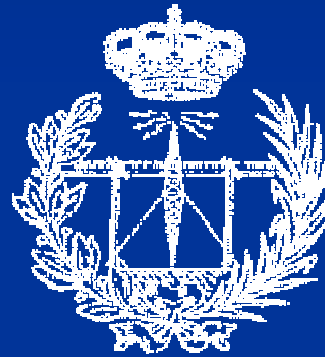




Universidad de Las Palmas de
Gran Canaria

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de
Telecomunicación



Diseño de un Amplificador de Bajo Ruido de
Ultra Banda Ancha para un Receptor de UWB
en CMOS 0.35 μm

Tutor: Francisco Javier Del Pino Suárez

Cotutor: Jesús Rubén Pulido Medina

Autor: Hugo García Vázquez

Septiembre de 2006



Estructura del Proyecto

- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Estándar IEEE 802.15.3a**
- **Características de los LNAs**
- **Tecnología SiGe 0.35 de AMS**
- **Diseño a nivel de esquemático**
- **Diseño a nivel de layout**
- **Conclusiones**
- **Presupuesto**



■ Introducción





■ Introducción

■ Fijas

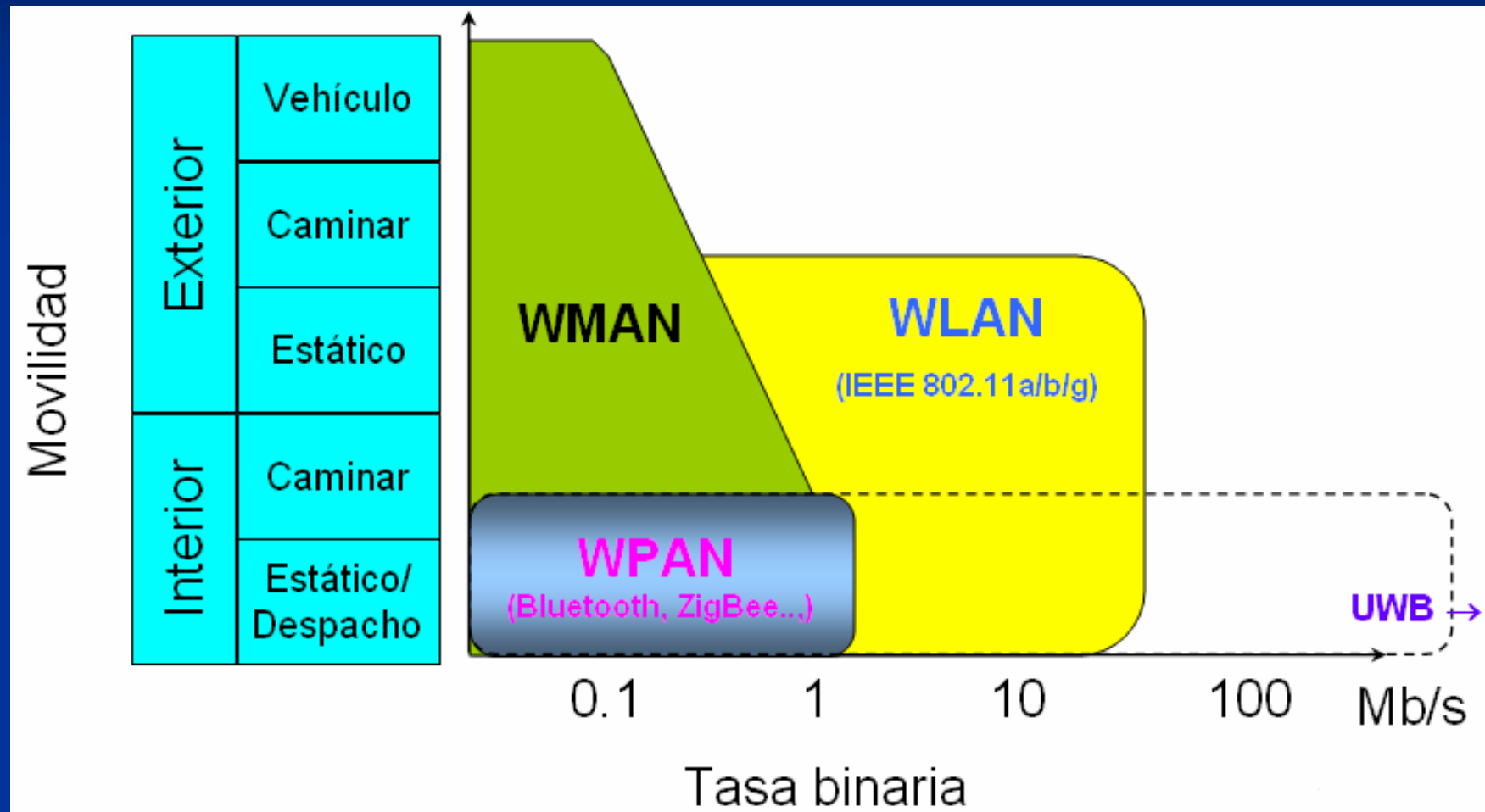
- MMDS
- LMDS
- Microondas punto a punto
- Enlaces ópticos

■ Móviles

- WWAN
- WMAN
- WLAN
- WPAN



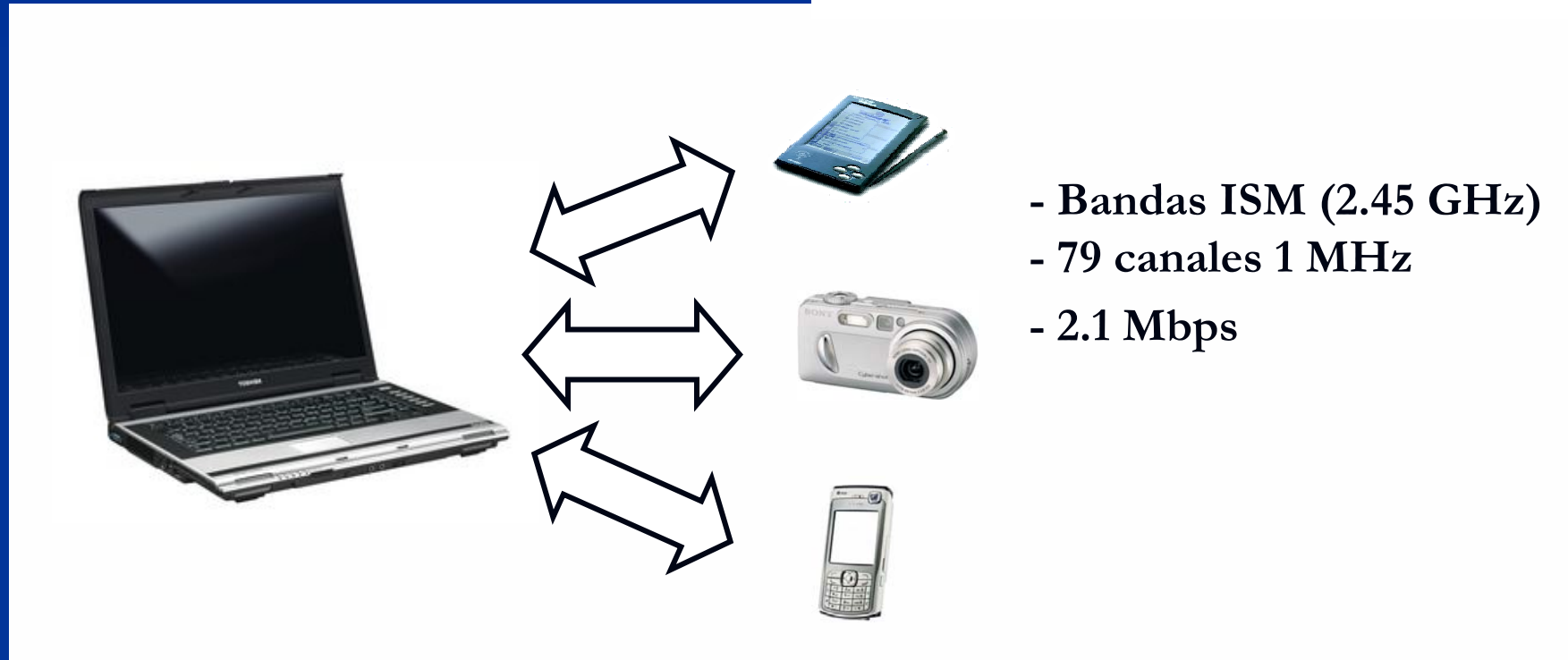
■ Introducción





■ Introducción

■ WPAN

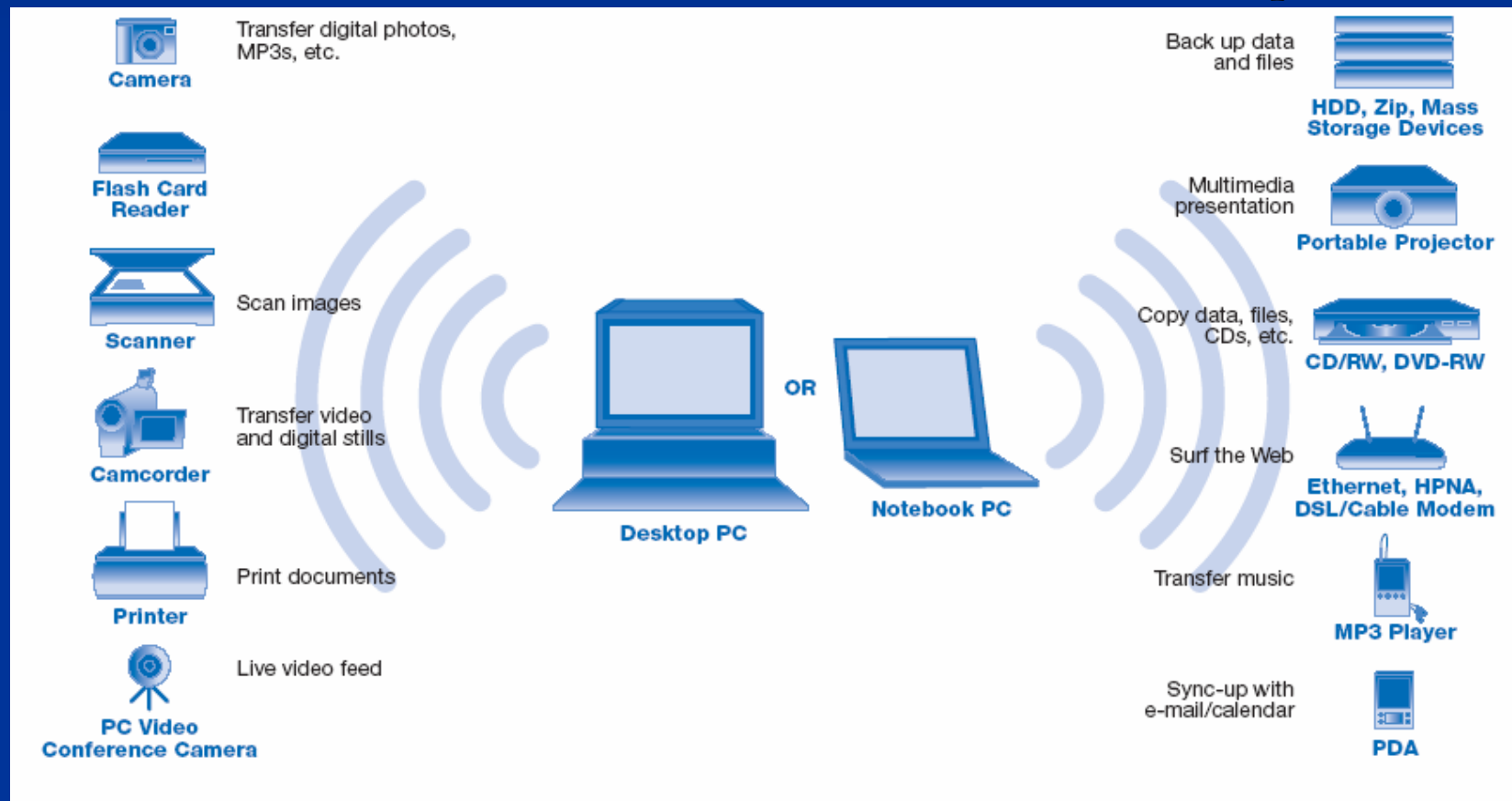




■ Introducción

■ Ultra Banda Ancha (UWB, Ultra Wide Band)

■ Velocidades de transmisión de hasta 400-500 Mbps





■ Introducción

■ Ultra Banda Ancha (UWB, Ultra Wide Band)

■ Generación de señales de UWB:

- IR-UWB

- CB-UWB

■ FCC (Federal Communications Commissions)

- 802.15.3a basados probablemente en CB-UWB

■ MBOA (Multiband OFDM Alliance)

- Espectro de 3.1-10.6 GHz

- 14 bandas de 528 MHz

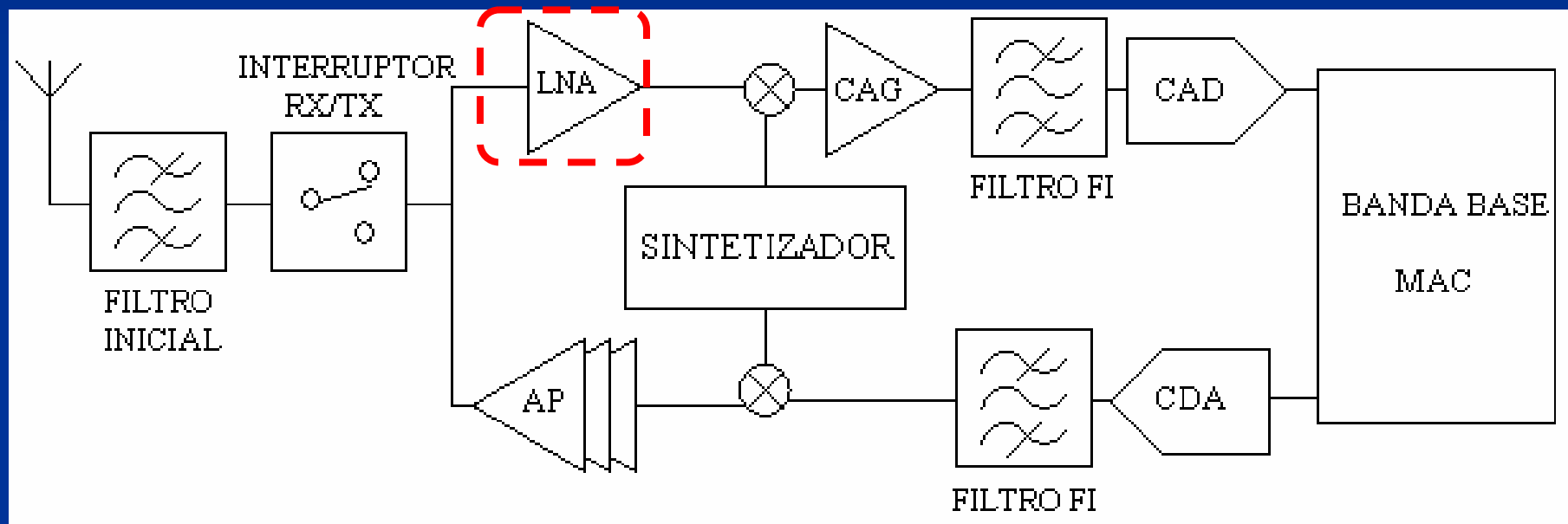
- Moduladas en QPSK-OFDM 128

- Tasa de datos de 53.3-480 Mbps



■ Introducción

■ Ultra Banda Ancha (UWB, Ultra Wide Band)





Estructura del Proyecto

- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Estándar IEEE 802.15.3a**
- **Características de los LNAs**
- **Tecnología SiGe 0.35 de AMS**
- **Diseño a nivel de esquemático**
- **Diseño a nivel de layout**
- **Conclusiones**
- **Presupuesto**



■ **Objetivos**

- **Diseño de un LNA de Ultra Banda Ancha para un receptor de UWB (estándar 802.15.3a) en CMOS 0.35 μm**
- **Verificación de la validez de la tecnología empleada en la implementación de un LNA para dicho estándar.**



Estructura del Proyecto

- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Estándar IEEE 802.15.3a**
- **Características de los LNAs**
- **Tecnología SiGe 0.35 de AMS**
- **Diseño a nivel de esquemático**
- **Diseño a nivel de layout**
- **Conclusiones**
- **Presupuesto**



- **Estándar IEEE 802.15.3a**
 - **Características de los sistemas de RF**
 - **Características del estándar IEEE 802.15.3a**
 - **Especificaciones del receptor para UWB-MBOA**

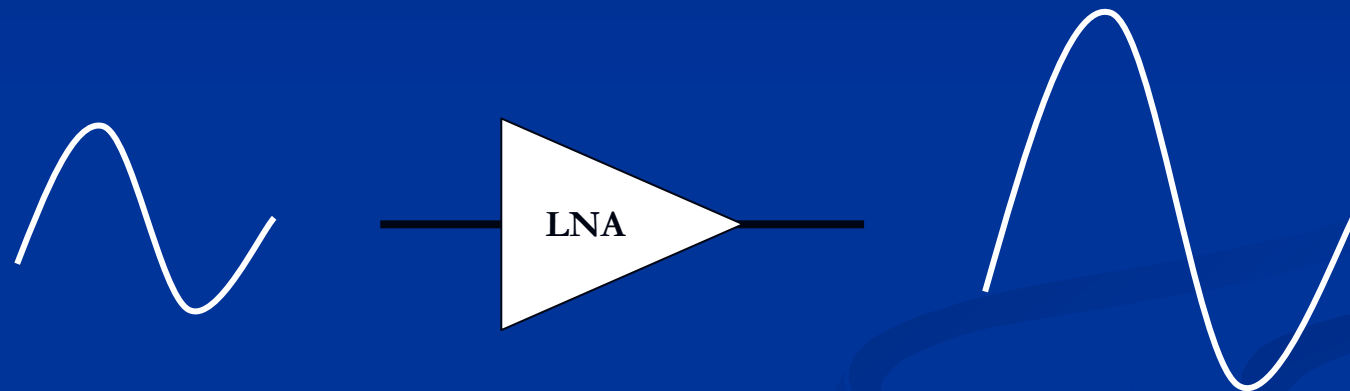


- **Características de los sistemas de RF**
 - Ganancia
 - Figura de ruido
 - Punto de intercepción de tercer orden (IP3)
 - Coeficiente de onda estacionaria (VSWR)



■ Características de los sistemas de RF

■ Ganancia



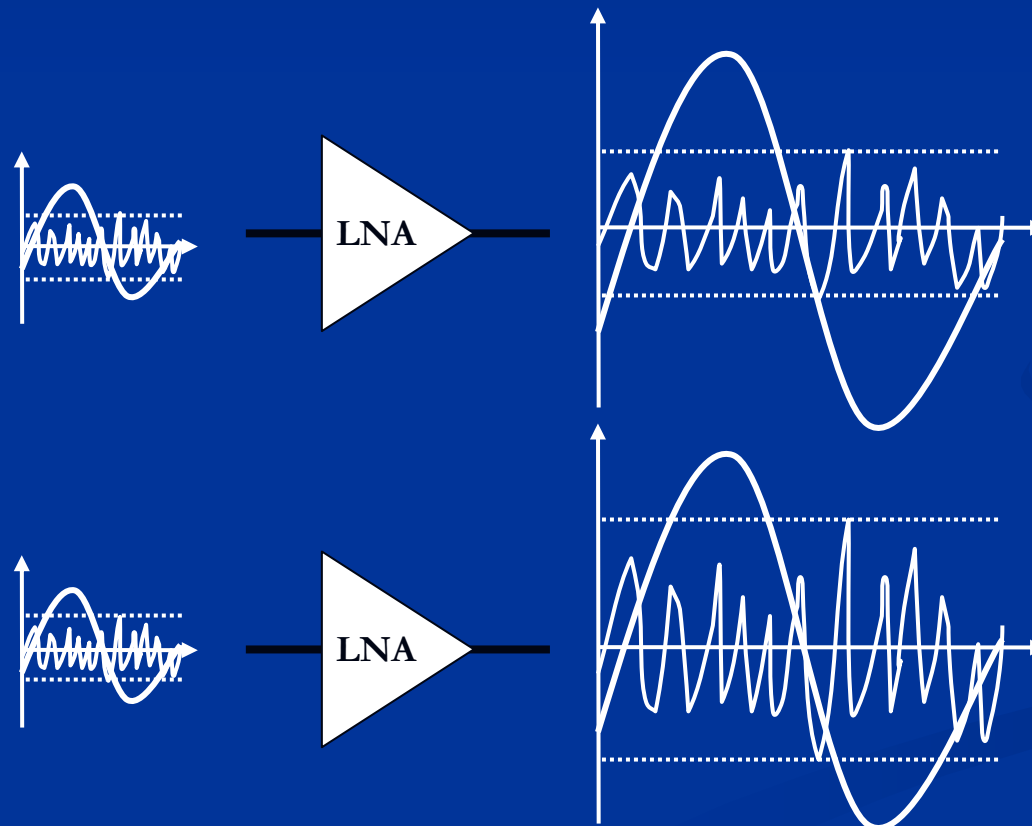
$$G = \frac{V_{salida}}{V_{entrada}}$$

$$G(dB) = 20 \log \left(\frac{V_{salida}}{V_{entrada}} \right)$$



■ Características de los sistemas de RF

■ Figura de ruido



$$NF = \frac{P_{N0}}{P_{Ni} \cdot G_A}$$



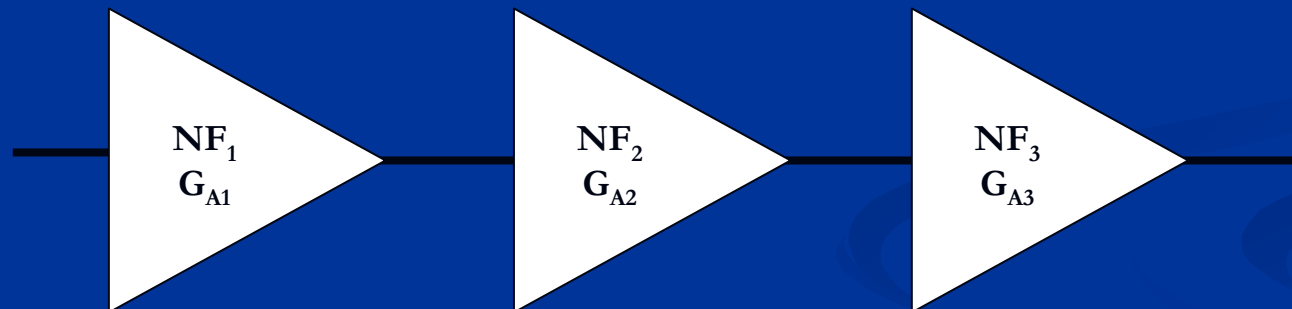
$$NF = \frac{P_{Si} / P_{Ni}}{P_{S0} / P_{N0}} = \frac{SNR_i}{SNR_0}$$



