

ESCUELA UNIVERSITARIA

DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL

DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

**Análisis de operatividad y comportamiento de
la tecnología RFID UHF en diferentes metales.**

Realizado por:

DANIEL SARIÑENA SÁNCHEZ

Dirigido por:

D. JESÚS A. ROYO SÁNCHEZ



INGENIERÍA DE DISEÑO Y FABRICACIÓN

Diciembre, 2011



ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN	5
1.1.- Objetivo	6
1.2.- Alcance.....	6
1.3.- Contenido de la memoria.....	7
2.- TECNOLOGÍA RFID	9
2.1.- Definición.....	9
2.2.- Componentes Básicos Sistema RFID	11
2.2.1.- Tag.....	12
2.2.2.- Lector	15
2.2.3.- Base de datos	16
2.3.- Utilidad del RFID.....	17
2.3.1.- Principales beneficios de la tecnología RFID.....	17
2.3.2.- Beneficios en la cadena de suministro	18
3.- SITUACIÓN INICIAL	20
3.1.- LOG.iD LAB.....	21
3.2.- Equipo Utilizado.....	22
3.2.1.- Antena.....	22
3.2.2.- Tag.....	23
3.2.3.- Middleware.....	23
3.2.4.- Estructura.....	24
3.2.5.- Software	25
3.2.6.- Placas de metal.....	26
3.2.7.- Transporte.....	27
3.2.8.- Separadores.....	27
3.3.- Teorema del Límite Central	28
3.4.- Metodología de Trabajo	30



4.- TOMA DE DATOS.....	33
4.1.1.- Papel.....	33
4.1.2.- Cinta Aislante	36
4.1.3.- Cinta de embalar	39
4.1.4.- Cinta de carrocería	42
4.1.5.- Cartón	45
4.1.6.- Papel de burbujas	48
4.1.7.- Análisis de datos	51
4.1.8.- Análisis Global	53
5.- CONCLUSIONES	57
BIBLIOGRAFÍA	61
RESUMEN	63



Capítulo I

INTRODUCCIÓN



1.- INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se va a investigar, siguiendo la línea de estudios anteriores llevados a cabo en el Laboratorio de Identificación Automática (LOG.iD LAB) del Zaragoza Logistics Center (ZLC), acerca de las tecnologías de identificación por radiofrecuencia, en inglés RFID (Radio Frequency Identification).

Las tecnologías de identificación por radiofrecuencia no son nuevas, sin embargo es recientemente cuando están teniendo una mayor aplicación y con mayor diversidad sectorial. El despliegue e implantación de la tecnología RFID está siendo apoyado por algunas de las empresas de distribución más grandes, de ahí que se prevea una adopción global en la cadena de suministro en los próximos años, atendiendo al efecto de tracción que ejercen estas empresas, fomentando el uso de la tecnología RFID entre sus proveedores.

Como cualquier tecnología que tiene una gran aplicación a nivel comercial, para el desarrollo del RFID, es fundamental la existencia de estándares internacionales que recojan los protocolos de comunicación y los modos de operación, para conseguir un funcionamiento global. A su vez, por ser una tecnología basada en la radiofrecuencia, es necesario controlar y regular las emisiones radioeléctricas y el uso del espectro mediante normativas.

Aunque inicialmente los sistemas RFID se han estado aplicando principalmente en soluciones internas, se prevé una migración a situación de “ciclo abierto” en donde sistemas de información independientes comparten información mediante servicios de red seguros tanto en control de acceso como integridad de datos, dotando así de toda su funcionalidad a las aplicaciones de la tecnología RFID y por lo tanto promoviendo su implantación en todas las empresas.



1.1.- Objetivo

El principal objetivo de este estudio, es analizar la interferencia que ejercen diferentes metales en la lectura de la etiqueta electrónica (tag) adherida al metal, cuando se utiliza la tecnología de identificación por radiofrecuencia en la banda UHF.

Se utilizarán diferentes materiales para establecer una separación, entre el tag y el metal, y de este modo analizar como se ve influenciada la distancia de lectura, cuando se aumenta dicha separación.

Además, se realizará una comparación entre los diferentes metales utilizados, analizando si interfieren de manera especial alguno de ellos, y cuál es el material empleado como separador, que mejores condiciones de medida nos ha proporcionado.

1.2.- Alcance

El presente proyecto se centra en la problemática que existe, dentro de la frecuencia UHF de identificación por radiofrecuencia, en la lectura de la etiqueta electrónica (tag) con metales.

Se han elegido el aluminio y el acero para llevar a cabo la toma de datos, en concreto se han utilizado tres placas metálicas, dos de ellas de aluminio y la tercera de acero. En el caso del aluminio se han elegido espesores diferentes, una placa tendrá un espesor igual a 1mm, frente a los 10mm de la segunda de ellas. Para el acero la placa tendrá un espesor de 4mm. De este modo se analizará también la posible influencia del espesor en el momento de la lectura.

Para separar el tag de la placa metálica se han seleccionado seis materiales diferentes los cuales son: papel, cinta aislante, cinta de embalar cinta de carrocería, cartón y papel de burbujas.



1.3.- Contenido de la memoria

Tras la introducción acerca de la tecnología RFID, establecer el objetivo y el alcance del presente proyecto, el contenido del resto de capítulos será:

II. TECNOLOGÍA RFID

En este capítulo se define la tecnología RFID, se da una descripción detallada de los componentes básicos de un sistema RFID como son el tag, el lector y la base de datos, y se añade una reseña de su aplicación y sus beneficios en la cadena de suministro.

III. SITUACIÓN INICIAL

Se describe el entorno en el que se ha realizado el proyecto y se establece una descripción del equipo utilizado, se explica la base teórica del Teorema del Límite Central en la que se han basado las mediciones, así como la metodología de trabajo.

IV. TOMA DE DATOS

Se muestran las gráficas con los resultados obtenidos, en las mediciones realizadas clasificadas por el material utilizado como separador, también se hace un análisis para cada uno de los distintos materiales y por último un análisis global.

V. CONCLUSIONES

Descripción de los resultados obtenidos desde la situación de partida hasta la situación al final del proyecto y línea de investigación abierta para futuros estudios en el laboratorio.



Capítulo II

TECNOLOGÍA RFID



2.- TECNOLOGÍA RFID

2.1.- Definición

La identificación por radiofrecuencia (RFID) es una tecnología de captura e identificación automática de información contenida en etiquetas electrónicas (tags). Cuando estas etiquetas entran en el área de cobertura de un lector RFID, éste envía una señal para que la etiqueta le transmita la información almacenada en su memoria. Una de las claves de esta tecnología es que no existe la necesidad de contacto físico o visual entre el lector y las etiquetas, para la recuperación de la información contenida en el Tag.

La tecnología RFID se usó por primera vez en la segunda guerra mundial, por la armada británica, en el fin de identificar aviones amigos. Actualmente podemos encontrar sistemas que usan la tecnología RFID en gran variedad de servicios del ámbito civil y militar, públicos y privados, tales como la identificación de pacientes en hospitales, el pago automático en autopistas, identificación de animales, etc.

La característica principal que dota a este sistema de identificación de un gran valor añadido, es que el chip de RFID permite almacenar en su interior información de identificación que confiere a cada uno de los elementos etiquetados de un carácter único.

En un sistema RFID, el elemento a identificar (puede ser un objeto, animal o persona) se etiqueta con un pequeño chip de silicio unido a una antena de radiofrecuencia (conocido como 'tag' o etiqueta) de modo que pueda comunicarse y ser identificado, a través de ondas de radiofrecuencia, por un dispositivo transmisor/receptor (conocido como 'reader') diseñado para ese propósito. La característica principal que dota a este sistema de identificación de un gran valor añadido, es que el chip de RFID permite almacenar en su interior información de identificación que confiere a cada uno de los elementos etiquetados de un carácter único.



Los fundamentos físicos en los que se basa la tecnología RFID, implican la aparición de varios modelos de comunicación entre los dispositivos básicos del sistema. La comunicación por radiofrecuencia, requiere la incorporación de una antena RF en cada uno de los dispositivos implicados en la comunicación cuya forma y características depende de la banda de frecuencia en la que funcionen. Las siguientes bandas de frecuencia son las que utilizan los diferentes sistemas de RFID que actualmente están presentes en el mercado:

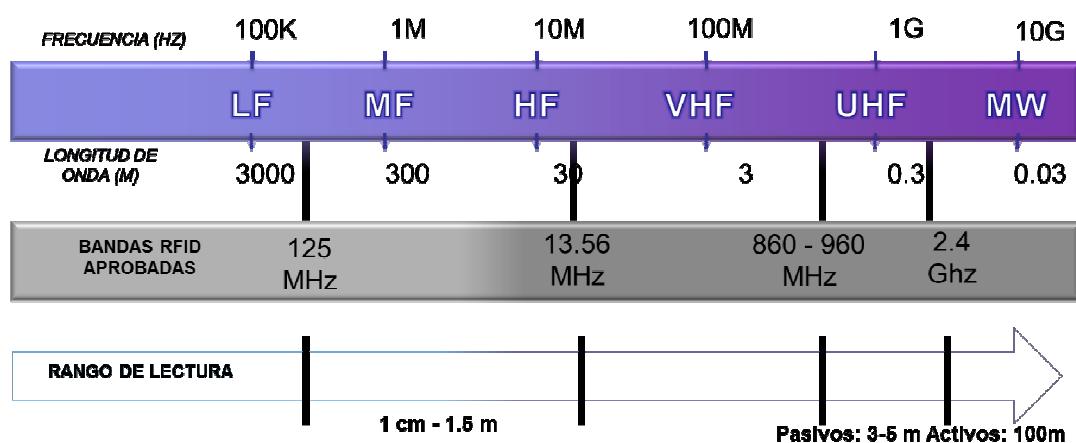


Figura 1. Bandas de frecuencia utilizadas en RFID.

Cada una de estas bandas de frecuencia tiene unas características específicas que confieren elementos diferenciales a la funcionalidad de los dispositivos RFID, por lo tanto elegir la frecuencia de trabajo es un punto fundamental al diseñar una solución RFID. Dependiendo de los requisitos funcionales de la aplicación final, la identificación automática puede requerir o no, una mayor o menor distancia de identificación, generar la menor interferencia radioeléctrica posible, estabilidad de la señal frente a entornos hostiles o una alta capacidad de penetración en los materiales. Según sean los requisitos, así se seleccionará la frecuencia de trabajo del sistema.

En la siguiente tabla se puede observar algunas características y aplicaciones según el rango de frecuencia.



Banda de Frecuencias	Características del Sistema	Ejemplos de Aplicaciones
LF (de 100 a 500 kHz). Típico 125 a 134 kHz. Internacional	Corto alcance. Poca velocidad de transmisión Relativamente económico Gran penetración en los materiales (líquidos) Trabaja bien junto a metales	Control de acceso Identificación de animales Control de inventario EAS (Antirrobo) Llaves de automóvil
HF. Típico 13,56 MHz. Internacional	Corto/medio alcance Velocidad de transmisión media Puede leer a través de líquidos y en entornos húmedos Problemático junto a metales Moderadamente caro Posibilidad de actuar como lector o etiqueta en función del escenario de utilización (NFC)	Control de acceso Tarjetas inteligentes EAS (Antirrobo) Inventario en bibliotecas Gestión de almacén Control de equipajes Gestión de lavandería Identificación de pacientes Pago con el móvil y captura de datos con sólo acercar el móvil (NFC)
UHF (de 400 a 1.000 MHz) Típico 850 - 950 MHz	Largo alcance Alta velocidad de transmisión Mecanismos de anticolisión Problemático con líquidos y metales Problemático en entornos húmedos En metal genera interferencias Moderadamente caro	Gestión de artículos Gestión de la cadena de suministro Gestión de almacén Gestión de expediciones Trazabilidad
Microondas (de 2,4 a 6 GHz)	Medio alcance Características similares a los tags UHF pero con mayor velocidad de transmisión Mayor precio	Control ferroviario Peajes de autopista Localización

Tabla 1. Características principales y ejemplos de aplicación de las distintas bandas de frecuencia utilizadas en RFID.

2.2.- Componentes Básicos Sistema RFID

Un sistema RFID no está completo si carece de uno de los siguientes elementos: tag o etiqueta electrónica, lector, antena RF y sistema gestor de información.

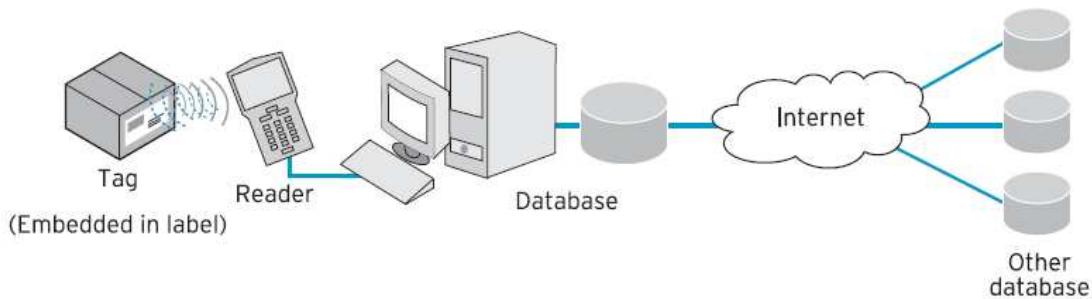


Figura 2. Esquema general de funcionamiento de un sistema RFID.

2.2.1.- Tag

El tag o etiqueta RFID, o en ámbito de electrónica “transpondedor”, es el componente estrella del sistema RFID. Se denomina dispositivo “transpondedor” por su modo de operación básico, tiene capacidad de recibir y transmitir señales, pero sólo transmitirá a modo de respuesta ante una posible petición de un dispositivo “transceptor” o lector RFID. El tag es un pequeño chip, o circuito integrado, adaptado a una antena de radiofrecuencia (RF) que permite la comunicación vía radio. Estos dos elementos integrados sobre un substrato, forman lo que se conoce como tag. Dependiendo de la aplicación final del sistema de identificación, el substrato donde se encapsula el chip y la antena RF será diferente permitiendo la adaptación de sus características a los requisitos de la aplicación, por ejemplo hay tags especiales para textil, líquidos, metales, libros, etc.

Los tags son fabricados en una amplia variedad de formatos. El proceso básico de montaje consta en primer lugar de una base de material de substrato (papel, PVC, PET, etc.), sobre ésta una antena hecha de diferentes materiales conductivos, tipo aluminio, cobre, etc. A continuación el chip del tag es conectado a la antena.

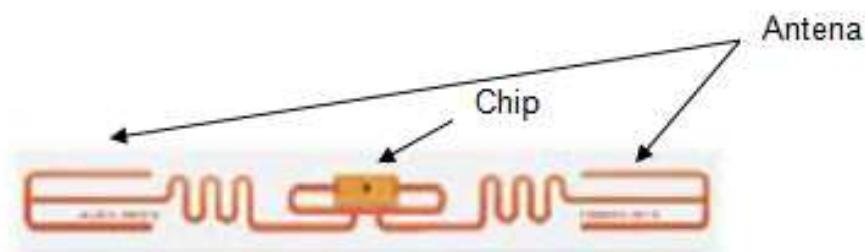


Figura 3. Tag Alien Technology flexible de UHF Gen1 de bajo coste.

Finalmente, se reviste con una capa protectora realizada en diferentes tipos de materiales tales como PVC laminado, resina epóxica o papel adhesivo, según requerimientos que se necesiten por las distintas condiciones finales del entorno.



Figura 4. Diferentes tipos de tags.



