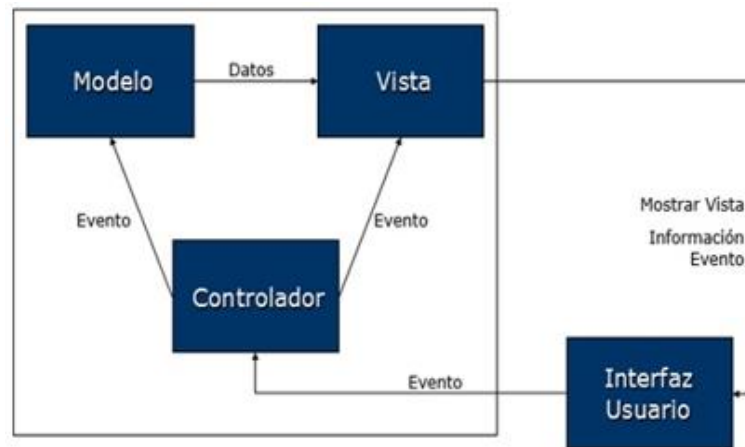


Figura 13. Patrón Arquitectónico Modelo Vista Controlador.

Fuente: <http://victdelr.wordpress.com>.

Modelo Vista Controlador (MVC): en palabras simples, es la forma que utilizan los programadores para implementar las aplicaciones, además permite separar la aplicación en un modelo, una vista y con controlador, es una filosofía de diseño de aplicaciones, compuesta por:

- **Modelo:** Contiene el núcleo de la funcionalidad (dominio) de la aplicación. Encapsula el estado de la aplicación, no sabe nada independiente del controlador y la vista.
- **Vista:** Es la presentación del Modelo, puede acceder al modelo pero nunca cambiar su estado, puede ser notificada cuando hay un cambio de estado en el modelo.
- **Controlador:** Reacciona a la petición del cliente, ejecutando la acción adecuada y creando el modelo pertinente. (54)

2.5.3 Patrones de diseño

Un patrón de diseño es una solución a un problema de diseño. Para que una solución sea considerada un patrón debe poseer ciertas características. Entre las que se destaca es que debe haber comprobado su efectividad resolviendo problemas similares en ocasiones anteriores, debe ser reusable, establecer un vocabulario de diseño común entre los desarrolladores y debe acotar la fase de diseño en un proceso de desarrollo de software. (55)

Patrones de asignación de responsabilidades (GRASP)

Los GRASP son patrones generales de software para asignación de responsabilidades. Describen los principios fundamentales para asignar responsabilidades a los objetos, este sistema orientado a objetos se compone de objetos que envían mensajes a otros objetos para que lleven a cabo las operaciones requeridas, es decir las responsabilidades están relacionadas con las obligaciones de un objeto en cuanto a su comportamiento. Para el diseño de la propuesta de solución de los patrones GRASP se tuvo en cuenta: Alta cohesión, Creador, Controlador, y Bajo acoplamiento. A continuación se describen los patrones mencionados anteriormente:

- **Creador:** guía la asignación de responsabilidades al identificar quién debe ser el responsable de la creación de nuevos objetos o clases. Este patrón se utilizó para identificar qué clase A debería:

contener, agregar, registrar, utilizar y tener los datos de inicialización de la clase B. En la clase “ccQuirofano” se utiliza este patrón donde se crea una instancia de la clase “TbMatQuirofano”.

- **Alta cohesión:** asignar una responsabilidad de modo que la cohesión siga siendo alta. Este patrón plantea que la información que almacena una clase debe ser coherente y debe estar relacionada con la clase.

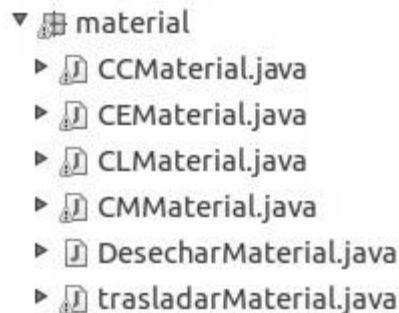


Figura 14. Ejemplo del patrón Alta cohesión.

Fuente: Elaboración propia.

- **Bajo acoplamiento:** asignar una responsabilidad para mantener bajo acoplamiento. La idea de este patrón es tener las clases lo menos ligadas entre sí que se pueda. De tal forma, que se realiza una modificación en alguna de ellas, no repercuta en el resto de las clases o tenga la más mínima repercusión sobre estas. Se evidencia en la clase “ccCausasInactividad” que se relaciona con las causas de inactividad de un quirófano por lo cual al realizar cualquier modificación en las clases relacionadas con “Quirófano” no tendría repercusión en dicha clase.
- **Controlador:** es utilizado como intermediario entre cada una de las capas, de tal forma que recibe los datos del usuario y la que los envía a las diferentes clases según el método llamado. Este patrón se ve en las clases controladoras, que son las que se encargan de obtener datos y brindárselos a las vistas. Se evidencia en la clase “TrasladarMaterial” donde se le asigna la responsabilidad de capturar lo eventos del transporte que se le realiza a los instrumentos de un área a otra.





2.6 Diagramas de clases del diseño

Las clases del diseño presentan un mayor detalle técnico, pues son una guía para la implementación, así como también refinan las clases del análisis al proporcionar detalles que permitirán la implementación de las clases.

La representación de las clases del diseño está asociada al uso de UML para el modelado de aplicaciones WEB, siendo identificadas las siguientes clases: página servidora (*server page*), página cliente (*client page*), formulario (*form*).

Tabla 2. Descripción de las clases del diseño.

Fuente: Elaboración propia.

Nombre	Propósito
 <p style="text-align: center;">(Client Page)</p>	Proveer la interacción con el usuario, permiten al usuario realizar las peticiones e interactuar con la aplicación.
 <p style="text-align: center;">(Form)</p>	Las clases formularios representan la entrada y salida de datos en el sistema. Estos datos son primeramente validados y luego enviados a la clase controladora correspondiente.
 <p style="text-align: center;">Clase SEAM (Servlet)</p>	Proveer la interacción de la capa de presentación con la de negocio.
 <p style="text-align: center;">CCMaterialControlador.java</p>	Proveer una respuesta a las peticiones realizadas en la vista.

A continuación se muestran los diagramas de clases del diseño más significativos del negocio.

La figura 15 muestra el diagrama de clase del diseño de la recepción externa de los instrumentos quirúrgicos. Describe cuando se registra un instrumento quirúrgico en el componente a partir de su llegada a la institución hospitalaria.