■ Características de los sistemas de RF

■ Ruido

■ Figura de ruido

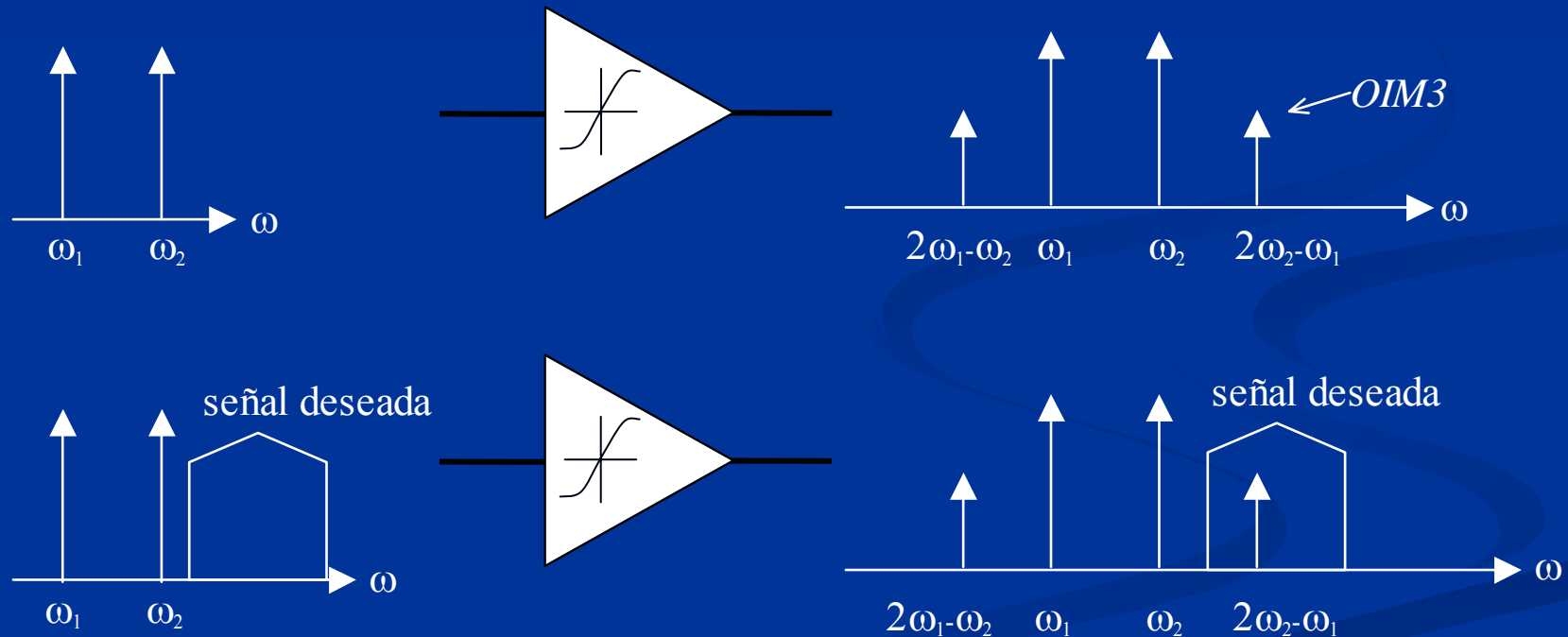


$$NF = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{G_{A1}} + \frac{NF_3 - 1}{G_{A1} \cdot G_{A2}}$$



■ Características de los sistemas de RF

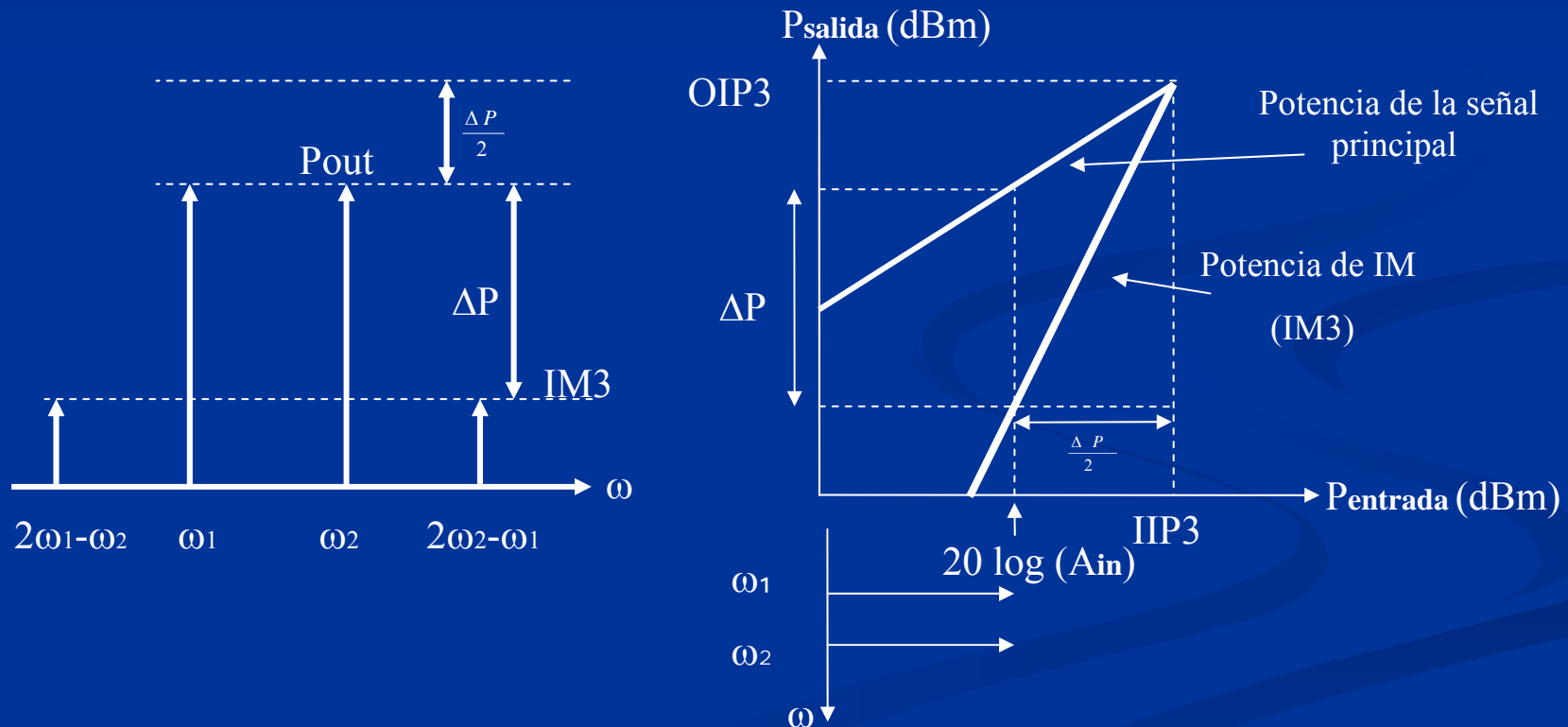
■ Punto de intercepción de tercer orden (IP3)





■ Características de los sistemas de RF

■ Punto de intercepción de tercer orden (IP3)

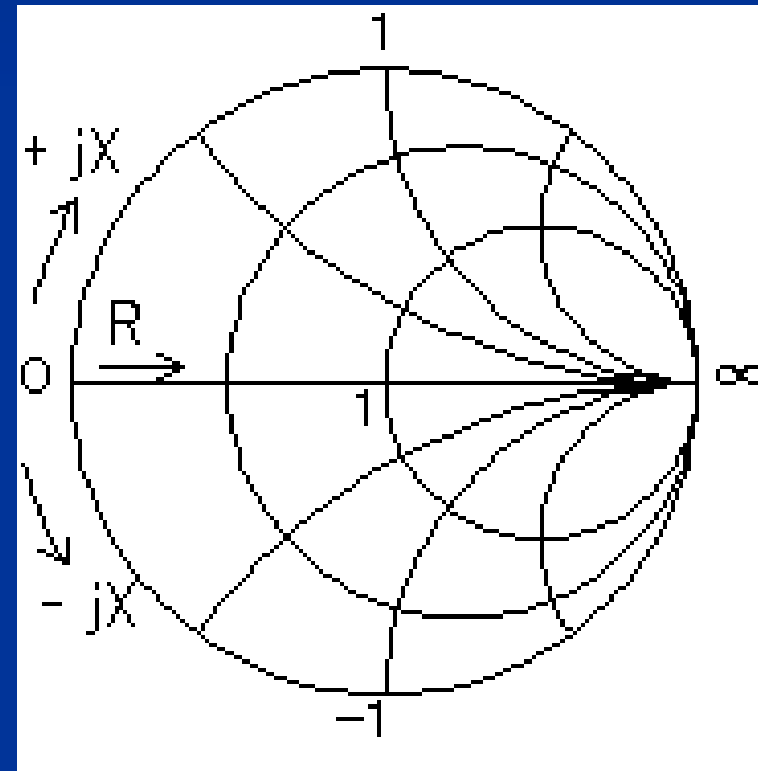




■ Características de los sistemas de RF

■ Coeficiente de onda estacionaria (VSWR)

$$|\Gamma_L| = \left| \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \right| = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

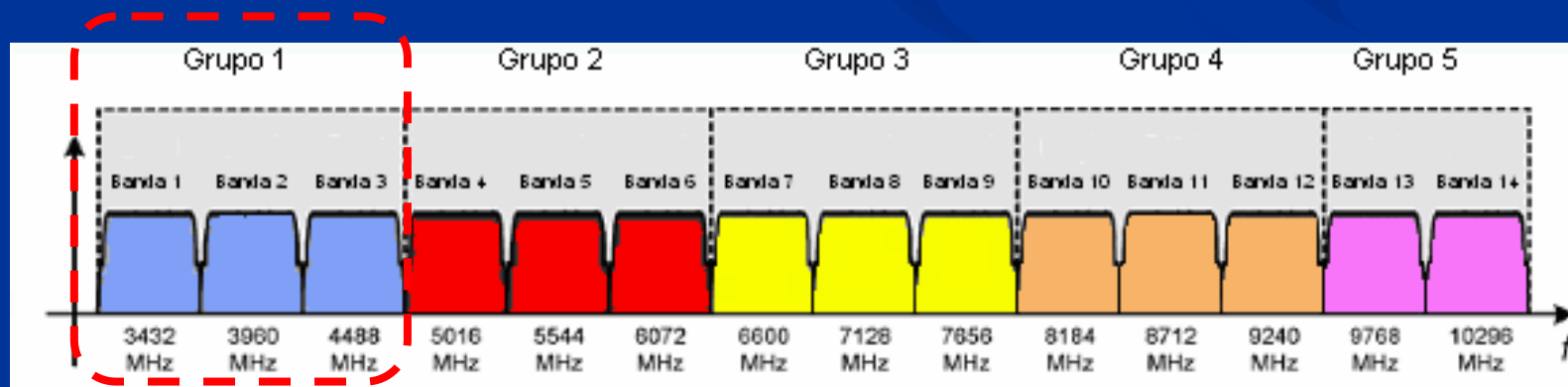




■ Características del estándar IEEE 802.15.3a

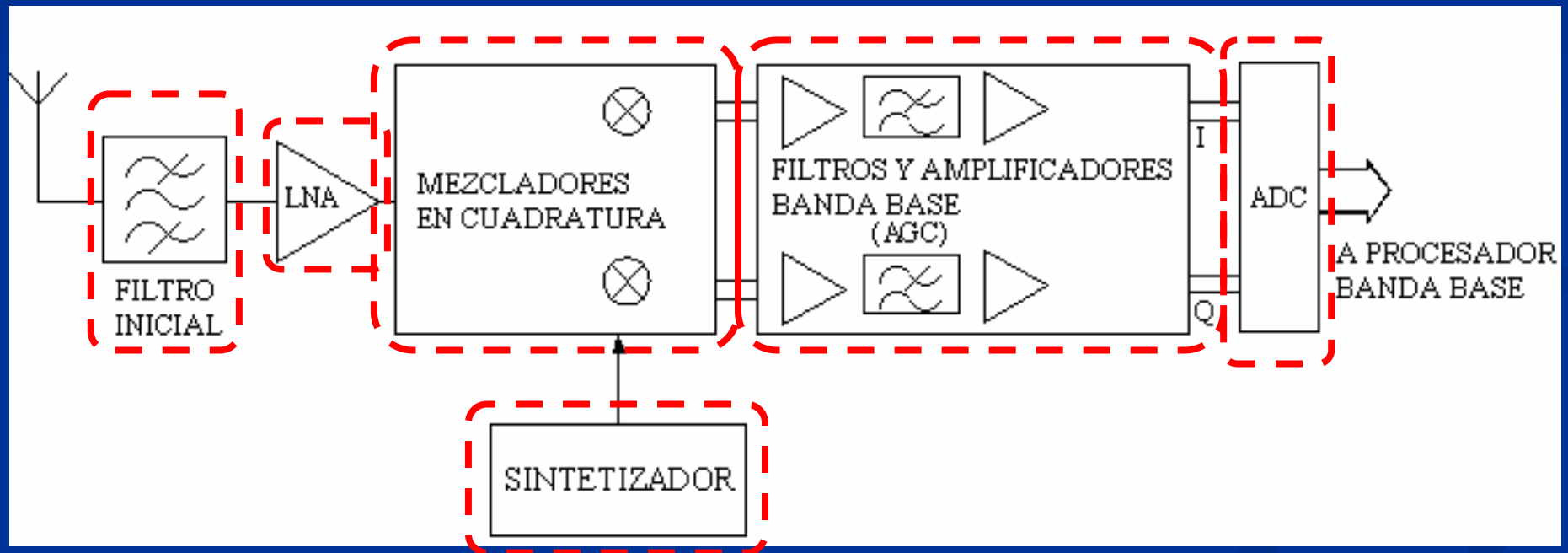
■ Propuesto por la MBOA

- Espectro de 3.1-10.6 GHz
- 14 bandas de 528 MHz
- Moduladas en QPSK-OFDM 128
- Tasa de datos de 53.3-480 Mbps
- Frecuencia central de la banda = $2904 + 528 \times nb$, $nb = 1 \dots 14$ (MHz)





- Especificaciones del receptor para UWB-MBOA
 - Estructura del receptor zero-IF





- **Características del estándar IEEE 802.15.3a**
 - **Desafíos en el diseño de receptores MB-OFDM**
 - Adaptación de la impedancia de banda ancha
 - Aparecen señales bloqueantes → Mejor linealidad
 - Filtros para seleccionar los canales en banda base con un alto rechazo a la frecuencia de corte de 264 MHz
 - Necesitan un sintetizador de frecuencia de banda ágil
 - Pureza del oscilador local
 - Ganancia equilibrada entre los canales I y Q y eficiencia en las fases en cuadratura del LO



■ Especificaciones del receptor para UWB-MBOA

Sensibilidad	-83.6 a -72.6 dBm
NF	6-7 dB
Ganancia de compresión a 1dB/IIP3	-18.56 dBm/-9 dBm
Ruido de fase	-100 dBc/Hz a 1 MHz
Ganancia tensión	84 dB
Total CAG	60 dB

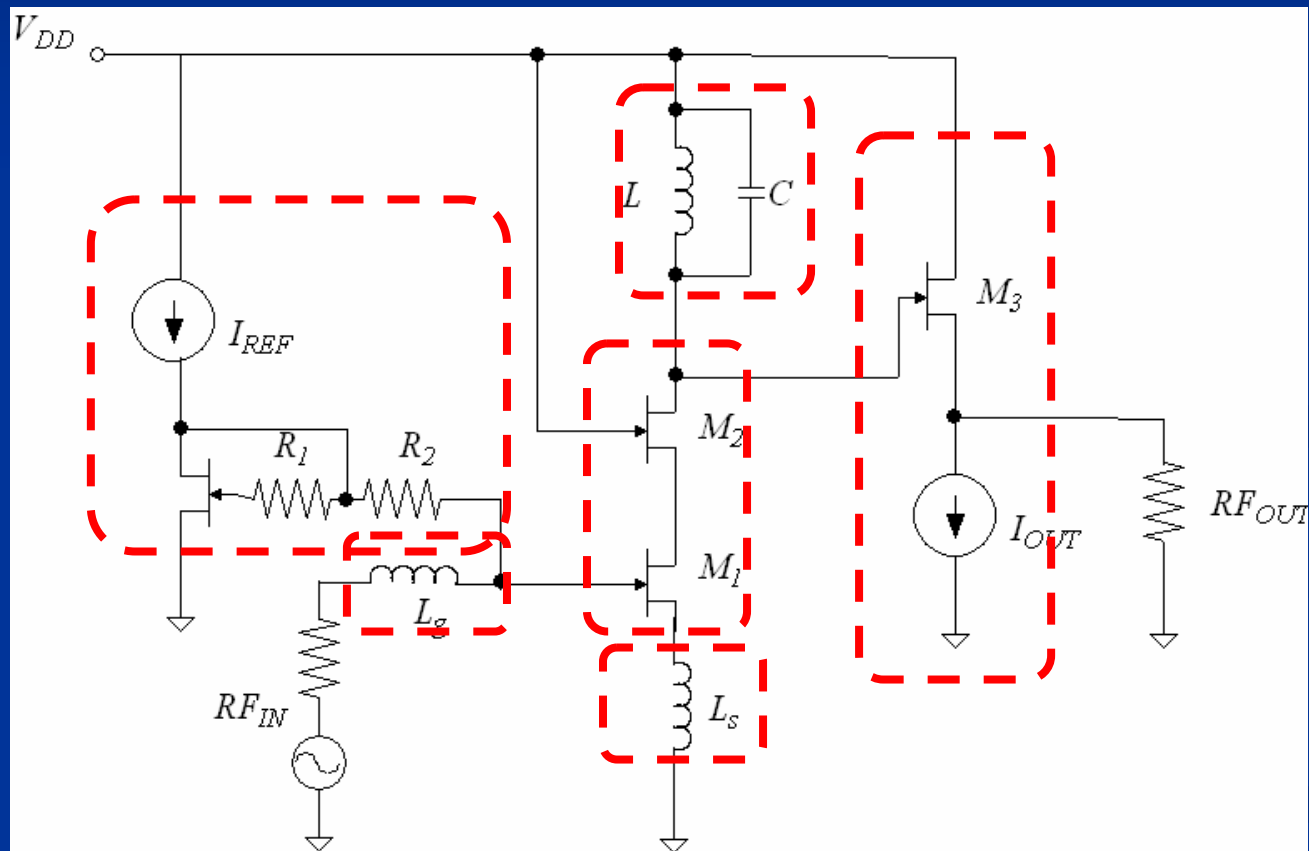


Estructura del Proyecto

- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Estándar IEEE 802.15.3a**
- **Características de los LNAs**
- **Tecnología SiGe 0.35 de AMS**
- **Diseño a nivel de esquemático**
- **Diseño a nivel de layout**
- **Conclusiones**
- **Presupuesto**

