



Centro de Cibernética Aplicada a la Medicina

Maestría Informática en la Salud

**Modelo para la evaluación previa a la adopción de la  
tecnología de Identificación por Radio Frecuencia  
(RFID) en el sector de la salud.**

Tesis presentada en opción al título de Máster en  
Informática en Salud.

**Autor:** Ing. Dismey Saavedra López

**Tutor:** Dr. Maikel Yelandi Leyva Vázquez

La Habana, 2015

“Año 57 de la revolución”

*"Si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo."*

*Albert Einstein*

## *Agradecimientos y Dedicatoria*

*Dedico el presente trabajo a mi papá, donde quiera que esté sé que está orgulloso de este logro porque fue uno de los siempre confió en mí en este aspecto. La vida no me dejó disfrutar con este logro pero es especialmente dedicado a él.*

*A mi mamá Vivian, esa persona maravillosa que me crio sin mirar atrás y sin pensar en nada. Los quiero mucho, gracias por estar en mi vida porque sin ustedes no hubiera llegado hasta aquí.*

*Agradezco a todas las personas que confiaron en mí y siempre me dijeron que si podía. En especial quiero agradecerle a mi tutor Maikeel Yelandy porque sin su apoyo incondicional a toda hora, esto no hubiese sido posible.*

*A mi esposo porque ha estado a mi lado.*

*A todos mis amigos y familia que de una forma u otra me apoyaron.*

# *Declaración jurada de Auditoría*

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA**

Declaro ser autora de la presente tesis y reconozco al **Centro de Cibernética Aplicada a la Medicina** todos los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_.

**Ing. Dismey Saavedra López**

\_\_\_\_\_

Firma del Autor

**Dr. Maikel Yelandi Leyva Vázquez**

\_\_\_\_\_

Firma del Tutor

### **RESUMEN.**

La tecnología de Identificación por Radio Frecuencia (RFID), es un sistema que permite la identificación única de un objeto mediante la transmisión y recepción remota de datos a través de ondas de radio, para el almacenamiento y recuperación de la información utilizando una antena emisora y un transmisor conocido como etiqueta. En el país persisten un conjunto de dificultades que limitan su utilización en la ayuda a la toma de decisiones relacionadas fundamentalmente con la ausencia de la tecnología puesto que no existe un modelo para la prueba de la eficacia de la misma. El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un modelo para la evaluación previo a la adopción de la tecnología de identificación por radio frecuencia en el sector de la salud. Su realización posibilita aumentar la eficacia y efectividad en la toma de decisiones en la implantación de la tecnología RFID en la salud mediante modelos matemáticos que contribuyen a la misma.

# *Índice de Figuras y Tablas*

## **Índice general**

1.1	Tecnologías de identificación automática.....	5
1.2	Identificación por Radiofrecuencia (RFID).....	6
1.2.1	Antecedentes .....	7
1.2.2	Componentes de la tecnología RFID.....	7
1.2.3	Principio de funcionamiento de la tecnología.....	16
1.2.4	Seguridad y encriptación de los datos RFID.....	17
1.2.5	Criptografía de la clave secreta o simétrica. ....	17
1.2.6	Criptografía de la clave pública o asimétrica. ....	18
1.3	Aplicaciones de la tecnología RFID en el sector de la salud. ....	18
1.3.1	Casos de estudios aplicando la tecnología de Identificación por Radio Frecuencia en el sector de la salud en diferentes países. ....	20
1.3.2	Resumen de aplicaciones de RFID en la salud.....	23
1.4	Normas ISO (International Organization for Standardization por sus siglas en inglés) para el uso de la tecnología RFID .....	25
1.5	Análisis de los métodos e evaluación .....	25
1.6	Operadores de agregación. ....	28
Capítulo 2.	Modelo Propuesto.....	32
2.1	Características del modelo propuesto. ....	32
2.3	Estructura del proceso.....	36
2.3.1	Selección de criterios.....	36
2.3.2	Obtención de la información. ....	38
2.3.3	Normalización de los valores. ....	39
2.3.4	Determinación de los vectores de peso. ....	41
2.3.5	Agregación de la información.....	43
Capítulo 3.	Evaluación de la propuesta. ....	45
3.1	Estudio de caso. ....	45
3.2	Validación estática mediante la Técnica Iadov.....	48
ANEXO 1.	ENCUESTA PARA APLICACIÓN DEL MÉTODO IADOV .....	57

# *Índice de Figuras y Tablas*

## **Índice de figuras**

Figura 1. Funcionamiento de la tecnología Identificación por radiofrecuencia (RFID). .....	6
Figura 2. Esquema de un tag de RFID. ....	9
Figura 3. Ejemplos de etiquetas semi- pasivas de RFID. ....	9
Figura 4. Ejemplos de etiquetas pasivas de RFID. ....	10
Figura 5. Ejemplos de etiquetas activas de RFID. ....	10
Figura 6. Esquema de un lector de RFID. Fuente: (IDEM) .....	14
Figura 7. Lectores fijo de RFID. ....	14
Figura 8. Lectores portátiles de RFID. ....	14
Figura 9. Tipos de antenas de baja frecuencia. De pie: antenas de puerta; en el suelo: antenas de varilla. ....	15
Figura 10. Esquema de funcionamiento de un sistema RFID. ....	17
Figura 11. Técnicas de evaluación de proyectos. ....	26
Figura 12. Vista estática del modelo. ....	33
Figura 13. Actividades del flujo de RFID-EVAL. ....	34
Figura 14. Representación gráfica de la actividad Determinar Criterios y Expertos. ....	37
Figura 15. Representación gráfica de la actividad obtención de la información. ....	39
Figura 16. Representación gráfica de la actividad Normalización de los valores. ....	40
Figura 17. Representación gráfica de la actividad. ....	41
Figura 18. Representación gráfica de la actividad Agregación de la Información. ....	43

## **Índice de tablas**

Tabla 1. Rangos de frecuencia que utiliza RFID. ....	12
Tabla 2. Evolución de las aplicaciones presentes y futuras en el sector de la salud. ....	23
Tabla 3. Valoración de los criterios de expertos. ....	45
Tabla 4. Valoración de cada requisito para lograr una obtención de la información. ....	46
Tabla 5. Valores del vector $V$ . ....	47
Tabla 6. Agregación de la información según los criterios. ....	47
Tabla 7. Cuadro lógico de ladov. ....	48
Tabla 8. Satisfacción individual. ....	49
Tabla 9. Escala numérica para el ISG. ....	50

## **Introducción.**

En las últimas décadas, el mundo ha sido conmovido por un masivo desarrollo científico y tecnológico. Las invenciones tecnológicas de una y otra manera han mejorado la calidad de vida de muchos países; pero lo más importante es que junto con este desarrollo tecnológico se ha cambiado la mentalidad de millones de personas, ahora con una nueva visión del mundo, ya no de acaparar ideas y conocimientos, sino de compartirlos y realizarlos (1).

El desarrollo tecnológico ha demostrado las infinitas posibilidades que se abren al avanzar en este campo. Curiosamente estos avances demuestran que en la sociedad compartir lo poco que se tiene es la mejor forma de obtener beneficio, conocimiento y desarrollo en forma abundante. Diferentes disciplinas científicas tuvieron un impacto directo en ello, pero sin dudas una de las que más influencia ha tenido y tiene, es la Informática; la cual creó un nuevo nivel en el manejo de las tecnologías de la información, como elemento fundamental para la superación y desarrollo de un país. Es por ello que los países basan su crecimiento en la aplicación y la programación estratégica de las herramientas computacionales y han definido políticas que los inducirán a su permanencia en el dinamismo mundial de los próximos años.

Cuba ha impulsado la informatización de la sociedad como uno de los programas más importantes del país (2, 3). Este proceso lo ha logrado mediante la utilización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), las cuales en un proceso acelerado de convergencia penetran diversos ámbitos de la vida humana: el trabajo, la escuela, el hogar, la distracción y la salud, entre otros (4). Son esferas en que las TIC desempeñan cada día un mayor rol y es por ello que se aprecia su inserción en todos los procesos cotidianos, encontrándose fuertemente vinculadas a los cambios económicos, políticos y sociales de nuestra época (5-7).

La salud es uno de los campos que más necesita ser informatizado debido a la repercusión o consecuencias de los errores que se pueden cometer por el personal humano. Teniendo en cuenta que todos los procedimientos que se le realizan al paciente implican una verificación de su identidad, algunas entidades hospitalarias han asumido soluciones como es el brazalete con el código de barra, lo cual contribuye a



## *Introducción*

disminuir el riesgo de un error médico, pero aún no abarca todo el espectro posible de riesgos identificados (8). Por otro lado la identificación de los visitantes y acompañantes de los pacientes en el hospital es de vital importancia para garantizar la seguridad y privacidad de los mismos, así como detectar cuando un visitante lleva más tiempo en el hospital de lo permitido y controlar el acceso a las áreas restringidas del entorno sanitario.

En Cuba el proceso de identificación de pacientes en las entidades sanitarias no se encuentra automatizado, realizándose su admisión en enormes libros de registros de pacientes que a su vez se le asigna la cama en una determinada sala según la patología y a partir de ese momento todos los servicios clínicos y tratamientos médicos son identificados fundamentalmente por la cama del paciente, lo que puede traer consigo errores humanos.

En la actualidad existen tecnologías que evitan estos errores humanos y agilizan el trabajo con mayor seguridad y eficacia, entre ella se encuentra la tecnología de Identificación por Radio Frecuencia (RFID por sus siglas en inglés) (9), siendo esta una tecnología que permite la captura automática de datos identificando objetos mediante el uso de ondas de radio frecuencia sin necesidad del contacto directo y visual.

Actualmente en Cuba existen riesgos en la adopción de dicha tecnología debido a la falta de información y de un modelo para la evaluación previo a la adopción de la misma. También, influye el costo de dicha tecnología pues es cara para adquirirla.

Por todo lo anteriormente planteado surge como **problema de la investigación**: ¿Cómo contribuir a la adopción eficaz de los procesos de identificación, monitorización y trazabilidad en el sector sanitario en Cuba?

El **objeto de estudio** sobre el que se enfoca la investigación con vistas a la solución del problema planteado es: el estudio de la tecnología RFID, específicamente en los procesos de identificación, monitorización y trazabilidad de objetos o personas mediante RFID.

Con el propósito de brindarle una solución efectiva al problema se plantea como **objetivo general de la investigación**: desarrollar un modelo para la evaluación previo

# *Introducción*

a la adopción de la tecnología de identificación por radio frecuencia en el sector de la salud.

## **Objetivos específicos:**

- ✓ Elaborar el marco teórico conceptual relacionado con los aspectos teóricos que sustentan la investigación.
- ✓ Desarrollar un modelo evaluación previa a la adopción de la tecnología RFID para el sector sanitario en Cuba.
- ✓ Validar la metodología propuesta a través de los métodos definidos en la investigación.

## **Hipótesis de la investigación:**

La realización de un modelo para la evaluación previa a la adopción de la tecnología RFID en el sector de la salud, permitirá una toma de decisión certera con respecto a su implantación lo cual contribuirá a la mejora de la eficacia en los procesos de identificación, monitorización y trazabilidad de objetos o personas el sector sanitario en Cuba.

En la investigación se destaca la utilización de los siguientes **métodos de trabajo científico:**

**Métodos teóricos.** Se emplea el método **histórico lógico** para el estudio crítico de los trabajos anteriores y utilizar estos como puntos de referencia y comparación de los resultados alcanzados; la **modelación** contribuye al desarrollo del modelo de análisis de factibilidad y su evaluación, el método **analítico sintético** al descomponer el problema de investigación en elementos por separado y profundizar en el estudio de cada uno de ellos, para luego sintetizarlos en la solución propuesta.

**Métodos empíricos.** En la validación del modelo propuesto se utiliza el método Estudio de Casos para evaluar aplicabilidad del modelo propuesto. La técnica ladov para validar y obtener retroalimentación de los usuarios sobre el nivel de satisfacción con la eficacia lograda por el modelo.

## **Estructuración por capítulos.**

El documento se encuentra estructurado de la siguiente manera:

### **Capítulo 1.** Fundamentación teórica de la investigación.

En este capítulo se precisan un conjunto de elementos que conforman la fundamentación teórica de la investigación. Se abordan elementos asociados al dominio del problema planteado para su mejor comprensión.

### **Capítulo 2.** Modelo propuesto.

Se presenta un modelo para la evaluación previa a la implantación de la tecnología RFID en instituciones de salud. Se describen las características del modelo y su estructura general, así como una descripción de los procesos y actividades por cada fase.

### **Capítulo 3.** Evaluación de la propuesta.

En este capítulo se aplica un estudio de caso para demostrar la aplicabilidad del modelo. Adicionalmente se emplea la técnica IADOV con el objetivo de conocer el estado de satisfacción de los usuarios y obtener retroalimentación sobre la eficacia del modelo.

Finalmente se presentan las **Conclusiones y Recomendaciones** derivadas de la investigación, las **Referencias Bibliográficas**, así como los **Anexos** que apoyan la comprensión y dan información adicional sobre el trabajo realizado.

# *Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación*

## **Capítulo 1. Fundamentación teórica de la investigación.**

A lo largo de la historia se ha notado una mejora sustancial y creciente en todos los procesos desarrollados por los seres humanos, el desarrollo de los mismos conllevan a mejoras en la calidad de vida y la optimización del tiempo, lo cual desencadena una serie de acciones reflejadas en el progreso de la tecnológica y desarrollo cualitativo y cuantitativo en todos los campos de producción humana. En la actualidad, el mundo de la informática ha dado pasos gigantes en el desarrollo de la tecnología automática para la identificación y recuperación de datos.

### **1.1 Tecnologías de identificación automática.**

El punto de partida en cualquier proyecto de trazabilidad, es la identificación unívoca de cada unidad. Para ello es necesario agregar a cada unidad de producto un dispositivo identificador. Actualmente existen varias tecnologías de identificación automática entre las que se encuentran, Código de Barras, Sistemas Biométricos, Tarjetas Inteligentes e Identificación por Radiofrecuencia (RFID) (10), siendo esta última la más usada actualmente por sus características.

Con el desarrollo de las tecnologías de comunicación los procedimientos de identificación automática de objetos o personas se han hecho muy populares en el sector sanitario debido a la necesidad de obtener información ágil acerca de personas, bienes, productos, etc. La tecnología de código de barras representa un método simple y fácil para codificación de información de texto que puede ser leída por dispositivos ópticos, los cuales envían dicha información a una computadora como si la misma hubiese sido tecleada; en dicha tecnología la información que se encuentra impresa en el Código de Barras es fija y no se puede modificar, y requiere del contacto físico y visual, por lo que ha ido quedando obsoleta en muchos casos debido a las necesidades específicas de las aplicaciones actuales (11).

Los sistemas biométricos (12) aportan una gran versatilidad en la identificación pero precisan del manejo de información privada del individuo, por tal motivo, es usado solamente en entornos donde no sea necesario un nivel de seguridad extremo. Las

# Capítulo 1: *Fundamentación teórica de la investigación*

tarjetas inteligentes no contienen baterías, siendo lector por contacto eléctrico que es el que suministra la energía necesaria para su funcionamiento, lo cual implica una deficiencia (13).

Todas las tecnologías antes mencionadas presentan inconvenientes y con el objetivo de perfeccionar y buscar soluciones surge la tecnología de Identificación por Radio Frecuencia, la cual elimina la línea visual o el contacto directo requerido anteriormente. Esta se encuentra en constante evolución y desarrollo en su perfeccionamiento y ampliación de sus utilidades.

## 1.2 Identificación por Radiofrecuencia (RFID).

La tecnología de Identificación por Radio Frecuencia ha incitado a varios proveedores de diferentes campos a su uso; todo debido a sus grandes logros en las distintas áreas donde ha sido implantada. Los primeros en ella aseguran que conducirá a eficiencias sin precedentes en todos los campos donde se aplique. Posee gran cantidad de aplicaciones y ámbitos de uso que hacen de ella una de las de mayor potencial en un futuro no muy lejano.

Es un sistema que permite la identificación única de un objeto mediante la transmisión y recepción remota de datos a través de ondas de radio, para el almacenamiento y recuperación de la información utilizando una antena emisora y un trasmisor conocido como etiqueta. **(Ver figura 1)** (14).



**Figura 1.** Funcionamiento de la tecnología Identificación por radiofrecuencia (RFID).

# *Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación*

## **1.2.1 Antecedentes.**

Durante la Segunda Guerra Mundial en 1940, los militares estadounidenses utilizaban un sistema de identificación por frecuencias de radio para el reconocimiento e identificación a distancia de los aviones: “Friend or Foe” (amigo o enemigo). Acabada la guerra, los científicos e ingenieros continuaron sus investigaciones sobre estos temas. En octubre de 1948, Harry Stockman publicó un artículo en los Proceedings of the IRE titulado “Comunicaciones por medio de la energía reflejada”, que se puede considerar como la investigación más cercana al nacimiento de RFID(15).

A partir de ese momento, el desarrollo de la tecnología ha sido lento pero constante, siendo sin duda, una de las tecnologías de comunicación que ha experimentado un crecimiento más acelerado y sostenido en los últimos tiempos.

La medicina no ha sido un campo ajeno a esta evolución, y en la actualidad existe ya una cierta actividad en la aplicación de la tecnología RFID en el ámbito de la salud. Últimamente parece que la sanidad está atrayendo gran interés por parte del mercado con relación a ella. Un informe reciente de IDTechEx prevé un crecimiento del mercado en sanidad desde los 90 millones de dólares en 2006 a más de 1000 millones en 2011 y 2.1 billones en 2016 (16).

## **1.2.2 Componentes de la tecnología RFID.**

Existe una gran diversidad de sistemas RFID, los cuales pueden satisfacer un amplio abanico de aplicaciones para los que pueden ser utilizados. Sin embargo, a pesar de que los aspectos tecnológicos pueden variar, todos se basan en el mismo principio de funcionamiento el cual se compone de 4 elementos fundamentales: etiqueta, lector, antena, ordenador (middleware).

Una **etiqueta**, también llamada **tag o transpondedor** (transmisor y receptor), consiste en un pequeño circuito con una mini antena capaz de transmitir un número de serie único hacia un dispositivo de lectura, como respuesta a una petición. Algunas veces es necesario incluir una batería.

# *Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación*

Un **lector** (pueden ser de lectura o de lectura\escritura) es el 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 los tags 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.

Una **antena** para lograr la comunicación de datos entre la etiqueta y el lector.

Un **ordenador**, host o controlador es el encargado de recibir la información de uno o varios lectores y se la comunica al sistema de información. También es capaz de transmitir órdenes al lector. Y un **middleware** con el objetivo de recoger, filtrar y manejar los datos (17).

## **Caracterización de los componentes.**

**Etiqueta de RFID:** las etiquetas están conformadas por una memoria para almacenar datos, una memoria ROM (Memorias de sólo lectura, Read Only memory por sus siglas en Inglés), donde se almacenan instrucciones básicas para su funcionamiento, una memoria RAM (Memoria de Acceso Aleatorio , Random Access Memory por sus siglas en Inglés), para almacenar datos durante la comunicación de flujos de los mismos, una antena que detecta el campo creado por el diseñador de la aplicación y del que extrae energía para la comunicación y por componentes electrónicos que procesan la señal de la antena y paran el proceso de datos, como buffer y filtros (17).

La capacidad de la memoria de las mismas, depende del modelo y va en un rango aproximado de 96 Bits para aplicaciones en donde solo se almacena un código, a etiquetas con más de 32 Bits para almacenar información más detallada, sin embargo esto aumenta el precio de la misma (**Ver figura 2**).

# Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

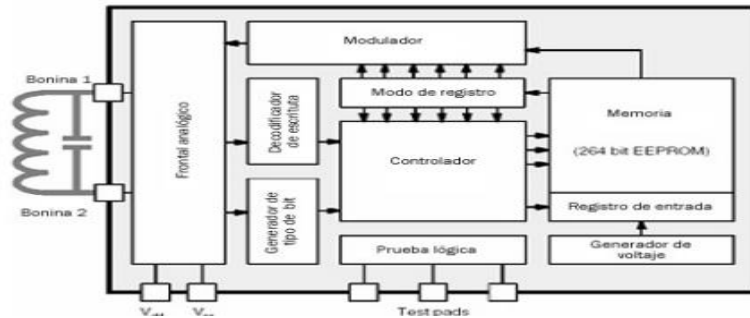


Figura 2. Esquema de un tag de RFID.

Las etiquetas pueden ser pasivas o activas, las **pasivas** no tienen una fuente de energía integrada y se activan o alimentan de la señal generada por el lector y transmitida a través de las antenas, a diferencia de las **activas**, que tienen una fuente de energía (batería) en su interior y suelen ser detectadas a gran distancia y velocidad (17).

También se puede encontrar **semi-pasivas** (Ver figura 3) o también llamadas chips semi-activos, éstas son similares a los chips activos en que tienen su propia fuente de energía, pero la batería sólo potencia al microchip y no a la transmisión de una señal. Esto da lugar a que las antenas no requieran capturar la potencia de la señal entrante para devolver la señal saliente, sino que las antenas son mejoradas para la emisión de la respuesta.



Figura 3. Ejemplos de etiquetas semi-pasivas de RFID.

En el año 2012 las etiquetas **pasivas** más pequeña fabricada tenían una dimensión de 0,4 x 0,4 milímetros, siendo más fina que una hoja de papel, situándose su precio entre los 0,05 y los 0,1 dólares para pedidos grandes. Estas operan en una frecuencia de 124, 125 o 135 KHz, aunque hay sistemas que pueden llegar a operar en 2.45 GHz. La forma de la etiqueta depende de su uso, aunque lo normal es que vaya montada sobre una pegatina o una tarjeta. Las etiquetas pasivas son menores en tamaño, más livianas



# Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

y tienen una mayor vida útil (Ver figura 4).



Figura 4. Ejemplos de etiquetas pasivas de RFID.

Las etiquetas **activas** pueden ser detectadas y leídas hasta 100 metros. Su tamaño es mayor que las demás etiquetas mencionadas anteriormente pero no supera el tamaño de una moneda y constan de una pequeña memoria para almacenar un mayor número de datos (Ver figura 5).



Figura 5. Ejemplos de etiquetas activas de RFID.

Las etiquetas pueden ser de **SOLO-LECTURA** o de **LECTURA-ESCRITURA**.

**SOLO—LECTURA:** la información almacenada debe ser grabada en el proceso de manufactura y normalmente representa un número de serie único, que se utiliza para identificar un producto.

**LECTURA-ESCRITURA:** la información puede ser grabada o borrada a solicitud. Este tipo de etiqueta puede ser actualizada o cambiada numerosas veces, lo que ayuda a reducir la cantidad a comprar, dependiendo de su aplicación y/o utilización (17, 18).

Las etiquetas se clasifican además de acorde a la función de la frecuencia de emisión que utiliza, o sea, baja frecuencia, alta frecuencia, Ultra Alta Frecuencia y Microondas (17) (Ver tabla 1).

# *Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación*

- ✓ **Baja Frecuencia (BF):** se refiere a rangos de frecuencia inferiores a 125 KHz. Esta frecuencia es utilizada en aplicaciones que requieren un rango de lectura corto (pocos centímetros) y es la más adaptable a la presencia de metal. Sus típicos usos son en control de accesos, identificación de animales, procesos de manufactura.
- ✓ **Alta Frecuencia (AF):** es cuando la frecuencia de funcionamiento es de 13.56 MHz. Las etiquetas aquí pueden ser impresas como papel (etiqueta autoadhesiva). El rango de lectura es de unos cuantos pies/centímetros y sus usos más comunes son en la identificación de pacientes (industria de la salud), control de accesos, bibliotecas, seguimiento de productos, trazabilidad, entre otros.
- ✓ **Ultra Alta Frecuencia (UHF):** comprende las frecuencias de funcionamiento en las bandas de 860-960 MHz. Ésta permite identificar gran número de etiquetas en el campo de lectura al mismo tiempo y a gran distancia. Una aplicación muy importante es el seguimiento en la cadena de abastecimiento, donde ayuda a reducir los costos de inventario, las pérdidas de venta por falta valores y a eliminar el factor humano requerido para gestionar y la recolección de datos a través del código de barras. Las aplicaciones pueden ser en fábricas por centros mayoristas, centros logísticos, administración de activos, rastreo de sistemas de inventario, industria farmacéutica, laboratorios, exposiciones, trazabilidad de ítems, entre otros.
- ✓ **Frecuencia de Microondas:** comprende las frecuencias de funcionamiento en las bandas de 2.45 GHz y 5.8 GHz. En ésta frecuencia las etiquetas que son usadas son las activas, lo que implica gran distancia de lectura y alta velocidad de transferencia de datos. El costo de cada etiqueta es alto y es típicamente utilizado en peajes automatizados (18).

# Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

Tabla 1. Rangos de frecuencia que utiliza RFID.

Rango de Frecuencia	Características
Menores a 135KHz	Baja potencia, aplicaciones de corta distancia.
6.76 – 6.79 MHz	Frecuencia media (ISM), para la industria científica y médica.
7.4 – 8.8 MHz	Usado por tiendas departamentales para la seguridad de los artículos.
13.55 – 13.56 MHz	Usado para esquemas de seguridad y control de accesos personal.
26.95 – 27.28 MHz	Frecuencia media (ISM), para aplicaciones especiales.
433 MHz	UHF (ISM), poco usado para RFID, es para aplicaciones particulares.
868 – 870 MHz	UHF (SRD), sistemas de bajo desarrollo, para redes WIFI.
902 – 928 MHz	UHF (SRD), varios sistemas, mayor desarrollo actual.
2,4 – 2,48 GHz	SHF (ISM), varios sistemas de identificación (identificación de vehículos).
5.7 – 5.8 GHz	SHF (ISM), poco usado para RFID.

## Costes.

Las principales variables que influyen en el coste de las etiquetas son el tipo y cantidad que se adquieran. Respecto a la cantidad, la relación está clara: cuantas más etiquetas se compran, menor será su precio. El tipo de etiqueta se basa en cuatro elementos a tener en cuenta como son:

- La complejidad de la lógica del circuito o su capacidad de memoria influirá en el coste de la etiqueta.

# *Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación*

- La forma, es decir la envoltura; algunas aplicaciones requieren una carcasa robusta o de alta tolerancia a la temperatura debido a las condiciones de trabajo a las que deben funcionar.
- La frecuencia de trabajo. En general, las etiquetas de baja frecuencia son más baratos que los de alta frecuencia.

Para grandes cantidades de etiquetas, el precio puede variar entre unos pocos centavos, para etiquetas muy simples, hasta decenas de dólares para dispositivos más sofisticados (18).

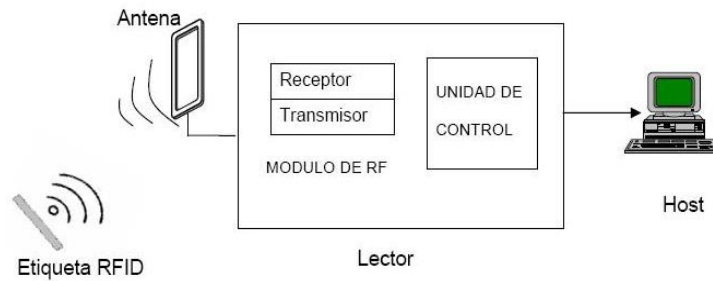
## **Lector.**

El lector o interrogador es un elemento clave en cualquier sistema RFID, es el dispositivo que proporciona energía a las etiquetas, lee los datos que le llegan y los envía al sistema de información. Gestiona además, la secuencia de comunicaciones con el lector. Al igual que las etiquetas, contiene una antena, un decodificador y un transceptor; es decir, realiza funciones de transmisión, de recepción y la configuración de los circuitos internos. Este equipo requiere de su propia fuente de alimentación, la antena es capaz de activar en menos de 100 msg (milisegundos) varias tarjetas ubicadas dentro de su zona de emisión (18). Además, el lector incorpora una interfaz a un PC, host o controlador, a través de un enlace local o remoto: RS232, RS485, Ethernet, WLAN (RF, WiFi, Bluetooth), que permite enviar los datos del transpondedor al sistema de información (**Ver figura 6**).

El lector puede actuar de tres formas:

- ✓ Interrogando su zona de cobertura continuamente, si se espera la presencia de múltiples etiquetas pasando de forma continua.
- ✓ Interrogando periódicamente, para detectar nuevas presencias de etiquetas.
- ✓ Interrogando de forma puntual, por ejemplo cuando un sensor detecte la presencia de una nueva etiqueta.

# Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación



**Figura 6.** Esquema de un lector de RFID. Fuente: (IDEM)

Los lectores pueden ser clasificados en **fijos** (Fixed Reader) (**Ver figura 7**) y **portátiles** (Mobile Reader). El primer caso es colocado principalmente en paredes, puertas o cintas transportadoras, por lo cual la antena debe tener una polarización lineal; pero el mayor uso es para el segundo en equipos móviles como elevadores, lo que hace que la antena requiera una polarización circular (19).

A continuación se muestra una imagen de distintos lectores fijos:



**Figura 7.** Lectores fijos de RFID.

A continuación se muestra una imagen de distintos lectores portátiles:



**Figura 8.** Lectores portátiles de RFID.

# Capítulo 1: *Fundamentación teórica de la investigación*

## **Antena.**

La antena constituye un componente importante que controla y se encarga de la comunicación entre la etiqueta hacia el lector, es la que transforma las corrientes eléctricas en ondas electromagnéticas, y transforman las ondas en corrientes oscilantes formando un campo de acción tridimensional. Su objetivo es lograr un mayor aumento en el radio de acción, es decir entre mayor sea el alcance y más denso sea el campo electromagnético, mejor será la lectura (20) **(Ver Figura 9)**.



**Figura 9.** Tipos de antenas de baja frecuencia. De pie: antenas de puerta; en el suelo: antenas de varilla.

## **Ordenador, host o controlador.**

Es un sistema informático capaz de recibir la información emitida por los lectores y enviarlo al sistema de gestión de la empresa.

El **middleware** es el **software** que se ocupa de la conexión entre el **hardware** de RFID y los sistemas de información existentes. Del mismo modo que una PC, los sistemas RFID de tipo **hardware** serían inútiles sin un **software** que los permita funcionar. Esto es precisamente el **middleware**. Se ocupa, entre otras cosas, del encaminamiento de los datos entre los lectores y etiquetas y los sistemas de información de la empresa, y es el responsable de la calidad y usabilidad de las aplicaciones basadas en RFID.

Es el encargado de la transmisión de los datos entre los extremos de la transacción. Por ejemplo, en un sistema RFID basado en etiquetas, en el proceso de lectura se ocuparía de la transmisión de los datos almacenados en una de las etiquetas al sistema de información de la empresa. Las cuatro funciones principales del middleware son:

# *Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación*

- ✓ **Adquisición de datos:** el middleware es responsable de la extracción, agrupación y filtrado de los datos procedentes de múltiples lectores RFID en un sistema complejo. Sin la existencia del middleware, los sistemas de información de las empresas se colapsarían con rapidez.
- ✓ **Encaminamiento de los datos:** el middleware facilita la integración de las redes de elementos y sistemas RFID en los sistemas de la empresa. Para ello dirige los datos al sistema apropiado dentro de la organización empresarial.
- ✓ **Gestión de procesos:** el middleware se puede utilizar para disparar eventos en función de las reglas de la organización empresarial donde opera, por ejemplo, envíos no autorizados, bajadas o pérdidas de stock, etc.
- ✓ **Gestión de dispositivos:** el middleware se ocupa también de monitorizar y coordinar los lectores RFID, así como de verificar su estado y operatividad, y posibilita su gestión remota (20).

## **1.2.3 Principio de funcionamiento de la tecnología.**

RFID satisfacen muchas de las necesidades que asechan a muchos sectores de la sociedad actual como la salud, la educación, el transporte, entre otros. Sin embargo, a pesar de que los aspectos tecnológicos pueden variar, todos se basan en el mismo principio de funcionamiento el cual se describe a continuación **(Ver Figura 11)** (21):

- ✓ Se equipa a todos los objetos a identificar, controlar o seguir con una etiqueta.
- ✓ La antena del lector o interrogador emite un campo de radiofrecuencia que activa las etiquetas.
- ✓ Cuando una etiqueta ingresa en dicho campo utiliza la energía y la referencia temporal recibidas para realizar la transmisión de los datos almacenados en su memoria. En el caso de etiquetas activas la energía necesaria para la transmisión proviene de la batería de la propia etiqueta.

# Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

- ✓ El lector recibe los datos y los envía al ordenador de control para su procesamiento.

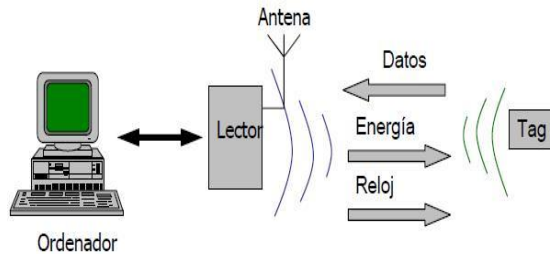


Figura 10. Esquema de funcionamiento de un sistema RFID.

A continuación se describen dos interfaces de comunicación (21):

- ✓ **Interfaz Lector-Sistema de Información:** la conexión se realiza a través de un enlace de comunicaciones estándar que puede ser local o remoto y cableado o inalámbrico como el RS 232, RS 485, USB, Ethernet, WLAN, GPRS, UMTS.
- ✓ **Interfaz Lector-Etiqueta (tag):** se trata de un enlace radio con sus propias características de frecuencia y protocolos de comunicación (21).

## 1.2.4 Seguridad y encriptación de los datos RFID.

La seguridad es un punto muy importante a analizar, cuando se selecciona un sistema RFID para su implementación deben tenerse en cuenta las medidas de seguridad que deben adoptarse teniendo en cuenta su funcionalidad. A continuación se exponen algunos métodos para garantizar la seguridad de la información contenida en las etiquetas (22).

## 1.2.5 Criptografía de la clave secreta o simétrica.

La criptografía de clave secreta o simétrica se caracteriza porque la clave de cifrado y la de descifrado es la misma, por lo que la robustez del algoritmo se encuentra en mantener el secreto de la misma. Utilizar la misma clave para encriptar y desencriptar para enviar los datos es un problema, puesto que el remitente debe de enviar la clave



# *Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación*

con anterioridad al destinatario para que este pueda descifrar la información por un canal seguro.

## **1.2.6 Criptografía de la clave pública o asimétrica.**

Emplea un esquema de clave pública y clave privada. La información se encripta con la clave pública y se descifra con la clave privada, ya no presenta el problema de la criptografía simétrica puesto que la clave pública no sirve para descifrar la información.

## **1.3 Aplicaciones de la tecnología RFID en el sector de la salud.**

El sector de la salud requiere de instrumentos que le permitan desempeñar su labor de forma más eficaz. Hoy en día los hospitales enfrentan el reto de implantar tecnología que les permita ofrecer servicios de mayor calidad, y operar con mayores niveles de eficiencia que reduzcan tiempos, recursos y errores en los procesos. RFID es una solución a estos problemas. Actualmente, muchos hospitales en diferentes países usan esta tecnología para diferentes necesidades, ejemplos de éstas son (23, 24):

- **Identificación de pacientes:** con el uso de etiquetas RFID se puede identificar a un paciente rápidamente y llevar un control preciso de su caso clínico y sus horarios, los que además se guardan en su historial, evitando errores humanos y procurando su pronta recuperación.
- **Localización de pacientes:** con la ayuda de un sistema de RFID y colocando un tag a cada paciente, se puede tener conocimiento en tiempo real de su localización. También se puede saber cuándo este paciente se mueve de zona o no se encuentra dentro del área en que debería estar.
- **Localización de personal importante en casos de emergencia:** en casos críticos en que los pacientes necesiten de atención rápida y especializada, se puede rastrear al médico dentro de la zona del hospital y notificarle acerca de la emergencia para que pueda atender a ese paciente en específico con la mayor eficiencia posible.

# *Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación*

- **Visibilidad de activos móviles, incluyendo laptops, monitores cardiacos, camillas, equipo médico durable,** etc. Muchas veces equipos que son indispensables para atender a los pacientes se encuentran fuera del área en donde se deberían encontrar debido a la dinámica y urgencia habitual de un hospital. Con RFID se puede saber exactamente en qué zona se encuentra ese activo en específico, haciendo más eficiente la labor médica.
- **Control de acceso en áreas restringidas:** existen ciertas áreas dentro de los hospitales en las cuales solo puede ingresar personal autorizado. Pero muchas veces estas áreas no son respetadas por personas ajenas. Con RFID se puede restringir el acceso para que solo el personal que cuente con una tarjeta o identificador especial pueda ingresar y conjuntamente tener un registro de quienes han ingresado a esa zona.
- **Control de asistencia y control de horas trabajadas:** con esta tecnología es posible gestionar la entrada y salida de personal en el sitio de trabajo, así como la creación de reportes que indiquen el desempeño de cada empleado, generando estadísticas de vital importancia para la administración de recursos humanos.
- **Control de Expedientes:** tener un control preciso de los expedientes así como de su perfecta ubicación resulta complicado, laborioso y toma mucho tiempo. Con RFID se puede conocer el lugar en el que se encuentran los expedientes ahorrando así mucho tiempo. En archivos antiguos, la localización de cajas que contengan los expedientes, así como los expedientes de manera individual e incluso documentos dentro los mismos, resulta muy eficiente con ésta tecnología.
- **Inventario en Centros de cómputo:** es importante tener un control estricto dentro de un centro de cómputo. Es por eso que con ayuda de RFID se puede optimizar el método de hacer el inventario dentro de un estante por ejemplo, conociendo así el lugar exacto de cada servidor.

# *Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación*

## **1.3.1 Casos de estudios aplicando la tecnología de Identificación por Radio Frecuencia en el sector de la salud en diferentes países.**

Los estudios realizados han arrojado como resultado la estrecha interacción que posee la tecnología de Identificación por Radiofrecuencia y la salud; siendo así demostrado en varios casos de estudios realizados donde se encuentra implantada la misma. A continuación se muestran una serie de casos donde se evidencia la vigencia, las características y beneficios antes mencionados con respecto a la tecnología de punta.

### **Caso 1. Un corazón vigilado con etiquetas RFID.**

El año pasado el Instituto de **Cáncer do Estado** de São Paulo comenzó a implementar un sistema de localización en tiempo real que funciona con WiFi, con el objetivo de apoyar una reacción rápida ante los ataques al corazón de los pacientes en el hospital. Se trata de unas placas RFID que el personal de la clínica lleva colgadas al cuello para avisar en caso de una situación de emergencia.

Las placas funcionan a través de etiquetas. Cada empleado dispone un propio dispositivo, colgado del cuello, y el sistema WiFi de la clínica servirá para conectar todos estos puntos. El resultado es un sistema de localización en tiempo real que busca mejorar la capacidad de respuesta al producirse un ataque al corazón en el centro.

Si alguien del personal del centro médico es testigo de un paciente que está sufriendo un ataque al corazón, apretará un botón para avisar al resto de enfermeros y doctores del área, que recibirán una señal en sus placas, con un mensaje indicando el número de habitación del enfermo. Si alguno de los que han sido avisados no puede prestar ayuda, puede indicarlo a través de su propia placa y la respuesta la recibirán el resto de los implicados (24).

#### **Las placas tienen dos funciones importantes:**

La **primera** consiste en la ya mencionada, que sirve para alertar al personal cercano en caso de una situación de emergencia.

# *Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación*

Sin embargo, la **segunda** función importante es almacenar información sobre la capacidad de respuesta en caso de que algún paciente sufra un ataque al corazón. De esta forma el centro médico podrá mejorar sus procedimientos a medida que tenga información de cómo se actúa normalmente. Esto es uno de los ejemplos de la fuerza que tiene la unión de la tecnología y la medicina.

## **Caso 2. Pulseras para pacientes.**

Este caso de estudio consiste en que unos minutos después de que nazca un bebé, una enfermera ajustará una pulsera de identificación en su pequeña muñeca. Normalmente incluye el nombre del bebé y su fecha de nacimiento para evitar confusiones con las docenas de recién nacidos que los médicos tienen que tratar cada día.

Mediante RFID se incorporan nuevas normas para la identificación de pacientes y sustituyen la pulsera convencional por una con tecnología RFID con el fin de aumentar notablemente la seguridad.

En muchos casos, la pequeña etiqueta se incrusta en una pulsera para la muñeca o el tobillo. Con el consentimiento del paciente o de un familiar, el número exclusivo de la etiqueta se vincula en una base de datos, a los registros médicos. Así, el médico puede descargar su archivo completo en un equipo portátil en la propia habitación y comprobar que está recibiendo la atención adecuada para garantizar una rápida recuperación. Para evitar reacciones no deseadas, una enfermera puede usar un lector de RFID para escanear su pulsera y recuperar información acerca de alergias u otras medicaciones (25).

## **Caso 3. Movimientos de personal y pacientes alrededor del quirófano.**

El hospital de Amsterdam realizó un estudio para el que se realizó el seguimiento de los movimientos de personal y pacientes alrededor del quirófano. Se descubrió que los pacientes solían esperar demasiado antes de entrar en el quirófano. El hospital está usando los datos recopilados a través de RFID para mejorar la eficiencia de los quirófanos y reducir el tiempo de espera de los pacientes (26).

# *Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación*

## **Caso 4. MASCAL: Control de los pacientes, personal y equipos médicos de un hospital utilizando RFID para mejorar la respuesta a los eventos de muertes en masas.**

La mayoría de las instalaciones médicas gestionan un gran número de heridos graves esperados durante los eventos catastróficos. MASCAL es un sistema integrado de software y hardware destinado a mejorar la gestión de los recursos en un hospital durante una situación de víctimas en masa. Utiliza etiquetas activas de 802.11b para rastrear pacientes, equipo y personal durante la respuesta a un desastre. El sistema integra información de la etiqueta con los datos de posición de las bases de datos de personal, sistemas de información médica, las solicitudes de registro. Incluye interfaces para un centro de mando del hospital, los gerentes de área local (sala de emergencias, de operación suites, radiología, entre otros) el personal y el registro. MASCAL es un sistema operativo en proceso de evaluación funcional en el Centro Médico Naval en San Diego, CA (27).

## **Caso de estudio 5. Sanatorio Christiana Care.**

El sanatorio Christiana Care, un hospital universitario de 907 camas en Newark, Delaware, instaló un sistema de seguimiento electrónico en el año 2004. El mismo consiste en el uso de sensores infrarrojos en el techo que leen automáticamente tarjetas de identificación, el sistema es capaz de mostrar la ubicación de los pacientes y los médicos en un mapa electrónico. El hospital informa que al mantener un control más cercano a la gente, ha sido capaz de reducir en 40 minutos la estancia promedio en una sala de emergencias. También se ha reducido a la mitad tasa de deserción de los pacientes de emergencia que llegaron a las instalaciones y se retiraron sin recibir tratamiento (28).

## **Caso de estudio 6. Administración de activos y recursos humanos.**

La optimización en la administración del inventario es posible realizarla en tiempo real, mejorando la utilización de equipo para reducir gastos de operación, por otra parte es factible su empleo como herramienta para prevenir robos. En el tema de recursos humanos el uso de la tecnología permite conocer la ubicación y estado del personal médico y pacientes optimizando su cuidado. El personal médico y administrativo puede

# Capítulo 1: *Fundamentación teórica de la investigación*

utilizar la información de su ubicación y estado para mejorar las decisiones sobre los tratamientos más adecuados para los pacientes. Esta información puede utilizarse para alimentar el Expediente Clínico Electrónico (29).

## 1.3.2 Resumen de aplicaciones de RFID en la salud.

Como resumen de ese capítulo sobre casos de éxito y aplicaciones de la tecnología RFID, a mostrar la Tabla.2 (obtenida del estudio “RFID in Health Care 2006-2016”) donde se presenta la evolución pasada y esperada de las aplicaciones de RFID relacionadas con la salud (30).

**Tabla 2.** Evolución de las aplicaciones presentes y futuras en el sector de la salud.

<b>Aplicaciones en la Salud</b>		
<b>Hasta 2004</b>	<b>De 2005 a 2010</b>	<b>2011 en adelante</b>
Prevencción de errores en el uso de productos (administración de medicamentos, transfusiones, recién nacidos, etc.). Localización y alarmas del personal médico. Localización de bienes y activos.	Prevencción de errores en productos, incluyendo el rechazo automático de defectuosos. Aplicación de etiquetas en pacientes para prevención de errores. Localización y alarmas de personal médico. Las etiquetas pueden almacenar datos de incidentes. Prevencción de robos. Control de costes. Grabación de	Prevencción de errores en productos. Aplicación de etiquetas a pacientes para prevención de errores. Localización y alarmas de personal médico. Localización de visitantes. Gestión de visitantes en alarmas. Gestión de colas virtuales. Localización de bienes y activos. Gestión óptima de stocks.

## *Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación*

	<p>procedimientos (aspectos legales).</p> <p>Monitorización de pruebas de medicamentos.</p> <p>Estudios de comportamiento para optimización de operaciones.</p> <p>Prevención de falsificación de medicamentos.</p>	<p>Prevención de robos.</p> <p>Control de costes.</p> <p>Grabación de procedimientos (aspectos legales).</p> <p>Monitorización de pruebas de medicamentos.</p> <p>Monitorización de los pacientes en pruebas de medicamentos.</p> <p>Estudios de comportamiento para optimización de operaciones.</p> <p>Prevención de falsificación de medicamentos.</p> <p>Localización y seguimiento de la mayor parte de los medicamentos, consumibles y material médico.</p>
--	---	---

# *Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación*

## **1.4 Normas ISO (International Organization for Standardization por sus siglas en inglés) para el uso de la tecnología RFID.**

ISO, es la Organización Internacional para la Estandarización, que regula una serie de normas para fabricación, comercio y comunicación, en todas las ramas industriales. Las normas ISO relativas a RFID son (31):

- ✓ ISO 14223/1 Identificación por radiofrecuencia de animales, transpondedores avanzados e interfaz radio.
- ✓ ISO 14443 Estándar HF muy popular que se está utilizando como base para el desarrollo de pasaportes que incorporan RFID (ICAO 9303).
- ✓ ISO 15693 Estándar HF también muy popular, utilizado en tarjetas sin contacto de crédito y débito.
- ✓ ISO 18000-7 Estándar industrial para UHF, para todos los productos basados en RFID activa, promovido por el Departamento de Defensa de EEUU, la OTAN y usuarios comerciales de RFID activa.
- ✓ ISO 18185 Estándar industrial para el seguimiento de contenedores a frecuencias de 433 MHz y 2,4 GHz

## **1.5 Análisis de los métodos de evaluación.**

Los métodos para la evaluación de proyectos se agrupan según su criterio de selección en dos formas: evaluación del proyecto de forma individual y la evaluación a partir de una cartera facilitando así la selección de estos en el proceso de evaluación.

A continuación se muestra un resumen de los mismos en la **figura 11**:



# Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

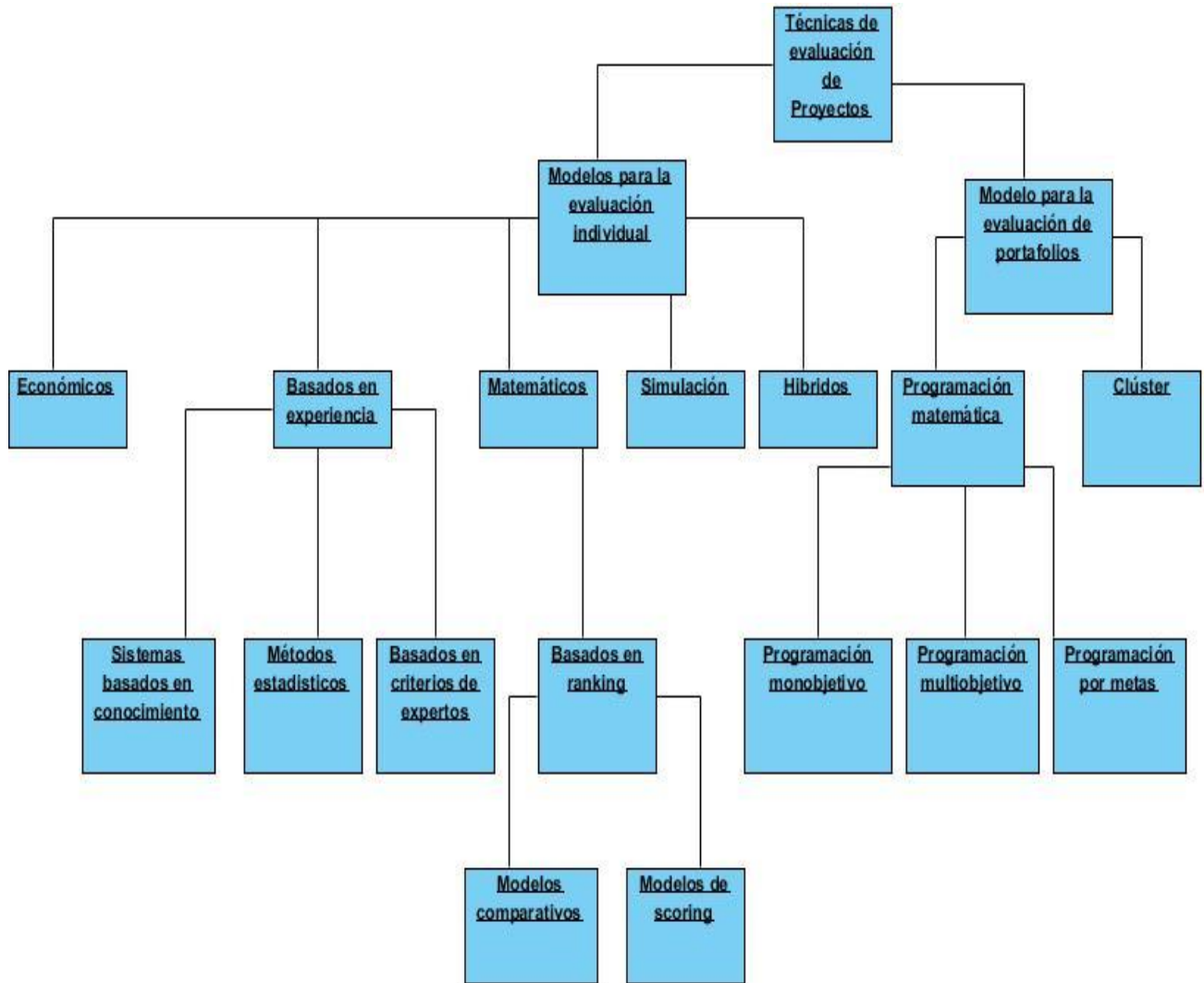


Figura 11. Técnicas de evaluación de proyectos.

Después de un análisis de todos los modelos se concluye que para la realización del presente trabajo se utiliza el Modelo Matemático para la evaluación individual, basados en ranking mediante los modelos comparativos y modelos de Scoring debido a características que se presentarán a continuación.

# *Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación*

## **Modelos Matemáticos.**

Se caracterizan por la selección de criterios seleccionados por los decisores a los cuales se les dará una puntuación. Estos se calculan a través de una fórmula matemática y tienen en cuenta aspectos de diversa índole, ya sean cuantitativos o cualitativos, objetivos o subjetivos (32). Estudian las técnicas basadas en la competencia las cuales son conocidas como técnicas basadas en ranking (Modelo comparativo y Modelos de scoring).

## **Modelos comparativos.**

Conteo de la dominancia: esta técnica permite jerarquizar proyectos en función del orden de dominancia de cada uno de ellos con respecto al resto de los proyectos para todos los criterios, considerandos en conjunto. Así, en primer lugar, se localizará el proyecto más dominante para todos los aspectos; y luego, el segundo en orden de dominancia; y así sucesivamente (32).

## **Modelos de puntuación (Scoring) tradicional.**

Este modelo se calcula a través de una fórmula matemática o expresión algebraica que produce una puntuación o valoración para cada uno de los proyectos en consideración. Esta fórmula incorporará aquellos factores que se consideran más importantes para evaluar cada uno de los proyectos y cada uno de estos factores estará ponderado para reflejar su importancia relativa con respecto al resto de los factores (33).

La primera y más sencilla estructura de puntuación (scoring) consiste en la suma ponderada de cada uno de los valores de cada criterio para cada proyecto. Permite la valoración de aspectos cuantitativos o cualitativos, objetivos o subjetivos.

Debido a la existencia de múltiples criterios y expertos a ser consultados con el fin de darle mayor fiabilidad a la evaluación previa de proyectos de implantación RFID en la salud (34) y de forma tal que se genere un valor cuantitativo de la evaluación la autora se adscribe a los métodos basados en criterios de experto y de scoring.

# *Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación*

## **1.6 Operadores de agregación.**

La agregación de información de manera eficiente y flexible se ha convertido en la principal tarea de los problemas de acceso de información y otros problemas de decisión multi-criterio, puesto que precisan procesar una gran cantidad de información cuya calidad y precisión es muy variada. En particular, resultan muy útiles las agregaciones entre el operador mínimo y el operador máximo a través de los operadores de medias (35).

La operación de agregación consistente en transformar un conjunto de elementos (conjuntos difusos, opiniones individuales sobre un conjunto de alternativas expresadas cardinalmente o lingüísticamente), en un único elemento representativo del mismo. Las preferencias sobre un conjunto de alternativas expresadas de forma numérica pueden considerarse como conjuntos difusos del conjunto de alternativas, por lo que el problema de agregación de preferencias se ha estudiado desde la perspectiva de la agregación de conjunto difusos, estudio que se convirtió en un tema de gran importancia desde las primeras publicaciones sobre conjuntos difusos debidas a Zadeh (36).

Las dos primeras formas de agregación se estudian utilizando t-normas y t-conormas, mientras que la tercera se hace con los llamados operadores de promedio. Estos operadores no cuentan con unos homólogos en la teoría clásica de conjuntos, y se localizan entre el operador mínimo y el operador máximo. Estos límites tienen una explicación muy intuitiva, ya que si se permiten compensaciones en presencia de criterios conflictivos, el promedio resultante debería situarse entre la cota inferior más optimista y la cota superior más pesimista, es decir, entre la mejor y la peor estimación local (34).

Operadores tales como la media aritmética, media geométrica, ponderadas y no ponderadas, son ejemplos de operadores de agregación no paramétricos. Otros de los operadores que siguen en la línea de compensación paramétrica son los obtenidos como combinaciones lineales convexas de cada una de las funciones de pertenencia

# Capítulo 1: *Fundamentación teórica de la investigación*

de cada uno de los conjuntos difusos a agregar. Estos operadores, llamados operadores OWA fueron propuestos por Yager y constituyen una transición continua entre el operador mínimo y máximo (37).

## **Agregación de la información cuantitativa.**

- Operadores conjuntivos (t-normas), disyuntivos(t-conormas)
- Operadores de agregación de la información ponderadas “MAX” y “MIN”
- Operadores promedios ponderados.

## **Operaciones de agregación basadas en t-normas y t-conormas.**

Una operación binaria asociativa, conmutativa, y no decreciente en el intervalo unitario  $T: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$  es una norma triangular o t-norma si y sólo si para cualesquiera  $x, y, z \in [0,1]$  se verifica:

1.  $T(x, 1) = x$  (existencia de una unidad).
2.  $x \leq z \rightarrow T(x, y) \leq T(z, y)$  (monotonía).
3.  $T(x, y) = T(y, x)$  (conmutatividad).
4.  $T(x, T(y, z)) = T(T(x, y), z)$  (asociatividad).
5.  $T(0, x) = 0$  (existencia de un neutro).

Una función  $S: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$  es una t-conorma si y sólo si para cualquier  $x, y, z \in [0,1]$ :

1.  $S(x, 0) = 0$  (existencia de una unidad).
2.  $x \leq z \rightarrow S(x, y) \leq S(z, y)$  (monotonía).
3.  $S(x, y) = S(y, x)$  (conmutatividad).
4.  $S(x, S(y, z)) = S(S(x, y), z)$  (asociatividad).
5.  $S(1, x) = 1$  (existencia de un neutro).

# Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación

## Operador Media aritmética.

Sea  $x = \{x_1, \dots, x_n\}$  un conjunto de valores numéricos para una variable  $\bar{x}$ . La media aritmética se obtiene dividiendo la suma de todos los valores por su cardinalidad, i.e,

$$\bar{x}(x_1, \dots, x_n) = 1/n \sum_i x_i \quad (1)$$

Este operador simboliza el concepto intuitivo de punto de equilibrio o centro del conjunto de valores.

## Media ponderada:

La media ponderada (WA por sus siglas en inglés) es uno de los operadores de agregación más empleados en la literatura. Un operador WA tiene asociado un vector de pesos  $V$ , con  $v_i \in [0,1]$  y  $\sum_1^n v_i = 1$ , teniendo la siguiente forma (34):

$$WA(a_1, \dots, a_n) = \sum_1^n v_i a_i \quad (2)$$

Donde

$v_i$  Representa la importancia/relevancia de la fuente de datos  $a_i$ .

## Familia de operadores OWA.

Los operadores OWA ofrecen más flexibilidad para satisfacer los criterios que los operadores de media ponderada. Con ellos los pesos pueden ser también determinados analíticamente, mientras que los métodos numéricos son necesarios para la mediana ponderada y las aproximaciones de Sugeno, y aún se complica más la situación si se quiere trabajar con las medias ponderadas armónica y geométrica (38).

Este método unifica los criterios clásicos de decisión con incertidumbre en un solo modelo. Esta unificación comprende los criterios optimista, el pesimista, el de Laplace y el de Hurwicz en una sola expresión (39). La autora considera que los operadores basados en los operadores promedios ponderados brindan distintas ventajas como es la posibilidad de expresar compensación y fiabilidad de las fuentes.

# *Capítulo 1: Fundamentación teórica de la investigación*

## **Conclusiones parciales.**

- La tecnología RFID es una tecnología de identificación automática extremadamente poderosa y versátil que facilita la localización y monitoreo de personas, objetos y animales en una infinidad de aplicaciones en el área de salud.
- En la literatura existen múltiples aplicaciones de RFID en la salud, sin embargo, en Cuba no se cuenta con la misma por desconocimiento en su gama de aplicaciones.
- Los métodos de evaluación de proyectos basado en el experto y en scoring presentan ventajas para la evaluación de proyectos de tecnologías RFID.
- Los operadores de agregación permiten aumentar la flexibilidad y adaptabilidad en la toma de decisiones bajo incertidumbre.
- Definir los elementos anteriores permitió identificar la necesidad de un modelo de ayuda a la toma de decisiones basados en modelos matemáticos que contribuya al logro eficacia en la implantación de la tecnología RFID en la salud.

# *Capítulo 2: Modelo propuesto*

## **Capítulo 2. Modelo Propuesto.**

Actualmente en Cuba existe desconocimiento acerca de la tecnología de Identificación por Radio Frecuencia ya que la misma se encuentra en un estado inicial, no existen soluciones ni métodos implementados para el uso o la validación de la factibilidad de su uso. Además, son muy pocas las investigaciones realizadas sobre el tema en el país, y debido a esta situación existe gran desconocimiento de la misma por parte de los desarrolladores.

El presente capítulo tiene como objetivo presentar un modelo para la evaluación previa a la implantación de la tecnología de Identificación por Radio Frecuencia (RFID) en instituciones de salud. Se describen el modelo propuesto así como su estructura general y característica y una descripción de los procesos y actividades por cada fase.

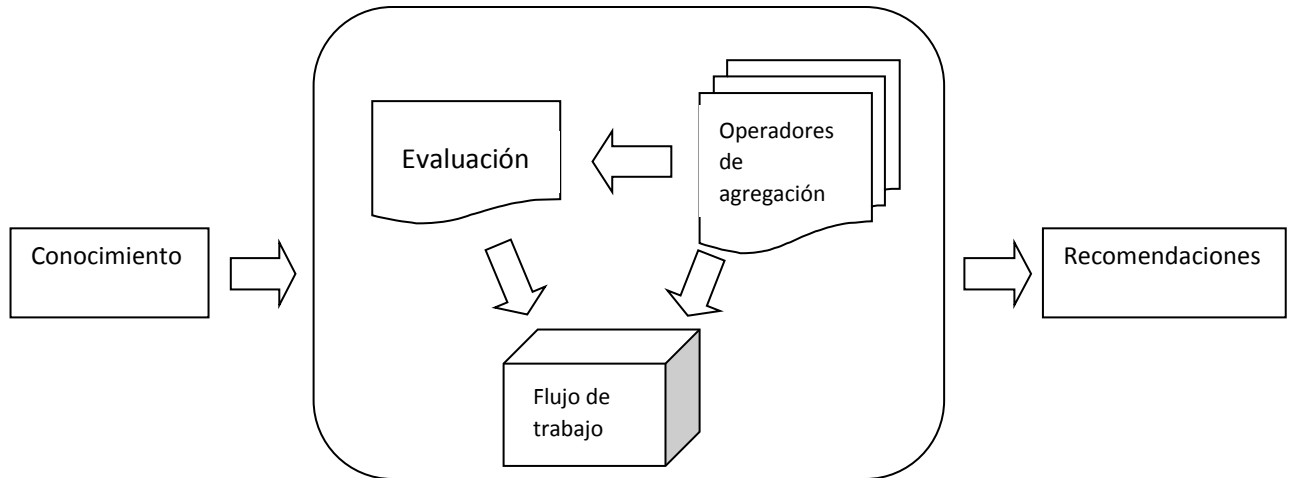
### **2.1 Características del modelo propuesto.**

Un modelo es una representación simplificada de la realidad que cumple una función heurística. El desarrollo de un modelo implica revelar desde una perspectiva de análisis, una manifestación que permite una comprensión más plena del objeto de estudio para resolver el problema y representarlo de alguna manera con un enfoque sistémico (40).

Sobre la base anterior, el modelo (RFID-EVAL), parte de la participación de múltiples expertos quienes darán su valoración y llevará a la determinación de las posibilidades de éxito o no del uso de la tecnología RFID en las instituciones.

La **figura 12** muestra la estructura estática del modelo propuesto.

## Capítulo 2: Modelo propuesto



**Figura 12.** Vista estática del modelo.

**Objetivo del modelo:** el modelo tiene como objetivo principal obtener los resultados asociados al conocimiento que tienen los trabajadores de la entidad sobre RFID y la evaluación de factibilidad de la aplicación, el cual debe incluir criterios significativos para su evaluación.

La estrategia de fusión, está basada en el empleo de operadores de agregación en específico los que unifican el operador OWA y la media aritmética (WA por sus siglas en inglés), específicamente el operador OWAWA. Entre las actividades incluidas en el método se encuentran: selección de los criterios y requisitos, obtención de la información, normalización de los valores, determinar vectores de pesos y agregación.

A continuación se presenta gráficamente las actividades contenidas en el flujo de trabajo y se describe cada una de ellas (**Ver Figura 13**):



## Capítulo 2: Modelo propuesto

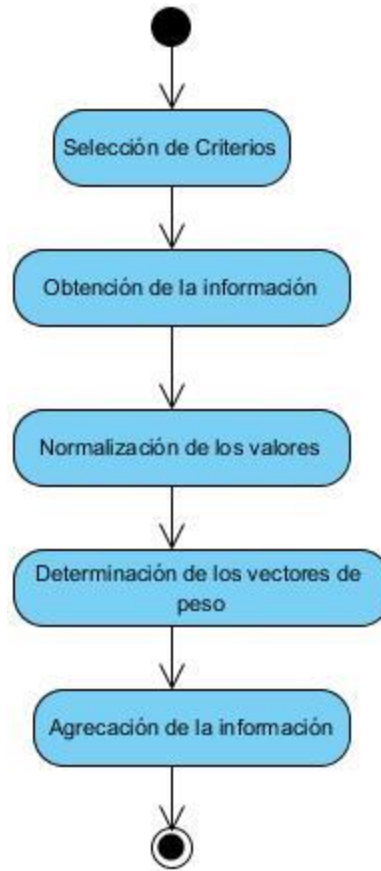


Figura 13. Actividades del flujo de RFID-EVAL.

Este modelo debe aplicarse en etapas preliminares de evaluación de la adopción de la tecnología RFID.

### 2.2 Operador de agregación propuesto.

Un operador OWA es una función  $F: R^n \rightarrow R$  de dimensión  $n$  si tiene un vector asociado  $W$  de dimensión  $n$  tal que los componentes satisfacen:

$$w_{ij} \in [0,1]$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1$$

## Capítulo 2: Modelo propuesto

y

$$F(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n w_j b_j \quad (3)$$

Donde

$b_j$  es el j-ésimo más grande de los  $a_j$

Existen formulaciones de operadores de agregación que generalizan el operador OWA y la media ponderada. De esta forma, se puede ponderar las variables según el grado de importancia, y al mismo tiempo se puede sobrevalorar o infravalorar la información según el grado de optimismo del decisor. Dentro las formulaciones que lo permiten se encuentran el weighted OWA (WOWA) y el ordered weighted averaging weighted averaging (OWAWA) operator.

Estos permiten la agregación de un conjunto de valores utilizando dos vectores de pesos. Uno corresponde al vector en la media aritmética y el otro corresponde a los pesos en el operador OWA. El OWAWA además de unificar los operadores OWA y WA, permite reflejar en qué grado se quiere considerar cada uno de ellos (41). Este operador será el utilizado en el presente trabajo.

### **Operador OWAWA:**

Un operador OWAWA es una función OWAWA:  $R^n \rightarrow R$  de dimensión n si tiene un vector de ponderaciones  $W$  asociado, con  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$  y  $w_j \in [0,1]$  tal que:

$$OWAWA(a_1, \dots, a_n) = \sum_{j=1}^n \hat{v}_j b_j \quad (4)$$

Donde  $b_j$  es el j-ésimo más grande de los  $a_i$ , cada argumento  $a_i$  tiene asociada una ponderación  $v_i$  con  $\sum_{i=1}^n v_i = 1$  y  $v_j \in [0,1]$ ,  $\hat{v}_j = \beta w_j + (1 - \beta)v_j$  con  $\beta \in [0,1]$  y  $v_j$  es la ponderación  $v_i$  ordenada según  $b_j$ , es decir, según el j-ésimo más grande de los  $a_i$ . Es de destacar que tanto el operador OWA como el WA son casos particulares de este operador.

## *Capítulo 2: Modelo propuesto*

### **Ventajas del operador OWAWA.**

Permite considerar en la misma formulación al operador OWA y a la media ponderada (WA) de tal forma que se puede considerar al mismo tiempo el grado de optimismo del decisor y los grados de importancia del problema. Además se pueden utilizar diferentes resultados que pueden surgir según como se tome la decisión. Permite concluir una información más completa ya que integra ambos operadores. La ecuación del operador permite desarrollar posteriores análisis en relación a casos particulares procedentes del vector de ponderación.

Un operador OWAWA cumple con las propiedades de conmutatividad, monotonía, delimitación entre el mínimo y el máximo y la idempotencia (41).

### **2.3 Estructura del proceso.**

El proceso propuesto como parte del modelo está organizada en cinco actividades: Selección de Criterios, Obtención de la Información, Normalización de los Valores, Determinación de los Vectores de Pesos y Agregación. Por cada actividad se define el objetivo, la representación gráfica y la descripción de los pasos.

#### **2.3.1 Selección de criterios.**

**Objetivo:** seleccionar los criterios y expertos para la realización de la evaluación de factibilidad.

## Capítulo 2: Modelo propuesto

Representación gráfica:

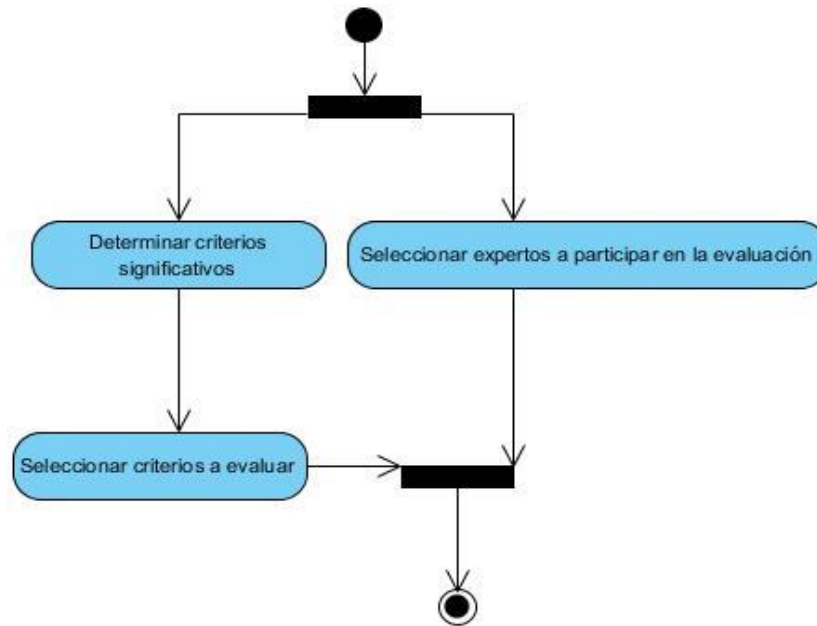


Figura 14. Representación gráfica de la actividad Determinar Criterios y Expertos.

**Pasos.**

**Paso 1.** Determinar criterios significativos.

Se determinan los criterios significativos de acuerdo al contexto.

A continuación se propone un conjunto de criterios que son reveladores:

- ✓ **Nivel de conocimiento sobre las resoluciones ministeriales adoptadas en Cuba y el mundo en el sector sanitario:** el conocimiento de las legislaciones o normativas existentes en el país y en el mundo permitirá importar equipos y medicamentos con etiquetas RFID.
- ✓ **Nivel de cultura institucional acerca de la tecnología RFID:** el conocimiento del personal de la entidad hospitalaria acerca de la tecnología RFID constituye un elemento importante a la hora de implementar sistemas de este tipo, debido a la participación activa de estos en los procesos de monitorización y trazabilidad de objetos.

## Capítulo 2: Modelo propuesto

- ✓ **Infraestructura tecnológica y posibilidades futuras:** identificar la infraestructura de red con que cuenta la entidad hospitalaria y el acceso de los profesionales de la salud a la misma.
- ✓ **Nivel de interferencia de posibles fuentes existentes en la entidad hospitalaria:** las transmisiones inalámbricas o de radio utilizadas por la alta gerencia durante sus operaciones.
- ✓ **Conocimiento de la gama de aplicaciones en el sector:** identificar si el personal tiene conocimiento de áreas dentro del sector donde puede ser utilizada dicha tecnología, por ejemplo en la:
  - ✓ Identificación y localización de pacientes.
  - ✓ Localización de personal importante en casos de emergencia.
  - ✓ Control de acceso de horas trabajadas.
  - ✓ Inventario en centros de cómputos.
  - ✓ Inventario de medicamentos.

### **Paso 2.** Selección de criterios.

Se seleccionan los criterios que serán evaluados. Siendo  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$  con  $k \geq 2$ . Este paso es necesario porque la existencia de un conjunto amplio de criterio es muy demandante para el decisor.

### **Paso 3.** Selección de expertos.

Se seleccionan los expertos a participar en la evaluación de acuerdos a criterios como su experiencia en sector sanitario.

#### **2.3.2 Obtención de la información.**

**Objetivo.** Obtener las preferencias de los decisores.

Representación gráfica:



Figura 15. Representación gráfica de la actividad obtención de la información.

**Pasos.**

**Paso 1.** Preparación previa.

Se reúnen los expertos y se le explican las características de la tecnología y del proyecto que se desea implantar.

**Paso 2.** Obtener preferencias

Se obtiene información sobre las preferencias de los decisores. Esta información representa la valoración de experto a los criterios. El vector de utilidad es representado de la siguiente forma  $V_j = \{v_{j1}, v_{j2}, \dots, v_{jn}\}$ , donde  $v_{jk}$  es la preferencia en relación al criterio  $c_k$  del requisito  $R_j$ . La valoración se da en el intervalo  $[0,1]$ , siendo 0 el peor valor y 1 el mejor.

### 2.3.3 Normalización de los valores.

**Objetivo.** Transformar los criterios a una escala en que puedan ser agregados correctamente.

### Representación gráfica.

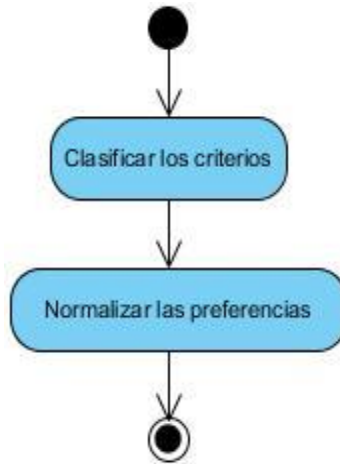


Figura 16. Representación gráfica de la actividad Normalización de los valores.

### Pasos.

#### Paso 1. Clasificación de los criterios.

La normalización de valores numéricos es uno de los pasos comunes a las principales técnicas de evaluación multicriterio. Es la operación mediante la cual un conjunto de valores de una determinada magnitud son transformados en otros. Los criterios se clasifican de acuerdo a su tipo en criterios de tipo costo y de tipo beneficio. En el primero una mayor valoración tiene connotaciones negativas en la evaluación final y en el segundo una positiva.

#### Paso 2. Normalización de las preferencias.

Los valores de las preferencias son normalizados teniendo en cuenta si son de tipo beneficio o costo(42). Siendo  $\tilde{v}_{jk}$  el valor normalizado, este se calcula para los criterios tipo beneficio como:

$$\tilde{v}_{jk} = \frac{v_{k \min} - v_{jk}}{v_{k \min} - v_{k \max}} \quad (5)$$

## Capítulo 2: Modelo propuesto

Y para el tipo costo:

$$\tilde{v}_{jk} = \frac{v_{k \max} - v_{jk}}{v_{k \max} - v_{k \min}} \quad (6)$$

Donde:

$v_{k \min}$  es la valoración mínima con respecto al criterio k y  $v_{k \max}$  es la valoración máxima con respecto al criterio k.

### 2.3.4 Determinación de los vectores de peso.

**Objetivo.** Determinar el vector de peso que indiquen importancia y compensación.

**Representación gráfica.**

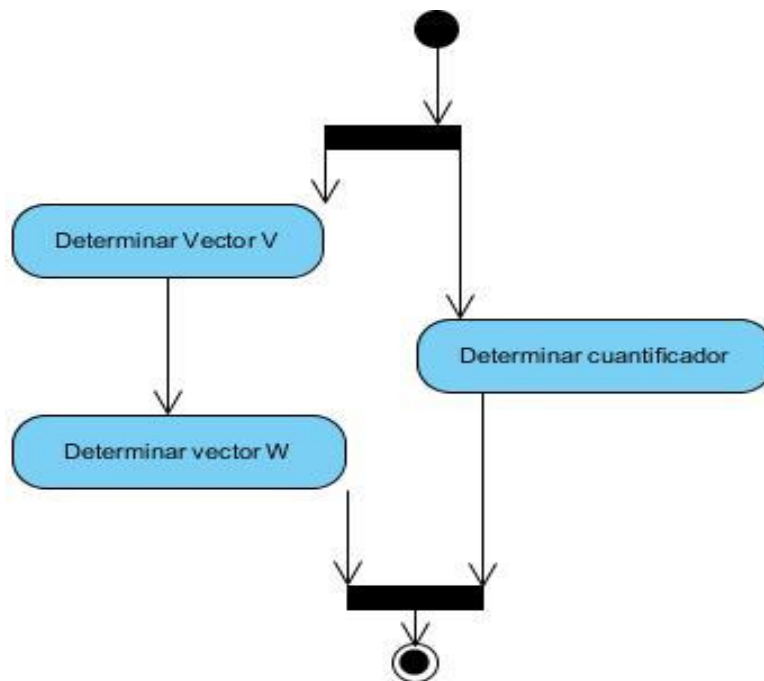


Figura 17. Representación gráfica de la actividad Determinar Vectores de Peso.