Podríamos clasificar tags según su tipología (activo, pasivo y semi activo), por su tipo de memoria, capacidad de almacenamiento, origen de alimentación, frecuencias de trabajo, características físicas, protocolo de interfaz aérea (cómo se comunica con el equipo lector) y así sucesivamente con casi todas las características. Clasificar los tags según todas estas características, nos permite obtener una guía para encontrar el mejor tipo de tag para cada una de las aplicaciones o proyectos. La elección de la etiqueta o “tag” adecuado es un factor clave para garantizar el éxito de la aplicación RFID y su aportación a los procesos productivos.

Otra característica importante a considerar a la hora de seleccionar tags para una aplicación concreta, es el modo de alimentación. Esta característica es uno de los principales factores que determina el coste de vida del tag. Los tags pasivos obtienen energía de la transmisión del lector, los activos utilizan una batería propia y los semi activos o semi pasivos utilizan una batería para activar los circuitos del chip pero la energía para generar la comunicación es la que recoge de las ondas radio del lector (como en los pasivos).

Tag Pasivo	Tag Activo
Funciona sin batería	Funciona con batería
Relativamente económico	Relativamente costoso
Ciclo de vida ilimitado	Ciclo de vida limitado por la batería
Poco peso	Mayor peso
Alcance limitado (3 - 5m)	Mayor alcance (100 m)
Sensible al ruido	Mayor inmunidad ante presencia de ruido
Dependencia de la señal del dispositivo lector	Trasmisor propio
Requiere dispositivos lectores potentes	Relaja el requisito de potencia de los lectores
Velocidad de transmisión baja	Velocidad de transmisión alta
Lectura simultánea baja	Lectura simultánea alta
Alta sensibilidad de orientación	Menor sensibilidad de orientación

Tabla 2. Comparativa entre Tag Pasivo y Tag Activo.



2.2.2.- Lector

El dispositivo lector, o en ámbito de electrónica “transceptor”, actúa como estación de identificación transmitiendo señales de petición hacia los tags y recibiendo las respuestas a estas peticiones. Es un dispositivo receptor/transmisor radio, que incorpora además de los subsistemas de transmisión y recepción, un procesador de señales digitales que lo dota de mayor funcionalidad y complejidad en sus operaciones. Un dispositivo lector, necesitará de una o varias antenas RF para transmitir la señal generada y recibir la respuesta del tag. Es posible encontrar lectores con la antena RF integrada en su propio hardware y lectores con conectores de antena RF externos. Según el ámbito de la aplicación final, será necesario disponer de una configuración u otra. En el caso de la identificación de animales o incluso pacientes en un hospital, lo más usual es disponer de dispositivos lectores de mano, tipo PDA, en los que la antena aparece integrada en el propio lector. En el caso de un centro de distribución o almacén, en el que la identificación está localizada en una zona de paso o comprobación, se utilizan dispositivos lectores con varias antenas externas que posibilitan una configuración de arco de identificación acotando una determinada área de lectura.

La funcionalidad y/o complejidad de cálculo y operaciones de un dispositivo lector, es totalmente proporcional al tamaño del hardware. La capacidad de proceso, memoria y velocidad requiere hardware adicional y por tanto el tamaño del dispositivo va en aumento. Podemos encontrar desde lectores del tamaño de una tarjeta PCMCIA para acoplarlos a una PDA, hasta lectores robustos para entornos hostiles que requieren protección física, mayor velocidad de lectura y multiplexación entre antenas y procesado de información, cuyo tamaño aumenta considerablemente respecto a los primeros. De forma similar al caso de las antenas de los tags, las antenas RF conectadas al dispositivo lector, variarán de forma y de tamaño según la frecuencia de operación del sistema. La figura siguiente muestra un lector ejemplo de entre los citados.



Figura 5. Tipos de Lectores.

2.2.3.- Base de datos

La base de datos es una plataforma software adicional que permite almacenar, de forma organizada, la información de identificación que genera el subsistema hardware (tag y lector). Sin este subsistema software, una aplicación cliente sería incapaz de gestionar la información que genera un dispositivo lector. Previo a este paso, se necesita almacenar la información de identificación en un formato común para que cualquier aplicación cliente, de nivel superior, sea capaz de trabajar y acceder a esta información.

Entre la base de datos y el dispositivo lector es necesario un interfaz middleware que ejecute un tratamiento previo sobre los datos en bruto que genera el lector. Según lo citado con anterioridad, el propio dispositivo lector dispone de una unidad de procesado inteligente que, dependiendo del grado de complejidad de su diseño, implementará este interfaz dentro del propio lector. En otros casos será necesario el diseño externo de este interfaz middleware.



Figura 6. Tipos de Bases de Datos o Middleware.

2.3.- Utilidad del RFID

Una primera visión general de la utilidad de la tecnología RFID se obtiene comparando los beneficios obtenidos por la aplicación de la misma, frente a otras tecnologías equivalentes.

2.3.1.- Principales beneficios de la tecnología RFID

Los principales beneficios de la tecnología RFID serían:

- a) *Gran capacidad de almacenaje de información.*
- b) *Agiliza y automatiza los mecanismos necesarios para mantener la trazabilidad permitiendo incorporar mayor cantidad de información a la misma.*
- c) *La información almacenada en la etiqueta puede ser actualizada a demanda.*
- d) *Capacidad de recoger información de muchas etiquetas al mismo tiempo.*
- e) *Recolección de datos sin contacto directo o línea de visión directa de las etiquetas.*
- f) *Mayor velocidad y distancia de lectura.*
- g) *Gran precisión en la recuperación de datos.*
- h) *En el caso de las etiquetas pasivas, su facilidad para ocultarlas y colocarlas en productos.*



- i) Seguridad de funcionamiento en condiciones agresivas (suciedad, polvo, humedad, temperatura).
- j) Permite una automatización de los procesos de seguimiento y control de stock en tiempo real.
- k) La automatización de procesos supone una reducción de errores humanos.

2.3.2.- Beneficios en la cadena de suministro

Son muchos los sectores industriales que pueden beneficiarse de las ventajas de la tecnología RFID, principalmente este beneficio deriva de la optimización por la automatización de los procesos de gestión de la cadena de suministro.

Algunos ejemplos a destacar son:

- a) Reducción de inventarios como resultado de una mejor visibilidad del stock.
- b) Mejora del nivel de servicio, se puede asegurar una trazabilidad de pedidos mucho más fiable, lo que se traduce en una disminución de errores y por tanto de devoluciones, redundando en ahorro de costes administrativos y en aumento de ventas.
- c) Mejora de eficiencia y reducción de costes operativos y laborales, al no ser necesarias operaciones de escaneo para identificación de productos.
- d) Exactitud en la identificación de la mercancía.
- e) Disminución de la pérdida desconocida por hurto externo, interno o errores administrativos.
- f) Mejor uso de los activos reutilizables de la empresa.
- g) Facilita y hace más segura la retirada de productos concretos del mercado en el caso de que se descubra la existencia de un peligro para la seguridad y salud de los consumidores.

En general, la identificación por RFID, aporta una notable mejora en los mecanismos de seguimiento de los envíos a través de las cadenas globales de distribución, permitiendo así que tanto proveedores como distribuidores y clientes, puedan disponer de información real del número de productos y de las fechas de entrega.



Capítulo III

SITUACIÓN INICIAL



3.- SITUACIÓN INICIAL

La investigación se ha centrado en la banda de frecuencia UHF (400 a 1000 MHz) y en la problemática de lectura con metales. Los metales elegidos para el estudio han sido aluminio y acero, y se tratará de ver si influyen de diferente manera ambos metales y también se han seleccionado diferentes espesores, a ver si hay también un cambio sustancial en los resultados.

Cuando un tag flexible es situado en contacto directo con el metal provoca una interferencia que evita o dificulta su lectura por parte de la antena. Para ello investigaremos con diferentes materiales con los que separar el tag del metal y de este modo mejorar su lectura. Los materiales elegidos para actuar como “separadores” son el papel, cinta aislante, cinta de embalar, cinta de carrocería, cartón y burbujas de embalaje.

De este modo se pretende aportar una solución más económica para utilizar un tag flexible de precio reducido (0.05 - 0.20 €) separándolo por algunos materiales de los nombrados anteriormente y evitar el elevado coste que supondría un tag encapsulado rígido.

Se ha contado con la colaboración del Zaragoza Logistics Center (ZLC) un instituto de investigación promovido por el Gobierno de Aragón en colaboración con el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y adscrito a la Universidad de Zaragoza. Fundado a finales de 2003, el campus de ZLC se encuentra ubicado en PLAZA, el parque logístico más grande de Europa que sirve de laboratorio para la transferencia de nuevo conocimiento y de nuevos procesos. En poco tiempo, ZLC se ha consolidado como un centro internacional de excelencia en formación e investigación en logística y gestión de la cadena de suministro enfocado a:

- a) *Mejorar el crecimiento económico y la competitividad mediante la innovación.*
- b) *Compromiso con la industria y la administración, con el fin de fomentar y difundir el conocimiento en esta materia.*



Para llevar a cabo esta misión, ZLC alcanzó un acuerdo con el Centro para el Transporte y la Logística del MIT por el que se creó el Programa Internacional de Logística MIT Zaragoza, un modelo único de colaboración entre industria, administración y universidad. El éxito conseguido con este acuerdo dio paso a la creación del MIT Global SCALE Network que ya se expande por cuatro continentes. Además, Zaragoza Logistics Center participa en diversas iniciativas nacionales e internacionales de formación e investigación.

3.1.- LOG.iD LAB

El Laboratorio de Identificación Automática para la Cadena de Suministro forma parte de Zaragoza Logistics Center, que asumió la necesidad de liderar el conocimiento de las tecnologías de identificación automática como un concepto destinado a cambiar la gestión de la cadena de suministro.

El laboratorio de Identificación Automática fue creado en marzo de 2.005 con los siguientes objetivos:

Conocimiento

Investigación

Formación



En estos momentos, muchas personas están implicadas en el cumplimiento de estos objetivos, trabajando en diferentes proyectos de investigación con la ayuda de nuestros diferentes socios. De esta forma, el laboratorio adopta la forma de Grupo de Investigación en Identificación Automática.

Ejemplos de los diferentes proyectos en los que ha trabajado el LOG.iD LAB durante estos años son:

- a) *AUTO_ID_PLAZA*
- b) *Informe de Investigación en tecnologías de trazabilidad para la cadena de suministro del sector farmacia*



- c) Laboratorios Cadena de Suministro
- d) Proyecto de potenciación de la competitividad del tejido empresarial español a través de la logística como factor estratégico en un entorno global
- e) Laboratorio de identificación automática para la cadena de suministro
- f) La innovación de Procesos Logísticos y su impacto en la Gestión de la Cadena de Suministro
- g) Investigación de los mecanismos que afectan a la incorporación de la tecnología RFID a la cadena de suministro y analizar cómo innovar los procesos logísticos de las empresas con objeto de sacar el máximo provecho posible a las ventajas que ofrece esta tecnología emergente
- h) Evaluación y análisis de riesgo en cadenas de suministro globales.

Las pruebas se llevaron a cabo en el parking del edificio para evitar la contaminación de las señales con materiales metálicos. La elección de este escenario para el estudio se basó en la posible aplicación de los resultados a un entorno industrial.

3.2.- Equipo Utilizado.

El conjunto de equipos con los que se ha trabajado para llevar a cabo las diferentes mediciones que han sido necesarias para la realización de esta investigación está formado por una antena, un tag, un software, la estructura de sujeción de la antena, 3 placas de diferentes metales y el transporte de las placas.

3.2.1.- Antena

Para la realización del presente proyecto se han empleado una antena de las siguientes características:

Marca	Modelo	Frecuencia	Potencia
Intermec	IA39B	865 – 870 MHz (UHF)	100w

Tabla 3. Características antena



Figura 7. Modelo Antena Intermec Modelo IA39B.

3.2.2.- Tag

Para la realización del proyecto se utilizó el siguiente tag pasivo:



Figura 8. Foto del tag utilizado en la investigación.

Es un transpondedor de uso múltiple para la cadena de suministro global, las características del tag son las siguientes:

<u>Dimensiones:</u>	295 x 8 mm
<u>Capacidad de datos de la etiqueta:</u>	96 bit EPC memory
<u>Frecuencias óptimas:</u>	860-960 Mhz
<u>Temperatura mín operativa:</u>	-40ºC
<u>Temperatura máx operativa:</u>	65ºC
<u>Método de aplicación:</u>	Solo adhesivo

Tabla 4. Características del tag

3.2.3.- Middleware

Para la realización del presente proyecto se ha empleado un middleware de la marca Intermec con tres conexiones coaxiales para antenas.



Figura 9. Middleware Intermec.

3.2.4.- Estructura

Para la realización del presente proyecto se ha empleado un arco telescopico modular diseñado y fabricado en la Universidad de Zaragoza en el cual es posible posicionar las antenas para simular los diferentes escenarios posibles.



Figura 10. Estructura soporte de la antena.



3.2.5.- Software

Para la realización del presente proyecto se ha empleado un software desarrollado en el laboratorio del Zaragoza Logistics Center para el tratamiento de datos recibidos a través del middleware anteriormente mencionado.

Mediante este software es posible leer la información almacenada en los tags además de poder grabar información en estos.

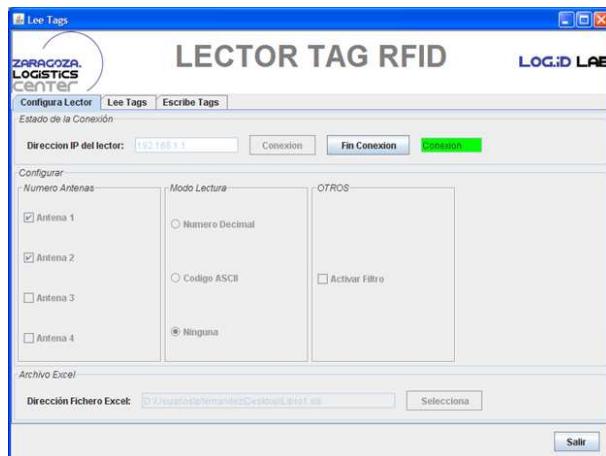


Figura 11. Pantalla de configuración.

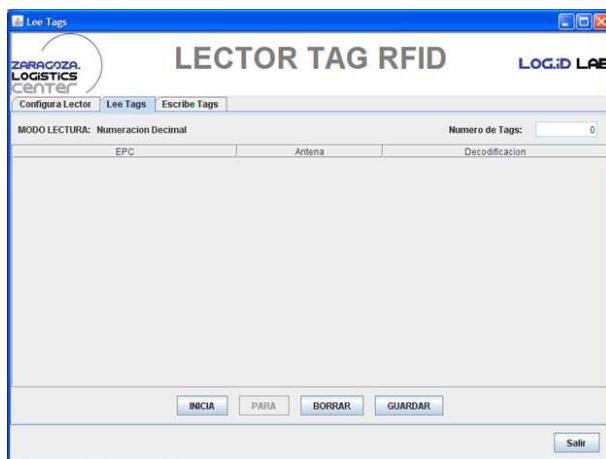


Figura 12. Pantalla para leer los Tags.

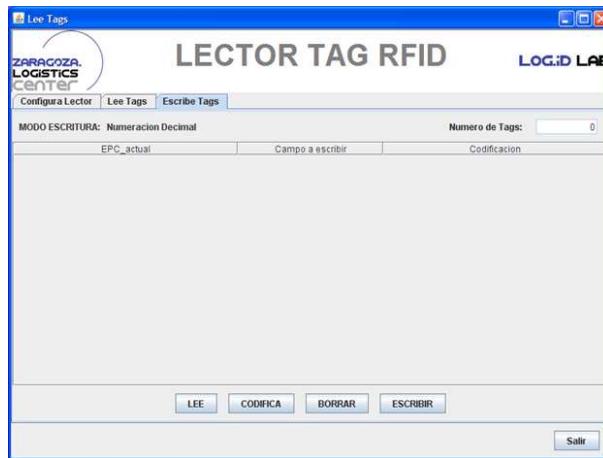


Figura 13. Pantalla para escribir los Tags.