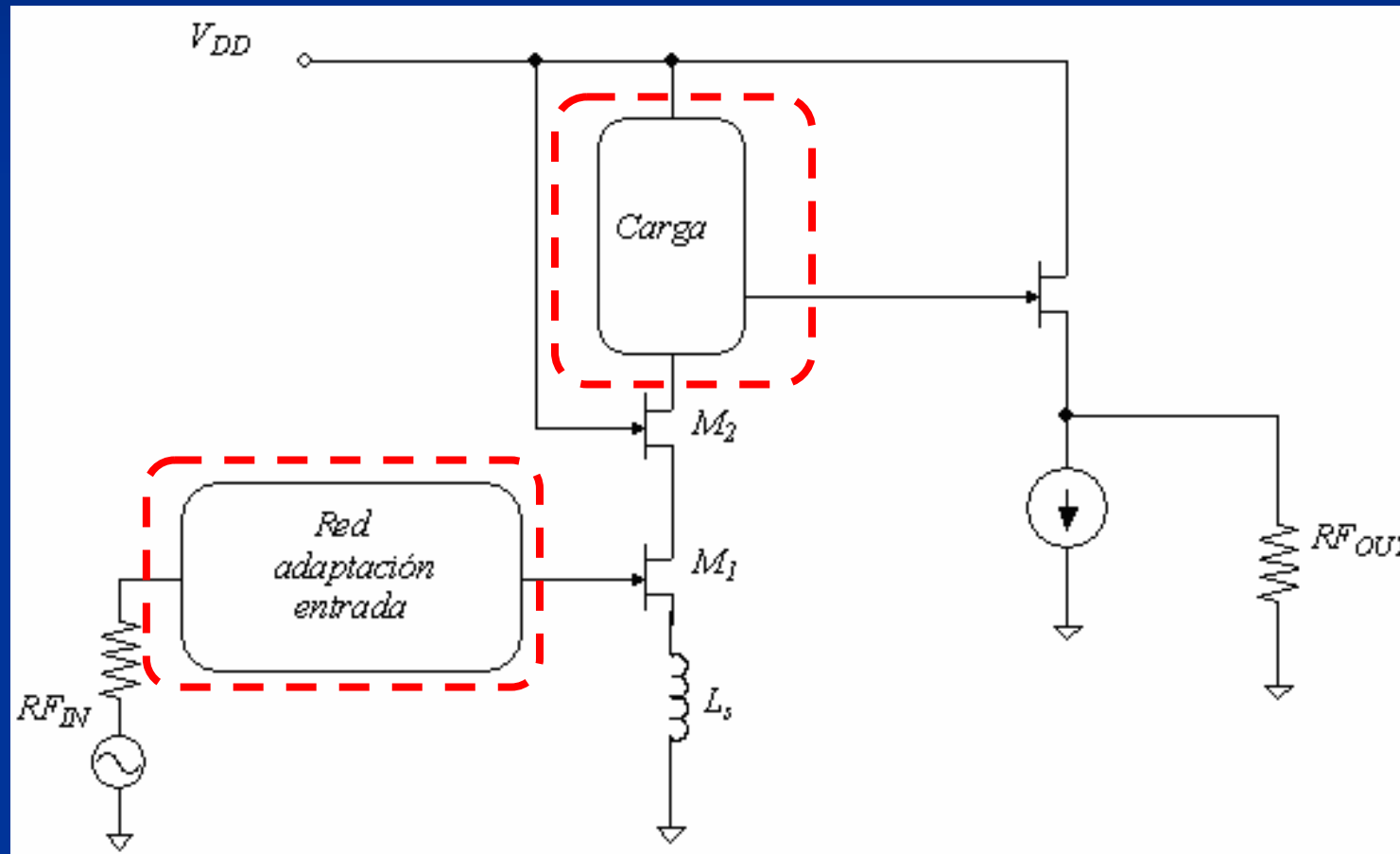


- Características de los LNAs
 - Amplificador de banda estrecha



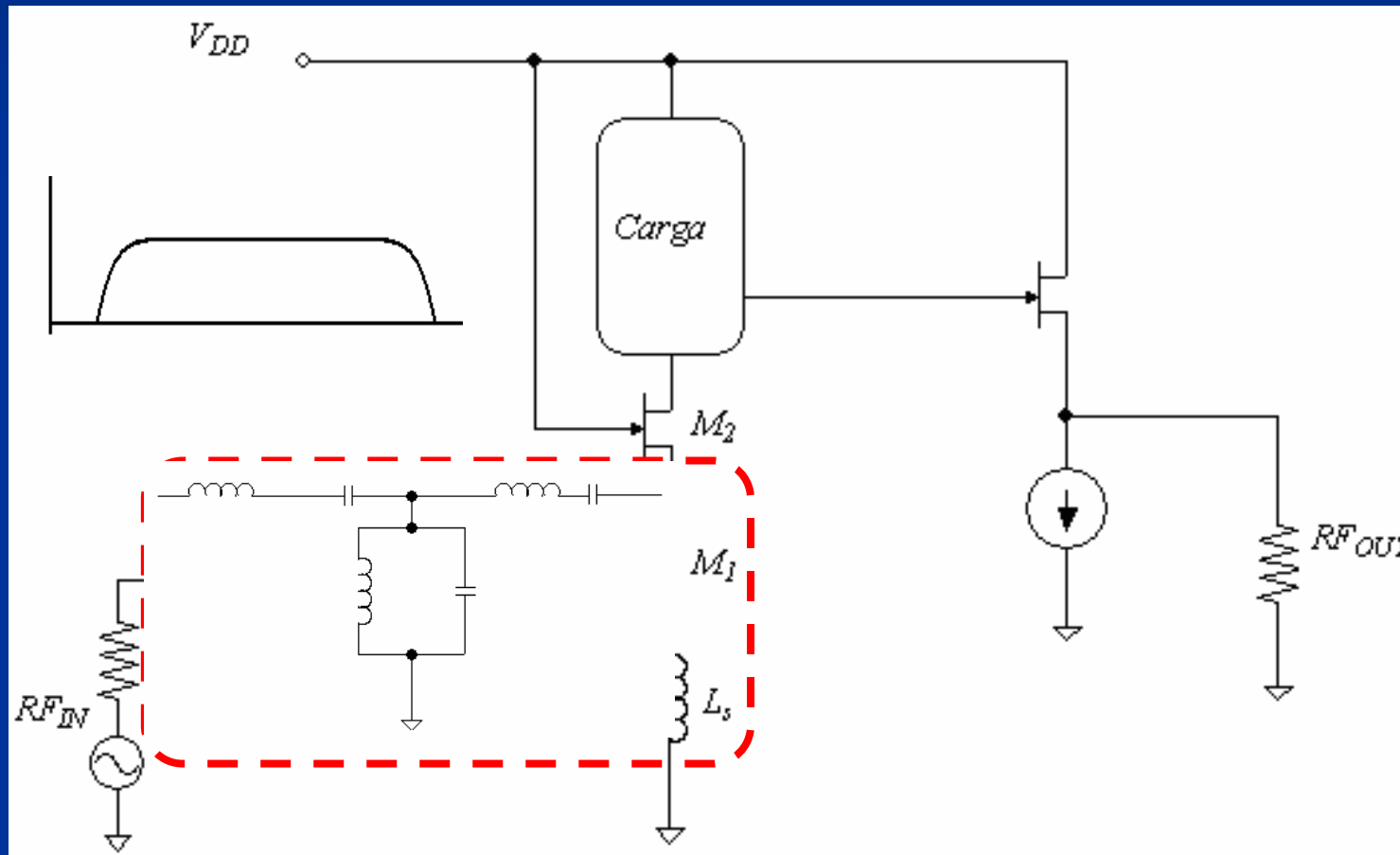


- Características de los LNAs
 - Amplificador de banda ancha



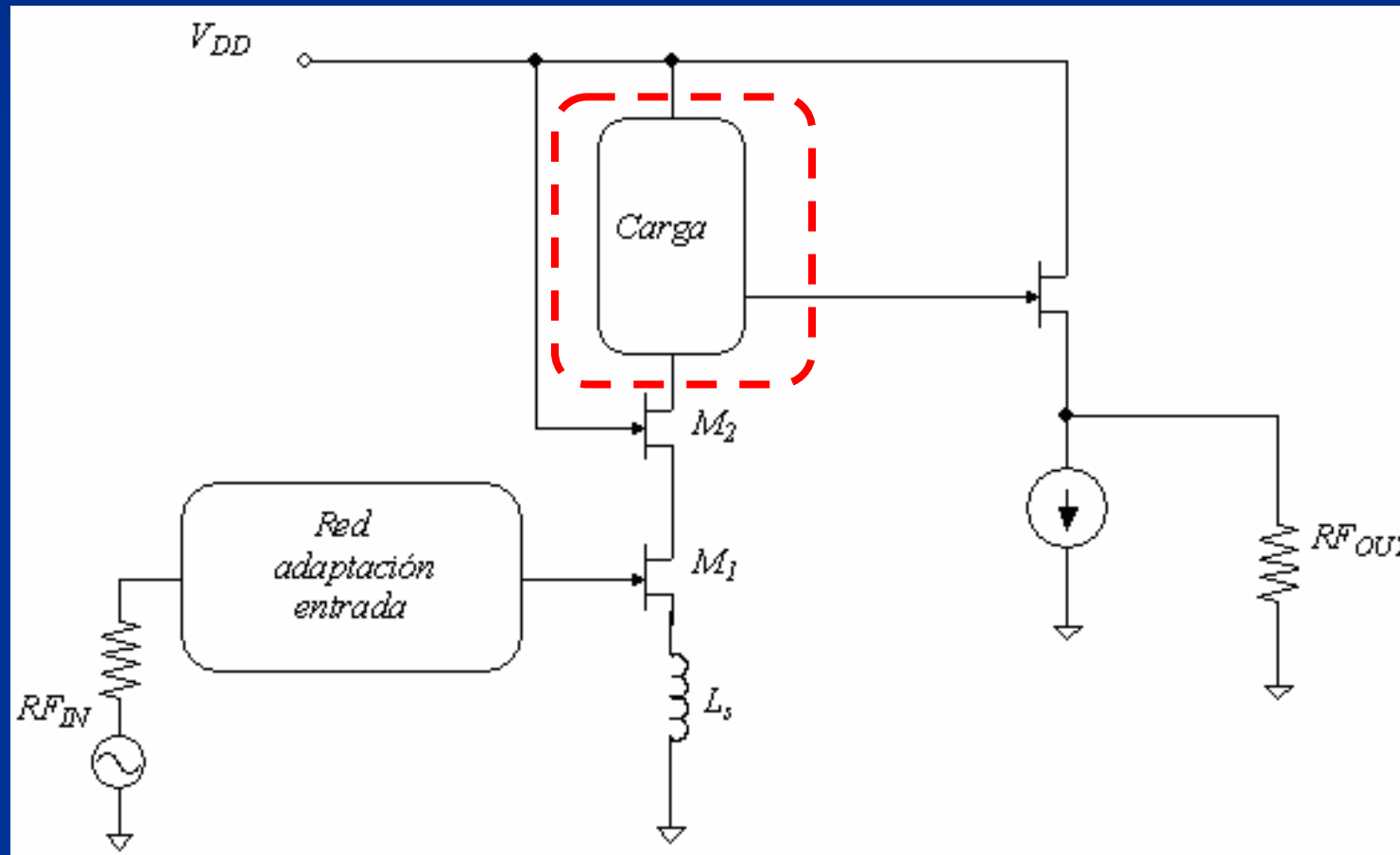


- Características de los LNAs
 - Amplificador de banda ancha



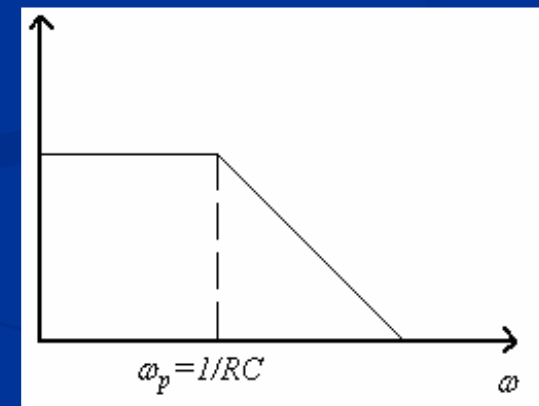
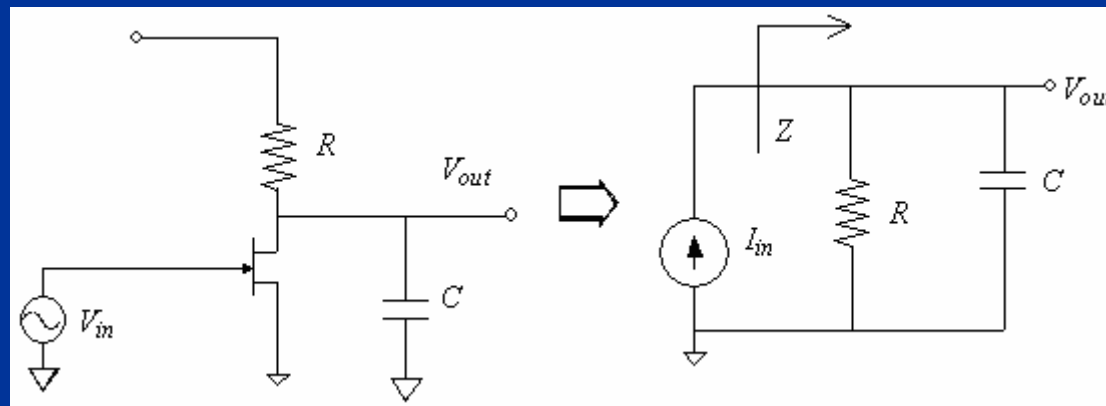


- Características de los LNAs
 - Amplificador de banda ancha





- Características de los LNAs
 - Carga de banda ancha
 - Carga RC



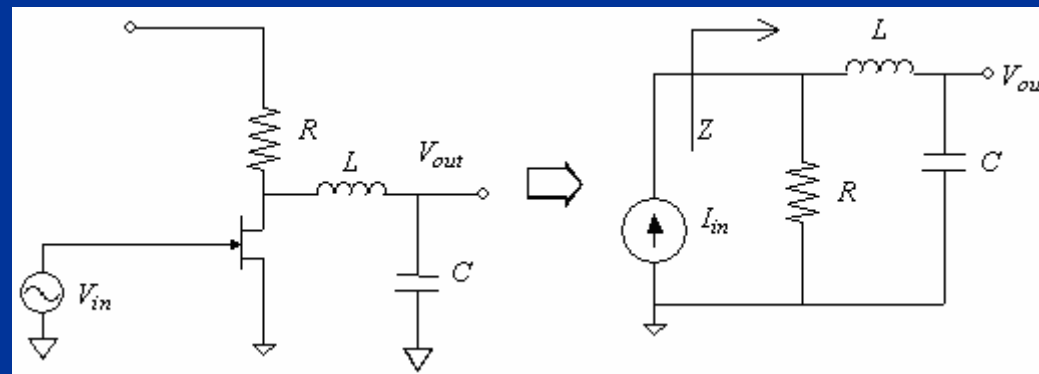


■ Características de los LNAs

■ Carga de banda ancha

■ Series-peaking

■ Mejora $BW_{RC} * 1.41$



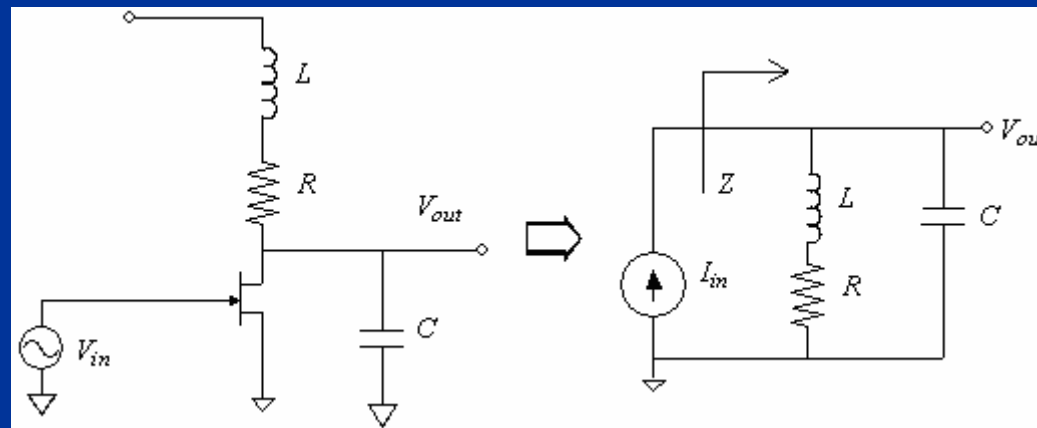


■ Características de los LNAs

■ Carga de banda ancha

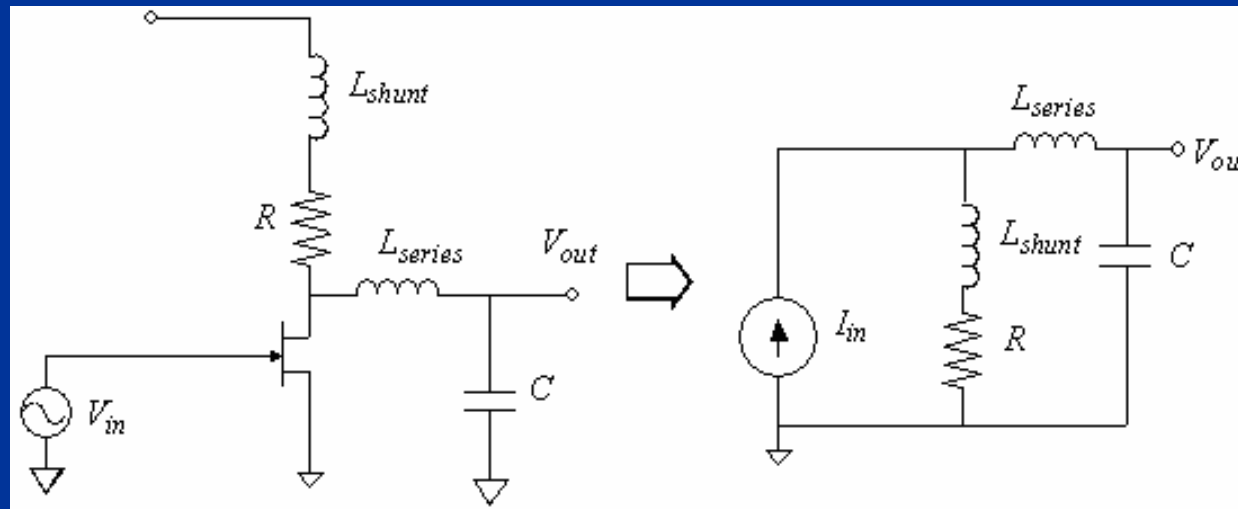
■ Shunt-peaking

■ Mejora $BW_{RC} * 1.85$



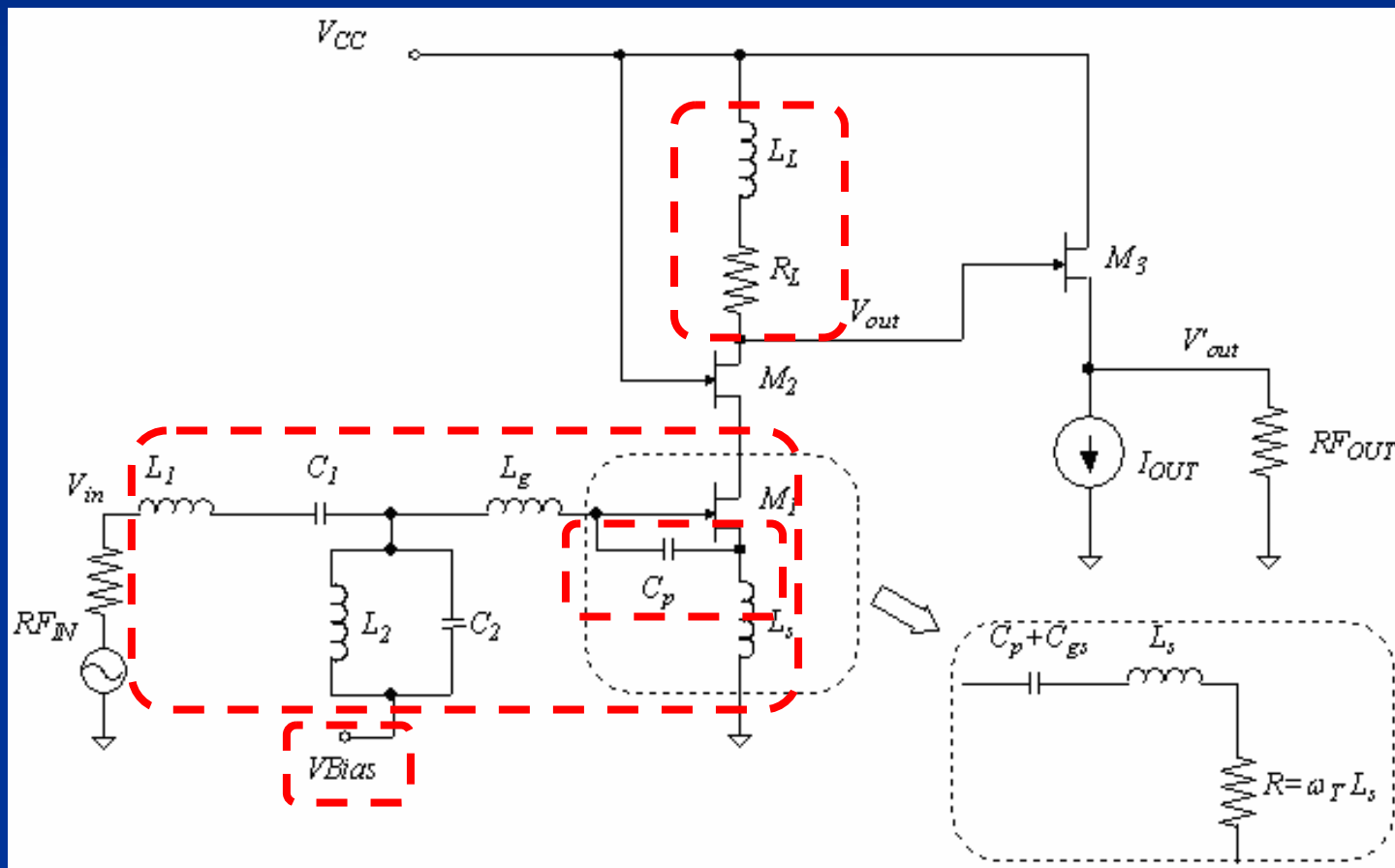


- Características de los LNAs
 - Carga de banda ancha
 - Series-Shunt-peaking



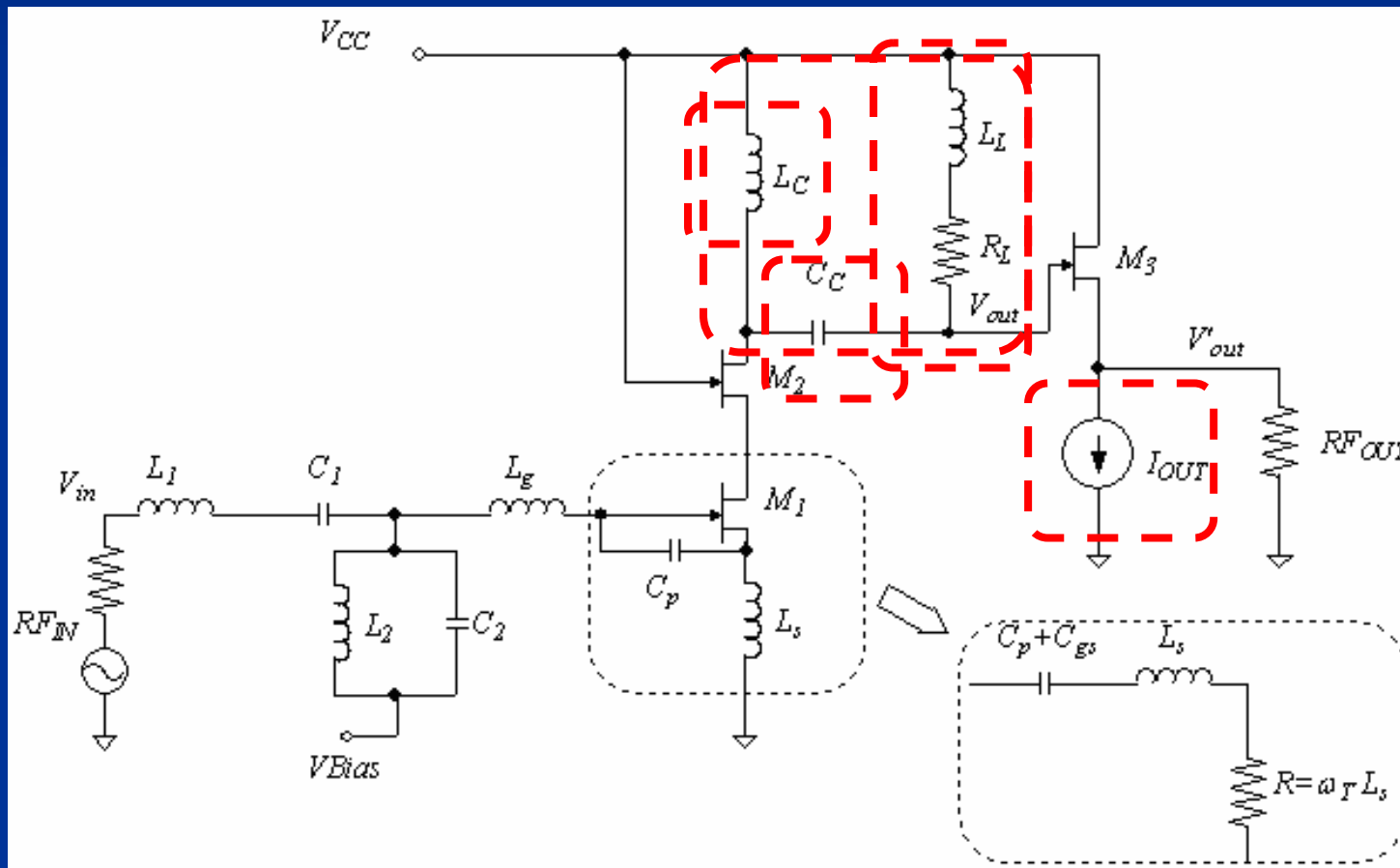


- Características de los LNAs
 - Estructura del LNA1





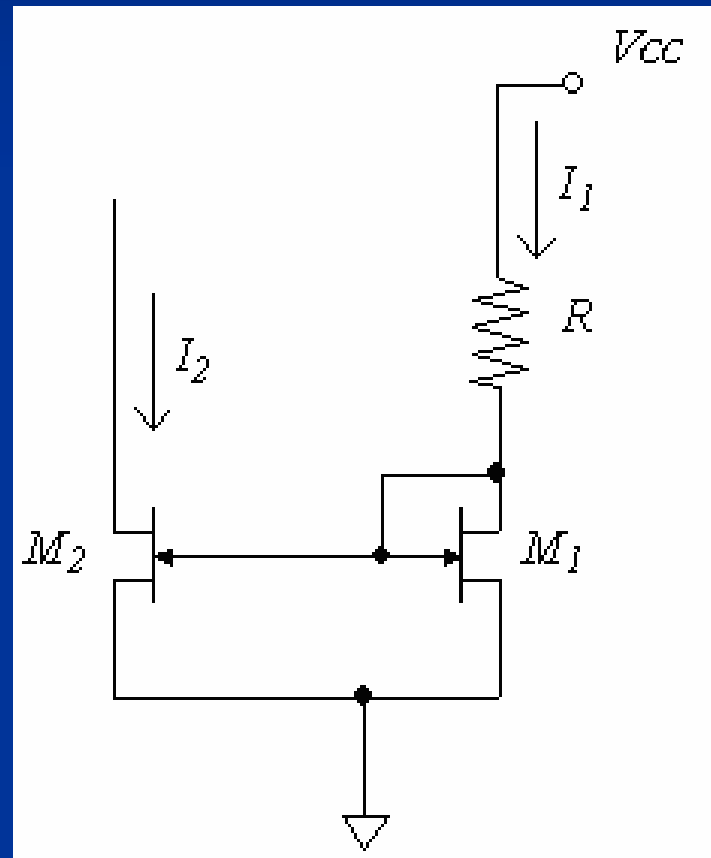
- Características de los LNAs
 - Estructura del LNA2





