

*Aportación a la Detección y Clasificación de
Blancos Marítimos con Radares de Alta
Resolución de Onda Continua y Frecuencia
Modulada.*

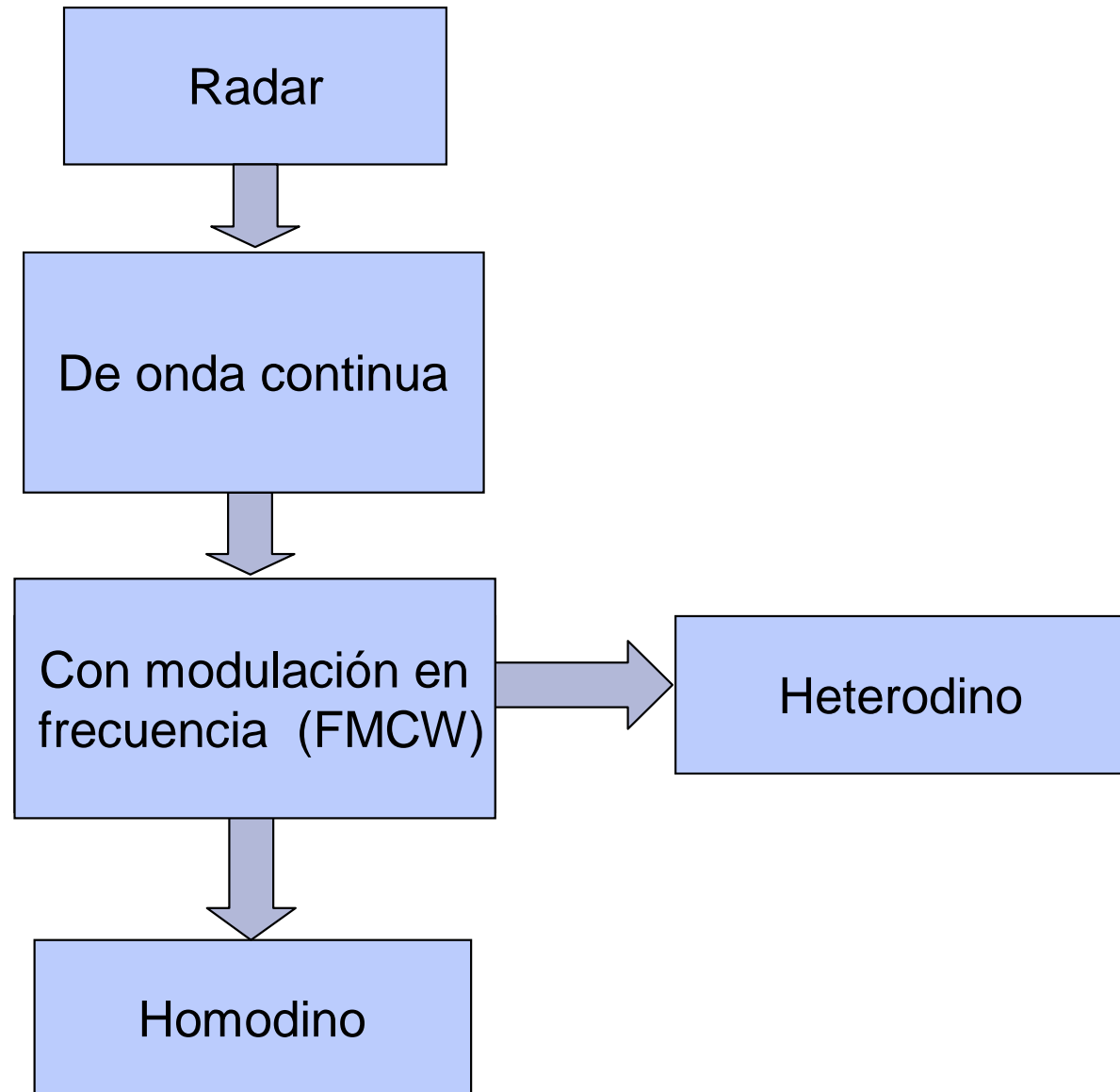
Cristina Carmona Duarte

Directores: Dr. Blas Pablo Dorta Naranjo
Dr. Miguel Ángel Ferrer Ballester

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.

1.1 INTRODUCCIÓN.



1.2 ALTA RESOLUCIÓN.

◆ *Alta resolución en distancia:*

◆ *Ventajas:*

- *Resolver dos blancos próximos, es decir, de diferenciarlos.*
- *Más información sobre el blanco.*

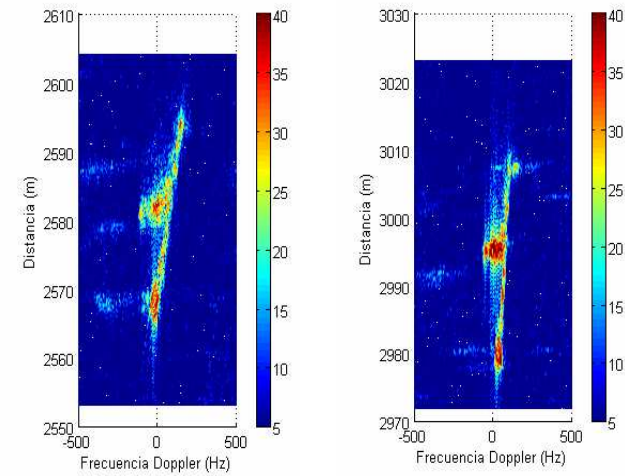
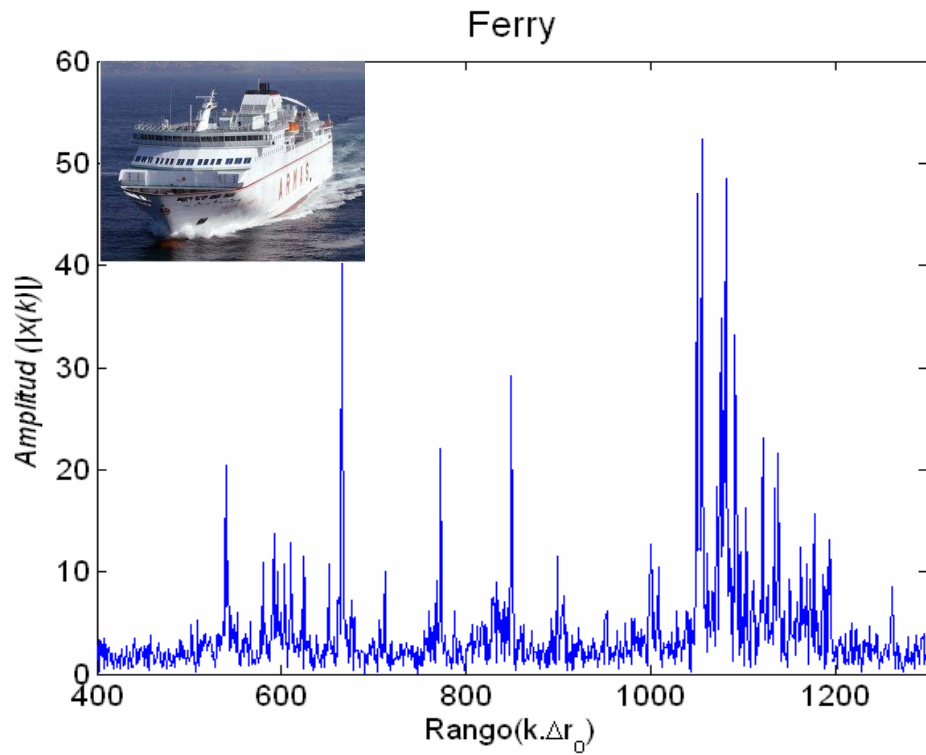
◆ *Desventajas:*

- *Aumenta la cantidad de datos para una misma distancia y el tiempo de procesado.*
- *Al variar la resolución del radar también varía*
 - ⊕ *la distribución del clutter:*
 - *Rayleigh* ⇒ *log-normal o tipo K*
 - ⊕ *La forma del blanco:*
 - *Un pico formado por celdas de distancia* ⇒ *varias celdas de distancia* ⇒ *varios picos separados*
- *Migración de celdas en Doppler, MTI, etc.*

1.3 IMÁGENES RADAR .

Perfil en distancia

Imagen Doppler
(Blanco en
Movimiento)

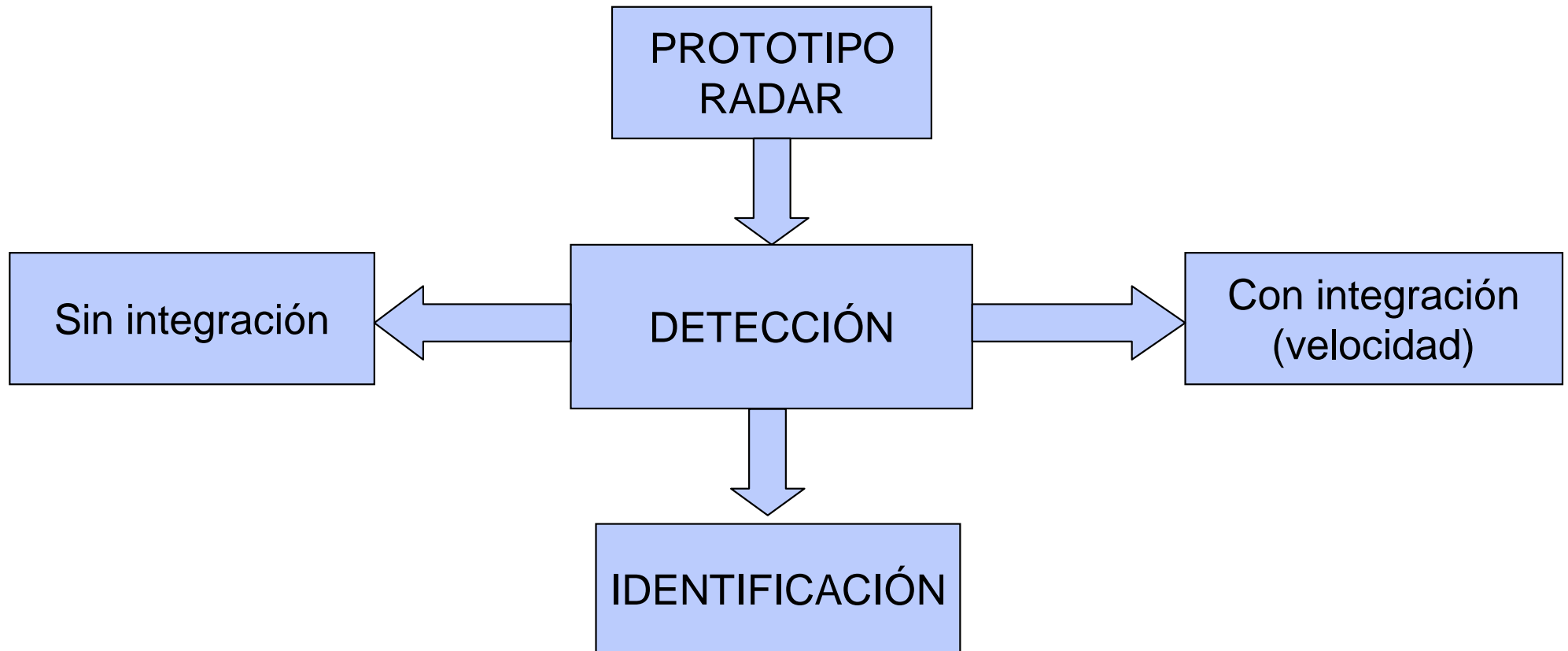


1.4 TESIS.

◆ *En esta tesis doctoral se tratará de demostrar la siguiente hipótesis:*

“Es posible crear nuevos algoritmos de detección e identificación que aprovechando las propiedades que ofrecen los nuevos radares de alta resolución mejoren las prestaciones de los algoritmos ya existentes para menor resolución”