3.2.6.- Placas de metal

A continuación se muestra la descripción de las placas de los diferentes metales utilizados:



Aluminio con un espesor de 1 mm
180x100 mm



Aluminio con espesor de 10 mm.
350x100 mm



Acero con espesor de 4 mm , 350x100 mm

Figura 14. Metales utilizados en la investigación.



3.2.7.- Transporte

Para que las mediciones no se vieran afectadas por ningún elemento perturbador se utilizó un palet de 20x16 mm al que se le adaptó un sistema para facilitar su movilidad y de esta manera aproximar las placas metálicas, con el Tag, a las antenas.



Figura 15. Palet modificado.

3.2.8.- Separadores

Con los separadores, se ha tratado de establecer un tamaño estándar de aproximadamente 10.5x6 cm, para abarcar en su totalidad el tamaño del tag. Los materiales utilizados para mejorar la lectura de los tags han sido:



Papel



Cinta aislante



Cinta de embalar



Cinta de carrocería



Cartón



Burbujas

Figura 16. Separadores utilizados

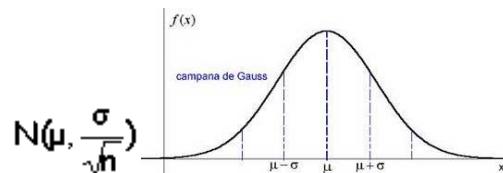
3.3.- Teorema del Límite Central

A la hora de realizar las diferentes mediciones se ha tenido en cuenta el teorema estadístico del límite central, para ver si los resultados obtenidos pueden considerarse representativos.

El teorema del límite central o teorema central del límite indica que, en condiciones muy generales, si S_n es la suma de n variables aleatorias independientes, entonces la función de distribución de S_n se aproxima bien a una distribución normal (también llamada distribución gaussiana, curva de Gauss o campana de Gauss). Así pues, el teorema asegura que esto ocurre cuando la suma de estas variables aleatorias e independientes es lo suficientemente grande. Explicado detalladamente:

En nuestros experimentos existirá la **variable distancia** y se buscara la media de la variable teniendo en cuenta que μ y σ son desconocidas.

Se trabaja con muestras, concretamente las muestras serán las 25 medidas (datos) de estas 25 muestras obtendremos la media muestral que será la variable aleatoria. Con un número de muestras que sea $25 \approx 30$ se puede decir que la distribución muestral se approxima a una Normal



Distribución Normal(http://ansiesmo.blogspot.com/2008_02_01_archive.html)



Estimando datos muestrales (media y desviación estándar) si nuestra variable distancia no es normal, al tomar estos 25 datos se convertirá en una normal. Por lo tanto teniendo en cuenta que nuestra variable es una normal, se determina el intervalo en el que se van a mover fundamentalmente la media de la distancia estudiada, μ , en función de la muestra obtenida.

Se plantea el intervalo de confianza para la media poblacional μ cuando se supone que es desconocida la varianza de la población σ^2 . La expresión para determinar los extremos del intervalo en esta situación es:

$$\bar{x} \pm t_{n-1;1-\alpha/2} \cdot S / \sqrt{n}$$

Donde:

\bar{x} es la media muestral, calculada mediante la expresión:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

S: la desviación estándar muestral, obtenida según:

$$S_x^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

N: el tamaño de la muestra.

Es decir, se tiene un intervalo en el que se puede ubicar el parámetro estudiado μ , en este caso la media de la distancia de lectura. Determinando este intervalo se ha realizado el control de la incertidumbre.

$$\mu \in (\bar{x} - t_{n-1;1-\alpha/2} \cdot S / \sqrt{n}, \bar{x} + t_{n-1;1-\alpha/2} \cdot S / \sqrt{n})$$



3.4.- Metodología de Trabajo

Las pruebas que, han sido realizadas en el parque del Zaragoza Logistics Center han seguido la metodología que se muestra a continuación.

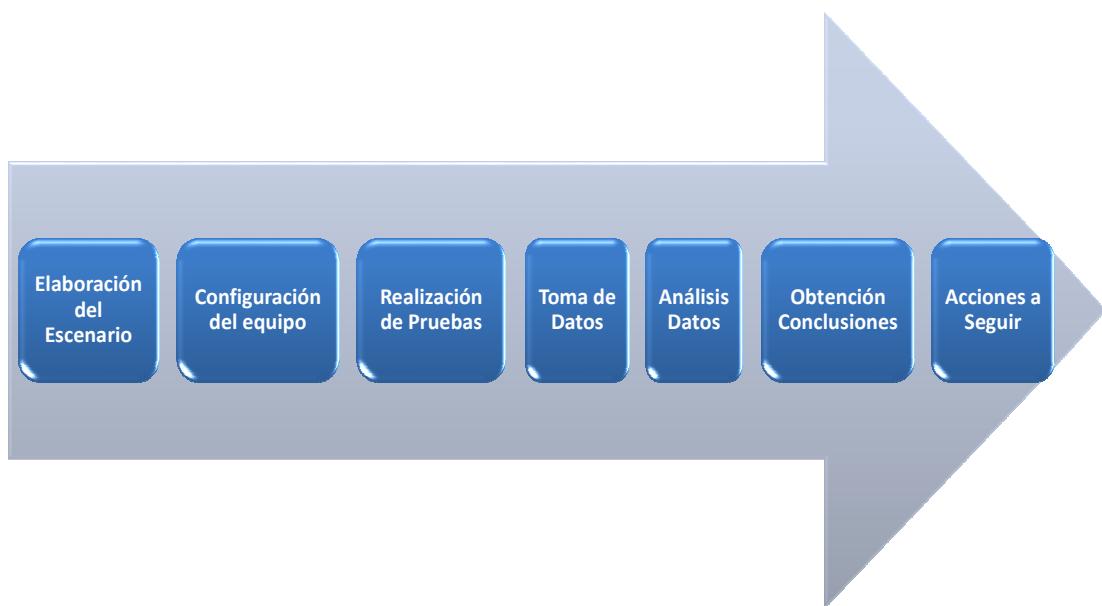


Figura 17. Esquema de metodología de trabajo

Para la realización de las pruebas, la antena fijada a su respectivo sistema de sustentación se ha colocado en una posición, tomada como referencia, a partir de la cual se ha ido midiendo la distancia de lectura del tag. Seguidamente el tag, previamente adherido a la placa metálica correspondiente, se ha colocado en el palet modificado y se han realizado las 25 mediciones.

A partir de ahí se han ido aumentando el número de unidades del separador utilizado hasta obtener una fiabilidad de lectura del 100%.

A continuación se muestran dos imágenes, en la primera se muestra la placa metálica de aluminio, de un milímetro de espesor, y en la segunda imagen se muestra un ejemplo de tabla de mediciones utilizada:



MEDICIONES

Fecha: _____

Material: _____
 Separador: _____

Descripción	Medición	Distancia								
	1		6		11		16		21	
	2		7		12		17		22	
	3		8		13		18		23	
	4		9		14		19		24	
	5		10		15		20		25	

Descripción	Medición	Distancia								
	1		6		11		16		21	
	2		7		12		17		22	
	3		8		13		18		23	
	4		9		14		19		24	
	5		10		15		20		25	

Descripción	Medición	Distancia								
	1		6		11		16		21	
	2		7		12		17		22	
	3		8		13		18		23	
	4		9		14		19		24	
	5		10		15		20		25	

Tabla 5. Plantilla utilizada en las mediciones.



Capítulo IV

TOMA DE DATOS



4.- TOMA DE DATOS

Una vez realizadas todas las mediciones hemos introducido los resultados obtenidos en Excel para analizarlos y obtener las conclusiones.

A continuación se muestran las gráficas clasificadas por separadores.

4.1.1.- Papel

En estas tres primeras gráficas se muestran las mediciones clasificadas por materiales, en las tablas las series representan el número de “separadores”, en este caso folios, que se estaban poniendo entre el tag y la placa metálica.

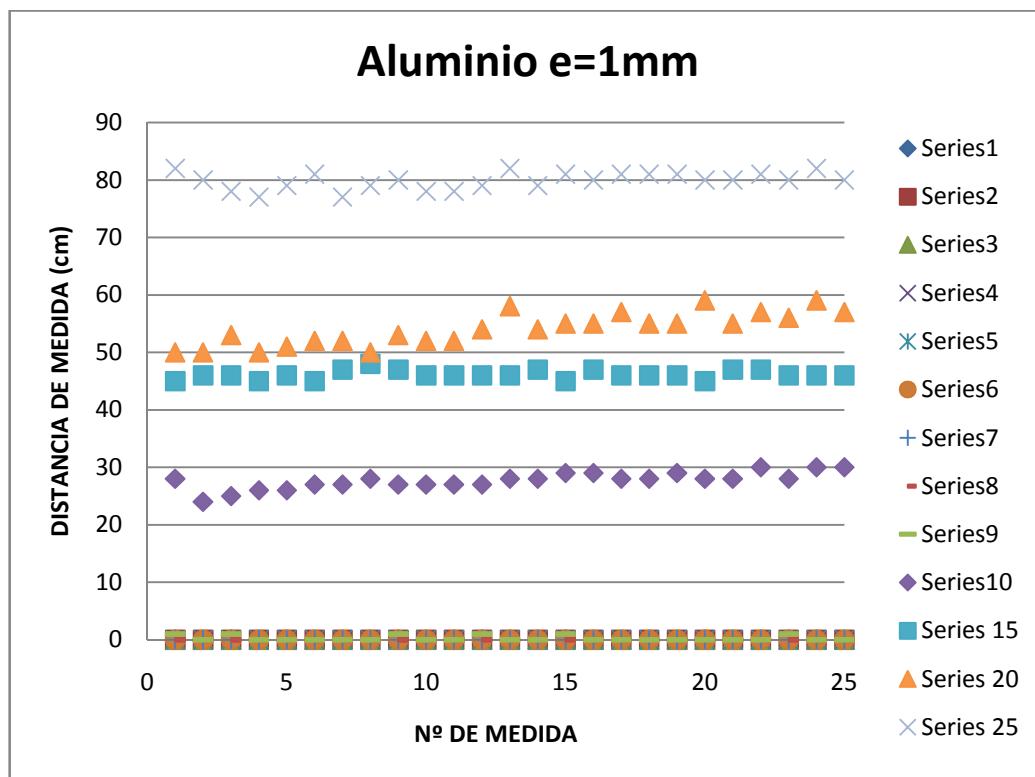
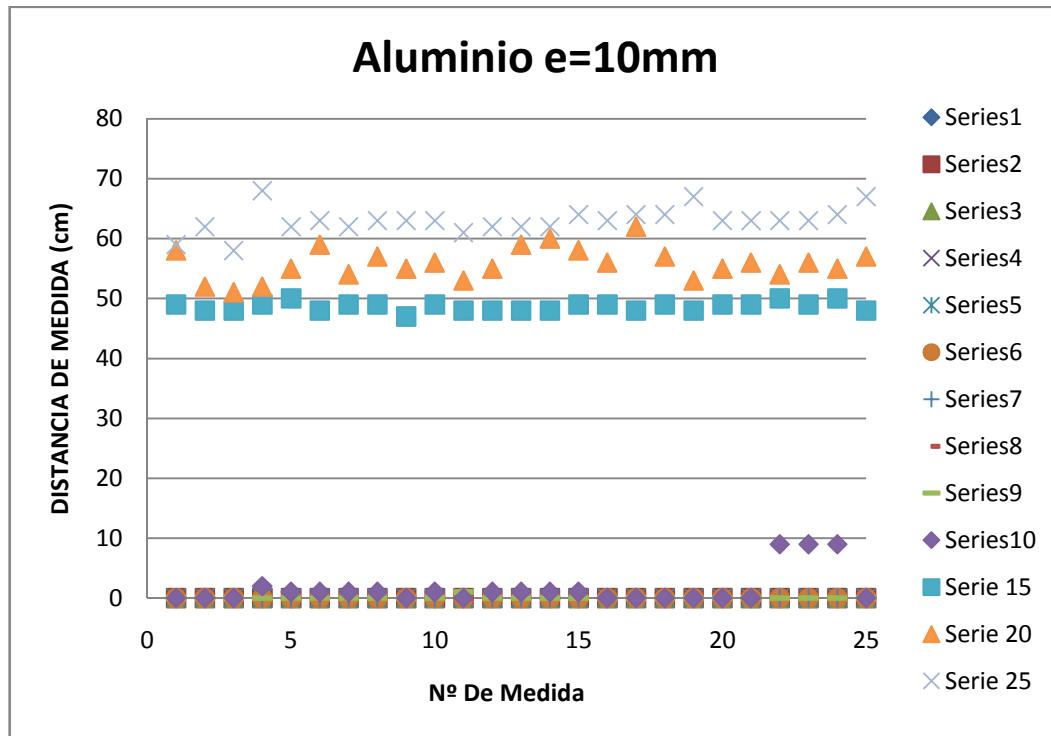
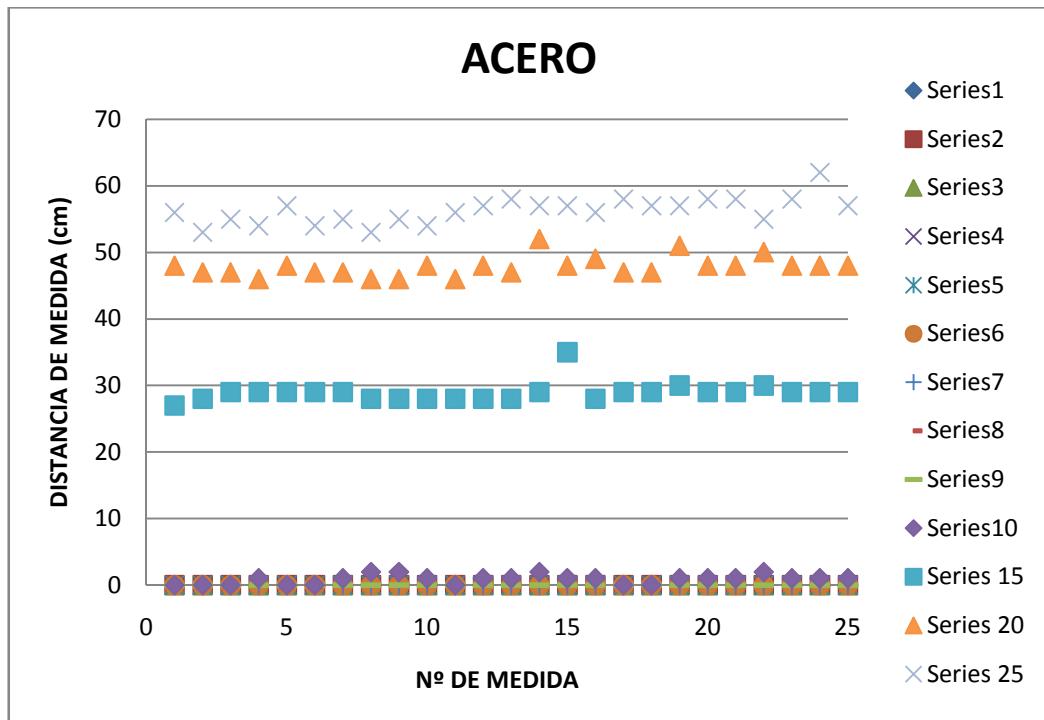


Tabla 6. Resultados con papel para aluminio de $e=1\text{mm}$.

**Tabla 7.** Resultados con papel para aluminio de e=10mm.**Tabla 8.** Resultados con papel para acero.



Como se puede observar es a partir del décimo folio cuando se empiezan a obtener medidas, y no es hasta la cantidad de 15 folios que se obtienen mediciones más estables.

