

**ESTUDIO DE UN SISTEMA PARA REGISTRO Y TRAZABILIDAD EN
GANADERÍA, UTILIZANDO IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA (RFid)**

0 9 1 7

**HILBERT HAYVER TORRES ZAFRA
Cód. 9902181**



**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
TUNJA
2008**

**ESTUDIO DE UN SISTEMA PARA REGISTRO Y TRAZABILIDAD EN
GANADERÍA, UTILIZANDO IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA (RFid)**

**HILBERT HAYVER TORRES ZAFRA
Cód. 9902181**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR
AL TITULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TUTOR:
Ing. LUIS FREDY SOSA QUINTERO
DOCENTE Y DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
TUNJA
2008**

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

20 de junio de 2008

Doy gracias a Dios, quien me ha guiado por caminos del bien, y me acompañó en el transcurrir de mi carrera, dándome fortaleza en aquellos momentos en que pensaba renunciar a mis sueños.

Dedico este logro a mis padres, quienes nunca dudaron de mis capacidades y estuvieron a mi lado para apoyarme.

Agradezco inmensamente a toda la planta de docentes, que más que brindarme un conocimiento, me brindaron su confianza, lealtad y amistad.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. EL PROBLEMA	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Descripción del problema	2
1.3. Formulación del problema	3
2. JUSTIFICACIÓN	4
3. OBJETIVOS	4
3.1. OBJETIVO GENERAL	4
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
4. ALCANCES	6
5. ESTADO DEL ARTE	6
5.1 TRAZABILIDAD E IDENTIFICACIÓN	6
5.2 CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACION	7
5.3 EXPERIENCIAS INTERNACIONALES	7
5.3.1 BRASIL	8
5.3.2 AUSTRALIA	8
5.3.3 NUEVA ZELANDA	9
5.3.4 REINO UNIDO	9
5.3.5 ARGENTINA	10
5.3.6 URUGUAY	11
5.4 SITUACIÓN ACTUAL DE NUESTRO PAÍS	12
6. MARCO TEÓRICO	12
6.1. DESCRIPCION DEL LA TECNOLOGÍA	12
6.2. EVOLUCION DE LA TECNOLOGIA RFID	15
6.3. COMPONENTES DE UN SISTEMA RFID	15
6.3.1 Transponder	16
6.3.1.1. Etiquetas activas	16
6.3.1.2 Etiquetas pasivas	18
6.3.2 Lectores	
6.4 PRINCIPIOS BÁSICOS DE FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA	21
RFID	22
6.4.1 Acoplamiento inductivo	26
6.4.2 Acoplamiento backscatter	

6.4.3 <i>Close coupling</i>	28
6.5 RANGOS DE FRECUENCIA	29
6.6 DIFERENTES SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN	30
6.6.1. <i>Códigos de barras</i>	31
6.6.2. <i>Procedimientos biométricos</i>	33
6.6.3. <i>Tarjetas inteligentes (Smart Cards)</i>	33
6.7 CRITERIOS DIFERENCIALES EN SISTEMAS RFID	34
6.7.1. <i>Frecuencia de operación</i>	34
6.7.2. <i>Rango de alcance</i>	35
6.7.3. <i>Requisitos de seguridad</i>	36
6.7.4. <i>Capacidad de memoria</i>	37
6.8 SISTEMAS RFID SEGÚN SU FRECUENCIA DE OPERACIÓN	37
6.8.1 <i>Sistemas RFID a 13.56MHz.</i>	38
6.8.2 <i>Sistemas RFID en la banda UHF: de 400 a 1000MHz.</i>	42
6.8.3 <i>Sistemas RFID a 2450 MHz.</i>	46
6.9 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS RFID	48
6.9.1. <i>Sistemas Low-end</i>	49
6.9.2. <i>Sistemas Mid-range</i>	50
6.9.3. <i>Sistemas High-end</i>	50
6.9.4. <i>Sistemas half/full duplex</i>	52
6.9.5. <i>Sistemas secuenciales</i>	53
6.10 PRINCIPIOS FISICOS DE LOS SISTEMAS RFID	55
6.10.1 <i>Campo magnético</i>	55
6.10.2 <i>Ondas Electromagnéticas</i>	67
6.11 CODIGOS Y MODULACIONES	69
6.11.1 <i>Codificación en Banda Base.</i>	70
6.11.2 <i>Modulaciones Digitales usadas.</i>	72
6.11.2.1. <i>ASK (Amplitude shift keying)</i>	72
6.11.2.2. <i>2FSK (Frequency shift keying)</i>	73
6.11.2.3. <i>2PSK (Phase shift keying)</i>	73
6.11.2.4. <i>Modulaciones que usan subportadora</i>	73
6.12. APLICACIONES DE LOS SISTEMAS RFID	73
6.13. REGULACION Y ESTANDARIZACION	76
7. DESARROLLO DEL PROYECTO	79
7.1. IDENTIFICACIÓN ANIMAL	79
7.1.1. <i>IDENTIFICACION ELECTRONICA EN BOVINOS (IDE) mediante radiofrecuencia (recomendada para este estudio).</i>	81
7.1.2. TAGS PARA IDENTIFICACIÓN ANIMAL	82
7.1.2.1 <i>Bolo Ruminal</i>	82
7.1.2.2. <i>Caravanas u Orejeras</i>	83
7.1.2.3. <i>Implante Subcutáneo</i>	83
7.1.3 LECTOR	84

7.1.4. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR REGISTRO.	84
7.2. SOFTWARE DE TRAZABILIDAD GANADERA	86
7.2.1 CONFIGURACIÓN DE BASE DE DATOS	86
7.2.2.DATOS DE LA GRANJA	88
7.2.3. FORMATO DE LA APLICACIÓN	89
7.2.4. ENTRADA RAPIDA DE UN EVENTO	90
7.2.5. NAVEGACIÓN POR VAQUITEC	91
7.2.6. CAMPOS DE EVENTO	93
7.2.7. ACTIVAR/DESACTIVAR	95
7.2.8. HOJA DE RESULTADOS	96
7.2.9. INTERVALOS DE TIEMPO	97
7.2.10. GENÉTICA	98
7.3. ESTANDARIZACIÓN	98
Conclusiones	101
Glosario	103
Bibliografía e Infografía	104
Anexos	
Anexo 1 ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL BOLO RUMINAL	105
Anexo 2 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA ANTENA	106
Anexo 3 ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL MODULO O LECTOR	106
Anexo 4 ESPECIFICACIONES DEL TRANSPONDER INYECTABLE	107

INTRODUCCION

En transcurso de este documento se darán cuenta de cómo surge una solución más de las innumerables de una tecnología tan joven, pero al mismo tiempo tan implementada como lo es la identificación por radiofrecuencia.

En un campo tan elemental como lo es la ganadería, surge con la globalización el problema de garantizar la calidad y procedencia de los productos, y es cuando empieza a nombrar el termino de trazabilidad; un termino muy desconocido en el argot popular de nuestros pequeños y tradicionales ganaderos. Pero no es desconocido para los que vemos a la ganadería como una empresa agropecuaria, con un futuro extraordinario; futuro que para su éxito necesitamos evolucionar como lo han hecho los demás sectores industriales.

Es por eso que surge esta aplicación inspirada en mi condición de ganadero e Ingeniero Electrónico, para generar e implementar sistemas como el propuesto en este estudio a este sector económico tan importante para este país.

En los capítulos de este documento, se encontrará una descripción detallada, que espero que sirva como consulta y sea de gran ayuda a estudiantes de ingeniería electrónica, a cerca de la tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID); también se podrá encontrar los elementos necesarios para la planificación e implementación de un sistema de trazabilidad para ganadería; con el fin de presentar una herramienta útil a ganaderos con el ánimo de mejorar su competitividad y productividad.

1. EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

¿Actualmente la ganadería cuenta con un sistema que permita registrar una estadística detallada de nuestros ganados?

1.2. Descripción del problema

La ganadería es una parte fundamental para el desarrollo de la economía de este país, pero si no tenemos controles de productividad eficientes, no somos competitivos frente a los mercados internacionales, los cuales serán nuestro objetivo para el éxito de este importante gremio.

En la actualidad está muy de moda hablar de trazabilidad, especialmente en tratados de libre comercio, con el fin de garantizar calidades en los productos, por eso la norma ISO 8402 define la trazabilidad como "la relación ininterrumpida del animal desde su nacimiento hasta los productos derivados de la faena de ese animal, comercializados y puestos a disposición del consumidor. Es la posibilidad de reencontrar esos datos, los antecedentes, la locación de una entidad, mediante identificaciones registradas"¹.

En otras palabras, hablar de trazabilidad de carnes o de ganado es hablar de la posibilidad de mirar para atrás y poder reconstruir todo el proceso seguido, identificar las etapas, las variables influyentes, los antecedentes de nuestros ganados, en aspectos tanto comerciales como genéticos; es tan importante como llevar la estadísticas de nuestras haciendas y así poder tener un control más exacto de nuestros inventarios en ganado de diferentes propósitos.

1.3. Formulación del problema

Para poder llevar a cabo este proceso, es indispensable la identificación individual de cada semoviente, para lo cual es necesario hacer uso de la tecnología. Para este objetivo se utilizará un sistema de comunicación por radiofrecuencia que sea capaz de identificar cada animal con el fin de almacenar información a cerca del desarrollo del mismo y así lograr nuestro objetivo primordial que consiste de disponer un historial completo y detallado del ganado.

¹ Norma ISO 8402

2. JUSTIFICACIÓN

La ganadería en nuestro país siempre ha sido de gran importancia para la economía. Tenemos los mejores climas y terrenos, y gracias a éstos podemos escoger el propósito de la ganadería a al que más nos acomodamos, tenemos variedades de razas y en cuanto a la genética estamos a la vanguardia, estamos en la capacidad de producir una importante cantidad de carne, leche y sus derivados, realmente estamos en grandes ventajas frente a otros países de sur América gracias a las cualidades de nuestros terrenos; lo más importante, y quizá por lo cual personalmente me impulsa al desarrollo de este proyecto es que actualmente estamos en negociación de un tratado de libre comercio (TLC) con esta Estados Unidos y Europa.

Una de las condiciones más importantes, para lograr la negociación de la exportación de carne, leche y sus derivados, son las condiciones sanitarias que exigen y para esto es indispensable el uso de un sistema que pueda llevar una trazabilidad de los productos que se quieran exportar; por lo tanto desde el punto profesional, es muy importante el desarrollo de este proyecto, puesto que la aplicación y la comercialización de sistemas para este fin, en su momento tendrá una demanda muy importante y estaremos a la expectativa para incursionar en estos.

Por otra parte, el sector agrario y ganadero se debe empezar a ver como una gran industria, a la cual debemos actualizar, tecnificar para así elevar nuestra productividad y por ende nuestra competitividad y lograr los mercados realmente importantes que son los internacionales.

Este proyecto beneficiará a todo el sector ganadero, bien sea grande o pequeño, puesto que si logramos exportar la oferta de dichos productos se incrementará de tal forma que descongestiona la comercialización o los mercados nacionales.

La trazabilidad incrementa el valor agregado de sus animales, ajustándose a las demandas y normas de los principales mercados internacionales, entre ellos la Unión Europea. Aprovechando las virtudes brindadas por el sistema podrá adquirir mayores ventajas competitivas frente a los otros productores y acrecentar la imagen de su hacienda, y fomentará la concreción de nuevas relaciones comerciales. A través de las consultas estadísticas brindadas por el software, obtendrá las herramientas necesarias para el mejoramiento continuo de la calidad de sus productos, obteniendo así mayores beneficios.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar un sistema que sea capaz de identificar y registrar cambios en una base de datos para su posterior consulta y así obtener la trazabilidad en la ganadería, utilizando identificación por radiofrecuencia (RFId).

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 3.2.1 Identificar los aspectos importantes para un buen sistema de trazabilidad.
- 3.2.2 Analizar los dispositivos que juegan un papel importante en la tarea de identificación animal, teniendo en cuenta ventajas y desventajas
- 3.2.3 Recomendar un software existente o en su defecto realizarlo, que contenga una base de datos eficiente con el fin de obtener una trazabilidad completa y de la ganadería en cuestión.
- 3.2.4 Deducir el porqué la tecnología de identificación por medio de radio frecuencia es la más óptima para la identificación animal.
- 3.2.5 Generar un texto de consulta para la Universidad Santo Tomás dedicado a sus estudiantes de Ingeniería Electrónica con una descripción muy detallada de identificación por radio frecuencia (RFId).

4. ALCANCES

Si tomamos todo el potencial que puede desarrollar RFID y lo comparamos a las aplicaciones reales nos podemos dar cuenta que esta tecnología esta en su etapa de infancia, muy parecida a la vivida por las computadoras hace mas o menos 15 años, cuando un disco duro de 80 mega byte costaba unos \$300 dólares y pesaba 5 kilos. Muy pocos podíamos imaginar que por el mismo precio hoy día podemos adquirir un disco duro 1000 veces mas grande en capacidad y pesando *la centésima parte y colocarlo en el bolsillo de tu chaqueta o en un maletín con unos audífonos para escuchar tu música favorita en formato MP3 mientras vas caminando por la calle.*

Así mismo, creemos que los avances tecnológicos se moverán rápidamente hacia RFID, solo que a una velocidad acelerada dada la proporción de desarrollo de alta tecnología. Por ejemplo, hoy día ya hay reportes de una tendencia a pasar a etiquetas RFID que usan alternativas de silicio más económicas así como etiquetas magnéticas "sin chip".

Así que, justamente como sucedió y sucede día a día en la industria de la computación, se puede esperar que el costo de los componentes RFID y los sistemas asociados se reducirán dramáticamente en los años por venir – lo cual nos dará el tiempo para encontrar las mejores aplicaciones y la mejor forma de usarlos. Esto explica el porque tantos proveedores clave, distribuidores y minoristas tiene planes de implementar programas pilotos a la brevedad.

Es por esto que ubicando donde se encuentran hoy día los baches podemos hacer mas fácil el recorrer el camino. A continuación presentamos una serie de retos clave para enfrentar a RFID, así como lo que consideramos unos factores críticos de éxito en su implementación.

5. ESTADO DEL ARTE

Sistemas de identificación animal son utilizados actualmente en varios campos, con la finalidad de saber su procedencia, pertenencia y muchas veces el estado sanitario de animales. Estos sistemas son utilizados en mascotas, equinos, animales salvajes y silvestres.

La tecnología RfID da un gran salto hacia el comercio, debido a su aceptable aplicación en control de inventarios; y es así que empiezan a crearse soluciones RfID para aplicaciones ganaderas, con el fin de llevar datos estadísticos y evolutivos del ganado dependiendo su propósito y es cuando se empieza a hablar de trazabilidad.

5.1 TRAZABILIDAD E IDENTIFICACIÓN

La trazabilidad consiste en la posibilidad de mirar para atrás y poder reconstruir todo el proceso seguido, identificar las etapas, las variables influyentes y sus protagonistas; de allí surge que la identificación del animal la cual es la base del sistema de trazabilidad. Decimos la base porque, a pesar de su indiscutida importancia, la identificación no agota el sistema, pues se complementa con al menos dos fases más: la recolección de la información suministrada por el identificador y la base de datos que contiene y publicita esa información.

En la identificación, encontramos que la norma ISO 9002 la define como: "Marcación, señalización, estampado o etiquetado del producto y/o componente, a fin de facilitar su reconocimiento, evitar la mezcla y /o pérdida del mismo y posibilitar su posterior rastreabilidad"².

Como surge de la norma, distintos son los medios que permiten identificar y, consecuentemente, son variados los sistemas de identificación que existen hoy en ganadería gracias a los avances tecnológicos en el almacenamiento y transmisión de datos, los cuales analizaremos mas adelante de forma comparativa.

5.2 CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACION

Es importante precisar que para que cualquier sistema tenga éxito tanto en su finalidad como en su incidencia en los costos, es necesario que ese identificador cumpla los siguientes requisitos o características:

- sea permanente, único y acompañe al animal durante toda su vida.
- sea mínima la probabilidad de pérdida del dispositivo.

² norma ISO 9002

- sirva como instrumento adecuado para demostrar la propiedad del animal.
- sea funcional a la certificación de sanidad de la hacienda cualquiera sean los requisitos (producción orgánica, apelación de origen, objetivo exportador, etc.).
- permita relacionar los movimientos y la cadena productiva.
- permita eficiencia en el manejo del rodeo, mediante su lectura rápida y correcta transmisión de datos, facilitando las tareas de registro y, también, la emisión de planillas.
- sea adecuado a las normas internacionales
- inalterable.
- no contamine ni dañe el producto.

5.3 EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

Distintos son los alcances y la profundidad de los diversos programas de trazabilidad adoptados en el mundo. En efecto, la Unión Europea y Japón impusieron la trazabilidad obligatoria y los sistemas implementados son los de mayor alcance; cubren toda la vida del animal hasta la boca de expendio y son permanentemente auditados.

Por su parte Australia y Brasil impusieron solo para carnes exportadas, pero estudian proyectos para hacerla obligatoria. Australia registra en el sistema el contenido de los containers y, al igual que Brasil, está en condiciones de vincular a los animales y sus campos de origen con los productos

5.3.1 BRASIL

Allí se ha implementado el SISTEMA BRASILEÑO DE IDENTIFICACION Y CERTIFICACION DE ORIGEN BOVINO (SISBOV) que intenta: identificar, registrar y monitorear individualmente todos los bovinos nacidos en Brasil e importados. Los procedimientos que en consecuencia se adopten deben ser previamente aprobados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAPA) de Brasil.

Esta normativa se aplica en todo el territorio nacional mediante dispositivos internos o externos que permitan la identificación y el monitoreo individual de los animales, aprobados y autorizados por MAPA. El dispositivo más difundido es el chip.

Esos dispositivos complementan el Documento de Identificación individual que acompañará al animal durante toda su vida, desde el nacimiento hasta la faena o muerte accidental o natural, registrando los movimientos resultantes de transferencias o sacrificios.

5.3.2 AUSTRALIA

Como sistema de identificación utilizan doble caravana: una es la de origen que acompaña al animal durante toda su vida; y otra es de transacción, que se coloca en el animal cada vez que cambia de establecimiento o se vende para faena. Estas últimas pueden ser auriculares, de cola envolvente, o de cremallera y deben incluir un número identificadorio.

Estudios realizados en ese país determinaron que la mayor tasa de retención la logró la caravana auricular con dispositivo de radiofrecuencia (98.9%). Si bien es más económica la tecnología de código de barras, la experiencia *demostró mayor eficiencia en sistemas basados en RFID.*

El sistema de trazabilidad en Australia es financiado por los productores y la industria a través de la Asociación Ganadera de Australia, entidad que se financia con fondos provenientes de impuestos pagados por los ganaderos. Sin embargo, algunos estados, ha fomentado la trazabilidad impulsando y financiando estudios en materia de identificación.

5.3.3 NUEVA ZELANDA

Está absolutamente extendido el uso de caravanas plásticas (generalmente escritas a mano), con fines organizativos, de manejo del rodeo y comerciales, pero no sanitarios, dado que la situación sanitaria en Nueva Zelanda es excelente. Es mayor la experiencia en identificación cuando se trata de producción lechera. Se utilizan dos caravanas, con los números secuenciales identificadorios, del animal y del establecimiento. La primera caravana sirve al trabajo cotidiano del establecimiento, mientras que la segunda lleva los datos del animal y del establecimiento, identificándolo en el rodeo nacional. Se trata de caravanas plásticas o metálicas.

Se han llevado a cabo experiencias para que esa caravana secundaria incluya un dispositivo de RFID y se desechó la posibilidad del dispositivo subcutáneo a la par que se realizan estudios sobre técnicas de identificación por ADN

Hace ya algunos años comenzó un programa de identificación animal obligatorio, dividido en cuatro fases:

- A.- Uso de códigos identificadorios
- B.- Uso de caravanas oficiales con códigos únicos e irrepetibles,
- C.- Procesamiento de datos e información,
- E.- Intercambio de información con organismos sanitarios y asociaciones de productores.

En Nueva Zelanda el costo del programa de identificación pesa sobre los productores. Esa circunstancia, sumada a la falta de problemas sanitarios, determina que a pesar de ser un importante productor de carne a nivel internacional, no sea uno de los países más avanzados en materia de

identificación y trazabilidad. De algún modo careciendo de problemas sanitarios y debiendo asumir los costos, la pregunta de los productores es cuál es la razón de implementar programas de trazabilidad tan exigentes y sofisticados como los de otros países que no tienen el mismo nivel sanitario y cuentan con subsidios estatales.

5.3.4 REINO UNIDO

La importancia de este país a la hora de estudiar la trazabilidad, surge de la relevancia que el tema tuvo en su producción a partir de la BSE (enfermedad de las vacas locas).

Allí se utiliza, de acuerdo con las normas de la UE, la doble caravana. Una lleva la información de logo, código de país y código numérico, con números que puedan ser fácilmente visualizados. La otra caravana contiene el número individual del animal y toda la información referida a la producción relacionada con el mismo.

Paralelamente, los ganaderos deben llevar un pasaporte por animal, que contienen los números correspondientes al establecimiento y al animal, un código de barras y hojas en las que se registran los movimientos, transferencias y transportes. Cada una de esas hojas debe ser enviada a la base de datos central, ya sea por correo o electrónicamente. Esa base de datos es manejada por el Servicio de Movimiento de Ganado de Gran Bretaña, cuya fundación y puesta en marcha fue financiada íntegramente por el gobierno, previendo el futuro aporte de los productores y la industria. Un papel de importancia lo asume el fabricante de caravanas, quien verifica la secuencia numérica y al entregarlas al productor informa a la base de datos.

5.3.5 ARGENTINA

Para Establecimientos inscriptos en el Registro de Proveedores de ganado para faena de Exportación, la Res. 15/2003 del Senasa (Servicio nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria) establece un sistema voluntario que puede sintetizarse así: a) Identificación animal mediante caravana en oreja izquierda con código al frente, y al dorso el Nro de Renspa del Productor. Esa caravana se complementa con un botón con la sigla EC si el animal ingresa en un establecimiento de engorde a corral. Asimismo, la resolución impone una serie de documentación que el establecimiento debe llevar: a) Libro Registro de Movimientos y Existencias habilitado y foliado por el Senasa, donde deben registrarse las caravanas, los nacimientos, las muertes, los ingresos, los egresos; b) TRI (Tarjeta de Registro Individual) en la que se identifica por su código de caravana cada animal que salga del establecimiento; c) carpeta para archivar cada egreso (con copia de Tri) y cada ingreso con DTA, guías de traslado y Tri, así como los comprobantes emitidos por los proveedores de caravanas al momento de su adquisición.

5.3.6 URUGUAY

En un país como Uruguay, en que más del 75% de su producción ganadera se destina a la exportación, es indispensable asegurar la calidad sanitaria de sus productos cárnicos, sobre todo si consideramos que a partir del 2005 tanto el mercado europeo como estadounidense y nipón, exigen contar con ciertos estándares de trazabilidad a aquellos países que quieran exportar sus productos o firmar TLCs con ellos.

Hasta comienzos del 2004, Uruguay accedía con sus carnes a la Unión Europea a través de su sistema de trazabilidad grupal; sin embargo, con la aparición en 1986 en Inglaterra de la "enfermedad de la vaca loca" y en 1996 en Japón de formas atípicas de la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob en seres humanos, transmitidas a través de ciertos alimentos, el gobierno uruguayo consideró indispensable la implementación de un sistema complementario de trazabilidad individual para todos sus animales.

Contar con un sistema de rastreabilidad más preciso y confiable, le permitiría ingresar con valor agregado a los principales mercados mundiales. Para lograrlo, el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, llamó en septiembre del 2002 a una licitación pública para desarrollar el Sistema Nacional de Información Ganadera (SNIG), a objeto de controlar las etapas en la vida de un animal y su posterior comercialización, garantizando el origen e inocuidad de los alimentos.

La tecnología RFID fue la que presentó mayores ventajas en la habilitación de la trazabilidad individual, por varias razones. En primer lugar, sus costos son compatibles con la cadena de valor en consideración. Además, es una tecnología madura y segura, en el sentido de que presenta la durabilidad, resistencia, e integridad requeridos. Finalmente, y este es un aspecto fundamental, probó ser enteramente compatible con la cultura del campo, lo que en caso contrario habría imposibilitado su adopción.

El proceso se inicia con el nacimiento de una res, a la que se asignará un número identificador único. Éste estará presente en dos dispositivos que portará el animal: el primero es un identificador visual, y el segundo es una caravana RFID. Al momento de su colocación, el productor completa un formulario indicando los datos del animal, tales como número identificador, propietario, estación y año de nacimiento, sexo, raza y cruce. Luego, la información de este formulario será cargada a una base de datos centralizada, que empezará a registrar todos los eventos en la vida de la res.

5.4 SITUACIÓN ACTUAL DE NUESTRO PAÍS

Actualmente, son muy pocos los ganaderos que llevan la trazabilidad de sus hatos y criaderos, debido a que en primer lugar no es requisito para la comercialización por ahora y segundo, a muchos les parece inoficioso implementar un sistema que no tiene alguna ayuda por parte del estado como la tienen algunos países mencionados anteriormente.

Es importante adelantarnos a los hechos, empezar a adquirir sistemas de los cuales nos agilizarán y ayuden a los procesos administrativos de la ganadería, sin importar que sea un requisito más o no, o que se reciba alguna ayuda estatal; darle el valor agregado a nuestra ganadería y sus antecedentes sanitarios es un factor de gran importancia para el crecimiento mercantil de éste tan importante gremio; además contar con un sistema de rastreabilidad más preciso y confiable, le permitiría ingresar con valor agregado a los principales mercados mundiales.

Como vemos, la iniciativa se centra en la identificación. Pero un punto vital del sistema es la comunicación, es el engranaje de los distintos eslabones que actúan en la cadena del valor del ganado sin importar su propósito. Y es claro que esa comunicación debe comenzar con una adecuada captura de datos que pueda conformar una base de datos.

Debido a esto, en los siguientes capítulos de este documento, se plasmará una tecnología que ha demostrado toda su capacidad y evolución a través de los últimos años; dicha tecnología nos facilitará la administración de datos de gran importancia para registrar toda la información necesaria para una buena sistematización en ganaderías. También se explicarán los factores importantes para tener una buena trazabilidad de ganaderías lo cual es nuestro propósito con este estudio.

6. MARCO TEÓRICO

TECNOLOGIA RFID

6.1 DESCRIPCION DEL LA TECNOLOGÍA

Un sistema de RFID (Radio Frequency IDentification) es la tecnología inalámbrica que nos permite, básicamente, la comunicación entre un lector y una etiqueta. Estos sistemas permiten almacenar información en sus etiquetas mediante comunicaciones de radiofrecuencia. Esta información puede ir desde un Bit hasta KBytes, dependiendo principalmente del sistema de almacenamiento que posea el transponder.

La tecnología de Identificación por Radio Frecuencia (RFID) es un método de identificación automática sin contacto, es la tecnología de más rápido crecimiento en el segmento de identificación automática en la industria.

La tecnología RFID ha revolucionado la industria de la identificación automática ofreciendo avances significativos en comparación con sistemas tradicionales como código de barras, tarjetas de banda magnéticas y chips de contacto o proximidad. RFID ha resuelto problemas que anteriormente se pensaba que no podían tener solución.

6.2. EVOLUCION DE LA TECNOLOGIA RFID

Los sistemas de RFID han revolucionado la identificación a distancia a principios del siglo XXI. Pero el estudio de estos sistemas se remonta a mediados del siglo XX.

Fue a principio del siglo XIX cuando se comenzó a entender verdaderamente el concepto de electromagnetismo. Personajes como Maxwell, Hertz, Marconi, etc. contribuyeron con sus inventos y descubrimientos a ello. Posteriormente a principios del siglo XX la generación y la transmisión de ondas de radio y la aparición del radar, basado en ondas de radio que rebotan sobre un objeto localizándolo, son el fundamento sobre el que se constituyen el concepto de sistemas de identificación por radiofrecuencia ó RFID.

La tecnología RFID ha tenido un pasado confuso. No hay un descubridor destacado, se ha ido desarrollando con la suma de numerosos aportes e investigaciones. Al comienzo uno de los investigadores más destacados, Harry Stockman, dictaminó que las dificultades para la comunicación usando ondas de radio reflejadas en objetos estaban superadas, con todas las aplicaciones que esto podía permitir. No pudo ser hasta treinta años después cuando el trabajo de Stockman fue de nuevo estudiado. Faltaban aún por desarrollar transistores, microprocesadores y eran necesarios adelantos en

redes de comunicación, incluso un cambio en la visión de hacer negocio, para que los sistemas RFID fueran factibles.

Fue en la década de los 50 cuando la tecnología de RFID siguió un proceso de desarrollo similar al que experimentaron la radio y el radar en las décadas anteriores. Diferentes sectores de la tecnología RFID se vieron impulsados, entre ellos los sistemas con transponder de largo alcance, especialmente los conocidos como "identification, friend or foe" (IFF) usado en la industria aeronáutica. Trabajos como los creados por F.L. Vernon "Application of microwave homodyne" y por D.B. Harris "Radio transmission systems with modulated passive responder" fueron determinantes para que la tecnología RFID dejase de ser una idea y se convirtiese en una solución.

La década de los 60 se pueden considerar como el preludio de la explosión que se producirá en la siguiente década. Se realizaron numerosos artículos, y la actividad comercial en este campo comenzó a existir. El primer sistema que fue usado era el EAS (Electronic Article Surveillance) para detectar robos en grandes almacenes. El sistema era sencillo con un único bit de información, para detectar la etiqueta o no, dentro del radio de acción del lector y hacer sonar una alarma acústica en caso de que una etiqueta no desactivada pasase por el alcance del lector. Típicamente son dos lectores ubicados de tal forma que el cliente tenía que pasar entre ellos para salir el establecimiento. A pesar de sus limitaciones, era económico y efectivo. Su uso se comenzó a extender de manera rápida.

En los 70 se produjeron notables avances como los aportados por instituciones como Los Alamos Scientific Laboratory, Northwestern University y el Microwave Institute Foundation sueco. Al principio de esta década se probaron varias aplicaciones para logística y transporte, como las usadas por el puerto de New York y New Jersey, aplicaciones para el rastreo de automóviles. Pero las aplicaciones en el sector logístico todavía no estaban listas para una inserción completa en el mercado. En esta década hubo un gran desarrollo técnico de los sistemas, sobretodo enfocado a aplicaciones de seguimiento de ganado, vehículos y automatización industrial. Basados en microondas en los EEUU y sistemas inductivos en Europa. La creación de nuevas empresas dedicadas a la tecnología RFID aumentaba continuamente, era un signo positivo del potencial que tenían los sistemas RFID.

