



Escuela  
Politécnica  
Superior

# Diseño y Análisis de un Array de Antenas tipo Parche en Tecnología Microstrip



Grado en Ingeniería en Sonido e  
Imagen en Telecomunicación

## Trabajo Fin de Grado

Autor:

Javier Martínez Manzano

Tutor/es:

Stephan Marini

Miguel Angel Sanchez Soriano

Octubre 2019



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



# Diseño y Análisis de un Array de Antenas tipo Parche en Tecnología Microstrip

---

## **Autor**

Javier Martínez Manzano

## **Tutor/es**

Stephan Marini

*Dpto. de Física, Ing. Sistemas y Teoría de la Señal*

Miguel Angel Sanchez Soriano

*Dpto de Física, Ing. Sistemas y Teoría de la Señal*



Grado en Ingeniería en Sonido e Imagen en Telecomunicación



Escuela  
Politécnica  
Superior



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

ALICANTE, Octubre 2019



# Índice general

<b>1. Teoría de Antenas</b>	<b>1</b>
1.1. Conceptos básicos . . . . .	1
1.2. Caracterización de antenas . . . . .	4
1.2.1. Polarización . . . . .	4
1.2.2. Impedancia . . . . .	6
<b>A. Anexo I</b>	<b>9</b>
<b>B. Páginas horizontales</b>	<b>11</b>
<b>C. Importar PDF</b>	<b>15</b>



## Índice de figuras

1.1. Proceso de separación de campo eléctrico . . . . .	2
1.2. Antenas dipolo de media onda . . . . .	3
1.3. Onda electromagnética polarizada linealmente . . . . .	4
1.4. Onda electromagnética polarizada circularmente . . . . .	5
1.5. Onda electromagnética polarizada elípticamente . . . . .	5
1.6. Circuito equivalente de una antena transmisora . . . . .	6





## Índice de tablas



# Índice de Códigos



# 1. Teoría de Antenas

En este capítulo se realizará una breve contextualización sobre el concepto de antena así como un repaso a los parámetros que las caracterizan. Estos conceptos son, por lo general, aplicables a cualquier tipo de antena, en capítulos posteriores se especificará lo aprendido para el caso de las antenas en tecnología microstrip.