A continuación se ha hecho una comparativa para las series 15,20 y 25 entre los diferentes metales para observar de una forma más gráfica que metal interfiere menos en la lectura.

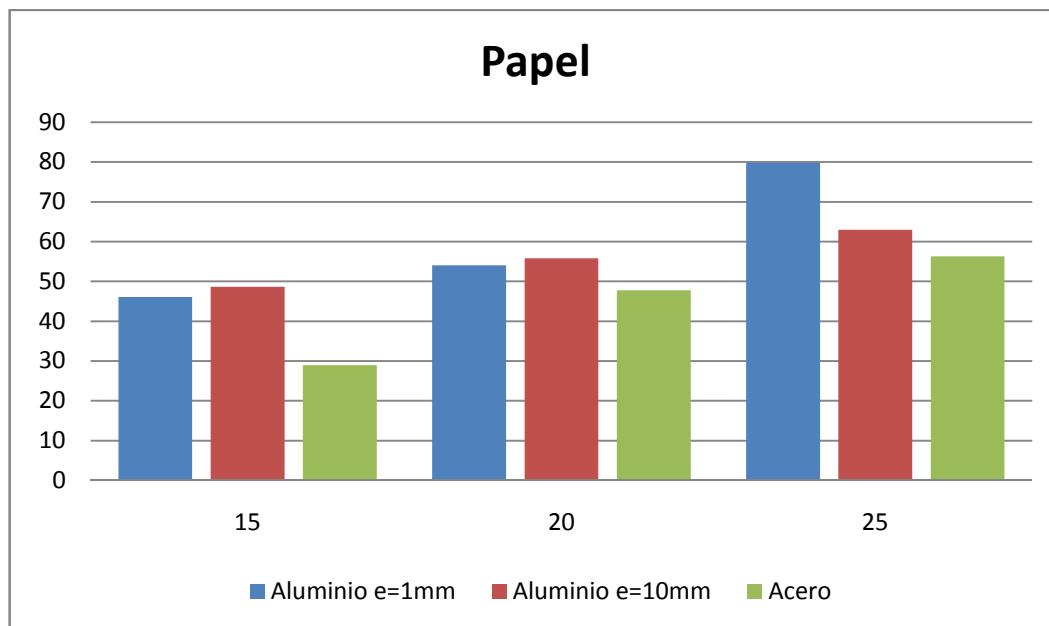


Tabla 9. Comparativa entre materiales, según el número de separadores.

En los 3 casos se observa que el material que nos está proporcionando peor distancia de medida es el acero. Mientras con 15 y 20 unidades de folios la distancia de medida entre ambas placas de aluminio es pareja, con 25 unidades se obtiene con la placa de aluminio de 1 mm de espesor una distancia superior al resto.

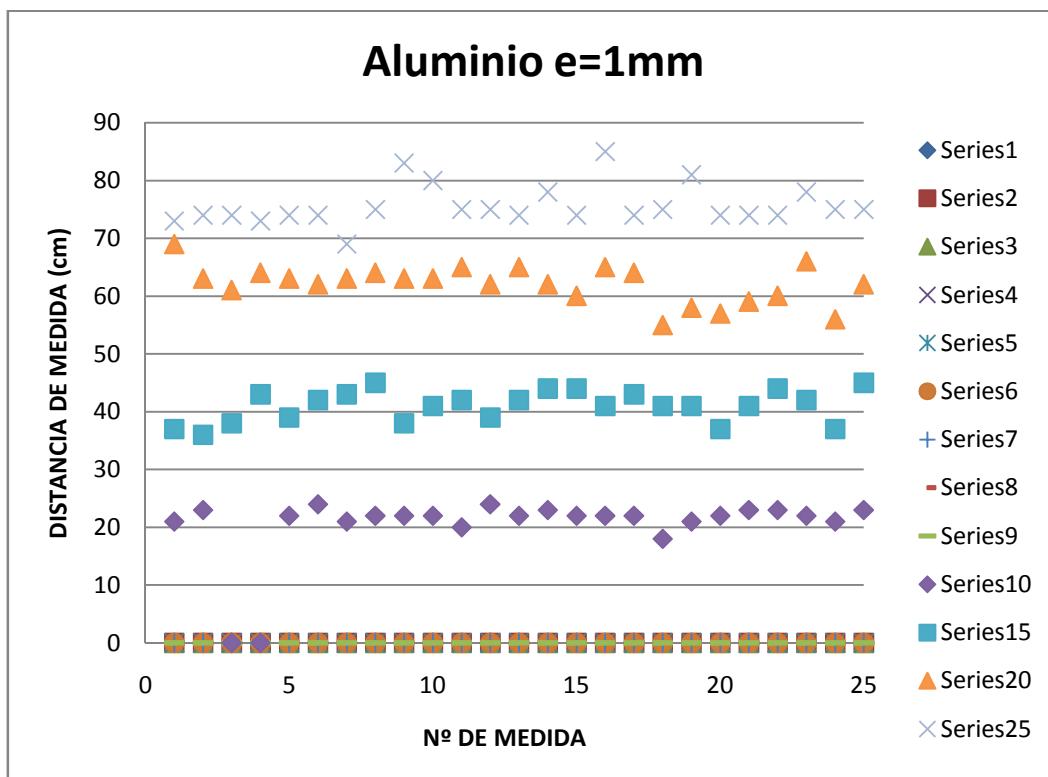


Separador	Material	Unidad	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF-	INTCOF+	DIF
Papel	Aluminio e=1mm	15	46,1	0,8	0,02	45,8	46,4	0,6
		20	54,0	2,8	0,05	52,9	55,2	2,3
		25	79,8	1,5	0,02	79,2	80,4	1,2
	Aluminio e=10mm	15	48,6	0,8	0,02	48,3	49,0	0,6
		20	55,8	2,6	0,05	54,7	56,9	2,2
		25	63,0	2,2	0,03	62,1	63,9	1,8
	Acero	15	28,9	1,4	0,05	28,3	29,5	1,2
		20	47,8	1,5	0,03	47,2	48,4	1,2
		25	56,3	2,0	0,04	55,5	57,1	1,6

Tabla 10. Análisis de los resultados del separador papel.

4.1.2.- Cinta Aislante

En estas tres primeras gráficas se muestran las mediciones clasificadas por materiales, en las tablas las series representan el número de “separadores”, en este caso cinta aislante, que se estaban poniendo entre el tag y la placa metálica.

**Tabla 11.** Resultados con cinta aislante para aluminio de e=1mm.

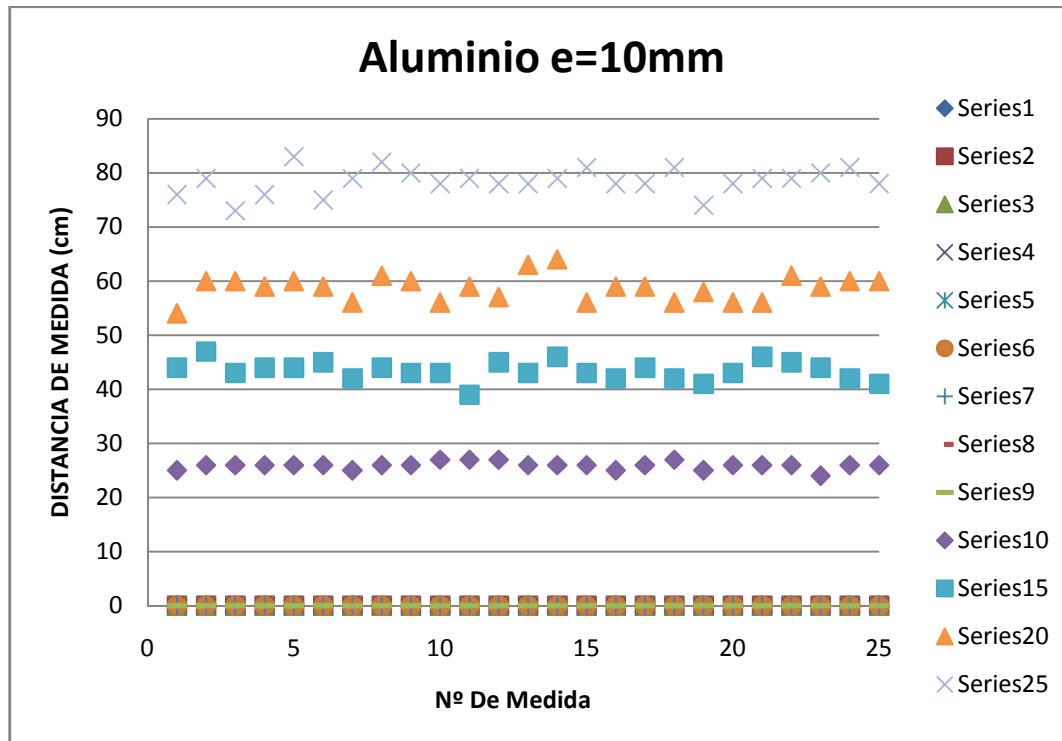


Tabla 12. Resultados con cinta aislante para aluminio de e=10mm.

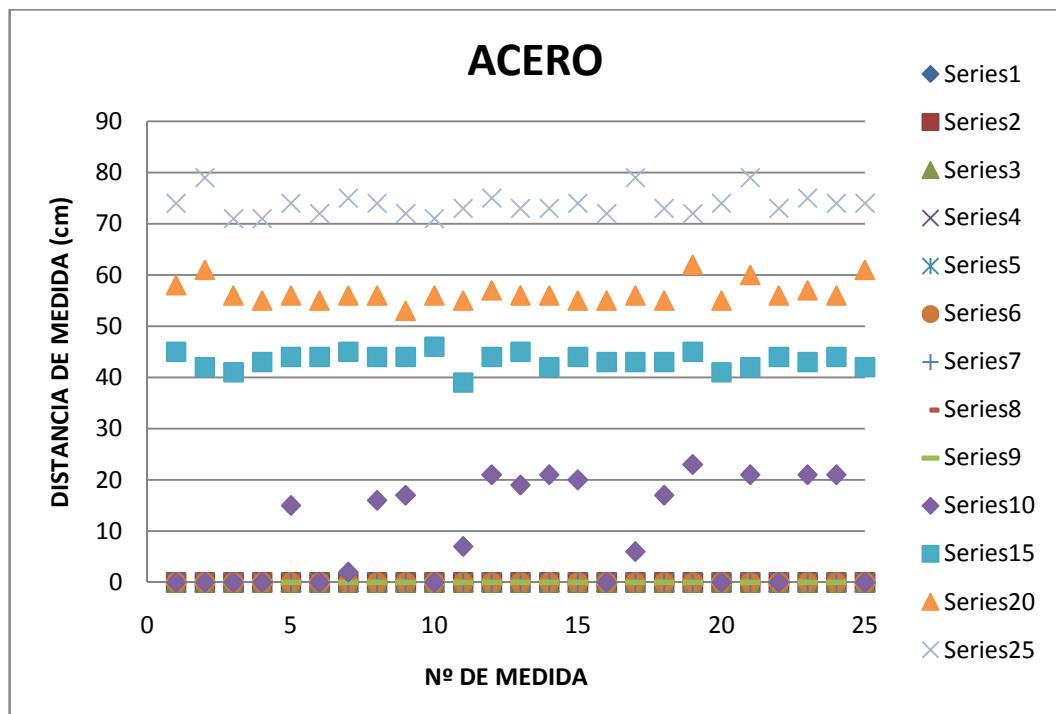


Tabla 13. Resultados con cinta aislante para el acero.



Como se puede observar es a partir de la décima unidad cuando se empiezan a obtener medidas, y no es hasta la cantidad de 15 unidades que se obtienen mediciones estables.

A continuación se ha hecho una comparativa para las series 15,20 y 25 entre los diferentes metales para observar de una forma más gráfica que metal interfiere menos en la lectura.

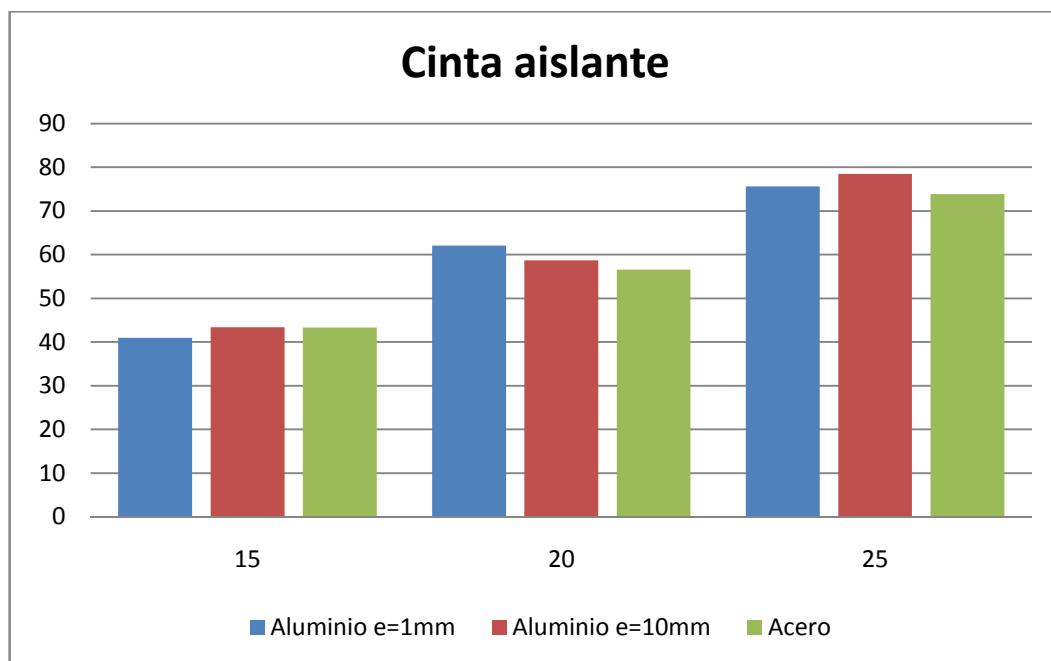


Tabla 14. Comparativa entre materiales, según el número de separadores.

Con la cinta aislante tanto con 20 y 25 unidades se obtienen las peores distancias con la placa de acero, pero la diferencia no ha sido superior a 5 cm en ninguno de los casos.

Separador	Material	Unidad	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
Cinta Aislante	Aluminio e=1mm	15	41,0	2,7	0,07	39,9	42,1	2,2
		20	62,0	3,2	0,05	60,7	63,4	2,7
		25	75,6	3,5	0,05	74,2	77,0	2,9
	Aluminio e=10mm	15	43,4	1,8	0,04	42,7	44,1	1,5
		20	58,7	2,4	0,04	57,7	59,7	2,0
		25	78,5	2,4	0,03	77,5	79,5	2,0
	Acero	15	43,3	1,6	0,04	42,6	43,9	1,3
		20	56,6	2,2	0,04	55,7	57,5	1,8
		25	73,8	2,3	0,03	72,9	74,8	1,9

Tabla 15. Análisis de los resultados del separador cinta aislante.



4.1.3.- Cinta de embalar

En estas tres primeras gráficas se muestran las mediciones clasificadas por materiales, en las tablas las series representan el número de “separadores”, en este caso cinta de embalar, que se estaban poniendo entre el tag y la placa metálica.