Llegó la década de los 80, y con ella la implementación de tantos estudios y desarrollos logrados en años anteriores. En EEUU se interesaron por aplicaciones en el transporte, accesos y en menor grado en los animales. En países europeos como Francia, España, Portugal e Italia se centraron más en aplicaciones industriales y sistemas de corto alcance para controlar animales.

En los primeros años de los 90 se inició el uso en EEUU del peaje con control electrónico, autopistas de Houston y Oklahoma incorporaban un sistema que gestionaba el paso de los vehículos por los pasos de control. En Europa también se investigó este campo y se usaron sistemas de microondas e inductivos para controles de accesos y billetes electrónicos. Un nuevo avance en el mundo del automóvil vino con la tecnología RFID de la mano de Texas Instruments (TI), un sistema de control de encendido del automóvil. Apareció también un sistema de Philips que permitía la gestión del encendido, control del combustible, y control de acceso al vehículo entre otras acciones. Aplicaciones para autopistas y billetes electrónicos se fueron extendiendo por Asia, África, Suramérica y Australia. A partir de aquí el éxito de la tecnología RFID en estos campos hizo que se aplicaran a otros segmentos económicos. Fue en Dallas por primera vez cuando con un solo tag era utilizado para el acceso a una autopista, al campus universitario, a diferentes garajes de la ciudad, incluido el del aeropuerto. El avance de la tecnología durante esta década fue rápido debido a los desarrollos tecnológicos en otros campos que permitían fabricar cada vez equipos más pequeños, con más memoria, con más alcance y abaratando su coste de fabricación apareciendo así nuevos usos hasta esa fecha descartados. El futuro de RFID parece ser esperanzador, en un mundo basado en el poder de la información y donde cada vez se desecha más el cable, el radio de acción de esta tecnología parece ser bastante grande. Por ese motivo la FCC (Federal Communications Commission) escogió el espectro entorno de los 5,9 GHz para nuevos sistemas inteligentes de transporte y para las nuevas aplicaciones que necesiten. Pero para estas nuevas aplicaciones se necesita un gran desarrollo de la tecnología. El futuro de RFID parece alentador, pero como todas las tecnologías necesita de los otros campos tecnológicos para avanzar.

Podemos resumir el avance que ha experimentado la tecnología RFID por décadas en la Tabla 6.1:

Década	Avances Tecnológicos
1940-1950	Se rediseña el radar para uso militar tomando gran relevancia en la IIª Guerra Mundial. RFID aparece en 1948.
1950-1960	Primeras experimentos con RFID en laboratorios.
1960-1970	Desarrollo de la tecnología RFID. primeros ensayos en algunos campos de la tecnología.
1970-1980	Explosión de la tecnología. Se realizan más tests. Primeras aplicaciones.
1980-1990	Aparecen más aplicaciones para la tecnología.
1990-2000	RFID toma relevancia en el mundo cotidiano. Aparecen los estándares.

tabla 6.1 Resumen de la evolución de la tecnología RFID.

6.3. COMPONENTES DE UN SISTEMA RFID

Un sistema RFID se compone básicamente de dos elementos: un lector (reader) y una etiqueta (transponder).

6.3.1 Transponder

La palabra transponder deriva de TRANSmitter/resPONDER, lo cual explica su funcionamiento. Los componentes básicos de un transponder los podemos distinguir en la figura 6.1 y son:

- Una memoria no volátil donde se almacenan datos.
- Una memoria ROM donde se almacenan instrucciones básicas para el funcionamiento, como son temporizadores, controladores de flujo de datos, etc.
- También puede incorporar memoria RAM para almacenar datos durante la comunicación con el lector.
- La antena por la cual detecta el campo creado por el interrogador, y del que extrae energía para su comunicación con él.
- Restos de componentes electrónicos que procesan la señal de la antena y para el proceso de datos, como buffers, filtros, etc.

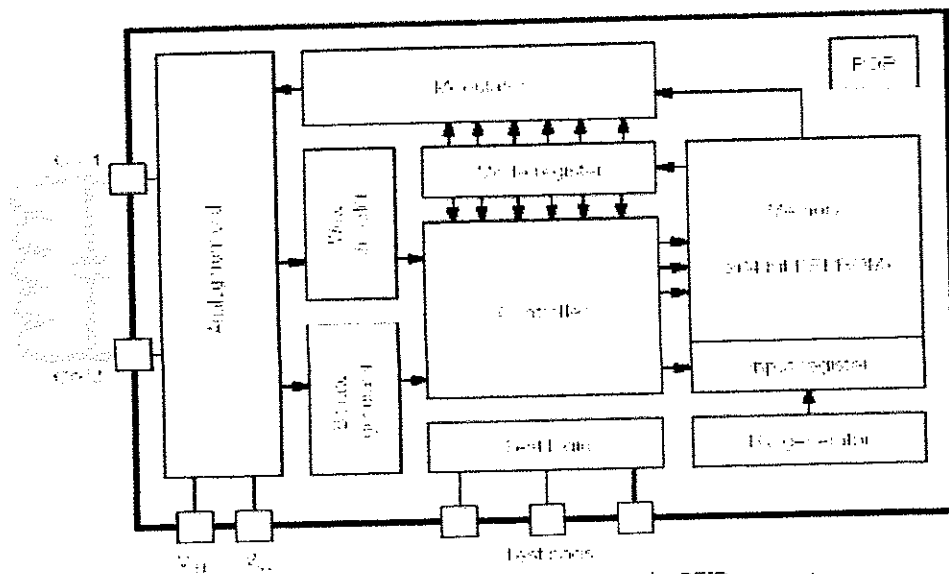


figura 6.1. esquema de un transponder RFID

Los transponder necesitan poca alimentación, del orden de los mW. Podemos diferenciar dos tipos de etiquetas dependiendo de la energía que utilizan para la comunicación:

6.3.1.1. Etiquetas activas: son transponder que necesitan el apoyo de baterías adicionales, ya que no tienen suficiente energía con la que proporciona el lector. Este tipo de etiqueta tiene la ventaja de poseer un alcance mayor de comunicación e incluso no necesitan que el lector sea quién inicie la comunicación. Además permiten habitualmente procesos de lectura y reescritura enviando previamente instrucciones al lector y la utilización de memorias más grandes (existen etiquetas con 1Mb de memoria). Por el contrario ofrecen una vida útil limitada (menos de diez años), dependiendo del tipo de batería y de las temperaturas a las que opera. También hay que destacar que su costo es bastante elevado, su precio suele ser 5 veces más alto comparado con las etiquetas pasivas. De esta forma aparecen nuevas aplicaciones para sistema RFID gracias a este tipo de etiquetas alimentadas por baterías.

6.3.1.2 Etiquetas pasivas: son transponder que no necesitan baterías adicionales, ya que únicamente se alimentan de la energía del campo generado por el lector. Para las etiquetas pasivas, la energía que necesitan para transmitir la información que contienen, proviene en su totalidad de la señal generada por el lector. Estas etiquetas aprovechan la energía subministrada por un lector para generar su propia señal que recibe nuevamente el lector.

	Memory -Bytes-	Write/read distance	Power consumption	Frequency	Application
ASIC#1	5	15 cm	10 μ A	120 kHz	Animal ID
ASIC#2	32	13 cm	600 μ A	120 kHz	Goods flow, access check
ASIC#3	256	2 cm	6 μ A	128 kHz	Public transport
ASIC#4	256	0.5 cm	1 mA	1 MHz	Goods flow, public transport
ASIC#5	256	2 cm	~1 mA	4/13.56 MHz	Goods flow
ASIC#6	256	100 cm	500 μ A	125 kHz	Access check
ASIC#7	2048	0.3 cm	10 mA	4.91 MHz	Contactless chip cards
ASIC#8	1024	10 cm	~1 mA	13.56 MHz	Public transport
ASIC#9	8	100 cm	1 mA	125 kHz	Goods flow
ASIC#10	128	100 cm	1 mA	125 kHz	Access check

UHF: coupling system

Tabla. 6.2 Tabla del consumo de potencia de distintos sistemas RFID (Amstel 1996) la mínima es de 1.8 V y el Máx. 10 V.

Frecuencia y velocidad de transmisión

Las etiquetas también las podemos clasificar según el rango de frecuencias en el que opera, es decir, en que frecuencias se comunicará con el lector:

- LF (Low Frequency) en el rango de 120 KHz-134 KHz.
- HF (High Frequency) en el rango de 13.56 MHz.
- UHF (Ultra High Frequency) en el rango de 868-956 MHz.

- Microondas (Microwave) en el rango de 2,45 GHz, conocida como banda ISM (Industrial Scientific and Medical).

Una mayor frecuencia suele significar una mayor velocidad en la transmisión de datos, aunque también encarece el precio del sistema. Elegir el rango de frecuencia es uno de los parámetros de diseño más importante a la hora de crear un sistema RFID, y se deberá adecuar a la aplicación diseñada.

Opciones de programación

Dependiendo del tipo de memoria de la que disponga el transponder. Puede permitir la sólo la lectura, programable una sola vez y de múltiples lecturas, o de lectura/escritura. Los tags que sólo permiten lecturas suelen venir programados en su fabricación, generalmente con número de identificación. Ambos tipos pueden ser programados por el usuario.

Forma y dimensiones

Los transponder tienen diversas formas y tamaños, todo dependiendo de la aplicación a la cual están destinados. Actualmente se están fabricando de tamaño muy reducido, incluso la firma Hitachi, anunció que tenían la tecnología suficiente para incorporar a los billetes de curso legal un transponder que pasaría totalmente desapercibido. Claro está que para otras aplicaciones industriales donde no se busca que pase desapercibido se están usando etiquetas de un tamaño de 120x100x50 mm, como por ejemplo paneles o contenedores. Los transponder que se utilizan para el control y localización de ganado tienen un tamaño inferior a 10 mm. Fabricantes diversos también afirmaron que se podría incluir en productos unos transponder que no podrían ser localizados fácilmente por el comprador, noticia que causó mucha polémica por la clara oposición realizada por las asociaciones de consumidores.

Costos

El costo de los transponder ha ido disminuyendo conforme avanzaba la tecnología. Esta claro que cuanto mayor capacidad de memoria y más complicación tenga su circuitería, mayor será su coste. Hay que tener en cuenta también que el encapsulado del transponder puede encarecer el precio de éste, ya que pueden trabajar en zonas como minas, metalúrgicas, donde reciben unas condiciones extremas de humedad y de temperatura. Por tanto deben ser unos encapsulados muy resistentes, lo que suele conllevar un alto precio.

Los tags activos suelen ser más caros que los pasivos, así como los transponder que operan a una frecuencia más elevada son también más caros.

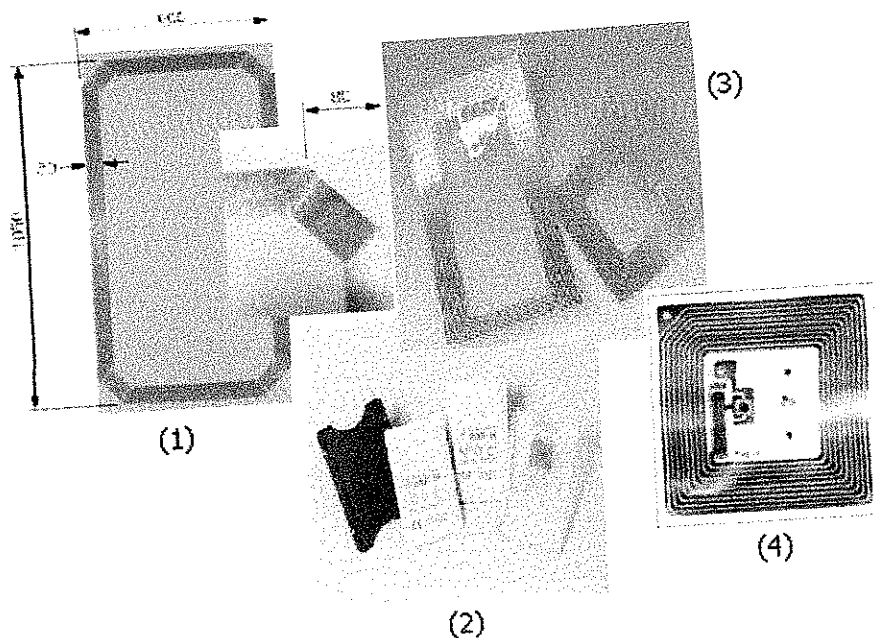


Figura: 6.2. (1) detalle de un tag, con medidas en milímetros. (2) Transponders de plástico producido por "Pepperl & Fuchs Gmd". (3) transponders plásticos producido por Texas Instruments. (4) Tag pasivo.

6.3.2 Lectores

El otro elemento principal de un sistema RFID es el lector o interrogador. Los lectores (readers) son los encargados de enviar una señal de RF para detectar las posibles etiquetas en un determinado rango de acción. En su fabricación se suelen separar en dos tipos:

- Sistemas con bobina simple, la misma bobina sirve para transmitir la energía y los datos. Son más simples y más baratos, pero tienen menos alcance.
- Sistemas interrogadores con dos bobinas, una para transmitir energía y otra para transmitir datos. Son más caros, pero consiguen mayores prestaciones.

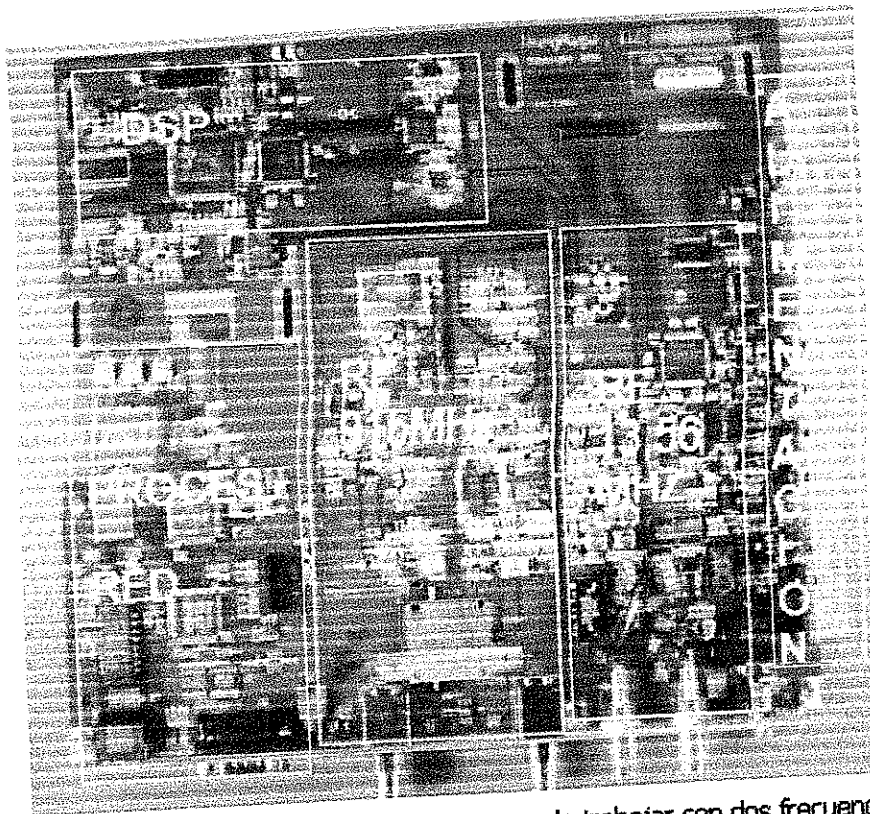


figura. 6.3 diseño interno de un lector que puede trabajar con dos frecuencias.
fuente: www.checkpoint.europe.

Los lectores son más complejos dependiendo del transponder, si son sofisticados, los componentes del interrogador tienen que ser capaces de acondicionar la señal, detectar y corregir errores. Además pueden trabajar a más de una frecuencia.

Una vez que se ha recibido toda la información por parte del lector, se pueden emplear algoritmos para no confundir la transmisión actual con una nueva, indicándole al tag que deje de transmitir; esta modalidad se suele usar para validar diversos tags en un espacio corto de tiempo. Otro algoritmo usado por el lector, es ir llamando a los transponder por su número de identificación, indicándole de esta forma el tiempo en el que deben transmitir; son mecanismos para impedir la colisión de información.

En las figuras 6.4 y 6.5 podemos observar dos tipos de lectores de RFID:

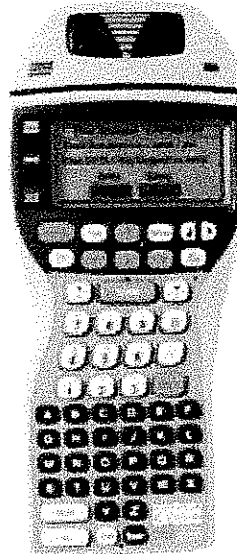


figura 6.4. lector de mano de corto alcance que trabaja a la frecuencia de 900 MHz

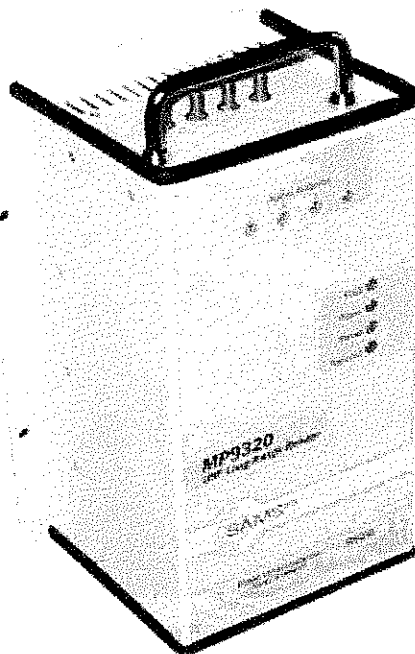


figura 6.5. lector del fabricante SAMSys UHF de largo alcance

6.4 PRINCIPIOS BÁSICOS DE FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA RFID

Un sistema de comunicación RFID se basa en la comunicación bidireccional entre un lector (interrogador) y una etiqueta (transponder), por medio de ondas de radiofrecuencia.

El sistema de transmisión de información varía según la frecuencia en la que trabaja. Así se puede clasificar un sistema de RFID en sistemas basados en el acoplamiento electromagnético o inductivo, y basados en la propagación de ondas *electromagnéticas*. Podemos apreciar esta diferenciación en la Figura 6.6.

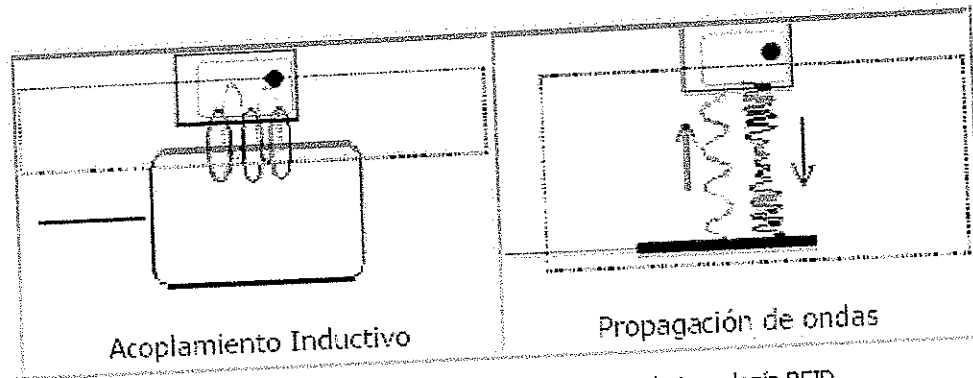


fig. 6.6 Metodo de propagación de la información en la tecnología RFID

Hay que tener en cuenta que la comunicación se puede realizar en zonas industriales con metales, lo que unido a las características de ruido, interferencia y distorsión de estas comunicaciones vía radio complica la correcta recepción de bits.

Además de que esta comunicación es del tipo asíncrona, lo que repercute en una mayor atención en parámetros como la forma en que se comunican los datos, la organización de flujo de bits. Todo esto conlleva el estudio de la denominada codificación de canal, con el fin de mejorar la recepción de información.

Como en toda comunicación vía radio se necesita entre los dos componentes de la comunicación un campo sinusoidal variable u onda portadora. La comunicación se consigue aplicando una variación a ese campo, ya sea en amplitud, fase o frecuencia, en función de los datos a transmitir. Este proceso se conoce como modulación. En RFID suelen ser aplicadas las modulaciones ASK (Amplitude shift keying), FSK (Frequency shift keying) y PSK (Phase shift keying).

Los diferentes métodos de propagación de la información son usados en diferentes frecuencias. De este modo el acoplamiento inductivo funciona a

frecuencias más bajas y el sistema de propagación de ondas a frecuencias más elevadas. Existe también otro tipo de propagación usado en distancias menores a 1cm, que puede trabajar teóricamente en frecuencias bajas hasta 30MHz, son los sistemas "close coupling".

Estos sistemas usan a la vez campos eléctricos y magnéticos para la comunicación. La comunicación entre el lector y el transponder no ocasiona un gasto excesivo de energía, por lo que en estos sistemas se pueden usar microchips que tengan un consumo de energía elevado. Son sistemas usados generalmente en aplicaciones con un rango de alcance mínimo pero **con estrictas medidas de seguridad**. Se usa en aplicaciones como cerraduras de puertas electrónicas o sistemas de contactos smart card. Estos sistemas tienen cada vez menos importancia en el mercado de la tecnología RFID.

Por otro lado existen los sistemas de "remote coupling" basados en el acoplamiento inductivo (magnético) entre el lector y el transponder. Por eso, estos sistemas también son conocidos como "inductive radio systems". Los sistemas basados con acoplamiento capacitivo (eléctrico) no son casi usados por la industria; en cambio los inductivos se puede decir que abarcan el 80% de los sistemas de RFID. Este sistema de comunicación entre el lector y el transponder trabaja en el rango de frecuencia comprendido entre los 135 KHz y los 13,56 MHz. Aunque en algunas aplicaciones pueda trabajar a una frecuencia ligeramente más elevada. Su rango de alcance suele comprenderse alrededor de 1 metro. Estos sistemas siempre usan transponder pasivos.

6.4.1 Acoplamiento inductivo

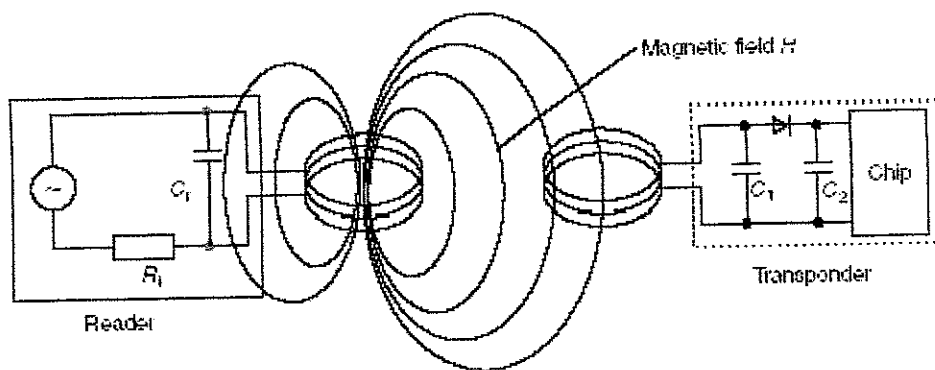


figura 6.7. Esquema del acoplamiento inductivo entre lector y transponder

El acoplamiento inductivo se basa en el mismo funcionamiento de los transformadores. En la Figura 6.7 podemos observar un esquema del acoplamiento inductivo. En estas frecuencias el campo creado por la antena del interrogador es la energía que aprovecha el transponder para su

comunicación. Este campo está cerca de la antena del interrogador, lo que permite alcanzar unas distancias cercanas al diámetro de la antena. A distancias mayores la potencia necesaria es muy elevada. La bobina del lector genera un fuerte campo electromagnético, que penetra en la sección de la antena del transponder y en su zona cercana.

Las antenas de estos sistemas son bobinas, tanto del lector como del transponder, de gran tamaño, debido a la circunstancia de que la longitud de onda (λ) (como inverso de la frecuencia) es elevada. Estamos hablando de 2400m para frecuencias menores de 135KHz, y de 22,4m a una frecuencia de 13,56 MHz. Como esta longitud de onda es sensiblemente mayor que la distancia entre el lector y el transponder, el campo electromagnético puede ser tratado como un simple campo magnético alternante con respecto a la distancia entre transponder e interrogador.

Una parte pequeña del campo emitido penetra en la bobina del transponder. Se genera una tensión en la antena (bobina) por inducción. Este voltaje es rectificado y sirve como alimentación para el microchip del transponder encargado de almacenar la información. Como podemos observar en la Figura 6.7, un condensador es conectado en paralelo con la antena del lector, el valor de este condensador es seleccionado según la inductancia de la antena que forma un circuito paralelo de resonancia con una frecuencia de resonancia que tiene que coincidir con la frecuencia de transmisión del lector. En la antena del lector se generan grandes corrientes debido a la resonancia del circuito paralelo, lo que permite crear campos intensos necesarios para la comunicación entre lector y transponder.

La antena (bobina) del transponder y el capacitador en paralelo forman el circuito resonante a la misma frecuencia que emite el lector. El voltaje generado en el transponder es máximo debido a la resonancia producida por el circuito del transponder.

La eficiencia de la energía transmitida entre las antenas del lector y del transponder es proporcional a la frecuencia de operación, la relación entre el número de espiras que tienen las bobinas (en los transformadores conocido por el factor n), el área encapsulada por la antena del transponder, el ángulo que forman las bobinas una en relación a la otra y la distancia entre las dos bobinas. Cuando la frecuencia se incrementa, la inductancia requerida en el transponder y el número de espiras decrece.

Como ejemplo, podemos decir que a una frecuencia de 135 KHz, el valor del factor n oscila entre 100 y 1000, y para una frecuencia de 13,56 MHz el valor del factor $n = 3 - 10$.

Esto es debido a que el voltaje inducido en el transponder es todavía proporcional a la frecuencia de resonancia, en cambio el número de espiras

de la bobina apenas afecta a la eficiencia de la energía transmitida a altas frecuencias.

Transferencia de datos entre transponder y lector

En este apartado para trabajar con sistemas de acoplamiento inductivo se suelen usar tres tipos:

- Load modulation
- Load modulation con subportadora
- *Subarmónicos*

Load modulation

Se fundamenta en el funcionamiento de un transformador, siendo la bobina primaria la del lector y la secundaria la del transponder. Esto es cierto si la distancia entre las bobinas no es mayor de $0,16\lambda$, por lo que el transponder y el lector deben estar próximos. Si un transponder en resonancia se encuentra dentro del campo magnético de un lector, coge energía de ese campo magnético.

El resultado del "feedback" del transponder en la antena del lector puede ser representado como una impedancia (Z_t). Conectando y desconectando la resistencia de carga presente en la antena del transponder se consigue variar el valor de Z_t , con lo que el voltaje que existe en la antena del lector también varía. Esto tiene un efecto en la modulación de amplitud del voltaje del lector por culpa del transponder remoto. El tiempo en el que se desconecta y se conecta la resistencia de carga es controlado por los datos, es lo que se usa para enviar los datos del transponder al lector.

Load modulation con subportadora

Debido al acoplamiento débil que se realiza entre lector y transponder, las fluctuaciones que se producen en la tensión en la antena del lector (la información) son varios órdenes de magnitud inferior a la tensión de salida del propio lector. En la práctica para un sistema de 13,56 MHz, se entrega a la antena un voltaje de 100V en resonancia, la señal recibida del transponder es del orden de 10mV.

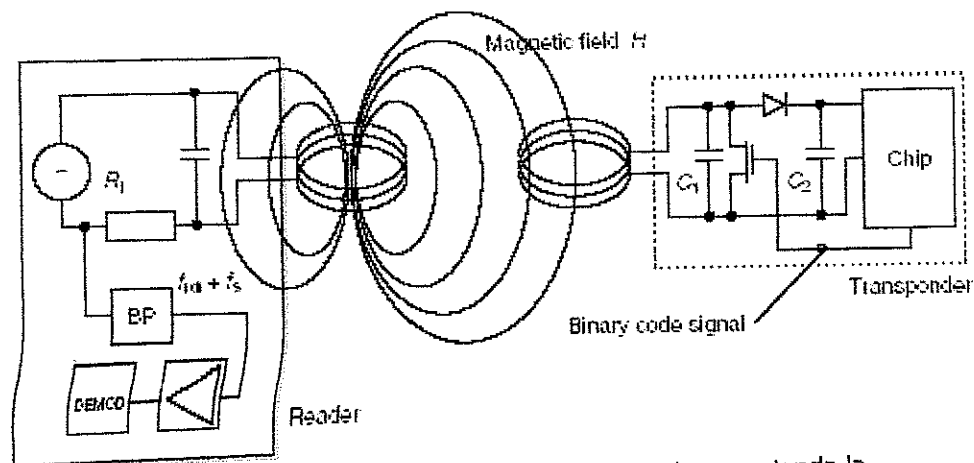


figura 6.8. Generación de load modulation conectando y desconectando la resistencia del drain-source del FET del chip. El lector tiene un circuito capaz de detectar la subportadora.

Detectar esta fluctuación requiere una circuitería complicada, como solución se usan las bandas contiguas a la modulación creada. Para ello se incorpora una nueva resistencia de carga en el transponder que se conecta y desconecta a una frecuencia elevada f_s . Uno de los métodos posibles es utilizar un transistor FET en el transponder, como vemos en la Figura 6.8.

Subarmónicos

Basado como su propio nombre indica en la utilización de subarmónicos de una frecuencia f_A , es decir, $f_1 = f_A / 2$, $f_2 = f_A / 3$, etc. Se suele utilizar el primer subarmónico, es decir la mitad de la frecuencia en la que transmite el lector. La señal después del divisor es modulada por el flujo de datos y enviada para el transponder. Esta será la frecuencia a la que responda el transponder. El transponder necesitará un divisor binario de frecuencia para realizar dicha operación. La frecuencia de operación más popular para los sistemas subarmónicos es de 128 kHz. Por lo que la frecuencia de respuesta del transponder es de 64 kHz.

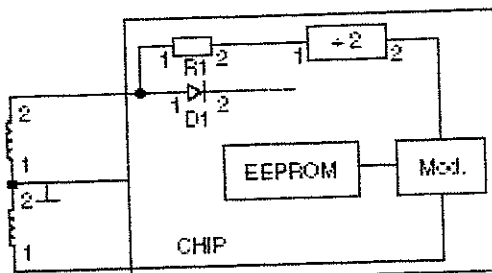


figura 6.9. Diseño de un transponder que usa subarmónicos

6.4.2 Acoplamiento backscatter

Otro sistema de transferencia de información son los sistemas "long-range", que como su propio nombre indica son de largo alcance, mayores a 1 metro. Estos sistemas se basan en el uso de ondas electromagnéticas en el rango de UHF o microondas. La mayoría de estos sistemas son conocidos como sistemas "backscatters" debido a su principio de operación. Existen otros sistemas de largo alcance que utilizan ondas acústicas de superficie en el rango de microondas.