- Características de los LNAs
 - Fuente de corriente con transistores MOS

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{\left(\frac{W}{L}\right)_2}{\left(\frac{W}{L}\right)_1} = N$$



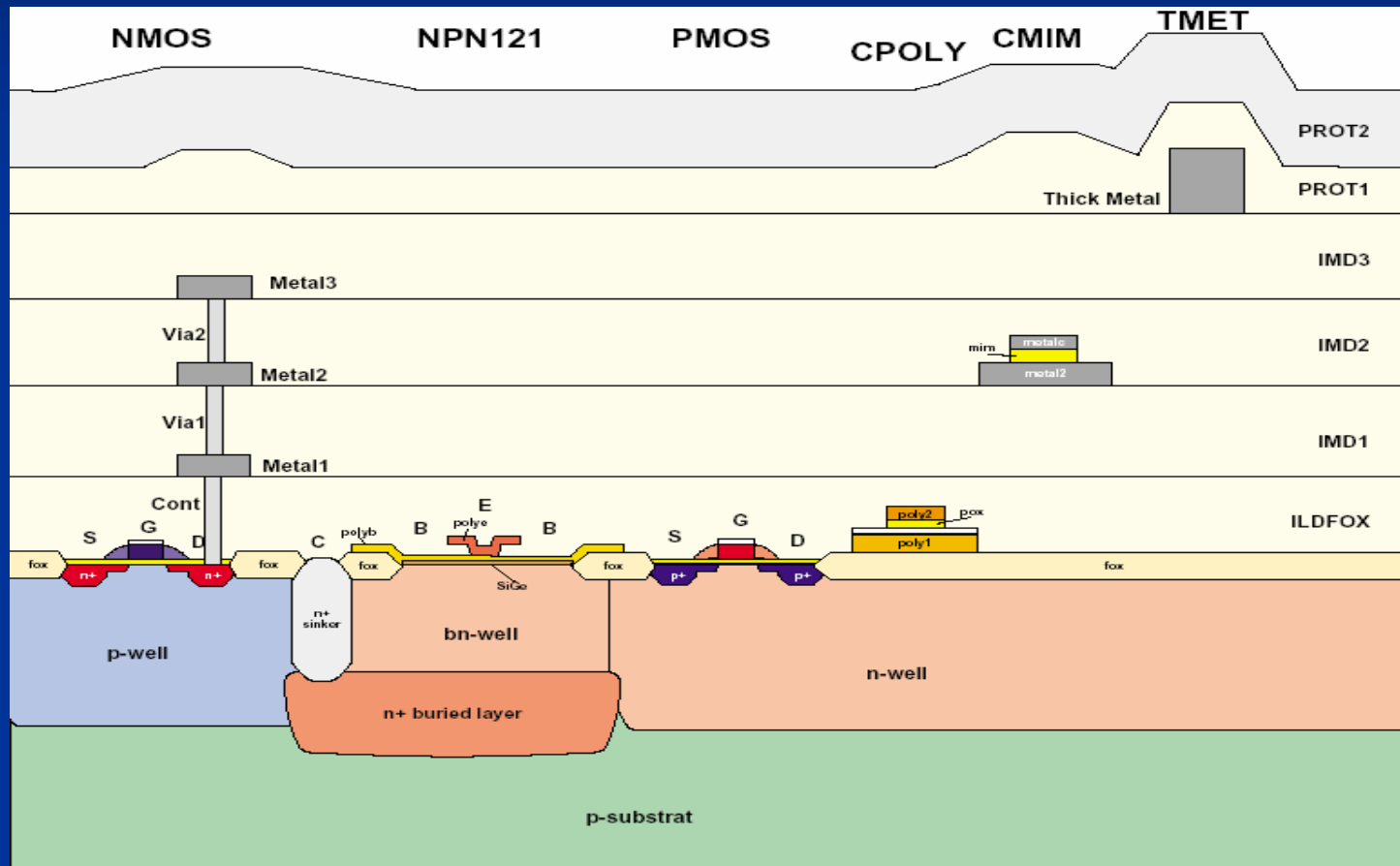


Estructura del Proyecto

- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Estándar IEEE 802.15.3a**
- **Características de los LNAs**
- **Tecnología SiGe 0.35 de AMS**
- **Diseño a nivel de esquemático**
- **Diseño a nivel de layout**
- **Conclusiones**
- **Presupuesto**

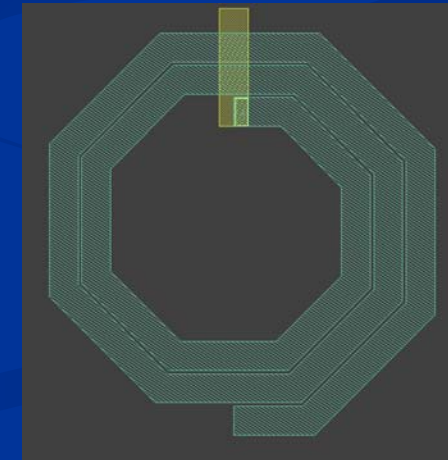
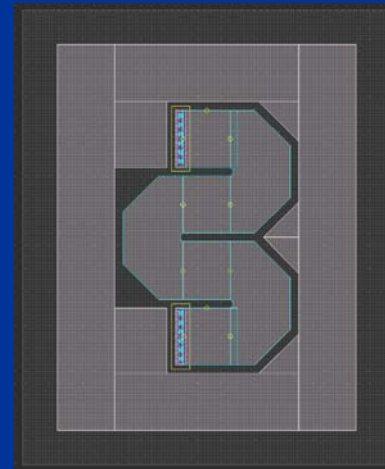
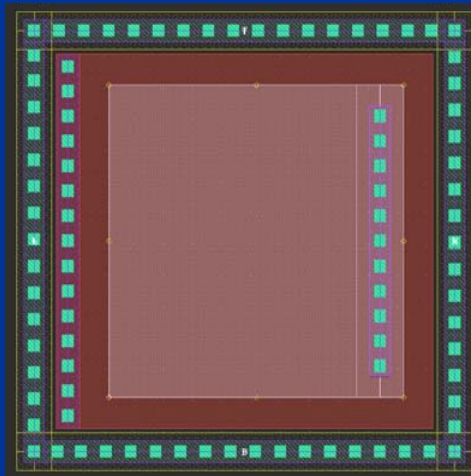
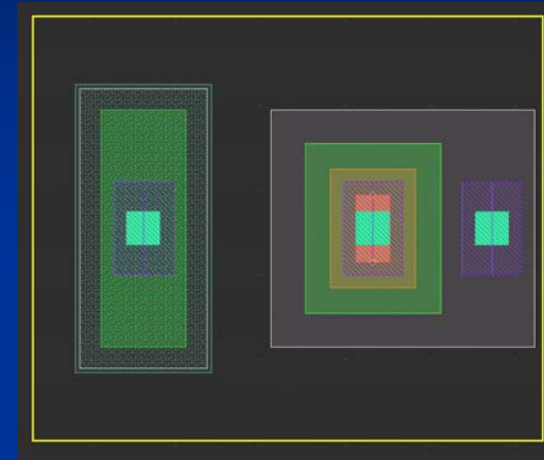
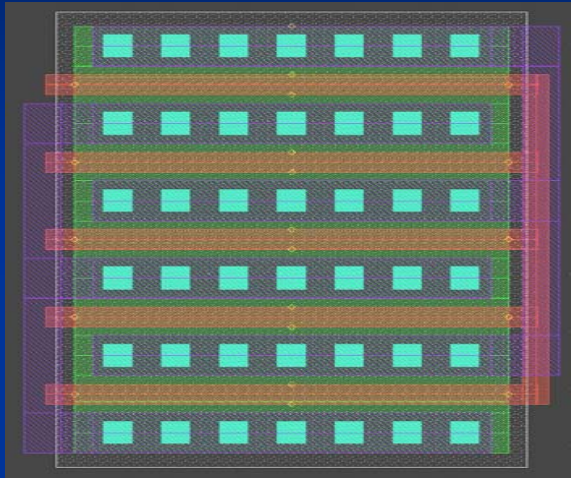


■ Tecnología SiGe 0.35 de AMS





■ Tecnología SiGe 0.35 de AMS



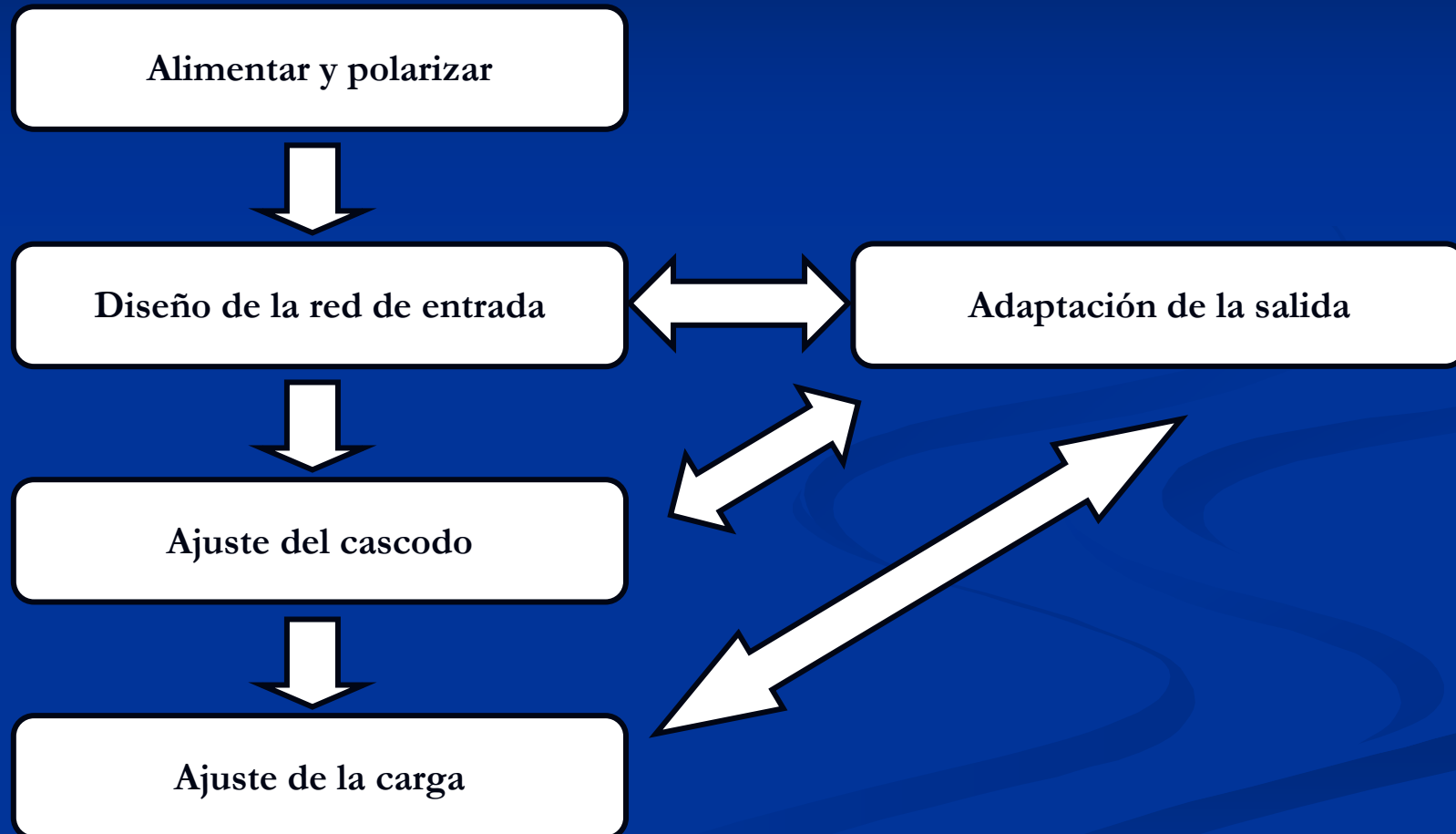


Estructura del Proyecto

- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Estándar IEEE 802.15.3a**
- **Características de los LNAs**
- **Tecnología SiGe 0.35 de AMS**
- **Diseño a nivel de esquemático**
- **Diseño a nivel de layout**
- **Conclusiones**
- **Presupuesto**

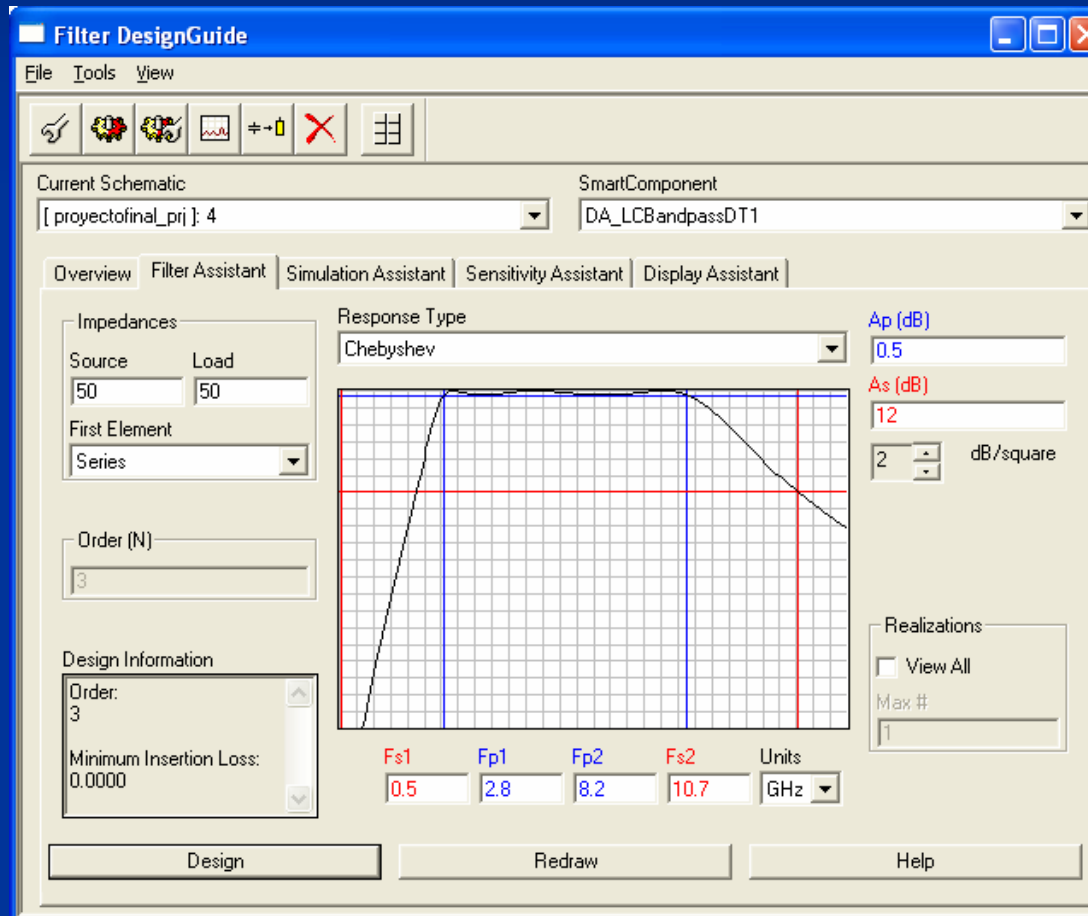


■ Diseño a nivel de esquemático



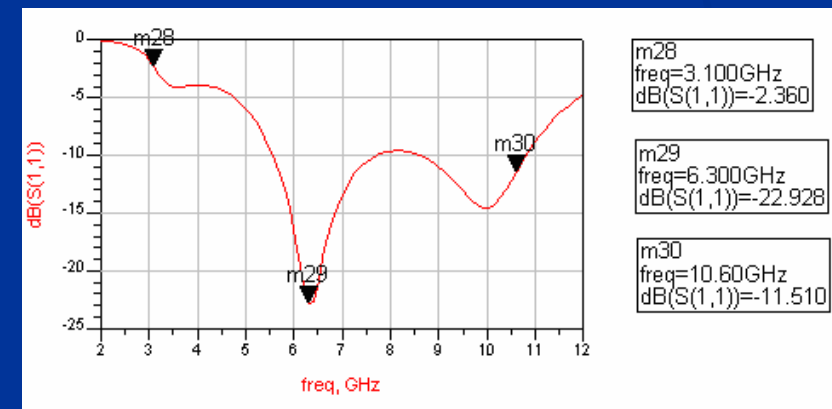
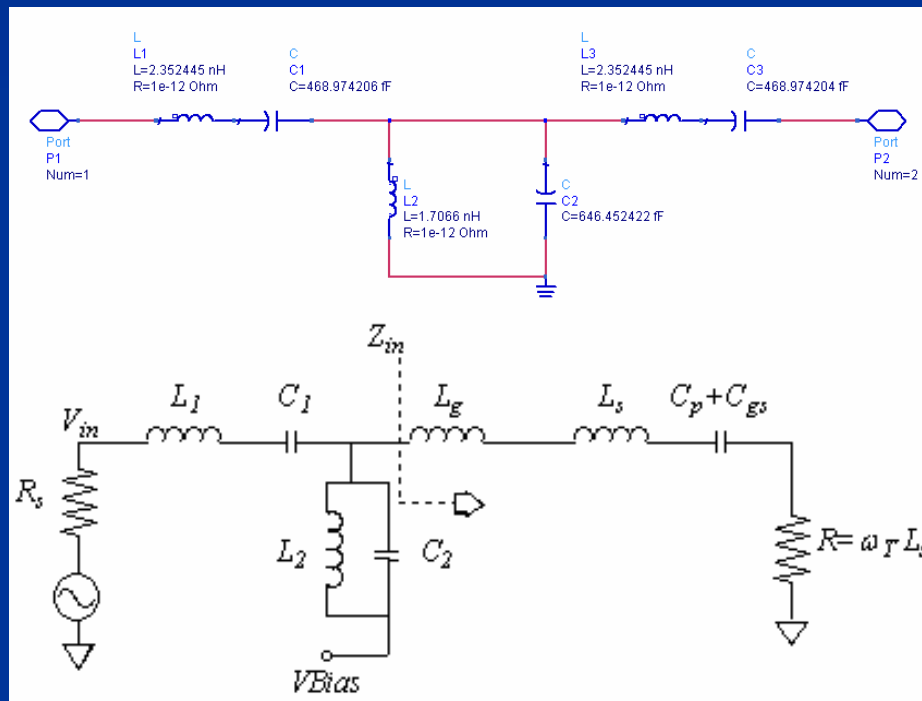