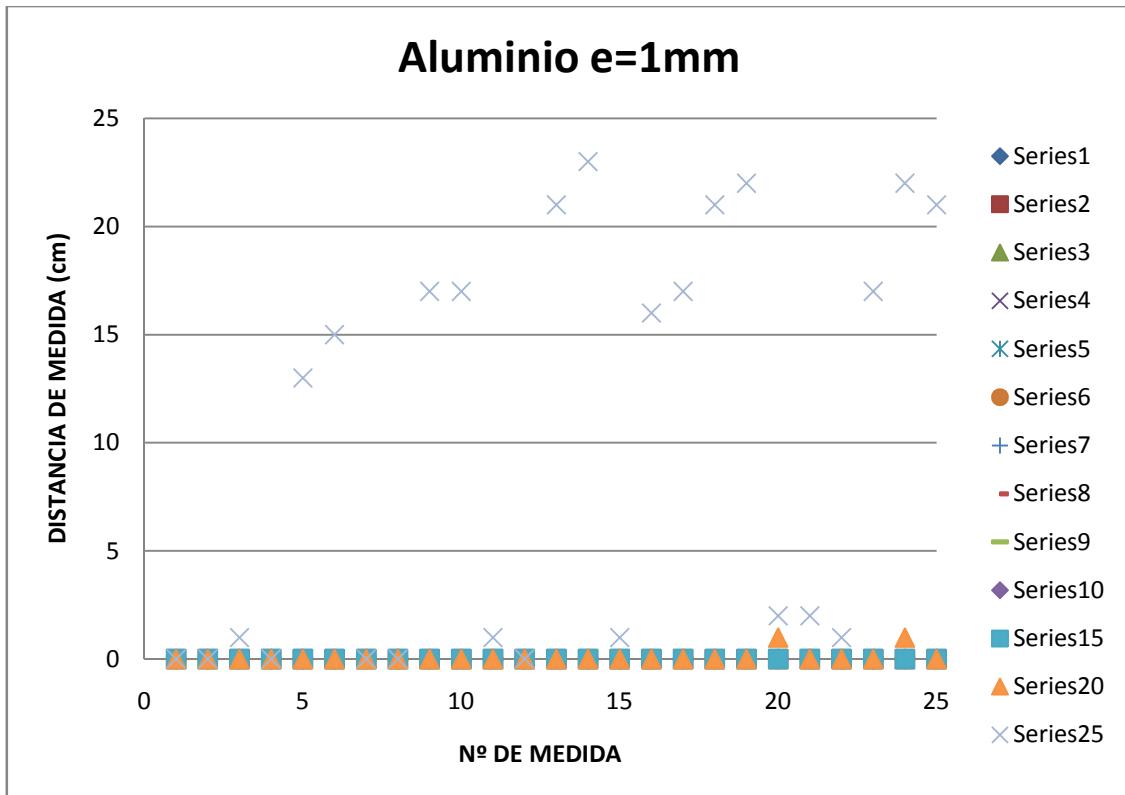
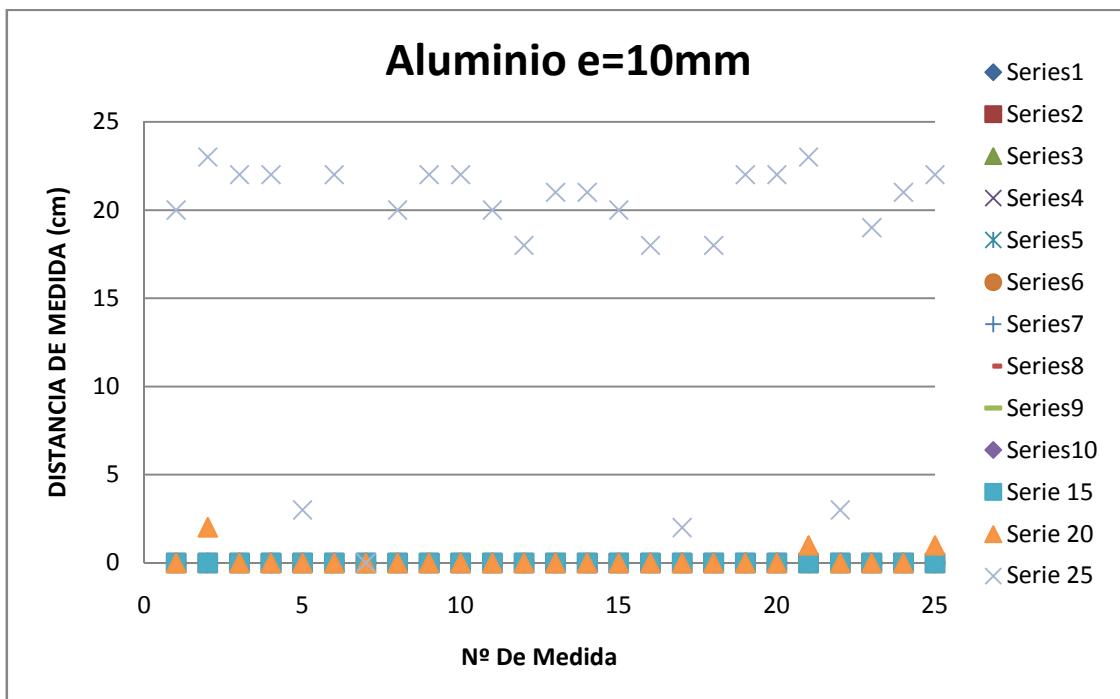
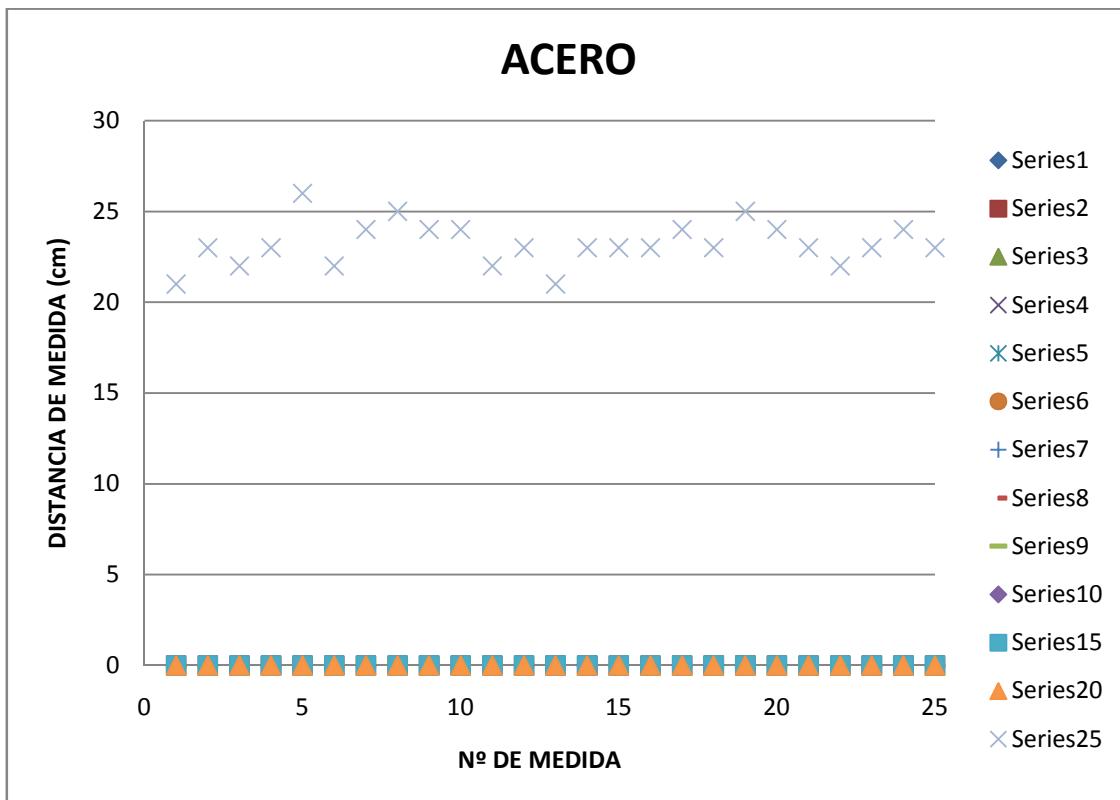


Tabla 16. Resultados con cinta de embalar para aluminio de $e=1\text{mm}$.

**Tabla 17.** Resultados con cinta de embalar para aluminio de e=10mm.**Tabla 18.** Resultados con cinta de embalar para el acero.



Como se puede observar la cinta de embalar ha resultado ser el separador que nos ha proporcionado la peor distancia de medida.

A continuación se ha hecho una comparativa para las series 15,20 y 25 entre los diferentes metales para observar de una forma más gráfica como en este caso es el acero el metal que mayor distancia nos ha proporcionado.

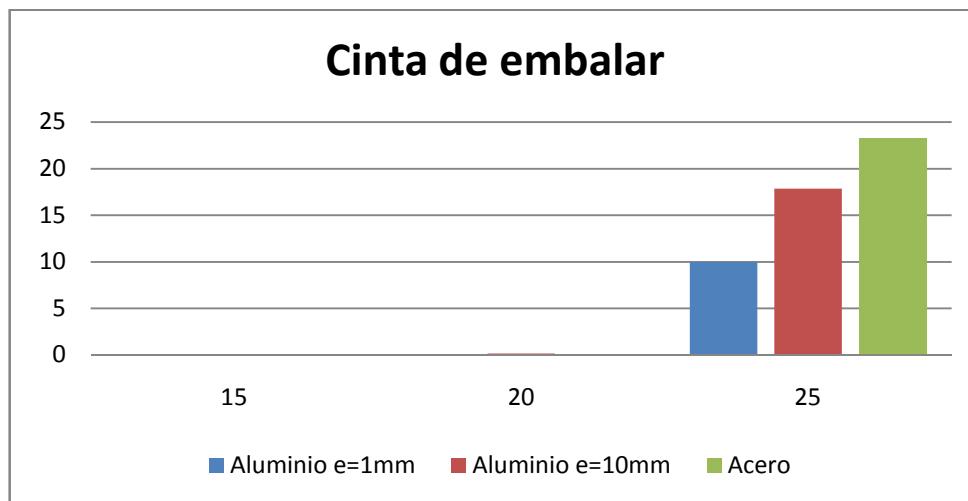


Tabla 19. Comparativa entre materiales, según el número de separadores.

Separador	Material	Unidad	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
Cinta de Embalar	Aluminio e=1mm	15	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
		20	0,1	0,3	3,46	0,0	0,2	0,2
		25	10,0	9,4	0,94	6,1	13,9	7,8
	Aluminio e=10mm	15	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
		20	0,2	0,5	2,95	0,0	0,4	0,4
		25	17,8	7,2	0,40	14,9	20,8	6,0
	Acero	15	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
		20	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
		25	23,2	1,2	0,05	22,7	23,7	1,0

Tabla 20. Análisis de los resultados para el separador cinta de embalar.



4.1.4.- Cinta de carrocería

En estas tres primeras gráficas se muestran las mediciones clasificadas por materiales, en las tablas las series representan el número de “separadores”, en este caso cinta de carrocería, que se estaban poniendo entre el tag y la placa metálica.

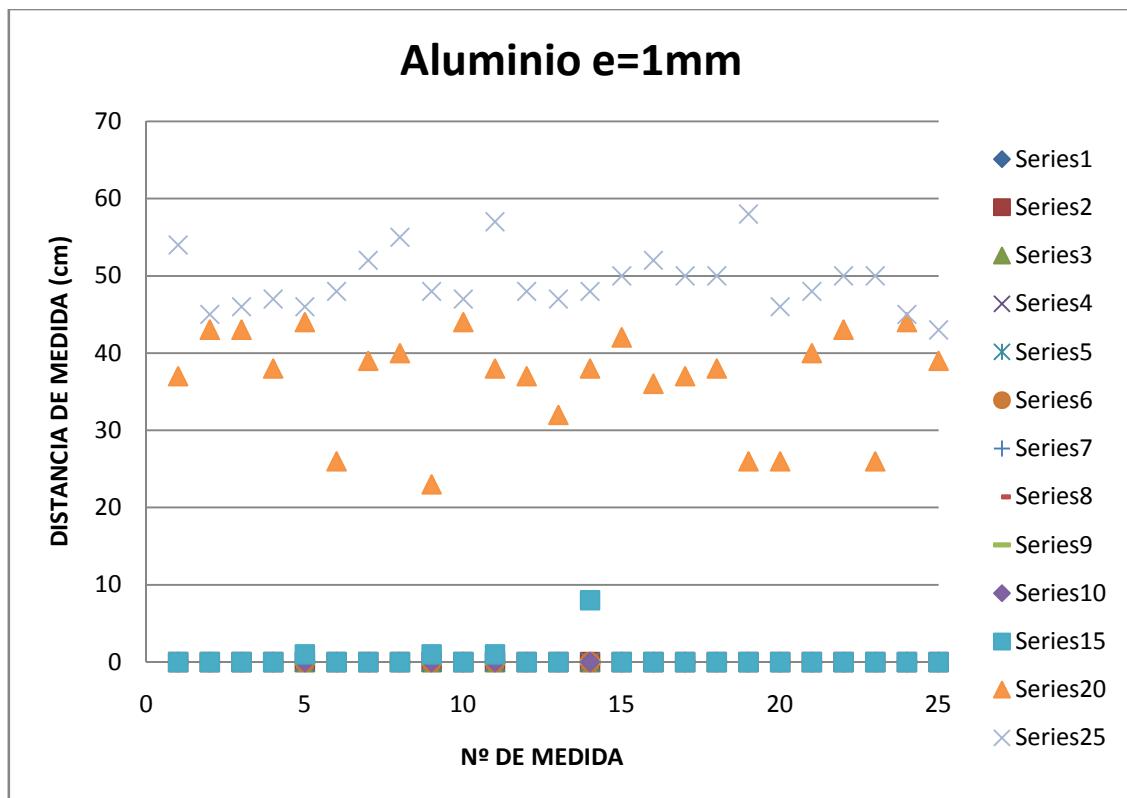


Tabla 21. Resultados con cinta de carrocería para aluminio de $e=1\text{mm}$.

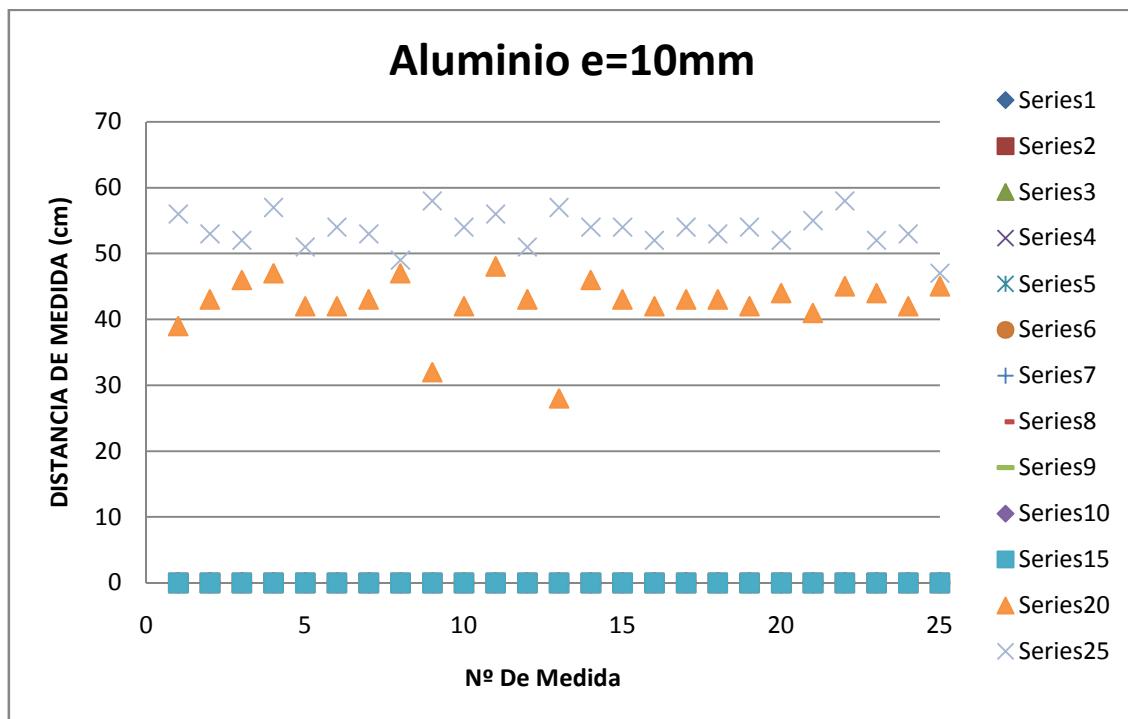


Tabla 22. Resultados con cinta de carrocería para aluminio de e=10mm.