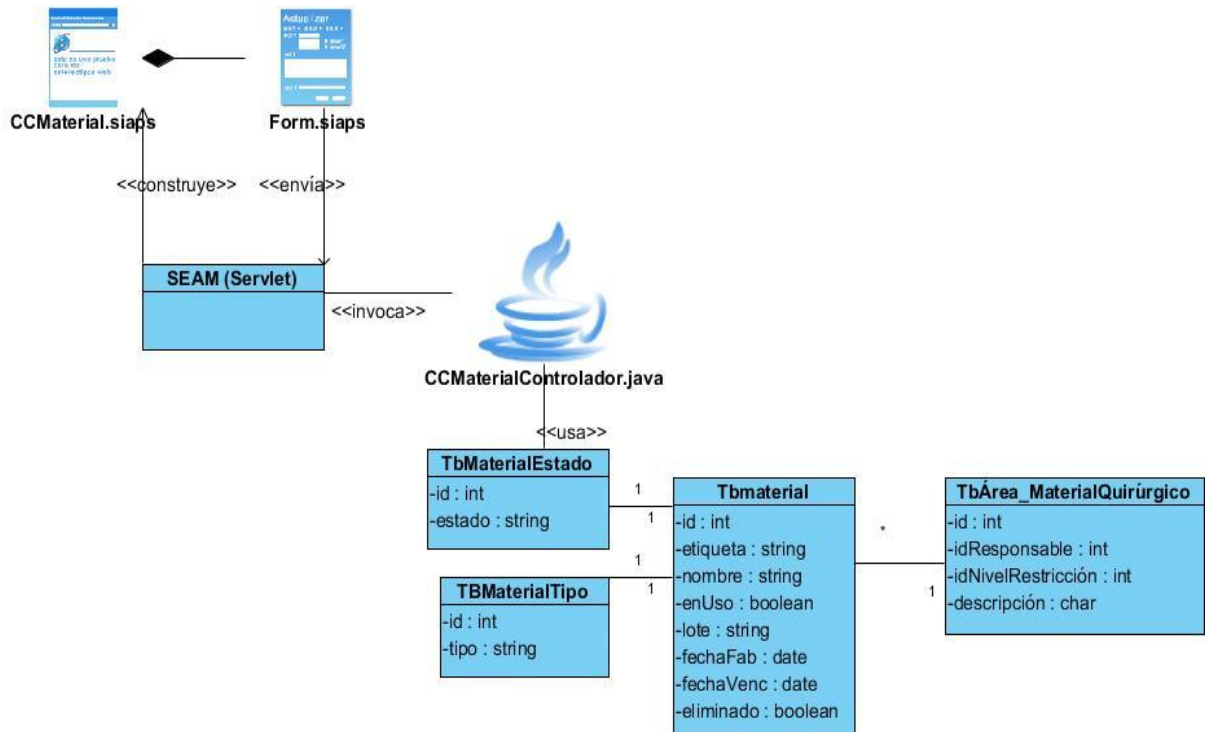


Figura 15. Recepción externa.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 16 muestra el diagrama de clase del diseño correspondiente a la monitorización en el quirófano de los instrumentos quirúrgicos. Se muestra el listado de instrumentos quirúrgicos asignados a un quirófano determinado y además mostrando si se encuentra o no en dicho quirófano luego de interrogar las etiquetas de los instrumentos quirúrgicos.

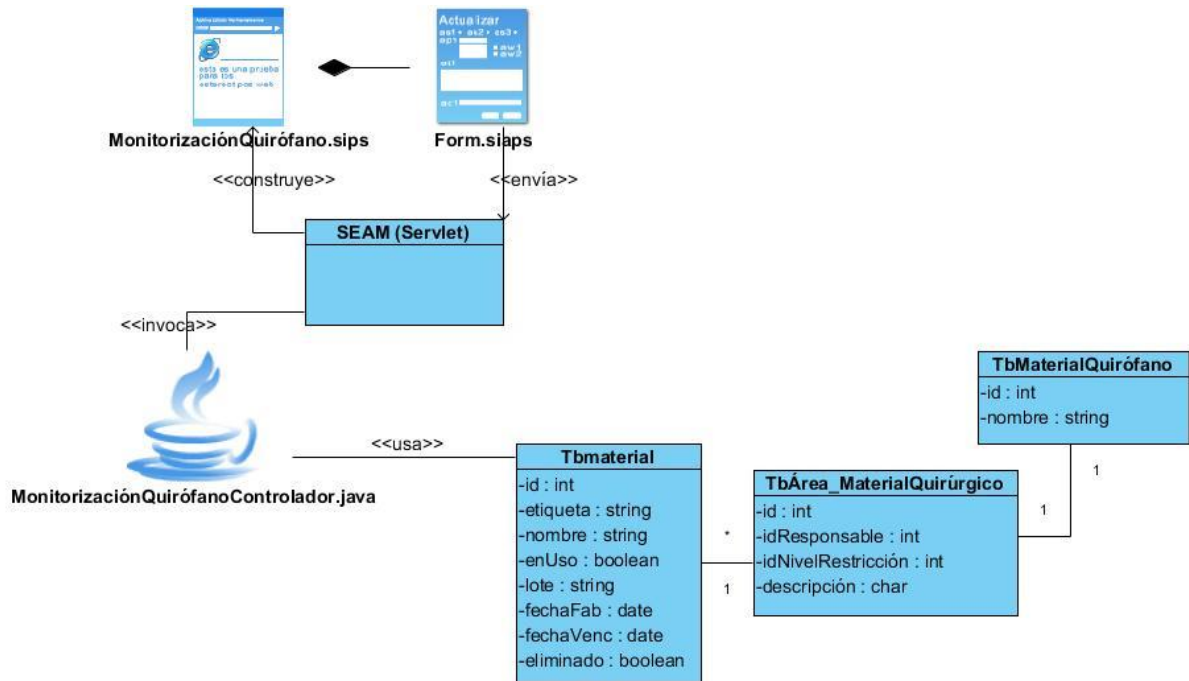


Figura 56. Monitorización de los instrumentos quirúrgicos.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 17 muestra el diagrama de clase del diseño relacionado a los traslados internos de los instrumentos quirúrgicos. Describe el traslado de los instrumentos quirúrgicos de un área a otra de la entidad hospitalaria.

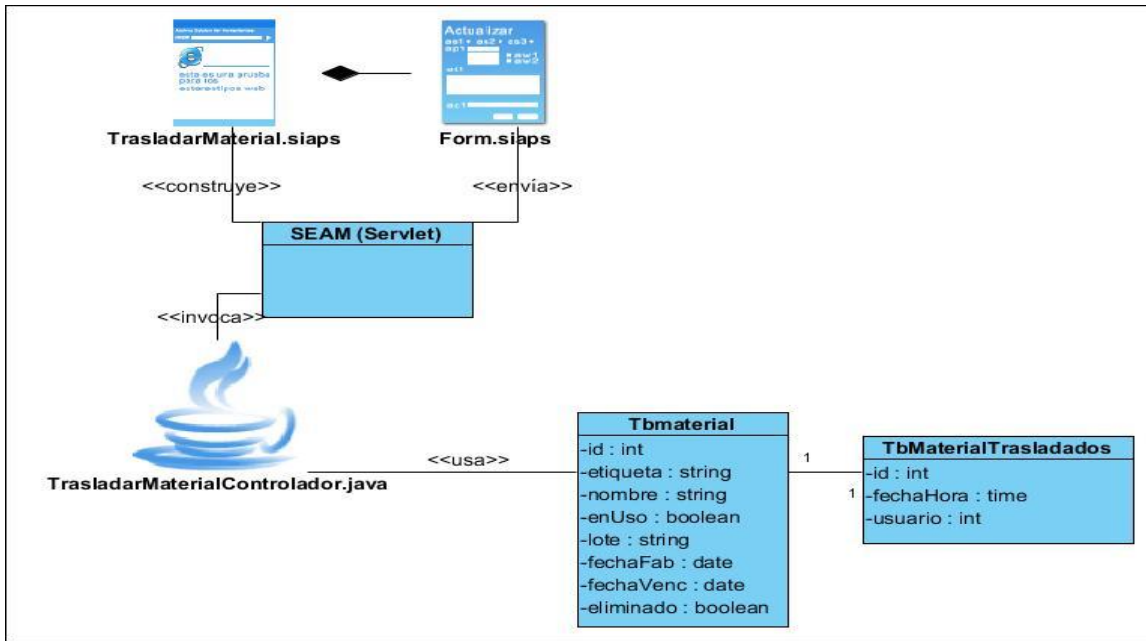


Figura 6. Traslados internos.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 18 muestra el diagrama de clase del diseño relacionado a la funcionalidad monitorizar el instrumental quirúrgico. Muestra el conjunto de instrumentos detectados en un área y emite información sobre la correspondencia o no de estos en relación al área encuestada.

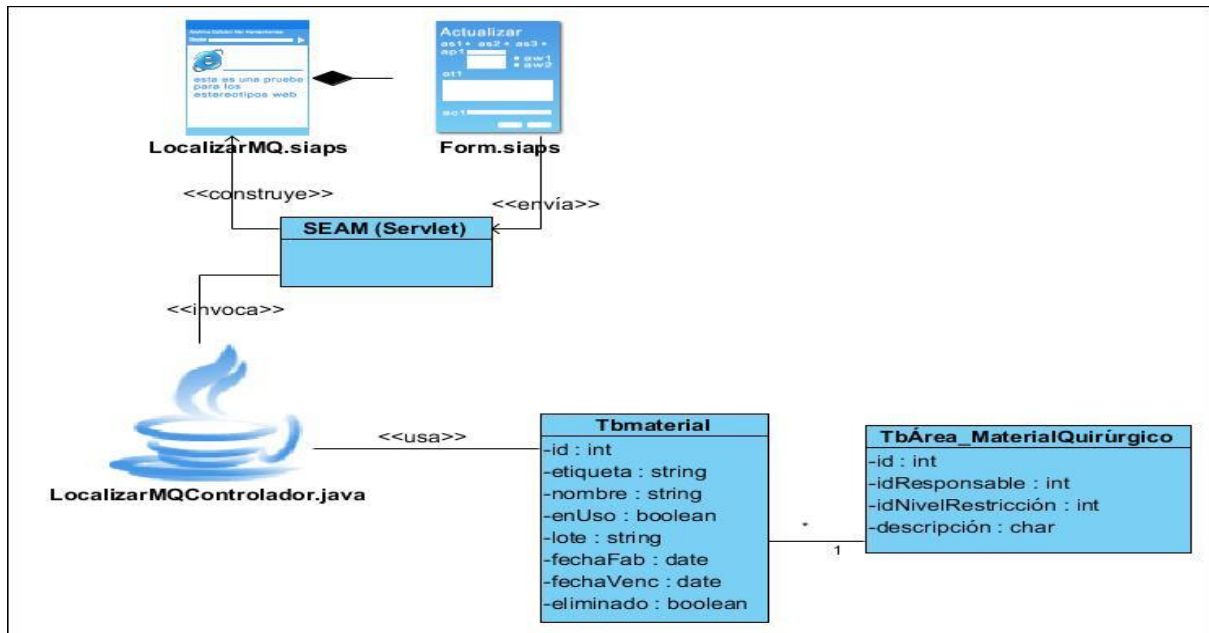


Figura 78. Monitorizar el instrumental quirúrgico por área.