- **Diseño a nivel de esquemático**
 - **Diseño de la red de entrada**





- Diseño a nivel de esquemático
 - Diseño de la red de entrada



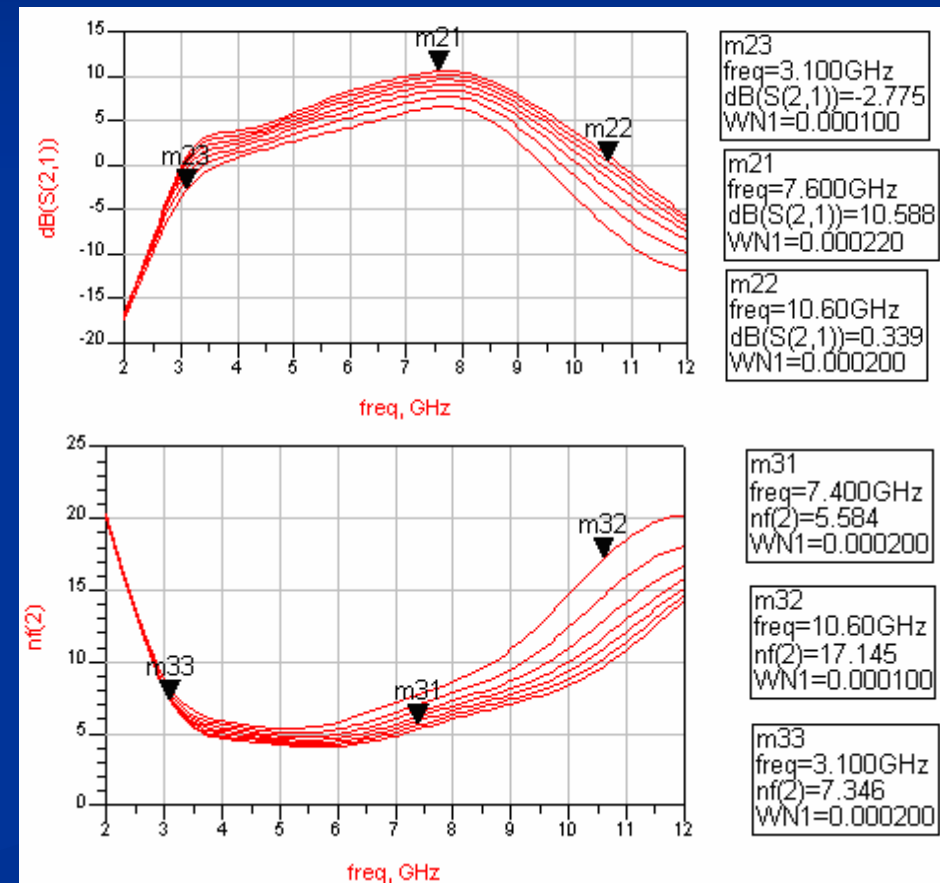


■ Diseño a nivel de esquemático

■ Ajuste del cascode

■ Ajuste de W_{M1}

■ Ajuste de W_{M2}

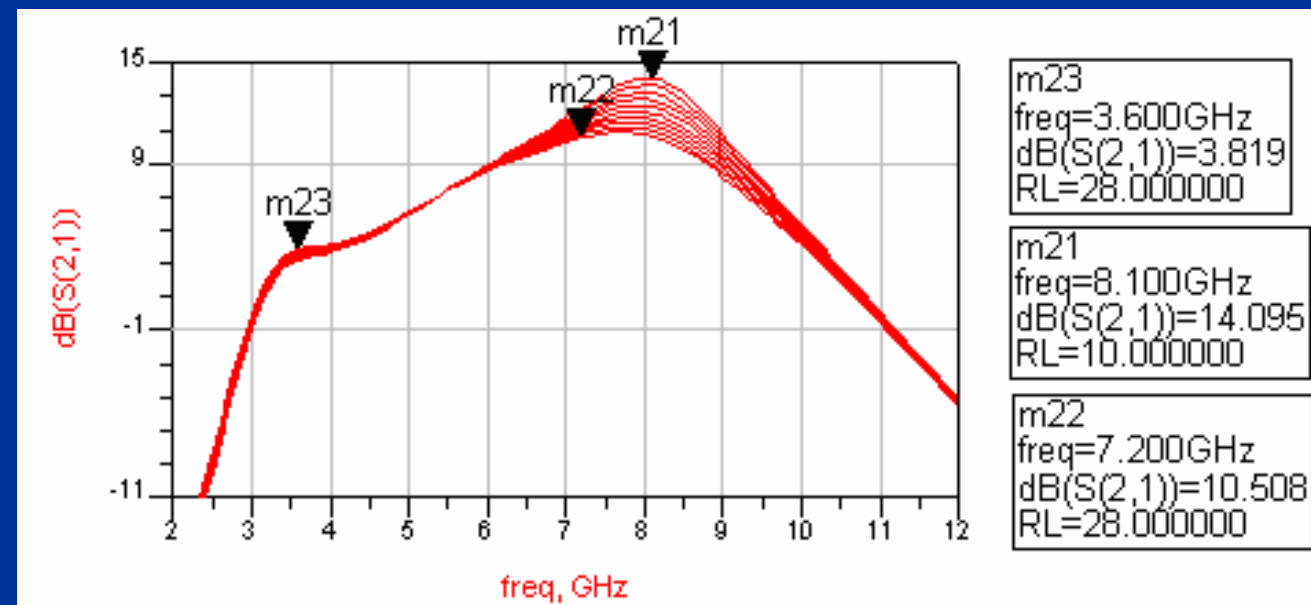




■ Diseño a nivel de esquemático

■ Ajuste de la carga del LNA1

■ Ajuste de R_L

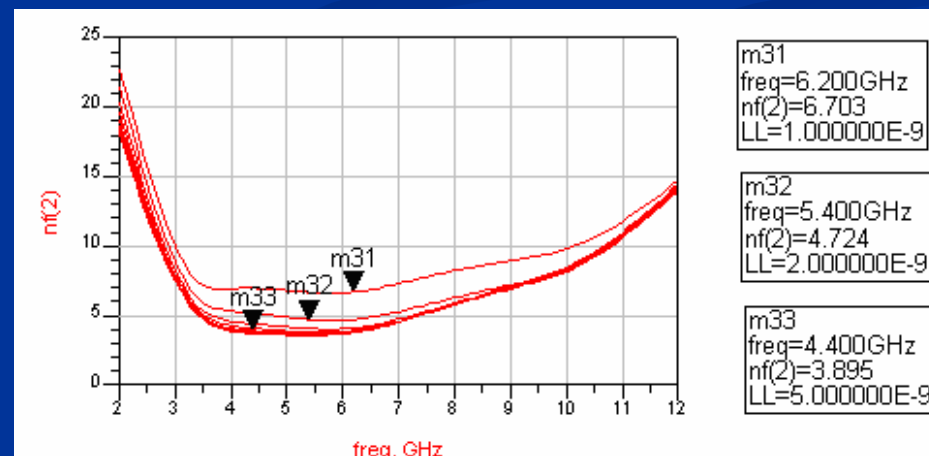
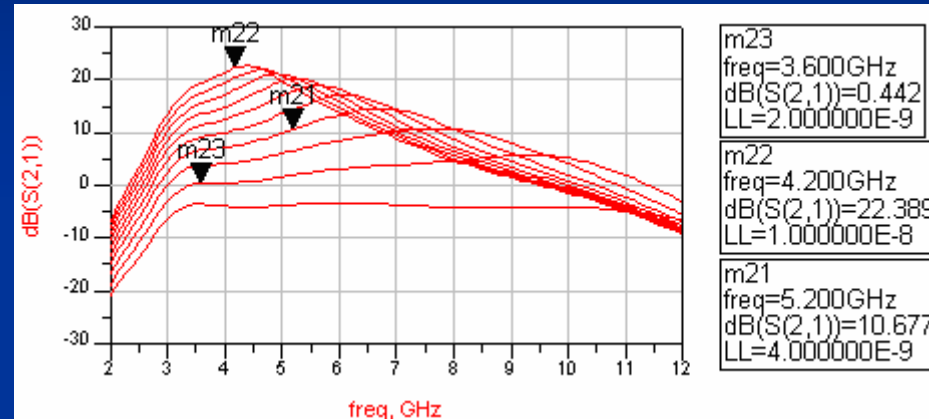




■ Diseño a nivel de esquemático

■ Ajuste de la carga del LNA1

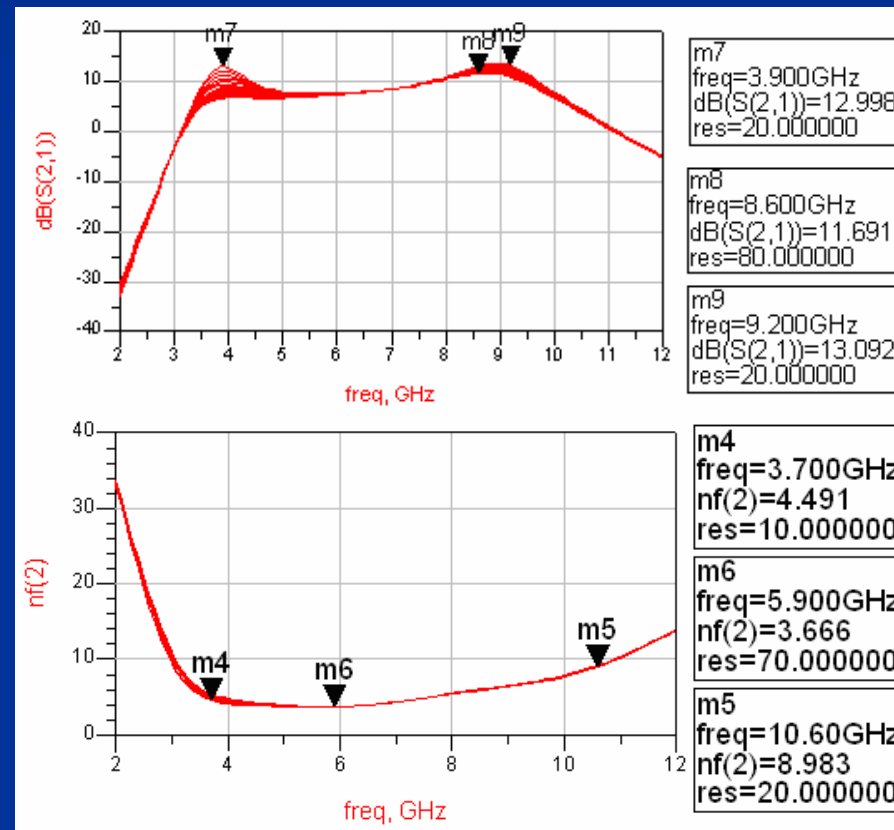
■ Ajuste de L_L





- Diseño a nivel de esquemático
 - Ajuste de la carga del LNA2

- Ajuste de R_L

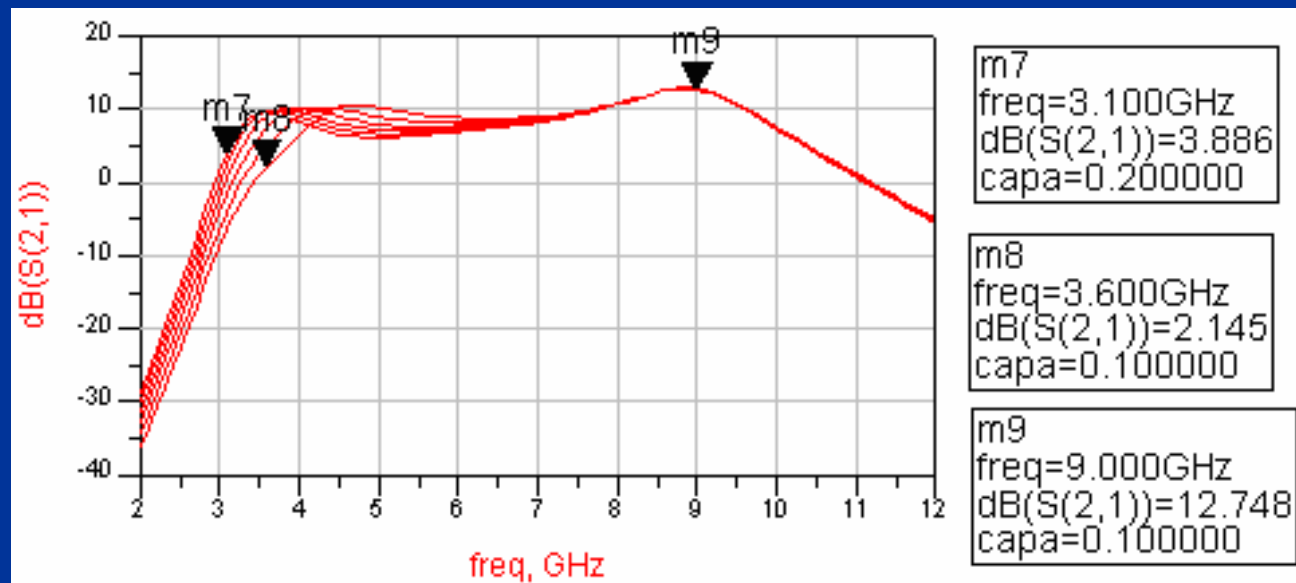




■ Diseño a nivel de esquemático

■ Ajuste de la carga del LNA2

■ Ajuste de C_C

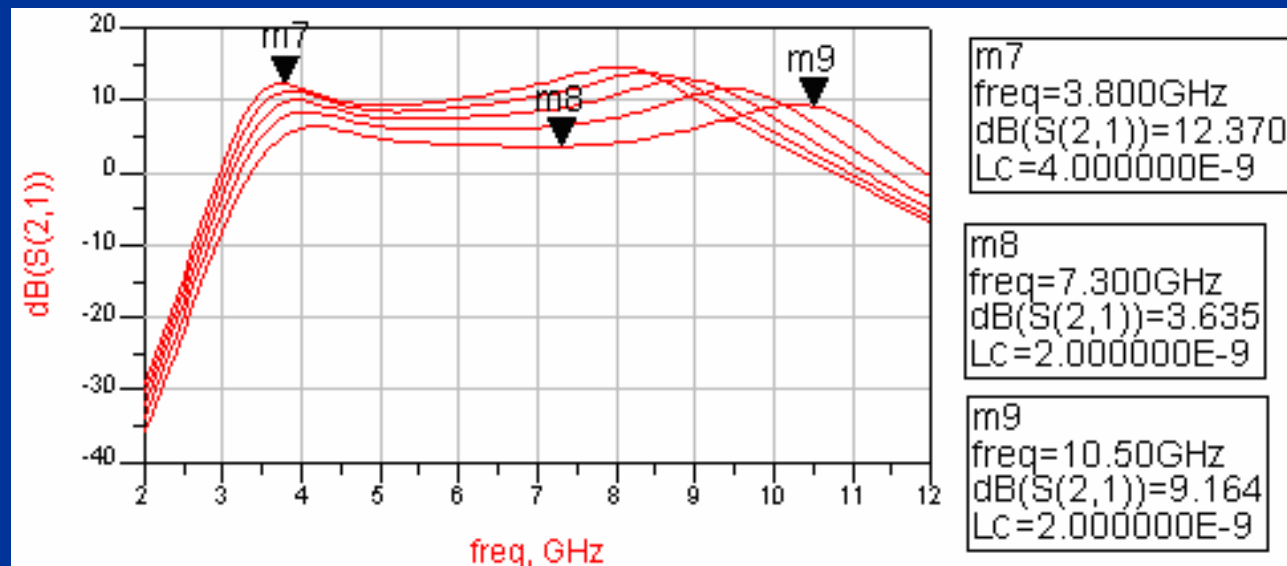




■ Diseño a nivel de esquemático

■ Ajuste de la carga del LNA2

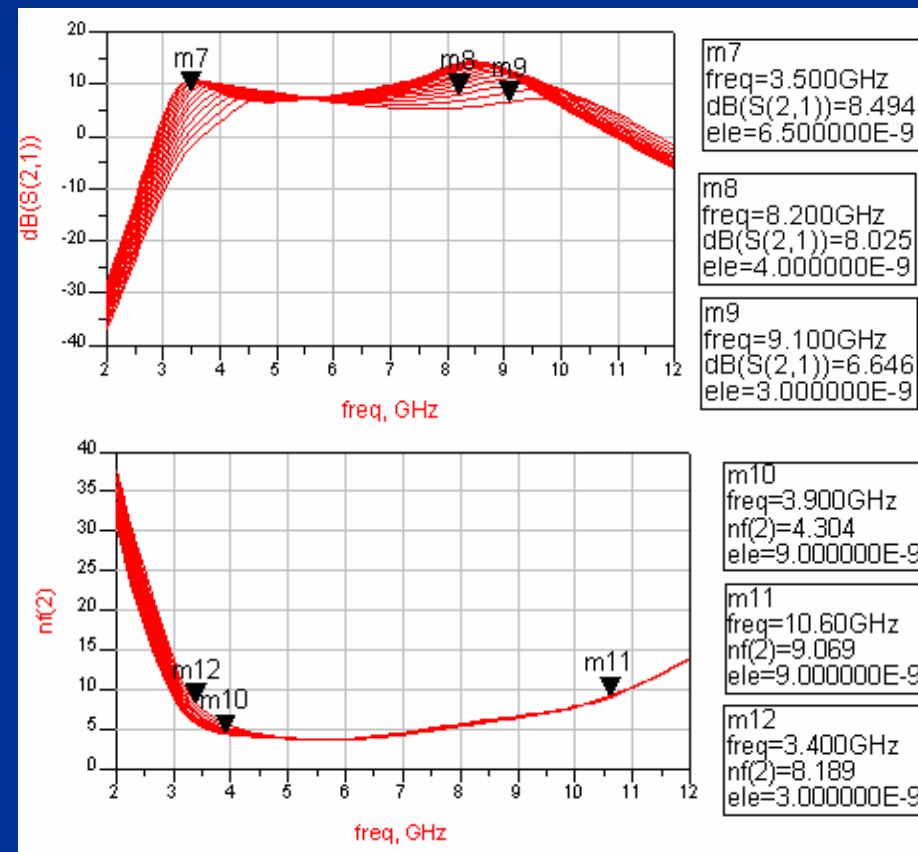
■ Ajuste de L_C





- Diseño a nivel de esquemático
 - Ajuste de la carga del LNA2

- Ajuste de L_L



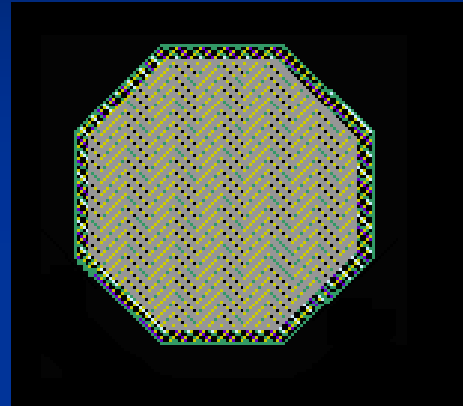


- **Diseño a nivel de esquemático**
 - **Introducción de componentes reales y pads**
 - **Diseño del LNA1 y LNA2**
 - Banda entera (3.1-10.6 GHz)
 - Modo 2 (3.1-8.2 GHz)
 - Modo 1 (3.1-4.8 GHz)
 - **Introducción de las bobinas reales**

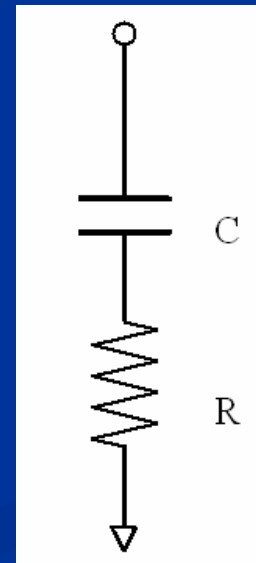


■ Diseño a nivel de esquemático

■ Pads

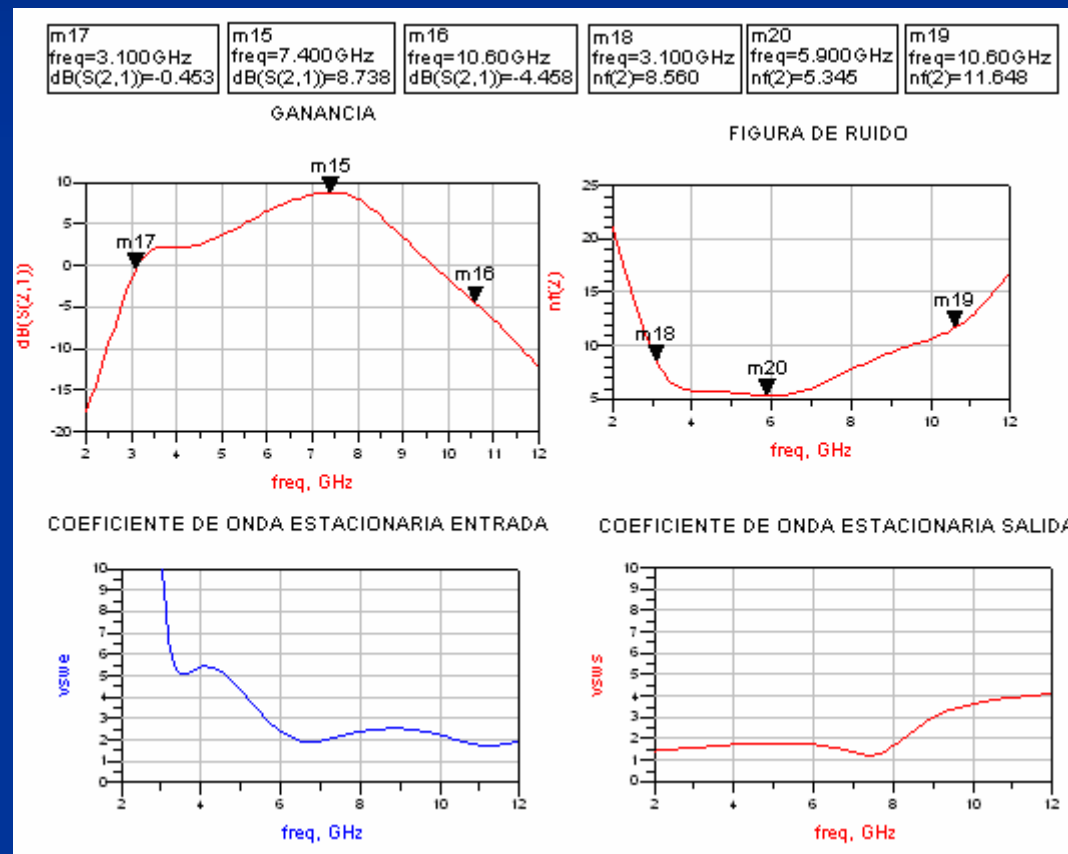


- $R = 31 \Omega$
- $C = 360 \text{ fF}$



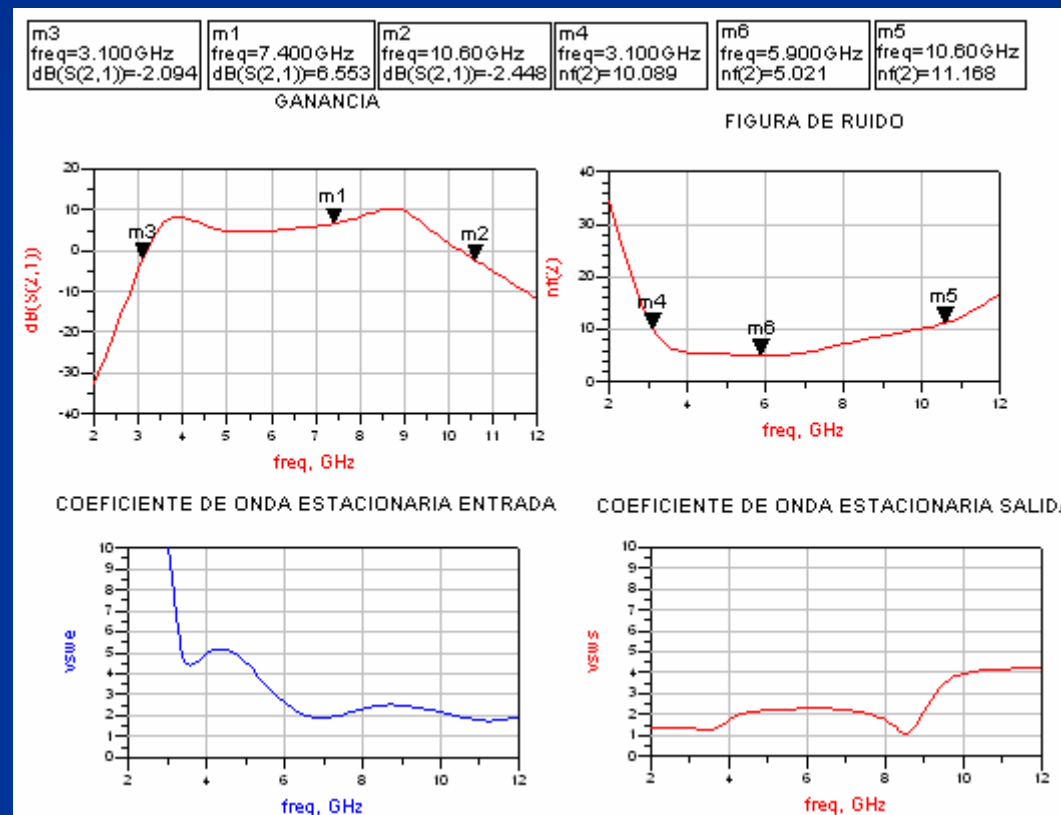


- Diseño a nivel de esquemático LNA1
 - Banda entera (3.1-10.6 GHz)