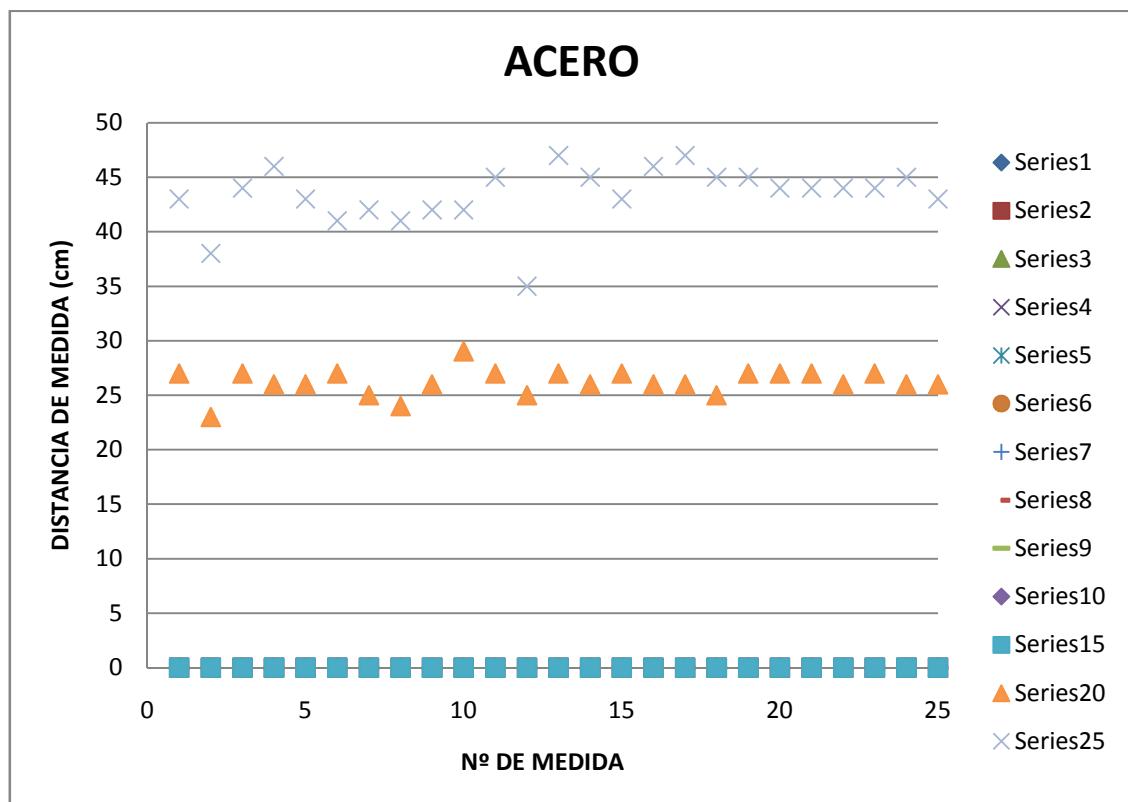


Tabla 23. Resultados con cinta de carrocería para el acero.



En este caso habrá que esperar hasta la unidad 20 de cinta de carrocería para obtener medidas estables.

A continuación se ha hecho una comparativa para las series 15,20 y 25 entre los diferentes metales para observar de una forma más gráfica que metal interfiere menos en la lectura.

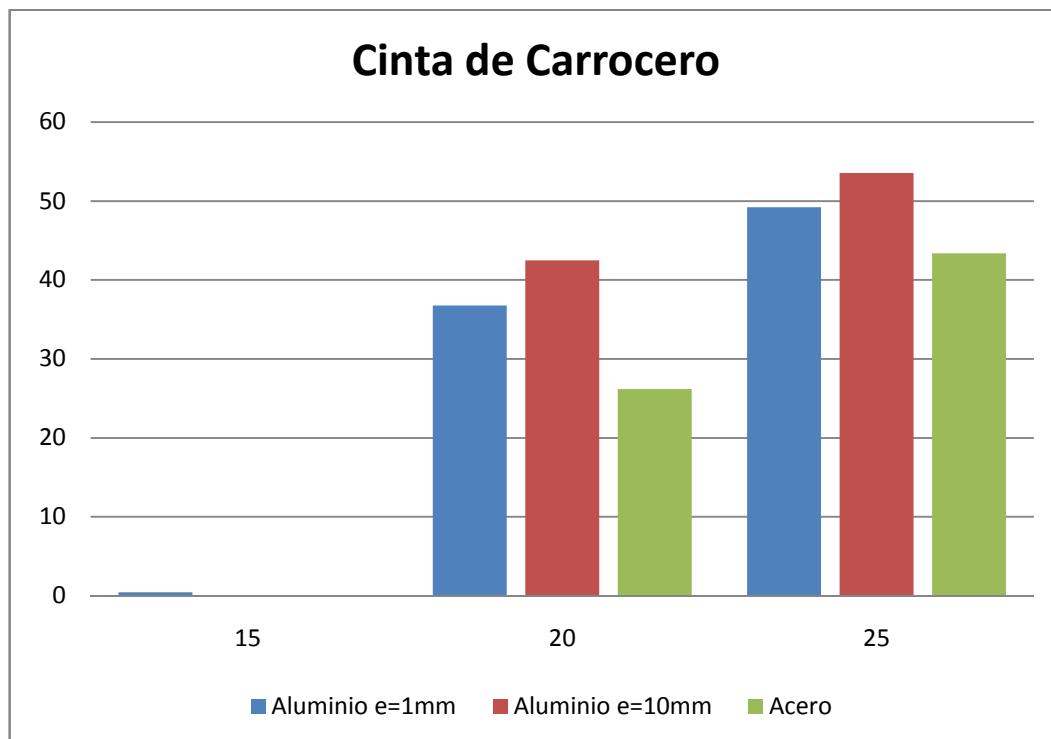


Tabla 24. Comparativa entre materiales, según el número de separadores.

Separador	Material	Unidad	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
Cinta de Carrocero	Aluminio e=1mm	15	0,4	1,6	3,66	-0,2	1,1	1,3
		20	36,8	6,5	0,18	34,1	39,4	5,4
		25	49,2	3,8	0,08	47,6	50,8	3,1
	Aluminio e=10mm	15	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
		20	42,5	4,3	0,10	40,7	44,3	3,6
		25	53,6	2,6	0,05	52,5	54,6	2,2
	Acero	15	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
		20	26,2	1,2	0,05	25,7	26,7	1,0
		25	43,4	2,7	0,06	42,3	44,5	2,2

Tabla 25. Análisis de los resultados para el separador cinta de carrocería.

El acero en este caso será el que peor distancia nos ha proporcionado.



4.1.5.- Cartón

En estas tres primeras gráficas se muestran las mediciones clasificadas por materiales, en las tablas las series representan el número de “separadores”, en este caso cartón, que se estaban poniendo entre el tag y la placa metálica.

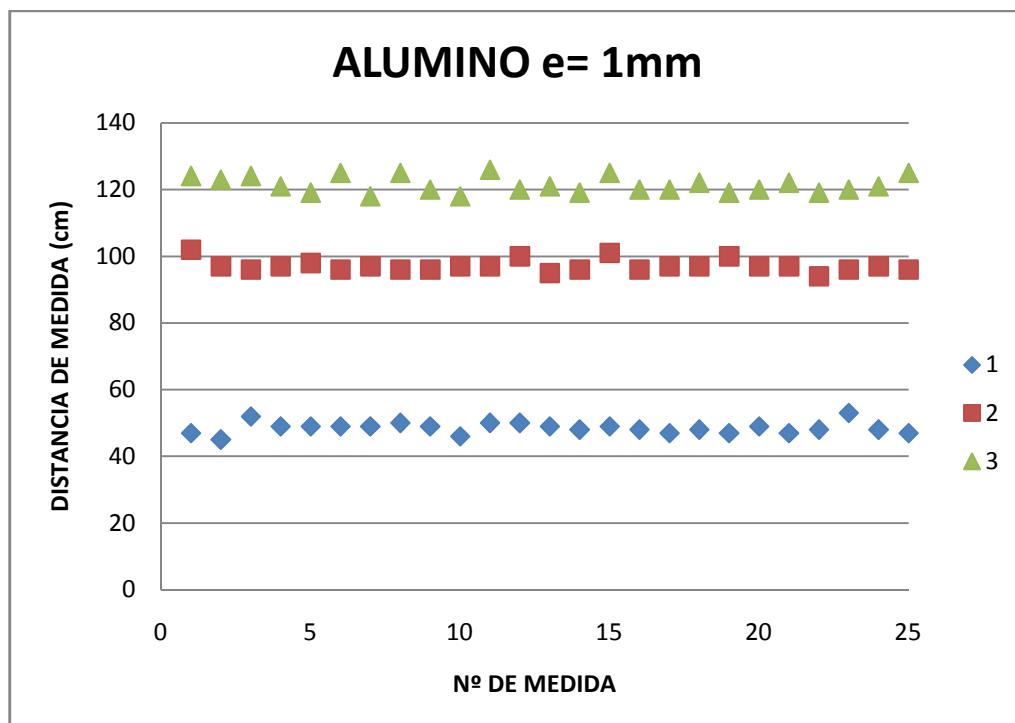


Tabla 26. Resultados con cartón para aluminio de $e=1\text{mm}$.

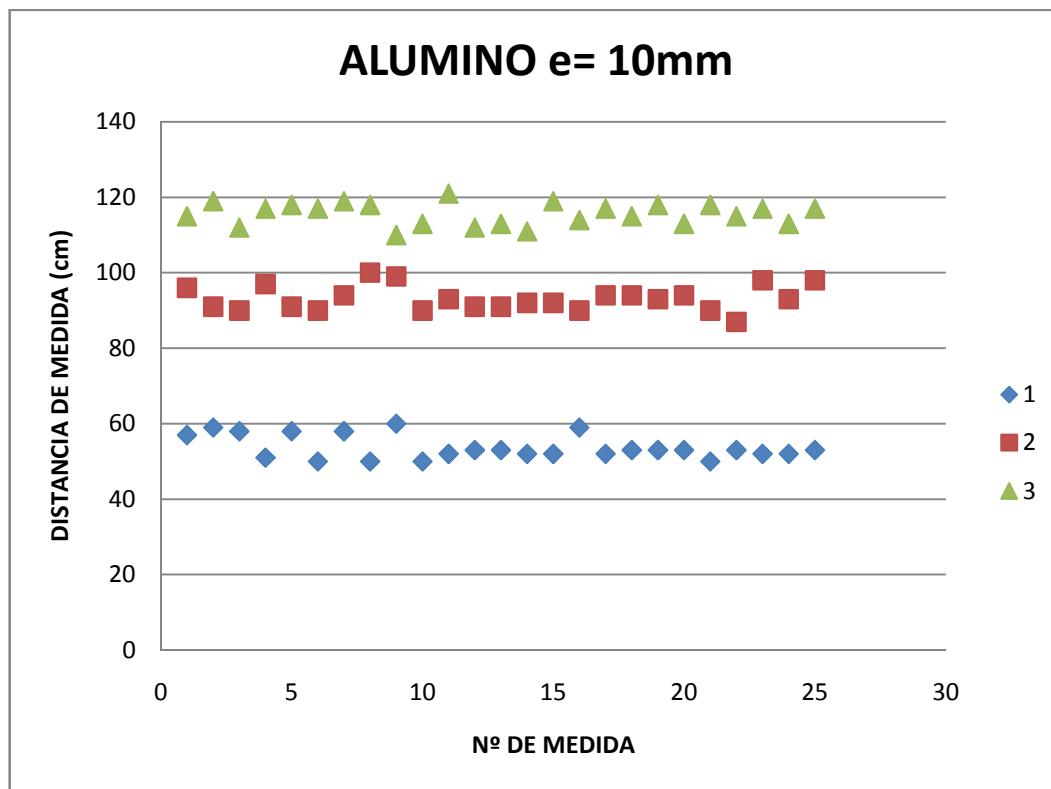


Tabla 27. Resultados con cartón para aluminio de e=10mm.

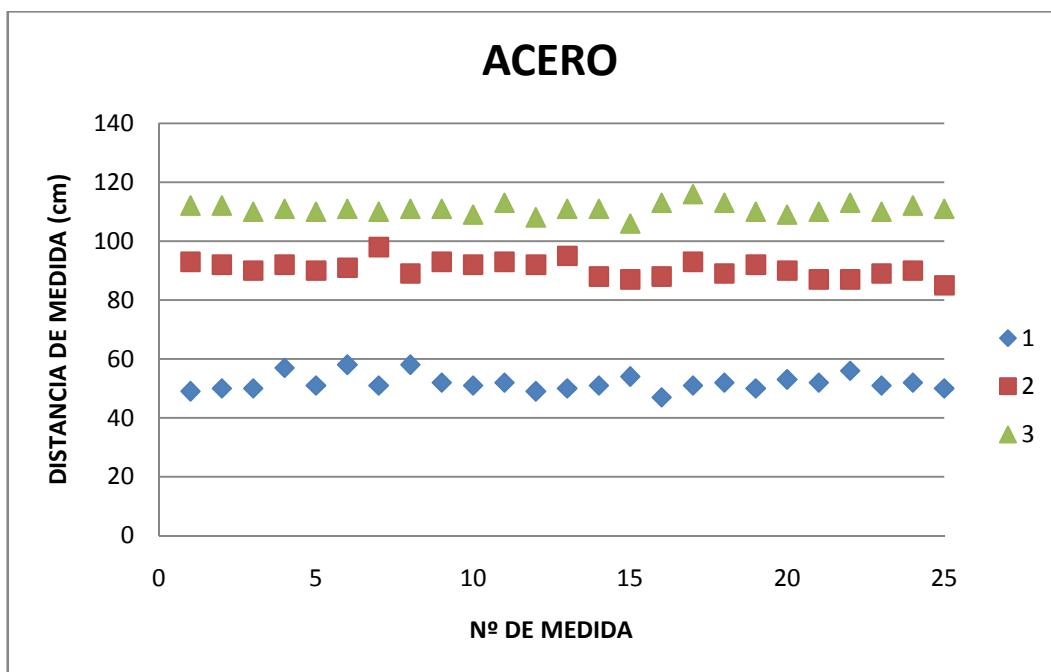


Tabla 28. Resultados con cartón para acero.



Como se puede observar el cartón ha resultado ser el separador que nos ha proporcionado la mejor distancia de medida.

A continuación se ha hecho una comparativa para las series 1,2 y 3 entre los diferentes metales para observar de una forma más gráfica como el aluminio de 1mm de espesor es el que mejor nos ha leído, mientras que el acero ha vuelto a ser el peor.