Todos estos sistemas "long-range" operan en los rangos de UHF, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (USA) y en rango de microondas en 2,5 GHz y 5,8 GHz. La principal ventaja de trabajar a estas frecuencias es tener una longitud de onda corta, lo que permite la construcción de antenas de un tamaño muy pequeño y de gran eficiencia.

Los sistemas que usan el principio backscatter tienen unos alcances típicos de 3 m en transponder pasivos (sin baterías) y de unos 15 m en transponder activos. La batería de los transponder activos no proporcionan la energía necesaria para la comunicación entre lector y transponder, únicamente alimentan el microchip en su proceso de almacenamiento y consulta de memoria. La energía para la transmisión entre el transponder y el lector, por tanto, es únicamente la extraída del campo electromagnético generado por el interrogador al realizar la comunicación con el transponder.

Básicamente el transponder modula la información recibida desde el lector variando la impedancia de la antena, esto se realiza variando el valor de la resistencia de carga R_L . Podemos ver en la Figura 6.10 al igual que en el ejemplo de acoplamiento inductivo, la impedancia del transponder es modulada por el transistor FET del chip.

El lector tiene un acoplador direccional para separar la señal transmitida de la señal recibida mucho más débil. El interrogador detecta los datos transmitidos por la tarjeta como una perturbación del propio nivel de la señal. La señal recibida por el interrogador desde la tarjeta está a un nivel de unos -60db por debajo de la portadora de transmisión del propio sensor.

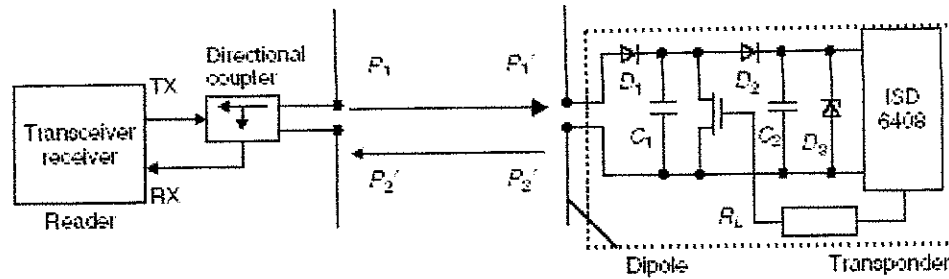


figura 6.10. esquema del funcionamiento de los sistemas backscatter

En referencia a la energía necesaria para la transmisión de información a estas frecuencias, se debe realizar con anterioridad un cálculo de las pérdidas por espacio libre en relación a la distancia r entre transponder y lector, podemos ver la ecuación (6.1). En este caso tendremos como variables las ganancias de las dos antenas y la frecuencia a la que opera el sistema. Por lo que respecta a las unidades, la frecuencia está expresada en Hz y la distancia en m.

$$a_F = -147.6 + 20 \log(r) + 20 \log(f) - 10 \log(G_T) - 10 \log(G_R) \quad (6.1)$$

Las pérdidas en espacio libre son la relación entre la potencia emitida por el lector y la potencia recibida en el transponder, todo esto a una determinada frecuencia.

Usando la tecnología de semiconductores de baja corriente los chips de los transponder pueden operar con un consumo no mayor de $5\mu W$. Existen sistemas que incorporan al transponder unas baterías adicionales, lo que implicaría un aumento en el rango de alcance, estos sistemas permiten incluso optimizar el consumo de estas baterías, cuando el transponder no está en el rango de alcance del lector, las baterías permanecen en un estado de desconexión hasta que nuevamente se encuentran bajo la acción del interrogador. En este estado de "stand-by" el consumo es de pocos μA . El chip no es reactivado hasta que recibe una señal lo suficientemente fuerte en el rango de alcance del lector para volver al estado normal.

En la Tabla 6.3 podemos observar las pérdidas en espacio libre a diferencias frecuencias, vemos como se esperaba que a más frecuencia y más distancia, más pérdidas.

Distance r	868 MHz	915 MHz	2.45 GHz
0.3 m	18.6 dB	19.0 dB	27.6 dB
1 m	29.0 dB	29.5 dB	38.0 dB
3 m	38.6 dB	39.0 dB	47.6 dB
10 m	49.0 dB	49.5 dB	58.0 dB

Tabla 6.3. Perdidas en espacio libre considerando la ganancia del transponder como un dipolo (1.64), ganancia de la antena del lector como un emisor isotrópico

La principal diferencia con los sistemas inductivos es de donde proviene la energía que aprovecha el transponder para realizar la comunicación, mientras los sistemas a una frecuencia más elevada utilizan las ondas electromagnéticas, consiguiendo así un rango de alcance mayor, los sistemas inductivos utilizan la energía que una antena crea en su alrededor.

Transferencia de datos entre transmisor y transponder

Por la tecnología de radares sabemos que las ondas electromagnéticas se reflejan en objetos con dimensiones mayores a la mitad de la longitud de onda. La eficiencia con la que estos objetos reflejan las ondas se describe por el término conocido como "reflection cross-section". Una pequeña parte de la potencia emitida por la antena del lector es absorbida por la antena del transponder, pasa por la antena del transponder como un voltaje de HF y después es rectificado por diodos. El voltaje debe ser suficiente para servir como alimentación para rangos pequeños. Una proporción de la potencia absorbida es reflejada por la antena y retornada.

Las características de esta reflexión pueden ser influenciadas por las alteraciones en la carga de la antena. Para transmitir del transponder al lector, la resistencia de carga presente en el transponder conectada en paralelo con la antena, se conecta y desconecta según el flujo de datos. La amplitud de esa onda reflejada desde el transponder es lo que se modula, de ahí el nombre de modulación backscatter. Esta potencia reflejada es radiada en el espacio libre, una pequeña parte de esa potencia es recogida por la antena del lector. Esta potencia, el lector la recoge por medio de un acoplador direccional, despreciando así la potencia que emite él mismo la cual es sustancialmente mayor.

6.4.3 Close coupling

Los sistemas close coupling están diseñados para rangos de alcance entre 0.1 centímetro y un máximo de 1 metro. El transponder cuando se realiza la comunicación suele estar en el centro de un aro que es la bobina del lector, o bien, en el centro de una bobina en forma de "u". El funcionamiento de las bobinas del transponder y del lector es el mismo que el de un transformador.

El lector representa las espiras primarias y el transponder las secundarias del transformador. Podemos verlo en la Figura 6.11.

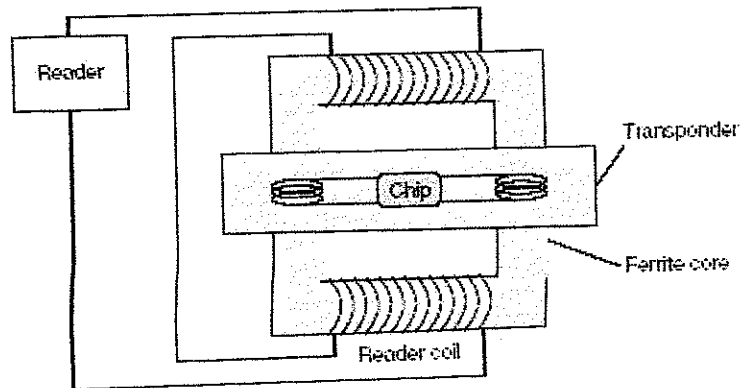


figura 6.11. En los sistemas Close Coupling el transponder debe insertarse en el reader para producirse el acoplamiento magnético entre bobinas.

Una corriente alterna de alta frecuencia en las espiras primarias genera un campo magnético de alta frecuencia que se transmite por la bobina del transponder. Esta energía es rectificada y proporciona la alimentación al chip del transponder. Debido a que la tensión inducida es proporcional a la frecuencia de la corriente entrante, la frecuencia seleccionada debe ser lo más elevada posible. En la práctica son usados rangos entre 1 – 10 MHz. Para minimizar las pérdidas en el núcleo del “transformador” estas bobinas son elaboradas con ferrita, un material que optimiza las pérdidas a estas frecuencias.

A diferencia con los sistemas de acoplamiento inductivo y microwave, la eficiencia de la energía transmitida del lector al transponder es excelente, por eso suelen ser usados en sistemas que necesitan del uso de chips potentes, que consuman mucha energía, como por ejemplo microprocesadores.

6.5 RANGOS DE FRECUENCIA

El hecho de que los sistemas de RFID generen y radien ondas electromagnéticas implica que éstos sean clasificados como sistemas de radio.

El funcionamiento de otros sistemas de radio no debe verse interrumpido o perjudicado, bajo ninguna circunstancia, por las ondas emitidas por un sistema de identificación por radiofrecuencia.

Es particularmente importante asegurarse de que los sistemas RFID no interfieren con la televisión y la radio, los servicios de radio móviles (policía, seguridad, industria), las comunicaciones marinas y aeronáuticas y los

teléfonos móviles. La necesidad de acomodar otros servicios de radio disminuye significativamente la variedad de frecuencias disponibles en las que podemos trabajar a la hora de implementar un sistema de RFID. Por este motivo, normalmente sólo es posible usar rangos de frecuencia que han sido reservados específicamente para aplicaciones industriales, científicas o médicas. Estas son las frecuencias clasificadas mundialmente como rangos ISM (Industrial-Scientific-Medical) o SRD y pueden también ser usadas para aplicaciones de identificación por radiofrecuencia.

En la siguiente tabla 6.4 vemos algunos rangos de frecuencia usados en sistemas de RFID y sus principales características:

Rangos de frecuencia para sistemas de RFID		
Rango de frecuencia	Observaciones	Intensidad de campo / Potencia de TX.
< 135 kHz	Baja potencia. Acoplamiento inductivo.	72 dBµA/m
6.765 ... 6.795 MHz	Media frecuencia (ISM), acoplamiento inductivo.	42 dBµA/m
7.400 ... 8.800 MHz	Media frecuencia, usado sólo para EAS (electronic article surveillance).	9 dBµA/m
13.553 ... 13.567 MHz	Media frecuencia (13.56 MHz, ISM), acoplamiento inductivo, ISO 14443, MIFARE, LEGIC..., smart labels (ISO 15693, Tag-It, I-Code...) y control de artículos (ISO 18000-3).	42 dBµA/m
26.957 ... 27.283 MHz	Media frecuencia (ISM), acoplamiento inductivo, sólo aplicaciones especiales.	42 dBµA/m
433 MHz	UHF (ISM), acoplamiento por backscatter, raramente usado para RFID.	10 ... 100 mW
868 ... 870 MHz	UHF (SRD), acoplamiento por backscatter, nueva frecuencia, sistemas bajo desarrollo.	500 mW, sólo Europa
902 ... 928 MHz	UHF (SRD), acoplamiento por backscatter, varios sistemas.	4 W – espectro ensanchado, sólo USA, Canadá.
2.400 ... 2.483 GHz	SHF (ISM), acoplamiento por backscatter, varios sistemas. (identificación de vehículos: 2.446 ... 2.454 GHz)	4 W – espectro ensanchado, sólo USA, Canadá. 500 mW, Europe
5.725 ... 5.875 GHz	SHF (ISM), acoplamiento por backscatter, raramente usado para RFID.	4 W USA, Canadá. 500 mW Europa

Tabla 6.4. Rangos de frecuencia para RFID

6.6 DIFERENTES SISTEMAS DE IDENTIFICACIÓN

Existen diversos sistemas de identificación automática. Dentro de esta familia se encuentran sistemas como el código de barras, tarjetas inteligentes, RFID o en otro ámbito los sistemas reconocedores de voz o de huellas dactilares. Se puede observar el esquema de los diferentes sistemas en la Figura 6.12.

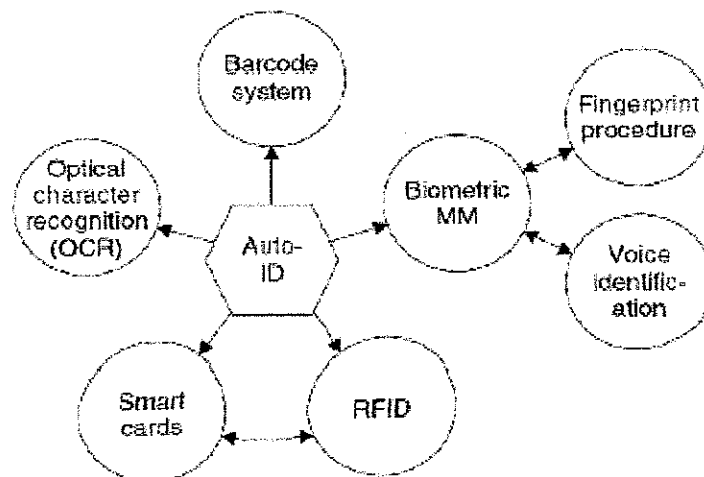


figura 6.12 Esquemas de los sistemas más importantes de auto-identificación

6.6.1. Códigos de barras

Es el sistema de identificación más utilizado. El código de barras es un código binario comprendido por una serie de barras y espacios configurados paralelamente. El diseño de estos campos representa unos datos relacionados con un elemento. La secuencia puede ser interpretada de forma numérica o alfanumérica. Esta secuencia es leída por un scanner óptico láser, que se basa en la diferente reflexión que sufre la luz del láser en las barras negras o en los espacios en blanco. Podemos ver un clásico código de barras en la Figura 6.13.

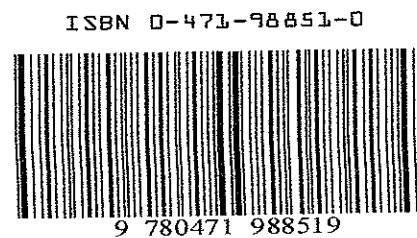


figura 6.13 Código de barras con el ISBN de un producto

El más popular de todos estos sistemas de código de barras es el código EAN (European Article Number), el cual se diseñó especialmente para el sector de la alimentación. Este código es una evolución del UPC (Universal Product Code) estadounidense, el cuál fue introducido en EEUU antes de 1973. Actualmente los dos códigos son totalmente compatibles. El código EAN está formado por 13 dígitos: el identificador del país, el identificador de la empresa, el número de manufactura y el denominado "check digit". Aparte del EAN, existen diversos sistemas de código de barras en otros campos

industriales como el código Codabar, en el sector médico, el código 2/5 utilizado en la industria del automóvil, contenedores de barcos, industria pesada en general o el código 39, usado en procesos industriales, logísticos o librerías.

Podemos ver la estructura de un código de barras con código EAN en la Figura 6.14

Country identifier		Company identifier					Manufacturer's item number					CD
4	0	1	2	3	4	5	0	8	1	5	0	9
FRG		Company Name 1 Road Name 80001 Munich					Chocolate Rabbit 100 g					

figura 6.14 Ejemplo de una estructura de código de barras en código EAN

Existe también otro tipo de sistema óptico denominado OCR (Optical Character Recognition) que fue usado por primera vez en la década de los 60. Estos sistemas tienen como ventaja la gran densidad de información. Actualmente se usan en producción, campos de servicios y administrativos, y en algunos bancos para el registro de cheques. Los inconvenientes de estos sistemas residen en su alto precio, y la complejidad de los lectores en comparación con otros sistemas de identificación.

Actualmente se debate la posibilidad de los sistemas RFID como sustitutos de los códigos de barras, por ello se puede realizar una comparación entre estas dos tecnologías:

El código de barras se inventó hace más de 25 años y, durante este tiempo, ha sido la tecnología más utilizada por los comercios para identificar los productos en venta. Sin embargo, el código de barras tiene una serie de limitaciones:

- Necesita visibilidad para funcionar. Es decir, el código de barras debe ser visible ante el lector para que el producto pueda ser identificado (es lo que en inglés se denomina *line of sight*).
- El código de barras tradicionalmente identifica un tipo de producto, no una unidad de dicho producto. El código de barras X puede identificar botellas de agua, pero no puede identificar una botella en concreto. Esta no es una limitación inherente de la tecnología, pero normalmente los sistemas de código de barras no se utilizan como identificadores únicos.

- Un código de barras se daña o se rompe fácilmente, porque normalmente se adhiere a la superficie del producto y no forma parte de él (como sí puede formar parte un tag), y si se rompe no puede ser leído.

La tecnología RFID supera estas limitaciones. Se trata de una tecnología radial (es decir, no es necesario que el tag y el lector estén cara a cara, pues funcionan en un radio de acción determinado), puede identificar productos en concreto y no sólo tipo de productos y, finalmente, los dispositivos son muy *resistentes y normalmente forman parte del producto* o se colocan debajo de una superficie protectora.

También cabe mencionar que por muy reducido que sean los costos de fabricación de un tag pasivo y todo el sistema, nunca será inferior al precio de un sistema de código de barras, pero en un plazo más largo puede resultar más económica la instalación de un sistema RFID que un sistema óptico dado las ventajas que aportan al comprador.

6.6.2. Procedimientos biométricos

Son sistemas que identifican personas por comparación de unas características individuales y comparándola con una característica física que es individual y que no admite equivocación. Podemos hablar de sistemas identificadores por huella dactilar, identificación por voz y en menor número identificador por retina.

6.6.3. Tarjetas inteligentes (Smart Cards)

Una smart card, es un sistema de almacenamiento electrónico de datos, con una adicional capacidad para procesar dichos datos (microprocessor card). Por conveniencia está instalado dentro de una tarjeta de plástico del tamaño de una tarjeta de crédito. Las primeras smart cards se lanzaron en 1984 como tarjetas telefónicas. El contacto con el lector proporciona la alimentación y un pulso de reloj. La transferencia de datos entre el lector y la tarjeta suele usar una interfaz serie bidireccional (puerto E/S). Una de las principales ventajas de las tarjetas inteligentes es la facilidad de almacenaje de información, así como la protección que posee de posibles accesos indeseados. Son seguras y baratas.

Su desventaja es la vulnerabilidad a contactos con ropa, corrosión y suciedad. Los lectores que son usados frecuentemente son muy caros de mantener debido a su malfuncionamiento.

Es posible diferenciar dos tipos de smart card según su funcionamiento interno:

"memory card" y "microprocessor card". En las memory card, usualmente una EEPROM se accede usando una secuencia lógica, máquina de estados. Tiene unos sencillos algoritmos de seguridad y una funcionalidad específica

para cada aplicación. Estas tarjetas son muy limitadas en lo que a funcionalidad se refiere, pero lo suplen con un costo mínimo.

Las tarjetas con microprocesadores, tienen éstos conectados a segmentos de memoria (ROM, RAM y EEPROM). Los que tienen ROM incorporan un sistema operativo para el microprocesador insertado durante su fabricación. No puede ser modificado posteriormente. La RAM, zona donde el microprocesador trabaja con la memoria temporalmente, los datos almacenados son borrados cuando se desconecta la alimentación. La EEPROM contiene datos de la aplicación y de los programas que gestionan la aplicación. Se modifican mientras se opera con ella. Son tarjetas muy flexibles, que pueden realizar más de una aplicación.

6.7 CRITERIOS DIFERENCIALES EN SISTEMAS RFID

Actualmente el volumen de uso de los sistemas de RFID es muy grande, y ha tenido una evolución importante en estos últimos años. Están plenamente integrados en aplicaciones de identificación, y cada vez aparecen más aplicaciones para esta tecnología. Desarrolladores de sistemas RFID han conseguido que la tecnología necesaria para optimizar estos sistemas a campos como el procesamiento de tickets, la identificación animal, automatización industrial o el control de acceso estén disponibles en el mercado. Uno de las principales complicaciones es la inexistencia de unos estándares para estos sistemas RFID.

A la hora de seleccionar un sistema de RFID es indispensable adecuar unos parámetros de diseño a la aplicación en la que se está trabajando. Hay unos criterios principales a la hora de seleccionar un sistema de RFID u otro, como por ejemplo la frecuencia a la que trabaja el sistema, el rango de alcance, los requerimientos de seguridad y la capacidad de memoria.

6.7.1. Frecuencia de operación

Los sistemas RFID que operan a frecuencias entre 100 KHz y 30 MHz que usan acoplamiento inductivo, y los sistemas de microondas en el rango de 2.45-5.8 GHz que usan campos electromagnéticos para el acoplamiento. Hay que tener en cuenta la absorción que realiza el agua o sustancias no conductivas es 100000 veces menor a 100 KHz que a 1 GHz. Por esta razón sistemas HF fueron los primeros en ser usados por su gran penetración en los objetos.

Un excelente ejemplo podrían ser los sistemas que operan en el ganado que puede ser leído con un lector operando a una frecuencia menor de 135 KHz. Los sistemas de microondas pueden trabajar a un rango mayor, entre los 2-15 metros. Pero estos sistemas suelen requerir el uso de una batería

adicional para alimentar el transponder, que no tiene suficiente con la energía que le proporciona el interrogador.

Otro factor importante es la sensibilidad a la interferencia con campos electromagnéticos, como son los que producen por ejemplo motores eléctricos. Los sistemas con acoplamiento inductivo tienen un peor comportamiento delante de estas interferencias. Por este motivo sistemas de microondas son usados líneas de producción como pueden ser los sistemas de pintado dentro de la industria del automóvil. Otros factores que se deben tener en cuenta para una elección de un sistema RFID de una frecuencia u otra, son la mayor capacidad de memoria que tienen los sistemas de microondas (<32 Kbyte) y la mayor resistencia que tienen a las altas temperaturas.

Por estas ventajas e inconvenientes la elección de un sistema a una frecuencia u otra determinará la eficiencia de este sistema para la aplicación.

6.7.2. Rango de alcance

El rango de alcance necesario para una aplicación determinada viene dado por tres factores:

- La posible posición del transponder.
- La distancia mínima entre muchos transponder en la zona de operación.
- La velocidad del transponder en la zona de interrogación del lector.

La Figura 6.15 muestra cuál es el rango de alcance de los diferentes sistemas de acoplamiento.

Por ejemplo en aplicaciones de pago, como los tickets en el transporte público, la velocidad del transponder es pequeña cuando pasa el viajero por el lector, la distancia mínima corresponde a la distancia entre dos pasajeros, por eso no se puede poner un rango muy elevado y que detecte varios billetes de diversos pasajeros³.

Otro ejemplo puede ser la industria del automóvil, en una línea de montaje puede haber mucha variación en la distancia entre un transponder y el lector, por eso hay que preparar el sistema para que alcance la mayor distancia prevista. En esa distancia sólo puede haber un transponder. Para este problema los sistemas de microondas, los cuales tienen un campo mucho

³ *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*,
Second Edition

más direccional ofrecen claras ventajas sobre los campos no direccionales que crean los sistemas con acoplamiento inductivos.

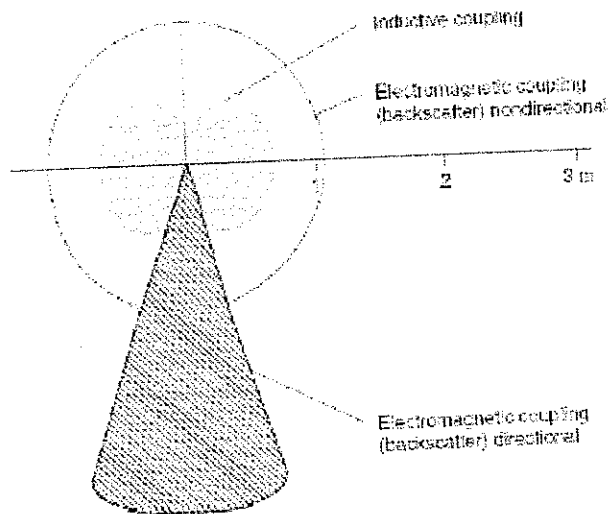


figura 6.15 Comportamiento entre zonas de interrogación de los lectores de diferentes sistemas

La velocidad de los transponder con respecto al lector, junto con la máxima distancia de lectura/escritura, determina la duración del tiempo que tiene que estar en la zona de interrogación del lector para poder transmitir toda su información.

6.7.3. Requisitos de seguridad

Como requisitos de seguridad en sistemas de RFID, tenemos por ejemplo la encriptación y autenticación. Debido a que estos sistemas pueden estar trabajando con objetos de valor, o incluso con dinero; deben estar probados en la planificación inicial para no encontrarse con ninguna sorpresa a la hora de implementarlo⁴.

Podemos clasificar las aplicaciones según su necesidad de seguridad en dos grupos:

- Aplicaciones industriales o privadas.
- Aplicaciones públicas con dinero y bienes.

Esta clasificación se puede entender mejor con dos ejemplos:

⁴ RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, Second Edition

6.8.1 Sistemas RFID a 13.56MHz.

Principios de Operación

Hoy en día, la mayoría de los sistemas RFID que funcionan a 13.56MHz son pasivos, lo cual implica la no necesidad del uso de baterías. Esto tiene ventajas en cuanto al costo, tiempo de vida de las etiquetas y entorno en que se pueden emplear estos sistemas. El principio básico de operación es la *transmisión de energía y datos usando acoplamiento inductivo*. Este es el mismo principio que usan los transformadores.

A diferencia de otros sistemas de RFID que trabajan a frecuencias más altas (por ejemplo dentro de la banda UHF o microondas), los sistemas a 13.56MHz (e incluso los que trabajan a <135KHz) tienen la zona de operación en el campo creado junto a la antena del lector, lo que permite alcanzar unas distancias del orden del diámetro de la antena. Hay que tener en cuenta que esto es así siempre que estemos trabajando con sistemas con una sola antena.

Para distancias mayores al equivalente al diámetro de la antena, la intensidad del campo decrece con la tercera potencia de la distancia, lo cual significa que la potencia de transmisión requerida se incrementa con la sexta potencia de la distancia.

La Figura 6.16 muestra la dependencia de la intensidad del campo, normalizada, en función de la distancia para antena con un diámetro de 0.8m.

Las líneas de producción en la industria del automóvil son aplicaciones del primer grupo, industriales o privadas. Suelen sufrir menos ataques, ya que un ataque por parte de una persona, alterando o falsificando datos, no supondrían un beneficio personal, pero sí provocaría un malfuncionamiento de toda la cadena.

En el segundo grupo están los sistemas de ticket para transporte público, donde el peligro de un ataque es mucho más elevado. Si se realizase un ataque y diera resultado, podría reportar un daño económico muy elevado a la compañía y su imagen quedaría afectada. Para este tipo de aplicaciones procesos de *autenticación y encriptación* son indispensables. Para aplicaciones con unos requisitos de seguridad máxima como aplicaciones en bancos y tarjetas de crédito, sólo transponder con microprocesadores pueden ser usados.

6.7.4. Capacidad de memoria

La cantidad de información que puede albergar el chip del transponder y el precio, es otra variable que se debe manejar a la hora de diseñar un sistema de RFID para una aplicación determinada. Se necesita saber cuanta cantidad de información usa el sistema, que datos maneja.

Principalmente los transponder con sistemas de memoria de solo lectura se usan para aplicaciones de bajo costo con necesidades de información baja. Si lo que se necesita es que la información se pueda escribir, no sólo leer del transponder, son necesarios transponder con memoria EEPROM o RAM. La memoria EEPROM se usa principalmente en los sistemas de acoplamiento inductivo, dispone de capacidades de memoria entre los 16 bytes a los 8 Kbytes. Las memorias SRAM disponen de baterías, son usadas en sistemas de microondas, con una memoria que oscila alrededor de los 256 bytes y 64 Kbytes.

6.8 SISTEMAS RFID SEGÚN SU FRECUENCIA DE OPERACIÓN

Como ya hemos visto los sistemas de RFID tienen como uno de sus criterios diferenciales más importantes la frecuencia a la que operan. Por este motivo, es útil hacer una nueva comparación entre los sistemas RFID según su frecuencia, en ella nos centramos en los sistemas más usuales como son los que operan a 13,56 MHz, los que operan en el rango de 400 MHz a 1000 MHz y en el rango de los 2.45 GHz.

La inmensa mayoría de productos que se encuentran actualmente en el mercado usando la tecnología RFID y un gran número de los nuevos proyectos operan en estos tres rangos de frecuencia.

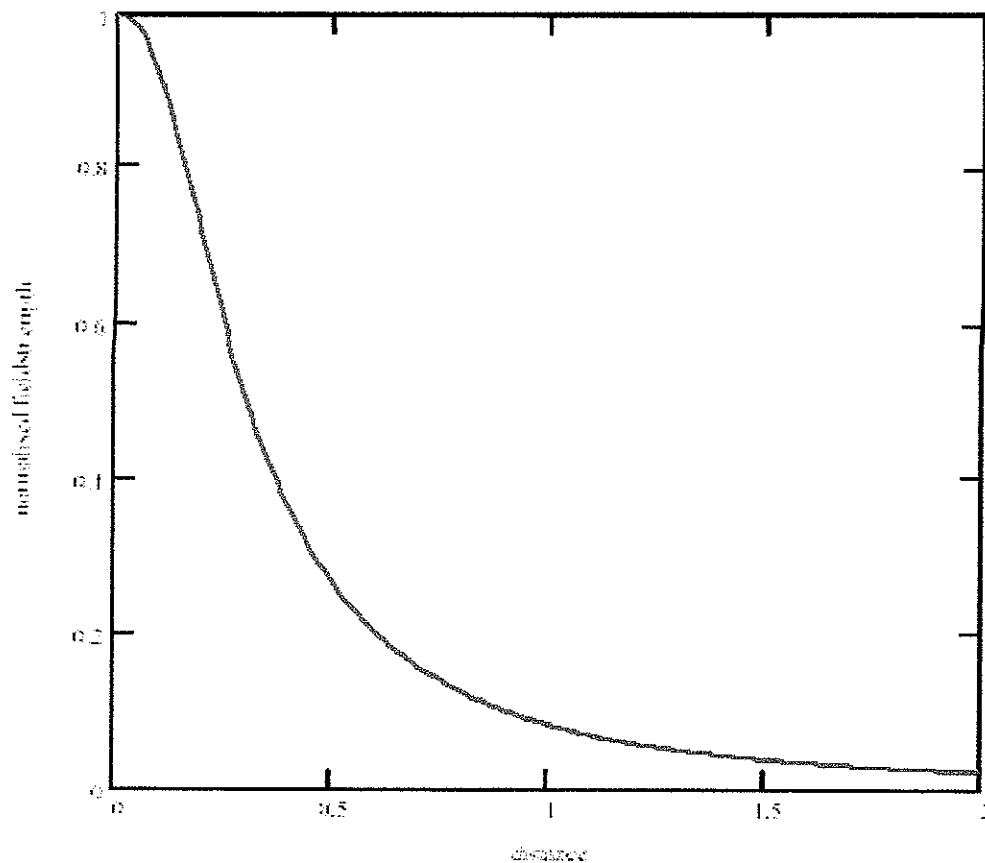


Figura 6.16 Comportamiento de la intensidad del campo en la función de la distancia

A diferencia que en los sistemas de RFID que usan frecuencias dentro del rango de UHF o microondas, la radiación emitida a 13.56MHz no es absorbida por el agua ni la piel humana, lo que permite que las ondas se propaguen con mayor facilidad puesto que la influencia del agua o las personas en su comportamiento es insignificante.