Fuente: Elaboración propia.

2.7 Modelo de datos

Un modelo de datos es la combinación de una colección de estructuras de datos, operadores o reglas de inferencia y de reglas de integridad, las cuales definen un conjunto de estados consistentes. El cual puede ser usado como una herramienta para especificar los tipos de datos y la organización de los mismos. Además para la manipulación de consultas y datos, así mismo es el elemento clave en el diseño de la arquitectura de un manejador de base de dato. (56)

A continuación la figura 19 muestra el modelo de datos establecido que contiene de forma detallada y clara los tipos de datos, relaciones y restricciones que lo componen.

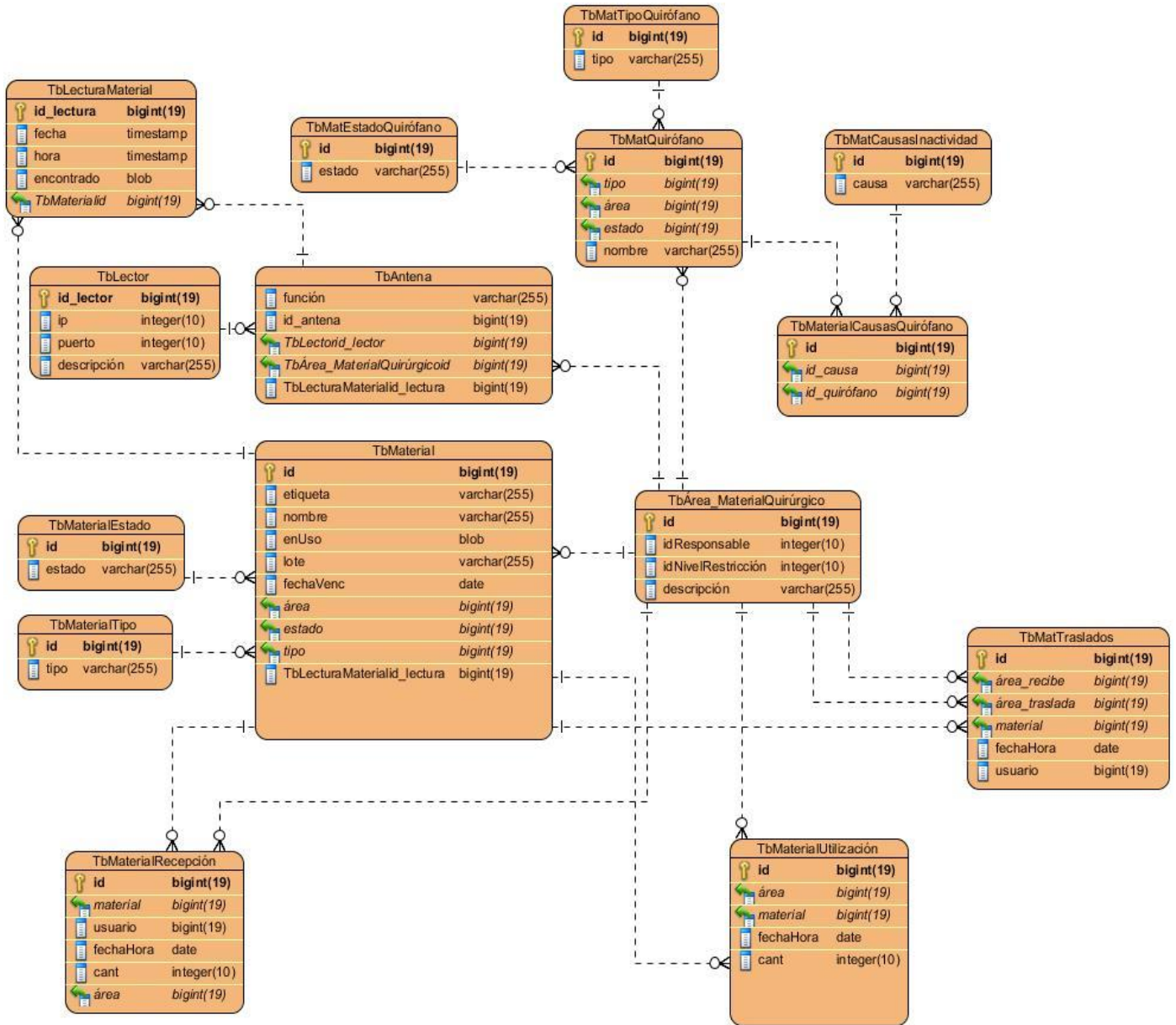


Figura 19. Modelo de datos.

Fuete: Elaboración propia.

2.8 Selección de equipos y análisis de costo

Como se describió en el capítulo anterior, un sistema RFID está compuesto por varios componentes. Cada uno tiene una función específica y la selección correcta de estos, de acuerdo a las características del negocio y los objetivos estratégicos de la organización, permitirá obtener la mayor calidad de lectura posible. En este epígrafe se proponen las etiquetas, lectores y antenas de mayor utilidad tomando como base el objetivo de esta investigación.

Para la selección de los componentes RFID que aquí se proponen se estableció una comparación entre diferentes parámetros de utilidad.

Se realizó un estudio sobre el rango de lectura necesario al que se espera identificar las etiquetas, el cual debe estar en un máximo de 10 metros de distancia entre las antenas y las etiquetas. La frecuencia de operación debe ser de campo cercano, recomendando la ultra alta frecuencia (UHF, por sus siglas en inglés) entre los rangos de 860 MHz a 960 MHz, esta frecuencia es muy difundida y utilizada en las aplicaciones de trazabilidad de productos y acceso a edificios.

Entre los equipos propuestos a usar se encuentran:

- Etiqueta Gen2 UH

Tabla 3. Etiqueta Gen2 UH.

Fuente: Elaboración propia.

Frecuencia de operación	860 MHz a 960 MHz
Protocolos	EPC Class 1 Gen2, ISO 18000-6C
Tamaño	97 mm x 15 mm
Rango de lectura	Hasta 12 m
Resistente	Agua/Polvo

Es ampliamente utilizada para aplicaciones en el seguimiento de activos. Las etiquetas de este tipo específicamente diseñadas para los instrumentos quirúrgicos presentan las siguientes características:

- a. Enteramente integrables en metal.

- b. Resistentes a condiciones extremas (temperatura=240°C, presión=2000 bar, procesos de esterilización a 134°C>2.500 ciclos, chorros de arena, vibración, químicos).

Tabla 4 .Lector Gen2 de largo alcance.

Fuente: Elaboración propia.

Frecuencia de operación	860 MHz a 960 MHz
Protocolos	EPC Class1 Gen1 y Gen2
Compatibilidad antenas	Hasta 12 dBi ¹⁵
Rango Lectura/Escritura	Hasta 15 m
Tamaño	460 x 460 x 50 mm

Es compatible con EPC, Class1, Gen1 y Gen2 y opera en la banda de UHF de 860-960 MHz. El largo alcance del lector funciona bien incluso en entornos difíciles. Los lectores de este tipo específicamente diseñados para los instrumentos quirúrgicos presentan las siguientes características:

- a. Emisor y receptor optimizado para trabajar con etiquetas metálicas.
- b. Compatibles con sistemas operativos Windows, Linux y Mac.
- c. Adaptables a ambientes extremos.

Tabla 5. Lector USB RFID UHF de escritorio.