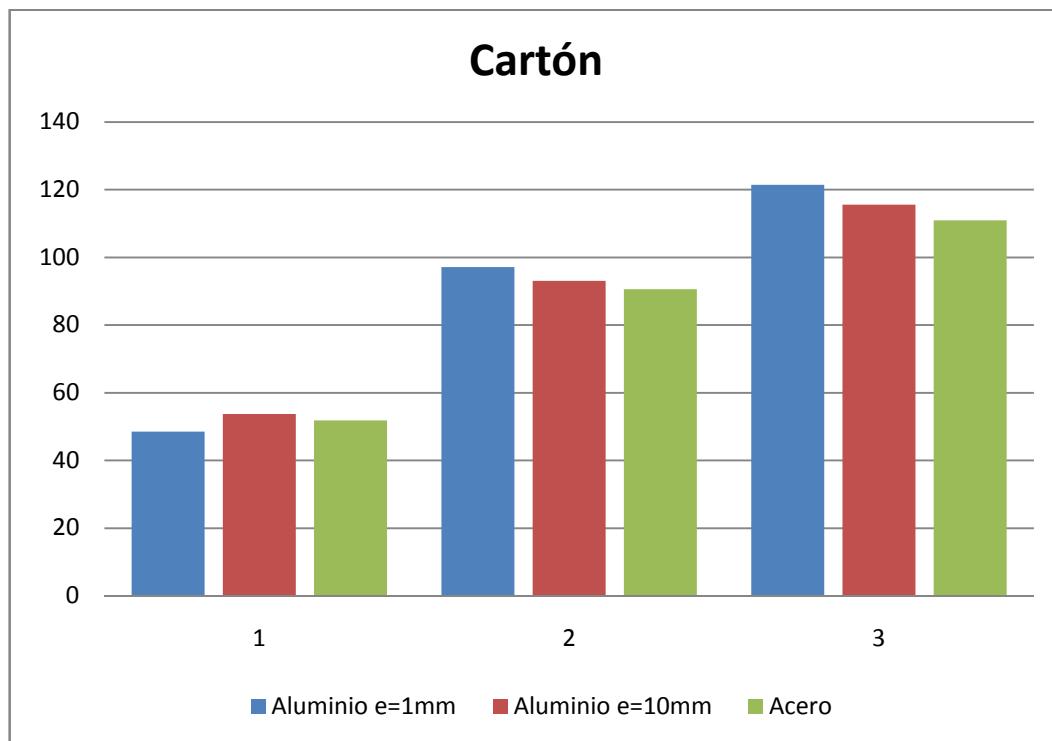


Tabla 29. Comparativa entre materiales, según el número de separadores.

MATERIAL	SEPARADOR	UNIDADES	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
Aluminio e=1mm	CARTON	1	48,52	1,73	0,04	47,80	49,24	1,43
		2	97,12	1,83	0,02	96,36	97,88	1,51
		3	121,44	2,48	0,02	120,41	122,47	2,05
Aluminio e=10mm	CARTON	1	53,72	3,20	0,06	52,40	55,04	2,64
		2	93,12	3,31	0,04	91,75	94,49	2,73
		3	115,64	2,93	0,03	114,43	116,85	2,42
Acero	CARTON	1	51,88	2,79	0,05	50,73	53,03	2,30
		2	90,60	2,89	0,03	89,41	91,79	2,38
		3	110,92	1,96	0,02	110,11	111,73	1,62

Tabla 30. Análisis de los resultados para el separador cartón.



4.1.6.- Papel de burbujas

En estas tres primeras gráficas se muestran las mediciones clasificadas por materiales, en las tablas las series representan el número de “separadores”, en este caso papel de burbujas, que se estaban poniendo entre el tag y la placa metálica.

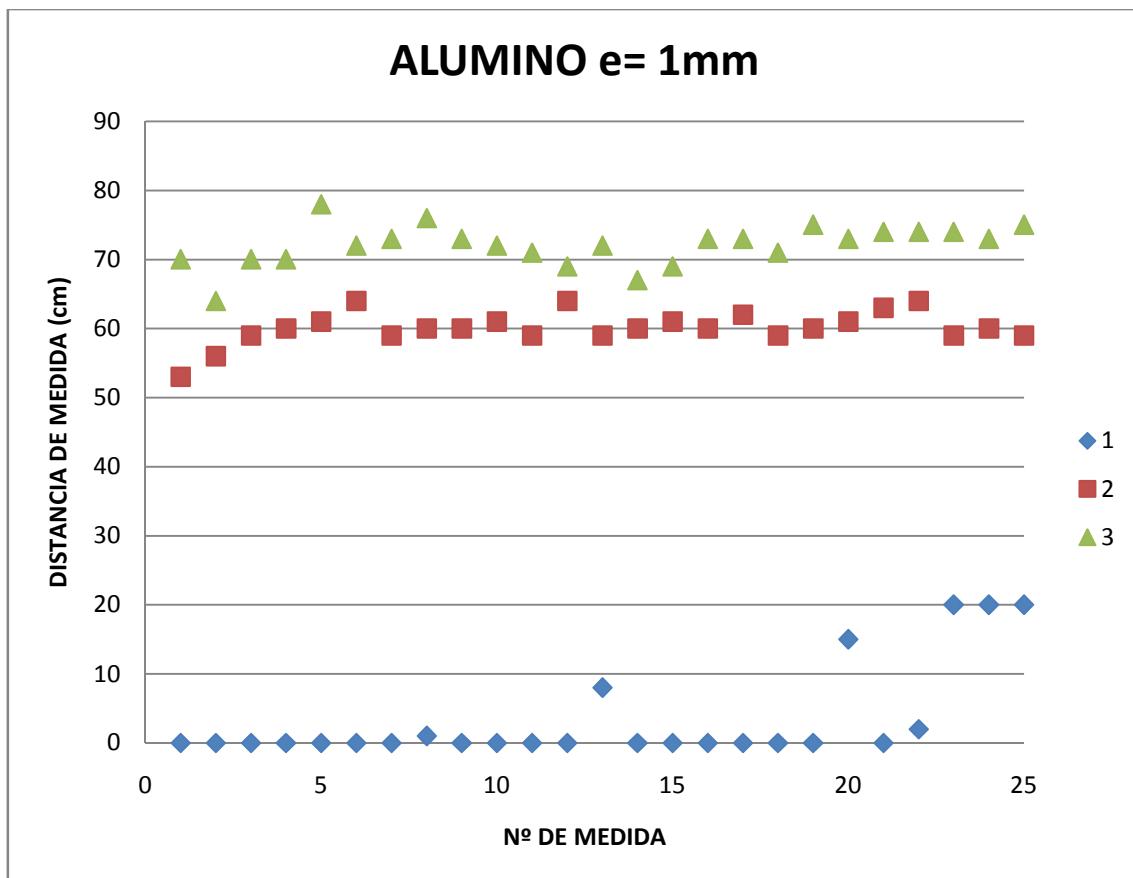


Tabla 31. Resultados con papel de burbujas para aluminio de $e=1\text{mm}$.

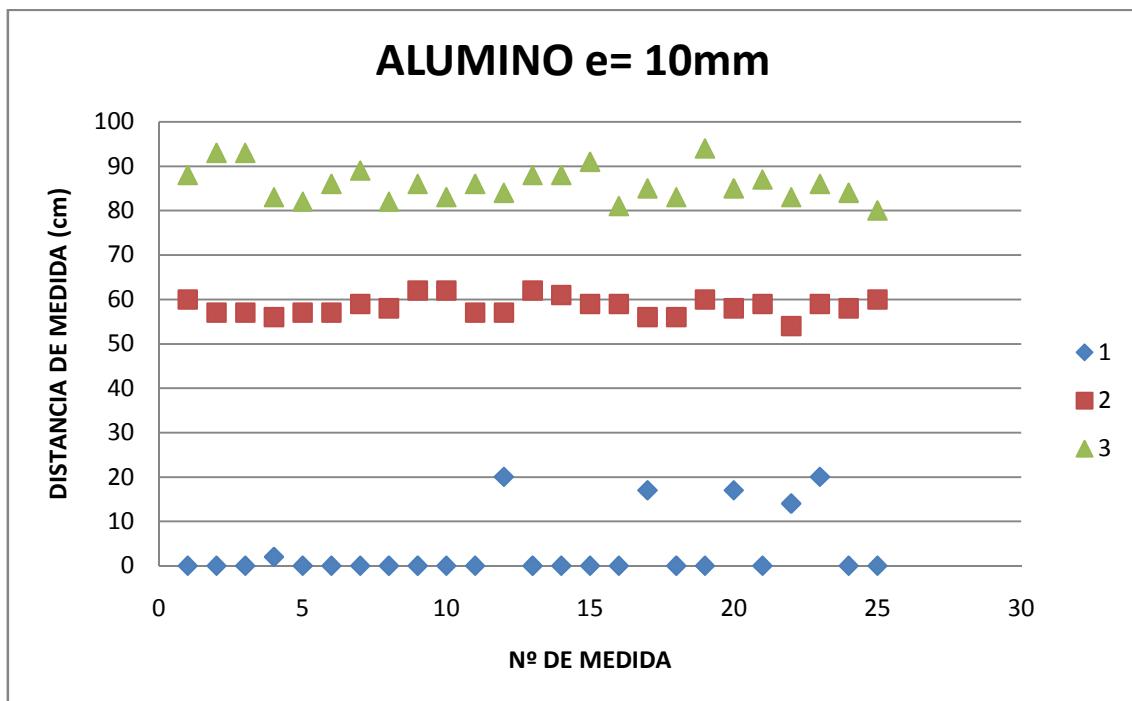


Tabla 32. Resultados con papel de burbujas para aluminio de e=10mm.

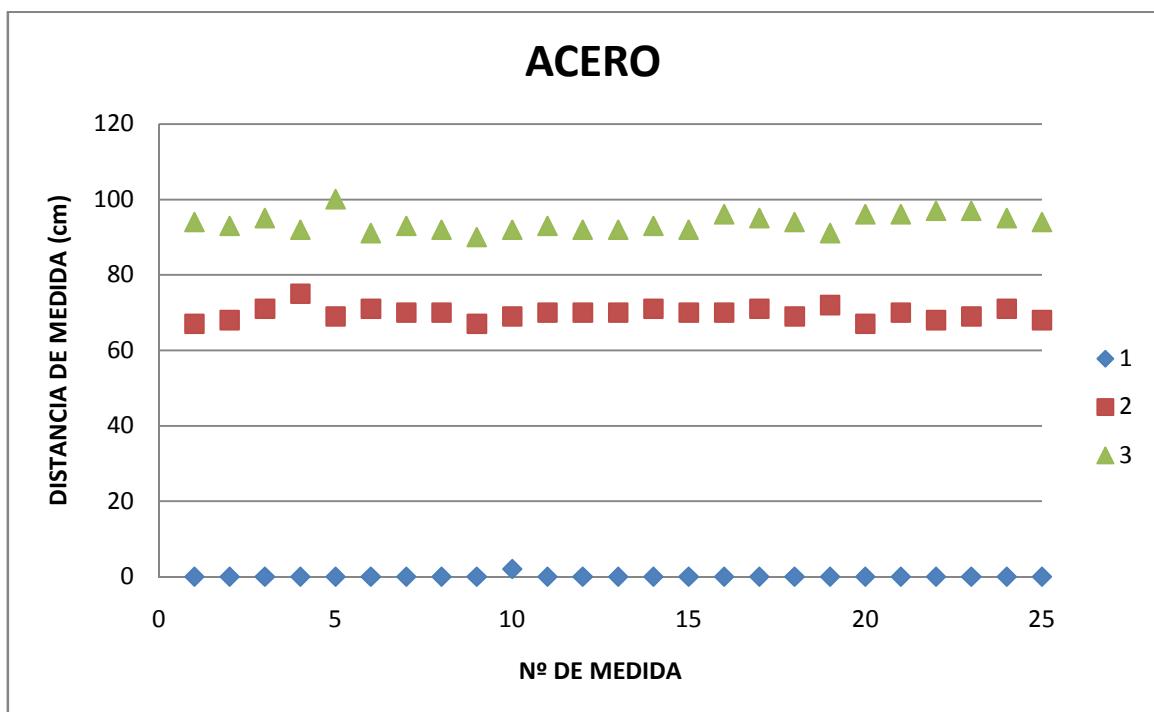


Tabla 33. Resultados con papel de burbujas para acero.



Junto con el cartón, el papel de burbujas ha resultado ser el que nos ha ofrecido una distancia de medida superior al resto, además cabe añadir que se han requerido únicamente 3 unidades para obtener distancias superiores al resto con 25 unidades.

A continuación se ha hecho una comparativa para las series 1,2 y 3 entre los diferentes metales para observar de una forma más gráfica como el acero es el que mejor nos ha leído, mientras que por el contrario que el resto el aluminio ha estado por detrás.

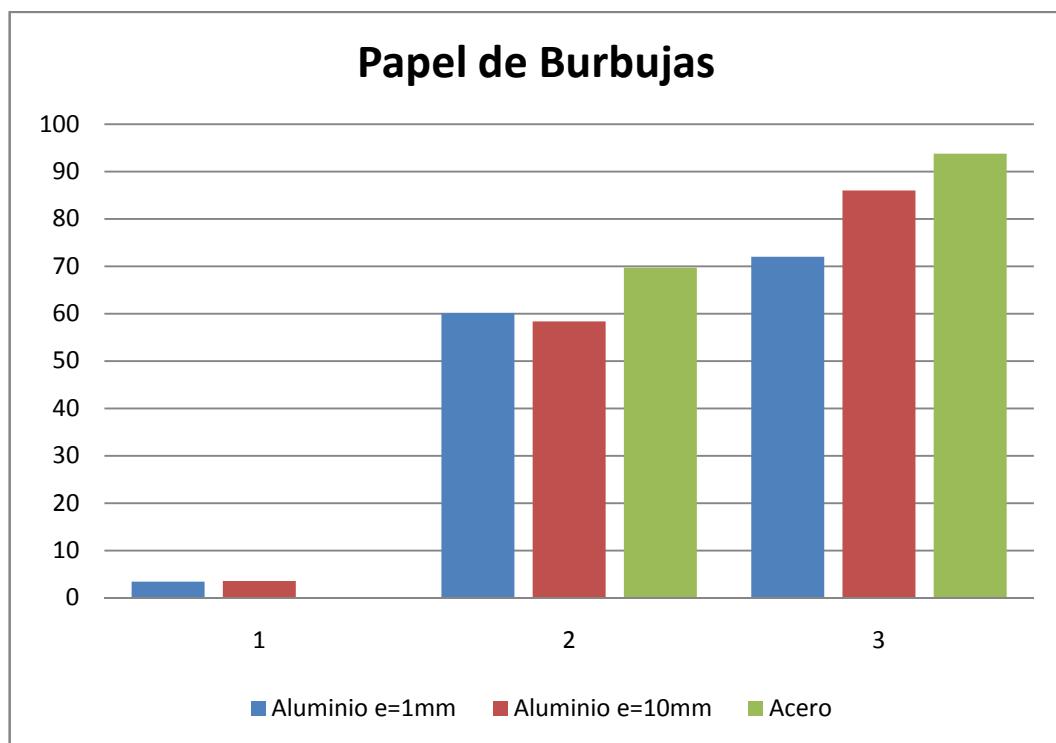


Tabla 34. Comparativa entre materiales, según el número de separadores.

MATERIAL	SEPARADOR	UNIDADES	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
Aluminio e=1mm	BURBUJAS	1	3,44	7,07	2,05	0,52	6,36	5,83
		2	60,12	2,39	0,04	59,14	61,10	1,97
		3	72,04	2,95	0,04	70,82	73,26	2,44
Aluminio e=10mm	BURBUJAS	1	3,6	7,23	2,01	0,62	6,58	5,97
		2	58,40	2,08	0,04	57,54	59,26	1,72
		3	86	3,81	0,04	84,43	87,57	3,14
Acero	BURBUJAS	1	0,08	0,40	5,00	-0,09	0,25	0,33
		2	69,72	1,77	0,03	68,99	70,45	1,46
		3	93,8	2,33	0,02	92,84	94,76	1,92

Tabla 35. Análisis de los resultados del separador papel de burbujas.