## 1.1. Conceptos básicos

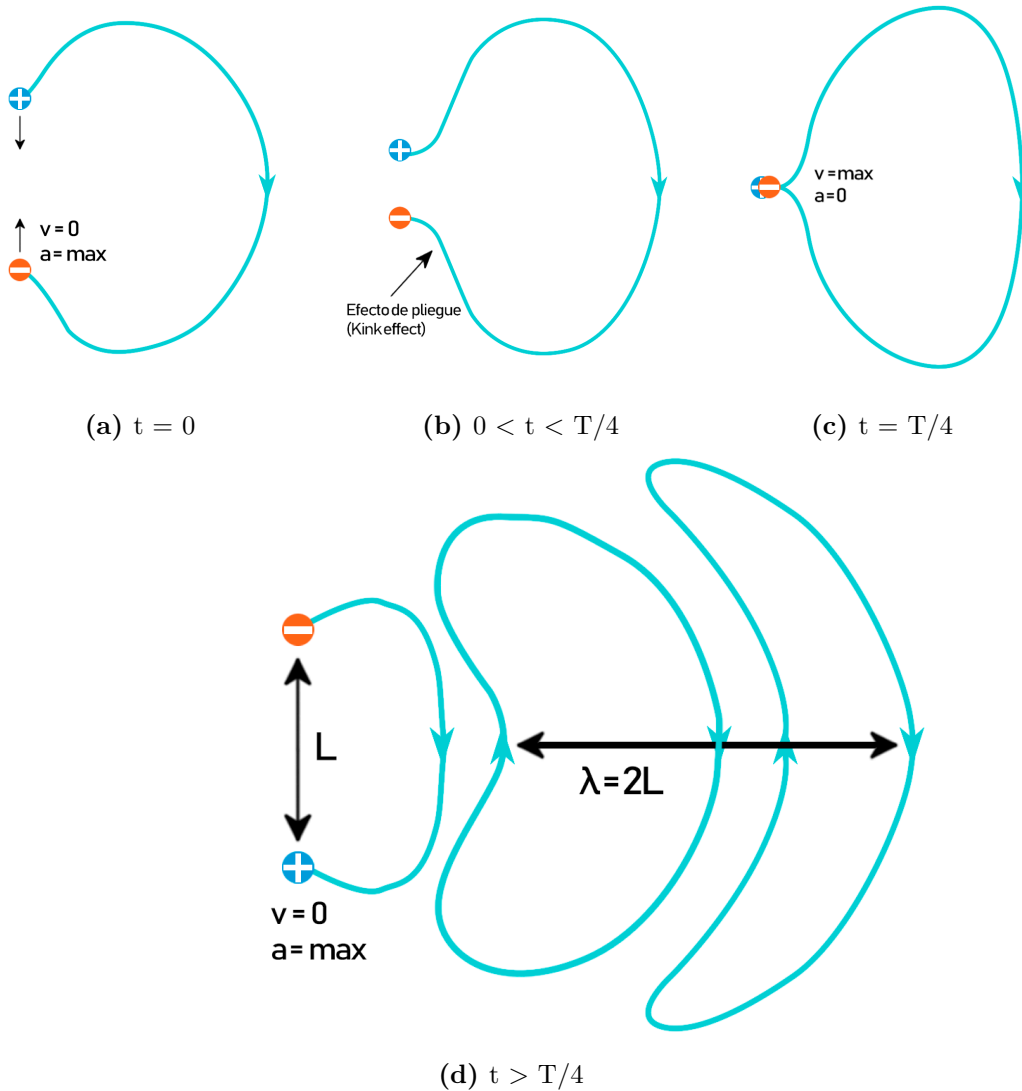
Las antenas son transductores entre un medio guiado y uno radiado. En su diseño más simplificado se analizaría un conductor metálico por el cual fluye una corriente variable en el tiempo. Se entiende como medio guiado a cualquier tipo de línea de transmisión: Cable coaxial, fibra óptica así como guías de onda. Y como medio radiado el aire o el espacio. Las antenas transmisoras serán las encargadas de transformar estas las corrientes eléctricas a Ondas Electromagnéticas (O.E.M), mientras que las receptoras tomarán las O.E.M desde el medio radiado y las convertirán de nuevo a impulsos eléctricos para su posterior procesamiento. Las primeras antenas fueron diseñadas en 1888 por *Heinrich Hertz* pero no fue hasta 1895 cuando *Guglielmo Marconi* empezó a desarrollar antenas con el objetivo de transmitir información a largas distancias.

Como se explico en el cualquier variación de un campo eléctrico generará un campo magnético y viceversa. Cuando ambos campos conviven y existen variaciones de estos campos se dice que existe una radiación electromagnética. Para entender el principio de funcionamiento de una antena se tomará como ejemplo el caso de hilo conductor cerrado. Si se introdujera una corriente eléctrica fluctuante en el tiempo dentro del conductor, por el principio de inducción electromagnética (Tercera ecuación de Maxwell, Ley de Faraday-Lentz) se produciría un campo magnético fluctuante y un campo eléctrico asociado a su alrededor, estaríamos hablando de un campo electromagnético. Pero este campo electromagnético no se propagaría y estaría siempre al rededor del conductor cerrado. Para poder propagar las O.E.M se debe conseguir separar la onda electromagnética del conductor.

Para entender el efecto de separación se tomará como referencia dos cargas eléctricas de distintas polaridades separadas a una distancia determinada (fig. 1.1a), a esto se le conoce como dipolo eléctrico y producirán un campo eléctrico cuyas líneas de fuerza irán del positivo al negativo. Estas dos cargas intentarán juntarse debido al efecto de atracción. En el momento de mayor separación de las cargas, su velocidad será nula y su aceleración máxima. Conforme se vayan acercando la velocidad irá aumentando y la aceleración disminuyendo hasta que en el punto donde se encuentran la velocidad será máxima y la aceleración nula. Suponiendo un escenario teórico sin pérdidas estas cargas estarían fluctuando e intercambiando sus posiciones indefinidamente. Si se analiza el campo eléctrico producido por las cargas mientras

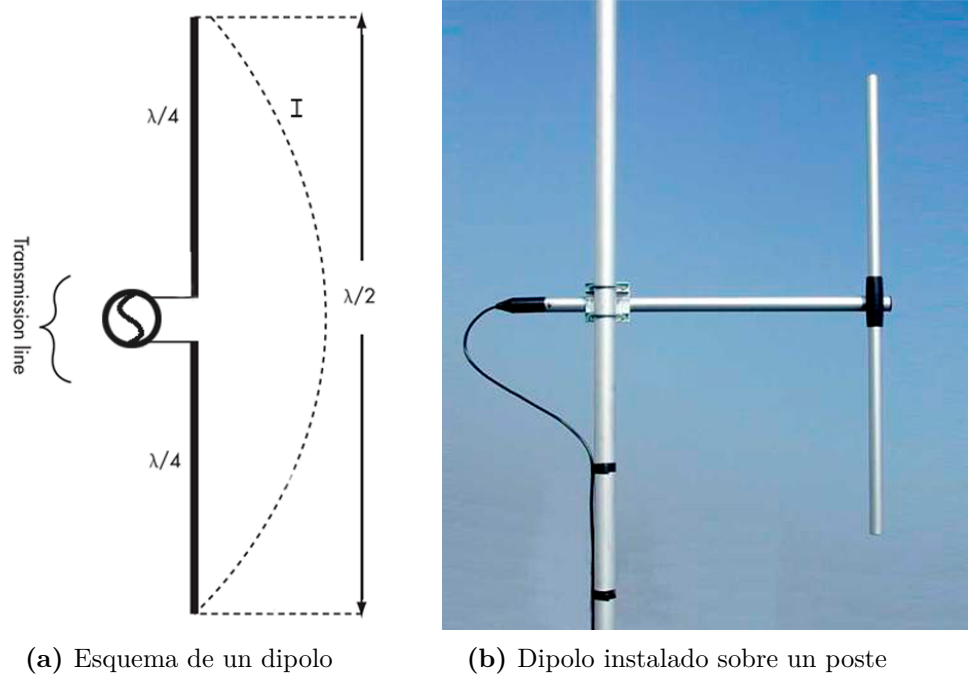
estas están fluctuando se observaría como, en vez de seguir encontrando un campo eléctrico simple de menor intensidad, este se deforma debido a la aceleración presente en las cargas. Esta deformación es también conocida como efecto *kink* (fig. 1.1b).

Continuando con el experimento se observa como pasado un lapso de un  $1/4$  del periodo de la oscilación, momento en el que las dos cargas se cruzan en el mismo punto, el campo eléctrico producido es nulo, cerrándose así las líneas de campo que habían sido producidas cuando las partículas estaban aún separadas (fig. 1.1c). Es entonces cuando se produce la propagación y generación del frente de onda del campo eléctrico, con su respectivo campo magnético asociado. Se debe observar como la longitud de la O.E.M propagada es exactamente el doble de la longitud existente entre las dos cargas (fig. 1.1d).



**Figura 1.1:** Proceso de separación de campo eléctrico

En la práctica se puede simular el experimento en lo que se denomina como antena dipolo, la antena más básica existente, que será estudiada con mayor detenimiento a lo largo de este capítulo. En una antena dipolo, al aplicar una tensión variable sobre los bornes de esta, las cargas irán oscilando de un extremo a otro según la polaridad del generador en ese instante, produciendo campos eléctricos capaces de separarse de la antena, con su consiguiente generación de campos magnéticos. El conjunto de la propagación de ambos campos son los campos electromagnéticos en los que se propagará la O.E.M. En la figura 1.2 se pueden observar ejemplos de antenas dipolo.



**Figura 1.2:** Antenas dipolo de media onda

El principio básico de diseño de antenas se basa en la geometría de estas. Es importante remarcar que para que la transmisión de la señal aplicada por el generador y que se desea convertir en O.E.M, la longitud de los lados del dipolo deben estar relacionados con la longitud de onda de la señal que se desea transmitir. En el caso del dipolo, los extremos tendrán una longitud de  $\lambda/4$ . Al juntan ambos extremos se puede observar que la antena tendrá una dimensión total de  $\lambda/2$ , y si se tiene en cuenta que la longitud de onda de la O.E.M generada es el doble de la longitud de la antena, se obtendrá una O.E.M radiada cuya frecuencia sea idéntica a la aplicada por el generador.

Aunque se ha analizado el caso de una antena para que funcione como transmisora, el mismo principio de funcionamiento se aplica cuando queremos que esta funcione como receptora de señales. Una O.E.M que viaje por el espacio será capaz de hacer oscilar las cargas de una antena receptora cuando su frecuencia y las longitud de la antena estén directamente relacionadas y se produzca la resonancia sobre esta. La diferencia es que a la salida de la antena receptora no tendremos un generador, sino lo que denominaremos como carga, pudiendo ser

esta cualquier tipo de componente eléctrico o electrónico que sea capaz de trabajar con las corrientes eléctricas producidas por la fluctuación de cargas eléctricas en el interior de la antena.

## 1.2. Caracterización de antenas

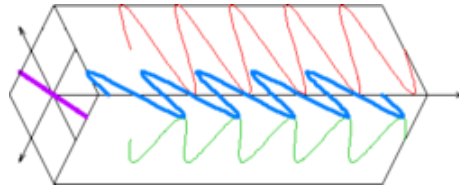
Para saber qué tipo de antena se puede hacer más conveniente para un uso concreto se ha de tener en cuenta sus características. Las principales características de las antenas son:

### 1.2.1. Polarización

Como se hizo mención en el , las O.E.M pueden estar polarizadas. Si se secciona a una O.E.M perpendicularmente a su vector de propagación y vemos el dibujo que va formando campo eléctrico en dicha sección conforme pasa el tiempo observaríamos qué tipo de polarización tiene la O.E.M. Las tres polarizaciones más comunes son: Lineal, circular y elíptica.

- **Polarización lineal:** Cuando se observa que la figura trazada por el campo eléctrico es una recta, se dirá que esta está polarizada linealmente. Analíticamente se producirá polarización lineal cuando las fases de las componentes ortogonales del campo eléctrico difieran en un múltiplo entero de  $\pi$  radianes. La variación temporal de los campos eléctricos con polarización lineal se puede representar fasorialmente como:

$$\vec{E} = \hat{x}e^{j(\omega t - kz)} \quad (1.1)$$



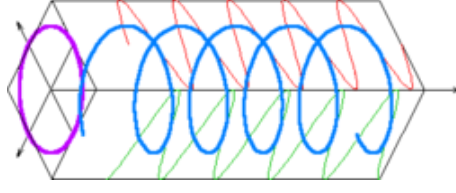
**Figura 1.3:** Onda electromagnética polarizada linealmente

- **Polarización circular:** Cuando se observa que la figura trazada por el campo eléctrico es un círculo, se dirá que esta está polarizada circularmente. Analíticamente se producirá polarización circular cuando las fases de las componentes ortogonales del campo eléctrico sean  $\pi/2$  o  $3\pi/2$  y las amplitudes sean iguales. La variación temporal de los campos eléctricos con polarización circular se puede representar fasorialmente como:

$$\vec{E} = (\hat{x} + j\hat{y})e^{j(\omega t - kz)} \quad (1.2a)$$

$$\vec{E} = (\hat{x} - j\hat{y})e^{j(\omega t - kz)} \quad (1.2b)$$



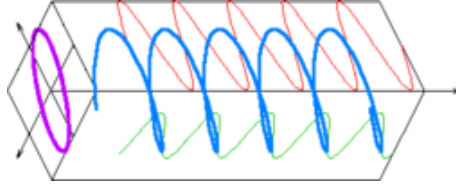


**Figura 1.4:** Onda electromagnética polarizada circularmente

En este caso el signo que se encuentra en el interior de la suma de componentes indicará el sentido de giro en la polarización circular: Positivo será una rotación levógira y negativo una rotación dextrógira.

- **Polarización elíptica:** Cuando se observa que la figura trazada por el campo eléctrico es una elipse, se dirá que esta está polarizada elípticamente. El resto de casos en los que la polarización no sea ni circular ni lineal serán polarizaciones elípticas. La variación temporal de los campos eléctricos con polarización elíptica se puede representar fasorialmente como:

$$\vec{E} = ((2 + j)\hat{x} - 3j\hat{y})e^{j(\omega t - kz)} \quad (1.3)$$



**Figura 1.5:** Onda electromagnética polarizada elípticamente

En las ámbito de las radiocomunicaciones y en concreto de la telefonía móvil, la polarización más común en la que se emiten y reciben las O.E.M es la lineal-vertical. En otros casos como la transmisión de televisión se utiliza polarización lineal-horizontal. En comunicaciones vía satélite se alternan las polarizaciones lineales horizontales y verticales para reducir la interferencia entre señales que transmiten en el mismo rango de frecuencias.

Se ha de tener en cuenta que cada antena se diseña para trabajar con una polarización concreta y las señales recibidas cuya polarización sea distinta a esta serán atenuadas debido al *factor de pérdidas por polarización* ( $C_p$ ):

$$C_p = |\hat{u}_{tx} \cdot \hat{u}_{rx}| \quad (1.4)$$

Donde  $\hat{u}_{tx}$  es el vector unitario del campo eléctrico incidente y  $\hat{u}_{rx}$  es el vector unitario del campo eléctrico de la antena receptora.

### 1.2.2. Impedancia

Cualquier antena se puede expresar como una carga en un circuito eléctrico, lo que facilita su análisis de impedancias, potencias y adaptación (fig. 1.6). Existen varios parámetros de impedancia que caracterizan a la antena. Por lo general, teniendo en cuenta la *Ley de Ohm*, se define la impedancia de una antena como la relación entre la tensión y la corriente en los bornes de esta.

$$Z_a = \frac{V_i}{I_i} = R_a + jX_a \quad (1.5)$$

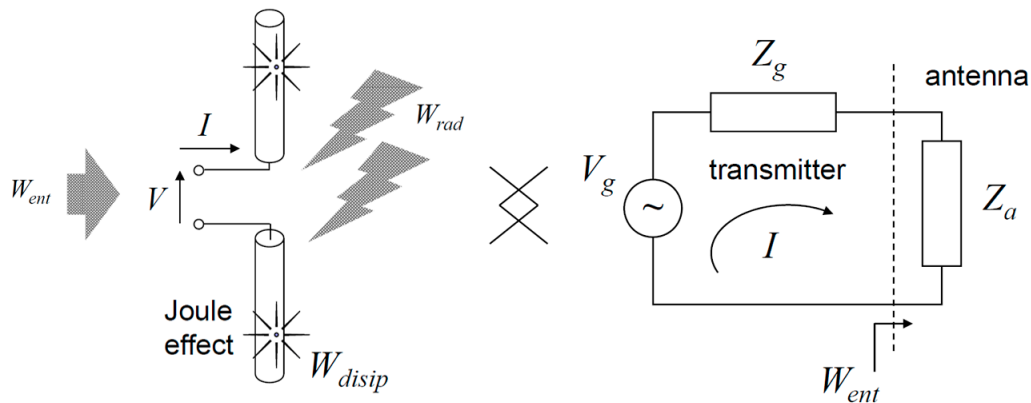
Donde  $R_a$  es la componente real u óhmica de la impedancia y  $jX_a$  es la parte imaginaria o reactiva de la impedancia. La componente real puede ser a su vez descompuesta en dos términos: La resistencia de radiación y la resistencia óhmica o de pérdidas. La resistencia de radiación se define como la relación entre la potencia total radiada y la corriente eficaz en los terminales de la antena al cuadrado. La resistencia óhmica de la antena se define como la relación entre la potencia disipada debido a las pérdidas resistivas y la corriente que circula por sus terminales al cuadrado. Por otro lado la parte reactiva de la impedancia dependerá de sus dimensiones, la frecuencia de resonancia o el tipo de antena que estemos usando.

$$Z_a = (R_r + R_\Omega) + jX_a \quad (1.6)$$

Si se analizan las potencias según el tipo de resistencia, de radiación y óhmica, se obtiene que:

$$P_r = \frac{1}{2} |I_o|^2 R_r \quad (1.7a)$$

$$P_\Omega = \frac{1}{2} |I_o|^2 R_\Omega \quad (1.7b)$$



**Figura 1.6:** Circuito equivalente de una antena transmisora





## **A. Anexo I**

Aquí vendría el anexo I



## B. Páginas horizontales

Aquí se muestra cómo incluir páginas en horizontal.  
Esta página está en vertical

Esta página está en horizontal

---



Esta página también está en horizontal

---

Esta página está de nuevo en vertical

---

## C. Importar PDF

A continuación se muestra una página importada de un PDF externo. Observar los comentarios en el código de este anexo para más información. También puedes leer el manual con todas las opciones en <http://osl.ugr.es/CTAN/macros/latex/contrib/pdfpages/pdfpages.pdf>.

Alicante

15 DE MARZO DE 2007

Expediente número

Referencia del petionario

**AYUNTAMIENTO DE ALICANTE**

Departamento de Medio Ambiente

C/San Nicolás, nº 2, 4º

03001 ALICANTE

Contacto: Juan Luís Beresaluze

**DOCUMENTO DE SÍNTESIS**

***ELABORACIÓN DEL MAPA ACÚSTICO MUNICIPAL DE LA CIUDAD DE  
ALICANTE***

Fecha de realización del estudio: MAYO 2005 – MARZO 2007