Debido a los efectos de blindaje o reflexión, los sistemas de RFID son sensibles a los metales dentro del campo de operación. Esto afecta a todos los sistemas de identificación por radiofrecuencia, aunque los motivos físicos son diferentes para cada caso en concreto.

El hecho de que el campo magnético sea un campo vectorial implica que la orientación del tag tiene influencia dentro del mismo. Esta influencia de la orientación puede resolverse mediante el uso de antenas de transmisión más complejas (por ejemplo, mediante el uso de campos rotantes). Así es posible trabajar con las etiquetas independientemente de su orientación dentro de la zona de operación.

Debido también a que los sistemas RFID inductivos operan a distancias cortas, la influencia de sistemas adyacentes o ruidos externos es mucho menos que en sistemas que trabajan en la zona UHF o microondas (debido a que la potencia decrece con el cuadrado de la distancia, cuando a 13.56MHz decrece con la sexta potencia de la distancia).

Etiquetas típicas

Hoy en día las etiquetas a 13.56MHz están disponibles en muchas formas y con diferentes funcionalidades. Por supuesto esto ha sido muy influenciado por las aplicaciones y sus requerimientos. El hecho de que unas pocas vueltas de la antena de la etiqueta (habitualmente menos de 10) sean suficientes para lograr una etiqueta con un buen funcionamiento es uno de los beneficios reconocidos para permitir la producción de tags a bajo costo basados en diferentes tecnologías de antena.

Formas

Hay tres tipos principales de tags a 13.56MHz:

- Tarjetas ISO:
 - ISO 14443: son "Tarjetas de identificación- Proximity integrated circuit cards". Con un rango entre 7-15 centímetros, usadas principalmente en el campo de la expedición de tickets.
 - ISO15693: son "Tarjetas de identificación- contactless integrated circuit cards". Con un rango superior a 1 metros, usadas principalmente en los sistemas de control de acceso.
- Tags rígidos industriales para logística
- Etiquetas inteligentes, delgadas y flexibles.

Funcionalidad

- Tamaño de la memoria: típicamente desde 64 bits (en dispositivos simples de identificación) hasta varios kilobytes (empleados en tarjetas inteligentes).
- Tipo de memoria: programadas de fábrica, de sólo lectura (típicamente en identificación y pequeña memoria), sólo programables una vez (OTP) y de lectura/escritura (permitiendo la modificación de datos).
- Seguridad: básicamente todos los niveles de seguridad se pueden alcanzar. En el caso, por ejemplo, de aplicaciones en las que haya una transferencia de dinero se requieren los niveles más altos de seguridad.
- Capacidades multitag: resueltas y soportadas por la mayoría de los nuevos productos.

Tipos de lector

Sin lugar a dudas la etiqueta tiene una gran importancia dentro de un sistema RFID, sin embargo el lector tiene la misma importancia dentro de un sistema RFID de índole profesional. La parte principal del interrogador es un módulo

de radiofrecuencia encargado de la comunicación entre él y el tag. Hay diferentes dispositivos según la potencia de salida y según la sensibilidad del mismo. Podemos encontrar tres tipos principales:

- Módulo RF para aplicaciones de "proximidad" (hasta 100milímetros). Se emplean en dispositivos portátiles, impresoras y terminales. Esta funcionalidad se puede integrar en un circuito impreso, permitiendo módulos de reducido tamaño y reducción de costes.

- Módulo de RF para aplicaciones de "vecindad" (amplio rango, en el caso de 13.56MHz hasta 1.5 metros). Son más complejos que los módulos de "proximidad", tienen un mayor consumo de potencia y una circuitería más compleja.

- También se puede encontrar en ocasiones una tercera clase, de "medio rango" para distancias de hasta 400milímetros.

Los interrogadores fijos suelen colocarse a lo largo de las líneas de producción para identificar y hacer el seguimiento de los objetos. En algunas aplicaciones es necesario blindar los interrogadores para protegerlos de perturbaciones externas. Los lectores con forma de puerta se emplean en almacenes, establecimientos y bibliotecas para EAS (Electronic Article Surveillance).

También existen interrogadores que emplean múltiples antenas que permiten extender el rango de cobertura y leer los tags en cualquier orientación. Existe la posibilidad de emplear protocolos anticolidión que permiten la lectura de múltiples tags simultáneamente dentro del campo de la antena. Dependiendo del protocolo y la configuración empleada pueden leerse hasta 30 tags por segundo, lo que equivale a leer los tags colocados uno detrás de otro separados una distancia de 0.1m y desplazándose a 3m/s.

Funcionamiento

Que el sistema funcione es una de las principales cuestiones dentro de los requerimientos de las aplicaciones. Así la meta es cumplir con el propósito de tener un sistema con un funcionamiento bueno dentro de una probabilidad elevada. Mientras que las cuestiones funcionales como el tamaño de la memoria o nivel de seguridad pueden ser seleccionadas teniendo en cuenta los requerimientos de las aplicaciones, algunos otros parámetros clave (rango, fiabilidad y velocidad de la comunicación) están sujetos a leyes físicas y, por lo tanto, muestran cierta independencia. Típicamente las distancias más pequeñas permiten velocidades mayores (los sistemas de "proximidad" operan aproximadamente a 100kBaud o más), mientras que distancias mayores sólo se pueden lograr con velocidades más lentas (entre 25 y 70kBaud).

Esto tiene un impacto en la integración y la optimización del sistema. Sin embargo, existe la evidencia de que los sistemas RFID a 13.56MHz pueden alcanzar aproximadamente 1.5m sin problemas en aplicaciones "puerta" o cubrir una "ventana" de 1x1m en un "lector túnel" y solucionan los requisitos

clave de las aplicaciones en términos de tamaño de datos y movilidad de objetos. Estas ideas están basadas en tags del tamaño de una tarjeta de crédito.

El funcionamiento no está tan sólo fijado por las regulaciones y por la velocidad de transmisión sino que también depende de la sensibilidad o robustez que tiene al ruido. Debido a que la señal del transponder puede ser transmitida por una subportadora que opera fuera de la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical), el funcionamiento del sistema puede ser *muy estable comparado, por ejemplo, con los sistemas a <135kHz*. La *robustez al ruido puede ser realzada por receptores selectivos y por el hecho de que ambas subportadoras pueden ser procesadas independientemente en sistemas de alto rendimiento*.

Esto da una idea de la "ventana de funcionamiento" de los sistemas que trabajan a 13.56MHz. Evidentemente, el funcionamiento final depende de muchos factores que deben ser optimizados para cada aplicación concreta.

6.8.2 Sistemas RFID en la banda UHF: de 400 a 1000MHz.

Principios de Operación

Los sistemas de RFID que operan en el rango de frecuencias de UHF emplean la propagación convencional de una onda electromagnética para la comunicación y alimentación de tags no alimentados por batería. Este funcionamiento difiere del de los sistemas a bajas frecuencias que usan la inducción electromagnética, más similar a los transformadores.

El lector emite una onda electromagnética que se propaga con un frente de onda esférico. Las etiquetas colocadas dentro del campo recogen parte de la energía de la onda emitida. La cantidad de energía disponible en un punto está relacionada con la distancia que hay desde el punto emisor y decrece con la segunda potencia de la misma (es decir, que E es proporcional a $1/d^2$).

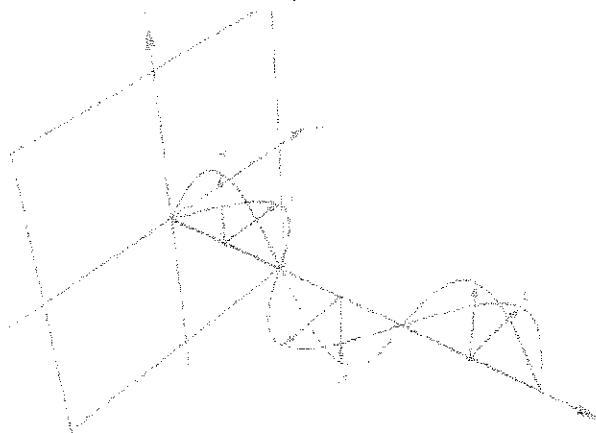


figura 6.17. propagación de una onda electromagnética

La densidad de potencia que reciben los tags no depende directamente de la frecuencia, sino que depende del tamaño de la antena. De todos modos, el

tamaño de la antena sí que depende de la frecuencia, por lo que podemos afirmar que, indirectamente, la densidad de potencia recibida por las etiquetas, sí que depende de la frecuencia.

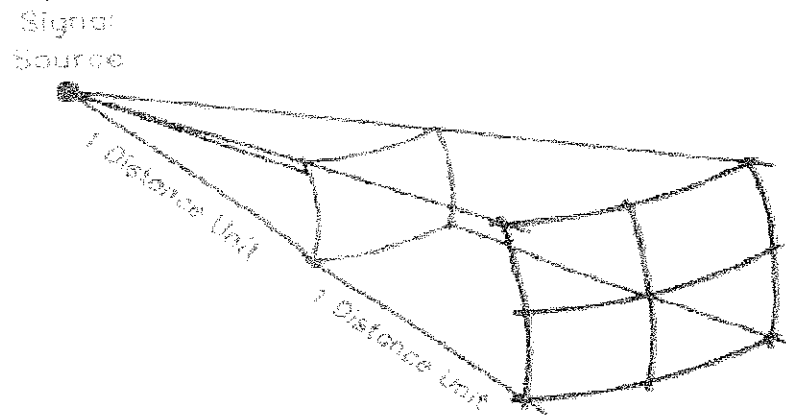


figura 6.18. Reducción de la potencia por unidad de área recibida en función de la distancia

La cantidad de energía recibida es función de la apertura de la antena receptora, lo que en términos simples es lo mismo que decir que depende de la longitud de onda de la señal recibida. Consideremos, por ejemplo, una antena de media longitud de onda para 300MHz (0.5 m) y de 0.25m a 600MHz. El área activa alrededor de la antena tiene la forma de una elipse.

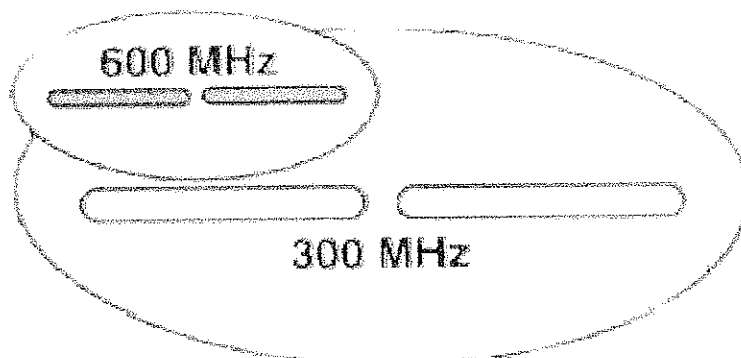


figura 6.19. Área activa para antenas de 300 y 600 MHz

Como se observa en la Figura 6.19, el área de la elipse de la antena a 300MHz es cuatro veces la de la antena a 600MHz. De esta forma el área de captación de energía a 300MHz es cuatro veces la de 600MHz.

La antena receptora puede ser físicamente más pequeña y, aún así, tener la misma apertura ya que existen compensaciones para reducir el tamaño de la antena como reducir el ancho de banda o un ajuste más fino. En la práctica,

el rango de trabajo depende de la energía que radia el lector, de la frecuencia de trabajo y del tamaño de la antena de la etiqueta.

Para que la tecnología RFID pasiva sea correctamente explotada el lector debe producir un adecuado campo magnético para alimentar las etiquetas a una distancia que sea útil. Atendiendo a las regulaciones actuales, que son más restrictivas en Europa, la potencia radiada está limitada a 500mW, lo que se traduce en un rango de lectura de unos 0.7m a 870MHz. En EEUU y Canadá se permite una potencia radiada de 4W, lo que se traduce en un *rango del orden de 2m. Existen licencias especiales en Estados Unidos que permiten una potencia que supera los 5m.*

Funcionamiento

Cuando se realiza una transmisión en RF, hay diversos factores que pueden influir en el correcto funcionamiento de la comunicación entre emisor y receptor.

Absorción, Reflexión, refracción y difracción

Una onda electromagnética puede verse afectada por alguno de estos cuatro factores, esto puede provocar que la comunicación no se realiza correctamente. Por tanto el estudio de estos factores y de cómo afectan cada uno a las características de las ondas electromagnéticas es estudiado en cada caso.

Por ejemplo, la absorción depende de las características del material a través del cual la onda se propaga. La absorción de energía se produce debido a que parte de esta energía se disipa en el material que opone una resistencia al paso de la onda.

Las ondas electromagnéticas son afectadas también por el fenómeno de refracción y difracción, cuando estas ondas pasan por diferentes medios o cuando inciden en el borde de un objeto. Las transmisiones a frecuencias más elevadas son más propensas a este tipo de fenómenos.

Las ondas electromagnéticas se pueden reflejar en una superficie conductora como un metal, agua, etc. La reflexión puede provocar que la transmisión se anule completamente, pero también puede beneficiarla. Todo dependerá de cómo se encuentran la onda reflejada y la onda directa, en fase o contratase. Podemos apreciarlo en la Figura 6.20.

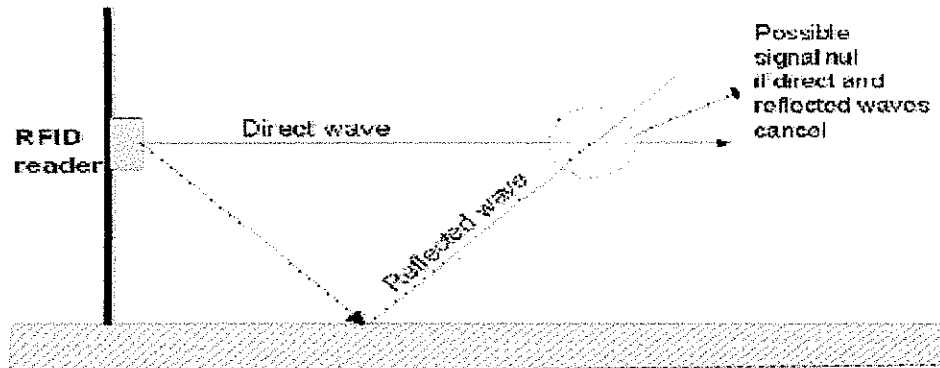


figura 6.20. Esquema de la propagación de una onda electromagnética y su onda reflejada

Penetración en líquidos

Las ondas de radio penetran en diferentes líquidos dependiendo de la conductividad eléctrica del líquido en el cual penetran. Por ejemplo, el agua tiene una alta conductividad eléctrica y, por tanto, tiende a reflejar y absorber energía electromagnética mientras que el aceite o el petróleo tienen una baja conductividad permitiendo el paso a través de ellos con unos niveles relativamente bajos de atenuación.

Rango de lectura

El rango de lectura depende de la potencia de transmisión y, en el caso de los tags pasivos, también los requerimientos de energía de los mismos. El rango efectivo de lectura depende también del factor de absorción del material al cual va unido el tag.

El tamaño del tag también juega un papel importante en el rango de lectura. Cuanto menor es el tag, menor es el área de captura de energía, por lo que menor es el rango de lectura. Un diseño adecuado del sistema, la optimización de la potencia del lector, la orientación de la antena y una colocación óptima del tag ayudan a superar estas limitaciones.

Interferencias

El ruido eléctrico procedente de motores, luces fluorescentes, etc., es mínimo en UHF. De mayor consideración es el efecto de otros sistemas RFID, teléfonos móviles, aparatos que trabajen en la banda ISM, etc. Aunque la mayoría de estas fuentes de señal emiten en una banda muy estrecha.

FHSS (Frequency hopping spread spectrum) es una de las formas más efectivas de reducir los efectos de las interferencias y de reducir las interferencias sobre otros dispositivos que comparten el espectro. De este modo la energía transmitida se distribuye a lo largo de la banda de frecuencias, reduciendo las posibles interferencias creadas a otros sistemas y, así, como la frecuencia del receptor está continuamente cambiando, evita los efectos de otros usuarios bloqueando el receptor.

Capacidad de lectura direccional

La naturaleza de las ondas de UHF permite el uso de pequeñas antenas direccionales. Esto permite dirigir el rayo del interrogador hacia un área en particular y poder leer selectivamente un grupo de tags y evitar la lectura de otros. Esta capacidad de direccionabilidad tiene otra ventaja, que es la de permitir que el interrogador evite zonas con posibilidad de interferencias.

6.8.3 Sistemas RFID a 2450 MHz.

Principios de operación

Los sistemas RFID en el rango de las microondas se vienen usando desde hace más de 10 años en aplicaciones de transporte (seguimiento de vehículos por vías o rieles, peajes y otro tipo de control de acceso a vehículos). Los sistemas que operan en la banda UHF y en la región de microondas se dividen en "activamente alimentados" y "pasivamente alimentados". El rango de operación y la funcionalidad son superiores en los tags activos (con una batería en el tag) mientras que un bajo costo y un mayor tiempo de uso son las ventajas de los tags pasivos.

En el pasado las etiquetas para microondas eran bastante complejas y caras debido al desafío de procesar señales de microondas con circuitos integrados CMOS.

Actualmente, la mayoría de estos dispositivos para seguimiento de artículos usan un único circuito integrado y alimentación pasiva. Esto conlleva ventajas en cuando a los costos y tiempo de vida.

El principio básico de operación a 2450MHz consiste en la transmisión de datos y energía usando la propagación de señales de radio. Una antena en el interrogador genera una onda electromagnética que es recibida en la antena del tag. En un tag pasivo se convierte esta señal recibida en un voltaje DC para alimentarse. La transmisión de datos desde el lector hacia un tag se lleva a cabo cambiando algún parámetro de la onda transmitida (amplitud, fase o frecuencia).

La transmisión de retorno desde el tag hacia el interrogador se lleva a cabo cambiando la carga de la antena del tag (amplitud y/o fase). En este contexto, los sistemas que trabajan por debajo de 135KHz, a 13.56MHz y en microondas usan el mismo principio. Para los sistemas RFID de microondas este método se llama "modulated backscatter". De forma alternativa, se puede generar otra señal de diferente frecuencia y modularla para transmitirla al interrogador. Los sistemas que usan este último método emplean tags transmisores RF activos.

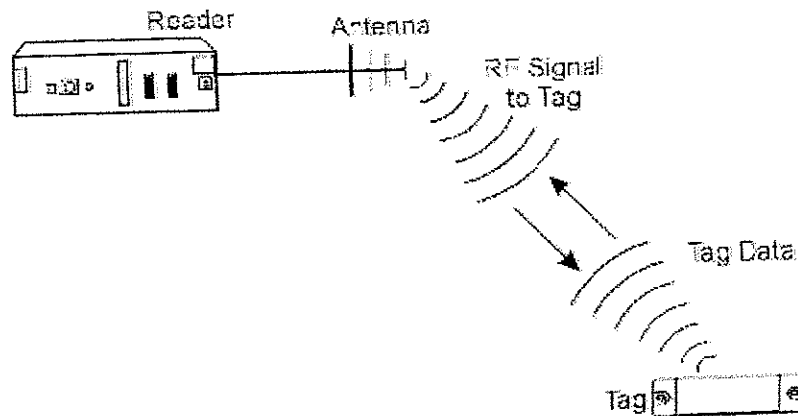


figura 6.21. Principio básico de sistemas RFID que trabajan con microondas

A diferencia de los sistemas RFID inductivos (13.56MHz y <135KHz), los sistemas de UHF y microondas operan en el "campo lejano" de la antena de transmisión del interrogador. Las distancias alcanzables para tags pasivos están entre los 0.5 y los 12m y más allá de los 30m para los tags activos, dependiendo de la frecuencia de microondas, las regulaciones del país o región donde trabaja y las características de la antena. Como los tags operan en el "campo lejano" de la antena del interrogador, la intensidad de este campo decrece con la primera potencia de la distancia (es decir, E es proporcional a $1/d$).

Las ondas en UHF y microondas se atenúan y reflejan en materiales que contienen agua o tejidos humanos y se reflejan en objetos metálicos. Al contrario que en los sistemas RFID inductivos, es posible diseñar tags que trabajen unidos a objetos metálicos. También atraviesan fácilmente madera, papel, ropa, pintura, suciedad, etc.

Adicionalmente, debido a la corta longitud de onda de las señales de radio empleadas y a las propiedades de reflexión de los objetos metálicos, los sistemas lectores se pueden diseñar para tener una alta capacidad de lectura en zonas con gran contenido en objetos metálicos. Como el campo eléctrico es un campo vectorial, existe una relación entre la orientación del tag y la distancia de lectura. El impacto de esta dependencia de la orientación se puede solucionar mediante el empleo de antenas más complejas sin que influya así la orientación de la etiqueta.

Etiquetas típicas

En la actualidad los tags de 2450MHz están disponibles en muy diferentes formatos en cuanto a forma y funcionalidad. A diferencia de los sistemas RFID inductivos, los cuales requieren bastante área o bastantes vueltas de alambre o incluso un núcleo magnético para recoger el campo magnético, los

tags de UHF y los de microondas pueden ser muy pequeños requiriendo sólo una determinada longitud en una sola dimensión. Por eso los tags son más fáciles de encapsular. Tamaños típicos son de 2 a 10 cm.

Forma

Hay dos clases de tags para los 2450MHz:

- Tags industriales rígidos para usos logísticos.
- Etiquetas finas y flexibles.

Las expectativas son que en el futuro se empleen muchos más tipos diferentes de etiquetas. *Esta es una ventaja de los tags de 2450MHz, que se pueden conseguir una gran variedad de formas y tamaños.*

Funcionalidad

El tamaño de la memoria (como en todas las frecuencias) está limitado sólo por el costo. En cuanto a la seguridad, se pueden conseguir todos los niveles de seguridad deseados (desde niveles bajos para una simple tarea de control hasta los más elevados para tareas de transferencias económicas, por ejemplo).

Funcionamiento

Hay que tener en cuenta que si hablamos de sistemas activos, las velocidades de transmisión no dependen en gran medida de si empleamos UHF o microondas, mientras que para tags pasivos, los bajos requisitos de consumo para el mismo exigen unas velocidades de transmisión bajas. Los sistemas de amplio rango de lectura (distancias mayores a 15m) operan a velocidades de hasta 1Mbit/s. Los tags pasivos de UHF y microondas operan típicamente a velocidades entre 10 y 50Kbits/s.

6.9 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS RFID

Los sistemas RFID se pueden clasificar siguiendo varios criterios, como pueden ser la frecuencia a la que trabajan los sistemas (LF, HF, UHF o microondas), la alimentación de los transponder (activos o pasivos) o según el principio de funcionamiento en el que se basan (acoplamiento inductivo, backscatter o microwave).

Como ya se ha hecho hincapié en estas diferencias, es conveniente centrarse en otras características que diferencian entre sí los sistemas de RFID. Estas clasificaciones tienen por criterio diferencial el sistema de memoria que incorpora el transponder, el rango de información y la capacidad de procesamiento que tiene el transponder o el procedimiento de comunicación que se realiza entre transponder y lector.

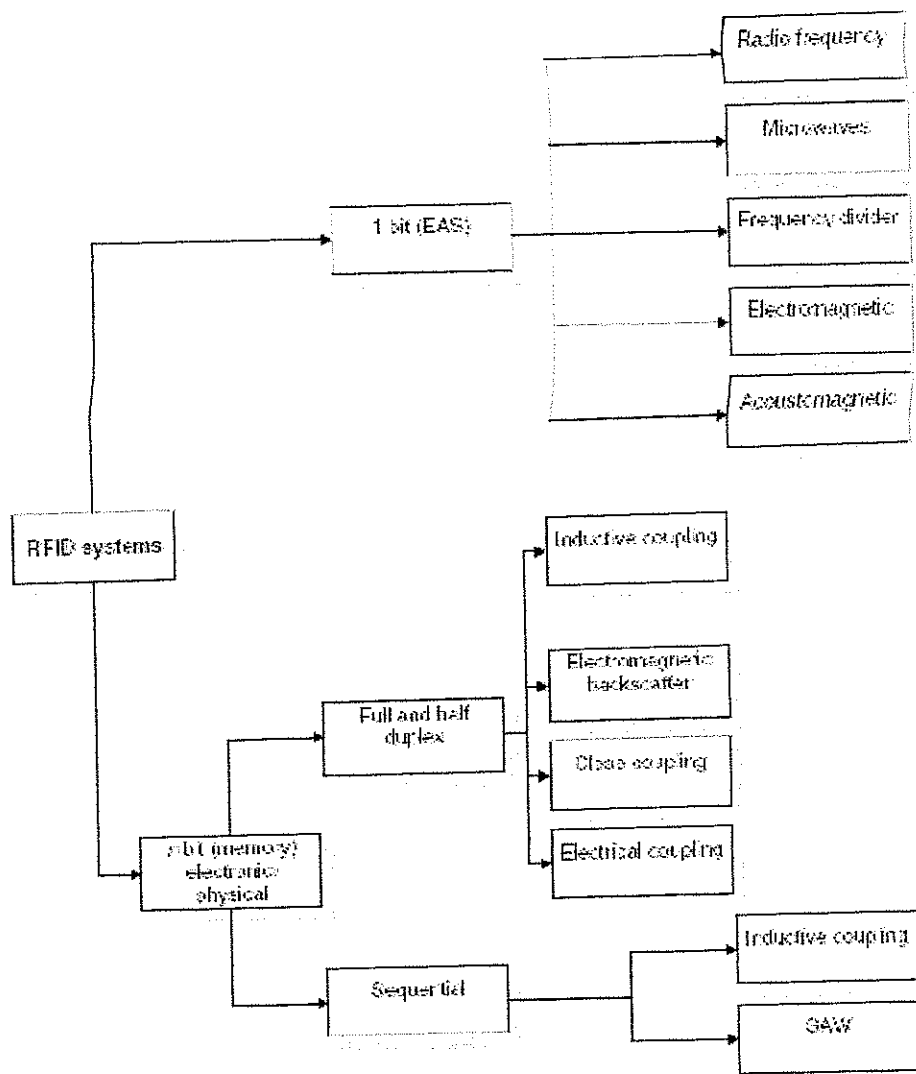


figura 6.22 Esquema de los diferentes principios de operación de los sistemas RFID

Uno de estos criterios es según el rango de información y la capacidad de proceso de datos que ofrece el transponder, así como el tamaño de su memoria de datos. Realizando esta clasificación obtenemos un amplio espectro de variantes que se dividen en sistemas Low-end, Mid-range y High-end.

6.9.1. Sistemas Low-end: los sistemas EAS (Electronic Article Surveillance) componen principalmente este grupo; son sistemas que reconocen la presencia de un artículo en la zona de alcance del lector. Transponder de sólo lectura también son sistemas Low-end, estos transponder tienen grabados permanentemente los datos que pueden consistir en un único número de serie. Si una de estas etiquetas entra en el radio de acción de un

lector inicia una comunicación broadcast con su número de serie. Existe el problema de que haya la presencia de más de un transponder en el radio de acción del lector, en este caso puede haber una colisión de datos enviados por los transponder y el lector no podrá detectar ninguno de ellos.

Estos sistemas son adecuados para diversas aplicaciones que necesitan cantidades de información pequeñas. Por ejemplo sustituyendo a los códigos de barras, ya que la simplicidad de sus funciones permite que el área de chip sea reducida, así como su consumo y su costo de producción. Estos sistemas son capaces de trabajar en todo el rango de frecuencias que opera RFID.

6.9.2. Sistemas Mid-range: estos sistemas permiten la escritura en la memoria. El tamaño de la memoria va desde los pocos bytes hasta el orden de 100Kbyte EEPROM (transponder pasivos) o SRAM (transponder activos). Estos transponder son capaces de procesar comandos simples de lectura para la selectiva lectura/escritura de la memoria en una máquina de estados permanentemente codificados. Estos transponder son capaces de soportar procesos de anticolisión, por lo que varios transponder en el radio de acción de un lector no se interfieren y el lector es capaz de diferenciarlas. En estos sistemas se utilizan procedimientos de encriptación de datos y autenticación entre lector y transponder. Estos sistemas son capaces de trabajar en todo el rango de frecuencias que opera RFID.

6.9.3. Sistemas High-end: estos sistemas poseen microprocesadores y un sistema de funcionamiento de tarjeta inteligente. El uso de los microprocesadores facilita el uso de algoritmos de autenticación y encriptación más complejos. Estos sistemas operan en una frecuencia de 13.56 MHz.

Podemos clasificar los sistemas de RFID según la cantidad de información que contiene los transponder.

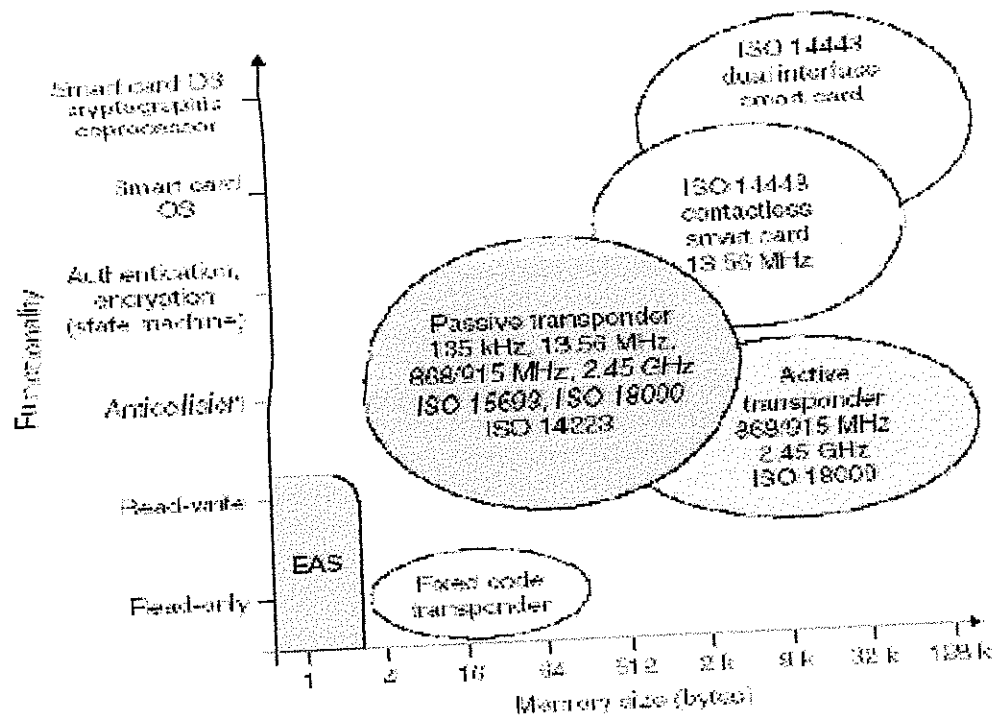


figura 6.23 Esquema de los diferentes sistemas en función del tamaño de memoria y su funcionalidad

Aunque los sistemas RFID suelen tener una capacidad de información que va desde los pocos bytes a centenares de KBytes, existen numerosos sistemas que únicamente poseen un bit de información, los justos para tener controlados dos estados por el lector: la presencia del transponder en el campo creado por el lector o la ausencia del transponder. A pesar de su simpleza, son sistemas especialmente adecuados para aplicaciones como monitorizaciones o funciones de señalización.