1.5 ESTRUCTURA DE LA TESIS.



ÍNDICE

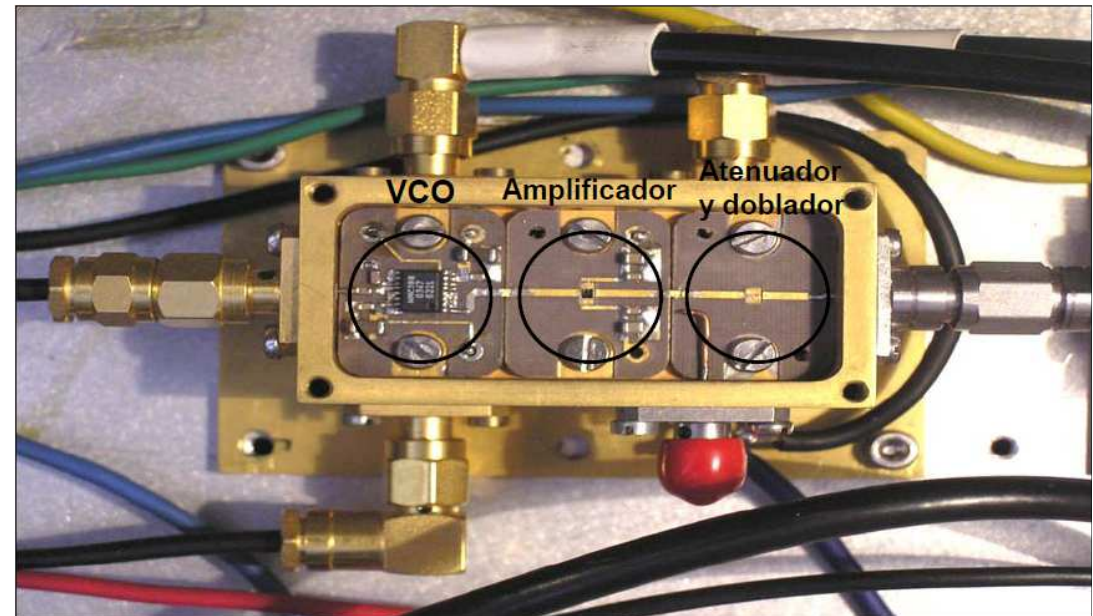
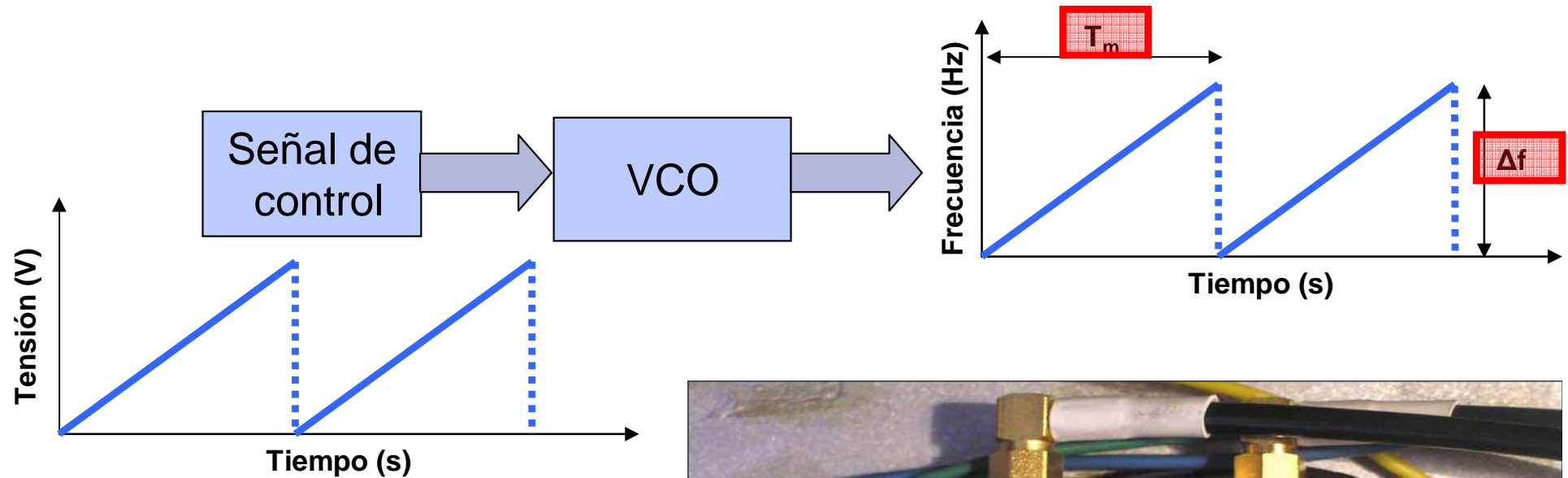
1. INTRODUCCIÓN.
2. PROTOTIPO DE RADAR HOMODINO DE ALTA RESOLUCIÓN.
LINEALIZACIÓN DEL GENERADOR.
3. ESTUDIO DE LOS BLANCOS Y DEL CLUTTER DE MAR.
4. NUEVA TÉCNICA DE DETECCIÓN DE BLANCOS CON RADARES DE
ALTA RESOLUCIÓN .
5. TÉCNICA DE DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE BLANCOS POR
VELOCIDAD MEDIANTE RADARES DE ALTA RESOLUCIÓN.
6. IDENTIFICACIÓN DE BLANCOS MARÍTIMOS .
7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.

ÍNDICE

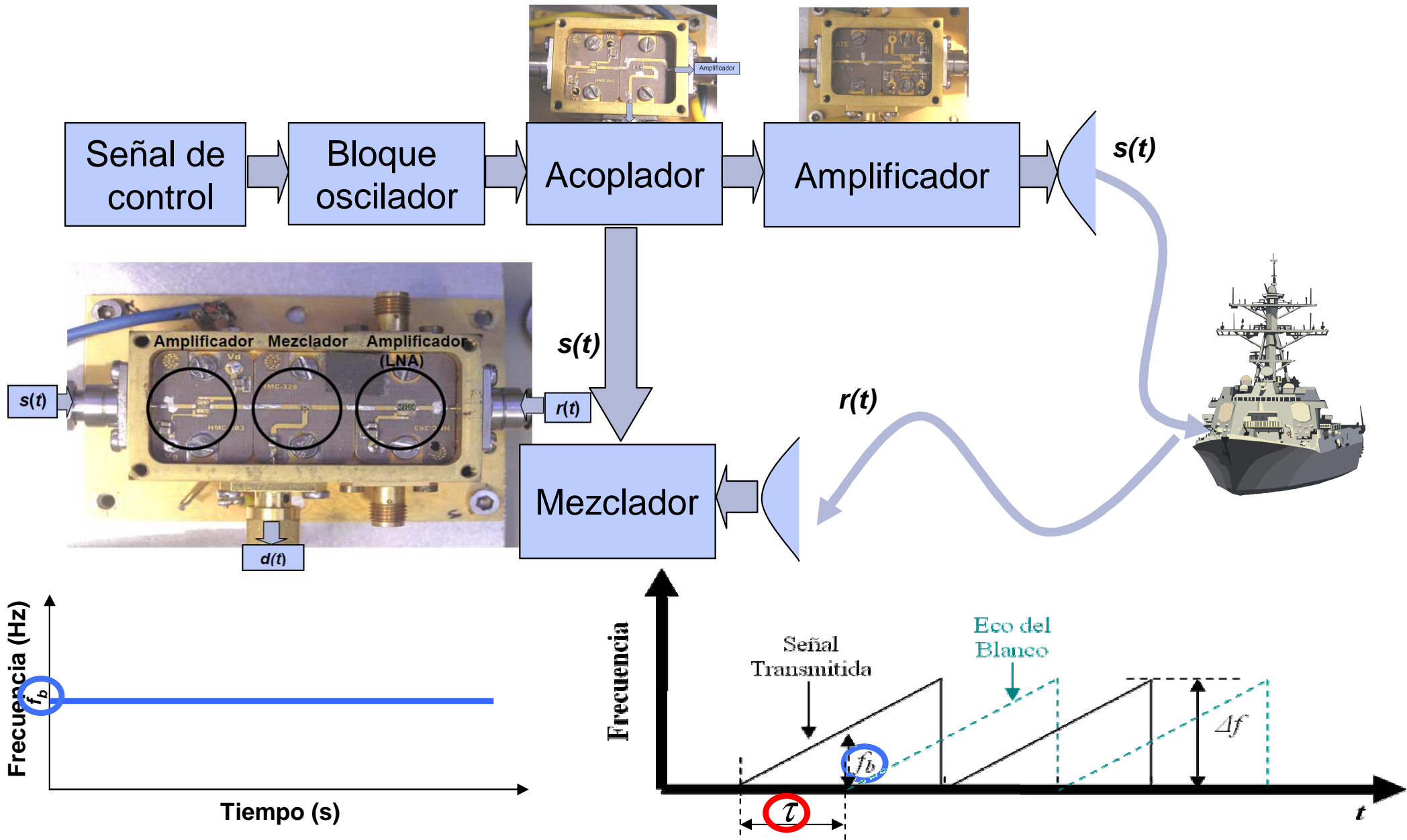
1. INTRODUCCIÓN.
2. PROTOTIPO DE RADAR HOMODINO DE ALTA RESOLUCIÓN. LINEALIZACIÓN DEL GENERADOR.
3. ESTUDIO DE LOS BLANCOS Y DEL CLUTTER DE MAR.
4. NUEVA TÉCNICA DE DETECCIÓN DE BLANCOS CON RADARES DE ALTA RESOLUCIÓN .
5. TÉCNICA DE DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE BLANCOS POR VELOCIDAD MEDIANTE RADARES DE ALTA RESOLUCIÓN.
6. IDENTIFICACIÓN DE BLANCOS MARÍTIMOS .
7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.