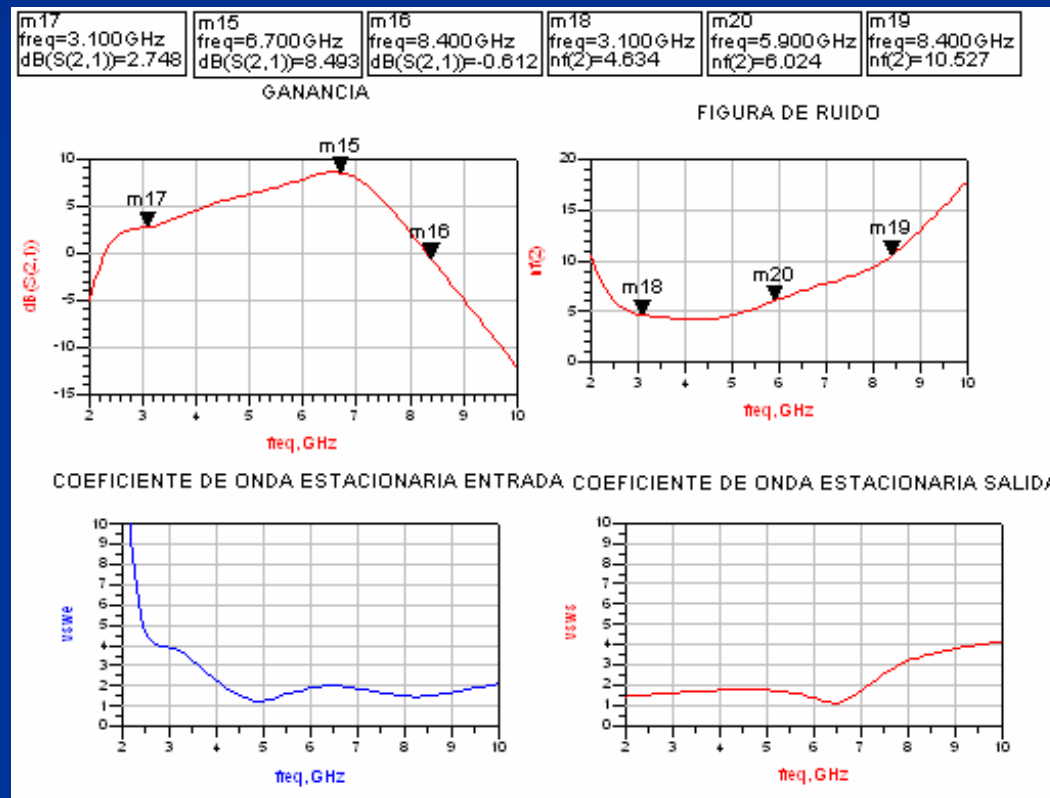


- Diseño a nivel de esquemático LNA2
 - Banda entera (3.1-10.6 GHz)



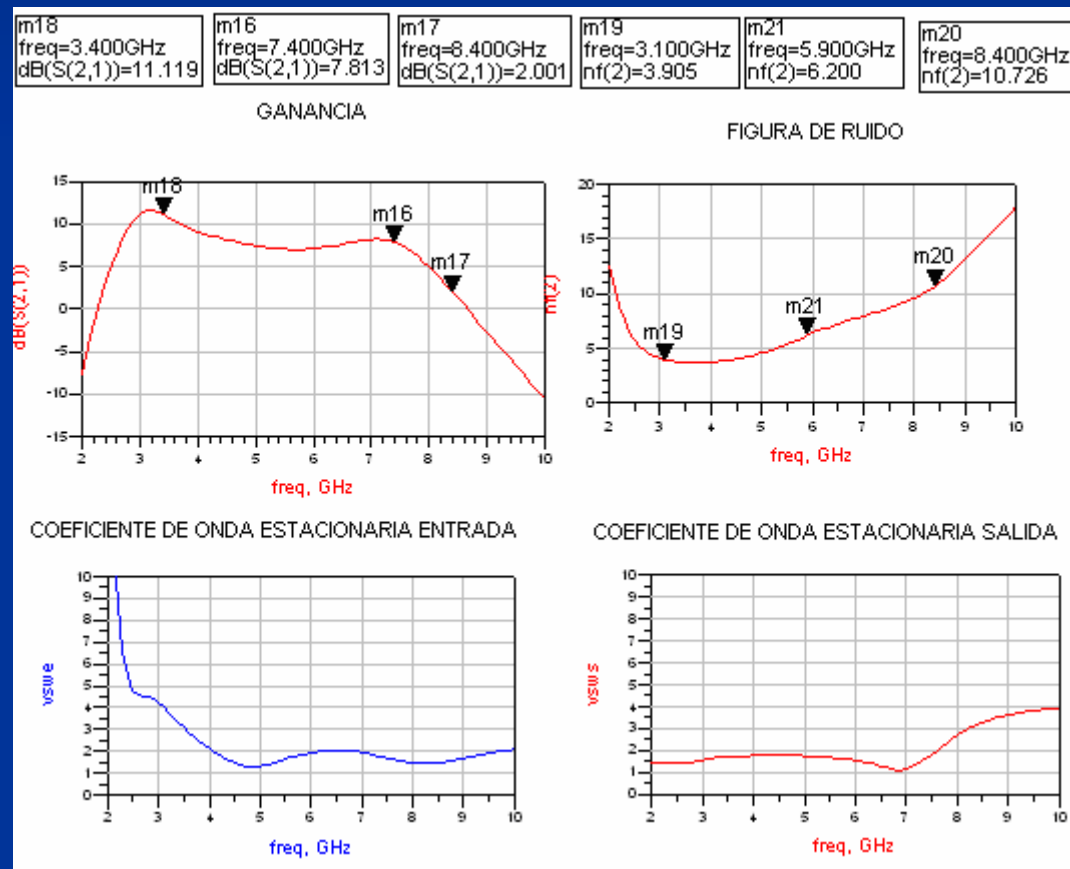


- Diseño a nivel de esquemático LNA1
 - Modo 2 (3.1-8.2 GHz)



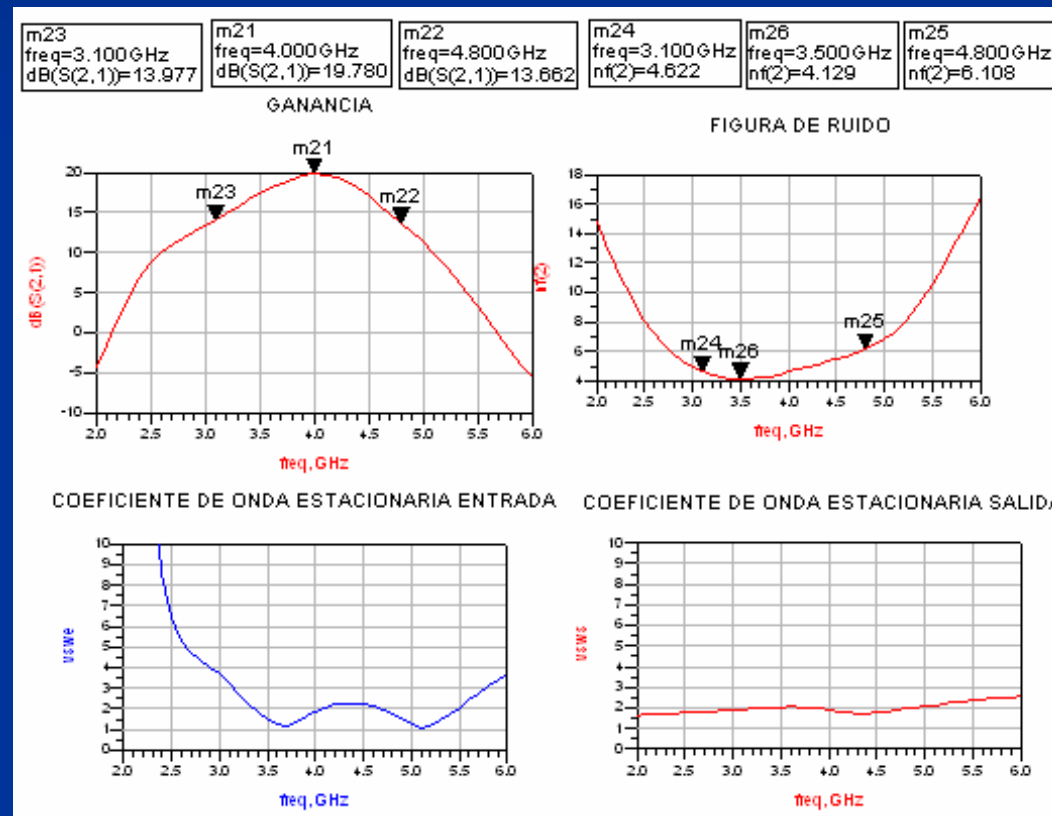


- Diseño a nivel de esquemático LNA2
 - Modo 2 (3.1-8.2 GHz)



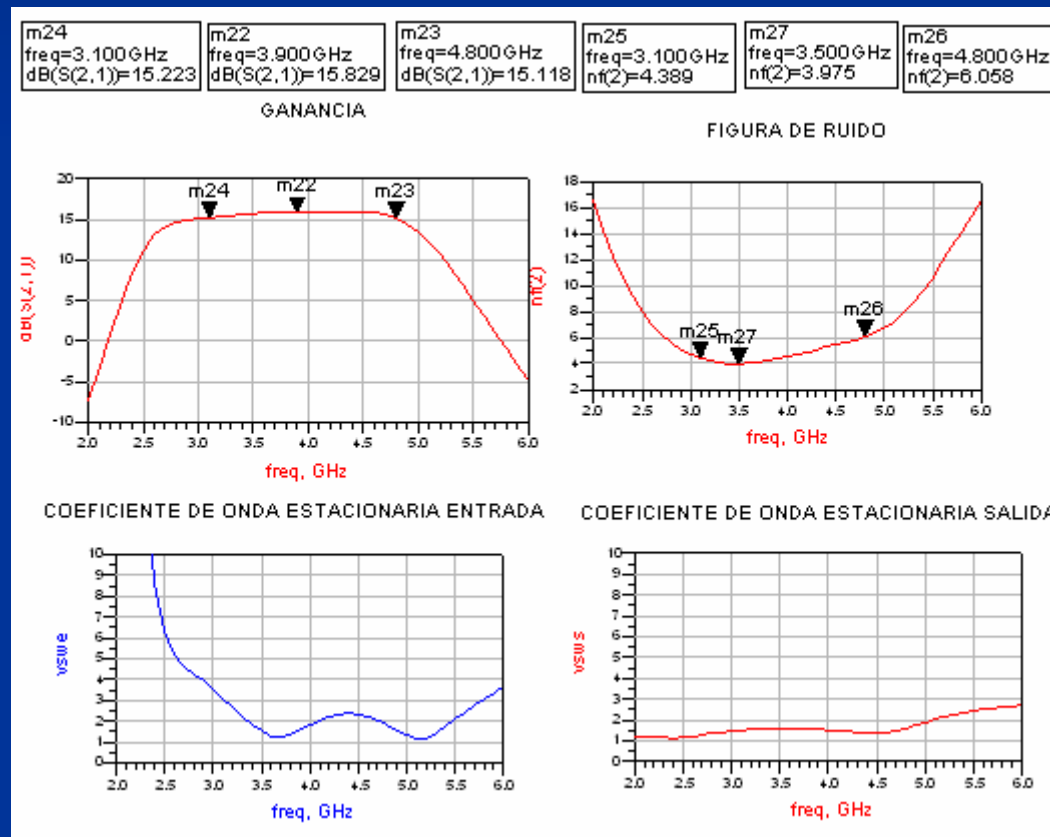


- Diseño a nivel de esquemático LNA1
 - Modo 1 (3.1-4.8 GHz)



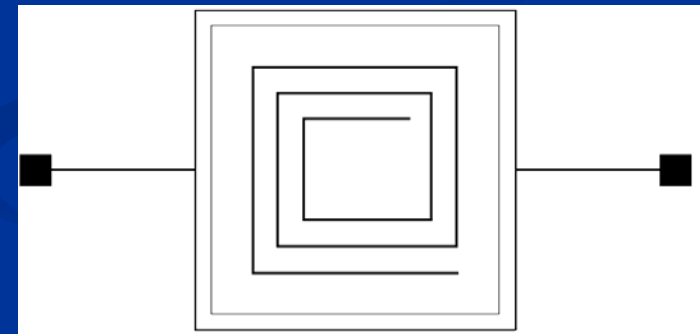
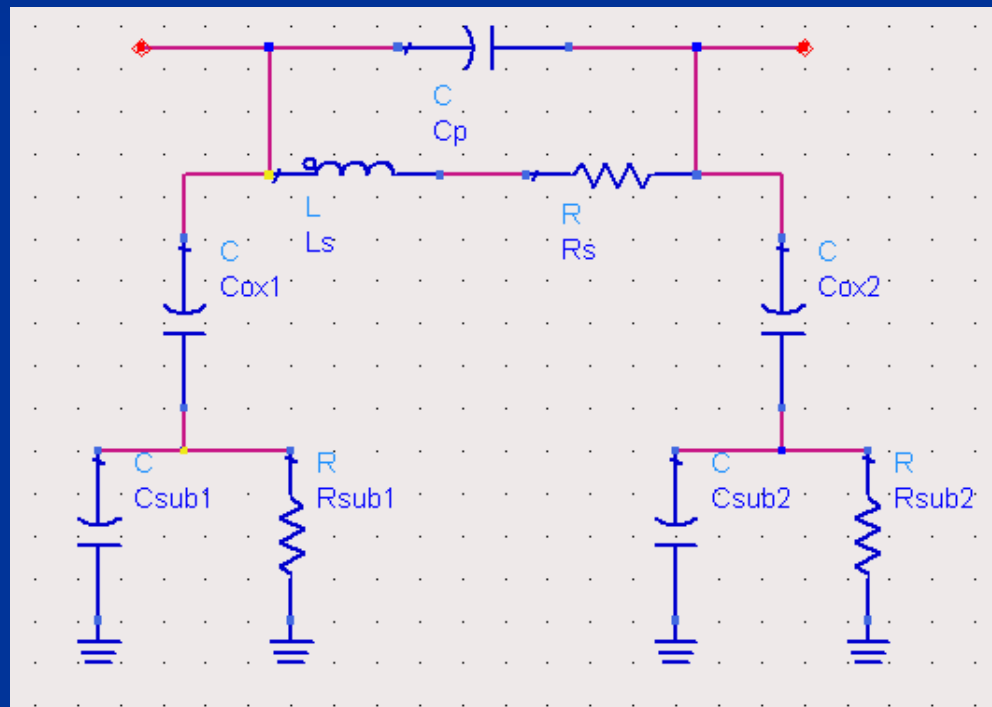


- Diseño a nivel de esquemático LNA2
 - Modo 1 (3.1-4.8 GHz)





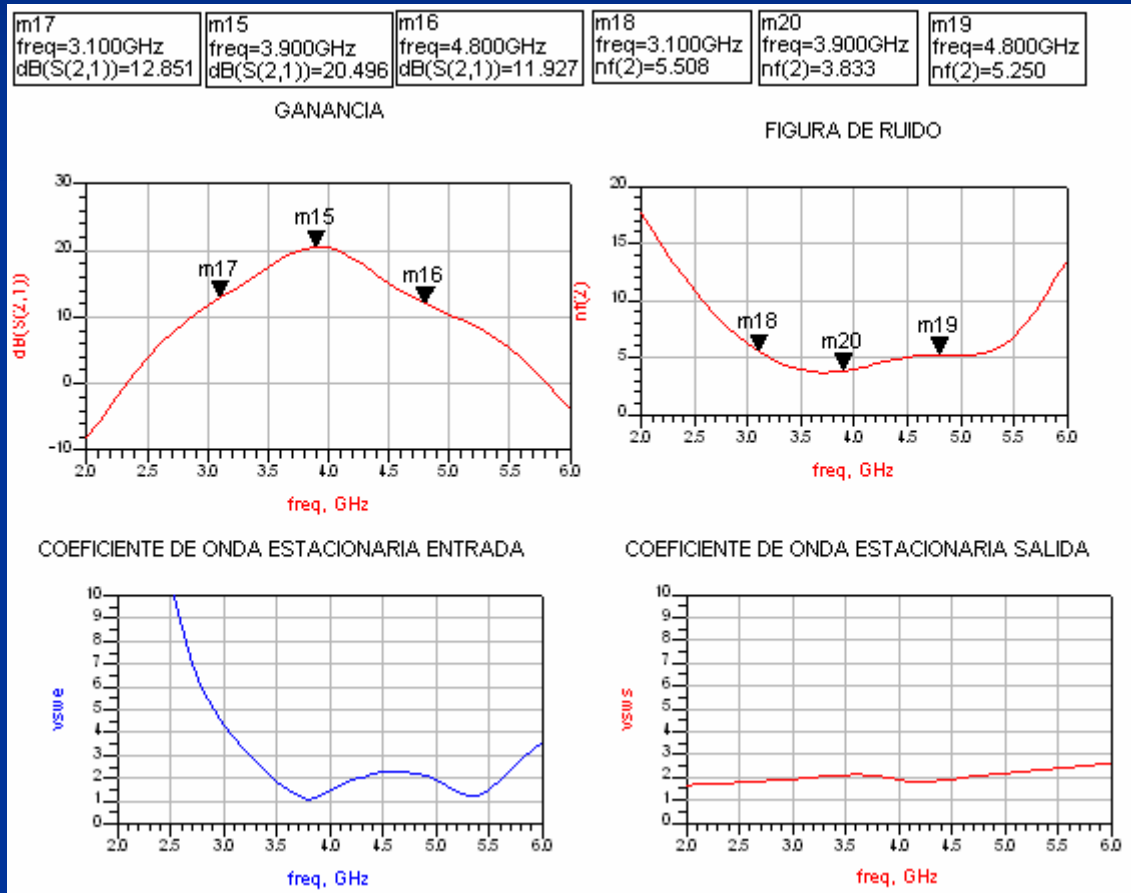
- **Diseño a nivel de esquemático**
 - **Introducción de las bobinas reales**
 - **Modelo de la bobina**





■ Diseño a nivel de esquemático LNA1

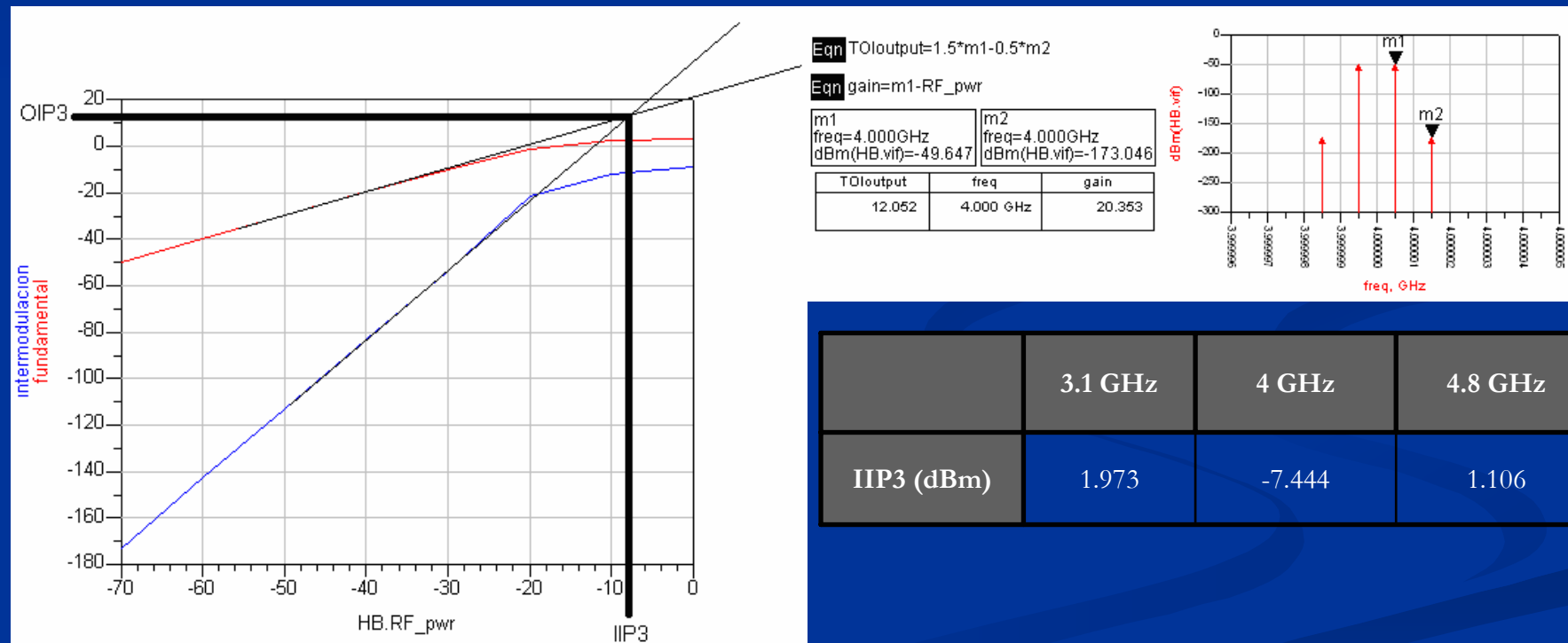
■ Resultados con bobinas reales



Ganancia mín. (dB)	11.9
Ganancia máx. (dB)	20
NF mín. (dB)	3.8
NF máx. (dB)	5.5
I_{TOTAL} (mA)	26



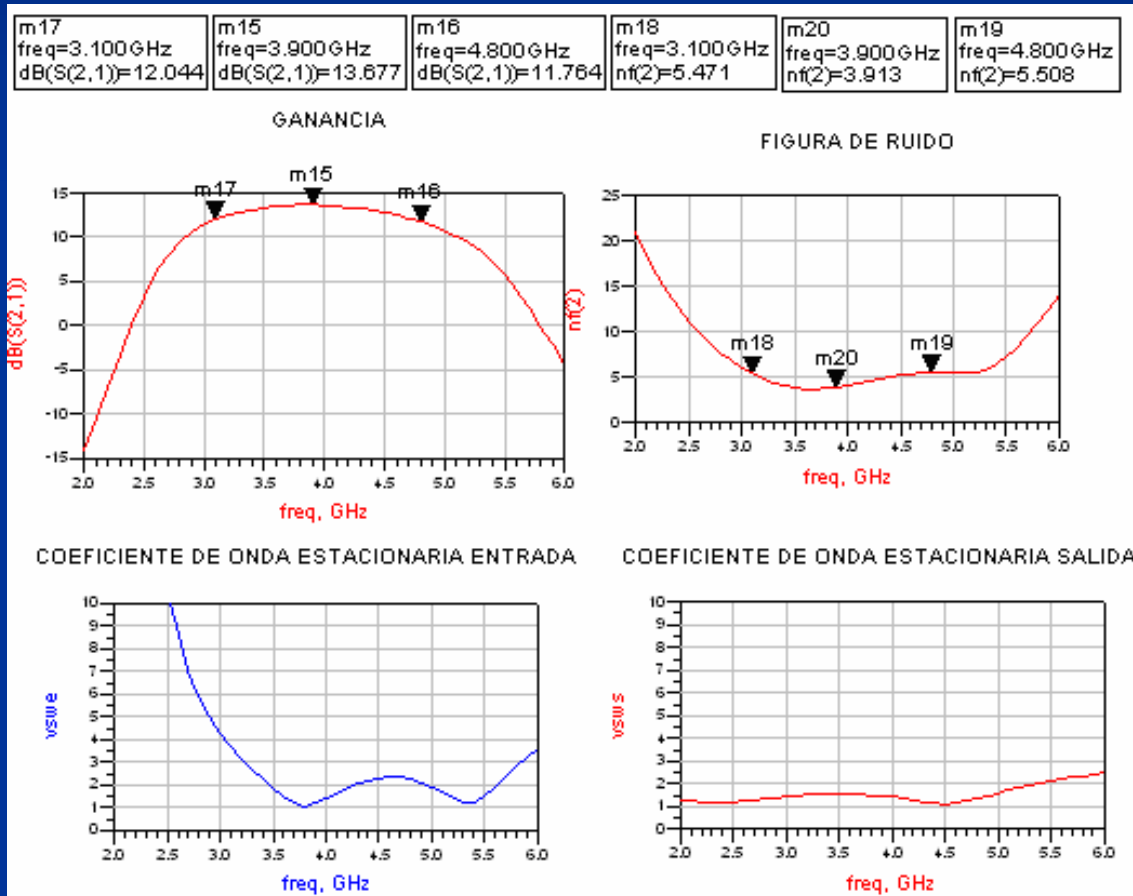
- Diseño a nivel de esquemático LNA1
 - Resultados con bobinas reales





■ Diseño a nivel de esquemático LNA2

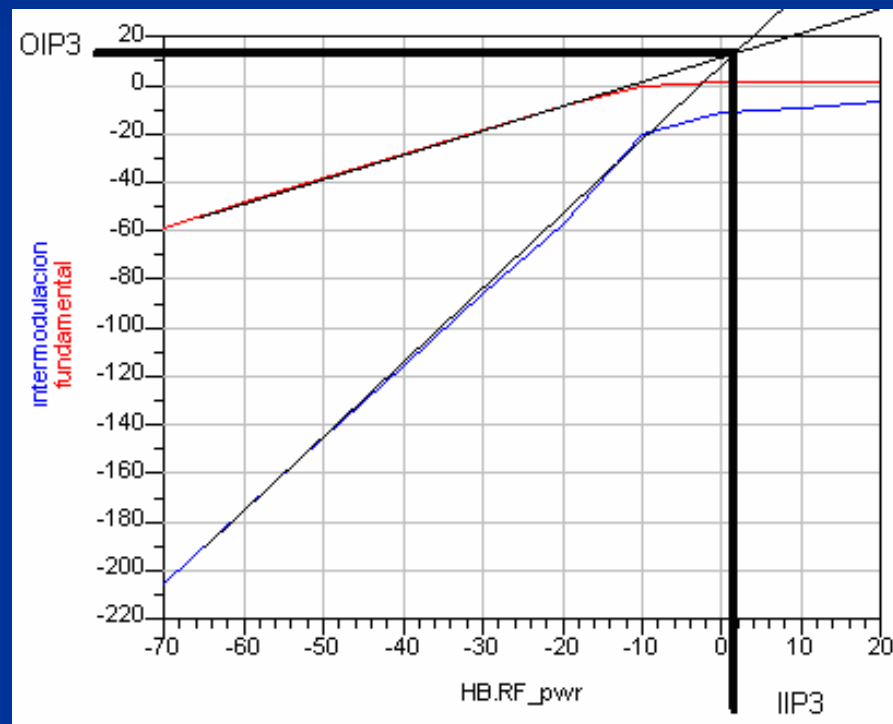
■ Resultados con bobinas reales



Ganancia mín. (dB)	11.7
Ganancia máx. (dB)	13.6
NF mín. (dB)	3.9
NF máx. (dB)	5.5
I_{TOTAL} (mA)	27



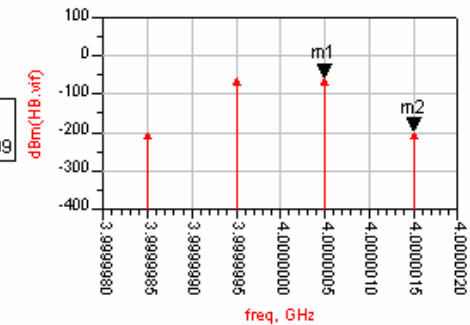
- Diseño a nivel de esquemático LNA2
 - Resultados con bobinas reales



Eqn gain=m1-RF_pwr
Eqn T0loutput=1.5*m1-0.5*m2

m2	freq=4.000GHz	m1	freq=4.000GHz
	dBm(HB.vif)=-198.091		dBm(HB.vif)=-56.399

T0loutput	freq	gain
14.447	4.000 GHz	13.601



	3.1 GHz	4 GHz	4.8 GHz
IIP3 (dBm)	3.287	2.447	-1.481



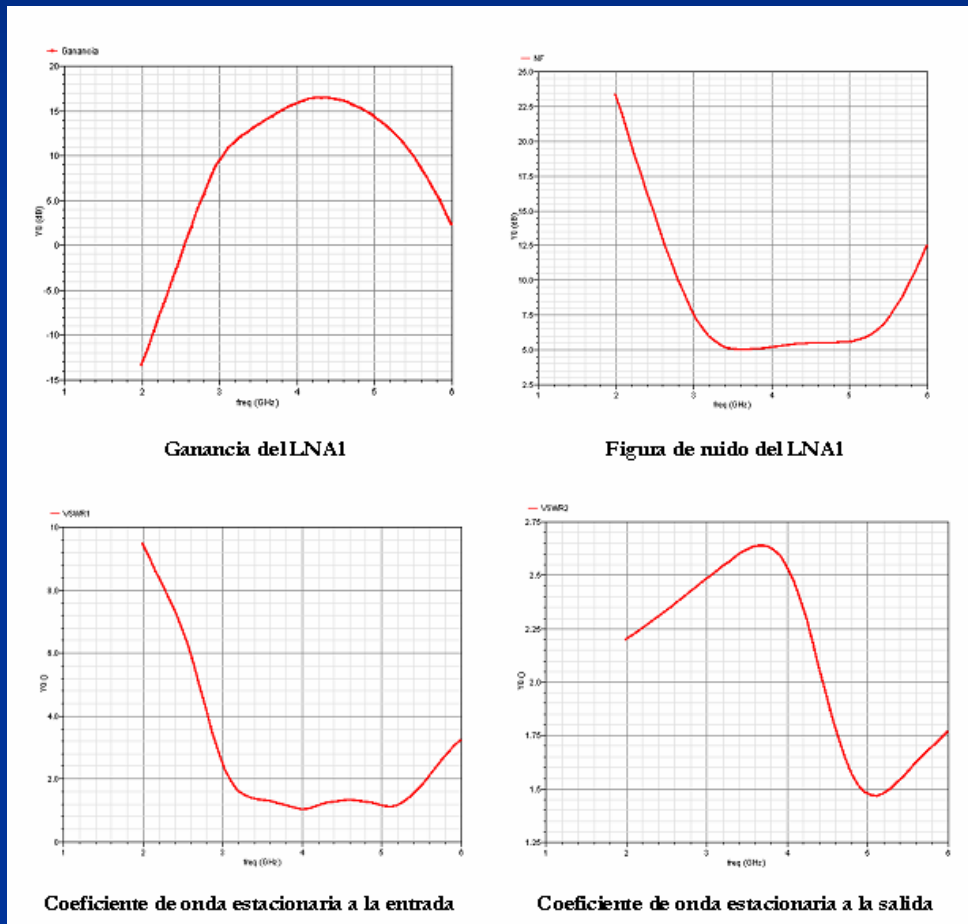
Estructura del Proyecto

- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Estándar IEEE 802.15.3a**
- **Características de los LNAs**
- **Tecnología SiGe 0.35 de AMS**
- **Diseño a nivel de esquemático**
- **Diseño a nivel de layout**
- **Conclusiones**
- **Presupuesto**



■ Diseño a nivel de layout LNA1

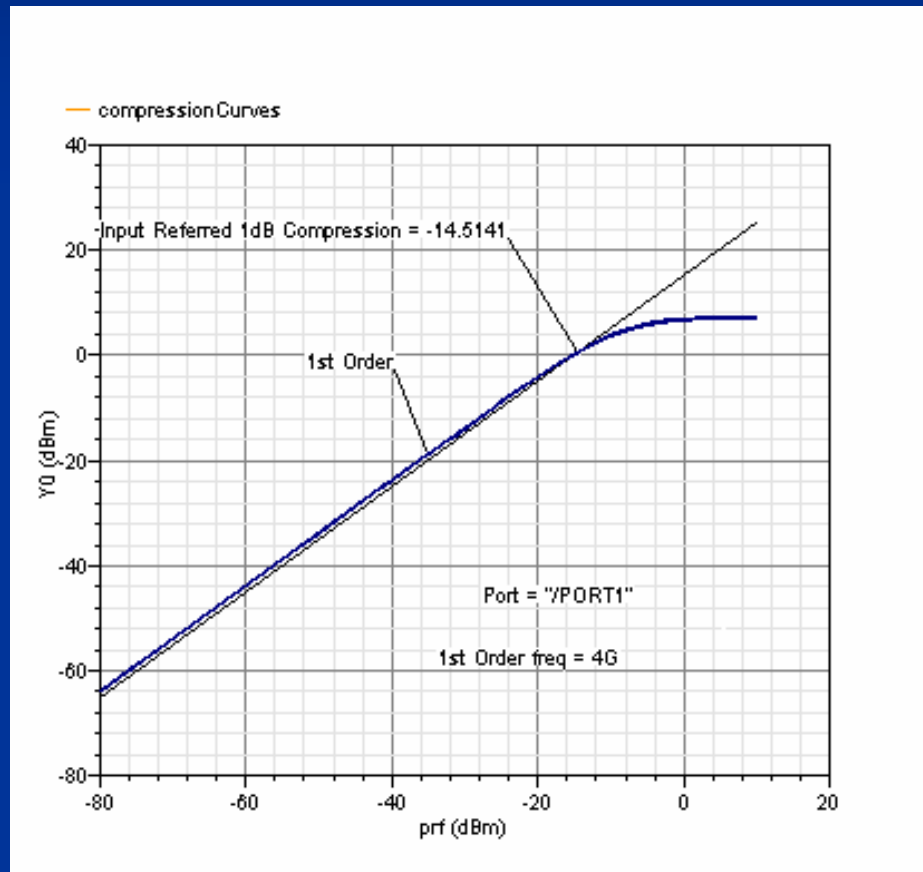
■ Esquemático con kit de diseño 3.70



Ganancia mín. (dB)	11
Ganancia máx. (dB)	16.8
NF mín. (dB)	5
NF máx. (dB)	6.5
I_{TOTAL} (mA)	16.88



- **Diseño a nivel de layout LNA1**
 - Esquemático con kit de diseño 3.70

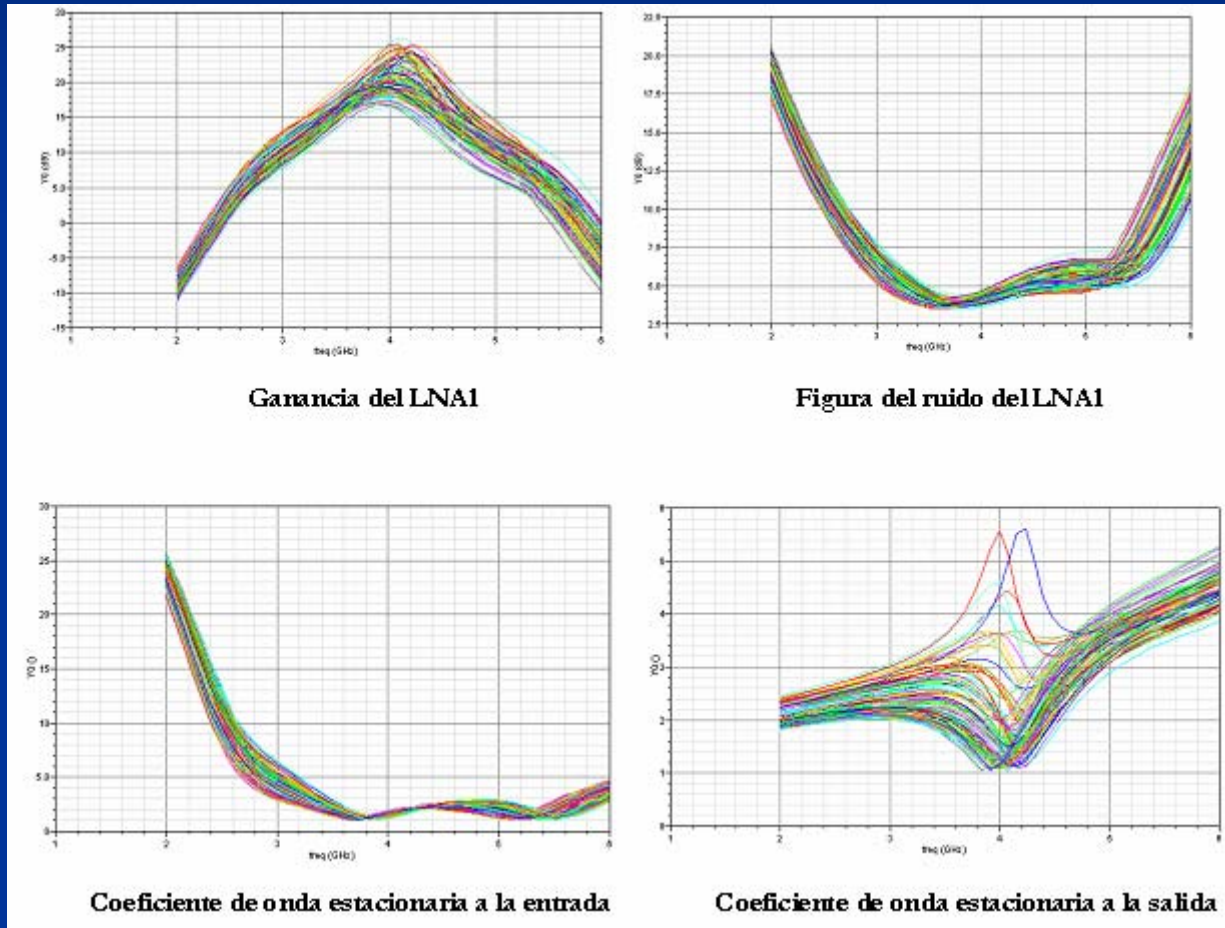


	3.1 GHz	4 GHz	4.8 GHz
OIP3 (dBm)	11.49	10.88	10.03



■ Diseño a nivel de layout LNA1

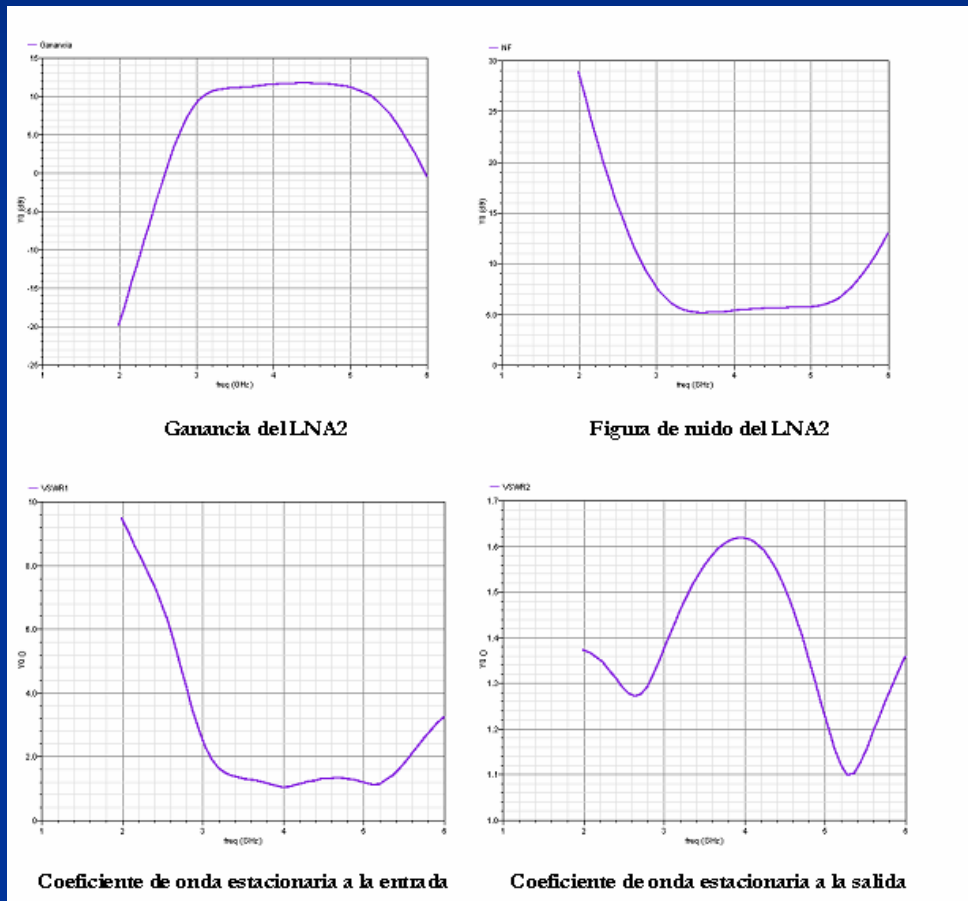
■ Análisis de Montecarlo





■ Diseño a nivel de layout LNA2

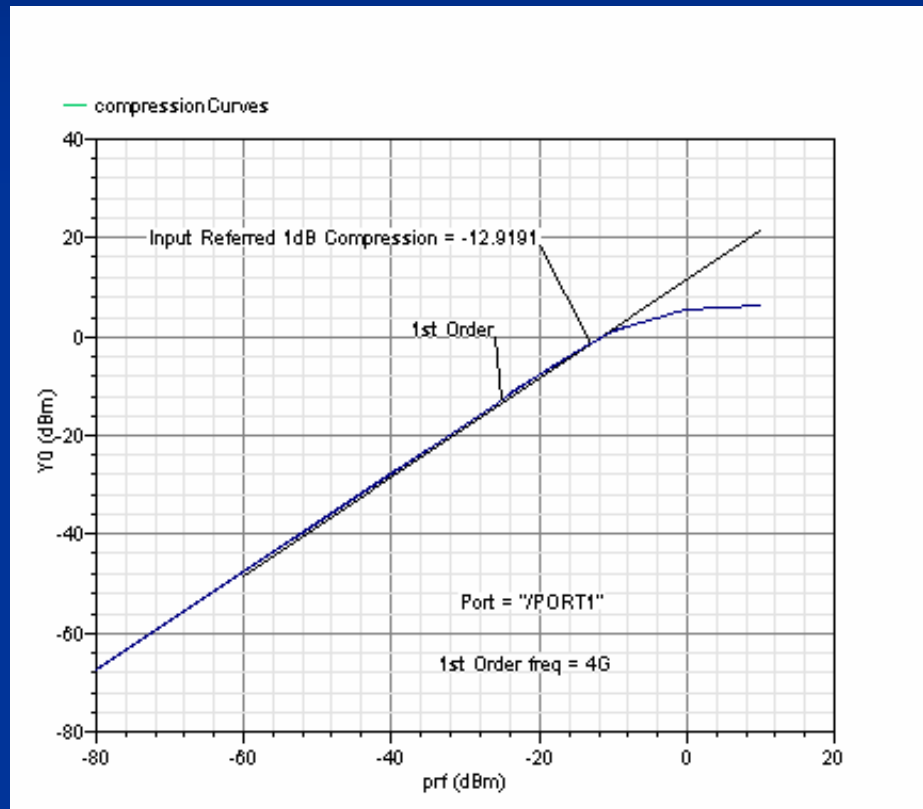
■ Esquemático con kit de diseño 3.70



Ganancia mín. (dB)	11
Ganancia máx. (dB)	12
NF mín. (dB)	5.2
NF máx. (dB)	6.1
I_{TOTAL} (mA)	16.96