Una de sus principales aplicaciones es el EAS (Electronical Article Surveillance) para la protección de objetos en tiendas y negocios. Cuando alguien intenta sustraer un artículo, sin haber sido desactivado el transponder, debe pasar por un lector situado en la salida de la tienda, si el lector detecta la presencia de un transponder inicia la reacción apropiada.

Estos sistemas pueden clasificarse según también su principio de funcionamiento:

Procedimiento RF basado en unos circuitos LC resonantes ajustados a una determinada frecuencia de resonancia; sistemas EAS en el rango de microondas que generan armónicos con componentes con características no lineales como los diodos; divisores de frecuencia que operan en el rango de 100-135,5 KHz donde la frecuencia de resonancia proporcionada por el lector

es dividida en el transponder y enviada hacia el lector nuevamente, generalmente dividida entre 2.

Los denominados "Electromagnetic types" que usan campos magnéticos muy fuertes en el rango NF (10Hz-20KHz), los elementos de seguridad contienen una línea metálica que sufren una saturación magnética ya que esta sometida a un campo magnético muy fuerte y alternante, esto crea unos armónicos a la frecuencia básica del lector.

También es posible superponer frecuencias más elevadas a la señal básica; como son elementos no lineales crean frecuencias suma y diferencia con las frecuencias añadidas. El lector no reacciona a los armónicos de la frecuencia básica pero si que lo hace a la frecuencia suma o diferencia de las señales creadas.

Por último tenemos a los sistemas acústico magnético basados en pequeñas cajas de plástico que contienen dos líneas metálicas, una de ellas no esta conectada a la caja y produce una pequeña vibración al pasar por un campo magnético. La amplitud de esta vibración es especialmente alta si la frecuencia del campo magnético alterno producido por el lector, corresponde con la frecuencia de resonancia de la línea metálica.

Para contrastar con los transponder de un solo bit, el cual normalmente explota los efectos físicos (procesos oscilación estimulada, estimulación de armónicos por diodos no lineales en la curva de histéresis de metales), existen transponder que usan un microchip electrónico como sistemas portador de datos. Tienen una capacidad de almacenamiento de información mayor a pocos Kbytes. Para leer o escribir en estos sistemas de almacenamiento se realiza una transferencia de datos entre lector y transponder, esta transferencia puede seguir tres procesos: half duplex, full duplex y secuencial.

Podemos ver un esquema de la transmisión downlink y uplink de los tres procesos en la figura 6.24.

6.9.4. Sistemas half/full duplex: El lector inicia la comunicación con el transponder. El transponder responde en broadcast cuando detecta el campo RF.

Debido a que la señal generada por el transponder que recibe el lector es mucho más débil que la propia señal generada por el lector, éste debe tener sistemas capaces de diferenciar ambas señales. En la práctica la transferencia de datos se realiza por modulaciones con portadora o subportadoras, pero también con armónicos de la frecuencia de transmisión del lector.

La diferencia radica en que en los sistemas half duplex la transferencia de datos entre lector y transponder, se alterna con la comunicación entre transponder y lector. Estos sistemas suelen usar las modulaciones de carga con o sin subportadora, y armónicos.

Por lo que se refiere a los sistemas full duplex, la comunicación entre transponder y el lector se realiza al mismo tiempo que la comunicación entre lector y transponder. Incluye procedimientos en la que la transferencia de datos se realiza mediante en una fracción de frecuencia del lector, en subarmónicos o en frecuencias completamente distintas, no armónicos. Estos sistemas utilizan como principios de funcionamiento para la transmisión y recepción de datos, el acoplamiento inductivo, backscatter, close coupling y electrical coupling⁵.

6.9.5. Sistemas secuenciales: Emplean el sistema en el cual el campo generado por el lector se enciende y se apaga en intervalos regulares. Lo que significa que el transponder es alimentado de forma intermitente (pulso). La transferencia entre transponder y lector se produce en esos intervalos en los que el lector no se comunica con el transponder. La desventaja de estos sistemas es la pérdida de energía en el transponder en los intervalos que se corta la comunicación, este problema puede ser solucionado con una alimentación externa.

Estos sistemas utilizan como principios de funcionamiento para la transmisión y recepción de datos, el acoplamiento inductivo y SAW (Surface Acoustic Wave); basado este último en el efecto piezoeléctrico y una dispersión en la superficie de las ondas acústicas a pequeña velocidad.

⁵ *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, Second Edition*

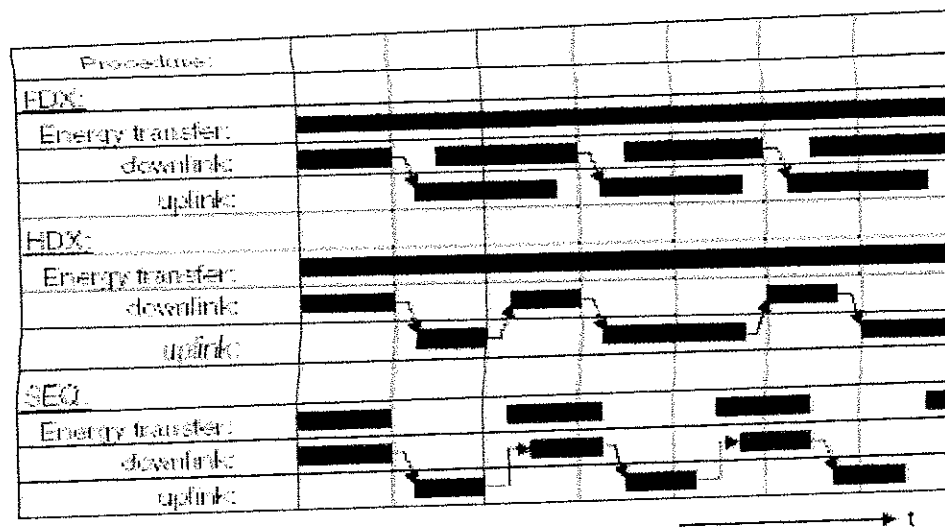


figura 6.24 Esquema de los diferentes procedimientos, Full-duplex, Half-duplex y secuencial

Se puede clasificar los sistemas RFID según el tipo de memoria del transponder, EEPROMs, FRAMs o SRAMs. Existen numerosos transponder que tienen únicamente con información de un número de serie que se incorpora cuando se fabrica y no puede ser alterado después. En otro tipo de transponder sí es posible el escribir en la memoria.

- **EEPROMs (Electrically Erasable Programmable Read-Only memory):** la memoria más utilizada en acoplamiento inductivo. Como desventaja tiene el alto consumo de energía durante la operación de escritura y el número limitado de ciclos de escritura (100.000 y 1.000.000).

- **FRAMs (Ferromagnetic Random Access Memory):** tiene un consumo del orden de 100 veces menor que los EEPROMs y el tiempo de escritura 1000 veces menor.

- **SRAMs (Static Random Access Memory):** más utilizado en los sistemas de microondas. Facilita rápidamente el acceso a los ciclos de escritura. Por el contrario necesita un suministro de energía ininterrumpido de una batería auxiliar.

Podemos clasificar también los sistemas RFID según los diferentes procedimientos para enviar datos desde el transponder al lector.

- **Reflexión o backscatter:** La frecuencia de la transmisión es la misma que la usada por el lector para comunicarse con el transponder (1:1).

- **Load modulation:** El campo del lector es influenciado por la frecuencia del transponder (1:1).

- **Subarmónicos:** Uso de subarmónicos (1/n) y la generación de ondas armónicas de frecuencia múltiplos de n en el transponder.

6.10 PRINCIPIOS FISICOS DE LOS SISTEMAS RFID

La inmensa mayoría de los sistemas RFID operan de acuerdo con el principio de acoplamiento inductivo, por tanto comprender los procedimientos de transferencia de datos y alimentación requiere un conocimiento detallado de los principios físicos del magnetismo.

Los campos electromagnéticos son usados por los sistemas que operan a frecuencias por encima de los 30 MHz. Para ayudar a entender estos sistemas hay que estudiar la propagación de las ondas en campos lejanos y los principios de la tecnología de los radares.

Los campos eléctricos tienen un rol secundario y sólo son explotados para la transmisión de datos en los sistemas "close coupling".

6.10.1 Campo magnético El campo magnético H

Cada movimiento de carga se asocia con un campo magnético. La presencia de los campos magnéticos se demuestra, por ejemplo, en la creación de una corriente eléctrica secundaria. El campo magnético depende de las cargas que lo crean, del punto donde se estudia, y del medio donde se crea el campo. Pero experimentalmente se descubrió que existe una magnitud que no depende del medio donde se cree, esta magnitud del campo magnético se define como intensidad del campo magnético H . Se puede ver en las ecuaciones (6.2) y (6.3) la relación con el campo magnético B , como es la relación entre el campo magnético y la corriente que circula, por ejemplo, por un conductor⁶.

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu} \quad (6.2)$$

$$\sum I = \oint \vec{H} \cdot d\vec{s} \quad (6.3)$$

Campo magnético H en espiras

⁶ The physics of RFID, Matt Reynolds Founding Partner.ThingMagic LLC

Un aspecto importante para los diseños en la trayectoria que forma campo magnético (H) creado por una corriente que atraviesa unas espiras (conductor loop), también llamadas "bobinas". Estas espiras son usadas como antenas generadoras de un campo magnético en diseños de sistemas RFID con acoplamiento inductivo. Podemos ver en la Figura 6.25 las líneas de campo magnético en conductores cilíndricos.

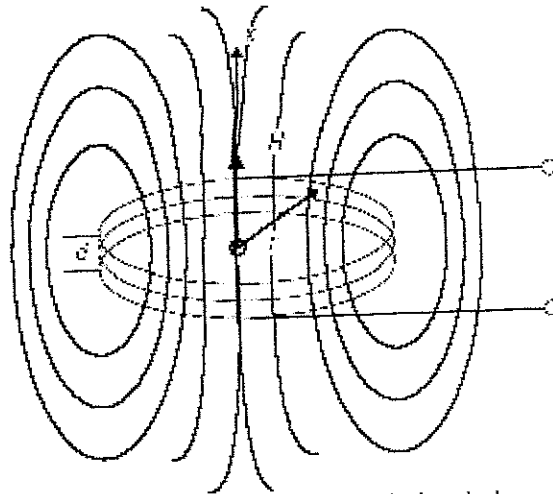


figura 6.25 Las líneas de flujo magnético que alrededor de los conductores en espira son similares a las empleadas en las antenas transmisoras de los sistemas RFID de acoplamiento inductivo

El campo magnético H decrece con la distancia en el eje x . También se sabe que el campo H en relación con el radio de la espira r , permanece constante a una cierta distancia, y comienza a decrecer rápidamente. La Figura 6.26 permite visualizar gráficamente estas relaciones⁷.

⁷ *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification, Second Edition*, Klaus Finkenzeller. Copyright 2003 John Wiley & Sons, Ltd.

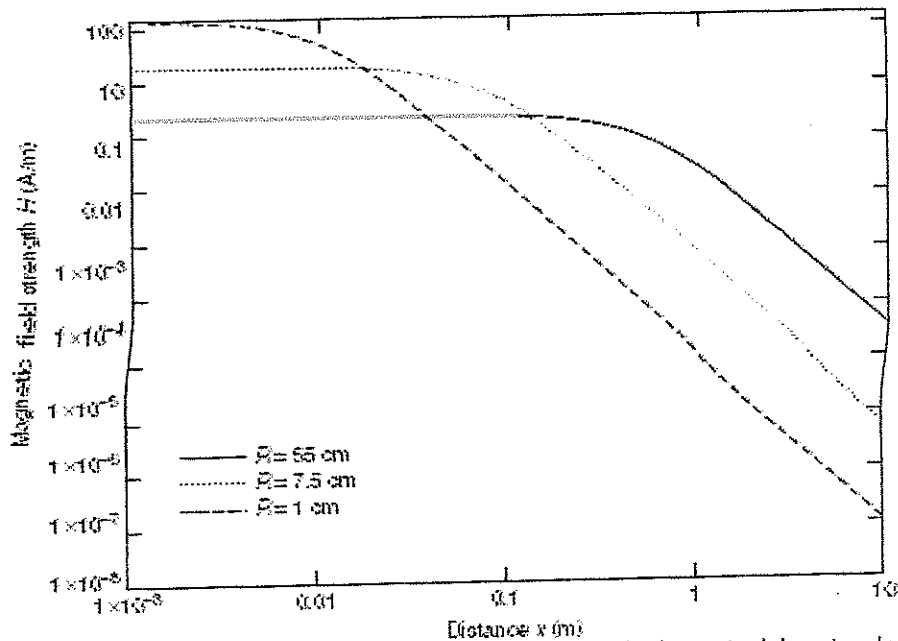


figura 6.26 Intensidad del campo magnético H en relación con la distancia del centro de las espiras (eje x) y el radio de la espira

Para calcular el valor de H en el eje x usamos la ecuación (6.4).

$$H = \frac{I \cdot N \cdot R^2}{2\sqrt{(R^2 + x^2)^3}} \quad (6.4)$$

Donde N es el número de espiras, R es el radio de la espira y x la distancia desde el centro de la espira, en la dirección del eje x. Para estas ecuaciones se toman como aproximaciones $d \ll R$ y $x \ll \lambda/2\pi$.

Por otro lado tenemos que en centro de la espira, es decir, con $x=0$:

$$H = \frac{I \cdot N}{2R} \quad (6.5)$$

En general, para lo que nos afecta al diseño de antenas transmisoras de RFID, hemos de saber cuanto más grande es el radio de la espira que forman la antena, en los sistemas con acoplamiento inductivo, más fuerte es el campo magnético en distancias mayores que el radio, y en cambio cuando el radio es pequeño más fuerte es el campo en distancias menores al radio.

Por estos motivos, a la hora de diseñar un sistema RFID debemos elegir un diámetro de antena óptimo. Si elegimos un radio demasiado grande, si es cierto que tendremos un mayor alcance, pero el campo magnético cerca del centro de la espira ($x=0$) será muy débil, y por el contrario si elegimos un

radio demasiado pequeño, nos encontraremos con un campo magnético que decrece en proporción de x^3 . Por tanto el radio óptimo de la antena de transmisión debe ser el doble del máximo alcance de lectura deseado.

En la práctica, aplicando estas teorías a los sistemas RFID, para conocer el alcance máximo de un lector, hay que saber también las características del campo magnético mínimo a recibir del transponder a leer. Si la antena seleccionada tiene un radio muy grande, entonces se corre el peligro que el campo magnético H pueda ser insuficiente para alimentar a los transponder que se encuentren más cerca de la antena del lector.

Flujo magnético y densidad del flujo magnético

El número total de líneas de campo magnético que pasan a través de una espira circular se conoce como flujo magnético Φ , definido en un área A y con una densidad de flujo magnético B como podemos ver en la Figura 6.27⁸. La fórmula (6.6) representa esta relación.

$$\Phi = B \cdot A \quad (6.6)$$

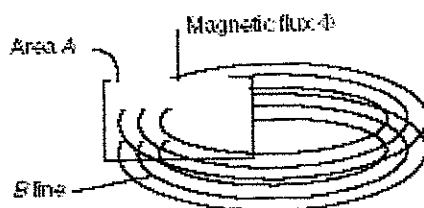


figura 6.27 Relación entre el flujo magnético y la densidad de flujo

La relación entre el campo magnético B y el campo magnético H se expresa según la ecuación (6.7)

$$B = \mu_0 \mu_r H = \mu H \quad (6.7)$$

Donde la constante μ_0 describe la conductividad magnética o permeabilidad en el vacío. La variable μ_r es la permeabilidad relativa e indica cuanto de grande o cuanto de pequeña es que μ_0 dependiendo del material.

Inductancia L

Cualquier circuito es atravesado por un flujo creado por el mismo y que debe ser proporcional a la intensidad que lo recorre como vemos en la fórmula (6.8). El flujo es particularmente elevado si el conductor tiene forma de espira. Normalmente hay más de una espira, N espiras en la misma área A , a

⁸ RFID handbook fundamentals and applications in contactless smart cards and identification, second edition.

través de las cuales circula la misma corriente. Cada espira contribuye con la misma proporción Φ al flujo total Ψ , podemos ver la relación en ecuación (6.8).

$$\Psi = \sum_N \Phi_N = N \cdot \Phi = N \cdot \mu \cdot H \cdot A \quad (6.8)$$

Definimos como inductancia L , la relación entre el flujo total y la corriente que atraviesa el conductor.

$$L = \frac{\Psi}{I} = \frac{N \cdot \Phi}{I} = \frac{N \cdot \mu \cdot H \cdot A}{I} \quad (6.9)$$

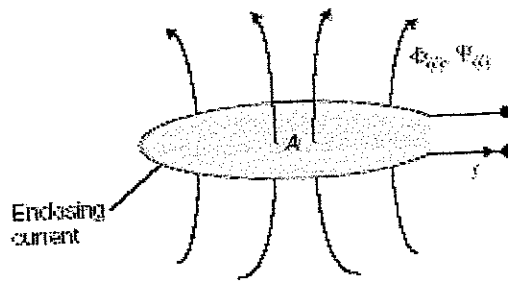


figura 6.28 Definición de la Inductancia L

La inductancia es una de las características variables de este tipo de conductores.

La inductancia de los conductores en espira depende totalmente de las propiedades del material (permeabilidad). Si suponemos que el diámetro d del conductor usado es muy pequeño comparado con el diámetro D de la espira del conductor ($d/D < 0.0001$), podemos realizar la aproximación (6.10);

$$L = N^2 \mu_0 R \cdot \ln \left(\frac{2R}{d} \right) \quad (6.10)$$

Dónde R es el radio de la espira del conductor y d el diámetro del conductor usado.

Inductancia Mutua M

La inductancia mutua se produce por la proximidad de dos conductores en forma de espira. La corriente que atraviesa una de las espiras induce un flujo magnético en el otro y al inverso. La magnitud del flujo inducido depende de

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}} \quad (6.14)$$

Tenemos que $0 \leq k \leq 1$, por lo que en los casos extremos:

$k=0$: No hay acoplamiento debido a la gran distancia no hay acción del campo magnético.

$k=1$: Acoplamiento total. Las dos espiras están sometidas al mismo Φ . El transformador es la aplicación técnica con total acoplamiento.

Ley de Faraday

Los circuitos en los que se inducen las corrientes tienen una determinada resistencia. Para que en un circuito resistivo circule una corriente eléctrica es necesario que exista en él una fuerza electromotriz. Si un circuito está sometido a variaciones de flujo magnético, existe en él una fuerza electromotriz que estará relacionada con la variación de flujo magnético.

El efecto del campo eléctrico generado depende de las propiedades del material donde se provoca.

La ley de Faraday en general se escribe como se expresa en la ecuación (6.15)

$$u_i = \oint E_i \cdot ds = - \frac{d\Phi(t)}{dt} \quad (6.15)$$

Para comprender el acoplamiento inductivo en los sistemas RFID debemos considerar el efecto de la inductancia en el acoplamiento magnético en bobinas.

Una corriente variante en el tiempo $i_1(t)$ en una espira L_1 , genera un flujo magnético variante en el tiempo $\frac{d\Phi(t)}{dt}$. Por tanto, un voltaje es inducido en las espiras L_1 y L_2 .

las dimensiones geométricas de ambos conductores, la posición de un conductor respecto al otro y las propiedades magnéticas del medio. Para dos conductores de áreas A_1 y A_2 , e I_1 la corriente que circula por la primera espira vemos:

$$M_{21} = \frac{\Psi_{21}(I_1)}{I_1} = \oint_{A_2} \frac{B_2(I_1)}{I_1} \cdot dA_2 \quad (6.11)$$

Por definición tenemos que la inductancia mutua es igual:

$$M = M_{12} = M_{21} \quad (6.12)$$

La inductancia mutua siempre esta presente entre dos circuitos electrónicos, en este principio físico es en el que se basa el acoplamiento inductivo de los sistemas RFID.

En la Figura 6.29 podemos ver la definición de inductancia mutua por dos espiras⁹.

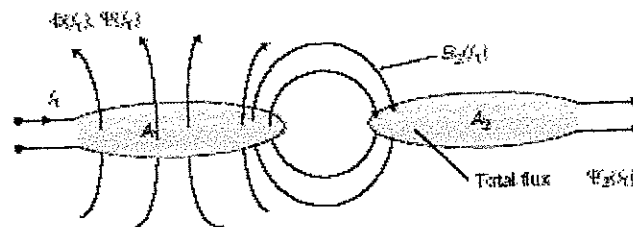


figura 6.29 Inductancia mutua por dos espiras.

Si aplicamos (6.13) a dos espiras:

$$M_{12} = \frac{\mu_0 \cdot N_1 \cdot R_1^2 \cdot N_2 \cdot R_2^2 \cdot \pi}{2\sqrt{(R_1^2 + x^2)^3}} \quad M_{12} = \frac{B_2(I_1) \cdot N_2 \cdot A_2}{I_1} = \frac{\mu_0 \cdot H(I_1) \cdot N_2 \cdot A_2}{I_1} \quad (6.13)$$

Coeficiente de acoplamiento k

Si la inductancia mutua describía cualitativamente el flujo creado por la corriente que circula por otra espira, el coeficiente de acoplamiento realiza una predicción cualitativa de la inducción creada entre dos espiras independientemente de las dimensiones geométricas de los conductores.

⁹ RFID handbook fundamentals and applications in contactless smart cards and identification, second edition.

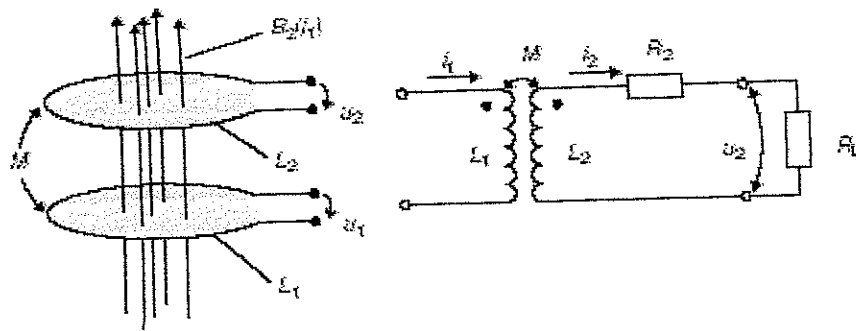


figura 6.30 Representación y circuito e quivalente del acoplamiento inductivo

En un sistema RFID con acoplamiento inductivo L_1 representaría la antena del lector y L_2 la antena del transponder. La corriente consumida es representada por el resistor de carga R_L . Un flujo variante en el tiempo produce un voltaje u_{21} en el conductor L_2 debido a la inductancia mutua M . La corriente que circula crea un voltaje adicional, este voltaje se puede medir en los terminales de R_L . La corriente que atraviesa L_2 genera un flujo magnético $\Psi_1 (i_1)$. Podemos ver expresado el voltaje en ecuación (6.16).

$$u_2 = + \frac{d\Phi_2}{dt} = M \frac{di_1}{dt} - L_2 \frac{di_2}{dt} - i_2 R_2 \quad (6.16)$$

Resonancia

El voltaje inducido u_2 en la antena del transponder es usado como alimentación necesaria para el chip en su proceso de almacenamiento de datos en memoria. Para mejorar la eficiencia un capacitor C_2 se conecta en paralelo con la bobina del transponder L_2 , como vemos en la Figura 6.31, de manera que forma un circuito paralelo resonante con una frecuencia resonante que es la frecuencia de operación del sistema de RFID. La frecuencia resonante se puede calcular en (6.17).

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_2 \cdot C_2}} \quad (6.17)$$

En la práctica existe un capacitor parásito en paralelo C_p por lo que el valor del capacitor sería C'_2 , como vemos en (6.18).

$$C'_2 = \frac{1}{(2\pi f)^2 L_2} - C_p \quad (6.18)$$

En la Figura 6.31 podemos ver el circuito equivalente de un transponder real, donde R_2 es la resistencia natural de la bobina del transponder L_2 y el consumo de corriente del chip viene dado por la resistencia de carga R_L ¹⁰.

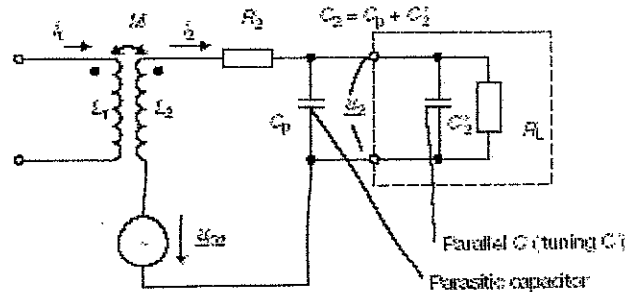


figura 6.31 Diagrama del circuito equivalente para el acoplamiento magnético de dos bobinas. La bobina L_2 y el condensador en paralelo C_2 forman el circuito resonante

Cuando la frecuencia de operación es igual a la frecuencia de resonancia del circuito tenemos el mayor voltaje en la resistencia R_L .

Se introduce el factor Q para comprobar como influyen los componentes del circuito R_L , R_2 y L_2 en el voltaje u_2 . El factor Q es sencillo de calcular, (6.19), en este caso ω es la frecuencia angular, y es igual a $2\pi f$ en el circuito resonante.

$$Q = \frac{L}{R_2 \cdot \sqrt{\frac{C_2}{L_2}} + \frac{1}{R_L} \cdot \sqrt{\frac{L_2}{C_2}}} = \frac{L}{\frac{R_2}{\omega L_2} + \frac{\omega L_2}{R_L}} \quad (6.19)$$

El voltaje u_2 es proporcional a la calidad del circuito resonante, lo que quiere decir que depende de R_2 y R_L . Por tanto a la hora de diseñar el transponder tendremos en cuenta estos parámetros y escogerlos para optimizar el rango de alcance del sistema.

Funcionamiento práctico de los transponder

Ya hemos tratado el tema de la alimentación en los transponder, por lo que teníamos transponder activos que incorporaban su propia batería que era la encargada de alimentar el chip en su proceso de lectura/escritura; mientras que los transponder pasivos eran únicamente alimentados con el voltaje u_2 , comentado anteriormente.

¹⁰ RFID handbook fundamentals and applications in contactless smart cards and identification, second edition.

El voltaje inducido u_2 en la antena del transponder alcanza rápidamente valores elevados. Este voltaje hay que regularlo, para ello, independientemente de los valores del coeficiente de acoplamiento k o de otros parámetros, se utiliza el resistor R_S conectado en paralelo con la resistencia de carga R_L . Podemos ver el circuito equivalente en la Figura 6.32.

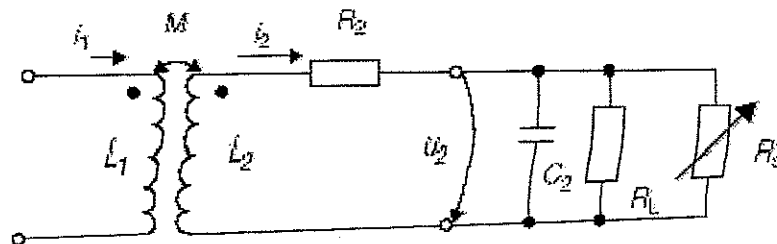


figura 6.32 Regulador de voltaje en el transponder

La tensión incrementa en medida que el valor de R_S disminuye. En el proceso de funcionamiento del transponder tenemos el valor del campo de interrogación del transponder, H_{min} . Es la mínima intensidad de campo (a la máxima distancia entre transponder y reader) a la cual el voltaje inducido u_2 es justo el suficiente para realizar las operaciones del chip. Para el cálculo de H_{min} tenemos (6.20), donde N es el número de espiras de la bobina L_2 , y A es la sección de la bobina.

$$H_{min} = \frac{u_2 \cdot \sqrt{\left(\frac{\omega L_2}{R_L} + \omega R_2 C_2\right)^2 + \left(1 - \omega^2 L_2 C_2 + \frac{R_2}{R_L}\right)^2}}{\omega \cdot \mu_0 \cdot A \cdot N} \quad (6.20)$$

En (6.20) vemos que el campo de interrogación depende de la frecuencia por medio del factor $\omega=2\pi f$ y del área A de la antena, del número de espiras N de la bobina, del mínimo voltaje u_2 y de la resistencia de entrada R_2 . Por eso cuando la frecuencia de transmisión del lector corresponde con la frecuencia de resonancia del transponder, el campo de interrogación mínimo H_{min} tiene su valor mínimo.