Fuente: Elaboración propia.

Frecuencia de operación	860 MHz a 960 MHz
Protocolos	ISO18000-6B, ISO18000-6C(EPC C1G2)
Compatibilidad antenas	Hasta 10 dBi
Rango Lectura/Escritura	Hasta 200 mm
Tamaño	15 x 10 x 6.0 cm

EL lector USB RFID UHF de escritorio está diseñado para el etiquetado de paquetes o inventarios. Soporta la interfaz de USB 1.1, además no necesita una fuente de energía externa.

Tabla 6. Antena Alien Circular.

¹⁵ dBi(decibeles)

Fuente: Elaboración Propia.

Frecuencia de operación	890 MHz a 940 MHz
Polarización	Circular
Ganancia	7 dBi
Tamaño	240*240*30 mm

Utiliza la más alta tecnología de polarización circular que distribuye la energía de UHF uniformemente en una pauta radialmente simétrica, proporcionando la habilidad de leer las etiquetas a pesar de la orientación en que se encuentre.

En la siguiente tabla número 7 aparecen los diferentes precios que poseen los equipos descritos anteriormente. Se debe aclarar que el precio de estos equipos en el mercado internacional es en dólares.

Tabla 7. Precios de equipos RFID.

Fuente: Elaboración propia.

Equipos RFID	Etiqueta 115004 UHF	Lector 216010 Gen2	Antena Alien	Lector USB
Precios	\$0.66	\$980	\$295	\$252

Conclusiones parciales

La descripción y modelación de los procesos del negocio permitió entender la dinámica y relaciones de los procesos de control y seguimiento de los instrumentos quirúrgicos en las instituciones hospitalarias cubana. Esta información sirvió de base para la definición de las características funcionales de la solución propuesta.

La utilización de los patrones arquitectónicos permitió aprovechar las ventajas que estos proveen como referentes en el proceso de desarrollo de software, ayudando a simplificar el proceso de codificación, fomentando el de reutilización y permitiendo obtener una solución más robusta desde el punto de vista ingenieril.

La elaboración de los diagramas de diseños permitió comprender la estructura técnica y organizativa de la solución, aportando una base clara de lo que debía ser implementado para cubrir las necesidades identificadas en el negocio.

La selección de las etiquetas, lectores y antenas para la implantación de un sistema RFID es una tarea que incluye una revisión sistemática de las propuestas técnicas en el mercado internacional. Es necesario llevar a cabo una evaluación basado en su pertinencia, valores de adquisición y prestaciones.

CAPÍTULO 3: Implementación de la solución

En el presente capítulo se describe la etapa de implementación del sistema, teniendo en cuenta las técnicas de programación y estándares de codificación, así como el tratamiento de errores y excepciones. El propósito principal es aplicar la arquitectura concebida y descrita anteriormente para sustentar el desarrollo del sistema. También se describirá el diagrama de despliegue, el cual cuenta con los nodos que representan la composición del sistema.

3.1 Diagrama de despliegue

El diagrama de despliegue es utilizado para modelar los componentes de *hardware* utilizado en despliegue de sistemas y la relación entre ellos, es decir modela la arquitectura en tiempo de ejecución del sistema desde el punto de vista del despliegue (distribución) de los artefactos del *software*. Generalmente está representado por nodos que son los elementos de *hardware* y muestra cómo los elementos y artefactos del *software* se trazan en esos nodos. Como se observa en la figura 20.

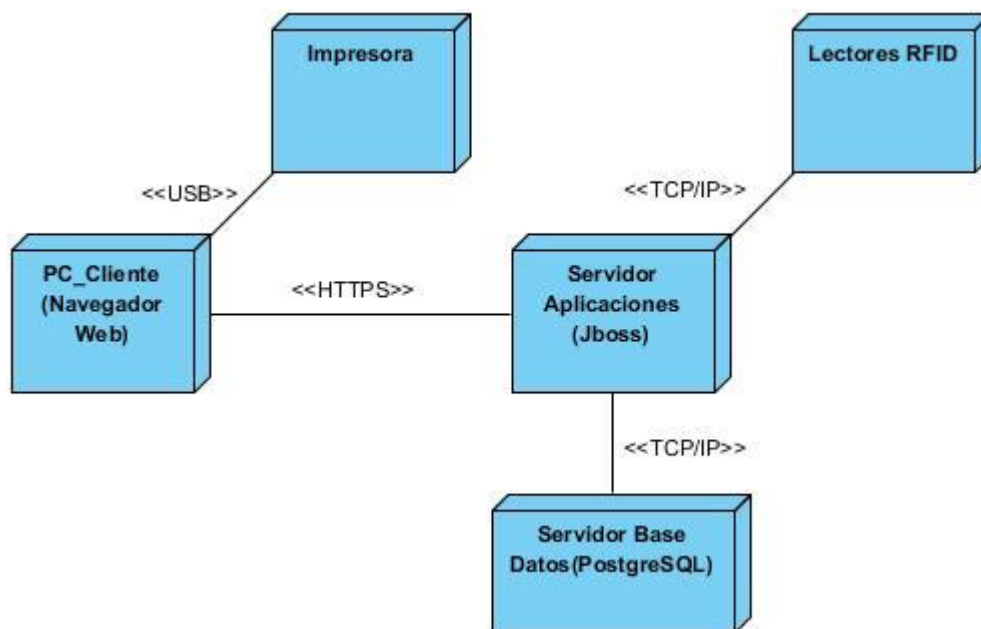


Figura 8. Diagrama de despliegue.

Fuente: Elaboración propia.

Descripción de los componentes del diagrama de despliegue:

- **Estaciones Clientes (Navegador Web):** las estaciones clientes se conectan a un servidor quien comparte la información con las estaciones clientes para que todas las computadoras puedan ver, editar y almacenar nuevos datos en una misma base de datos compartida a tiempo real.
- **Servidor Web (Apache):** servidor web apache que provee el servicio de interfaz al usuario final mediante un portal convencional, pues es el ordenador que estará como fachada a Internet, al mismo tiempo será el puente o *proxy* para entrar al *clúster* de servidor de aplicaciones que proporciona Jboss.
- **Servidor de Aplicaciones (Jboss):** servidor de Aplicaciones Jboss certificado por Sun Microsystems para el estándar JEE5, hospedará la solución integrada, proveerá de un clúster para balancear la carga de peticiones hechas por los usuarios garantizando de esta manera disponibilidad de la información mostrada.
- **Servidor de Bases de Datos (PostgreSQL):** estará el Sistema Gestor de Base de Datos con la información del sistema.
- **Lector RFID:** dispositivo encargado de crear el campo de radiofrecuencia .Envía en cada momento la información capturada de las etiquetas hacia el servidor de aplicaciones.
- **Dispositivo Impresora:** permite realizar la impresión de los reportes del sistema a través de un dispositivo conectado a las estaciones clientes de los usuarios.

3.2 Diagrama de componentes

Un diagrama de componentes permite visualizar con más facilidad la estructura general del sistema y el comportamiento del servicio que estos componentes proporcionan y utilizan a través de las interfaces, como se muestra en la figura 21.