2.1 RADAR DE ONDA CONTINUA Y FRECUENCIA MODULADA

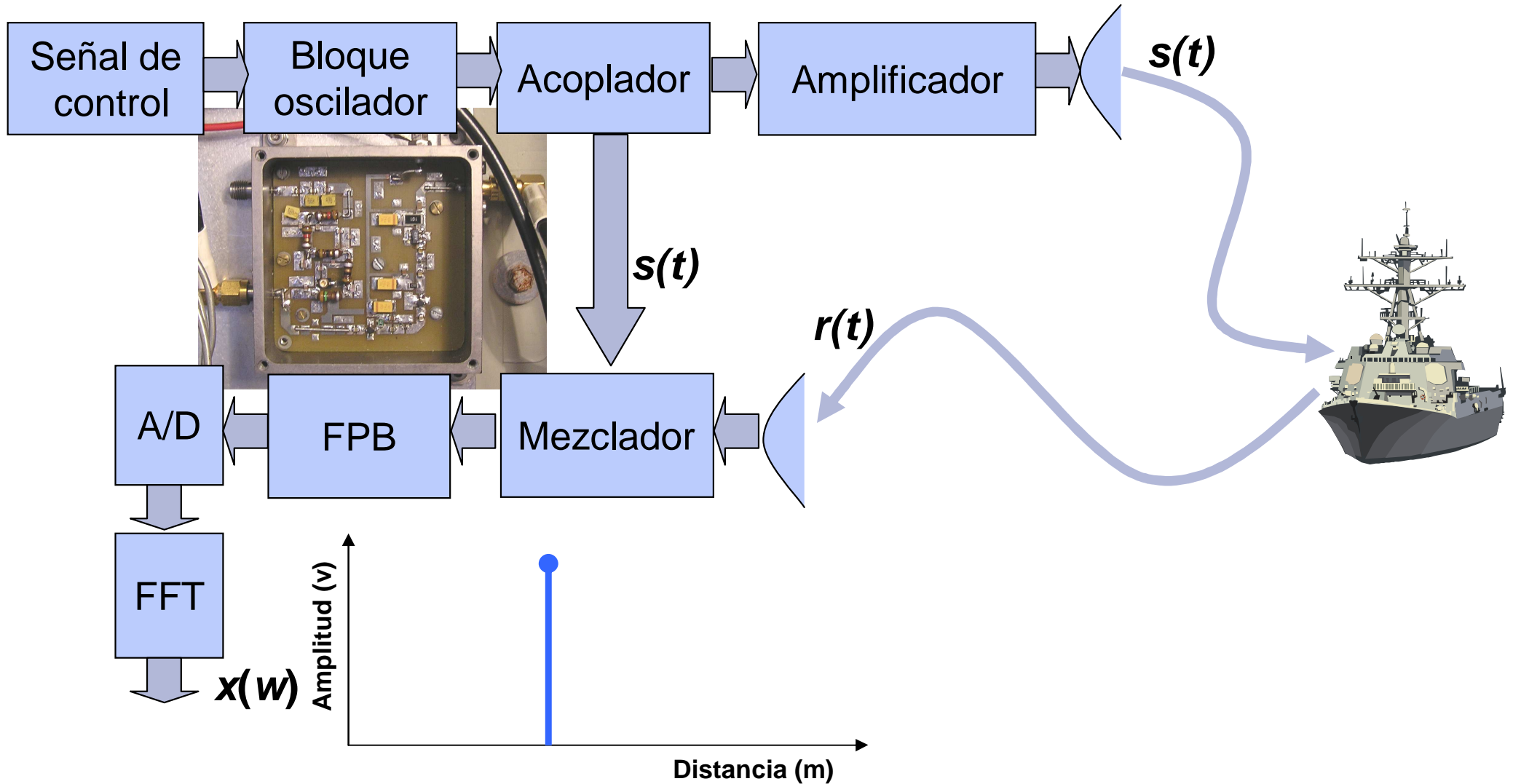
◆ Generación del barrido de frecuencia:



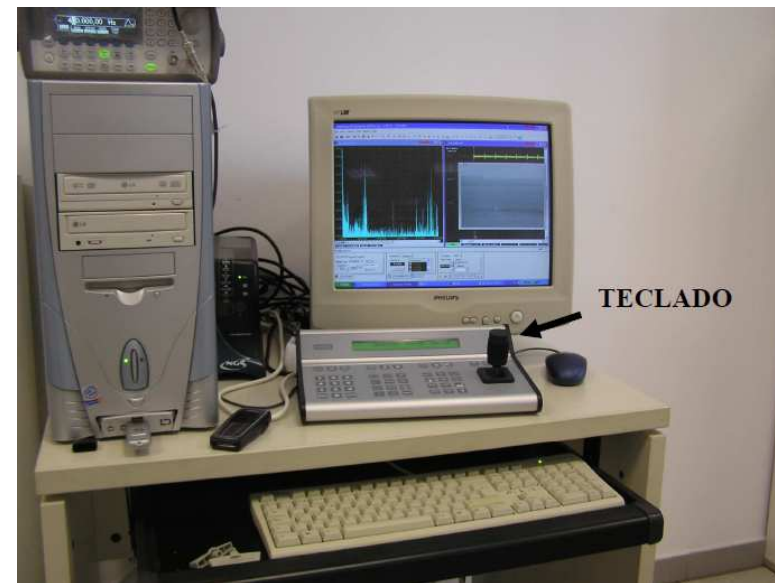
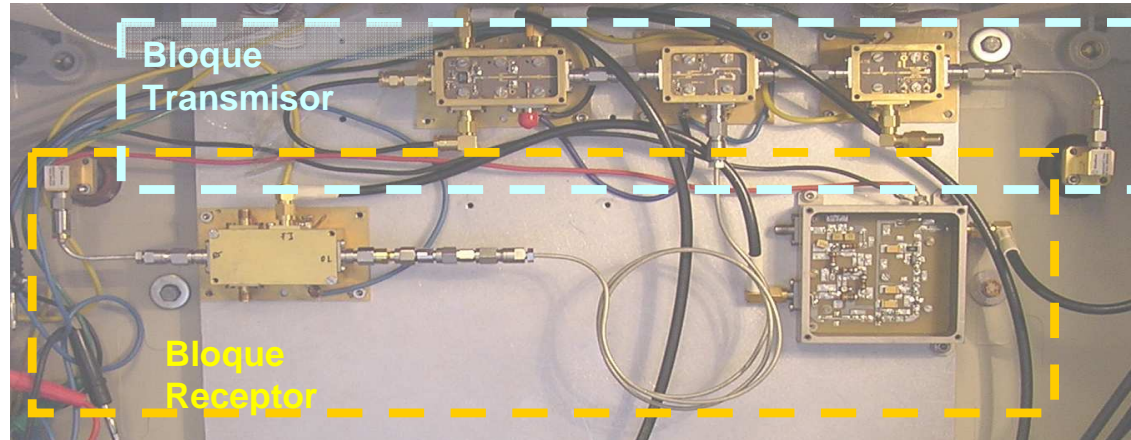
2.1 ESQUEMA DEL RADAR DE ONDA CONTINUA Y FRECUENCIA MODULADA



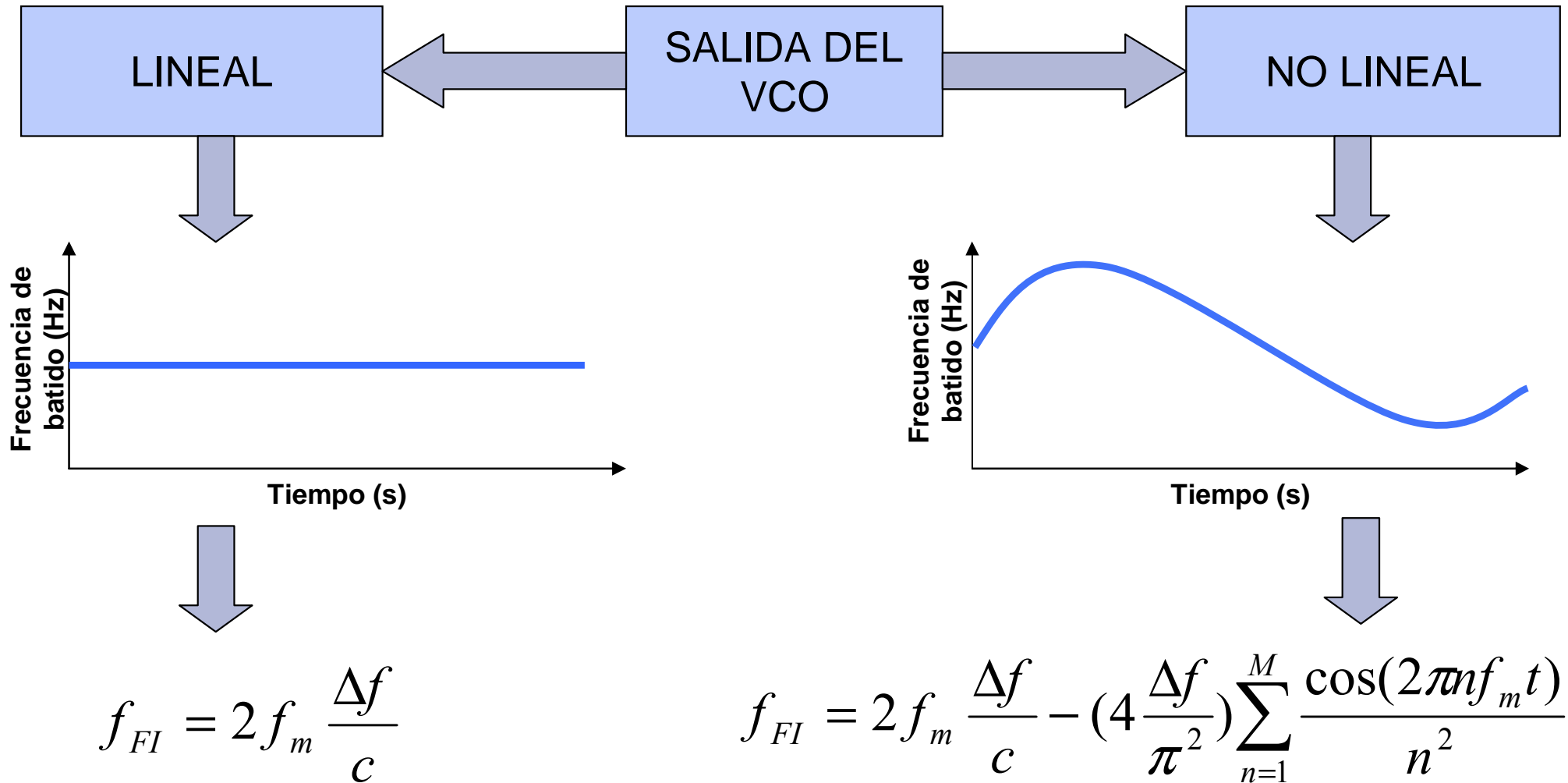
2.1 ESQUEMA DEL RADAR DE ONDA CONTINUA Y FRECUENCIA MODULADA



2.1 RADAR DE ONDA CONTINUA Y FRECUENCIA MODULADA



2.2. LINEALIZACIÓN VCO.

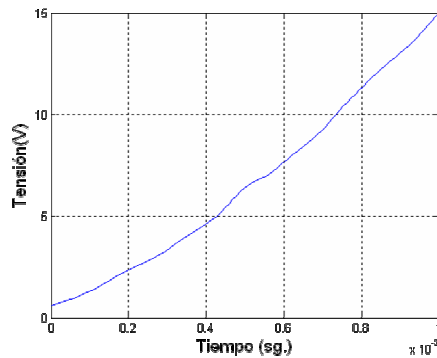


2.2. LINEALIZACIÓN VCO.

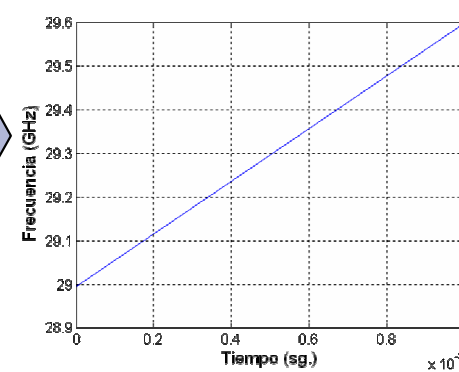
◆ Métodos de linealización:

- ◆ Por Hardware: PLL con DDS.
- ◆ Por Software:
 - En lazo abierto

SEÑAL DE EXCITACIÓN MODIFICADA

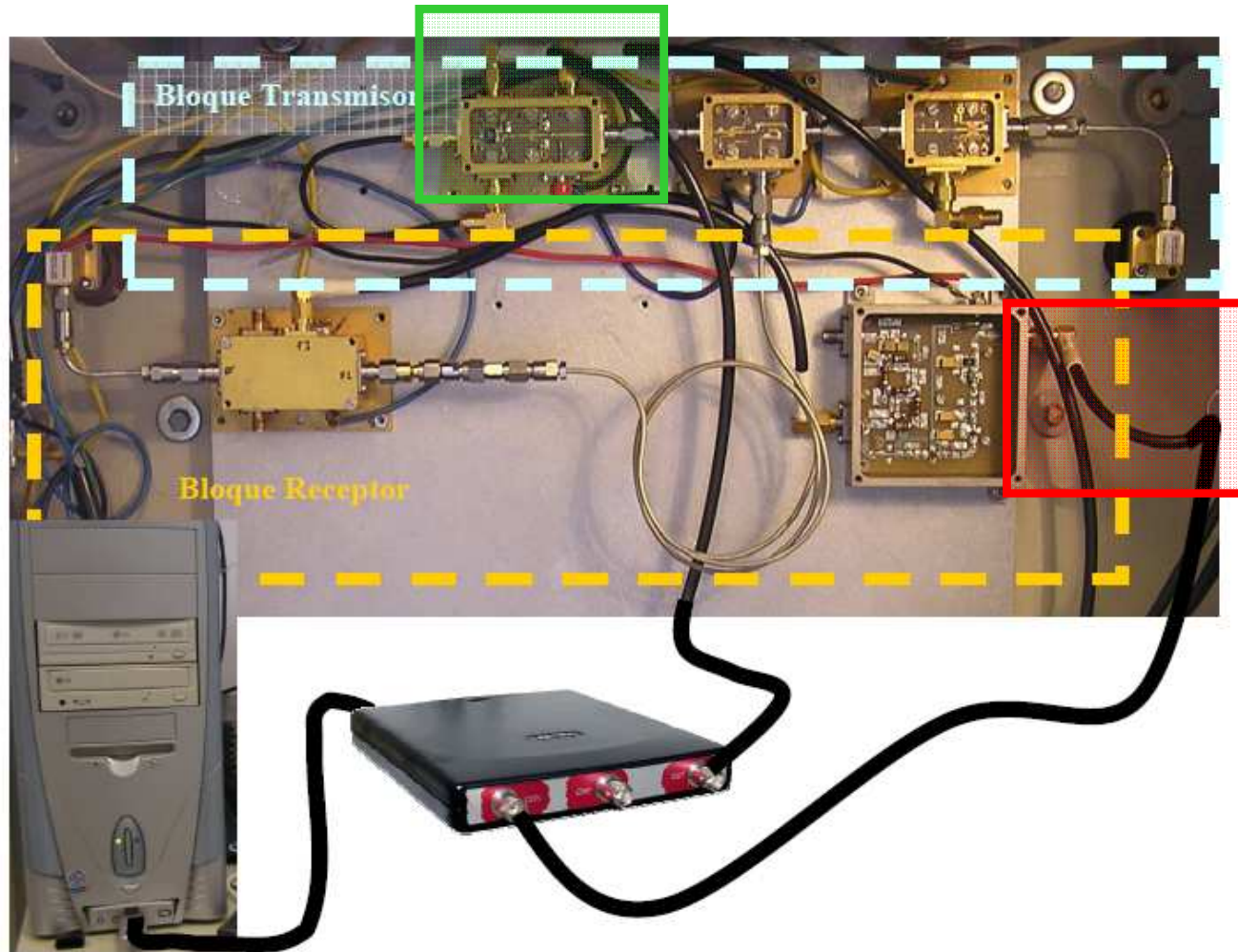


BARRIDO LINEAL DE FRECUENCIA



- Automáticos: A partir de la señal de FI.
- Propuesto en esta tesis:
 - ⊕ que no tenga la complejidad del PLL
 - ⊕ que aprovechara las características del radar.
 - ⊕ Que permita linealizar con el radar funcionando en condiciones normales. (Mientras se detectan los blancos)

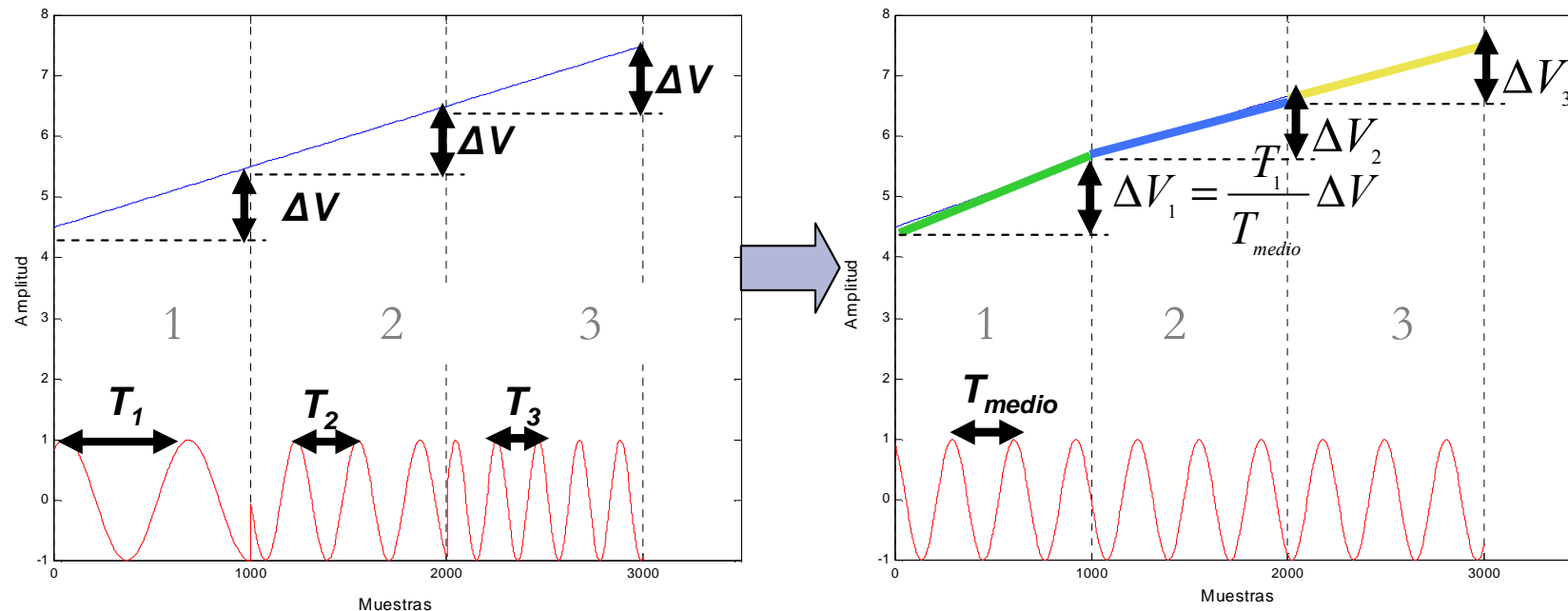
2.2. LINEALIZACIÓN VCO.



2.2. LINEALIZACIÓN VCO.

◆ Pasos de la linealización automática propuesto:

- ◆ Rampa lineal a la entrada VCO → Salida de FI señal no constante.
- ◆ Se mide periodo medio de la señal FI que proviene del blanco más potente.
- ◆ Se mide el periodo de X fracciones de la señal de FI.
- ◆ Nueva rampa no lineal: varia pendiente en función de la variación del periodo medio.



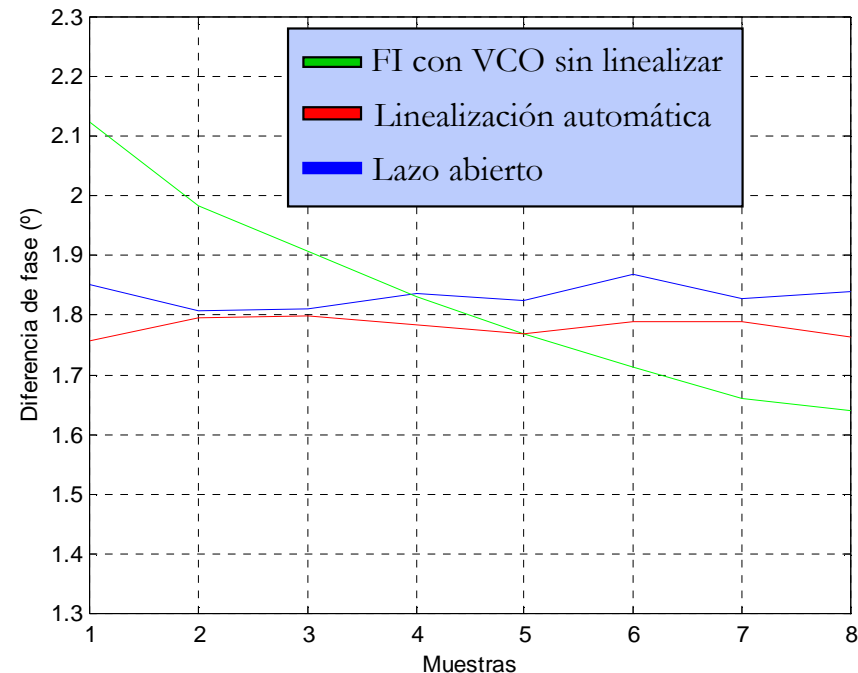
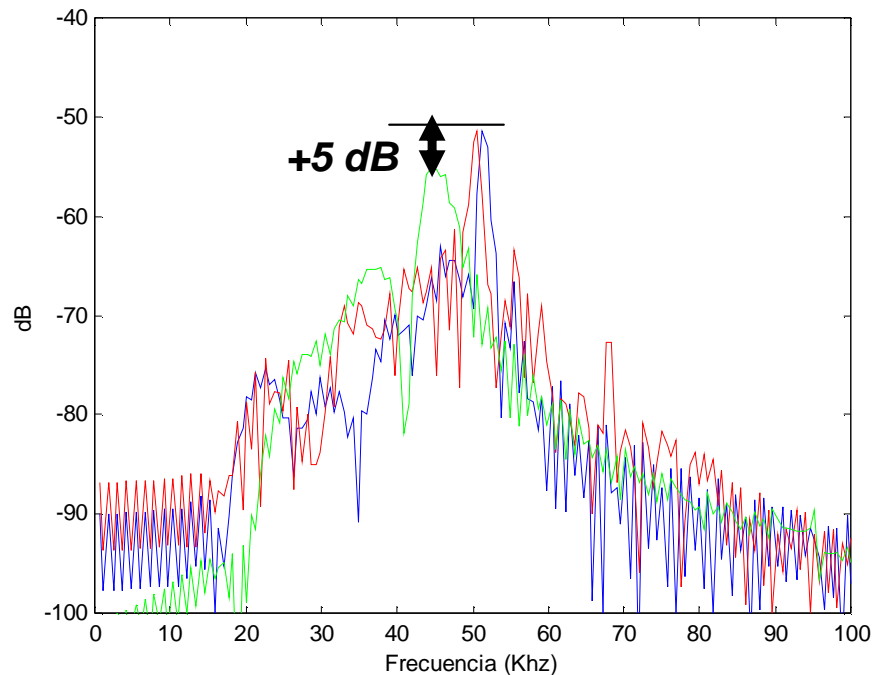
2.2. LINEALIZACIÓN VCO.