Para optimizar la sensibilidad de un sistema RFID con acoplamiento inductivo, la frecuencia de resonancia del transponder debe ser precisamente la frecuencia de resonancia del lector. Desafortunadamente esto no es siempre posible en la práctica. Primero en la fabricación del transponder puede haber tolerancias, las cuales pueden provocar una desviación en la frecuencia de resonancia. Segundo, por razones técnicas a la hora de configurar la frecuencia de resonancia del transponder hay procedimientos que pueden diferenciarla de la frecuencia de transmisión del lector (por

ejemplo en sistemas que usan procedimientos de anticolisión para que dos transponder no se estorben a la hora de comunicar datos). En la ecuación (6.21) la frecuencia de resonancia es calculada como el producto de $L_2 C_2$.

$$L_2 C_2 = \frac{1}{(2\pi f_0)^2} = \frac{1}{\omega_0^2} \quad (6.21)$$

Si lo sustituimos en (6.22) encontramos la dependencia de $H_{\min}$ con la frecuencia del lector (ω) y la frecuencia de resonancia del transponder (ω_0). Se basa en el supuesto que la variación en la frecuencia de resonancia del transponder esta causada por la variación de C_2 .

$$H_{\min} = \frac{u_2 \cdot \sqrt{\omega^2 \left(\frac{L_2}{R_L} + \frac{R_2}{\omega_0^2 L_2} \right)^2 + \left(\frac{\omega_0^2 - \omega^2}{\omega_0^2} + \frac{R_2}{R_L} \right)^2}}{\omega \mu_0 \cdot A \cdot N} \quad (6.22)$$

Si se conoce $H_{\min}$, entonces se puede conocer el rango de energía asociado a ese rango de alcance del lector. El rango de energía del transponder es la distancia desde la antena del lector a la cual la energía para que opere el transponder es justo la suficiente (definido como u_2 en R_L), lo vemos en la ecuación (6.23). El resultado de la pregunta de si el rango de energía es el igual al máximo alcance funcional que tiene el sistema depende de si la transmisión de datos desde el transponder puede ser detectado por el lector a esa distancia en cuestión.

$$x = \sqrt{\frac{1}{\mu_0} \left(\frac{I \cdot N_L \cdot R^2}{1 \cdot H_{\min}} \right)^2 - R^2} \quad (6.23)$$

En (6.23) tenemos I como la corriente que circula por la antena, R el radio de las espiras y el número de espiras de la antena transmisora como N . Se puede decir que cuando incrementa el consumo de corriente, una R_L más pequeña, la sensibilidad del lector se incrementa, por lo que el rango de energía decrece.

Durante todas las explicaciones hemos considerado un campo H homogéneo paralelo al eje de la bobina x . Por ejemplo la tensión inducida por un campo magnético en un ángulo θ viene dada por la formula (6.24).

$$H_{\theta} = H_0 \cdot \cos(\theta) \quad (6.24)$$

Donde u_0 es el voltaje inducido cuando la espira es perpendicular al campo magnético, mientras que cuando el ángulo formado es de 90° no hay voltaje inducido en la espira. Podemos ver un ejemplo en la Figura 6.33 de las diferentes zonas alrededor de los lectores. Por eso, los transponder orientados en el eje x de la bobina obtienen un rango de lectura óptimo¹¹.

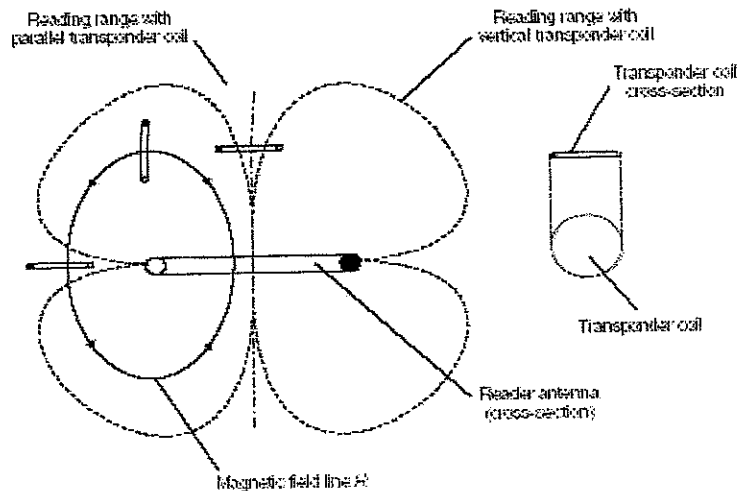


figura 6.33 Zona de interrogación del lector para diferentes alineamientos de transponder

Sistema transponder-reader

En este punto consideraremos las características de los sistemas con acoplamiento inductivo desde el punto de vista del transponder.

En la Figura 6.34 podemos ver el diagrama del circuito de un lector. La bobina necesaria para generar el campo magnético L_1 . El resistor en serie R_1 corresponde con las pérdidas resistivas de las espiras de la bobina. Para obtener la máxima corriente en la bobina a la frecuencia de operación del reader f_{TX} , se crea el circuito resonante en serie con la frecuencia de resonancia $f_{RES} = f_{TX}$, con la conexión en serie del capacitador C_1 . Se calcula con la fórmula (6.25).

$$f_{TX} = f_{RES} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 \cdot C_1}} \quad (6.25)$$

¹¹ RFID handbook fundamentals and applications in contactless smart cards and identification, second edition.

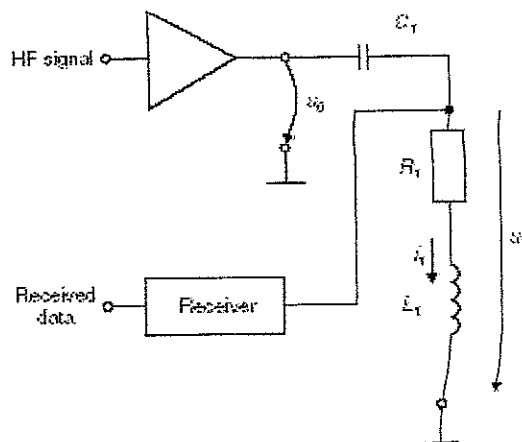


figura 6.34 Diagrama de un circuito equivalente de un lector RFID

6.10.2 Ondas Electromagnéticas

Como ya hemos visto una variación del campo magnético induce un campo eléctrico con líneas de campo cerradas. Como el campo magnético propaga un campo eléctrico, éste originalmente puramente magnético se va transformando en un campo electromagnético. Además a la distancia de $\lambda/2\pi$ el campo electromagnético comienza a separarse de la antena y comienza a desplazarse por el espacio en forma de onda electromagnética, podemos ver como se crea una onda electromagnética en la Figura 6.35.

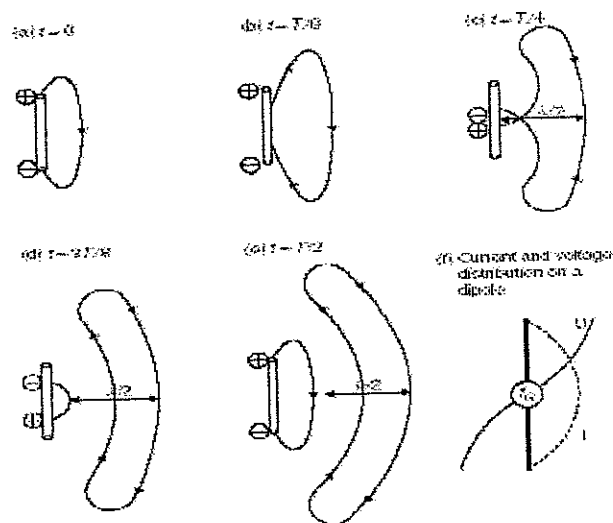


figura 6.35 Creación de onda electromagnética en un dipolo.

Densidad de Radiación

Una onda electromagnética se desplaza en el espacio esféricamente desde su punto de creación. Al mismo tiempo, las ondas electromagnéticas transportan energía. A medida que nos alejamos de la fuente de radiación, la energía es dividida en el área de la superficie esférica que forma que se va incrementando. Aquí se introduce el término de densidad de radiación S .

Polarización

La polarización de una onda electromagnética se determina por la dirección del campo eléctrico de la onda. En la Figura 6.36 podemos diferenciar entre los distintos tipos de polarizaciones.

Se observa primero entre polarización lineal, donde se diferencia entre polarización vertical y horizontal. Las líneas de campo eléctrico se desplazan en paralelo o perpendicular a la superficie terrestre. La transmisión de energía entre dos antenas linealmente polarizadas es máximo cuando las dos antenas están polarizadas en la misma dirección, y mínima cuando forman un ángulo de 90° o 270° .

En los sistemas RFID no se puede conocer cual será la orientación entre la antena del transponder y la del lector. El problema es solucionado por el uso de la polarización circular del lector de la antena. El principio de generación de polarización circular se ve en la Figura 6.36, dos dipolos son unidos en forma de cruz. De esta forma el campo electromagnético generado rota 360° cada vez que se mueve el frente de onda. Una longitud de onda se diferencia por el sentido de giro del frente de onda izquierdas o derecha.

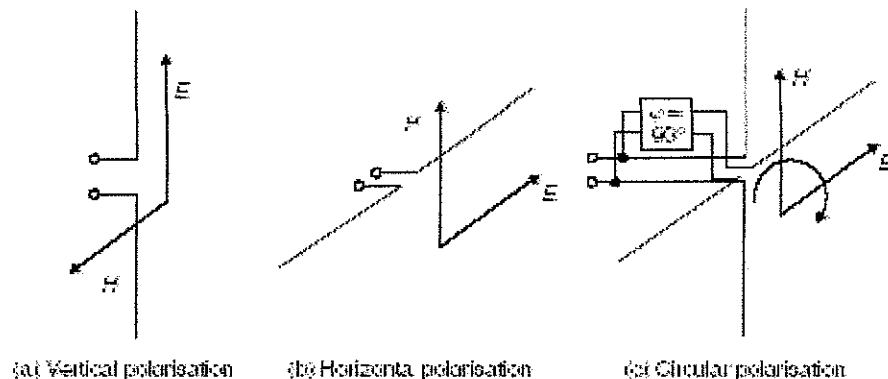


figura 6.36 Definición de la polarización de ondas electromagnéticas

Reflexión en ondas electromagnéticas

Una pequeña parte de la energía reflejada en objetos es devuelta a la antena transmisora. Es la tecnología en que se basa el radar para calcular la distancia y posición del objeto. En los sistemas de RFID la reflexión de las ondas electromagnéticas (sistema backscatter) es usada para la transmisión del transponder al lector. Las propiedades de la reflexión se hacen más notorias cuando se incrementa la frecuencia. La potencia de la onda reflejada decrece en proporción a r^2 .

Los sistemas backscatters emplean antenas con diferentes áreas de reflexión, llamado *cross-section*, que depende de varios factores como son el tamaño del objeto, el material, la estructura de la superficie, la longitud de onda (λ) y la polarización.

Antenas

La elección de la antena es uno de los principales parámetros de diseño de un sistema RFID.

Definimos PEIRP como la potencia emitida por un emisor isotrópico, y la podemos obtener en (6.26).

$$P_{\text{EIRP}} = \int_{A_{\text{aplicar}}} S \cdot dA \quad (6.26)$$

Rango de lectura

Para la comunicación entre el lector y el transponder se deben cumplir dos condiciones. Primero el transponder debe estar suficientemente alimentado para su activación y la señal reflejada por el transponder debe ser lo suficientemente potente para que cuando la reciba el lector la pueda detectar sin errores.

En los lectores backscatter la permanente transmisión, la cual es requerida para activar el transponder, introduce un ruido significativo, que reduce la sensibilidad del receptor del lector. Se puede asumir en la práctica que para que el transponder sea detectado, la señal del transponder no debe ser inferior a 100 dB por debajo del nivel de transmisión del lector.

6.11 CODIGOS Y MODULACIONES

En el diagrama de bloques de la Figura 6.37 vemos descrito un sistema de comunicación digital. Similarmente, la transferencia de datos entre el lector y la etiqueta en un sistema RFID requiere 3 bloques básicos de funcionamiento. Desde el lector hacia el tag (dirección de la transferencia de datos) son:

- En el lector (Transmitter): codificación de señal (signal processing) y el modulador (carrier circuit).
- El medio de transmisión (channel).
- En la etiqueta (Receiver): el demodulador (carrier circuit) y el decodificador de canal (signal processing).

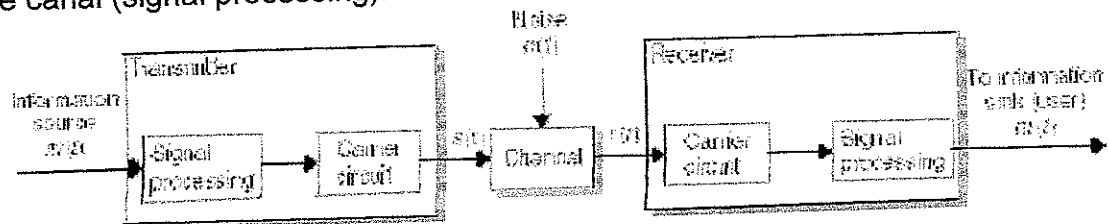


figura 6.37 Bloques de funcionamiento de un sistema RFID

Un sistema codificador de señal toma el mensaje a transmitir y su representación en forma de señal y la adecua óptimamente a las características del canal de transmisión. Este proceso implica proveer al mensaje con un grado de protección contra interferencias o colisiones y contra modificaciones intencionadas de ciertas características de la señal.

6.11.1 Codificación en Banda Base.

Los signos binarios "1" y "0" pueden ser representados por varios códigos lineales. Los sistemas de RFID suelen usar una de las siguientes codificaciones: NRZ, Manchester, Unipolar RZ, DBP ("diferential bi-phase"), Miller o Codificación Pulso- Pausa (PPC).

Código NRZ (No Return to Zero):

Un '1' binario es representado por una señal 'alta' y un '0' binario es representado por una señal 'baja'. La codificación NRZ se usa, al menos, exclusivamente con una modulación FSK o PSK.

Código Manchester:

Un '1' binario es representado por una transición negativa en la mitad del periodo de bit y un '0' binario es representado por una transición positiva. El código Manchester es, por lo tanto, también conocido como codificación de 'parte-fase' (splitphase coding).

El código Manchester es frecuentemente usado para la transmisión de datos desde el transponder al lector basados en una modulación con sub-portadora.

Código Unipolar RZ:

Un '1' binario es representado por una señal 'alta' durante la primera mitad del periodo de bit, mientras que un '0' binario es representado por una señal 'baja' que dura todo el periodo de bit.

NRZ coding:

Manchester coding:
(bi-phase)

Unipolar RZ coding:

DBP

Miller coding:

Modified Miller
coding:

Differential coding:

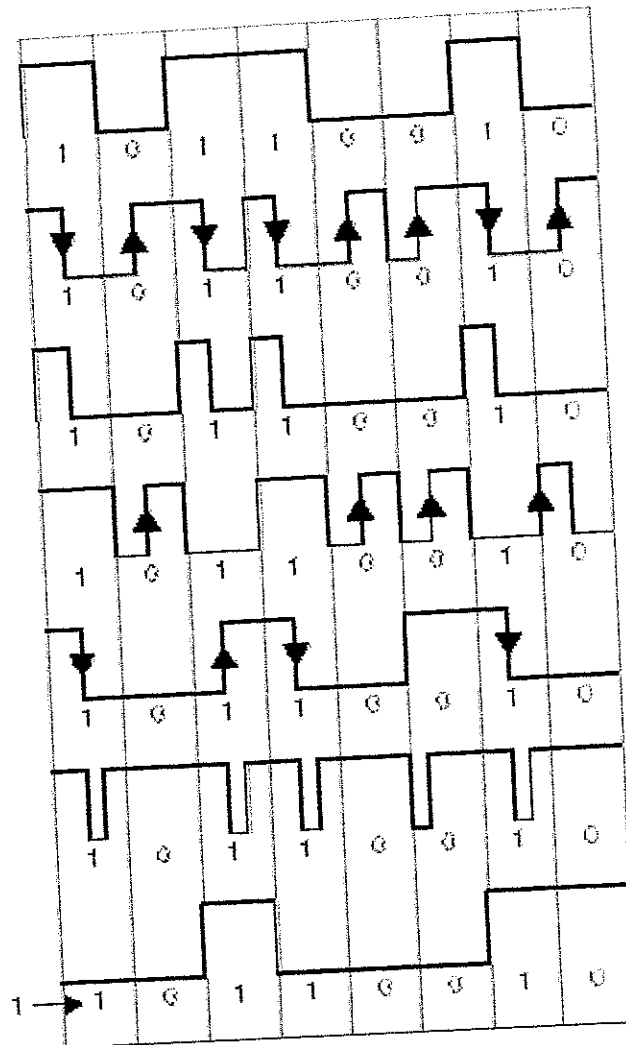


figura 6.38 Representación gráfica de las principales codificaciones

Código DBP:

Un '0' binario es codificado por una transición, de cualquier tipo, en mitad del periodo de bit. Un '1' es codificado con una ausencia de transición. Además, el nivel de señal es invertido a inicio de cada periodo de bit, de modo que el pulso pueda ser más sencillamente reconstruido en el receptor si es necesario.

Código Miller:

Un '1' es representado por una transición de cualquier tipo en la mitad del periodo de bit, mientras que el '0' binario es representado con la continuidad del nivel de la señal hasta el próximo periodo de bit. Una secuencia de ceros crea una transición al principio de cada periodo de bit, de modo que el pulso pueda ser más sencillamente reconstruido en el receptor si es necesario.

Código Miller Modificado:

En esta variante del código Miller, cada transición es reemplazada por un pulso 'negativo'. El código Miller Modificado es altamente recomendable para transmitir del lector al tag en sistemas RFID que usan acoplamiento inductivo.

Codificación Diferencial:

En la codificación Diferencial cada '1' binario que se tiene que transmitir causa un cambio en el nivel de la señal, así como para un '0' el nivel permanece invariante.

Codificación Pulso-Pausa:

En la codificación Pulso-Pausa (PPC – Pulse Pause Coding) un '1' binario es representado por una pausa de duración t antes del próximo pulso; un '0' binario es representado por una pausa de duración $2t$ antes del próximo pulso. Este método de codificación es popular para la transmisión de datos del lector a la etiqueta en los sistemas de RFID que usan acoplamiento inductivo.

6.11.2 Modulaciones Digitales usadas.

La tecnología clásica de radiofrecuencia está fuertemente implicada con los métodos analógicos de modulación. Podemos diferenciar entre modulación de amplitud (AM), modulación de frecuencia (FM) y modulación de fase (PM), siendo éstas las tres principales variables de una onda electromagnética. Todos los demás métodos de modulación son derivados de cualquiera de uno de estos tres tipos.

Las modulaciones usadas en RFID son ASK (amplitude shift keying), FSK (frequency shift keying) y PSK (phase shift keying).

6.11.2.1. ASK (Amplitude shift keying)

En Amplitude shift keying la amplitud de la oscilación de una portadora es variada entre dos estados u_0 y u_1 (keying) por un código de señal binario. U_1 puede tomar dos valores entre u_0 y 0. El intervalo entre u_0 y u_1 es conocido como el factor de trabajo (duty factor) m .

6.11.2.2. 2FSK (Frequency shift keying)

En la modulación llamada '2 frequency shift keying' la frecuencia de la señal portadora se varía entre dos frecuencias f_1 y f_2 .

La frecuencia portadora es la media aritmética de las dos frecuencias características f_1 y f_2 . La diferencia entre la frecuencia de la portadora y las frecuencias características es conocida como la desviación de frecuencia Δf_{CR} :

$$f_{cx} = \frac{f_1 + f_2}{2} \quad \Delta f_{cx} = \frac{|f_1 - f_2|}{2} \quad (6.27)$$

6.11.2.3. 2PSK (Phase shift keying)

En la modulación PSK los estados binarios '0' y '1' de una señal código se convierten en los respectivos "estados de fase" de la portadora, en relación a una fase de referencia. En el caso que nos ocupa, la 2 PSK, la fase de la señal varía entre los estados de fase de 0° y 180° .

6.11.2.4. Modulaciones que usan subportadora

En los sistemas de RFID, las modulaciones que usan subportadora son básicamente usadas cuando se trabaja con acoplamiento inductivo, normalmente en las frecuencias 6.78MHz, 13.56MHz o 27.125MHz en transferencias de información desde la etiqueta al lector.

Para modular la subportadora se puede elegir entre ASK, FSK o PSK.

Una vez tenemos esta primera señal modulada (subportadora modulada), entonces se procede a una segunda modulación de la subportadora con la señal portadora (la que nos dará la frecuencia final a la que transmitiremos nuestra señal).

El resultado de este proceso es una señal modulada con subportadora que transporta la información a una frecuencia 'menor', aunque la señal que lleva a la señal que contiene la información si que va a una frecuencia mayor.

6.12 APLICACIONES DE LOS SISTEMAS RFID

La tecnología RFID se ha ido haciendo un hueco en el mercado, con un progreso espectacular en los últimos años. Muchos son los sectores que se han visto beneficiados con la incursión de nuevos sistemas de identificación basados en la tecnología RFID, como los transportes, las tarjetas inteligentes, expedición de tickets, control de acceso, identificación de animales, identificación de contenedores, medicina o la industria del automóvil.

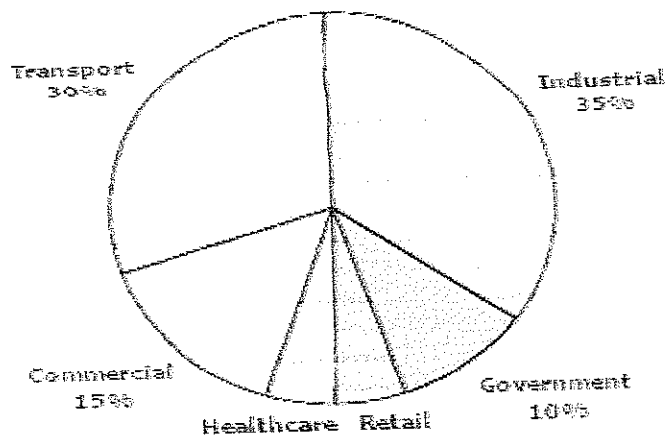


figura 6.39 Estadística sobre la situación de la demanda de sistemas de RFID en 2002.
Fuente: Palmer Brian & Company Inc. 2003

Control de accesos

Las aplicaciones en este campo han sido uno de los puntos fuertes de los sistemas RFID. No son unos sistemas nuevos, ya que llevan varios años usándose en empresas o recintos, para controlar el acceso a sus instalaciones. También se suelen usar para el acceso a parkings. Estas tarjetas son cada vez más funcionales, pudiendo permitir no sólo el acceso a distintas zonas, sino también a máquinas expendedoras o para pagos pequeños, por ejemplo en una cafetería de la empresa.

Identificación de equipajes en el transporte aéreo

Es un claro ejemplo de una aplicación que puede reducir costos y tiempo a las compañías aéreas y a los aeropuertos. Se puede sustituir personal si el equipaje es direccionado mediante sensores, por toda la cadena, que detectan el transponder con la información del avión en el cual tiene que ser cargado. Aparte de esta ventaja, también es más cómodo a la hora de identificación del equipaje sobre posibles pérdidas. Además no supone un gasto excesivo para la rentabilidad que el sistema puede ofrecer. No ocurre ningún problema al ponerlo sobre las etiquetas ya usadas en los aeropuertos ni importa que los equipajes estén orientados de cualquier forma o apilados de cualquier manera.

Un sistema RFID es mucho más eficaz en esta aplicación que los usados códigos de barras. Las principales ventajas por las que las compañías del sector están incorporando estos sistemas son:

- La posibilidad de convivir con los sistemas de códigos de barras ya existentes y sus scanners. Así como encajar perfectamente en los sistemas de control de aeropuertos y sus sistemas de seguridad especialmente.

- Incorporar más información en el dispositivo sin aumentar el tamaño.
- La información va incorporada en la propia etiqueta, por lo que se ahorra la comunicación continua con una base de datos.

Industria del automóvil

A principios de los 90 aparecieron sistemas RFID con transponder de sólo lectura destinados a la inmovilización de automóviles como un adelanto importante en la seguridad de los vehículos ante posibles robos. Los transponder de estos sistemas eran muy pequeños (cabían en la llave), no necesitaban baterías y eran de sólo lectura.

Cada uno de estos transponder disponía de un único y fijo código de seguridad. Su funcionamiento era sencillo, cuando el propietario giraba la llave producía unas señales electromagnéticas que eran las que verificaban la llave y permitían el arranque del motor.

Comercio a distancia

Los sistemas RFID son los suficientemente seguros como para permitir pagos con ellos. Por ejemplo pagar combustible o usarlo en una máquina expendedora de comida o bebida. El cliente paga con su teléfono móvil o con una llave especial.

Además proporciona información a las empresas sobre los gustos del cliente, pudiendo ofrecerle un servicio con más calidad.

El transponder posee una información única programada que al pasar cerca del lector es identificada, se verifica la autenticidad del transporte, y se pide permiso para la transacción.

Por lo que hace al sistema de pago en gasolineras, es muy cómodo tanto para el cliente como para la estación de servicio. Aumenta el número de coches que pueden atender por hora, así como ofrece al usuario un tiempo menor de espera. Existen dos métodos:

- *Método Token:* Es muy similar al pago en dispensadores de bebida, cada transponder tienen un único código ya programado, que además está relacionado con una tarjeta de crédito. Se inicia la comunicación con el lector situado en el surtidor, nunca se envía el número de la tarjeta de crédito que no está ni siquiera almacenado en el transponder. Se pide autorización a través de la estación de servicio, y se le permite repostar.

- *Método "Manos Libres":* Es un sistema que difiere del anterior en que el transponder va adherido al cristal trasero del coche. Se realizan las mismas operaciones que en el caso anterior pero con más velocidad; con lo que la comunicación se realiza incluso antes que el cliente baje del coche.

POSIBLES APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA RFID

Tráfico y posicionamiento

Otra aplicación propuesta es el uso de RFID para señales de tráfico inteligentes en la carretera (Road Beacon System o RBS). Se basa en el uso de transpondedores RFID enterrados bajo el pavimento (radiobalizas) que son leídos por una unidad que lleva el vehículo (OBU, de *onboard unit*) que filtra las diversas señales de tráfico y las traduce a mensajes de voz o da una proyección virtual usando un HUD (*Heads-Up Display*). Su principal ventaja comparada con los sistemas basados en satélite es que las radiobalizas no necesitan de mapeado digital ya que proporcionan el símbolo de la señal de tráfico y la información de su posición por sí mismas. Las radiobalizas RFID también son útiles para complementar sistemas de posicionamiento de satélite en lugares como los túneles o interiores, o en el guiado de personas ciegas.

Carnets de conducir

El estado estadounidense de Virginia ha pensado en poner etiquetas RFID en los carnets de conducción con el objetivo de que los policías y otros oficiales realicen comprobaciones de una forma más rápida. La Asamblea General de Virginia también espera que, al incluir las etiquetas, cueste mucho más obtener documentos de identidad falsos. La propuesta se presentó por primera vez en el *Driver's License Modernization Act* de 2002, que no fue promulgada, pero en el 2006 el concepto todavía estaba considerándose.

Pasaportes

Varios países han propuesto la implantación de dispositivos RFID en los nuevos pasaportes, para aumentar la eficiencia en las máquinas de lectura de datos biométricos. El experto en seguridad Bruce Schneier dijo a raíz de estas propuestas: "Es una amenaza clara tanto para la seguridad personal como para la privacidad. Simplemente, es una mala idea." Los pasaportes con RFID integrado únicamente identifican a su portador, y en la propuesta que se está considerando, también incluirían otros datos personales. Esto podría hacer mucho más sencillos algunos usos inadecuados de la tecnología RFID que se acaban de comentar, y se podría expandir la cantidad de datos para incluir, por ejemplo, la lectura de la nacionalidad de una persona. En el caso de un asalto cerca de un aeropuerto podría tener como objetivo a víctimas que han llegado de países ricos, o un terrorista podría diseñar una bomba que funcionara cuando estuviera cerca de personas de un país en particular.

6.13 REGULACION Y ESTANDARIZACION

No existe ninguna administración que se encargue de la regulación a nivel global de la tecnología RFID, sino que cada país tiene sus órganos propios mediante los cuales regula de un modo individual el uso que se hace de las frecuencias y las potencias permitidas dentro de su propio territorio. Algunos

de los organismos internacionales que regulan la asignación de frecuencias y potencias para RFID son:

- **EE.UU.:** FCC (*Federal Communications Commission*)
- **Canadá:** DOC (*Departamento de la Comunicación*)
- **Europa:** CEPT (siglas de su nombre en francés *Conférence européenne des administrations des postes et des télécommunications*), ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*, creado por el CEPT) y administraciones nacionales. Obsérvese que las administraciones nacionales *tienen que ratificar el uso de una frecuencia específica antes de que pueda ser utilizada en ese país*
- **Japón:** MPHPT (*Ministry of Public Management, Home Affairs, Post and Telecommunication*)
- **China:** Ministerio de la Industria de Información
- **Australia:** Autoridad Australiana de la Comunicación (*Australian Communication Authority*)
- **Nueva Zelanda:** Ministerio de desarrollo económico de Nueva Zelanda (*New Zealand Ministry of Economic Development*)

En lo que al uso de frecuencias respecta, dependiendo de la banda en la que queramos trabajar, deberemos tener en cuenta que según donde nos encontremos tendremos que guiarnos por las recomendaciones que tenemos a continuación.

Las etiquetas RFID de baja frecuencia (LF: 125 - 134 Khz. y 140 - 148.5 Khz.) y

de alta frecuencia (HF: 13.56 MHz) se pueden utilizar de forma global sin necesidad de licencia ya que trabajan dentro de la banda ISM (Industrial – Scientific – Medical). La frecuencia UHF (868 - 928 MHz) no puede ser utilizada de forma global, ya que no hay un único estándar global. En Norteamérica, la frecuencia UHF se puede utilizar sin licencia para frecuencias entre 908 - 928 MHz, pero hay restricciones en la potencia de transmisión. En Europa la frecuencia UHF está permitida para rangos entre 865.6 - 867.6 MHz. Su uso es sin licencia sólo para el rango de 869.40 - 869.65 MHz, pero existen restricciones en la potencia de transmisión (recientemente ha aparecido la nueva norma ETSI que permite hasta 2W de potencia de transmisión). El estándar UHF norteamericano (908-928 MHz) no es aceptado en Francia ya que interfiere con sus bandas militares. En China y Japón no hay regulación para el uso de las frecuencias UHF. Cada aplicación de frecuencia UHF en estos países necesita de una licencia, que debe ser solicitada a las autoridades locales, y puede ser revocada. En Australia y Nueva Zelanda, el rango es de 918 - 926 MHz para uso sin licencia, pero hay restricciones en la potencia de transmisión. Existen regulaciones adicionales relacionadas con la salud y condiciones ambientales. Por ejemplo, en Europa, la regulación *Waste of electrical and electronic equipment* ("Equipos eléctricos y electrónicos inútiles"), no permite que se desechen las etiquetas RFID. Esto significa que las etiquetas RFID

que estén en cajas de cartón deber de ser quitadas antes de deshacerse de ellas.

También hay regulaciones adicionales relativas a la salud; en el caso de Europa acaba de publicarse (por parte de la ETSI) un estándar llamado EN 302 208 que consta de dos partes. Una primera que describe las especificaciones técnicas y una segunda que especifica las condiciones a cumplir en cuanto a directivas europeas se refiere para compatibilidad electromagnética.

Dentro del proceso de regulación tienen una gran importancia los organismos que desarrollan los diferentes estándares con los que RFID cuenta hoy en día.