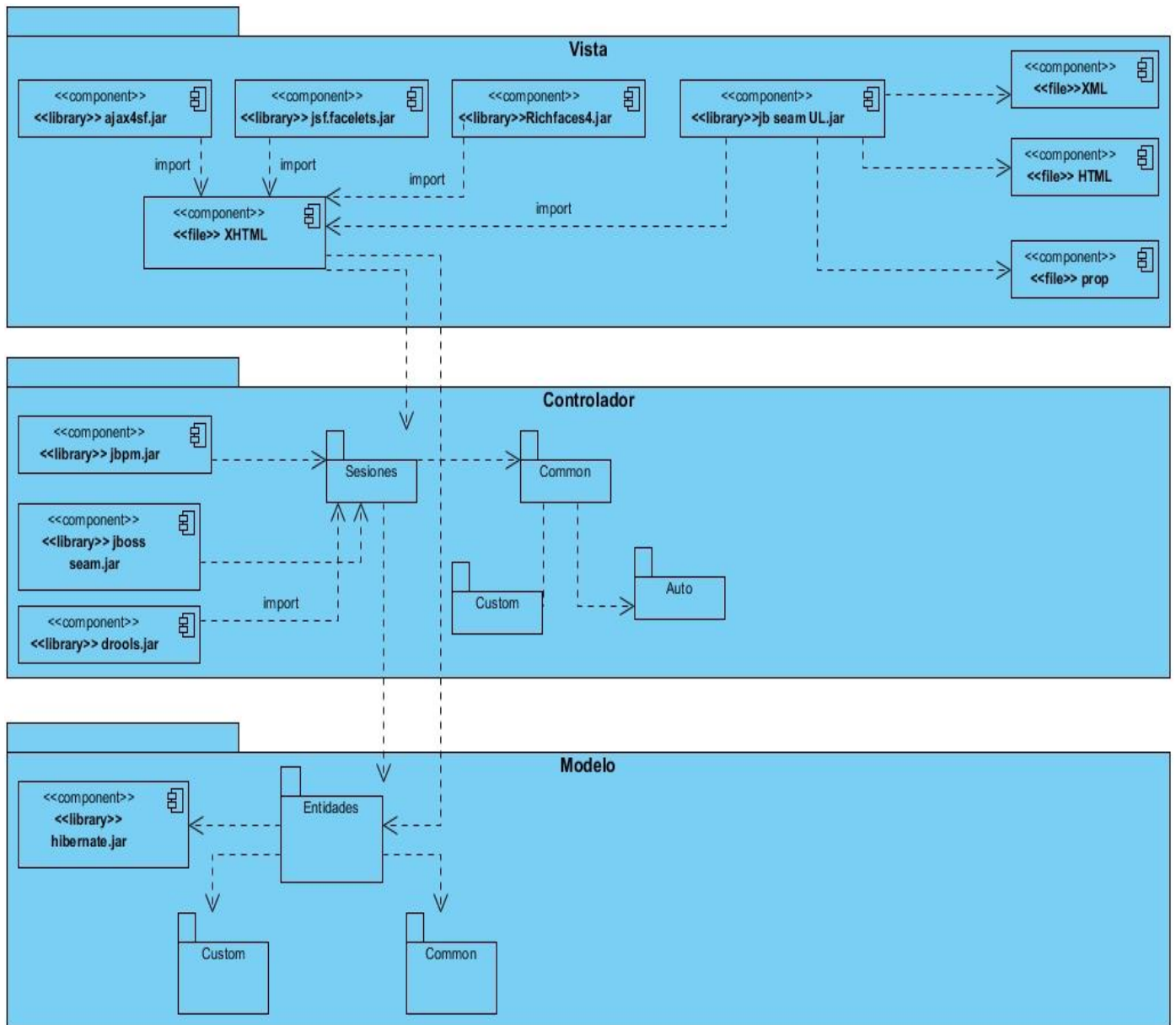


Figura 9. Diagrama de componentes.

Fuente: Elaboración propia.

3.3 Tratamiento de errores y excepciones

La presencia de errores durante el desarrollo de *software* es bastante común, pero lo importante no es cometer equivocaciones sino poder detectar los errores a tiempo, debido a que cuanto más tarde se descubran más costosos será corregirlos. El tratamiento de errores debe estar enfocado tanto a los errores que se producen a la hora de los usuarios introducir datos, como a los errores que puedan ser generados por el comportamiento incorrecto de los componentes internos.

Una excepción es un evento que ocurre durante la ejecución de un programa y detiene el flujo normal de la secuencia de instrucciones de ese programa. Las excepciones en Java están destinadas, al igual que en el resto de los lenguajes que las soportan, para la detección y corrección de errores. En java el mecanismo para la gestión de excepciones consiste en el uso de bloques *try/catch*. En el bloque *try* es en dónde se coloca las instrucciones que se prevé que generen una excepción, mientras que se colocan uno o más bloques *catch*, de tal forma que si se produce una excepción se ejecuta dicho bloque. En caso de que no se produzca ningún error en el bloque *try*, nunca se ejecutaría ningún bloque *catch*, esto se puede evidenciar en la figura 22.

```

public String AdicionarQuirofano() {
    try {
        List<TbMatQuirofano> lista=entityManager.createQuery("select m from TbMatQuirofano m where m.nombre=:este ")
            .setParameter("este",this.nombre).getResultList();

        if(lista.size()==0){
            TbMatQuirofano matQuirofano=new TbMatQuirofano();
            this.area=BuscarArea();
            this.tbMatEstadoQuirofano=BuscarEstadoQuirofano();
            entityManager.persist(matQuirofano);
            entityManager.flush();
            facesMessages.add(SeamResourceBundle.getBundle().getString("quirofanoAdd"));
            return "succeed";
        }
        else {
            facesMessages.add(SeamResourceBundle.getBundle().getString("quirofanoExist"));
            return "fail";
        }
    }

    catch (Exception e) {
        Object id = e.getClass();
        String idstr = id.toString().substring(6);
        facesMessages.addFromResourceBundle(idstr);
        return "fail";
    }
}

```

Figura 22. Ejemplo de validación. Fuente: Elaboración propia.

3.4 Mecanismos de seguridad para el componente propuesto

Para cualquier institución, el activo informático máspreciado son los datos registrados y almacenados en las computadoras, pues estos contienen de alguna manera la vida de la institución y su valor es incalculable, por esto la seguridad en la información tiene el objetivo de garantizar la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad. El componente desarrollado maneja cierta cantidad de información importante lo cual conlleva a establecer acciones para gestionar su seguridad, y son las siguientes:

- Mediante un módulo de autenticación se accederá al sistema. Solo los usuarios autorizados y que posean privilegios tendrán permiso de acceder a los datos.

- Habitualmente se realizarán copias de respaldo por parte del personal encargado para estas actividades, lo cual protegerá la información en caso de algún incidente ocasionado. Estas salvadas se deberán realizar fuera del local para mayor seguridad.
- De todas las actividades que ejecuten los usuarios registrados, el sistema realizará las trazas de estas en todo instante.
- Periódicamente se mantendrá el control sobre el mantenimiento de las tecnologías informáticas por parte del personal autorizado para estas funciones.

3.5 Vistas de las principales funcionalidades de la solución

A continuación se muestran imágenes de las principales funcionalidades del componente para tener un mejor entendimiento sobre estas funcionalidades y sus resultados.

La figura 23 muestra la interfaz correspondiente a la funcionalidad recepción externa en la cual se registran todos los datos del instrumental quirúrgico como el nombre, el tipo de material, el estado en que se encuentra el material, el número de lote, y la fecha de caducidad, se escoge el área en la cual se va registrar ese instrumental quirúrgico y se escanea en el área en busca de una etiqueta disponible para asignársela, luego se le asocian los datos del instrumental a la etiqueta para su posterior monitorización.

Recepcionar material

Recepcionar material

Nombre: Bisturi Tipo: De corte Estado: Limpio

Lote: 23 Fecha de caducidad: 29/06/2014

Escanear área

Área: Almacén Escanear

Etiqueta asignada

Etiqueta: 35539ae83bb6659b29de410b

Aceptar Cancelar

Figura 23. Funcionalidad: Recepción externa.

Fuente: Elaboración propia.

La figura 24 muestra la interfaz correspondiente a la funcionalidad de monitorización en el quirófano, en el cual al escoger un quirófano se muestra los listados de los instrumentos quirúrgicos asignados a ese quirófano, se escanea en el 'área y se muestra otro listado con los resultados de la búsqueda con RFID, mostrándose si el instrumental quirúrgico fue encontrado, no encontrado o pertenece a otra área.

Monitorización por quirófanos Q Buscar...





Quirófano

Nombre: Quirofano1

Listado de materiales quirúrgicos asignados

Nombre	Tipo	Estado	Área	Etiqueta
Bisturi	De corte	Limpio	ÁreaQuirófano1	35539ae83bb6659b29de410b
Gaza	De aspiración	Limpio	ÁreaQuirófano1	35cf1b1ba7dadd7272e2bb60
Tijera	De tracción	Limpio	ÁreaQuirófano1	35d6809f12fb4ff7974c7a27

Listado de materiales quirúrgicos encontrados

Nombre	Tipo	Estado	Área	Etiqueta	
Pinza1	de sutura	Limpio	Almacén	3587c5e5f394addf11f5837c	
Tijera	De tracción	Limpio	ÁreaQuirófano1	35d6809f12fb4ff7974c7a27	
Gaza	De aspiración	Limpio	ÁreaQuirófano1	35cf1b1ba7dadd7272e2bb60	
Bisturi	De corte	Limpio	ÁreaQuirófano1	35539ae83bb6659b29de410b	

Escanear Salir

Figura 24. Funcionalidad: Monitorización en el quirófano

Fuente: Elaboración propia.