◆ Datos de las primeras medidas:

◆ Rampas:

- 5 Voffset y amplitud de 3 Vpp, frecuencia PRF 612 Hz.
- Generadas con tarjeta digitalizadora HandyScope HS3.

◆ Se sustituye las antenas por un cable.



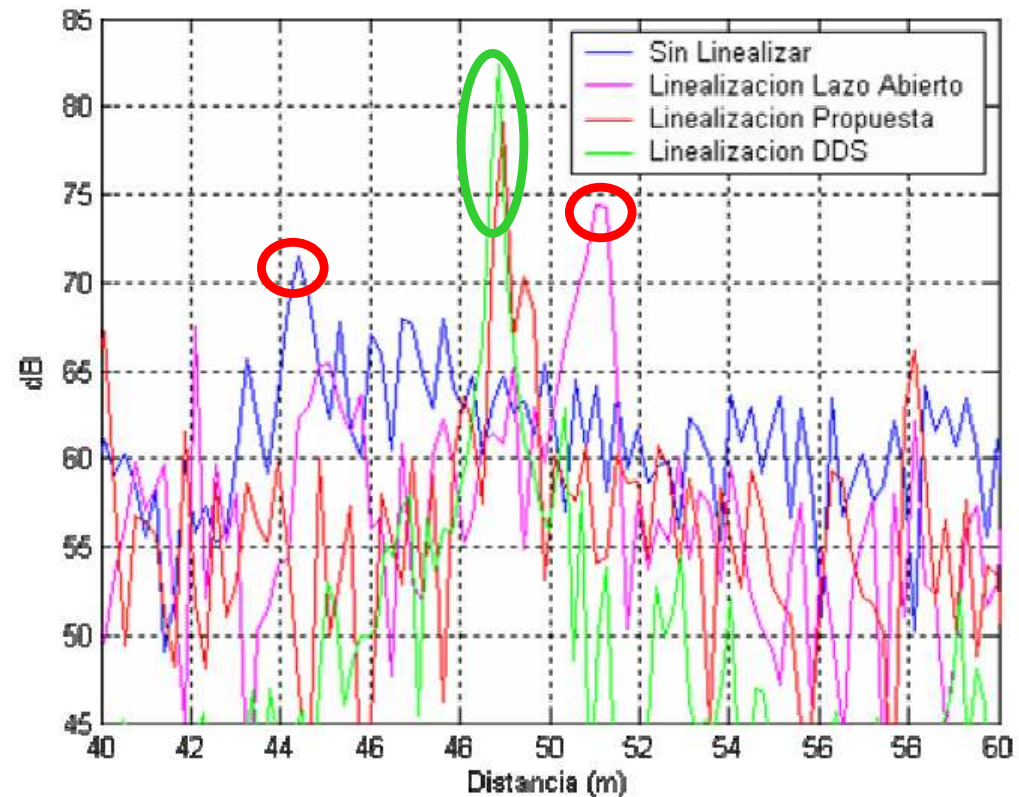
2.2. LINEALIZACIÓN VCO.

◆ Medida con las antenas y VCO de Hittite:



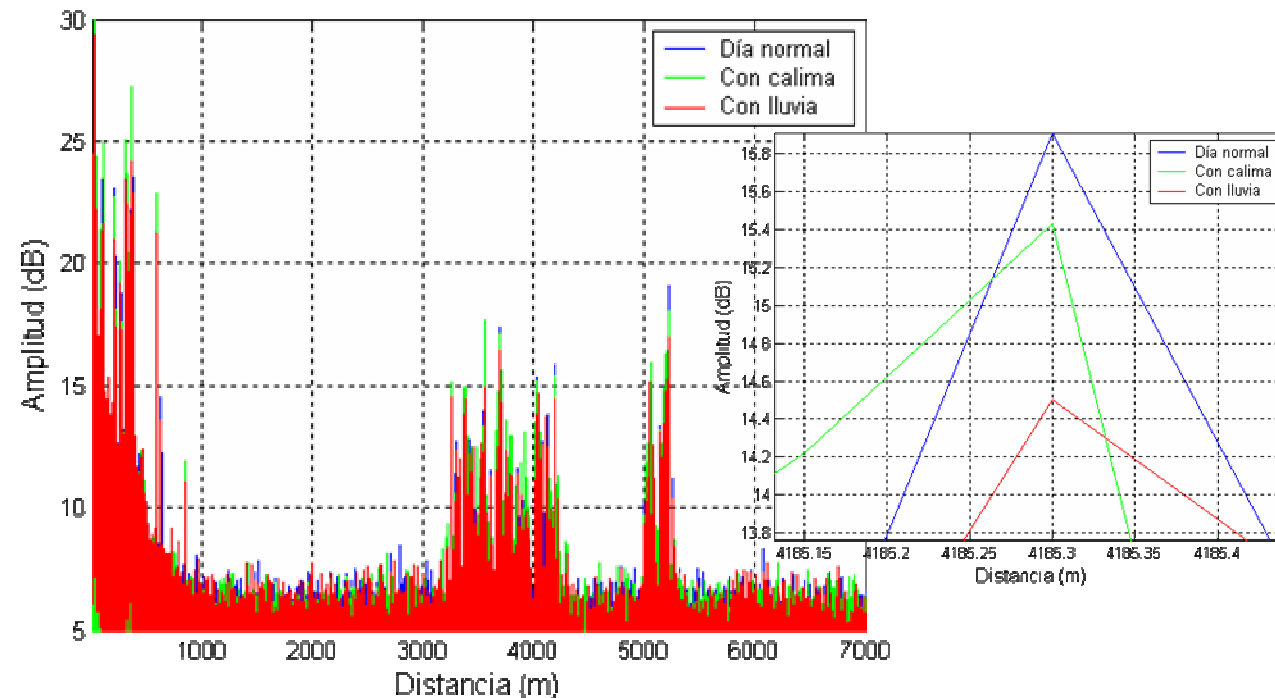
Reflector

MÉTODO DE LINEALIZACIÓN	DB (para 100%)
PLL	0
Propuesto	-3
Lazo abierto	-8
Sin linealizar	-10



2.3. COMPORTAMIENTO DEL RADAR EN CONDICIONES METEOROLÓGICAS ADVERSAS.

Estudio del comportamiento del radar en condiciones meteorológicas adversas.



EFFECTO METEOROLÓGICO	dB/km
Calima	0,125
Niebla	0,1
Lluvia	0,37

ÍNDICE

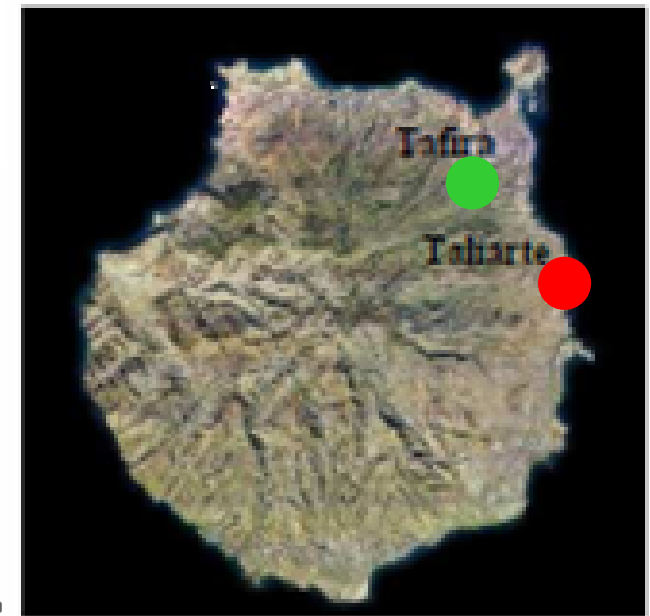
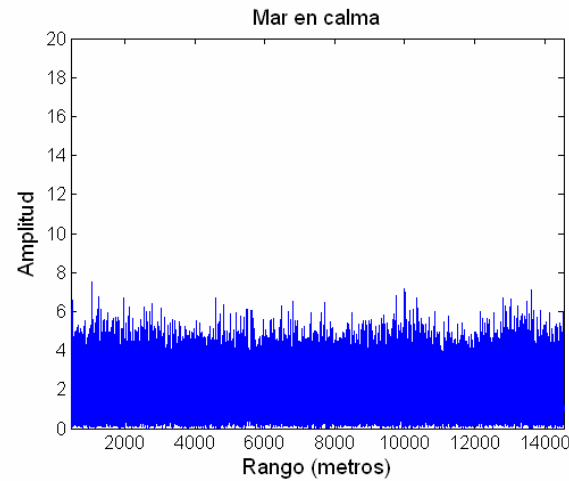
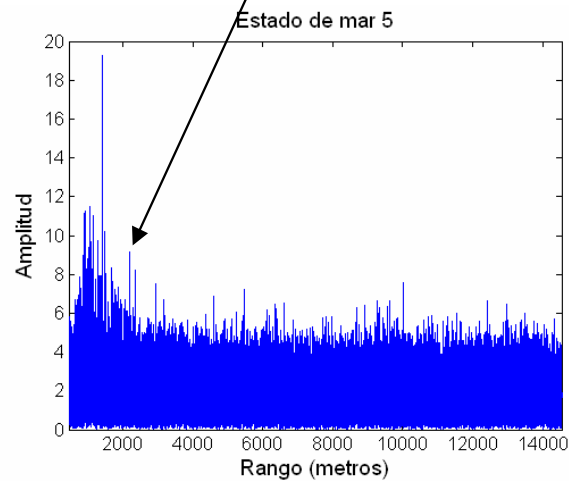
1. INTRODUCCIÓN.
2. PROTOTIPO DE RADAR HOMODINO DE ALTA RESOLUCIÓN. LINEALIZACIÓN DEL GENERADOR.
3. ESTUDIO DE LOS BLANCOS Y DEL CLUTTER DE MAR.
4. NUEVA TÉCNICA DE DETECCIÓN DE BLANCOS CON RADARES DE ALTA RESOLUCIÓN .
5. TÉCNICA DE DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE BLANCOS POR VELOCIDAD MEDIANTE RADARES DE ALTA RESOLUCIÓN.
6. IDENTIFICACIÓN DE BLANCOS MARÍTIMOS .
7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.