4.1.7.- Análisis de datos

A continuación se muestran las tablas correspondientes de los resultados obtenidos para los diferentes separadores en cada uno de los metales a estudio:

Aluminio de 1mm de espesor:

Unidad	Material	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
1	Carton	48,52	1,73	0,04	47,80	49,24	1,43
	Burbujas	3,44	7,07	2,05	0,52	6,36	5,83
Unidad	Material	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
2	Carton	97,12	1,83	0,02	96,36	97,88	1,51
	Burbujas	60,12	2,39	0,04	59,14	61,10	1,97
Unidad	Material	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
3	Carton	121,44	2,48	0,02	120,41	122,47	2,05
	Burbujas	72,04	2,95	0,04	70,82	73,26	2,44
Unidad	Material	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
15	Papel	46,1	0,8	0,02	45,8	46,4	0,6
	Cinta Aislante	41,0	2,7	0,07	39,9	42,1	2,2
	Cinta Embalar	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
	Cinta Carrocero	0,4	1,6	3,66	-0,2	1,1	1,3
Unidad	Material	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
20	Papel	54,0	2,8	0,05	52,9	55,2	2,3
	Cinta Aislante	62,0	3,2	0,05	60,7	63,4	2,7
	Cinta Embalar	0,1	0,3	3,46	0,0	0,2	0,2
	Cinta Carrocero	36,8	6,5	0,18	34,1	39,4	5,4
Unidad	Material	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
25	Papel	79,8	1,5	0,02	79,2	80,4	1,2
	Cinta Aislante	75,6	3,5	0,05	74,2	77,0	2,9
	Cinta Embalar	10,0	9,4	0,94	6,1	13,9	7,8
	Cinta Carrocero	49,2	3,8	0,08	47,6	50,8	3,1

Tabla 36. Análisis de los resultados para el aluminio de 1mm de espesor (media en cm).

El separador con el que mejor resultado se obtuvo fue el cartón con una distancia media de lectura de 121 cm, mientras que el que nos ha reportado peores resultados fue la cinta de embalar con una distancia media de lectura como máximo de 10 cm.



Aluminio de 10 mm de espesor:

Unidad	Material	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
1	Carton	53,72	3,20	0,06	52,40	55,04	2,64
	Burbujas	3,6	7,23	2,01	0,62	6,58	5,97
2	Carton	93,12	3,31	0,04	91,75	94,49	2,73
	Burbujas	58,40	2,08	0,04	57,54	59,26	1,72
3	Carton	115,64	2,93	0,03	114,43	116,85	2,42
	Burbujas	86	3,81	0,04	84,43	87,57	3,14
15	Papel	48,6	0,8	0,02	48,3	49,0	0,6
	Cinta Aislante	43,4	1,8	0,04	42,7	44,1	1,5
	Cinta Embalar	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
	Cinta Carrocero	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
20	Papel	55,8	2,6	0,05	54,7	56,9	2,2
	Cinta Aislante	58,7	2,4	0,04	57,7	59,7	2,0
	Cinta Embalar	0,2	0,5	2,95	0,0	0,4	0,4
	Cinta Carrocero	42,5	4,3	0,10	40,7	44,3	3,6
25	Papel	63,0	2,2	0,03	62,1	63,9	1,8
	Cinta Aislante	78,5	2,4	0,03	77,5	79,5	2,0
	Cinta Embalar	17,8	7,2	0,40	14,9	20,8	6,0
	Cinta Carrocero	53,6	2,6	0,05	52,5	54,6	2,2

Tabla 37. Análisis de los resultados para el aluminio de 10mm de espesor (media en cm).

Al igual que en el aluminio de 1mm de espesor el cartón fue el que mayor distancia se obtuvo con una media de 115 cm, y también se repite la cinta de embalar como el peor separador, en este caso la distancia media obtenida fue un poco superior que en el caso anterior llegando a los 17 cm.



Acero:

Unidad	Material	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
1	Carton	51,88	2,79	0,05	50,73	53,03	2,30
	Burbujas	0,08	0,40	5,00	-0,09	0,25	0,33
Unidad	Material	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
2	Carton	90,60	2,89	0,03	89,41	91,79	2,38
	Burbujas	69,72	1,77	0,03	68,99	70,45	1,46
Unidad	Material	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
3	Carton	110,92	1,96	0,02	110,11	111,73	1,62
	Burbujas	93,8	2,33	0,02	92,84	94,76	1,92
Unidad	Material	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
15	Papel	28,9	1,4	0,05	28,3	29,5	1,2
	Cinta Aislante	43,3	1,6	0,04	42,6	43,9	1,3
	Cinta Embalar	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
	Cinta Carrocero	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
Unidad	Material	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
20	Papel	47,8	1,5	0,03	47,2	48,4	1,2
	Cinta Aislante	56,6	2,2	0,04	55,7	57,5	1,8
	Cinta Embalar	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0
	Cinta Carrocero	26,2	1,2	0,05	25,7	26,7	1,0
Unidad	Material	MEDIA	DESVEST	CV	INTCONF -	INTCOF+	DIF
25	Papel	56,3	2,0	0,04	55,5	57,1	1,6
	Cinta Aislante	73,8	2,3	0,03	72,9	74,8	1,9
	Cinta Embalar	23,2	1,2	0,05	22,7	23,7	1,0
	Cinta Carrocero	43,4	2,7	0,06	42,3	44,5	2,2

Tabla 38. Análisis de los resultados para el acero (media en cm).

El cartón vuelve a ser el mejor separador dándonos una distancia de medida de 110 cm y la cinta de embalar la que peor llegando únicamente a 23 cm para 25 separadores.

4.1.8.- Análisis Global

Por último en este apartado se ha llevado a cabo una comparativa entre los metales y los separadores de forma global para establecer las conclusiones finales del estudio.



Unidad	Material	Aluminio 1mm	Aluminio 10 mm	Acero
1	Carton	48,52	53,72	51,88
	Burbujas	3,44	3,6	0,08
Unidad	Material	Aluminio 1mm	Aluminio 10 mm	Acero
2	Carton	97,12	93,12	90,60
	Burbujas	60,12	58,40	69,72
Unidad	Material	Aluminio 1mm	Aluminio 10 mm	Acero
3	Carton	121,44	115,64	110,92
	Burbujas	72,04	86	93,8
Unidad	Material	Aluminio 1mm	Aluminio 10 mm	Acero
15	Papel	46,1	48,6	28,9
	Cinta Aislante	41,0	43,4	43,3
	Cinta Embalar	0,0	0,0	0,0
	Cinta Carrocero	0,4	0,0	0,0
Unidad	Material	Aluminio 1mm	Aluminio 10 mm	Acero
20	Papel	54,0	55,8	47,8
	Cinta Aislante	62,0	58,7	56,6
	Cinta Embalar	0,1	0,2	0,0
	Cinta Carrocero	36,8	42,5	26,2
Unidad	Material	Aluminio 1mm	Aluminio 10 mm	Acero
25	Papel	79,8	63,0	56,3
	Cinta Aislante	75,6	78,5	73,8
	Cinta Embalar	10,0	17,8	23,2
	Cinta Carrocero	49,2	53,6	43,4
		4	8	3

Tabla 39. Análisis de los resultados para los distintos materiales y separadores (distancias en cm).

Tras el análisis que se muestra en la Tabla 39 se observa que el aluminio de 10 mm de espesor ha dado en 8 ocasiones una distancia de lectura superior al resto, por otro lado el aluminio de 1 mm de espesor ha sido el metal que nos ha proporcionado la mayor distancia de lectura.

A continuación se muestran una clasificación tanto de los metales según su interferencia en la lectura así como de los materiales empleados como separadores clasificados por la distancia de lectura que se obtuvo con cada uno de ellos.



Clasificación de los metales de menor a mayor interferencia en la lectura:

- a) *Aluminio e=10mm*
- b) *Aluminio e=1mm*
- c) *Acero*

Clasificación de los separadores de mayor a menor distancia de lectura:

- a) *Cartón*
- b) *Papel de burbujas*
- c) *Papel*
- d) *Cinta aislante*
- e) *Cinta de carrocería*
- f) *Cinta de embalar*



Capítulo V

CONCLUSIONES



5.- CONCLUSIONES

El estudio se ha fundamentado en la base teórica del teorema central del límite indicándonos que, en condiciones muy generales, si S_n es la suma de n variables aleatorias independientes, entonces la función de distribución de S_n se aproxima bien a una distribución normal (también llamada campana de Gauss). Así pues, el teorema asegura que esto ocurre cuando la suma de estas variables aleatorias e independientes es lo suficientemente grande. Para ello ha sido necesario realizar 25 mediciones para cada una de las situaciones para garantizar el requerimiento del teorema de que la muestra sea lo suficientemente grande.

Como se mencionaba al inicio del proyecto, el principal objetivo de este estudio es analizar la interferencia que ejercen diferentes metales en la lectura de la etiqueta electrónica (tag) adherida al metal, cuando se utiliza la tecnología de identificación por radiofrecuencia en la banda UHF, ya que una de las características de esta banda de frecuencia es la problemática que presenta cuando el tag es adherido tanto a metales como líquidos.

Otro objetivo trata de analizar la influencia de la variación del espesor de las placas metálicas por lo que en el caso del aluminio se seleccionaron dos placas, la primera de ellas con 1 mm de espesor y la segunda con 10 mm de espesor.

Cuando se seleccionaron los materiales utilizados se trató de utilizar consumibles que fueran habituales en sectores industriales y con características diferentes entre sí, para dar una solución real y viable que pueda ser adoptada por las empresas, y a su vez establecer una comparativa entre ellos mismos.

Se han realizado 1450 mediciones para cada uno de los metales, aluminio de 1 mm de espesor, aluminio de 10 mm de espesor y acero, utilizando como separadores papel, cinta aislante, cinta de embalar, cinta de carrocería, cartón y papel de burbujas. En el caso del cartón y el papel de burbujas se realizaron 75 lecturas con cada separador, mientras que con el resto se hicieron 325 lecturas, obteniendo un total de 4350 mediciones.



De este modo, tras analizar estadísticamente los resultados obtenidos y llevar a cabo la comparativa entre los diferentes metales utilizados en el estudio se puede afirmar que el aluminio de 10 mm de espesor ha sido el metal que menos ha interferido en las lecturas, proporcionando en ocho ocasiones distancias de lectura superiores al aluminio de 1 mm de espesor, que obtuvo en cuatro ocasiones mayor distancia de lectura, y que el acero, únicamente tres veces por encima del aluminio.

Las placas utilizadas en el proyecto quedarían clasificadas de menor a mayor interferencia en la lectura en el siguiente orden:

- a) *Aluminio de 10 mm de espesor.*
- b) *Aluminio de 1 mm de espesor.*
- c) *Acero de 4 mm de espesor.*

Así mismo cabe destacar que dentro de los separadores se han obtenido resultados muy diferentes. Una de las conclusiones más intuitiva obtenida es que cuanto mayor era la separación entre el tag y la placa metálica mayor era la distancia de lectura obtenida. De ahí que alguno de los separadores utilizados, debido a su reducido espesor, haya proporcionado muy bajas distancias de lectura como ha sido el caso de la cinta de embalar. Por el contrario, el cartón ha sido con el que se han obtenido las distancias de lectura mayores y a su vez, únicamente fue necesario utilizar tres unidades del material debido a que con tres unidades la distancia de separación ascendía a 8 mm frente por ejemplo, a los aproximadamente 4 mm que suponía utilizar 25 unidades de papel.

Los materiales utilizados como separadores quedarían clasificados de mejor a peor:

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| a) <i>Cartón</i> | d) <i>Cinta aislante</i> |
| b) <i>Papel de burbujas</i> | e) <i>Cinta de carrocería</i> |
| c) <i>Papel</i> | f) <i>Cinta de embalar</i> |

La mejor distancia se obtuvo con el aluminio de 1 mm de espesor, utilizando tres unidades de cartón, dando una distancia de lectura de 121.44 cm, el aluminio de 10 mm de espesor y el acero también obtuvieron su mayor distancia de lectura con tres unidades de cartón.



Se abren así infinidad de líneas de investigación hacia posibles estudios similares en los que se amplíe el número de metales a investigar pudiendo establecer así una tabla comparativa más amplia. También se podrían aumentar el número de antenas con los que se realizan las lecturas y variar la forma de aproximación hacia ellas, así mismo podría utilizarse equipo de otro fabricante al del presente estudio (INTERMEC).

Además se podría investigar, estableciendo un estándar de espesor para el separador de modo que el tag este separado en todo momento por la misma distancia del metal, si se obtienen las mismas distancias de lectura, y a su vez, observar cómo influye el material seleccionado como separador.

Otra vía de estudio será la posibilidad de realizar un piloto para ver la operatividad real de los resultados en un entorno industrial real y en productos de consumo, para establecer el separador que se adapte más al producto y proporcione la distancia de lectura óptima para el proceso de identificación.

Por lo expuesto en el presente proyecto, el laboratorio de identificación automática LOG.iD LAB del Zaragoza Logistics Center establece la base de estudio sobre la operatividad de lectura con la tecnología Intermec de identificación por radiofrecuencia sobre diferentes metales (aluminio y acero) con frecuencia UHF, aproximando frontalmente a la antena el tag unido a la placa metálica y la influencia que han aportado los diferentes separadores en la distancia de medida.

Y gracias a la investigación realizada se presenta una alternativa real y económica de sustituir los tags encapsulados para metales (más caros), por tags flexibles separándolo del metal por el material elegido (solución más económica), proporcionando una opción de gran ahorro para las empresas. Además de afirmar que el aluminio aporta mejores rangos de lectura que el acero, y que esta distancia de lectura aumenta conforme incrementamos la distancia entre el tag y el metal.



BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA

Para el presente proyecto se ha requerido la consulta en las siguientes fuentes que se citan a continuación:

Webs:

www.zlc.edu.es

www.wikipedia.es

<http://rfid.net>

<http://www.intermec.es>

Proyectos:

- *Estudio del comportamiento de la Tecnología RFID con sistemas Siemens.*

Autores: Rubén Andía Ortega – Alberto Bona Mayor. 2011

- *Estudio del comportamiento de la Tecnología RFID con diferentes materiales.*

Autores: Javier Guillén Ferrer – Alba Imedio Fernández. 2011

Artículos:

La tecnología RFID: Usos y utilidades

Autores: ONTSI – AETIC



RESUMEN



RESUMEN

El objetivo de este estudio, es analizar la interferencia que ejercen diferentes metales en la lectura de la etiqueta electrónica (tag) adherida al metal, cuando se utiliza la tecnología de identificación por radiofrecuencia (RFID) en la banda UHF (400 - 1000 MHz), ya que una de las características de esta banda de frecuencia es la problemática que presenta cuando el tag es adherido a un metal.

Se han seleccionado dos metales, aluminio y acero, para investigar cual de ambos obstaculiza de manera más significativa las lecturas. Al mismo tiempo, del aluminio, se escogieron dos placas para el ensayo, una con mayor espesor, para comparar si también se veía influenciada la lectura por la variación del espesor.

Los materiales seleccionados para utilizar como separadores, y establecer así una distancia entre el tag y la placa metálica, son consumibles habituales en sectores industriales y con características diferentes entre sí (papel, cinta aislante, cinta de embalar, cinta de carrocería, cartón y papel de burbujas) para dar una solución viable y a su vez establecer una comparativa entre ellos mismos.

Por consiguiente, con la presente investigación se pretende aportar una alternativa real y económica de sustituir los tags encapsulados para metales (más caros), por tags flexibles separándolos del metal por el material elegido (solución más económica), proporcionando una opción de gran ahorro para las empresas, estableciendo que metal interfiere más y la influencia del espesor en las lecturas, además de indicar que separador es más beneficioso para reducir la interferencia.