La figura 25 muestra la interfaz correspondiente a la funcionalidad realizar inventario, que de acuerdo a un área seleccionada por el usuario muestra la cantidad de instrumentos por tipo que se le asignaron a esa área y la cantidad real que existe, al dar clic en el botón escanear se muestra un listado con los instrumentos encontrados, no encontrados y fuera del área. En el caso de no ser encontrados permite localizar en que área está realmente.


Realizar inventario por áreas Q Buscar...


Área

ÁreaQuirófano1 Buscar Cancelar

Leyenda

Pertenece a otra área 

Encontrado 

No encontrado 

Cantidad de materiales por tipo

Tipo	Cantidad asignada	Cantidad real	Diferencia
De corte	1	1	0
De aspiración	1	0	-1
De tracción	1	1	0
de sutura	0	1	1

Listado de materiales






Nombre	Tipo	Estado	Área	Etiqueta	
Pinza1	de sutura	Limpio	Almacén	3587c5e5f394addf11f5837c	
Tijera	De tracción	Limpio	ÁreaQuirófano1	35d6809f12fb4ff7974c7a27	
Gaza	De aspiración	Limpio	ÁreaQuirófano1	35cf1b1ba7dadd7272e2bb60	 
Bisturi	De corte	Limpio	ÁreaQuirófano1	35539ae83bb6659b29de410b	

Figura 25. Funcionalidad: Realizar inventario.

Fuente: Elaboración propia.

3.6 Estándar de codificación utilizado

Un estándar de codificación es una forma de "normalizar" la programación de forma tal que al trabajar en un proyecto cualquiera, las personas involucradas entiendan y pueda mantener la aplicación ya que en muy raras ocasiones una misma aplicación es mantenida por su autor original. Estos a su vez también mejoran la legibilidad del código, al mismo tiempo que permiten su compresión rápida.

A continuación se describen una serie de estrategias de codificación utilizadas en la implementación del componente propuesto de acuerdo a las políticas definidas en el Documento de Arquitectura del CESIM:

- Se debe usar siempre una línea en blanco en las siguientes circunstancias:

- a. Entre métodos.
- b. Entre las variables locales de un método y su primera sentencia.
- c. Antes de un comentario de bloque o de un comentario de una línea.
- d. Entre las distintas secciones lógicas de un método para facilitar la lectura.
- Respecto a la indentación y longitud de la línea:
 - a. Se deben emplear cuatro espacios como unidad de indentación. La construcción exacta de la indentación (espacios en blanco contra tabuladores) no se especifica. Los tabuladores deben ser exactamente cada 8 espacios.
 - b. Evitar las líneas de más de 80 caracteres, ya que no son manejadas bien por muchas terminales y herramientas.
- Respecto a las normas de inicialización, declaración y colocación de variables, constantes, clases y métodos:
 - a. Los nombres de las variables deben ser cortos pero con significado.
 - b. Los nombres de variables de un solo carácter se deben evitar, excepto para variables índices temporales.
 - c. Los nombres de las clases deben ser sustantivos, cuando son compuestos tendrán la primera letra de cada palabra que lo forma en mayúscula. Mantener los nombres de las clases simples y descriptivas. Usar palabras completas, evitar acrónimos y abreviaturas.
 - d. Los métodos deben ser verbos, cuando son compuestos tendrán la primera letra en minúscula y la primera letra de las siguientes palabras que lo forman en mayúscula.

Conclusiones parciales

La elaboración del diagrama de despliegue permitió visualizar de manera abstracta la dependencia entre los diferentes elementos que lo componen, permitiendo la identificación del tipo de conexión necesaria para un correcto funcionamiento del mismo.

El uso de estándares de codificación, el tratamiento de excepciones y la definición de los elementos básicos de seguridad proporcionaron a la solución propuesta la oportunidad de lograr un resultado con calidad técnica capaz de responder correctamente a los diferentes escenarios de utilización.

La descripción de las principales vistas del sistema facilitó la comprensión del flujo de los procesos implementados, sus entradas, salidas y relaciones.

Beneficios esperados

Los beneficios que se esperan obtener al desplegar este componente, basado en la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia, para la gestión de la trazabilidad de los instrumentos quirúrgicos son los siguientes:

- Se ampliará la seguridad y el control de los instrumentos quirúrgicos con el propósito de evitar pérdidas o robos, reducir la ocurrencia de errores humanos en los procesos de captura de la información y brindar mayor visibilidad de dichos instrumentos durante las actividades que lo involucren.
- Abrir las puertas al desarrollo de sistemas RFID en la industria del software cubana contribuyendo con el desarrollo del presente trabajo científico que aborda la utilidad y desarrollo de este tipo de soluciones.

Conclusiones

Al concluir el desarrollo de la presente investigación se pueden arribar a las siguientes conclusiones:

- El establecimiento de los presupuestos teóricos-metodológicos permitió la determinación de las generalidades, antecedentes, tendencias y regularidades del objeto de estudio y del campo de acción definidos para la presente investigación, lo cual brindó un punto de partida para la realización del componente propuesto.
- La caracterización de las diferentes tecnologías de identificación automática existentes hoy en el mercado internacional permitió conocer las ventajas y limitaciones de estas, quedando seleccionada finalmente la tecnología RFID como la alternativa de mayor valor para la resolución del problema planteado.
- Tras concluir el análisis de los diferentes sistemas, tanto en el ámbito internacional como nacional, quedó demostrado que estos no están en correspondencia con las políticas de migración a software libre de la universidad y del país ni cumplen en un grado aceptable con las necesidades identificadas en el negocio, aunque se identificaron características que sirvieron de base para la implementación de la propuesta de solución.
- Con la caracterización de los procesos de identificación, monitorización y trazabilidad de instrumentos quirúrgicos se identificaron las acciones, entradas, salidas y relaciones existentes en el negocio sirviendo de base para la obtención de las especificaciones funcionales de la solución.
- Las herramientas, tecnologías y patrones seleccionados permitieron crear un componente adaptable a diferentes entornos de trabajo. La implementación se basó en tecnologías de desarrollo libre, las cuales aseguraron la construcción de un sistema robusto y flexible.

Recomendaciones

Con el fin de darle continuidad a la presente investigación las autoras proponen la recomendación siguiente al equipo de desarrollo:

- Incorporarle otras tecnologías como el código de barras para una mayor comercialización en el mercado internacional.

Referencias bibliográficas

1. **Elaboración de guías de práctica clínica en el sistema nacional de salud.** [En línea] [Citado el: 06 de junio de 2014.]
<http://portal.guiasalud.es/emanuales/elaboracion/documentos/Manual%20metodologico%20-%20Elaboracion%20GPC%20en%20el%20SNS.pdf>.
2. [En línea] [Citado el: 05 de junio de 2014.] <http://zl.elsevier.es/es/revista/medicina-universitaria-304/errar-es-humano-90024050-editorial-2011?bd=1>.
3. **Guía de preparación de RFID de Zebra: Cumplimiento con los Mandatos de Etiquetados RFID.**
4. **Messa & Associates.** Sitio Web de Messa & Associates, P.C. [En línea] 2010. [Citado el: 11 de noviembre de 2013.] <http://www.espanol.minfirm.com>.
5. **INFODIR.** Revista de Información para la Dirección en Salud . [En línea] [Citado el: 06 de junio de 2014.] <http://www.revinfodir.sld.cu/index.php/infodir/article/view/8/12> .
6. **definición.** [En línea] [Citado el: 09 de junio de 2014.]
<http://www.definicionabc.com/general/identificacion.php>.
7. **Dipole.** [En línea] [Citado el: 09 de diciembre de 2013.] <http://www.dipolerfid.es/Trazabilidad/>.
8. **GS1.** [En línea] 2012. [Citado el: 13 de 5 de 2014.] <http://www.gs1.org.ar/documentos/TRAZABILIDAD>.
9. **Dipole Soluciones de Trazabilidad y RFID.** [En línea] [Citado el: 21 de mayo de 2014.]
<http://www.dipolerfid.es/Trazabilidad/Interna.aspx>.
10. **Dipole soluciones de Trazabilidad RFID.** [En línea] [Citado el: 21 de mayo de 2014.]
<http://www.dipolerfid.es/Trazabilidad/Externa.aspx>.
11. **Cepeda, Ricardo Pinzón.** [En línea] [Citado el: 08 de diciembre de 2013.]
<http://es.scribd.com/doc/46013524/2010-Pinzon-Trazabilidad>.
12. **Scielo.** [En línea] [Citado el: 08 de junio de 2014.] http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-48212011000300004&script=sci_arttext.
13. **Gestión y trazabilidad del instrumental quirúrgico.** [En línea] 2011. [Citado el: 18 de 5 de 2014.]
<http://www.trazins.com/es/La-seguridad-del-paciente/>.
14. **TecnoGrabados. Grabación del instrumental.** [En línea] 2014. [Citado el: 12 de 5 de 2014.]
<http://www.tecnograbados.cl/noticias/soluciones-integrales-en-grabacion/>.
15. [En línea] [Citado el: 07 de junio de 2014.] <http://espanol.rfidjournal.com/preguntas-frecuentes>.
16. **Idautomatica.** [En línea] [Citado el: 06 de junio de 2014.] <http://www.idautomatica.com/informacion-tecnica/codigo-de-barras.php>.