Algunos de estos organismos son la propia ETSI (European Telecommunications Standards Institute), EPC global (Código Electrónico de Producto) o la ISO (International Organization for Standardization), dedicados al desarrollo de estándares como:

- ISO 10536
- ISO 14443
- ISO 15693
- ISO 18000
- EPC
- EN 302 208

7. DESARROLLO DEL PROYECTO

La trazabilidad incrementa el valor agregado de sus animales, ajustándose a las demandas y normas de los principales mercados internacionales, entre ellos la Unión Europea. Aprovechando las virtudes brindadas por este sistema podrá adquirir mayores ventajas competitivas frente a los otros productores y acrecentar la imagen de su establecimiento, y fomentará la concreción de nuevas relaciones comerciales. A través de amigables consultas estadísticas brindadas por el software, se podrá obtener las herramientas necesarias para el mejoramiento continuo de la calidad de los productos, obteniendo así mayores beneficios.

Los aspectos más importantes a tener en cuenta, para un sistema de trazabilidad, fundamentalmente son dos; la identificación animal y el software que le ayudará a la gestión administrativa de su granja o hato.

7.1. IDENTIFICACIÓN ANIMAL

Uno de los puntos claves dentro de la trazabilidad individual es la identificación animal. Hay una gran variedad de sistemas de identificación, que van desde los más sencillos a los más complejos, cada uno de ellos tiene sus ventajas y desventajas.

Existe una gran discusión a nivel mundial de cuales son los mejores sistemas de identificación del ganado.

Los sistemas electrónicos usando radiofrecuencia para la identificación de animales, han tenido un gran impulso en los últimos años debido a que existe una gran expectativa con los mismos, encontrándose en una etapa de experimentación en la mayoría de los principales países ganaderos y tenderían a sustituir los sistemas con código de barras que permiten la lectura automatizada.

Se podrá identificar el ganado a través de diversos métodos los cuales tienen diferentes costos y beneficios. Algunos métodos electrónicos pueden ser:

- Caravanas tipo SMART CARD
- Bolos intrarruminales con RFID
- Caravanas con RFID
- Implantes con RFID

También existe un método de identificación genética, permite rastrear al animal de origen a partir de cualquier pieza de carne. El sistema se basa en el hecho de que todo tejido biológico contiene ácido desoxirribonucleico (ADN) y que el código de ADN de cada animal es único.

Lo que sí debe quedar claro es que el sistema de identificación a elegir no sólo debe servir para los momentos actuales, sino que debe tener la flexibilidad necesaria de poder ir adaptándose a los cambios tecnológicos que, de esta manera, van ocurriendo rápidamente, con un mínimo costo.

En la siguiente tabla se expone ventajas y desventajas que puedan presentar las diferentes formas de realizar la identificación animal.

NOMBRE	TIPO	VENTAJA	DESVENTAJA
Implantes con RFID	Transponder cubierto con vidrio y subcutáneo.	Seguridad Varios tipos aprobados	Rotura – sin lectura Rechazo – caída Problemas de recuperación Migración – seguridad alimentaria
Caravanas con RFID	Caravanas plásticas con transponder	Alta retención confiable Seguridad Reciclable Tasa de lectura Aplicación: rápida fácil y segura	Costo (debido a bajos volúmenes de producción) Reciclados: gradualmente reduce la tasa de lectura
Bolos intrarruminales con RFID	Cápsula con transponder, ubicadas en el retículo	Seguridad- puede ser removido solo en la faena. Tasa de lectura	Retención baja en animales de 3-4 meses. La retención puede disminuir por diarreas. Riesgo de muerte en la aplicación si el bolo va por falsa vía. La aplicación toma su tiempo. No visible- no adecuado para la cría ni inspección visual.

Caravanas tipo Smart Card	Caravana con chip montado en la superficie.	Almacenamiento de la información- datos complejos del animal. Seguridad	Confiabilidad- todos los datos viajan con el animal. Seguridad- puede haber daño físico a los que realizan la lectura.
Caravanas con código de barras	Caravanas plásticas o metálicas con láser u otro código de barras	Bajo costo Retención Seguridad	Tasa de lectura- reducida por pelos, barro etc. Tasa de lectura- puede requerir manipulación física.

Tabla 7.1 cuadro comparativo entre los diferentes tipo de identificación.
Fuente: el autor

7.1.1. IDENTIFICACION ELECTRONICA EN BOVINOS (IDE) mediante radiofrecuencia (recomendada para este estudio).

Los sistemas actuales de identificación electrónica por radio frecuencias se basan en la transmisión de ondas de radio de baja frecuencia 134.2 KHz, (ISO 11785) caracterizadas por un elevado poder de penetración en la mayor parte de los materiales. La IDE por radiofrecuencia utiliza radiaciones electromagnéticas no ionizantes, caracterizadas por su longitud de onda grande (entre 1-3000 m) y baja frecuencia (entre 0.03-300 MHz). Su energía es unas 1000 veces inferior a la de las microondas (1-1000 mm de longitud de onda, 0.3-300 GHz de frecuencia).

Los requisitos fundamentales que se exigen a un sistema de IDE son:

- Lectura a distancia y en animales en movimiento.
- Funcionamiento pasivo (sin baterías), de larga duración y seguro para animales y hombres.
- Uso de una señal codificada y procesable por ordenador, de forma que permita la gestión automática de datos.
- Ausencia o muy baja incidencia de errores de identificación y fallos de lectura.
- Resistencia a las condiciones ambientales y de uso en los animales durante toda su vida productiva y a las condiciones de matadero.
- Costo asumible por la cadena productiva.

Los elementos principales que componen este sistema son:

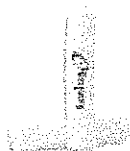
Los Transponder o Transpondedores – Transmitter-responder (Unidades identificadoras).

Los Transceptores o lector – Transmitter-receptor

Los lectores permiten leer el código de cada microchip del animal portador. La información recibida es mostrada en pantalla y almacenada para su posterior gestión en un ordenador.

7.1.2. TAGS PARA IDENTIFICACIÓN ANIMAL

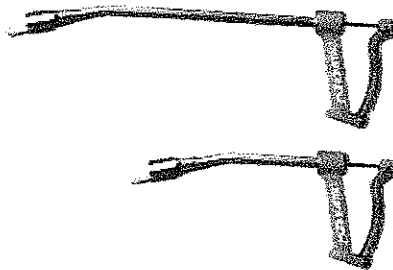
7.1.2.1 Bolo Ruminal



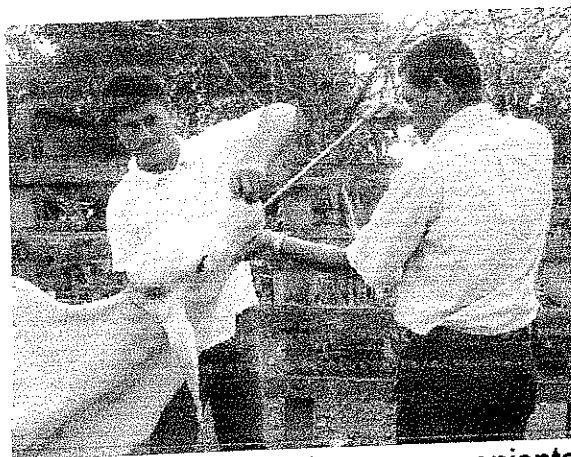
El bolo ruminal, es una cápsula de cerámica, que contiene un transponder o microchip de 32mm (Sistema HDX, utilizado para la identificación de Rumiantes) y que se administra a los animales por vía oral, mediante un cómodo aplicador. Esta cápsula queda retenida de manera permanente, en el interior del segundo estómago o retículo de los rumiantes, durante toda la vida del animal, sin producir efectos negativos sobre la salud, rendimientos productivos, en la ingestión, digestibilidad de los alimentos, ni en la canal.

Procedimiento para la aplicación del bolo ruminal.

- Se extrae el bolo de la caja
- Se procede a realizar una primera lectura del dispositivo fuera del animal para constatar el correcto funcionamiento del mismo, ya que en el transporte puede haber sufrido algún golpe que deteriore el correcto funcionamiento del microchip y una vez que esté introducido en el animal, no será posible determinar si hay alguna falla técnica.
- Luego se procede a cargar el aplicador colocando el bolo en el extremo del mismo, ejerciendo una suave presión para que quede fijado.

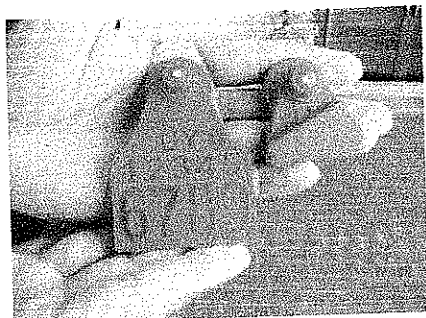


- Inmovilizar al animal correctamente.
- Se introduce suavemente el aplicador en la boca del animal por el espacio entre los molares y carrillos o cachetes hasta llegar al fondo de la garganta. En este momento se debe ejercer una suave presión al aplicador a la que el animal responderá por reflejo, tragando más fácilmente el bolo. De esta manera se le da tiempo al animal a que cierre la glotis evitando provocar una falsa vía, lo cual es muy improbable si se respetan los pasos descritos.



- Si la aplicación es en un bovino adulto, es conveniente utilizar una manga y con la ayuda de una nariguera se toma por la nariz para fijar la posición de la boca. Si dispone de un brete con cepo es más cómoda su aplicación. Antes de soltar el animal de la manga o corral se debe verificar que el bolo ha sido deglutido; es posible que no haya sido así y el animal lo expulse de la boca.

7.1.2.2. Caravanas u Orejeras



Son elementos de uso externo, observables a simple vista, destinados a la identificación de animales, en forma temporaria o permanente. En su interior trae adherida una etiqueta de radiofrecuencia, la cual nos servirá para realizar la identificación.

En la calidad del material empleado para su fabricación depende en gran manera la durabilidad y la eficiencia en el momento de la

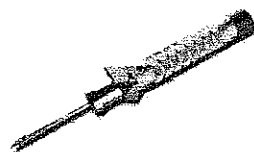
lectura.

7.1.2.3. Implante Subcutáneo



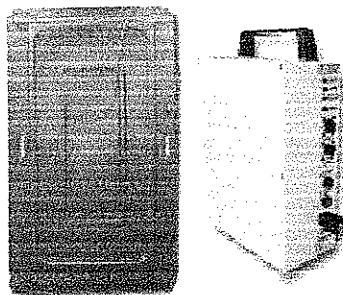
Microchips de 32 ó 23 mm, con tecnología HDX. Su aplicación subcutánea es fácil, para lo cual se utiliza un inyector. (es utilizado especialmente en Caballos, mascotas, animales exóticos etc., no recomendado para animales de consumo)

Inyector transponder



Este inyector es pequeño y ligero, permitiendo operar más cerca de la superficie de la piel del animal, aumentando la precisión de la inyección. Las agujas se pueden cambiar de forma rápida y sencilla, con la característica de que la aguja queda desinfectada cada vez que se carga un transponder.

7.1.3 LECTOR

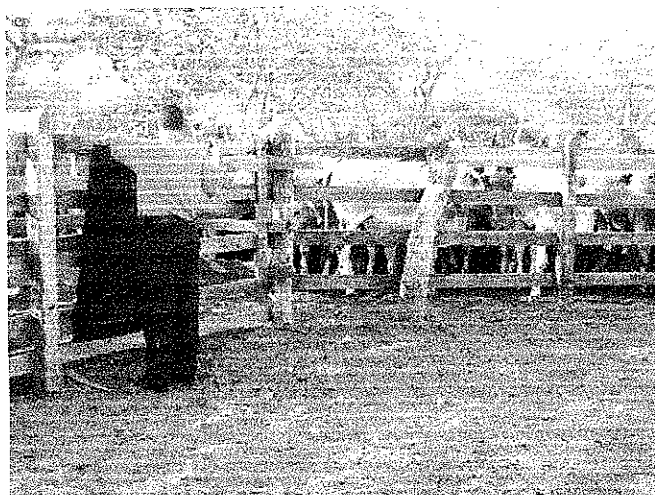


Lee la identificación de animales en movimiento, a través de mangas de manejo, bretes, entrada a salas de ordeño, etc. La lectura se hace en tiempo real; es decir, pasa el animal por el frente de la antena y automáticamente se muestra la identificación en una ventana del Software. De gran utilidad para hacer inventarios y otros trabajos de campo como: carga de servicios, tactos, controles de peso, etc.

7.1.4. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR REGISTRO.

El lector es portátil, consta de un módulo¹² y una antena de 70 x 100 cms.; debemos primero que todo acomodar los equipos de tal forma que se facilite la utilización de los mismos.

Para esto, instalaremos la antena siempre en el lugar en donde se van a trabajar los animales, en este caso debe ser en la manga o en la bascula si se van a pesar. La manga es un sitio apropiado, puesto que se facilita la lectura del animal y se facilita la manipulación o el trabajo que se le realizará al animal para su posterior registro.

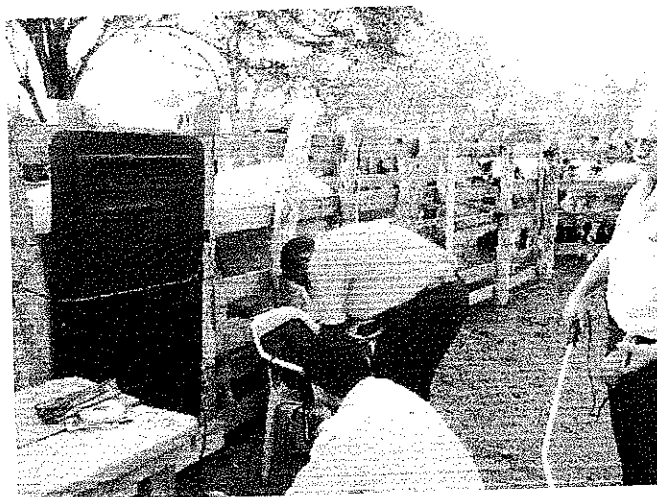


Esta antena deberá ir conectada a una computadora en la cual tendremos instalado el Software que nos ayudará a registrar los datos en la base de datos.

¹² el blanco que esta sobre la silla de las imágenes de página siguiente es el módulo de lectura RFID



Luego de tener los equipos listos, se procede a pasar por la manga o brete de trabajo los animales a los cuales se le realizará algún procedimiento; el animal al acercarse a la antena, inmediatamente será identificado en nuestro ordenador. Desde nuestra computadora se realizará el registro de la actividad realizada y esta quedará guardada en la base de datos.



De esta misma forma se podrá situar la antena en la báscula en el caso que la actividad sea el control de peso de los semovientes.

7.2. SOFTWARE DE TRAZABILIDAD GANADERA

El software le permitirá manejar todo lo relacionado con la trazabilidad de la ganadería de manera económica, rápida y eficiente. Este sistema le permitirá registrar todos los movimientos de su hacienda, lo cuales permanecerán almacenados en una base de datos para su posterior consulta, permitiendo realizar un seguimiento constante de cada animal. Entre la información almacenada se encuentra por ejemplo las compras de animales, ventas, nacimientos, muertes, tratamientos sanitarios, movimientos entre parcelas, seguimiento de pesadas, seguimientos farmacológicos, etc.

Así mismo la información puede ser ingresada manualmente o por medio de la identificación electrónica. Con esta información el sistema le permitirá en todo momento conocer el estado y la ubicación actual de cada uno de sus animales, como así también podrá obtener una historia completa del animal desde el momento del ingreso o nacimiento en su campo hasta la venta, egreso o muerte del mismo. También obtendrá un detalle de los productos veterinarios utilizados en cada uno como así también los profesionales que intervinieron en cada acción realizada, los alimentos suministrados, los complementos alimenticios, la ubicación física en cada momento de su vida, etc.

*"Para este proyecto se revisaron varios de los software expuestos en el mercado, después de realizar un estudio a cerca de cada uno de estos, sobresalieron especial mente dos los cuales fueron **USATI LTDA** y **AGRITEC SOFTWARE**; es por eso quiero dar el reconocimiento a derechos de auto a la empresa Agritec Software con su producto **VAQUITEC** el cual según mi criterio y experiencia en el tema de la ganadería considero el mas completo por lo menos para mis necesidades, y es por eso que lo he escogido para ser instrumento indispensable en la realización de este proyecto."*¹³

7.2.1 CONFIGURACIÓN DE BASE DE DATOS

OPCION DE MENU: Adaptar el software a la granja

La primera acción a realizar en la puesta a punto de su granja es la selección de sus preferencias de configuración del programa en el menú Opciones. Aquí usted seleccionará las opciones y definirá los códigos que usted quiere usar en los eventos y tareas de administración de su granja.

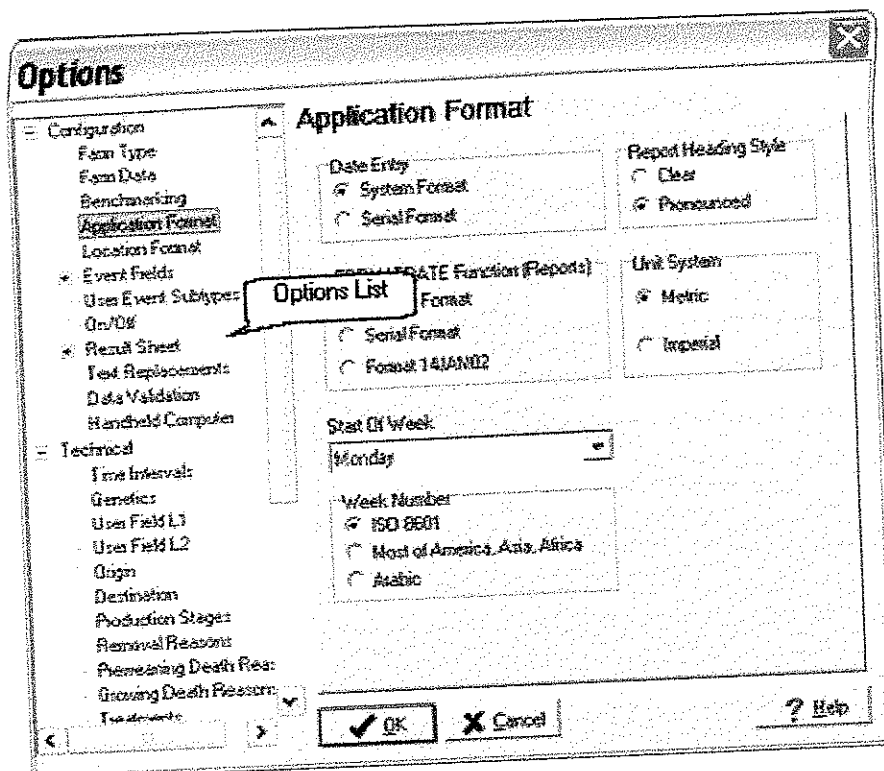
Todas las opciones son específicas de la granja, solamente influyen en la granja activa.

¹³ Reconocimiento a autorías de software

Incluyen:

- Configuración
- Técnico
- Económico

Se accede a los menús de Opciones desde el botón del menú principal de Vaquitec, o siempre que se vea los iconos de herramientas en los cuadros diálogos del programa.

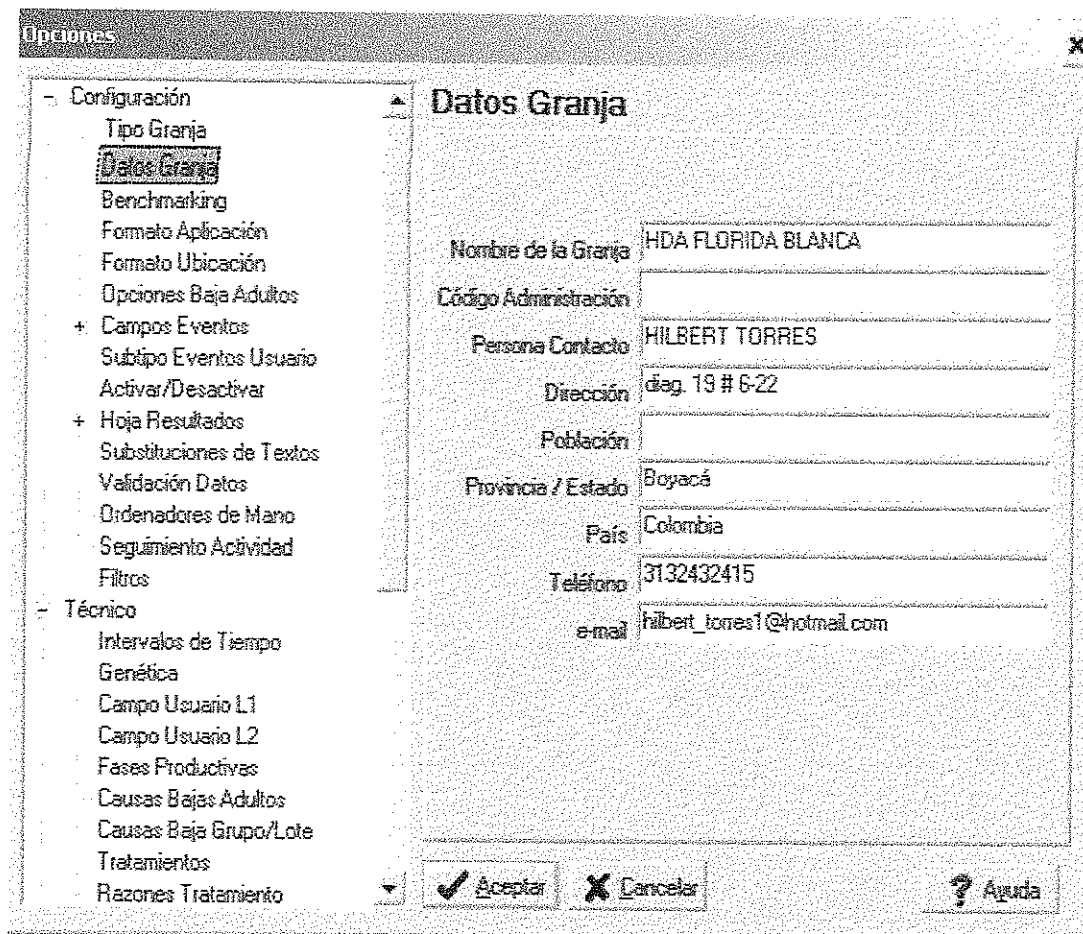


Tipo de granja

Aquí es donde se selecciona su tipo de granja, o sistema de producción. Por ejemplo, si su granja es solamente de reproducción, la parte de engorde del programa se ocultará a fin de no confundir al usuario con eventos y opciones que no utilizará nunca. La configuración por defecto siempre es la apropiada para la mayoría de granjas ya que permite acceder todas las opciones, eventos e informes.

7.2.2.DATOS DE LA GRANJA

En esta pantalla se deben introducir el código y la información de contacto de su granja.



Opciones

- Configuración
 - Tipo Granja
 - Datos Granja**
 - Benchmarking
 - Formato Aplicación
 - Formato Ubicación
 - Opciones Baja Adultos
 - + Campos Eventos
 - Subtipo Eventos Usuario
 - Activar/Desactivar
 - + Hoja Resultados
 - Substituciones de Textos
 - Validación Datos
 - Ordenadores de Mano
 - Seguimiento Actividad
 - Filtros
 - Técnico
 - Intervalos de Tiempo
 - Genética
 - Campo Usuario L1
 - Campo Usuario L2
 - Fases Productivas
 - Causas Bajas Adultos
 - Causas Baja Grupo/Lote
 - Tratamientos
 - Razones Tratamiento

Datos Granja

Nombre de la Granja: HDA FLORIDA BLANCA

Código Administración:

Persona Contacto: HILBERT TORRES

Dirección: diag. 19 # 6-22

Población:

Provincia / Estado: Boyacá

País: Colombia

Teléfono: 3132432415

e-mail: hilbert_torres1@hotmail.com

Nombre de la Granja

Nombre que saldrá impreso en sus informes.

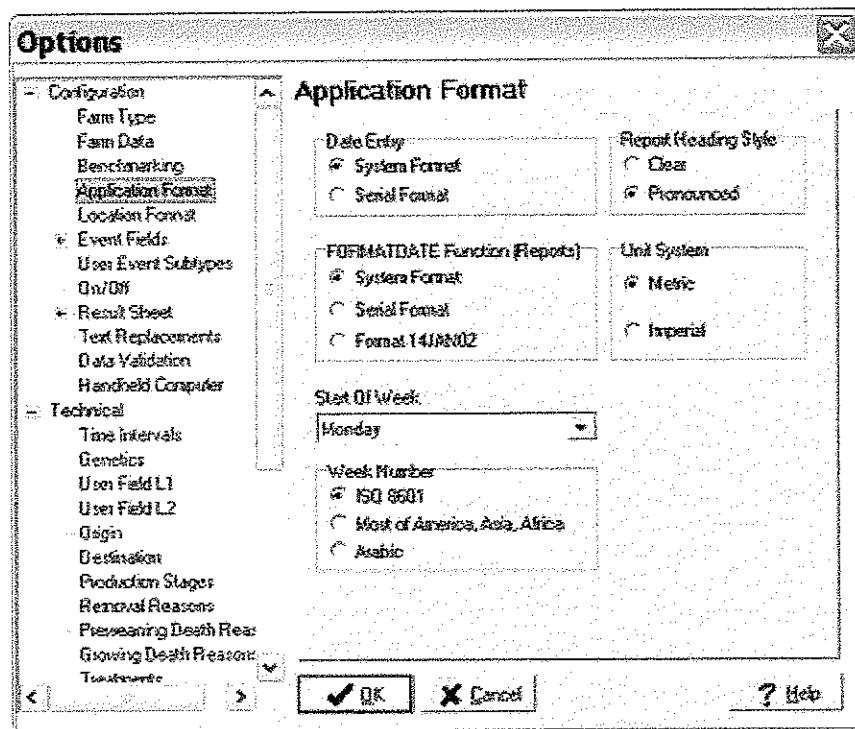
Código Granja

El Código Granja es otorgado por el gobierno o administración con el objeto de tener un control de los animales que producen comida. Un establecimiento es un lugar físico e identificable de la granja donde se llevan a cabo actividades que afectan la salud y/o de rastreabilidad de animales que producen alimentos.

Campos adicionales: Persona contacto, Dirección, Ciudad, Estado, País, Teléfono, e-mail

7.2.3. FORMATO DE LA APLICACIÓN

En esta sección usted definirá el formato de fecha que prefiere para la entrada de datos y los informes.



Formatos

- Sistema: Utiliza el mismo formato de su computadora. Ejemplo: 8/16/02 (Agosto 16, 2002)
- Formato Serial: Este sistema de fechas es una representación numérica del calendario. Se basa en un número entero equivalente a los días transcurridos desde una fecha y se comúnmente se lo denomina calendario de 1000 días. Ejemplo: 11208 (4 de Junio 4 de 2002)
- Formato 14EN02: Formato mixto donde el mes es mostrado con las dos iniciales. Ejemplo: 20AG02 (20 de agosto de 2002)

Entrada de fechas

Seleccione el formato de fecha que prefiera para introducir los datos.

Formato función FORMATDATE (Informes)

Seleccione el formato de fecha que prefiera para mostrar en los informes. La mayoría de los informes utilizan el Formato Sistema, pero puede modificarlo dependiendo de sus preferencias.

Sistema unitario

Seleccione el sistema unitario que quiere utilizar en los informes y formularios.

- Métrico: El sistema decimal de medidas basado en el metro y en el gramo.
- Británico: Unidad de medidas inglesas como la libra y las toneladas.

Estilo del encabezado del informe

Define el estilo de encabezados utilizados cuando imprime los informes. Marcado imprime una barra negra en el encabezado, Claro no la imprime.

Primer día de la semana

Especifica el primer día de la semana a utilizar en la aplicación. Este día varía dependiendo del país, por ejemplo en Europa es el lunes y en Estados Unidos el domingo.

Número Semana

Define el sistema usado para determinar el número de la semana del año, el cual se cuenta de forma diferente dependiendo del país. El número de la semana se usa en algunos informes.

- ISO 8601: Estándar Internacional. La Semana 1 contiene el 4 de enero.
- Mayor parte de América, Asia, África: el domingo es el primer día de la semana. La semana 1 contiene el 1 de Enero.
- Árabe: el sábado es el primer día de la semana. La Semana 1 contiene el 1 de enero.

7.2.4. ENTRADA RAPIDA DE UN EVENTO

Para realizar una entrada o un registro, se deben seguir los siguientes pasos.

- En el menú principal, haga clic en el botón Entrada Evento.



- Haga clic en el botón Entrada Rápida de Eventos si no tiene un signo de verificación.



- Introduzca el Código de hembra y presione Aceptar.

Date	Type	Description
12/02/07	Insemination	
12/02/07	Insemination Semen: 0123	
12/02/07	Insemination	
12/02/07	Insemination	
12/02/07	Insemination Semen: 3452 Dose: 2	
12/02/07	Insemination Semen: 595	
12/02/07	Insemination Semen: 4312 Dose: 3	
12/02/07	Insemination Semen: 5667 Dose: 2	
12/02/07	Insemination Semen: 5667 Dose: 2	
12/02/07	Insemination Semen: 4312	
12/02/07	Insemination Semen: 4312 Dose: 3	
12/02/07	Insemination Semen: 595 Dose: 3	
12/02/07	Insemination Semen: 4312 Dose: 3	
12/02/07	Insemination Semen: 4312 Dose: 3	
14/02/07	Insemination Semen: 625	

Id	Location	Status	Farrow
4074		S	0

- Introduzca la fecha del evento en Fecha y presione Enter.
- Seleccione el Tipo de evento. Si la hembra no existe en la base de datos, sólo el evento Entrar está disponible.
- Complete los campos restantes. Por supuesto, usted sólo deberá entrar los campos que utilice en su granja, ignore los otros.
- Cuando el cursor esté en el último campo o haga clic en el botón Guardar, el evento se guardará y el cursor aparecerá nuevamente en Código Hembra.

7.2.5. NAVEGACIÓN POR VAQUITEC

Algunos conceptos de navegación son comunes en todo el programa. Es importante comprenderlos para trabajar con facilidad en el programa.

En Vaquitec existen varias maneras de realizar una tarea. Por ejemplo: para introducir el archivo Hembras usted puede:

- Hacer clic en el comando Hembras del menú Animales
- Hacer clic en el botón del ícono Hembras de la barra del menú principal.
- Presionar la tecla F2

Teclado

El teclado es la forma más rápida para ingresar información a Vaquitec. Le recomendamos utilizar el teclado en lugar del ratón.