## Capítulo 2: Modelo propuesto

**Paso 1.** Determinar vector  $V$ .

Se plantean los vectores del operador OWAWAD. En el caso de  $V$  representa la importancia de criterios. El valor  $i$ -ésimo del vector  $V$  define la importancia del  $i$ -ésimo criterio. En caso del vector  $V$  se puede calcular mediante el método AHP (43).

**Paso 2.** Determinar cuantificador.

Se determina un cuantificador lingüístico para el cálculo del vector  $W$ . El vector de pesos asociado al operador OWA puede ser determinado por un cuantificador regular no decreciente  $Q$ .

$$w_i = Q\left(\frac{i}{n}\right) - Q\left(\frac{i-1}{n}\right) \quad (7)$$

El grado de orness asociado con  $Q$  está dado por el área debajo del cuantificador

$$oreness(Q) = \int_0^1 Q(r) dr \quad (8)$$

En el caso de los cuantificadores específicos se destaca el uso del cuantificador lingüístico la mayoría (44, 45).

Cuantificador. Al menos el 80%

$$\text{Mayores 80\% (X)} \begin{cases} 1, si x \geq 0,9 \\ 2x - 0,8, 0,4 < x < 0,9 \\ 0, si x \leq 0,4 \end{cases} \quad (9)$$

**Paso 3.** Determinar vector  $W$ .

En el caso de  $W$  representa el nivel de optimismo/pesimismo, y por tanto de riesgo. En el caso del vector  $W$  se puede utilizar los cuantificadores lingüísticos (46).

### 2.3.5 Agregación de la información.

**Objetivo.** Realizar la agregación de la información y mostrar los resultados.

**Representación gráfica.**



**Figura 18.** Representación gráfica de la actividad Agregación de la Información.

**Pasos.**

**Paso 1.** Realizar agregación individual.

La fusión de la información consiste en el proceso de combinar distintos datos brindando una única salida. Los operadores de agregación son un tipo de función matemática empleada para la fusión de la información. Combinan  $n$  valores en un dominio  $D$  y devuelven un valor en ese mismo dominio.

Ocurre la agregación de los valores normalizados de las preferencias y se obtiene un único valor numérico mediante el empleo del operador OWAWA (47, 48). Inicialmente se agregación la información dada por cada experto.

## *Capítulo 2: Modelo propuesto*

**Paso 2.** Realizar agregación colectiva.

Se obtiene una valoración colectiva a partir de los valores previos arrojados para cada experto (49). Se recomienda tener en cuenta la fiabilidad de las fuentes de información (50).

**Paso 3.** Mostrar resultado.

A partir de ese valor (V) y dado los umbrales de aceptabilidad se clasifican en factibilidad alta media o baja. Estos resultados son brindados a los decisores.

**Conclusiones parciales.**

- El modelo propuesto ayuda a la toma de decisiones en la evaluación previa de los proyectos de implantación de tecnología RFID en el área de salud en Cuba.
- La propuesta de metodología está conformada 5 fases los cuales incluyen un conjunto de actividades.
- El empleo de operador OWAWA permite una mayor flexibilidad al modelo propuesto.
- RFID-EVAL, incluye las actividades de obtención, análisis estático, aprendizaje, análisis de escenarios como ayuda en la toma de decisiones.

## Capítulo 3: Evaluación de la propuesta

### Capítulo 3. Evaluación de la propuesta.

El presente capítulo tiene como objetivo la validación de la propuesta. Se emplea el estudio de caso para demostrar la aplicabilidad de la propuesta. Se aplica la técnica de IADOV con el objetivo de conocer el estado de la satisfacción de los usuarios.

#### 3.1 Estudio de caso.

Para demostrar la aplicabilidad de la propuesta se desarrolla un estudio de caso(51). Se analiza la factibilidad de la aplicación de la tecnología de Identificación por Radio Frecuencia en el Hospital Clínico-Quirúrgico Arnaldo Milian Castro de la Provincia de Villa Clara. Se parte de la valoración que dan 10 expertos con conocimiento sobre los procesos hospitalarios. En la tabla 3 se muestran los resultados en un intervalo del 1 al 10 sobre las valoraciones dadas acerca de cada criterio.

**Tabla 3.** Valoración de los criterios de expertos.

critérios	Criterio/Experto	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
<b>C1</b>	Nivel de conocimiento sobre las resoluciones ministeriales adoptadas en Cuba y el mundo en el sector sanitario.	0,9	0,8	0,7	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8
<b>C2</b>	Nivel de cultura institucional acerca de la tecnología RFID.	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,2
<b>C3</b>	Infraestructura tecnológica y posibilidades futuras.	0,5	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,5	0,3	0,3
<b>C4</b>	Nivel de interferencia de posibles fuentes existentes en la entidad hospitalaria.	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1

### Capítulo 3: Evaluación de la propuesta

<b>C5</b>	Conocimiento de la gama de aplicaciones en el sector	0,1	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,2
-----------	--	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Los criterios seleccionados se identifican de dos formas, de tipo beneficio (C1, C2, C3, C5) o de tipo costo (C4). A continuación, en la **tabla 4** se muestra una valoración de cada requisito con respecto a los criterios mostrados anteriormente en la **tabla 3**, donde la misma se da en el intervalo [0,1], siendo 0 el peor valor y 1 el mejor. Esto se realiza para lograr una obtención de la información.

**Tabla 4.** Valoración de cada requisito para lograr una obtención de la información.

<b>Criterio/Experto</b>	<b>E1</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>	<b>E4</b>	<b>E5</b>	<b>E6</b>	<b>E7</b>	<b>E8</b>	<b>E9</b>	<b>E10</b>
<b>C1</b>	1	0,5	0	1	0,5	0	1	1	0,5	0,5
<b>C2</b>	1	0	0	0,5	0,5	1	0	0,5	0	0
<b>C3</b>	1	0	0,33	0,333	0,667	0,33	0	1	0,333	0,333
<b>C4</b>	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1
<b>C5</b>	0	0,5	0,5	0	1	0	0	0	1	0

Para la agregación de la información de criterios se utilizó el operador OWA con la vector  $W$  determinado por el cuantificador lingüístico "la mayoría" (44, 45),  $W = (0,0,0,4,0,4,0,2)$  y en el caso de la agregación de la valoración de los expertos se utiliza la media ponderada con el vector de pesos siguiente:

### Capítulo 3: Evaluación de la propuesta

Tabla 5. Valores del vector V.

Vector	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
V	0,4	0,2	0,13	0,733	0,567	0,2	0,2	0,6	0,633	0,467

A partir de estos datos se muestra la tabla 6 donde se agrega la información de los criterios.

Tabla 6. Agregación de la información según los criterios.

Agregación	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
	0,107	0,071	0,07	0,107	0,143	0,18	0,036	0,143	0,036	0,107

Finalmente la agregación de la información de cada experto arroja como resultado el valor  $V = 0,427$ .

A partir del mismo y a partir de los siguientes umbrales (52).

*baja si  $0 < V \leq 0.4$*

*media si  $0.4 < V \leq 0.75$*

*alta si  $0.75 < V \leq 1$*

Entonces

Analizando la factibilidad se puede concluir que es **Media**.

## *Capítulo 3: Evaluación de la propuesta*

### 3.2 Validación estática mediante la Técnica ladov.

La validación estática se efectuó a partir de los usuarios del modelo (53). Para ello se aplicó la técnica **ladov** (54, 55). A continuación se describe la aplicación de la misma. Dicha técnica constituye una vía para el estudio del grado de satisfacción de los usuarios. Para el desarrollo de la misma se aplicó una encuesta a un grupo de especialistas después de interactuar con el modelo realizado. Su objetivo fundamental es validar la fiabilidad, por ser este un aspecto susceptible de ser evaluado por los usuarios del modelo.

Las respuestas obtenidas permitieron conocer el grado de satisfacción en cuanto a:

- ✓ La contribución a la eficacia en los procesos de identificación, monitorización y trazabilidad de objetos o personas el sector sanitario.
- ✓ Las fortalezas del modelo que permiten elevar los niveles de eficacia.
- ✓ Los aspectos que consideren se debe incorporarse.

Constituye una vía indirecta para el estudio de la satisfacción, ya que los criterios que se utilizan se fundamentan en las relaciones que se establecen entre tres preguntas cerradas y dos abiertas. Estas tres preguntas se relacionan a través de lo que se denomina el "**Cuadro Lógico de ladov**" (**Tabla 8**) e indican la posición de cada sujeto en la escala de satisfacción.

**Tabla 7.** Cuadro lógico de ladov.

	1. ¿Consideras que se logra eficacia en la implantación de tecnología RFID sin emplear el <b>RFID-EVAL</b> ?								
	No			No sé			Si		
3. ¿Satisface el modelo propuesto sus expectativas?	2. ¿Si UD. requiere evaluar la implantación de la tecnología RFID utilizaría el modelo <b>RFID-EVAL</b> ?								
	<b>Si</b>	<b>No sé</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No sé</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No sé</b>	<b>No</b>

## *Capítulo 3: Evaluación de la propuesta*

Muy satisfecho.	1	2	6	2	2	6	6	6	6
Parcialmente satisfecho.	2	2	3	2	3	3	6	3	6
Me es indiferente.	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Más insatisfecho que satisfecho.	6	3	6	3	4	4	3	4	4
Para nada satisfecho.	6	6	6	6	4	4	6	4	5
No sé qué decir.	2	3	6	3	3	3	6	3	4

La escala de satisfacción es la siguiente:

1. Muy satisfecho.
2. Más satisfecho que insatisfecho.
3. No definida.
4. Más insatisfecho que satisfecho.
5. Clara insatisfacción.
6. Contradictoria.

Para medir el grado de satisfacción se tomó una muestra de 21 especialistas en la Universidad de las Ciencias Informáticas. El resultado de la satisfacción individual se muestra en la **Tabla 8**.

**Tabla8.** Satisfacción individual.

<b>RESULTADO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>%</b>
Máximo de satisfacción.	12	57,1
Más satisfecho que insatisfecho.	7	33,3
No definida.	2	9,5
<b>Más insatisfecho que satisfecho.</b>	0	0
<b>Clara insatisfacción.</b>	0	0
<b>Contradictoria.</b>	0	0



### Capítulo 3: Evaluación de la propuesta

Para obtener el índice de satisfacción grupal (ISG) se trabaja con los diferentes niveles de satisfacción que se expresan en la escala numérica que oscila entre +1 y - 1 (**Tabla 9**).

**Tabla 9.** Escala numérica para el ISG.

+1	<b>Máximo de satisfacción</b>
0,5	<b>Más satisfecho que insatisfecho</b>
0	<b>No definido y contradictorio</b>
- 0,5	<b>Más insatisfecho que satisfecho</b>
-1	<b>Máxima insatisfacción</b>

La satisfacción grupal se calcula mediante la siguiente expresión:

$$ISG = \frac{A+(0,5)B+(0)C-(0,5)D-E}{N} \tag{10}$$

Donde:

- *A, B, C, D, E*, representan el número de sujetos con índice individual 1, 2, 3 ó 6, 4, 5 respectivamente.
- *N* representa el número total de sujetos del grupo.

El índice grupal arroja valores entre + 1 y - 1. Los valores que se encuentran comprendidos entre - 1 y - 0,5 indican insatisfacción; los comprendidos entre - 0,49 y + 0,49 evidencian contradicción y los que caen entre 0,5 y 1 indican que existe satisfacción.

Para este caso el índice de satisfacción grupal se calcula de la siguiente forma  $ISG = (12 + 0,5 * 7)/21 = 0,738$ . Este resultado muestra el logro de una adecuada satisfacción con la propuesta y el reconocimiento del nivel de fiabilidad alcanzada.

**Iadov** contempla además dos preguntas complementarias de carácter abierto. En este caso fueron formuladas las siguientes:

## *Capítulo 3: Evaluación de la propuesta*

**Pregunta 4:** ¿Cuáles considera son las principales fortalezas del modelo? Argumente.

- **Pregunta 5:** ¿Qué añadiría al modelo? Argumente.