- **Diseño a nivel de layout LNA2**
 - Esquemático con kit de diseño 3.70

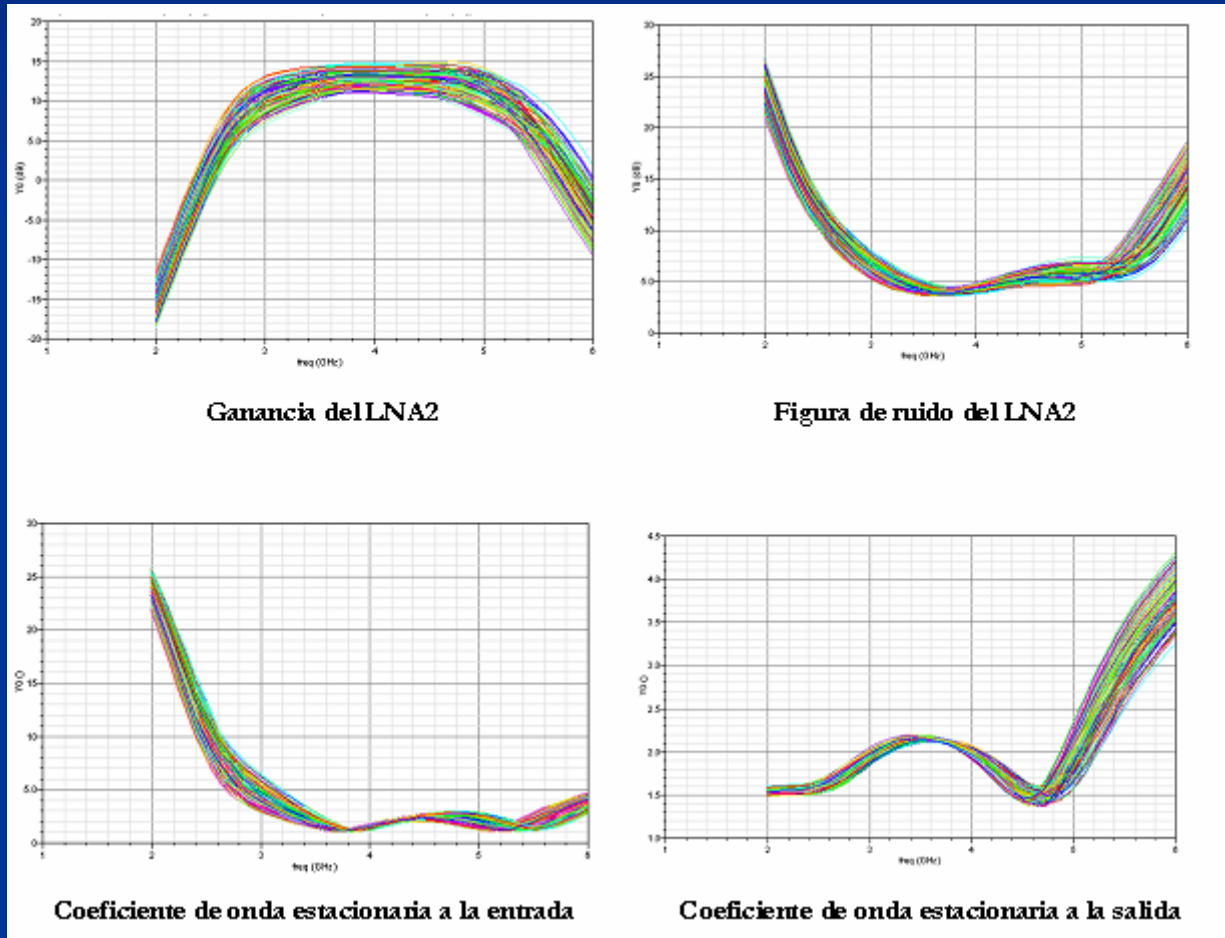


	3.1 GHz	4 GHz	4.8 GHz
OIP3 (dBm)	10.48	8.68	8.24



■ Diseño a nivel de layout LNA2

■ Análisis de Montecarlo



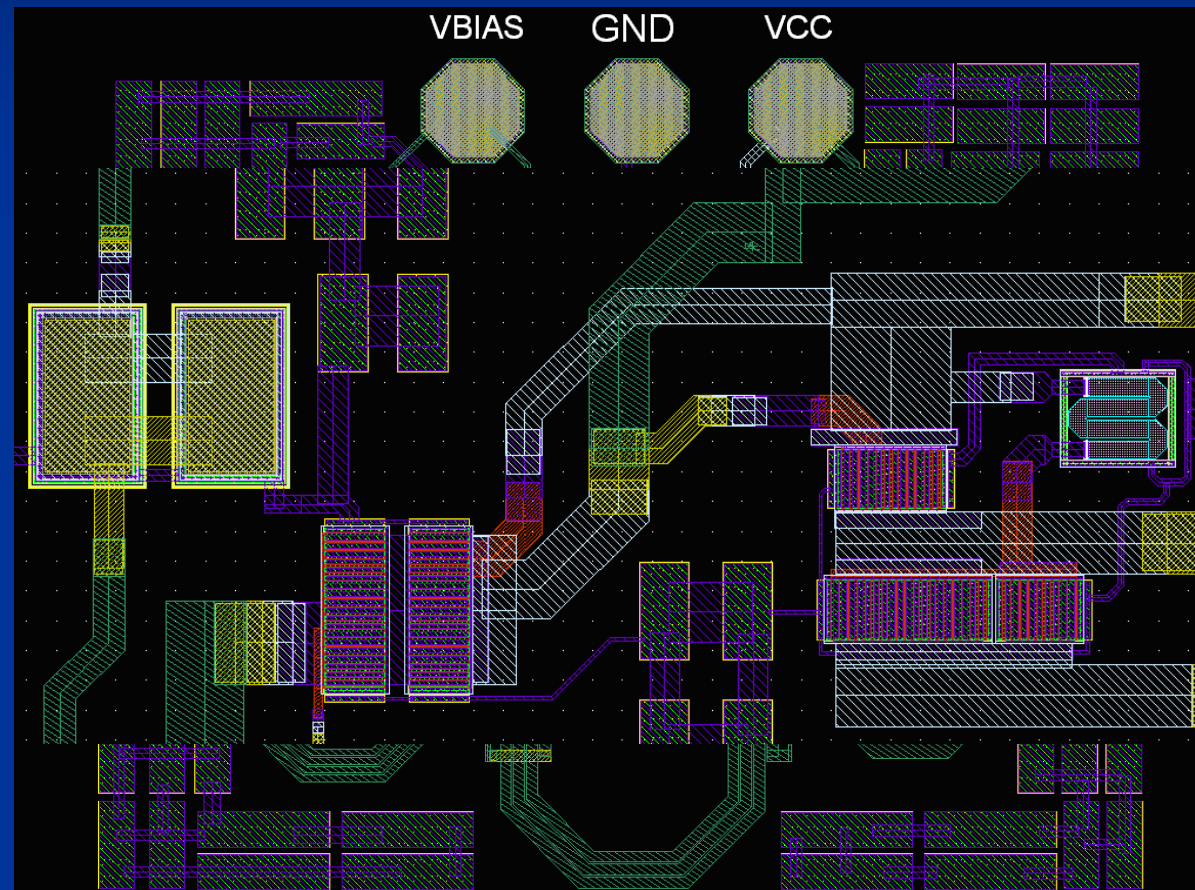


■ Diseño a nivel de layout

- Reglas de diseño de la tecnología
- Optimizar el diseño para evitar posibles dispersiones de los parámetros
 - Conectar el sustrato a tierra
 - Utilizar las estructuras dummies para reducir la tolerancia de los dispositivos
 - etc.

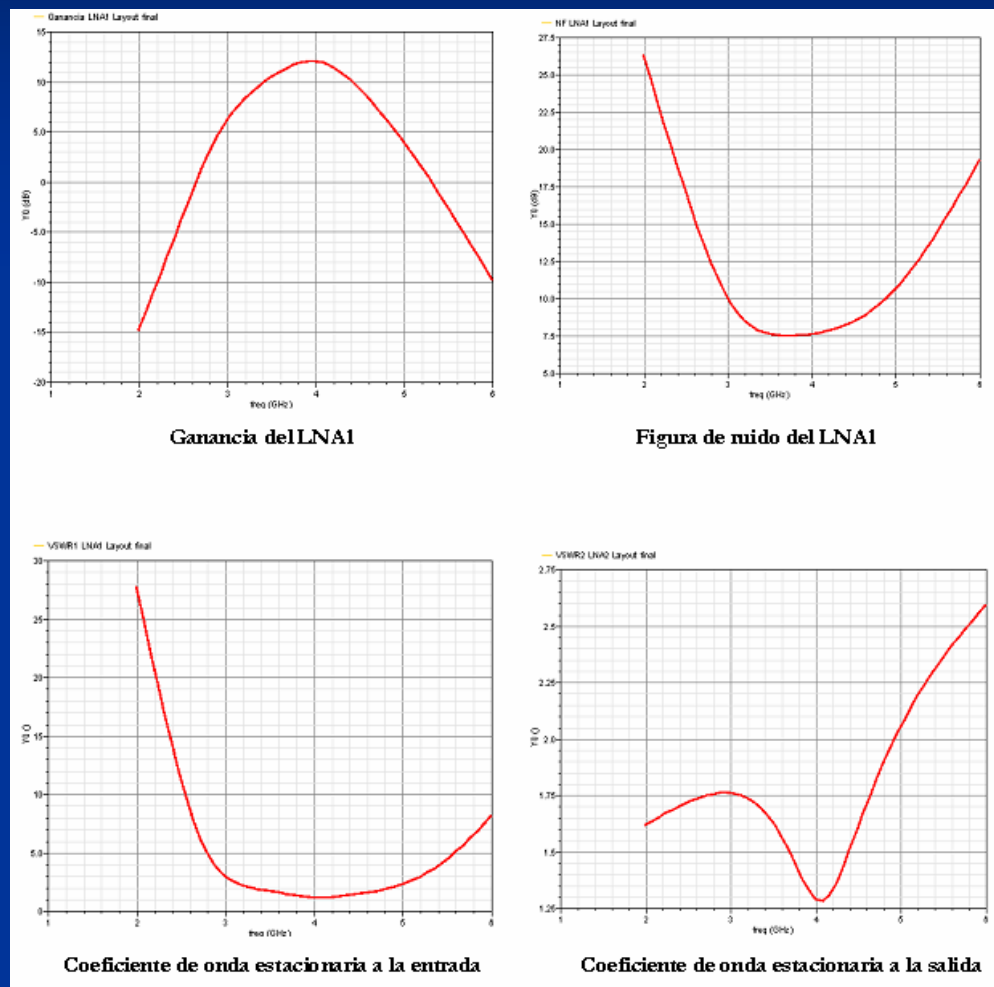


■ Diseño a nivel de layout LNA1





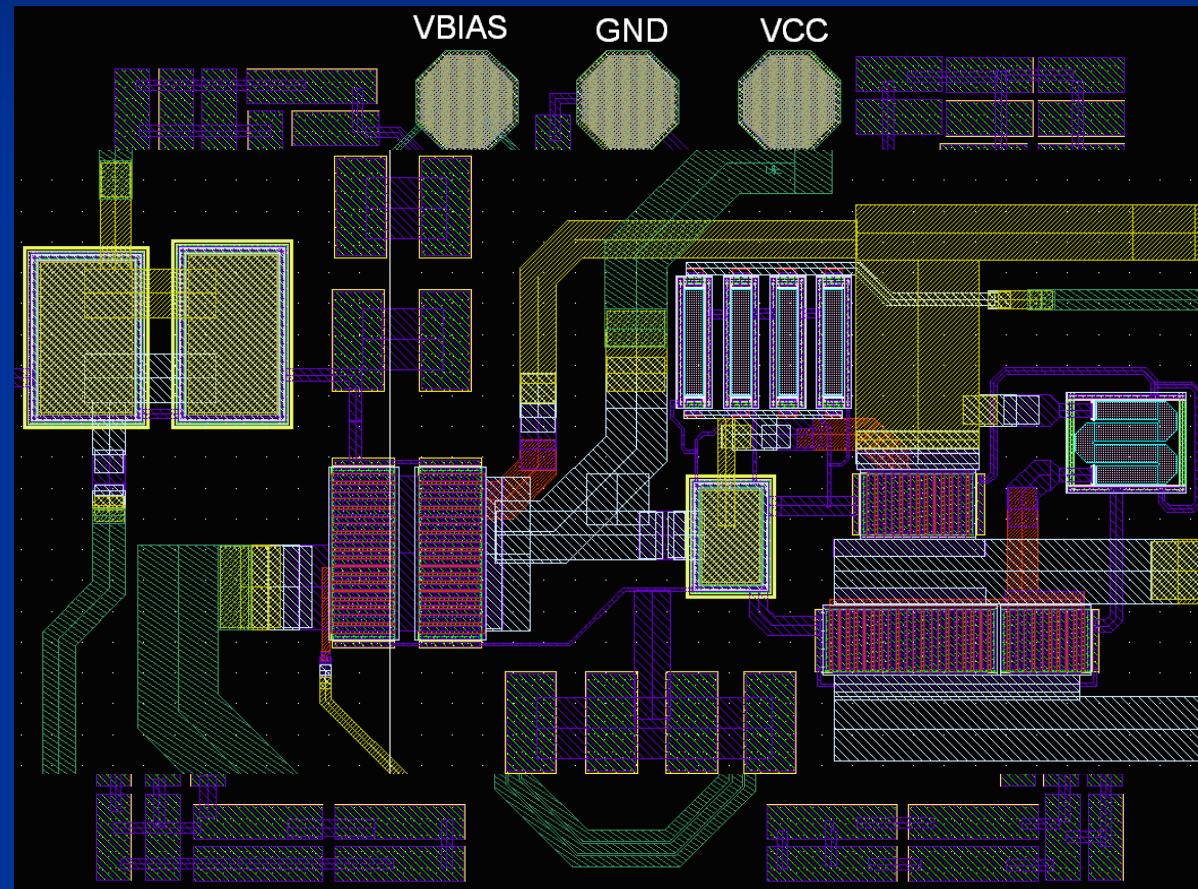
■ Diseño a nivel de layout LNA1



Ganancia mín. (dB)	7.5
Ganancia máx. (dB)	12.2
NF mín. (dB)	7.5
NF máx. (dB)	9
I_{TOTAL} (mA)	16.88

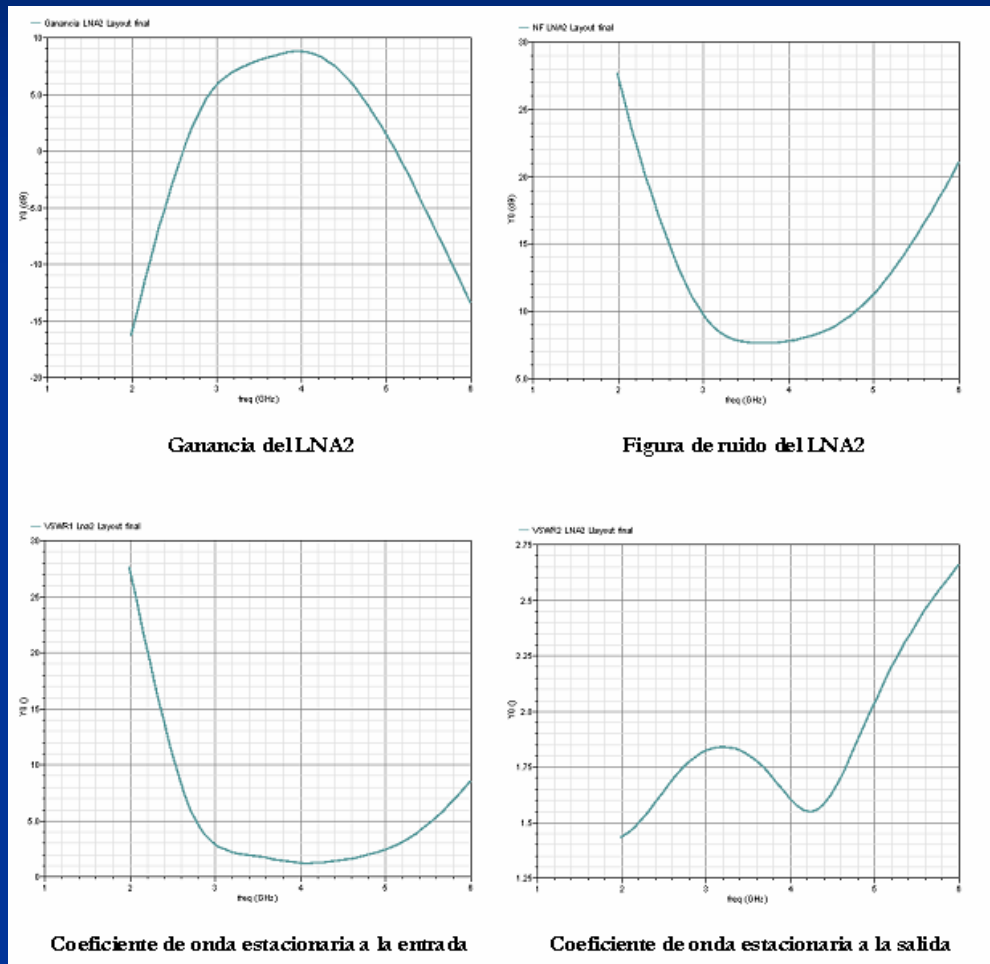


■ Diseño a nivel de layout LNA2





■ Diseño a nivel de layout LNA2



Ganancia mín. (dB)	4
Ganancia máx. (dB)	9
NF mín. (dB)	7.6
NF máx. (dB)	10
I_{TOTAL} (mA)	16.96



■ Diseño a nivel de layout

	LNA1 ESQUEMÁTICO	LNA1 LAYOUT	LNA2 ESQUEMÁTICO	LNA2 LAYOUT
Ganancia máx.	16.8 dB	12 dB	12 dB	9 dB
NF mín.	5 dB	7.5 dB	5.2 dB	7.6 dB
VSWR1 mín.	1	1.1	1	1.2
VSWR2 mín.	1.55	1.29	1.1	1.55



■ Diseño a nivel de layout LNA2

	LNA1	LNA2
W_{M1}	200 μm	200 μm
W_{M2}	200 μm	200 μm
W_{M3}	130 μm	130 μm
W_{M4} RAMA REF.	100 μm	100 μm
W_{M5}	200 μm	200 μm
R_{REF}	1000 Ω	1000 Ω
L_1	5.5 nH	5.5 nH
L_2	1 nH	1 nH
L_G	5 nH	5 nH
L_S	0.5 nH	0.5 nH
L_L	4 nH	5.5 nH
L_C	-----	5.5 nH
R_L	14 Ω	80 Ω
C_1	179 fF	179 fF
C_2	1 pF	1 pF
C_C	-----	200 fF
V_{CC}	3.3 V	3.3V
V_{Bias}	1 V	1 V
I_{TOTAL}	16.88 mA	16.96 mA
Área del chip	948.8 μm * 759.7 μm	948.8 μm * 759.7 μm



Estructura del Proyecto

- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Estándar IEEE 802.15.3a**
- **Características de los LNAs**
- **Tecnología SiGe 0.35 de AMS**
- **Diseño a nivel de esquemático**
- **Diseño a nivel de layout**
- **Conclusiones**
- **Presupuesto**



■ Conclusiones

- Con la tecnología SiGe 0.35 μm se pueden realizar diseños aceptables de componentes analógicos de RF para UWB
- Aunque no se haya conseguido realizar el diseño para toda la banda, si se ha logrado realizar con éxito para el modo 1
- Un logro a destacar, es la novedosa estructura que se presenta con el LNA2, con ella se consigue aplanar la ganancia más que en el caso del shunt-peaking clásico



■ Conclusiones

- Este trabajo pertenece a una línea de investigación de más envergadura (WITNESS)
- El presente trabajo tiene continuidad en aspectos como la medida de los circuitos y la integración en la cadena del receptor para UWB
- Posibilidad hacer pruebas con otras tecnologías más modernas junto con la estructura shunt-peaking modificada es una línea de trabajo que, a buen seguro, podría arrojar resultados relevantes.



Estructura del Proyecto

- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Estándar IEEE 802.15.3a**
- **Características de los LNAs**
- **Tecnología SiGe 0.35 de AMS**
- **Diseño a nivel de esquemático**
- **Diseño a nivel de layout**
- **Conclusiones**
- **Presupuesto**



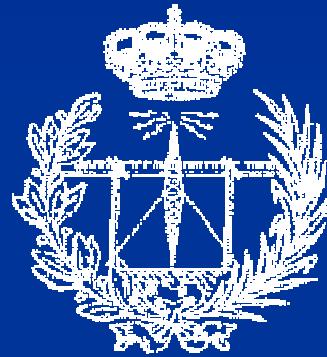
■ Presupuesto

Descripción	Gastos
Costes de ingeniería	33.940 €
Costes de amortización	153,82 €
Costes de fabricación	1.600 €
Otros costes	378 €
PRESUPUESTO FINAL	36.071,82 €
TOTAL (I.G.I.C 5%)	37.875,41 €



Universidad de Las Palmas de
Gran Canaria

Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de
Telecomunicación



Diseño de un Amplificador de Bajo Ruido de
Ultra Banda Ancha para un Receptor de UWB
en CMOS 0.35 μm

Tutor: Francisco Javier Del Pino Suárez

Cotutor: Jesús Rubén Pulido Medina

Autor: Hugo García Vázquez

Septiembre de 2006