3.1 INTRODUCCIÓN

◆ Estudio Clutter y blancos:

- ◆ Hipótesis: " El ancho de los picos de clutter y ruido es menor que el de los blancos cuando se utiliza una resolución elevada (0,15 m)".
- ◆ Se obtuvieron datos Tafira y Taliarte

Spikes (picos)



3.2 ESTUDIO EXPERIMENTAL.

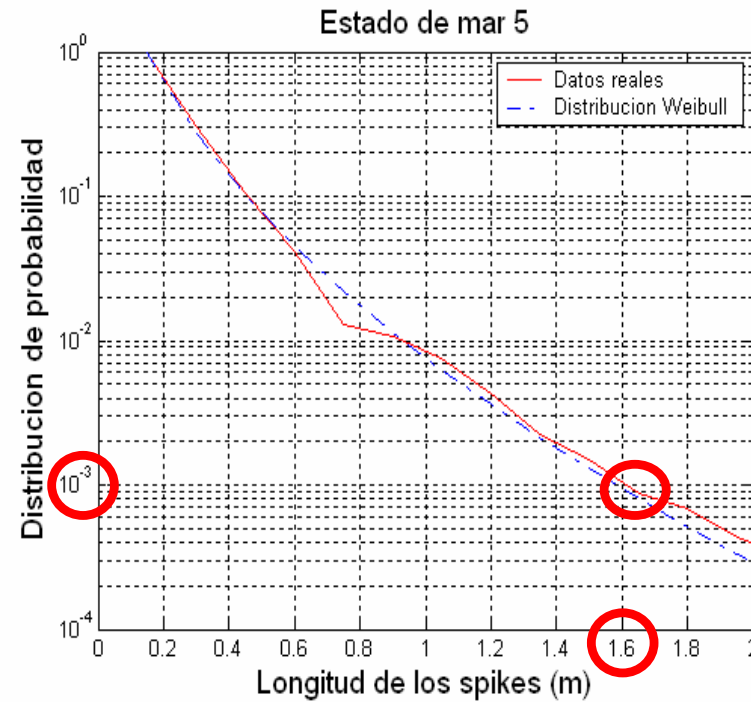
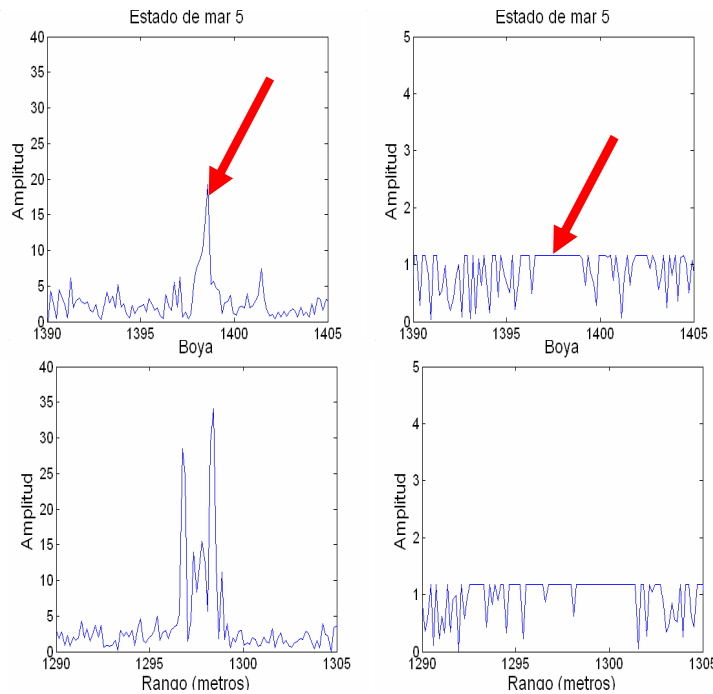
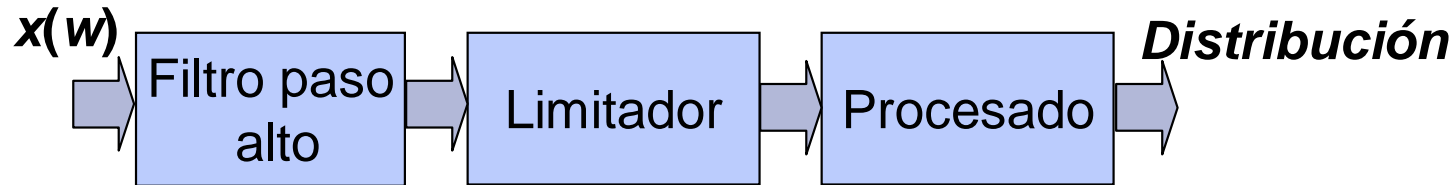
◆ Base de datos cerca del mar: Instituto de Ciencias Marinas (Taliarte).

MODOS	TALIARTE				TAFIRA
	1	2	3	4	1
Frecuencia de las rampas	400 Hz	1000 Hz	400 Hz	1000 Hz	400 Hz.
Δf_{vco}	1 Ghz	1 Ghz	2 Ghz	2 Ghz	1Ghz
Número rampas consecutivas	82	208	82	208	82
Bw muestreado	80 Mhz	80 Mhz	80 Mhz	80 Mhz	80Mhz
Duración grabación	0,2 s	0,2 s	0,2 s	0,2 s	0,2 s
Resolución (m.)	0,15	0,15	0,075	0,075	0,15
Potencia máxima transmitida	25 dBm	25 dBm	25 dBm	25 dBm	25 dBm
Figura de ruido	6 dB	6 dB	6 dB	6 dB	6 dB
Puntos -DFT = $\frac{J_s}{2f_m}$	100000	40000	100000	40000	100000
Antenas	3°	3°	3°	3°	3°
Distancia máxima = $\frac{\Delta f_s}{2f_m}$	15 km	6 km.	7.5 km	3 km	15 km
Altura radar sobre nivel mar	18 m	18 m	18 m	18 m	316 m
Ángulo mínimo	0.068°	0.17 °	0.13°	0.34°	1.2°
Ángulo máximo	2.57 °	2.57 °	2.57 °	2.57 °	3.6163°



3.2 ESTUDIO EXPERIMENTAL.

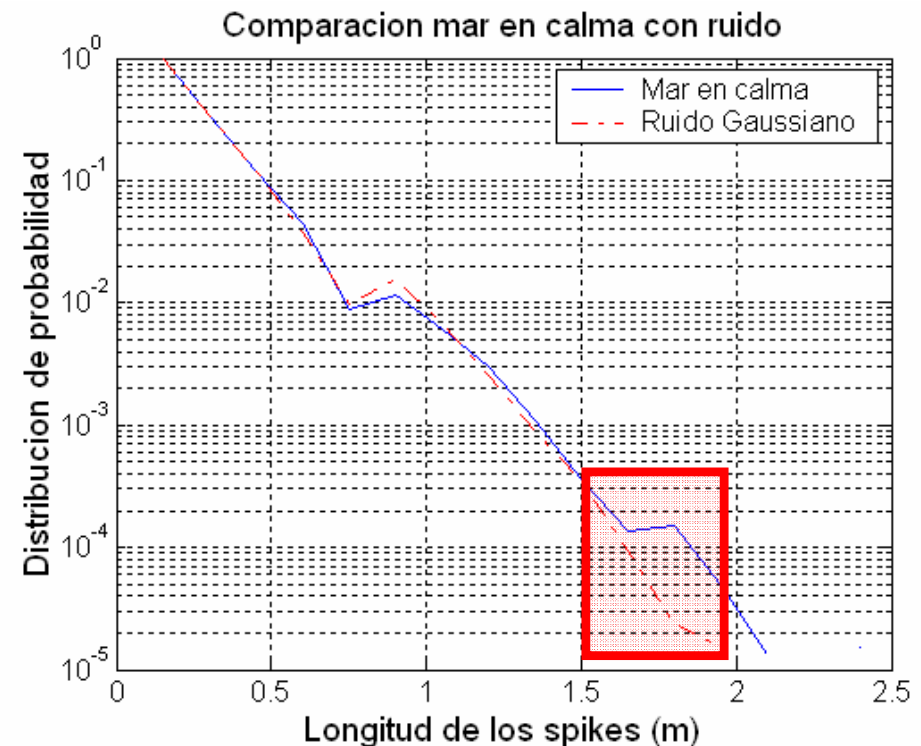
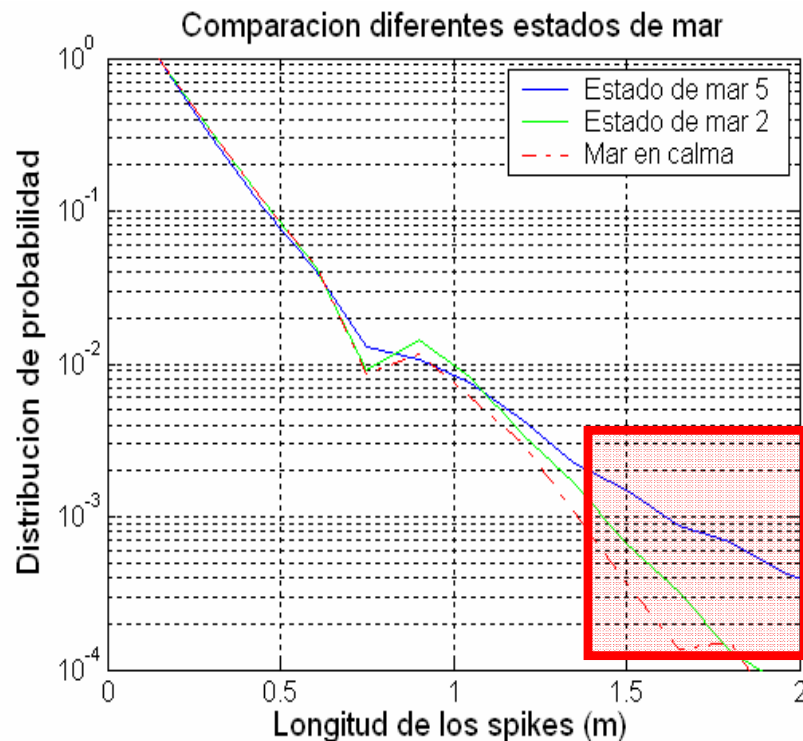
◆ Esquema de medida del ancho de los picos:



Weibull $k=0.57$ y $\lambda=0.042$

3.2 ESTUDIO EXPERIMENTAL

- ◆ Al empeorar el estado de mar \Rightarrow Aumenta el ancho de los picos de clutter.
- ◆ El ancho de los picos mar está en calma = ruido gaussiano.

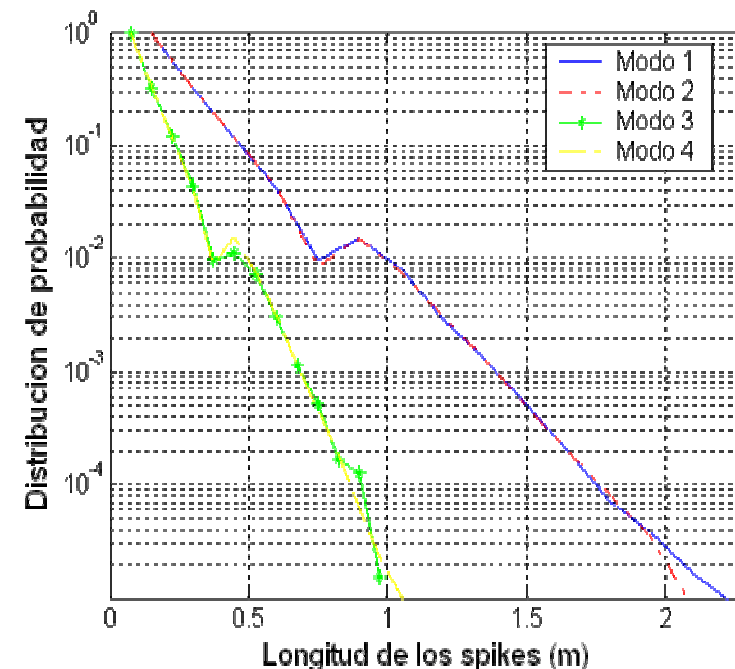
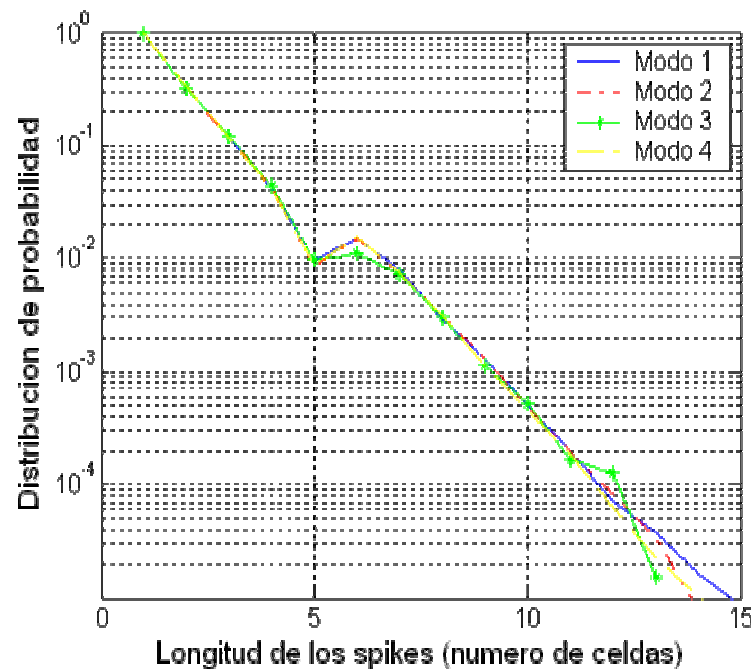


3.2 ESTUDIO EXPERIMENTAL

◆ *Parámetros del radar*

- *Modo 1:* Ancho de banda 1 Ghz y PRF 400Hz.
- *Modo 2:* Ancho de banda 1 Ghz y PRF 1000Hz.
- *Modo 3:* Ancho de banda 2 Ghz y PRF 400 Hz
- *Modo 4:* Ancho de banda 2 Ghz y PRF 1000 Hz.

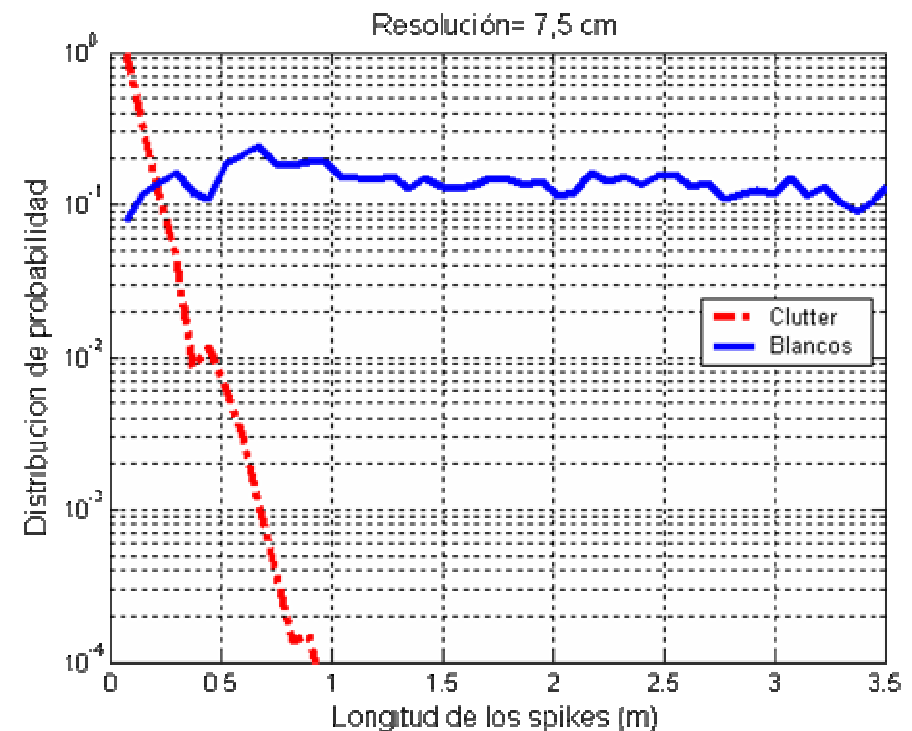
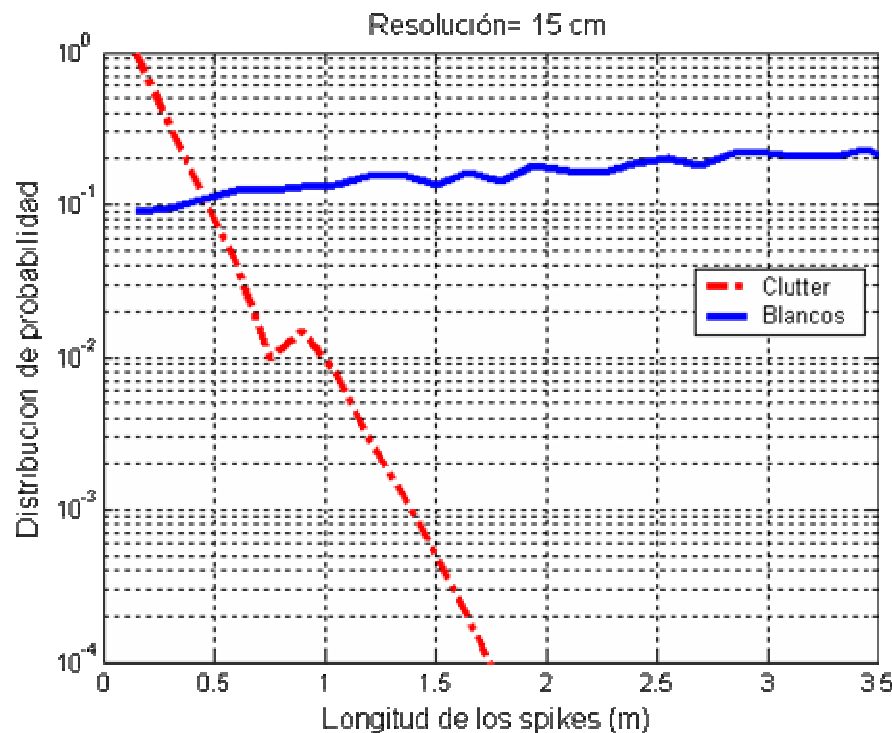
◆ Al aumentar la resolución → Disminuye el ancho de los picos de clutter(m)



3.2 ESTUDIO EXPERIMENTAL

◆ Comparación blancos y clutter:

- ◆ Los blancos de gran tamaño se comportan como blancos pequeños independientes.
- ◆ Ancho de los picos de clutter o ruido < que la de los blancos.

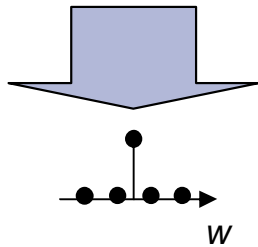
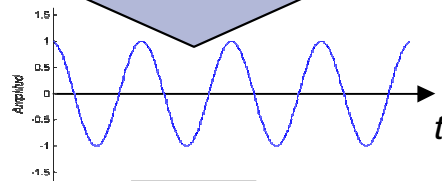


3.3 MODELADO MATEMÁTICO.

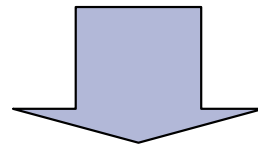
$$\Delta r_o = \frac{c}{2\Delta f}$$

Blanco estático de ancho menor a Δr

$$k_o = \frac{r_o}{\Delta r_o}$$



$$x_N(w) = \delta(w - w_o k_o) + \sigma_n(w)$$



$$|X(K)| \approx 1 + \sigma_N$$

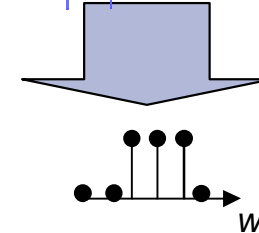
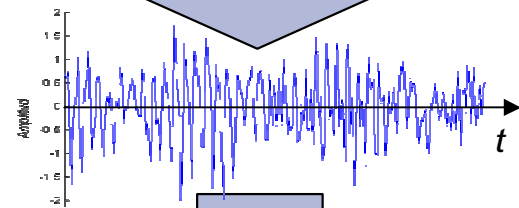
$$d_q(n) = A \cos \left[w_o \frac{r_o}{\Delta r_o} n \right] + n_q(n)$$

Transformada de Fourier
En el rango de 0 a π

Transformada de Fourier

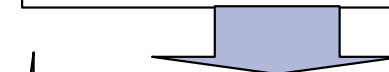
$$f = \frac{2\Delta r_o}{L}$$

Blanco estático de ancho $> \Delta r$



$$x'(w) = \sum_{l=0}^{L/\Delta r_o} \delta(w - w_o k_r (r_o + l\Delta r_o)) + \sigma_n(w)$$

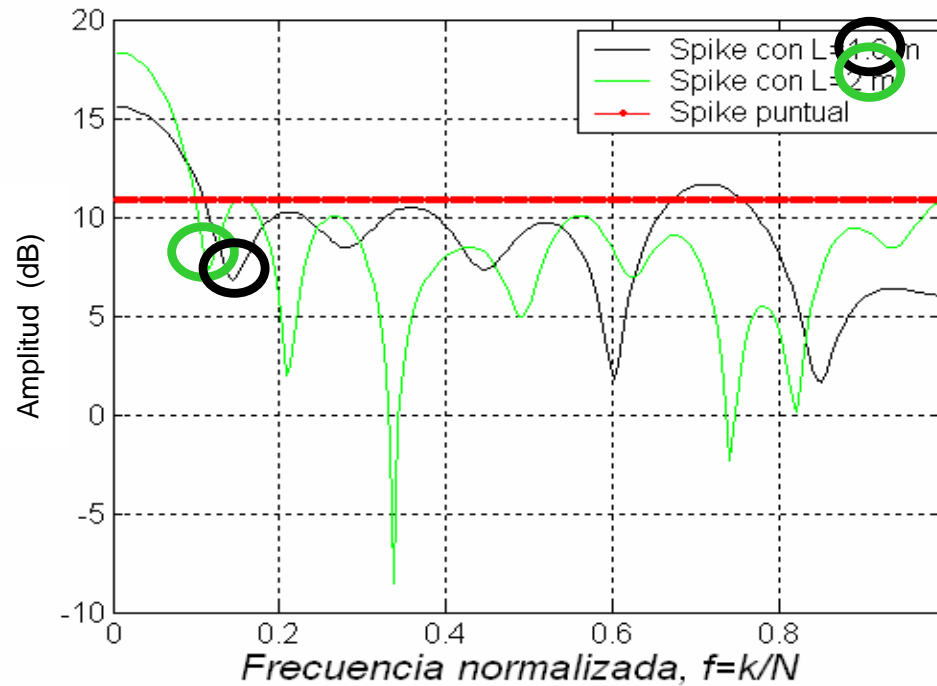
$$x'_N(w) = \left(\Pi\left(\frac{w}{k_r L}\right) \right) * \delta(w - w_o (k_r r_o)) + \sigma_n$$



$$|X(K)| = \frac{\text{sen} \left[K \left(\frac{k_r L}{2} \right) \right]}{\text{sen}(K/2)} + \sigma_N$$