17. **Gs1, El lenguaje global de los sectores.** [En línea] [Citado el: 07 de junio de 2014.] <http://www.gs1py.org/quees.html>.
18. **Gs1gt.** [En línea] [Citado el: 08 de junio de 2014.] http://www.gs1gt.org/servicios/publicaciones/boletin_gs1_128.html.
19. **Gs1ec.** [En línea] [Citado el: 08 de junio de 2014.] http://gs1ec.org/contenido/index.php?option=com_content&view=article&id=38&Itemid=41.
20. **Gs1cr.** [En línea] [Citado el: 08 de junio de 2014.] www.gs1cr.org/index.php/datamatrix.
21. **García, Javier I. Portillo.** Informe Vigilancia Tecnológica.
22. [En línea] [Citado el: 05 de junio de 2014.] http://www.totalcopier.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=57&Itemid=82.
23. [En línea] [Citado el: 05 de junio de 2014.] . http://www.htk-rfid.com/productos_rfid/rfid_vs_codigo_de_barras.html.
24. **Seton.** [En línea] [Citado el: 05 de junio de 2014.] <http://www.seton.es/etiquetas-codigo-barras-etiquetas-codigo-barras.html> .
25. **Technology evaluation Centers.** [En línea] [Citado el: 08 de junio de 2014.] <http://www.technologyevaluation.com/es/research/article/Como-inspeccionar-el-lugar-donde-se-hara-una-instalacion-de-RFID.html>.
26. **Terceras jornadas.** [En línea] [Citado el: 08 de diciembre de 2013.] <http://www.ctcl.es/site/documentos/tercerasjornadas/posters/AT3-5l.pdf>.
27. **Slideshare.** [En línea] [Citado el: 09 de agosto de 2013.] <http://www.slideshare.net/guestb404f6/rfid-hospitales-control-de-instrumentos-quirrgicos>.
28. **MBA** Grupo Trazabilidad de productos médico-sanitarios con RFID.
29. **Smart Futura.** [En línea] [Citado el: 08 de junio de 2014.] <http://www.smartfutura.es/antbuspre.asp?cod=1954&nombre=1954&nodo=&orden=Verdadero&sesion=1>.
30. **UI Develoment with JaveServer Faces.** [En línea] [Citado el: 21 de febrero de 2014.] <http://www.itk.ilstu.edu/faculty/bllim/itk353/j-jsf-ltr.pdf>.
31. **www.sicuma.uma.es.** *Tutorial de JSF.* pág. 5.
32. **Hookom, Jacob.** JSF Central tm. Inside Facelets Part 1: An Introduction. [En línea] [Citado el: 21 de febrero de 2014.] http://www.jsfcentral.com/articles/facelets_1.html.
33. **Krishna Srinivasan.** *Introduction to Ajax4JSF.* [En línea] [Citado el: 21 de febrero de 2014.] <http://java.dzone.com/articles/do-not-publish-introduction-aj>.
34. **Seamframework.** [En línea] 2009. [Citado el: 4 de febrero de 2013.] <http://seamframework.org>.

35. **Junta de Andalucía.** “Enterprise JavaBeans 3”. *Marco de Desarrollo de la Junta de Andalucía*. [En línea] 2012. [Citado el: 21 de febrero de 2014.]
<http://www.juntadeandalucia.es/servicios/madeja/contenido/recurso/95>.
36. **librosweb.** [En línea] [Citado el: 24 de febrero de 2014.]
http://www.librosweb.es/xhtml/capitulo_1/html_y_xhtml.html.
37. **JBoss Community. Hibernate.** [En línea] [Citado el: 24 de febrero de 2014.] <http://www.hibernate.org>.
38. **Webtaller.** [En línea] [Citado el: 21 de febrero de 2014.]
<http://www.webtaller.com/construccion/lenguajes/html/lecciones/que-es-xhtml.php>.
39. **Tutorial de UML.** [En línea] [Citado el: 24 de febrero de 2014.]
<http://users.dcc.uchile.cl/~psalinas/uml/introduccion.html>.
40. **Fernández, Natacha González.** Slideshare. [En línea] [Citado el: 24 de febrero de 2014.]
http://www.slideshare.net/rendonddc/el-modelo-cmmi?qid=be9952fc-7486-4f75-8ea7-6b97d8dbb542&v=default&b=&from_search=14.
41. **Slideshare.** [En línea] [Citado el: 24 de febrero de 2014.] <http://www.slideshare.net/gugarte/bpmn-estandar-para-modelamiento-de-procesos-presentation>.
42. **Jatun.** [En línea] [Citado el: 25 de enero de 2014.]
<http://www.jatun.com/web/company/training/javaee5>.
43. **Slideshare.** [En línea] [Citado el: 28 de 01 de 2014.] <http://www.slideshare.net/ikercanarias/jboss-11467757>.
44. **Martínez, Rafael.** PostgreSQL-es. [En línea] [Citado el: 26 de febrero de 2014.]
http://www.postgresql.org.es/sobre_postgresql.
45. **Rifidi Prototyper.** [En línea] [Citado el: 26 de febrero de 2014.] <http://rifidi-prototyper.software.informer.com/1.0b/>.
46. **RIFIDI.** [En línea] [Citado el: 2014 de junio de 2014.] <http://www.rifidi.org>.
47. **Herrera, Cristhian.** Autentia. [En línea] [Citado el: 26 de febrero de 2014.]
<http://www.adictosaltrabajo.com/tutoriales/tutoriales.php?pagina=ireport>.
48. **Noriega, Juan.** [En línea] 22 de marzo de 2010. [Citado el: 26 de febrero de 2014.]
<http://noriegatic.blogspot.com/2010/03/postgre-sql.html>.
49. **Sommerville, Ian.** Entorno Virtual de Aprendizaje. [En línea] [Citado el: 26 de marzo de 2014.]
http://eva2.uci.cu/pluginfile.php/1834/mod_folder/content/0/Sommerville%207ma%20Edicion/Sommerville_Parte_II_Requerimientos.pdf?forcedownload=1.

50. **Bouzo navarro, Yisel y García Pérez, Alejandro.** Componente para el control de acceso y activos fijos en el Sistema de información Hospitalaria xavia HIS, utilizando la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia. La Habana : s.n., 2013.
51. **Camacho, Erika, Cardeso, Fabio y Nuñez, Gabriel.** Entorno Virtual de Aprendizaje. [En línea] abril de 2004. [Citado el: 23 de enero de 2014.] http://eva.uci.cu/file.php/158/Documentos/Recursos_bibliograficos/Libros_y_articulos_UD_1/Arquitectura_de_Software/Arquitecturas_de_software._Guias_de_estudio.pdf.
52. **Intituto Tecnológico de Colima.** [En línea] Departamento de Sistemas y Computación. [Citado el: 27 de 01 de 2014.] http://labredes.itcolima.edu.mx/fundamentosbd/sd_u1_6.htm.
53. **Source making.** [En línea] [Citado el: 26 de marzo de 14.] <http://sourcemaking.com/patr%C3%B3n-de-dise%C3%B1o>.
54. **Ejemplos tiw.** [En línea] [Citado el: 26 de marzo de 14.] <http://www.lab.inf.uc3m.es/~a0080802/RAI/mvc.html>.
55. **Olivares Rojas, Juan Carlos.** Entorno Virtual de Aprendizaje. [En línea] [Citado el: 27 de enero de 2014.] http://eva.uci.cu/file.php/158/Documentos/Recursos_bibliograficos/Libros_y_articulos_UD_1/Diseño_de_software/Patrones_de_Diseño_Art._2.pdf.
56. **Departamento de Sistemas y Computación.** Instituto Tecnológico de Colima. [En línea] [Citado el: 26 de marzo de 2014.] http://labredes.itcolima.edu.mx/fundamentosbd/sd_u2_1.htm.

Bibliografía

1. **Álvarez, Sara.** Desarrollo web.com. [En línea] 30 de agosto de 2007. <http://www.desarrolloweb.com/articulos/arquitectura-cliente-servidor.html>.
2. **Becerril C., Francisco.** *Java a su alcance*. México: Litográfica Ingramex, 1998. 736.
3. **Blanco, Javier.** Casos de éxito EPC /RFID en el sector hospitalario [En línea] <http://www.aecoc.es>.
4. **Camacho, Erika, Cardeso, Fabio y Nuñez, Gabriel.** Entorno Virtual de Aprendizaje. [En línea] abril de 2004.
5. **Estándares GS1.** Un conjunto de soluciones con mirada al futuro. [En línea] [Citado el: 17 de marzo de 2014.] <http://www.gs1.org.ar>
6. **EVA.** Entorno Virtual de Aprendizaje. [En línea] [Citado el: 17 de marzo de 2014.] http://eva.uci.cu/file.php/180/2._Clases/Tema_1/Materiales_basicos/4.Patrones_de_diseno_de_BD.pdf.
7. **Guía GS1 de Implementación de trazabilidad de medicamentos para centros asistenciales.** Septiembre 2013, Versión 1[En línea] <http://www.gs1.org.ar>
8. **Hernández León, Rolando Alfredo y Coello González, Sayda.** *EL PROCESO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA*. La Habana: Editorial Universitaria del Ministerio de Educación Superior, 2011. 978-959-16-1307-3.
9. **Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar.** *Metodología de la investigación*. México: Interamericana editores S.A, 2006. 970-10-5753-8.
10. **JBoss Community.** Hibernate. [En línea] [Citado el: 28 de 1 de 2013.] <http://www.hibernate.org>.
11. **JBoss Server Manager Reference Guide.** Red Hat. [En línea] 2008. [Citado el: 19 de 1 de 2013.] <http://www.jboss.org/jbossas/docs>.
12. **Larman, Craig.** UML Y PATRONES. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos. [En línea] 1999.http://eva.uci.cu/file.php/158/Documentos/Bibliografia_general/Textos_Basicos/UML_y_Patrones/00_Presentacion_y_contenido.pdf. 970-17-0261-1.
13. **López, Ángel.** *JAVA, la programación del futuro*. Buenos Aires: MP Ediciones S.A, 1997. 987-9131-38-X.

14. **Manual alas HIS BQ.** Alas HIS Sistema de Gestión Hospitalaria [En línea] abril de 2010.
15. **Manual for iReport.** [En línea] 2013. [Citado el: 18 de febrero de 2013.] <http://ireport.sourceforge.net/manual0.2.0.html#1.0>.
16. **MATO GARCIA, ROSA MARIA.** Entorno Virtual de Aprendizaje. [En línea] octubre de 1999. http://eva.uci.cu/file.php/158/Documentos/Recursos_bibliograficos/Libros_y_articulos_UD_1/Arquitectura_de_Software/Arquitecturas_de_software._Guias_de_estudio.pdf.
17. **pgAdmin3.** [En línea] [Citado el: 9 de 5 de 2013.] <http://www.arpug.com.ar/trac/wiki/PgAdmin>.
18. **Portillo García, Javier I.** Tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID): aplicaciones en el ámbito de la salud. Madrid: Fundación Madrid Conocimiento Velázquez, 76. E-28001.
19. **PostgreSQL-es.** Sobre PostgreSQL. [En línea] 2010. [Citado el: 9 de 5 de 2013.] http://www.postgresql-es.org/sobre_postgresql.
20. **Pressman, Roger S.** Ingeniería de Software 7ma edición. 2010. 978-0-07-337597-7.
21. **Productos RFID.** [En línea] [Citado el: 15 de 10 de 2012.] <http://www.dipolerfid.es/Productos/Lectores-RFID/Default.aspx>.
22. **Rifidi Prototyper.** [En línea] [Citado el: 9 de 5 de 2013.] <http://rifidi-prototyper.software.informer.com/1.0b/>.
23. **Rumbaugh, James, Jacobson, Ivar y Booch, Grady.** El Lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia. California: s.n., 1998.
24. **Schmuller, Joseph.** Entorno Virtual de Aprendizaje. [En línea] 2000. http://eva.uci.cu/file.php/158/Documentos/Recursos_bibliograficos/Libros_y_articulos_UD_1/Diseno_de_software/Aprendiendo_UML_en_24_Horas/00_Presentacion_y_contenido.pdf. 968-444-463-X.
25. **SOMERVILLE, Ian.** Ingeniería de Software 7ma edición. [En línea] 2005. [Citado el: 15 de febrero de 2013.] <http://books.google.com.cu/>
26. **Tarjetas inteligentes.** [En línea] [Citado el: 25 de 5 de 2013.] www.dhellas.com/cards.html.
27. **Vega Cutiño, Ruth.** Conceptos básicos de Seguridad Informática. Habana, febrero del 2012.
28. **Visual Paradigm.** [En línea] [Citado el: 9 de 5 de 2013.] <http://www.visual-paradigm.com/product/vpuml>.

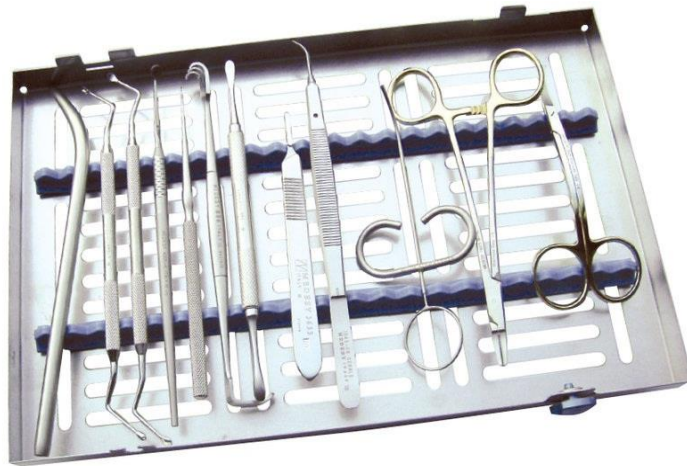
Anexos



Anexo 1. Tipos de instrumental quirúrgico. Tipos de escalpelo.



Anexo 2. Tipos de instrumental quirúrgico. A) Bisturí, B) Tijeras, C) Pinzas de disección, D) Agujas de disección.



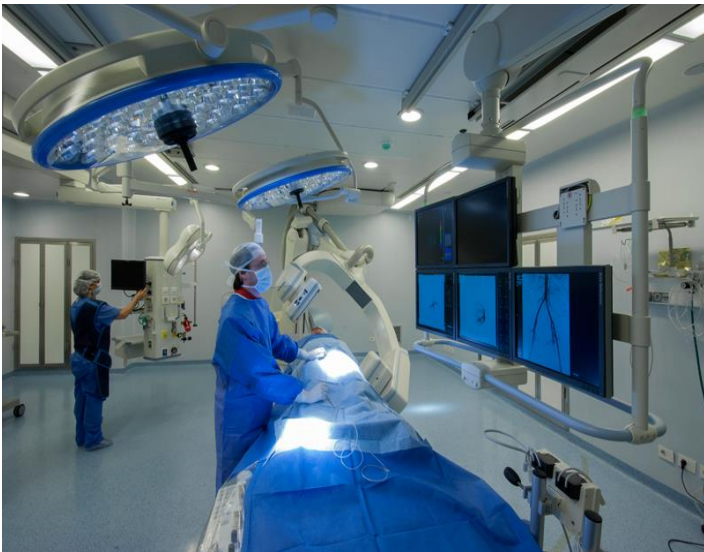
Anexo 3.Kit de instrumentos quirúrgicos.



Anexo 4.Stock de instrumentos quirúrgicos.



Anexo 5.Montaje del instrumental en una mesa dentro de un quirófano.



Anexo 6.Tipos de quirófanos actuales.



Anexo 7. Tipo de Autoclave de esterilización.



Anexo 7. Interfaz principal.