Enter o Tab	Próximo campo
Shift + Tab	Campo anterior
Alt	Menú de acceso
Alt + F4	Cerrar cuadro de diálogo
Ins	Insertar registro en la tabla
Ctrl + Del	Borrar registro en la tabla
Alt + letra/palabra subrayada	Los botones que tienen una inicial subrayada se activarán
F12	
	Cerrar cuadro de diálogo de evento y Guardar. Elimina tener que hacer clic en la tecla Enter en los campos vacíos.

Introducir datos

Las fechas se introducen en el mismo formato que su configuración de Windows o dd/mm/aa or mm/dd/aa. Por ejemplo, en el formato dd/mm/aa: 28 de Septiembre de 1999 es 28/9/99. Si utiliza el formato mm/dd/aa es 9/28/99. 12 de Mayo de 2001 sería o 12/5/01 o 12/5/2001.

Los cuadros de fechas aceptan varios formatos, por ejemplo sólo el día (12), o el día y el mes (1205, o 0512 si la configuración es mm/dd). Los separadores aceptados son cualquier combinación de < />, < .>, < ->, o < ,>.

Puede usar las teclas + o - para subir o bajar la fecha en cualquier campo de fecha. Por ejemplo, si aparece 12MAY2001 en el cuadro de edición, escriba +2 y la fecha que resultará será 14MAY2001.

Usar la calculadora

Algunos campos numéricos tienen el ícono de una calculadora del lado derecho del campo. Haga clic en el ícono para abrir la calculadora. En algunas pantallas, el número está relacionado a otros campos. Por ejemplo, cuando introduzca un evento ventas, puede escribir *15 en el campo peso y el resultado se calcula automáticamente. En este caso, será el número de unidades multiplicado por 15.

Barra de herramientas de navegación

La barra de herramientas de navegación aparece en algunos diálogos. Se utiliza para navegar en los registros de la base de datos.



Primer registro

Registro anterior

Siguiente registro

Último registro

Añadir (Tecla Ins)

Eliminar (Ctrl+Sup)

Validar o Guardar

Cancelar

Cerrar un cuadro de diálogo

Los diálogos donde se ha introducido información pueden cerrarse de varias maneras:



Cerrar y guardar. Tecla rápida: Alt+L



Cerrar el diálogo sin grabar los cambios. Tecla rápida: Alt+F4

Tecla F12

La tecla F12 cierra el diálogo y guarda los datos

7.2.6. CAMPOS DE EVENTO

Algunos eventos incluyen varios campos opcionales que se pueden configurar para que aparezcan (o no) en la grilla de entrada de datos de la Entrada de evento, en el evento de diálogo en el Archivo Hembras, y en el ordenador de mano.

Aquí se puede seleccionar los campos de datos que se quiera usar en función de los datos que se recogen habitualmente. Por ejemplo, para rebaños en los que no se recogen los pesos de nacimiento de la camada, este campo se puede desactivar en el evento para facilitar la entrada de datos

Los eventos que se pueden personalizar con campos opcionales con los eventos de Parto, Entrada, Destete, Cubrición natural, Inseminación y Diagnóstico de gestación.

Para seleccionar o no seleccionar los campos desplegados para esos eventos:

1. Seleccionar el evento apropiado
2. Verá la lista de campos que pertenecen a ese evento.
3. Verá la grilla de entrada de las opciones de datos (Entrada de Eventos), dialogo (Archivo Hembras) y ordenador de mano.
4. Una marca "X" significa que el campo está seleccionado para aparecer en el evento y aceptar datos.
5. Para agregar un campo vacío, asegúrese de verificar la casilla adecuada para el método de entrada de datos que está usando y luego simplemente haga clic en el campo vacío y ponga una marca "X".
6. Para sacar el campo en un evento: por ejemplo en la rejilla, primero resalte el campo haciendo clic sobre él, luego borre la selección de la casilla "Mostrar en la grilla de entrada de datos" haciendo clic sobre ella, y finalmente haga clic sobre la "X" para que ésta desaparezca. Cuando haya finalizado, haga clic en OK para guardar los cambios.

Options

Configuration

- Form Type
- Form Data
- Benchmarking
- Application Format
- Location Format
- Event Fields**
 - Entry**
 - Natural Mating
 - Insemination
 - Pregnancy Diagnosis
 - Farrowing
 - Weaning
 - User Event Subtypes
 - On/Off
 - Result Sheet
 - Test Reproductives
 - Data Validation
 - Handheld Computer
- Technical
 - Time Intervals
 - Genetics
 - User Field L1
 - User Field L2
 - Other

Entry

☐ Show in Grid Data Entry
☒ Show in Event Dialog
☐ Show in Handheld Computer

Field	Grid	Dialog	Handheld
Register ID		X	
Genetics	X	X	X
Birth Date	X	X	X
Electronic ID			
Origin	X	X	X
Initial Parity	X	X	X
Arrival Date	X	X	X
Initial Location	X	X	X
Group	X	X	X
Sex		X	
Dam		X	

7.2.7. ACTIVAR/DESACTIVAR

Activar/Desactivar en el menú de Opciones contiene una lista de características y opciones de validación de datos que pueden estar "activadas" o "desactivadas" dependiendo de las preferencias del usuario. Una marca indica que la característica está "activada".

Verificar macho en servicio

En montas naturales o inseminaciones, el programa verifica la existencia del macho o semen utilizado en la actualidad. Activar esta opción ayudará a reducir los errores en la entrada de datos. Sin embargo, al introducir el código de un macho o lote de semen en un evento de inseminación que no ha sido previamente codificado en su respectivo archivo creará un mensaje de error y el evento de inseminación será rechazado.

Desactive esta opción si no ha codificado todos los machos o lotes de semen existentes.

Permite el evento servicio para hembras servidas o (diagnosticadas) gestantes

Activa por defecto. Permite añadir eventos de servicio adicionales al registro de una hembra que ha tenido un primer servicio en su parto y un estado de servida o diagnosticada preñada, como en el caso de una hembra repetidora. Desactivando esta opción, una hembra servida no puede ser servida nuevamente. Un evento de diagnóstico negativo debe introducirse antes de otro servicio.

Verificar ocupación u ubicaciones en cambio de Ubicación

Si esta opción está marcada, y el evento Ubicación se ha introducido en la entrada de evento, el programa verificará que la ubicación no haya sido asignada a otro animal.

Hacer secados y servicios en forma automática con un evento parto

Si está activado, se calcula automáticamente el servicio faltante para la hembra en el parto. Lo mismo sucederá con el secado. Esto permite simplificar el ingreso de datos aunque no es tan preciso. Se utiliza cuando se configura el programa.

Permitir un evento de parto aunque no exista un evento de cubrición

Esta opción está activa por defecto para permitir al usuario entrar un rebaño ya existente en Vaquitec sin necesidad de entrar todos los datos del historial.

Para un rebaño que disponga de sus historiales completos, o cuando se introduce un nuevo rebaño, es aconsejable desactivar esta característica para proteger la integridad de los datos. Esto le requerirá al usuario estimar e introducir un evento cubrición faltante que tiene como resultado un parto.

Obligar a esperar los días de retirada del tratamiento en el evento de baja por matadero

Si está activa, una hembra no puede ser dada de baja con el tipo baja por matadero si tiene un evento tratamiento en su registro y el tiempo de retirada no ha terminado.

Necesita finalizar la lactancia antes de la baja

Esta opción está activada por defecto para proteger la integridad de los datos. Requiere que el usuario introduzca un el evento destete o nurse off en una hembra lactante antes de que el evento Dar de Baja pueda ser introducido.

Inicializar ubicación en destete

Activa por defecto. Evita que un evento ubicación introducido en parto aparezca en informes una vez que el evento Destete haya sido introducido para una hembra. Se asume que se proporciona una nueva ubicación a la hembra en el destete, por lo tanto su ubicación estará vacía hasta que el nuevo evento de ubicación sea añadido en su registro.

Añade Crías a los archivos individuales con un evento Crías registrado

El evento cría registro se utiliza para identificar los animales en el parto. Cuando el cuadro está activo, las crías son introducidas automáticamente en el archivo del animal cuando un evento Crías registro se añada al archivo Hembras.

7.2.8. HOJA DE RESULTADOS

Cuando usted abre el archivo Hembras y selecciona un código para una hembra, en su archivo verá una pestaña llamada Resultados. Haciendo clic sobre la pestaña, se abrirá una hoja que contiene dos columnas, una listando su rendimiento reproductivo para el parto actual y la otra conteniendo un resumen de todos los partos o su promedio de tiempo de vida.

La mayoría de parámetros importantes que usted necesita saber acerca de una hembra se encuentran aquí por defecto. Usted verá información concerniente al parto y al resultado del destete, resultados de los servicios, índice de parto, mortalidad pre-destete, fecha del último servicio, etc. así como promedios de vida.

No obstante, usted puede modificar esta lista según sus preferencias, añadiendo o eliminando variables que usted elija. Esto se puede hacer seleccionando el menú Opciones y después Hoja de Resultados.

7.2.9. INTERVALOS DE TIEMPO

En esta sección del menú Opciones, usted determinará los intervalos de tiempo, u objetivos, para las tareas que definirá en sus Informes de Manejo. Los intervalos son el número de días desde una fecha de evento en el registro de un animal hasta la siguiente fecha de evento. Cuando se genera una lista de manejo, ésta mostrará cuándo las hembras están a punto para una tarea en particular o un cambio en su estado, en el intervalo de tiempo que usted haya definido.

Por ejemplo:

Si usted realiza el control de preñez a los 35 días desde la fecha del servicio, en la fila de Días cubrición a control preñez usted escribirá 35. Entonces cuando usted genere un informe de Servidas: Pendientes de Diagnosticar usted verá una lista de las hembras válidas para esta prueba a los 35 días desde la fecha de servicio.

Estos intervalos también se pueden utilizar para otros informes, como la Ficha de historial de hembra.

A continuación se muestra la lista de intervalos de evento que deben ser definidos por el usuario para los informes:

- Días desde el destete hasta el primer servicio
- Días desde el servicio hasta el control celo: Por defecto está definido en 21 días y se usa para Servidas: Informe de Control de celo.
- Días desde el servicio hasta control preñez: Entrar el número de días para control preñez, para el informe Servidas: Control preñez.
- Días desde pre-parto hasta parto: Entrar los días pre-parto para cada tarea pre-parto como vacunaciones, para el informe Servidas: Pre-parto.
- Días desde el servicio hasta el control del parto: Introducir los días de gestación promedio de su ganado para los informes Servidas: debido a parir y Ficha de historial de hembra.
- Días desde el parto hasta el destete: Introducir su objetivo de edad de destete para el informe Parida valida para destete.
- Edad en días para entrar rebaño reproductores
- Edad en días para el primer servicio: Introducir la edad para las hembras de remplazo para el informe Hembras nuevas introducidas.

7.2.10. GENÉTICA

En esta sección usted codificará las líneas genéticas o razas existentes adquiridas en su granja.

Se deben ingresar un código en el campo Código, y una descripción del código en el campo Descripción. Estos códigos se mostrarán en el cuadro desplegable de la entrada de datos, por ejemplo para seleccionar la genética correspondiente cuando se introducen animales nuevos en el evento *Entrada*. Este campo también podrá ser usado como filtro en los informes.

7.3. ESTANDARIZACIÓN

Los productos deben cumplir con los estándares internacionales: ISO 11784 / 11785.

Existen dos tipos de lectura estática y dinámica. En la primera se realiza la lectura del animal mediante un lector de mano y en la segunda se hacen pasar los animales a través de una manga de manejo en donde se encuentra instalada una pantalla o antena que detecta en milisegundos el transponder y es transmitido en tiempo real a la base de datos del Software, para su gestión.

- **Estructura del telegrama de información:** (en el microchip) La onda electromagnética enviada por los dispositivos de radiofrecuencia es transformada en un mensaje digital constituido por bits (bit = binary digit o unidad binaria de información: 0 ó 1, que en electrónica digital son interpretados eléctricamente como on y off). Los bits se agrupan normalmente en bloques de 8 bits llamados Bytes (1 Byte = 8 bits) y la longitud del telegrama de información resulta así múltiplo de 8. A cada bit o bloque de bits se le asigna un significado codificado. A priori, las posibilidades de longitud del telegrama y el significado asignado a cada bit resultan ilimitadas, por lo que resulta necesaria su estandarización.

Para solucionar esta problemática, la organización de ámbito Mundial ISO (International Standardization Organization), creó un grupo de trabajo en 1991 (WG3 / SC19 / TC23) formado por fabricantes, técnicos e investigadores sobre el tema, con la finalidad de unificar tecnologías y posibilitar la universalización de la Identificación electrónica (IDE). Como resultado de su actividad, el ISO WG3 en identificación electrónica animal, publicó un primer estándar, que fue largamente debatido y finalmente aprobado en mayo de 1994 (ISO 11784), sobre las principales características de la estructura del Código de identificación electrónica de los animales de granja y compañía de un determinado país (Tabla 7.2). Con esta estructura se fija la posición y el número de bits que ocupará cada parte del telegrama de información con una longitud total de 64 bits (8 Bytes = 8 x 8 bits),

resultando posibles más de 274.000 millones de combinaciones en el código de identificación.

Por otro lado, la combinación de este número con el del país (de acuerdo con la codificación ISO 3166 de tres dígitos) o temporalmente, mientras no exista una base de datos gestionada por cada uno de los países afectados, el número autorizado por ICAR a los fabricantes de transpondedores, permite un empleo muy amplio en la práctica.

Nº de bit	Total de bits	Contenido del bloque del telegrama información	Posibles combinaciones
1	1	Uso animal = 1 (uso industrial = 0)	2
2-15	14	Espacio reservado para uso futuro	16.328
16	1	Uso de bloque adicional (1 = sí; 0 = no)	2
17-25	10	Código del país (ISO 3166)	1.024
27-64	38	Código de identificación del animal	274.877.906.944

Tabla 7.2 Código de identificación para identificación animal. Fuente: norma técnica ISO 11784

A manera de ejemplo, un país como España (código ISO 3166 = 724) que posee un censo próximo a los 50 millones de animales reproductores de las principales especies ganaderas (bovina, ovina, caprina, equina, asnal y porcina), y en el que hubiera que identificar a todos los animales destinados a la reposición cada año (aproximadamente unos 20 millones), el sistema aprobado por ISO permitiría mantener una numeración correlativa durante más de 13.000 años; esta cifra habla por sí misma del margen permitido por el sistema propuesto por ISO. Recientemente ha surgido una iniciativa internacional para utilizar 2 bits del espacio reservado para uso futuro e incluirlos en el código de identificación animal que pasaría así a tener 40 bits y posibilitaría el empleo completo de los 12 dígitos ($240 = 1.099.511.627.776$)

- Metodología de intercambio de información:

Se distinguen dos métodos fundamentales en la radiofrecuencia:

- El método FDX (full duplex) o de completa duplicidad, es el que utiliza un canal que permite la comunicación simultánea entre el transceptor y el transponder (método equivalente al de los actuales radioteléfonos). Una variante de este método de duplicidad, conocida como FDX-B (Patente propiedad de Nedap, Holanda) y que trabaja con una frecuencia de activación de 134.2 kHz.

- El método HDX (half duplex) o de media duplicidad (Patente propiedad de Texas Instruments, Holanda), por el contrario, utiliza un canal que sólo permite la comunicación alternativa (en un sólo sentido) entre el transceptor y el transponder (método equivalente al de las emisoras de radio aficionado).

A priori los dos sistemas resultan teóricamente equivalentes, pues si bien el FDX debería ser más rápido que el HDX, resulta más vulnerable a la aparición de interferencias, ya que suele utilizar sistemas de modulación por *amplitud o variación de la frecuencia* en una gama amplia de frecuencias. Por el contrario el HDX sólo utiliza modulación *fásica* en la transmisión de la información y lo realiza en una gama estrecha de frecuencias.

Estos conceptos técnicos, junto con la terminología a utilizar en la IDE de animales mediante radiofrecuencia, fueron también definidos en otro estándar ISO aprobado en Octubre de 1995 (ISO 11785). En él se definen además, las características que deben cumplir los transceptores (lectores) para ser considerados ISO y que básicamente corresponden a que trabajen a una frecuencia de activación de 134.2 kHz y que sean capaces de leer indistintamente transpondedores de los dos métodos de duplicidad aceptados: FDX-B y HDX.

La ISO 11785 incluye además un anexo (Anexo A) en el que figuran las características de las distintas tecnologías que se encuentran fuera del estándar en la actualidad (Destron-versión Fecava, Datamars y Trovan) y a las que se propone un procedimiento para adaptar sus transceptores al estándar. Esta adaptación tiene por objeto que la producción de nuevos transpondedores ISO pueda resultar compatible con las bases de datos que se mantienen principalmente en animales de compañía, de laboratorio o de interés zoológico. El plazo para que los fabricantes se adaptaran a los estándares ISO finalizó en octubre de 1998. El número exclusivo asignado por ICAR a los fabricantes garantiza que los dispositivos de identificación producidos cumplen los dos estándares ISO 11784 y 11785.

CONCLUSIONES

RFID (Radio Frequency Identification), es una tecnología reciente y muy efectiva para la captura de datos en forma automática.

Esta tecnología utiliza la radio frecuencia para la identificación de objetos a distancia de proximidad.

La tecnología RFID es madura y segura, en el sentido de que presenta la durabilidad, resistencia, e integridad en aplicaciones específicas.

La identificación mediante Radio Frecuencia (RFID) converge a desplazar a otras tecnologías como el código de barras.

La tecnología de Identificación por Radio Frecuencia (RFID) es un método de identificación automática sin contacto, es la tecnología más nueva y de más rápido crecimiento en el segmento de identificación automática en la industria. RFID permite identificación automática, localización y monitoreo de personas, objetos y animales en una infinidad de aplicaciones.

La tecnología RFID ha revolucionado la industria de la identificación automática ofreciendo avances significativos en comparación con sistemas tradicionales como código de barras, tarjetas de banda magnéticas y chips de contacto o proximidad. RFID ha resuelto problemas que anteriormente se pensaba que no podían tener solución

Desde su aparición en la actividad ganadera, el concepto "trazabilidad" ha sido asociado muy fuertemente a la identificación animal y ésta asociación es correcta, pero sólo parcialmente; trazabilidad es sinónimo de rastreabilidad, es decir, rastrear el camino recorrido por un producto determinado, alimenticio o no, desde su origen hasta el consumidor, en donde se puede integrar la trazabilidad del producto en sí y los procesos a los que fue sometido el mismo.

El éxito de la trazabilidad consiste en una buena identificación individual y una base de datos confiable

La trazabilidad aplicada en ganadería es ayuda fundamental en el manejo, es rentable y mejora la productividad de los establecimientos ganaderos.

La utilización del bolo ruminal es ideal en tipos de ganadería de cría

La implementación de la orejera es fundamental como identificación visual y perfecta para ganaderías de engorde o ceba.

La implementación del implante subcutáneo no es viable para identificación de animales para consumo debido a que la norma sanitaria no lo permite; en cambio es muy adecuado para la identificación de animal silvestres o salvajes.

GLOSARIO

EEPROM (Electrically Erasable Programmable read-only memory): Memoria más usada en los sistemas con acoplamiento inductivo. Tiene unos ciclos de escritura limitados y un consumo alto de batería.

Full Duplex (FDX): Canal de comunicaciones que permite la transmisión de datos en ambas direcciones al mismo tiempo.

Half Duplex (HDX): Canal de comunicaciones que permite la transmisión de datos en ambas direcciones pero no al mismo tiempo.

Manga o brete: Espacio utilizado para inmovilizar el ganado y así realizar cualquier tipo de procedimiento de manera rápida y segura.

Modulación Backscatter: Proceso donde el transponder responde a la señal del lector, modulando y retransmitiendo una señal con la misma frecuencia portadora.

RFID (Radio Frequency IDentification): Sistema de identificación automática y capturadora de datos que comprende uno o más lectores y uno más transponder que realizan la comunicación a determinada frecuencia.

TAG: término sinónimo a transponder, usado especialmente por la AIM.

TRANSPONDER (TRANSmitter-resPONDER): Elemento de los sistemas RFID capaz de recibir la información del lector y de transmitir su información aprovechando la energía del propio lector o con ayuda de una alimentación externa.

Trazabilidad: Concepto de seguimiento de datos sobre un producto, desde su fabricación hasta su venta.

BIBLIOGRAFIA

RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and

Identification, Second Edition, Klaus Finkenzeller. Copyright 2003 John Wiley & Sons, Ltd.

RFID For Dummies Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana

The physics of RFID, Matt Reynolds Founding Partner. ThingMagic LLC

Passive, Active RFID Tags Linked. RFID Journal July 2003.

Antenna Circuit Design for RFID Applications, Youbok Lee. Ph.D. Microchip Technology Inc.

INFOGRAFIA

<http://www.planagro.com>

<http://www.rumitag.com>

<http://www.sisagro.com>

<http://es.wikipedia.org/wiki/RFID>

<http://www.epcglobalinc.org/>

<http://www.tutorial-reports.com/wireless/rfid/>

<http://www.morerfid.com/>

<http://rfid.sectorblog.com/>

ANEXO 1 **ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL BOLO RUMINAL**

Cápsula cerámica con microchip de 32mm sistema HDX utilizado para la IDE de rumiantes. Este identificador es de aplicación oral y posterior permanencia en el retículo o segundo estómago de los rumiantes.

FRECUENCIA	134,2 Khs.
RANGO TÍPICO DE LECTURA	1 Metro, según configuración usada en lector/antena
TIEMPO DE LECTURA	De 80 a 150 milisegundos (configurable en el lector)
PENETRACIÓN	Puede leerse a través de todo material no metálico
MATERIAL DE CAPSULA	Alúminia, contenido superior a 90%
MATERIAL SELLADO	Silicona resistente a los jugos gástricos del animal (patentada)
DIMENSIONES - PESO	68mm largo x 21mm. 75 gr +/- 1gr
PRESENTACIÓN	Caja de 100 uds.
OTRAS	Otras cada caja incorpora un disquette con la relación de los identificadores y datos de producción

Estas especificaciones pueden cambiar de acuerdo con la evolución técnica de los productos

ANEXO 2

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA ANTENA Y DEL MODULO O LECTOR

ESPECIFICACIONES DE LA ANTENA

Dimensiones – Peso	1240 x 740 mm. 7 Kg
Longitud del Cable	2 Mts

ANEXO 3

ESPECIFICACIONES DEL LECTOR O MODULO

Unidad de lectura portátil para la lectura de animales en movimiento.

Compatibilidad de Lectura	HDX y FDX conforme a las normativas ISO 11784 y 11785
Rango de Lectura	De 80 cms a 2mts con transponder HDX, de 40 cm a 1 m con FDX
Alimentación	220 VAC
Sintonización de la Antena	Autotuning
Test de Choque	IEC 68.2.27 std (15g-11ms-3 ejes)
Test de Vibración	IEC 68.2.6 std (10 to 150 Hz-0,7mm-5g)
Test de Caída	IEC 68.2.32 std (2 caídas de 1m)
EMC	IEC 1000.4.X EN 50082.1
Temperatura de Funcionamiento	De -10°C a +55°C
Humedad Ambiental	Hasta el 85%
Dimensiones	345x225x110 mm
Peso	3500 gr
Temperatura de Almacenamiento	De -40°C a +85°C

ANEXO 4

ESPECIFICACIONES: TRANSPONDER INYECTABLE

Microchip de 32 o 23 mm sistema HDX de aplicación mediante inyección subcutánea.

Tipo de Emisor	Transponder 23 o 32mm. Sistema HDX pasivo, sólo lectura
Temperatura de Funcionamiento	-25°C a +85°C
Temperatura de Almacenamiento	-25°C a 85°C. 1000 horas entre -40°C a + 125°C
EMC	Al código programado no le afectan las radiaciones electromagnéticas
Frecuencia	134,2 Khz.
Penetración	Puede leerse a través de todo material no metálico
Memoria	64 bits. Código único de 20 dígitos
Programación del Código	Grabado en fábrica, según propuesta de C.E.
Rango Típico de Lectura	1 metro, según la configuración usada en lector/antena
Tiempo de Lectura	De 80 a 150 milisegundos (configurable en el lector)
Encapsulamiento	Cristal biomédico
Alimentación	A través de la señal emitida por la antena del lector

ESTUDIO DE UN SISTEMA PARA REGISTRO Y TRAZABILIDAD EN GANADERÍA, UTILIZANDO IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA (RFID)

INTRODUCCION

En un campo tan elemental como lo es la ganadería, surge con la globalización el problema de garantizar la calidad y procedencia de los productos, y es cuando empieza a nombrar el término de trazabilidad; un término muy desconocido en el argot popular de nuestros pequeños y tradicionales ganaderos. Pero no es desconocido para los que vemos a la ganadería como una empresa agropecuaria, con un futuro extraordinario; futuro que para su éxito necesitamos evolucionar como lo han hecho los demás sectores industriales.

Es aquí donde la ingeniería electrónica y la tecnología Rfid juegan un papel muy importante en esta aplicación puesto que gracias a ella se podrá realizar una identificación eficaz, práctica y además fácil.

RESUMEN

La RFID (Radio Frequency Identification), es una nueva tecnología de captura de datos, que utiliza etiquetas dotadas de un microchip y un circuito impreso a modo de antena, capaces de emitir una serie de dígitos que sustituye el actual sistema de leer las etiquetas de código de barras ante un lector, es por eso que se utilizará esta tecnología en la identificación animal.

Para hablar de trazabilidad se debe primero conocer el término. La trazabilidad consiste en la posibilidad de mirar para atrás y poder reconstruir todo el proceso seguido, identificar las etapas, las variables influyentes y sus protagonistas; de allí surge que la identificación del animal la cual es la base del sistema de trazabilidad.

En la identificación, encontramos que la norma ISO 9002 la define como: "Marcación, señalización, estampado o etiquetado del producto y/o componente, a fin de facilitar su reconocimiento, evitar la mezcla y /o pérdida del mismo y posibilitar su posterior rastreabilidad".

Es importante precisar que para que cualquier sistema tenga éxito tanto en su finalidad como en su incidencia en los costos, es necesario que ese identificador cumpla los siguientes requisitos o características:

- sea permanente, único y acompañe al animal durante toda su vida.
- sea mínima la probabilidad de pérdida del dispositivo.
- sirva como instrumento adecuado para demostrar la propiedad del animal.
- sea funcional a la certificación de sanidad de la hacienda cualquiera sean los requisitos (producción orgánica, apelación de origen, objetivo exportador, etc.).

- permita relacionar los movimientos y la cadena productiva.
- permita eficiencia en el manejo del rodeo, mediante su lectura rápida y correcta transmisión de datos, facilitando las tareas de registro y, también, la emisión de planillas.
- sea adecuado a las normas internacionales
- inalterable.
- no contamine ni dañe el producto.

Como lo veníamos diciendo uno de los puntos claves dentro de la trazabilidad individual es la identificación animal.

Hay una gran variedad de sistemas de identificación, que van desde los más sencillos a los más complejos, cada uno de ellos tiene sus ventajas y desventajas.

Existe una gran discusión a nivel mundial de cuales son los mejores sistemas de identificación del ganado. Se podrá identificar el ganado a través de diversos métodos los cuales tienen diferentes costos y beneficios. Algunos métodos electrónicos pueden ser:

- Caravanas tipo SMART CARD
- Bolos ruminales con RFID
- Caravanas con RFID
- Implantes con RFID

El otro elemento clave de un sistema de trazabilidad, es el software con el cual se podrá registrar y consultar cuantas veces quiera la base de datos de su ganadería.

El software le permitirá manejar todo lo relacionado con la trazabilidad de la

ganadería de manera económica, rápida y eficiente. Este sistema le permitirá registrar todos los movimientos de su hacienda, lo cuales permanecerán almacenados en una base de datos para su posterior consulta, permitiendo realizar un seguimiento constante de cada animal. Entre la información almacenada se encuentra por ejemplo las compras de animales, ventas, nacimientos, muertes, tratamientos sanitarios, movimientos entre parcelas, seguimiento de pesadas, seguimientos farmacológicos, etc.

*"Para este proyecto se revisaron varios de los software expuestos en el mercado, después de realizar un estudio a cerca de cada uno de estos, sobresalieron especial mente dos los cuales fueron **USATI LTDA** y **AGRITEC SOFTWARE**; es por eso quiero dar el reconocimiento a derechos de auto a la empresa Agritec Software con su producto **VAQUITEC** el cual según mi criterio y experiencia en el tema de la ganadería considero el mas completo por lo menos para mis necesidades, y es por eso que lo he escogido para ser instrumento indispensable en la realización de este proyecto."*

CONCLUSIONES

RFID (Radio Frequency Identification), es una tecnología reciente y muy efectiva para la captura de datos en forma automática.

Esta tecnología utiliza la radio frecuencia para la identificación de objetos a distancia de proximidad.

La tecnología RFID es madura y segura, en el sentido de que presenta la durabilidad, resistencia, e integridad en aplicaciones específicas.

La identificación mediante Radio Frecuencia (RFID) converge a desplazar a otras tecnologías como el código de barras.

La tecnología de Identificación por Radio Frecuencia (RFID) es un método de identificación automática sin contacto, es la tecnología más nueva y de más rápido crecimiento en el segmento de identificación automática en la industria. RFID permite identificación automática, localización y monitoreo de personas, objetos y animales en una infinidad de aplicaciones.

La tecnología RFID ha revolucionado la industria de la identificación automática ofreciendo avances significativos en comparación con sistemas tradicionales como código de barras, tarjetas de banda magnéticas y chips de contacto o proximidad. RFID ha resuelto problemas que anteriormente se pensaba que no podían tener solución

Desde su aparición en la actividad ganadera, el concepto "trazabilidad" ha sido asociado muy fuertemente a la identificación animal y ésta asociación es correcta, pero sólo parcialmente; trazabilidad es sinónimo de rastreabilidad, es decir, rastrear el camino recorrido por un producto determinado, alimenticio o no, desde su origen hasta el consumidor, en donde se puede integrar la trazabilidad del producto en sí y los procesos a los que fue sometido el mismo.

El éxito de la trazabilidad consiste en una buena identificación individual y una base de datos confiable

La trazabilidad aplicada en ganadería es ayuda fundamental en el manejo, es rentable y mejora la productividad de los establecimientos ganaderos.

La utilización del bolo ruminal es ideal en tipos de ganadería de cría

La implementación de la orejera es fundamental como identificación visual y perfecta para ganaderías de engorde o ceba.

La implementación del implante subcutáneo no es viable para identificación de animales para consumo debido a que la norma sanitaria no lo permite; en cambio es muy adecuado para la identificación de animal silvestres o salvajes.

REFERENCIAS

- *Norma ISO 8402*
- *Norma ISO 9002*
- *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and*
- <http://www.planagro.com>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/RFID>
- *RFID For Dummies Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana*