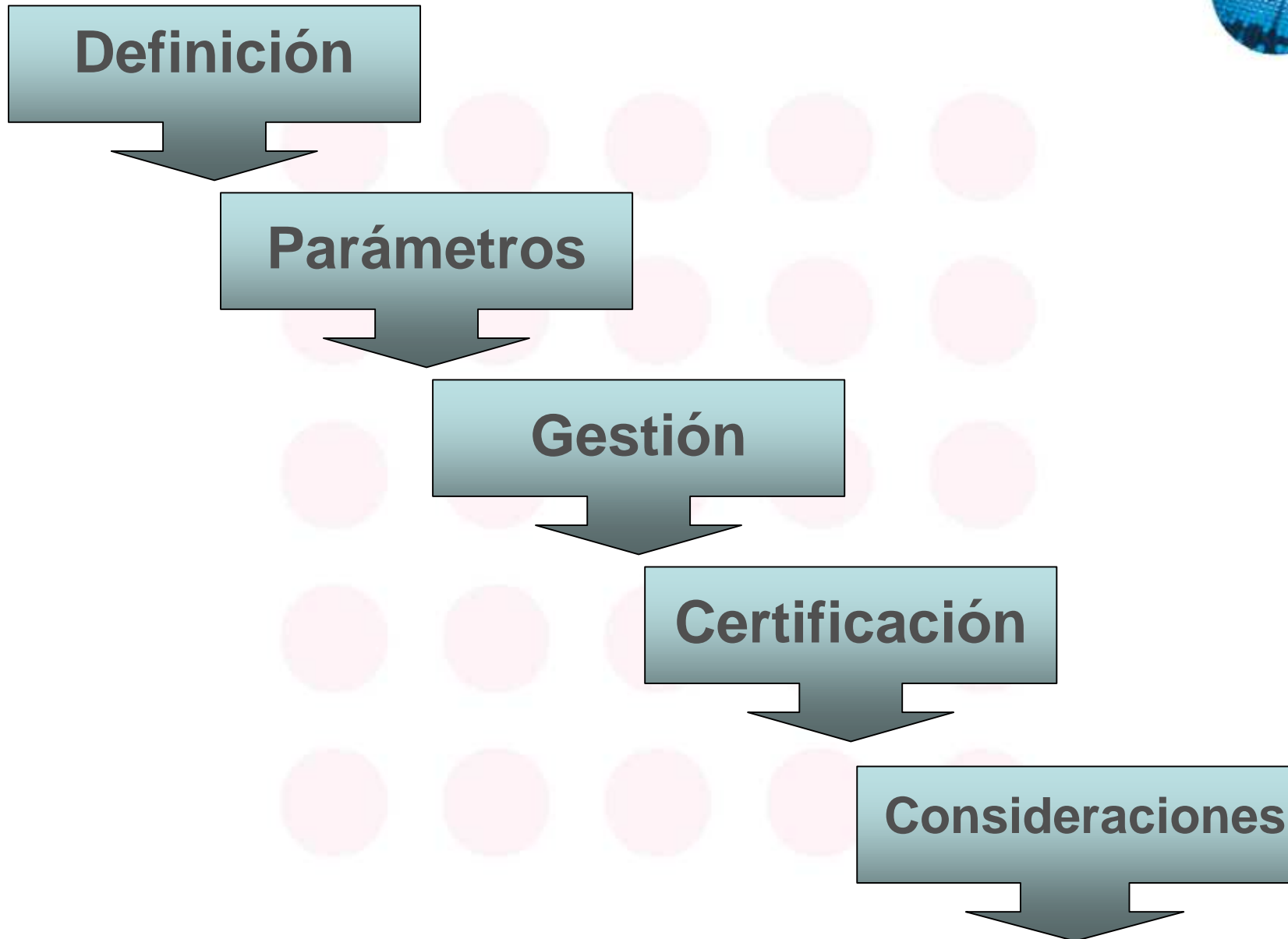




# IMPEDANCIA CONTROLADA

Definición, cálculo y certificación

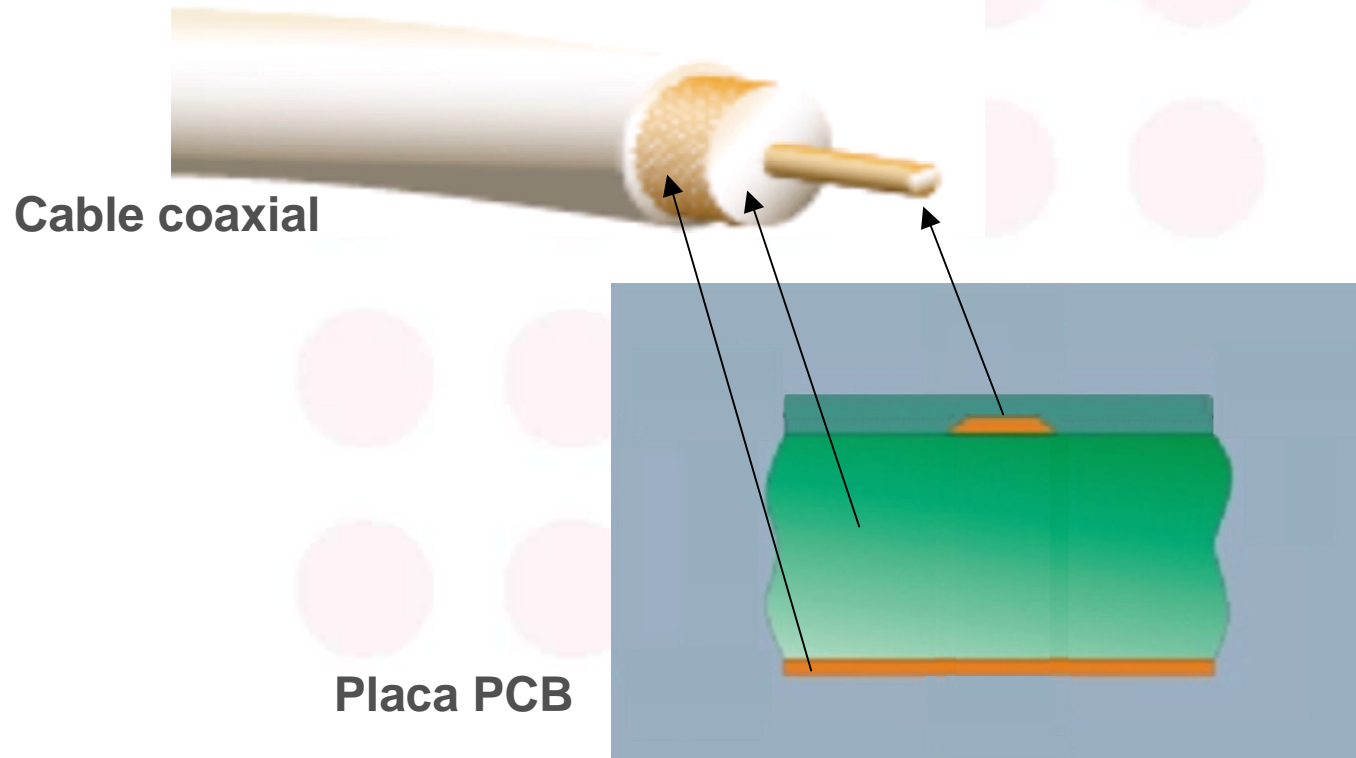
Josep A. Sánchez  
Responsable Dept. Comercial





## Definición

La impedancia ( $Z$ ) generalmente se define como la oposición total que ofrece un dispositivo o un circuito al flujo de una corriente a una frecuencia determinada.

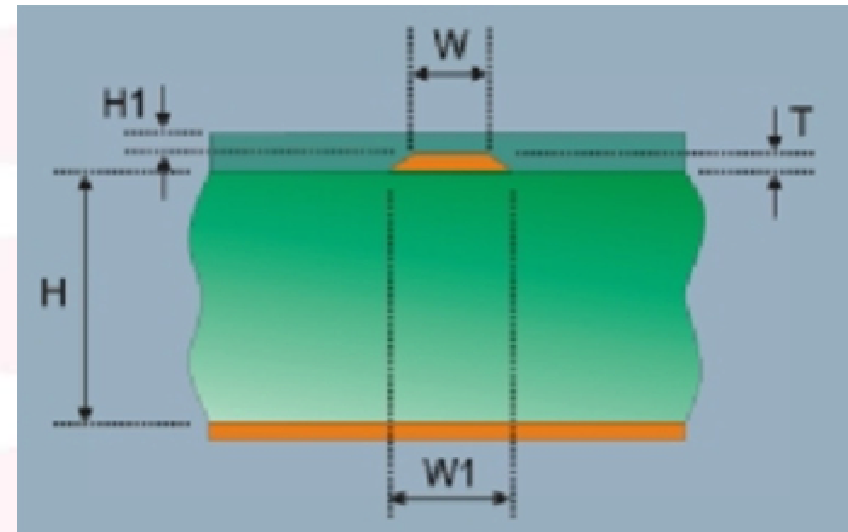




## Parámetros

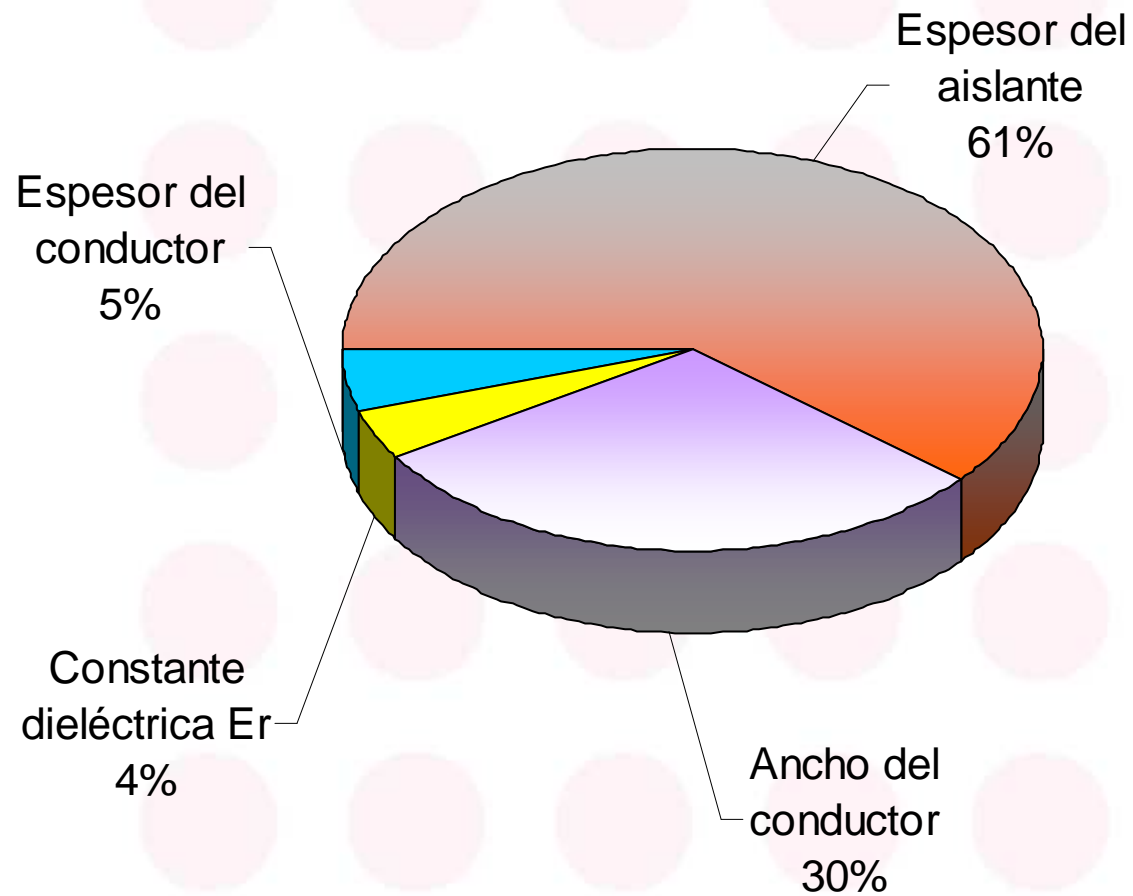
De igual forma que en un cable coaxial, los parámetros que influirán en la impedancia, corresponderán a los materiales y a las dimensiones que utilizemos de los mismos.

- **Espesor del aislante.**
- **Ancho del conductor.**
- **Espesor del conductor.**
- **Constante dieléctrica.**



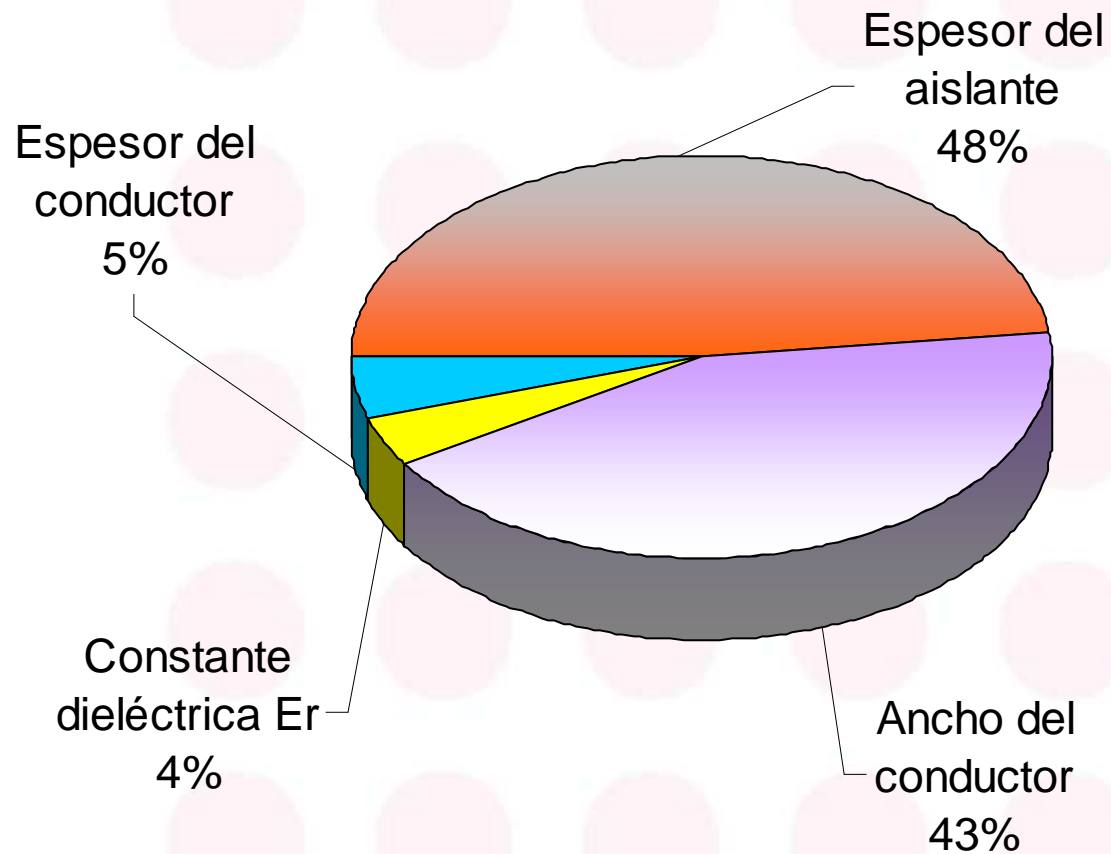


# Microstripline





# Stripline





## Gestión



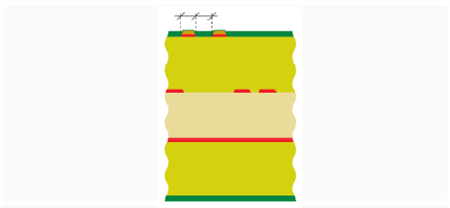
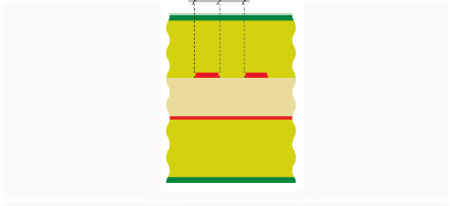
PCB's de impedancia controlada ***sin certificación***

Realizaremos la fabricación según:

- Stack up solicitado.
- Parámetros estándar de fabricación.



## Parámetros

Parámetros		ESTANDAR
<b>Ancho/Espacio conductor en capas externas (grosor cobre base)</b>		$\pm 25\%$ (35-70 $\mu\text{m}$ ) $\pm 20\%$ (17 $\mu\text{m}$ )
<b>Ancho/Espacio conductor en capas internas (grosor cobre base)</b>		$\pm 25\%$ (70 $\mu\text{m}$ ) $\pm 20\%$ (17-35 $\mu\text{m}$ )



## Gestión



PCB's de impedancia controlada ***con certificación***

- Tendremos en cuenta los parámetros que el cliente nos indica y que influyen en el cálculo de la impedancia.
- Mediremos los valores después de la fabricación.
- Certificaremos el valor resultado que este dentro de tolerancias.



**Gestión**

## **PROCEDIMIENTO**

- FASE DEPARTAMENTO COMERCIAL.
- FASE DIRECCIÓN – OFICINA TÉCNICA.
- FASE GESTIÓN DE LA CALIDAD.



## Gestión

## Fase Departamento Comercial

- Solicitud de certificación de la impedancia controlada.
- Parámetros necesarios en la documentación:
  - Modelo de impedancia calculado (microstrip, stripline, dif.)
  - Stackup utilizado.
  - Identificación de las pistas (apertura) y planos implicados.
  - Valores con tolerancia de la impedancia final.



# Stackup

			Cu_Base	
	LAYER 1		0,0175	
		Prepreg_1080 Prepreg_2113	0,065 0,090	
	LAYER 2	Core_FR4	0,035	0,250
	LAYER 3		0,035	
		Prepreg_1080 Prepreg_2113	0,065 0,090	
	LAYER 4	Core_FR4	0,035	0,250
	LAYER 5		0,035	
		Prepreg_1080 Prepreg_2113	0,065 0,090	
	LAYER 6	Core_FR4	0,035	0,250
	LAYER 7		0,035	
		Prepreg_1080 Prepreg_2113	0,065 0,090	
	LAYER 8		0,0175	



## Especificación Impedancia

LAYERS IMPEDANCE	IMPEDANCE (VALUE NOMINAL)	TRACKS WIDTH	SEPARATION BETWEEN TRACKS	REFERENCE PLANE
1	$50 \pm 10\% \Omega$ Microstripline	0.12mm		2
4	$100 \pm 10\% \Omega$ Diferencial	0.12mm	0.18mm	5 - 3



## Gestión



## Fase Direc.- Oficina Técnica

- Verificación de los parámetros implicados.
- Cálculo teórico del valor de la Impedancia  $Z_0$ .
- Confirmación o ajuste de Dirección Técnica.
- Construcción del cupón de medida.



## Gestión

## Verificación de los parámetros

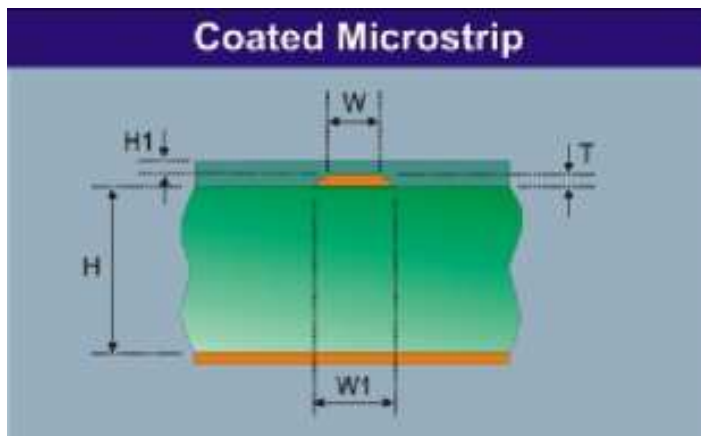
- Modelo de impedancia calculado.
- Identificación de las pistas a controlar ( por aperturas).
- Valor final y tolerancia de la Impedancia.
- Espesor de los dieléctricos.
- Distancia entre pistas y entre pista-plano.
- Espesor final de cobre.
- Tipo de material ( $E_r$ ).
- Espesor de máscara antisoldante.



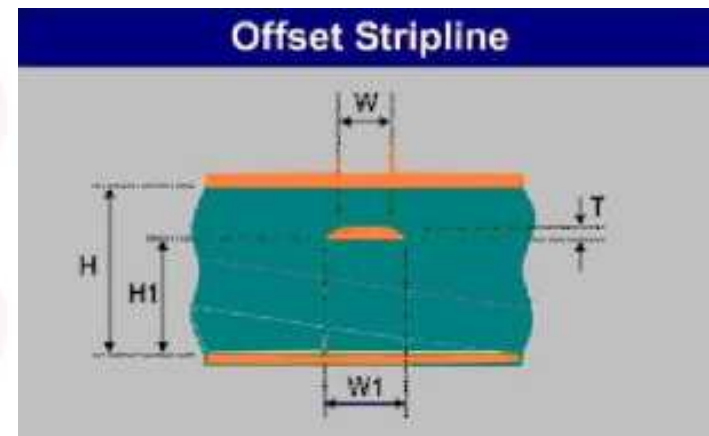
# Gestión

## Cálculo teórico Zo.

Una vez determinados los parámetros, realizamos la simulación del cálculo teórico mediante el soft SI6000 de Polar Instruments.



Capas Externas  
Microstripline



Capas Internas  
Stripline

Polar Si6000 Controlled Impedance Quick Solver - [Untitled.Si6]

File Edit Structures Configure Help

Coplanar Stri... ▲

Surface Coplanar ...

Coated Coplanar Strips

Coated Coplanar ...

Coated Coplanar Stri...

Coated Coplanar ...

Coated Coplanar Stri...

Coated Coplanar ...

**Coated Coplanar Waveguide With Ground**

Height	H	<input type="text"/>	Calculate
Height1	H1	<input type="text" value="15μ"/>	Calculate
Width	W	<input type="text" value="W1 - 25μ"/>	Calculate
Width1	W1	<input type="text"/>	Calculate
Thickness	T	<input type="text" value="45μ"/>	Calculate
Gnd Separation	D	<input type="text"/>	Calculate
Dielectric	Er	<input type="text" value="4.2"/>	Calculate
Impedance	Zo	<input type="text"/>	Calculate
			More...

Notes

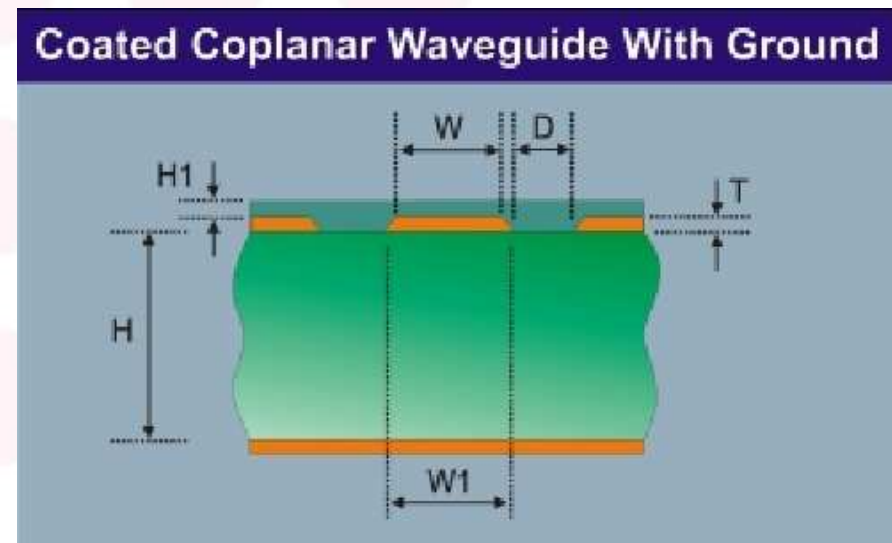
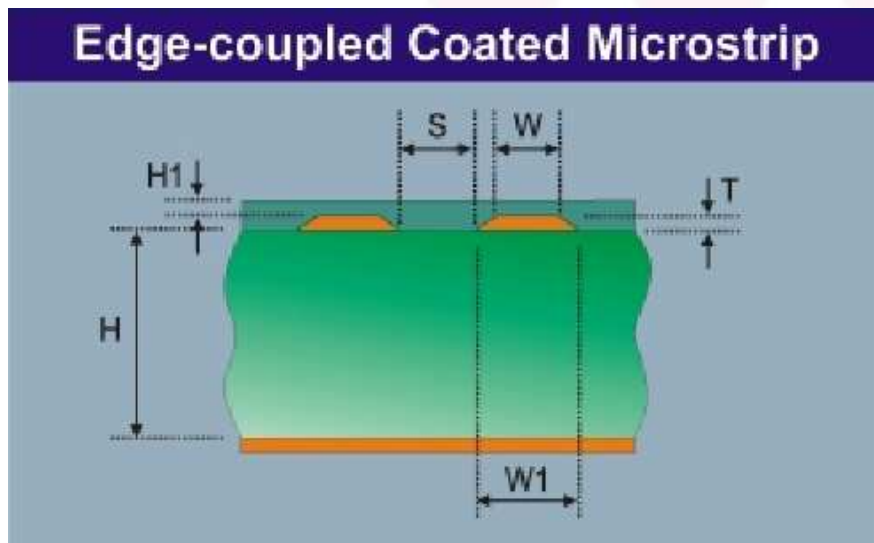
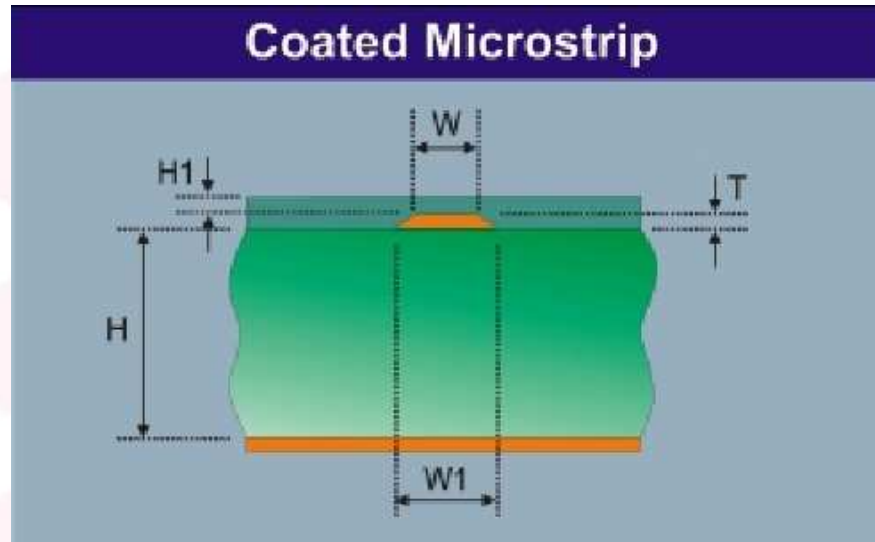
Units

Mils  
 Inches  
 Microns  
 Millimetres

**Polar**

Design and Test Tools for  
Controlled Impedance  
and Signal Integrity

H = espesor del dieléctrico.  
 H1= espesor máscara antisoldante.  
 W = ancho pista con socavado.  
 W1= ancho de la pista en la base.  
 T = espesor cobre.  
 S = separación entre pistas.  
 D = distancia pista-plano.  
 Er = constante dieléctrica del material.



Polar Si6000 Controlled Impedance Quick Solver - [Untitled.Si6]

File Edit Structures Configure Help

Edge-coupled Surface Mic...

Edge-coupled Coated Micr...

Edge-coupled Embedded ...

Edge-coupled Symmetrical...

Edge-coupled Offset Stripline

Broadside-c... Stripline

### Edge-coupled Offset Stripline

Height	H	<input type="text"/>	Calculate
Height1	H1	<input type="text"/>	Calculate
Width	W	<input type="text" value="W1 - 25µ"/>	Calculate
Width1	W1	<input type="text"/>	Calculate
Separation	S	<input type="text"/>	Calculate
Thickness	T	<input type="text" value="30µ"/>	Calculate
Dielectric	Er	<input type="text" value="4.2"/>	Calculate
Diff. Impedance	Zo	<input type="text"/>	Calculate
<input type="button" value="More..."/>			

Notes

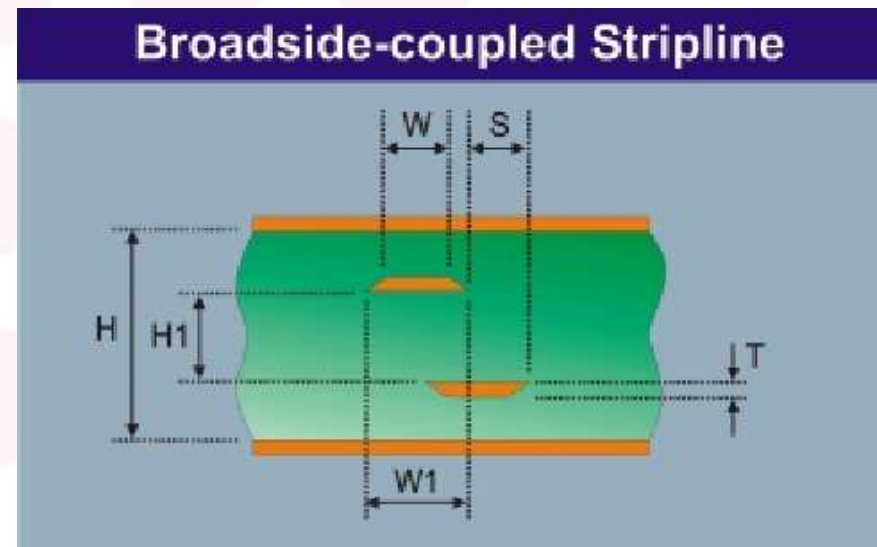
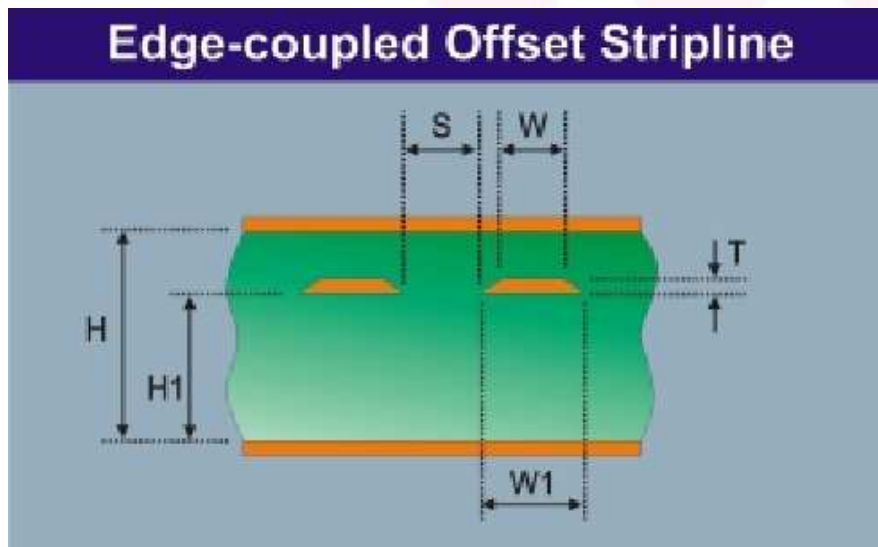
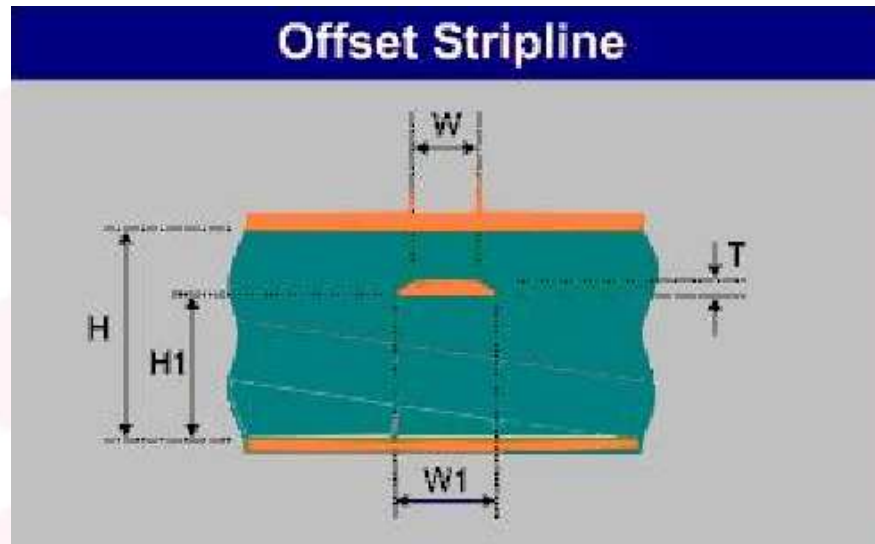
Units

Mils  
 Inches  
 Microns  
 Millimetres

**Polar**

Design and Test Tools for  
Controlled Impedance  
and Signal Integrity

H = espesor total dieléctrico.  
 H1= espesor pista-plano.  
 W = ancho pista con socavado.  
 W1= ancho de la pista en la base.  
 T = espesor cobre.  
 S = separación entre pistas.  
 D = distancia pista-plano.  
 Er = constante dieléctrica del material.

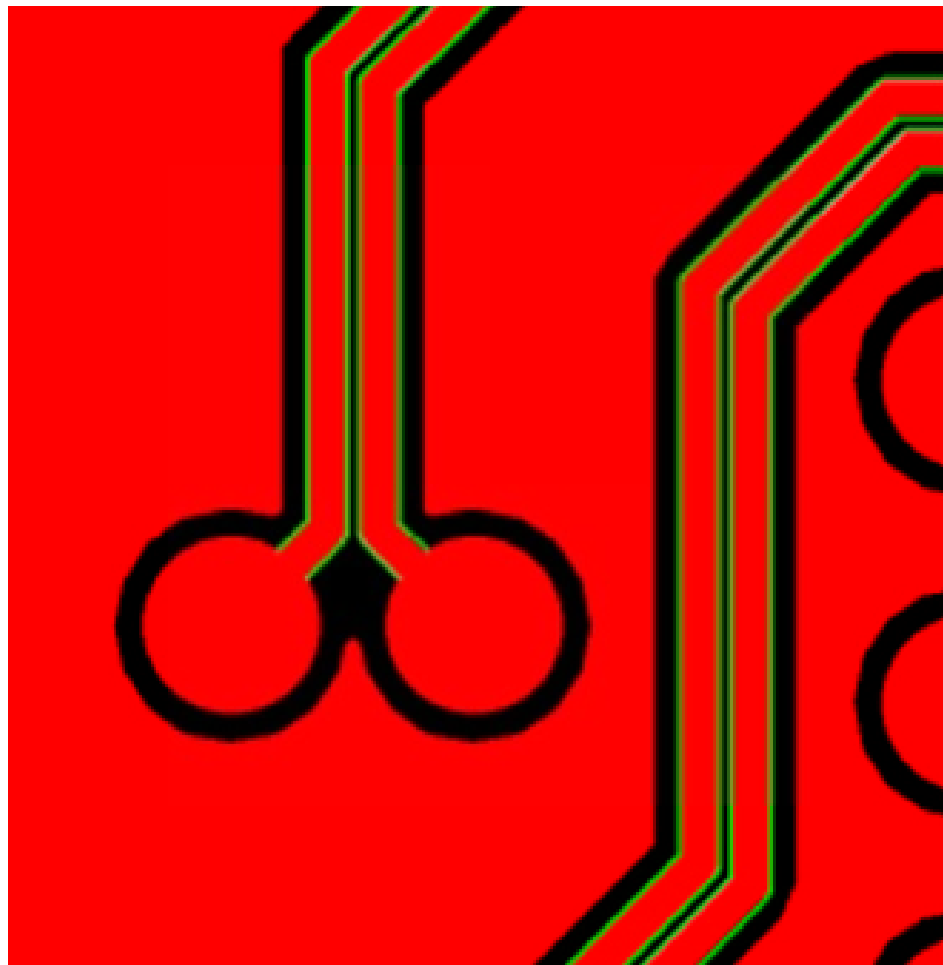




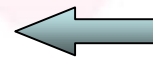
## Gestión

## Confirmación y/o ajustes

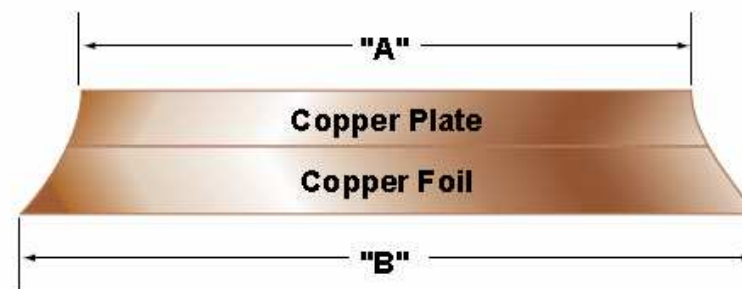
- Confirmación del valor teórico solicitado por el cliente.
- Pequeñas diferencias entre el cálculo teórico del cliente y Lab Circuits.
  - Realizaremos en este caso pequeños ajustes en el ancho del conductor o en la distancia al plano de referencia para conseguir el valor nominal solicitado.
  - Así mismo será necesario compensar en mayor o menor medida el socavado en el grabado de las pistas.



**Ajustes en los conductores**



**Grabado de los conductores**

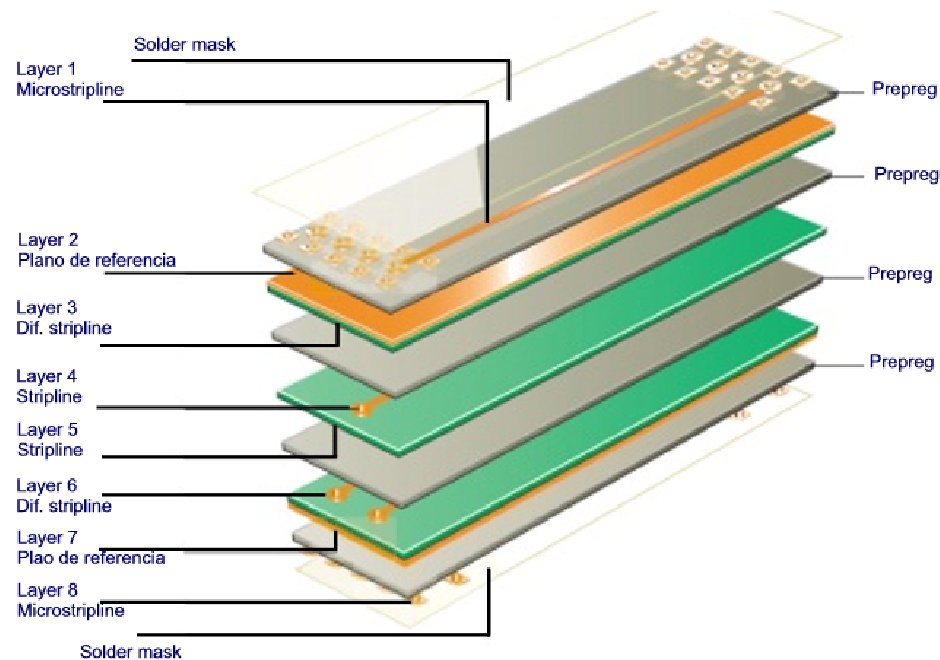




# Gestión

## Construcción cupón de medida

Realizaremos la definición y construcción del cupón representativo y normalizado que será integrado en el montaje de cada panel de fabricación.

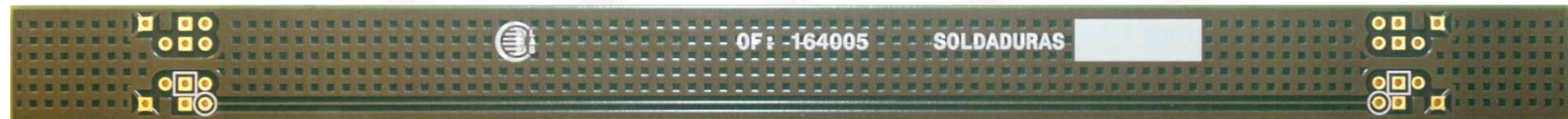




## Gestión

## Porqué cupones de test?

- Dificultad de acceso en placa para realizar las medidas.
- Pista necesaria para medir, deberá tener longitud aprox. 150mm.
- Los planos de masa y power han de estar conectados.
- Incluirlo en la placa requiere pads, vias, pistas extra, mayor dimensión...

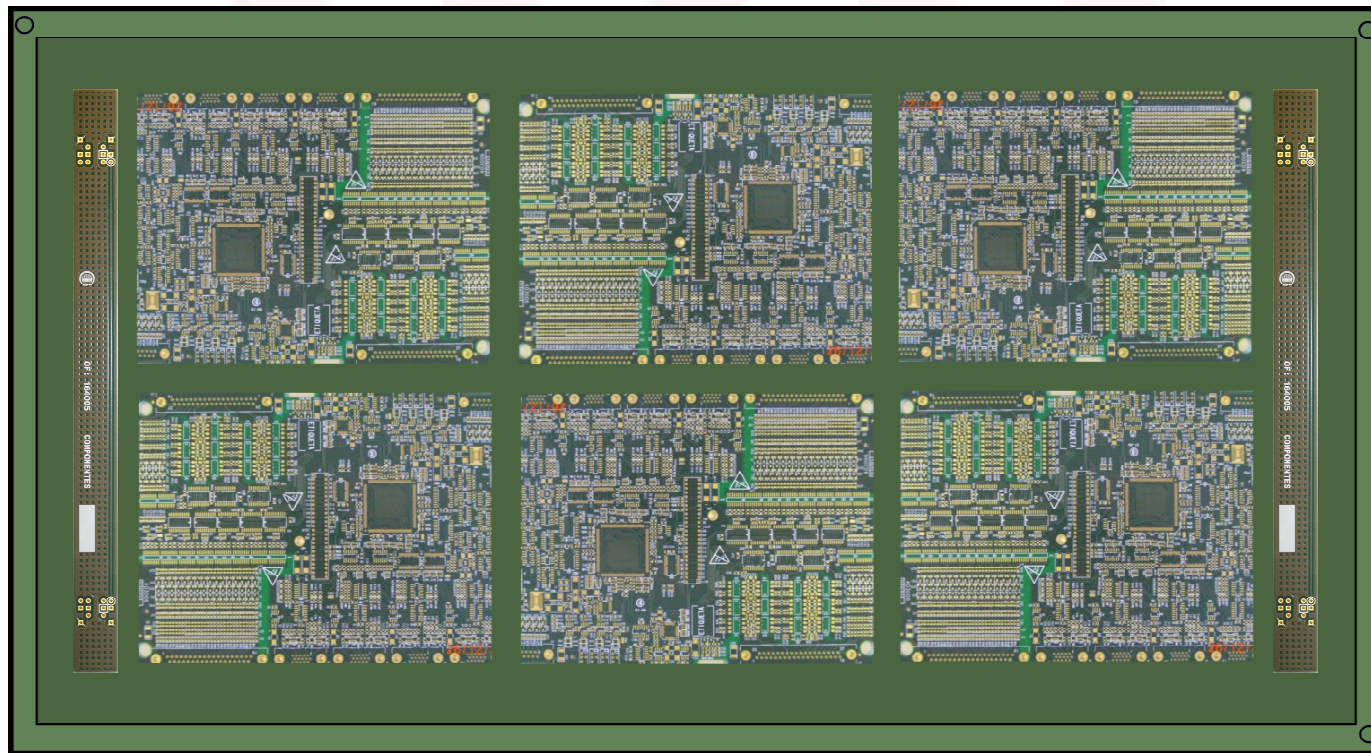




## Gestión

## Construcción cupón de medida

Las placas que integran un mismo panel de fabricación, tendrán como mínimo un cupón de test de impedancia representativo que reproduce fielmente el diseño PCB.





## Certificación



- **CONTROL Y MEDICIÓN.**
- **CORRESPONDENCIA CUPONES / PLACAS.**
- **CERTIFICACIÓN IMPEDANCIA CONTROLADA.**



## Certificación



## Control y medición

Mediante el equipo de Polar Instruments control CITS 500s, se realiza el control y medición de los parámetros Average, SD, Max.Z, Min Z.

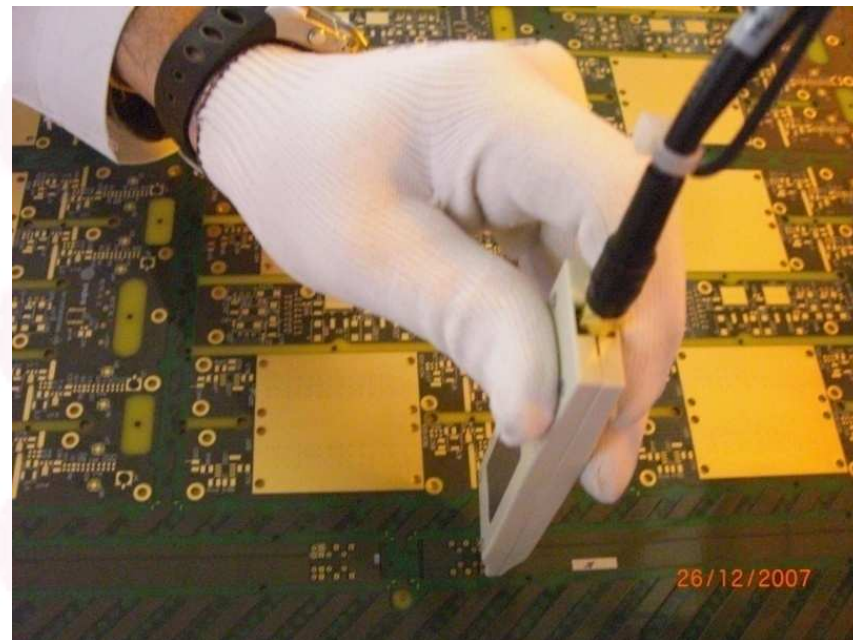




## Certificación

### Correspondencia cupones/placas

La medición del valor de la impedancia se realiza antes de la fase de fresado, por lo que la correspondencia entre los cupones y las placas está garantizada.

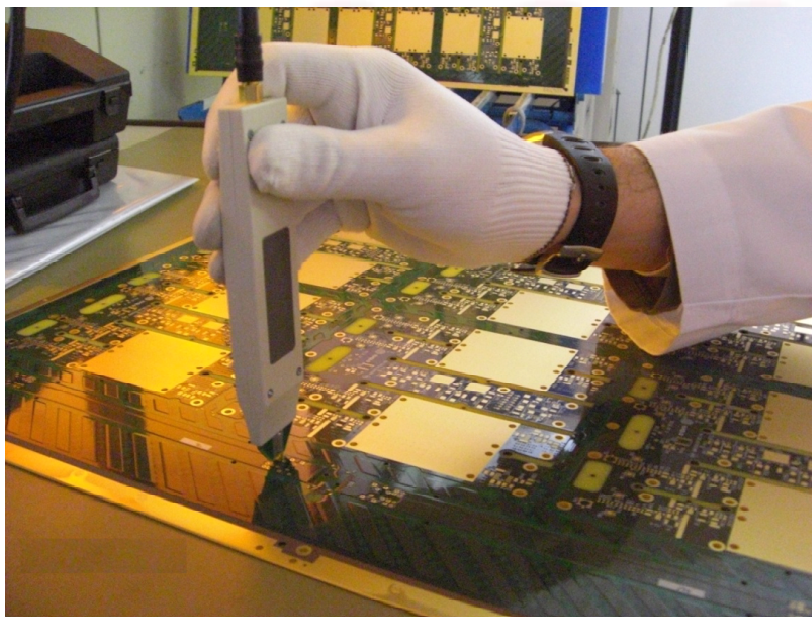




## Certificación

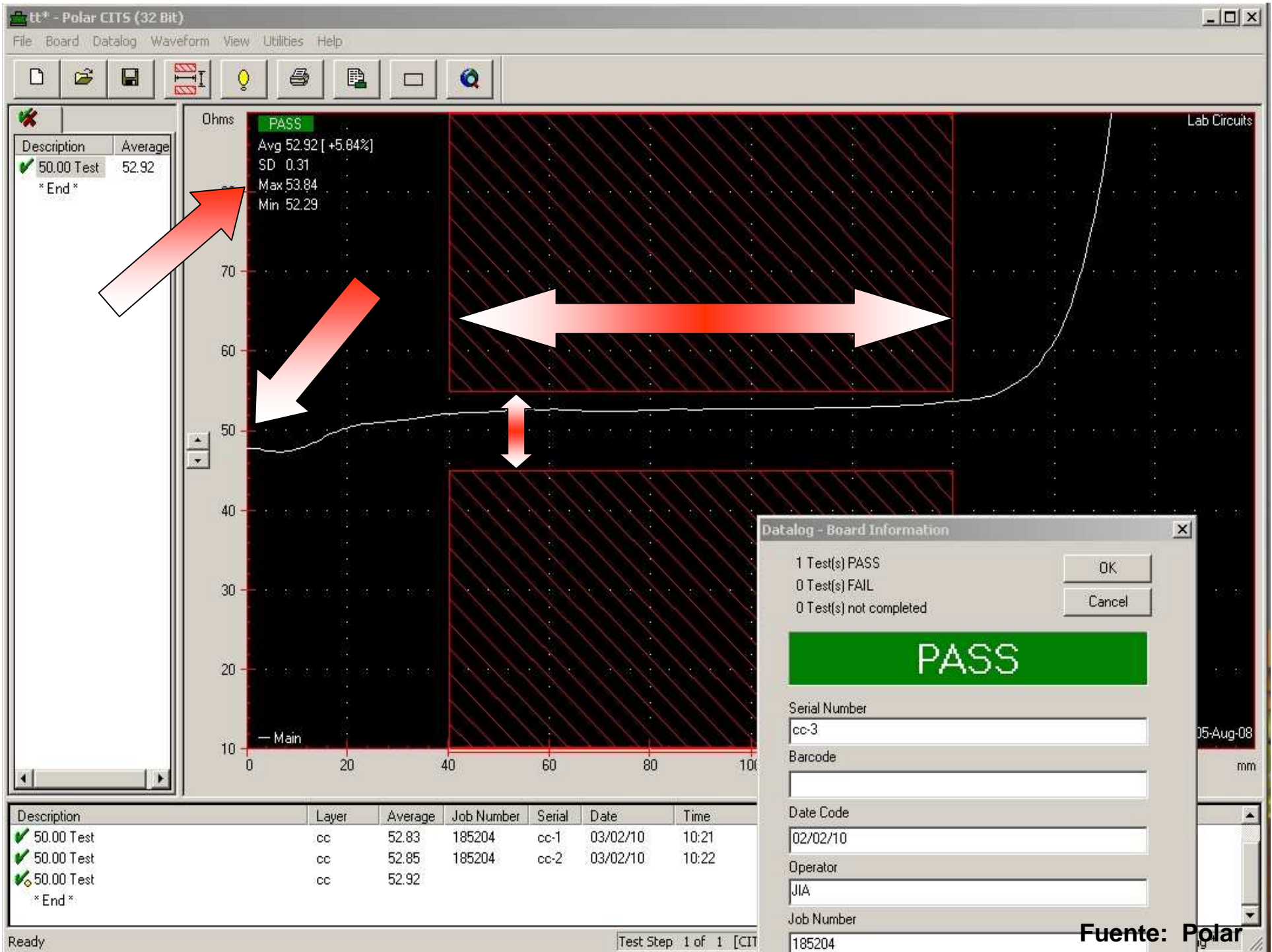
### Fase Gestión de la Calidad

Medición de cada cupón representativo mediante el equipo TDR (Time Domain Reflectometry), inyectando una señal y midiendo el tiempo de respuesta.



Resultado ok

Resultado no ok



Fuente: Polar

tt - Polar CITS (32 Bit)

File: Board Datalog Waveform View Utilities Help

0hms **FAIL**

Avg 52.83 [-11.95%]  
SD 0.30  
Max 53.67  
Min 52.25

90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20

0 20 40 60 80 100

— Main

Lab Circuits

Description	Average
✘ 50.00 Test	52.83
* End *	

Datalog - Board Information

0 Test(s) PASS  
1 Test(s) FAIL  
0 Test(s) not completed

**FAIL**

Serial Number  
cc-4

Barcode

Date Code  
02/02/10

Operator  
JIA

Job Number  
185204

Description	Layer	Average	Job Number	Serial	Date	Time
✘ 50.00 Test	cc	52.83				
* End *						

Ready

Test Step 1 of 1 [CITS500: 185204

Fuente: Polar

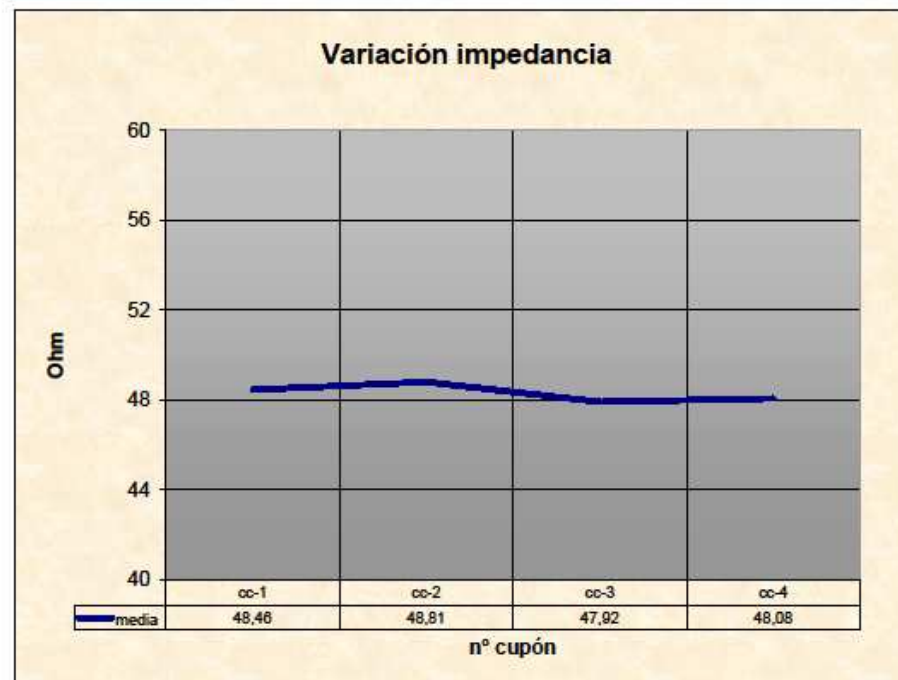


## Certificación

- Después del análisis de los cupones, se retirarán las placas y cupones no ok para su análisis posterior mediante cross-section y determinación de la causa del valor fuera de la tolerancia especificada.
- A partir de los cupones correctos se generará el registro interno y certificado impedancia controlada para el cliente.

[Certificado Impedancia](#)

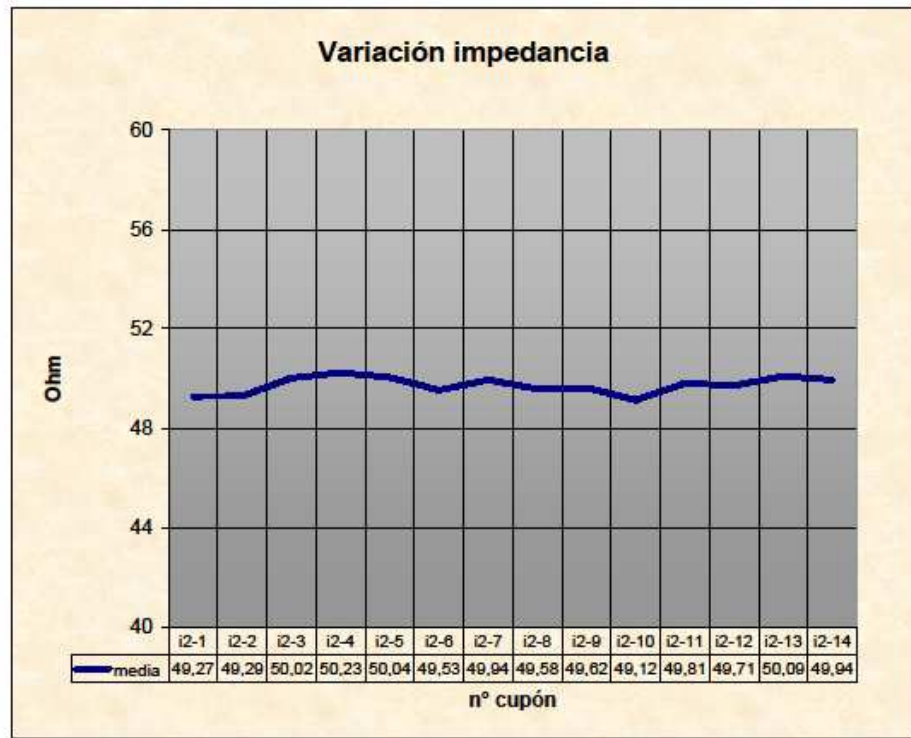
cliente	CLIENTE	Medición realizada en cupones normalizados de las mismas características que los PCBs, con instrumento POLAR CITS500S, calibrado el 14-12-09 y con un error máximo de 0.13%. Los resultados en los circuitos pueden variar ligeramente en función de la geometría de las pistas  ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD
ref.	CPU	
re. LAB	999-999-99	
nº OF	1847XX	
controlador	MUG	
fecha	22/01/2010	
tipo de control	Coated coplanar waveguide with ground	
capa	cc	
nº de cupones	4	
especificación	50 Ohm $\pm$ 10%	
resultado final	<b>48 <math>\pm</math> 1 Ohm</b>	



cliente	CLIENTE
ref.	PLACA MADRE TIGR.2
re. LAB	999-999-99
nº OF	1830XX
controlador	JIA
fecha	03/11/2009
tipo de control	pfiset stripline
capa	i2
nº de cupones	14
especificación	50 Ohm $\pm$ 10%
resultado final	<b>50 <math>\pm</math> 1 Ohm</b>

Medición realizada en cupones normalizados de las mismas características que los PCBs, con instrumento POLAR CITS500S, calibrado el 06/08/07 y con un error máximo de 0.13%. Los resultados en los circuitos pueden variar ligeramente en función de la geometría de las pistas

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD





## Consideraciones

### ....EN LA DOCUMENTACION.

- Realizar un cálculo teórico previo de la impedancia.
- Indicar todos los parámetros que se han tenido en cuenta.
- Conocer espesor real de cores y prepregs del fabricante PCB.



## ESPESTORES ESTÁNDAR EN MULTICAPAS DE FR4

CAPAS INTERNAS (LAMINADOS)			PRE-PREG (AISLANTE)			
NOMENCLATURA	GRUESO REAL	CONST.DIELECTRICA (1 MHz)	NOMENCLATURA	GRUESO TEORICO	GRUESO REAL (PRENSADO)	CONST.DIELECTRICA(1 MHz)
0,1	0,10 ± 0,010 mm	4,4	106	0,050 mm	0,048 ± 0,010 mm	4,3
0,127	0,13 ± 0,010 mm	4,4	1080	0,070 mm	0,065 ± 0,010 mm	4,4
0,15	0,15 ± 0,015 mm	4,5	2113	0,095 mm	0,088 ± 0,010 mm	4,5
0,178	0,18 ± 0,020 mm	4,7	2116	0,120 mm	0,110 ± 0,015 mm	4,6
0,254	0,24 ± 0,030 mm	4,5	7628	0,180 mm	0,178 ± 0,020 mm	4,7
0,356	0,35 ± 0,035 mm	4,7				
0,508	0,50 ± 0,050 mm	4,7				
0,8	0,73 ± 0,060 mm	4,7				
1	0,89 ± 0,080 mm	4,7				
1,2	1,14 ± 0,100 mm	4,7				
1,5	1,50 ± 0,150 mm	4,7				
2,4	2,42 ± 0,200 mm	4,7				

ESPESOR COBRE BASE	
ESPESOR TEORICO	ESPESOR REAL
17 µm	15 ±2 µm
35 µm	31 ±2 µm
70 µm	62 ±2 µm

\* Para frecuencias de 1 GHz, la Constante dieléctrica (Er) tendrá un valor 0,2 inferior.



## Consideraciones

### .....EN LA TOLERANCIA.

- La tolerancia estándar del valor de impedancia es de un  $\pm 10\%$ .
- En diseños críticos, puede ser necesario ampliarla.
- Podrá solicitarse una impedancia  $< \pm 10\%$ , placa de prueba.
- Valores de los conductores constantes,  $\pm 10\%$  corresponde a las variaciones en el proceso de fabricación.



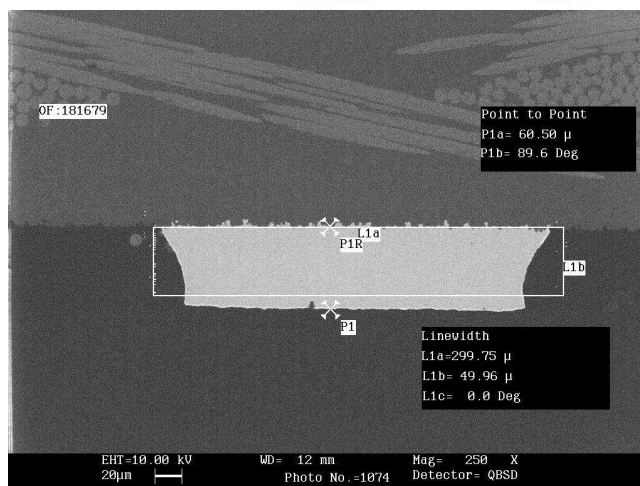
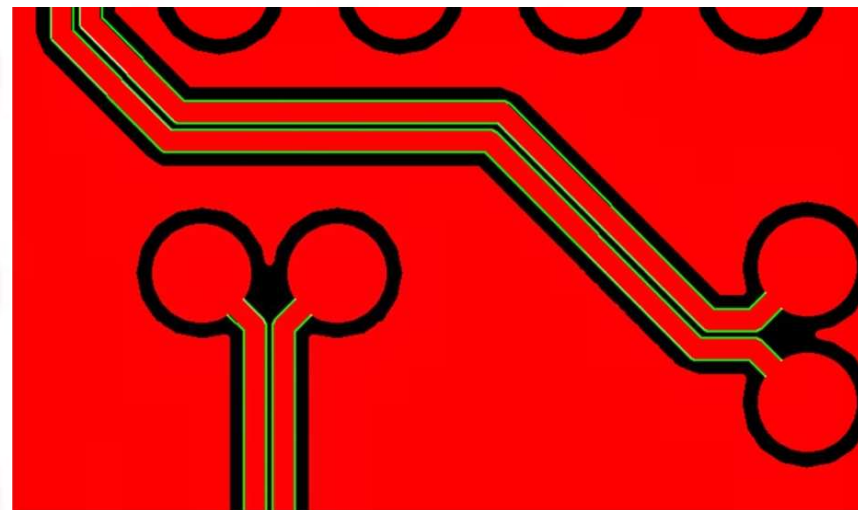
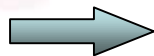
## Consideraciones

### **...EN EL DISEÑO.**

- La variación de la impedancia es mayor cuanto menor es el ancho de la pista o el espesor del dieléctrico.
- Área de metalización regular en todo el circuito, para conseguir un espesor de cobre uniforme.
- Diseño con posibilidad de ajustes para coincidir con el valor teórico y/o compensar el proceso de grabado.



Ajustes conductores



Grabado de los conductores

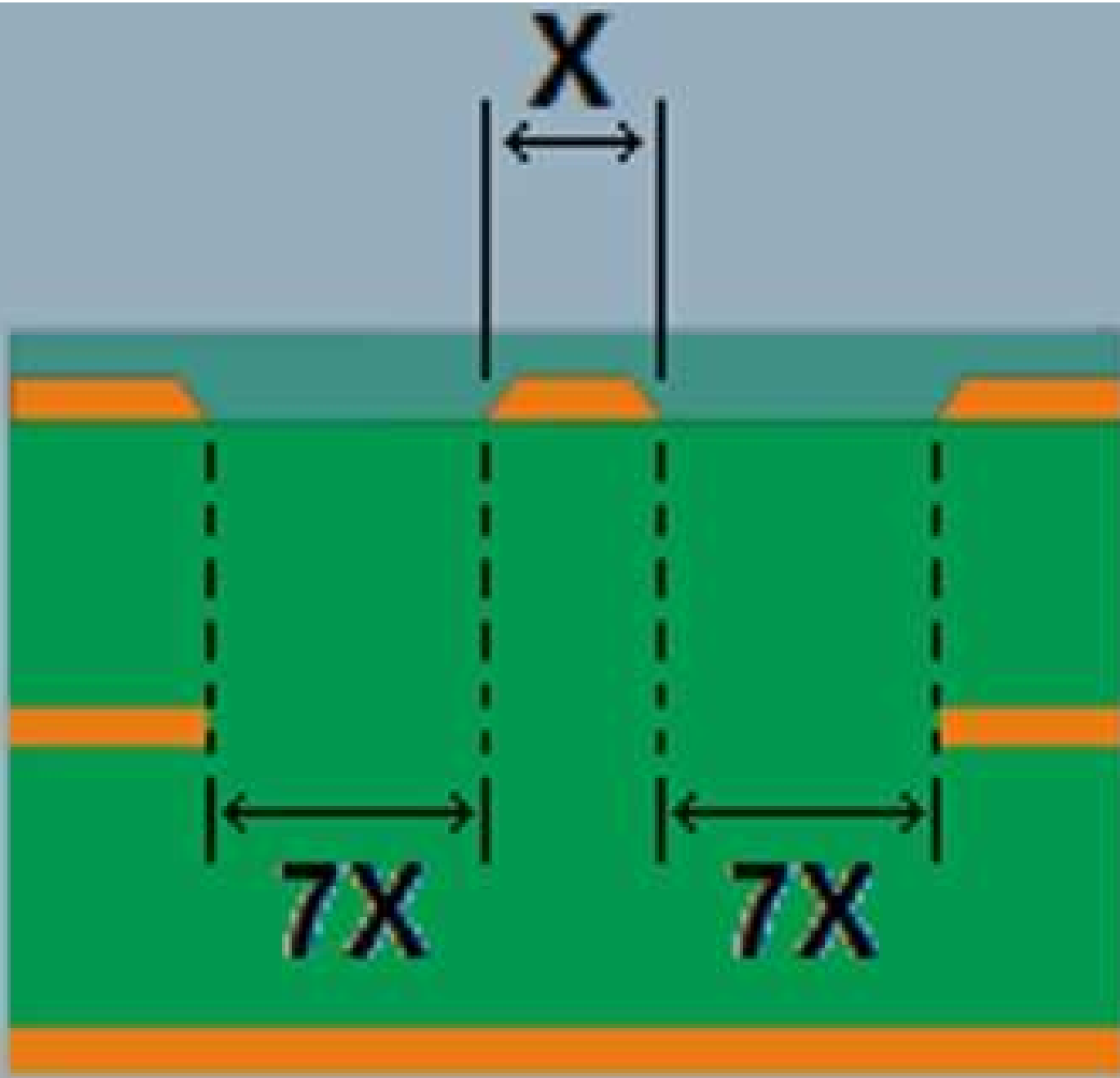




## Consideraciones

### ...EN EL DISEÑO.

- Influencia de planos circundantes a menos de 7 veces el ancho de la pista de impedancia controlada.
- La proyección en Z de la zona de impedancia deberá estar libre de conductores.
- No realizar excesivos cortes en los planos de referencia.





## Consideraciones

### ...EN MATERIALES

- Existen materiales con mejores propiedades eléctricas.
- Depende de muchos factores, como frecuencia o velocidad de la señal, longitud y ancho de la línea,...
- Generalizando, se considera conveniente a frecuencias  $>3$  GHz.

Tipo de Material	Er (1GHz)
FR4	4.2
Nelco 4000-13SI	3.4
ROGERS 4003	3.3



## Consideraciones

### ...EN COSTES.

- El coste de la impedancia va directamente proporcional a la cantidad de valores de impedancia que debemos medir en una o diferentes capas y de la cantidad de cupones a realizar.



## CONCLUSIONES

A partir del diseño del cliente y de las indicaciones de los parámetros que influyen en la impedancia controlada, Lab Circuits realizará, la **verificación** de dichos parámetros, la **corrección** de los mismos hasta conseguir el nominal teórico, la **medición** de los cupones de test representativos y la **certificación** del valor de la impedancia de las placas que estén dentro de las tolerancias acordadas.



**Gracias  
por su atención**