Sobre las dos preguntas complementarias de carácter abierto los encuestados respondieron:

- **Pregunta 4:**
  - Un enfoque multicriterio/multiexperto.
  - El operador de agregación empleado.
  - Los criterios sugeridos.
- **Pregunta 5:**
  - Nuevos criterios.
  - El uso de una herramienta informática para automatizar el modelo.

En el resto de las preguntas hubo consenso en cuanto a la importancia de las técnicas y herramientas de evaluación. **(Ver Anexo 1)**.

## **Conclusiones**

- A partir de la sistematización de los referentes teóricos que sustentan la presente investigación, se fundamenta la necesidad un modelo para la previa evaluación de dicha tecnología que permita avalar el análisis de factibilidad en el área de salud.
- El autor desarrolló un modelo de ayuda a la toma de decisiones basados en modelos matemáticos de ranking mediante el método de scoring, haciendo uso de operadores de agregación para la evaluación de las opciones.
- El modelo (RFID EVAL) propuesto por el autor permite demostrar la eficacia del uso de la tecnología en las distintas ramas dentro del área de salud.

### **Recomendaciones**

1. La aplicación de la propuesta a otras iniciativas de implantación de RFID para obtener una mayor retroalimentación sobre el modelo.
2. El desarrollo de una herramienta informática que brinde soporte al modelo propuesto.
3. Incluir otros criterios significativos para la evaluación de la factibilidad en la propuesta.

## *Referencias Bibliográficas*

1. Schulz R, Beach SR, Matthews JT, Courtney K, Dabbs AD, Mecca LP, et al. Willingness to Pay for Quality of Life Technologies to Enhance Independent Functioning Among Baby Boomers and the Elderly Adults. *The Gerontologist*. 2014;54(3):363-74.
2. Isasi-Genix A, Gómez-Acosta MI, Stuart-Cárdenas ML. Diseño del proceso de implementación de software en DESOFT Habana. *Ingeniería Industrial*. 2012;33(1):60-8.
3. Suárez AL, García AB, Fernández YL, Gutiérrez OG, Portu YB, Pérez YG, et al. Confección de materiales audiovisuales para la enseñanza de la asignatura Informática en estudiantes no hispanohablantes. *Panorama Cuba y Salud*. 2015;6(Esp):65-7.
4. Dismey SL, editor. Representación del conocimiento causal. Aplicaciones en la medicina. *Informática Salud 2013; 2012*.
5. Saavedra López D, Armentero Moreno Y, Morales Tabares ZE. Aplicación web para la realización de estudios farmacocinéticos, versión 2.0. *Revista Cubana de Informática Médica*. 2013;5(2):118-31.
6. Lin CA, Atkin DJ. *Communication technology and social change: Theory and implications*: Routledge; 2014.
7. Bort-Roig J, Gilson ND, Puig-Ribera A, Contreras RS, Trost SG. Measuring and influencing physical activity with smartphone technology: a systematic review. *Sports Medicine*. 2014;44(5):671-86.
8. Pineles LL, Morgan DJ, Limper HM, Weber SG, Thom KA, Perencevich EN, et al. Accuracy of a radiofrequency identification (RFID) badge system to monitor hand hygiene behavior during routine clinical activities. *American journal of infection control*. 2014;42(2):144-7.
9. Alfredo RR, Diana Rosa AE, Reinier MP, Yuneisi CT, editors. SLD151 Monitorización en tiempo real de pacientes y médicos en el Hospital usando Radiofrecuencia (RFID). *Informática Salud 2013; 2012*.
10. Pérez RM, Sorí RR. Monitorización en tiempo real de pacientes en un sistema de información hospitalaria. *Serie Científica*. 2012;5(8).
11. Correa Espinal A, Álvarez López CE, GÓMEZ MONTOYA RA. Sistemas de identificación por radiofrecuencia, código de barras y su relación con la gestión de la cadena de suministro. *Estudios Gerenciales*. 2010;26(116):115-41.
12. Jiang B, Elliott MR, Sammel MD, Wang N. Joint modeling of cross-sectional health outcomes and longitudinal predictors via mixtures of means and variances. *Biometrics*. 2015.
13. Rotter P. Las tecnologías de identificación personal: la biometría. *Mirando al Futuro* Pág. 2008:72-5.
14. Jiménez DC, Corral AL. 1. Definición.
15. Toro LMBd. SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA [cited 2015].
16. Harrop P, Das R. RFID for Healthcare and Pharmaceuticals 2008–2018. *Pharmaceuticals*. 2008;2008:2018.
17. Bernabe LBP. Metodologías para el desarrollo de aplicaciones RFID: un ejemplo práctico. México: Centro de Innovación y desarrollo tecnológico en cómputo del IPN; 2009.
18. Peris López P. Lightweight cryptography in radio frequency identification (RFID) systems. 2008.
19. Soluciones de trazabilidad de RFID. España; Available from: <http://www.dipolertifid.es/Productos/RFID.aspx>.
20. Ruiz RdJU. Tutorial sobre circuitos RFID. 2011.
21. Fernández SA, Frías JDM, García CR-M, editors. RFID: La tecnología de identificación por radiofrecuencia. *anales de mecánica y electricidad*; 2006: Asociacion de Ingenieros del ICAI.
22. RODRIGUEZ HERNANDEZ A. ANALISIS Y DESCRIPCION DE IDENTIFICACION POR RADIO FRECUENCIA TECNOLOGIA, APLICACIONES, SEGURIDAD Y PRIVACIDAD 2009.
23. La comunidad RFID en latinoamerica Available from: <http://www.rfidpoint.com/blog/aplicaciones-de-rfid-en-el-sector-salud/>.

## *Referencias Bibliográficas*

24. Aplicaciones de RFID en el sector Salud. Peru25/10/2012 [cited 2014]; Centro de Documentación para la Innovación de la Cadena de Suministro].
25. Villalobos Gray FS. Pulsera medica con tecnología rfid: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Industrial; 2014.
26. Chen C-I, Liu C-Y, Li Y-C, Chao C-C, Liu C-T, Chen C-F, et al. Pervasive observation medicine: the application of RFID to improve patient safety in observation unit of hospital emergency department. *Studies in health technology and informatics*. 2005;116:311-5.
27. Fry EA, Lenert LA, editors. MASCAL: RFID tracking of patients, staff and equipment to enhance hospital response to mass casualty events. *AMIA Annual Symposium Proceedings*; 2005: American Medical Informatics Association.
28. Knaup P, Bott O, Kohl C, Lovis C, Garde S. Electronic patient records: moving from islands and bridges towards electronic health records for continuity of care. *Yearb Med Inform*. 2007;1:34-46.
29. Pirrone J, Huerta MK. Rfid en el sector salud: Aplicaciones, beneficios e incertidumbres. *Universidad, Ciencia y Tecnología*. 2011;15(60):144-50.
30. Harrop P, Das R, Holland G. *RFID in Healthcare 2006-2016*. IDTechEx, Cambridge, UK. 2006.
31. Chawla V, Ha DS. An overview of passive RFID. *Communications Magazine, IEEE*. 2007;45(9):11-7.
32. Carazo AF. Un estudio holístico de la selección y planificación temporal de carteras de proyectos. *Rect@: Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*. 2008(9):5-44.
33. García-Cascales M, Gómez-López M, Lamata M, editors. Estudio de los criterios de evaluación en el Programa de Evaluación Institucional (PEI) de la ANECA para las titulaciones en el ámbito de la Ingeniería Industrial.
34. VÁZQUEZ MYL. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas: Universidad de las Ciencias Informáticas; 2013.
35. Levy G, Razin R. Correlation neglect, voting behaviour and information aggregation. *American Economic Review*. 2015:1-14.
36. Zadeh LA. Fuzzy Set Theory and Probability Theory: What is the Relationship? *International Encyclopedia of Statistical Science: Springer*; 2011. p. 563-6.
37. Fernández JMD. Modelado de los procesos de toma de decisión en entornos sociales mediante operadores de agregación OWA: Tesis en opción al grado de doctor en ciencias, Universidad de Málaga; 2008.
38. Smolíková R, Wachowiak MP. Aggregation operators for selection problems. *Fuzzy Sets and Systems*. 2002;131(1):23-34.
39. Leyva-Vázquez M, Pérez-Teruel K, John RI, editors. A model for enterprise architecture scenario analysis based on fuzzy cognitive maps and OWA operators. *Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP), 2014 International Conference on*; 2014: IEEE.
40. Pérez Teruel K, Leyva Vázquez MY, Estrada Sentí V. Proceso de consenso en modelos mentales y aplicación al desarrollo de software ágil en bioinformática. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*. 2014;25(3):318-32.
41. Leyva-Vázquez M, Marín MAF, Teruel KP. Operador TW-OWA su aplicación en la fusión de la información. *Taller de Cibernética Aplicada ICIMAF-2012*. 2012.
42. Barbazza A, Collan M, Fedrizzi M, Luukka P. Consensus Modeling in Multiple Criteria Multi-expert Real Options-Based Valuation of Patents. *Intelligent Systems' 2014: Springer*; 2015. p. 269-78.
43. Saaty TL. Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. *European journal of operational research*. 2003;145(1):85-91.
44. Ahn BS, Yager RR. The use of ordered weighted averaging method for decision making under uncertainty. *International Transactions in Operational Research*. 2014;21(2):247-62.

## *Referencias Bibliográficas*

45. Mesas PJDJ, La Red D. OPINIÓN DE MAYORÍA EN TOMA DE DECISIÓN EN GRUPO MEDIANTE EL OPERADOR QMA-OWA.
46. Novák V, Murinová P. Intermediate Quantifiers in Fuzzy Natural Logic. ODAM 2013. 2013:48.
47. Merigó JM, Engemann KJ, Palacios-Marqués D. Decision making with Dempster-Shafer belief structure and the OWAWA operator. Technological and Economic Development of Economy. 2013;19(sup1):S100-S18.
48. Merigó JM, editor. On the use of the OWA operator in the weighted average and its application in decision making. World Congress on Engineering; 2009.
49. Pak JM, Yoo SY, Lim MT, Song MK. Weighted average extended FIR filter bank to manage the horizon size in nonlinear FIR filtering. International Journal of Control, Automation and Systems. 2015:1-8.
50. Alexiou E, Kontos T, Halvadakis C. Fuzzy GIS-Based Multiple Criteria Analysis Methodology for MSW Landfill Risk Assessment. 2015.
51. Stake RE, Savolainen R. The art of case study research: Sage publications Thousand Oaks, CA; 1995.
52. Jimenez SV, Mustelier D. Modelo matemático y procedimiento para evaluación por complejidad de los requisitos software.
53. Fernández de Castro Fabre A, López Padrón A. Validación mediante criterio de usuarios del sistema de indicadores para prever, diseñar y medir el impacto en los proyectos de investigación del sector agropecuario. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 2014;23(3):77-82.
54. López A, González V. La técnica de Iadov. Una aplicación para el estudio de la satisfacción de los alumnos por las clases de educación física. Revista Digital Lecturas. 2002;47.
55. Gallegos AG, Valenzuela AV, López MG, Richart CB, Alonso SJ. Las clases de Educación Física y el deporte extraescolar entre el alumnado almeriense de primaria. Una aplicación práctica mediante la técnica de Iadov. Lecturas: Educación física y deportes. 2006(98):8.

**ANEXO 1. ENCUESTA PARA APLICACIÓN DEL MÉTODO IADOV**

Encuesta para la validación del modelo de ayuda para la toma de decisiones (RFID-EVAL).

- 4. ¿Considera importante utilizar técnicas y herramienta de evaluación en las organizaciones?**

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ NO SE \_\_\_\_\_

- 5. ¿Consideras que se logra eficacia en la implantación de tecnología RFID sin emplear el RFID-EVAL?**

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ NO SE \_\_\_\_\_

- 3 ¿Cuáles considera son las principales fortalezas del modelo? Argumente.**

- 6. ¿El modelo RFID-EVAL contribuye a agilizar el proceso de toma de decisiones?**

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ NO SE \_\_\_\_\_

- 7. ¿Si UD. requiere evaluar la implantación de la tecnología RFID utilizaría el modelo RFID-EVAL?**

SI \_\_\_\_\_ NO \_\_\_\_\_ NO SE \_\_\_\_\_



**8. ¿Satisface la propuesta sus expectativas? Marque con una X.**

Muy satisfecho.	
Parcialmente satisfecho.	
Me es indiferente.	
Más insatisfecho que satisfecho.	
Para nada satisfecho.	
No sé qué decir.	

**9. ¿Qué añadiría al modelo? Argumente.**