3.3 MODELADO MATEMÁTICO.

◆ Medida de la longitud:



$$f = \frac{2\Delta r_o}{L} = \frac{2 * 0,15}{1,6} = 0,18$$

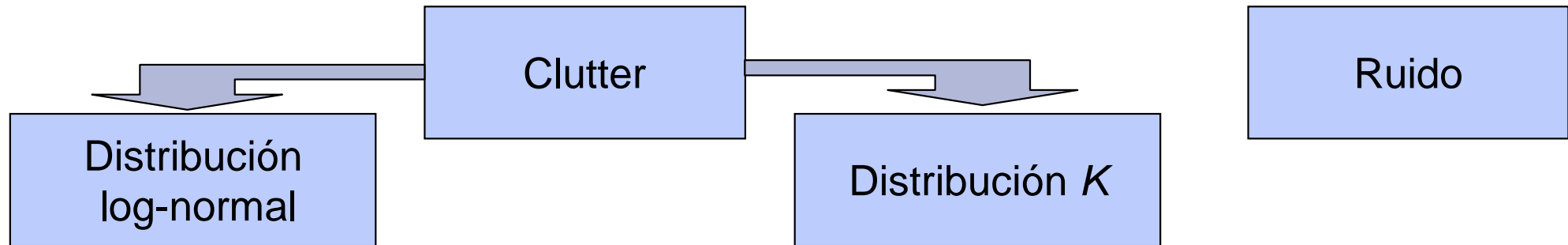
$$f = \frac{2\Delta r_o}{L} = \frac{2 * 0,15}{2} = 0,15$$

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.
2. PROTOTIPO DE RADAR HOMODINO DE ALTA RESOLUCIÓN. LINEALIZACIÓN DEL GENERADOR.
3. ESTUDIO DE LOS BLANCOS Y DEL CLUTTER DE MAR.
4. NUEVA TÉCNICA DE DETECCIÓN DE BLANCOS CON RADARES DE ALTA RESOLUCIÓN .
5. TÉCNICA DE DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE BLANCOS POR VELOCIDAD MEDIANTE RADARES DE ALTA RESOLUCIÓN.
6. IDENTIFICACIÓN DE BLANCOS MARÍTIMOS .
7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.

4.2 ALGORITMO PROPUESTO.

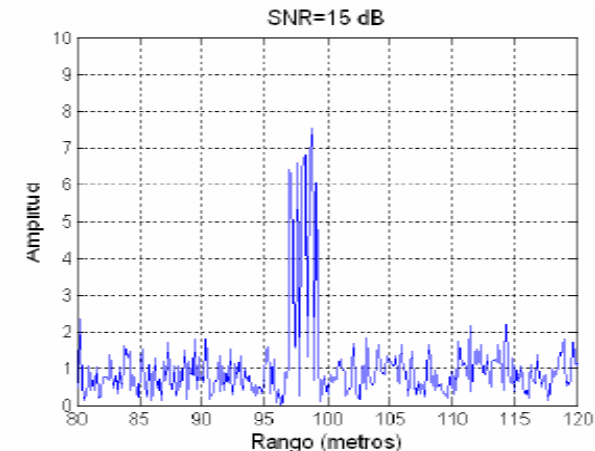
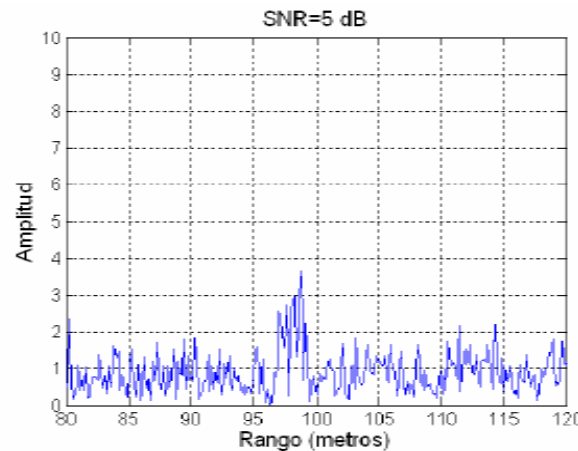
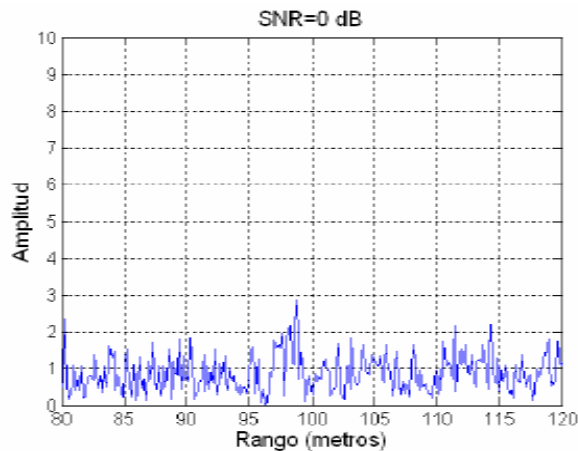
◆ Simulación del clutter y ruido. Efecto de la S/N sobre la detección:



$$P(x) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(\frac{-\ln^2\left(\frac{x}{\mu}\right)}{2\sigma^2}\right)$$

$$p(x) = \frac{2b}{\Gamma(\nu)} \left(\frac{bx}{2}\right)^\nu K_{\nu-1}(bx)$$

$$p(x) = \frac{x \exp\left(\frac{-x^2}{2\sigma^2}\right)}{\sigma^2}$$

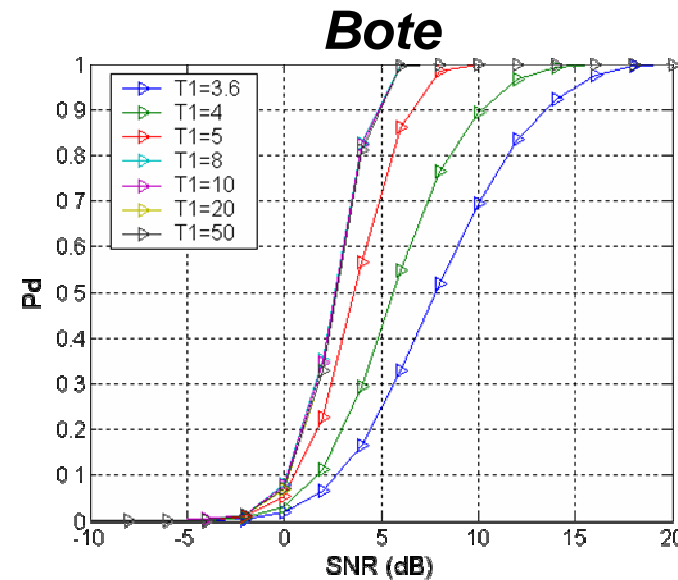
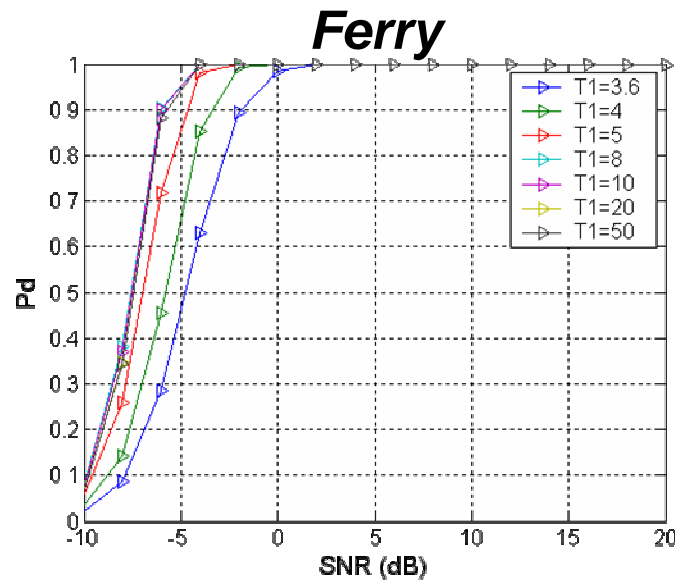


4.3 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL ALGORITMO PROPUESTO.

◆ Resultado para el algoritmo propuesto en ruido gaussiano.

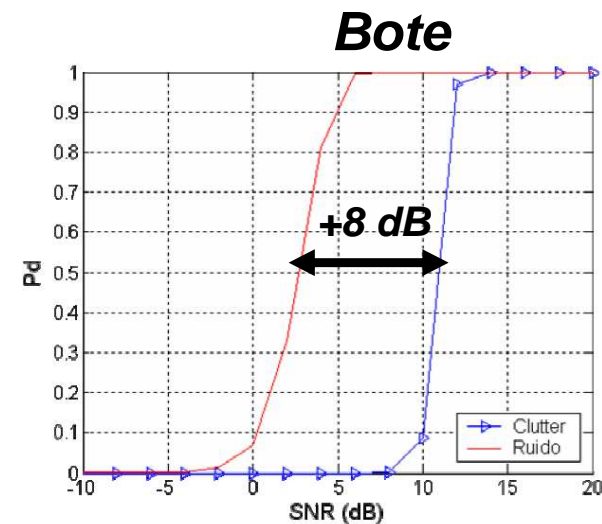
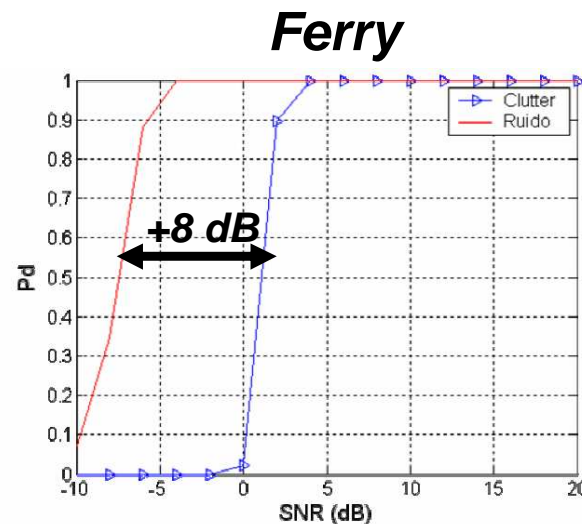
Pasos:

- ◆ Se varia el umbral del limitador.
- ◆ Se obtiene el umbral T2 para obtener una Pfa de 0,001 (100.000 pruebas).
- ◆ Se obtienen los resultados:



4.3 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL ALGORITMO PROPUESTO.

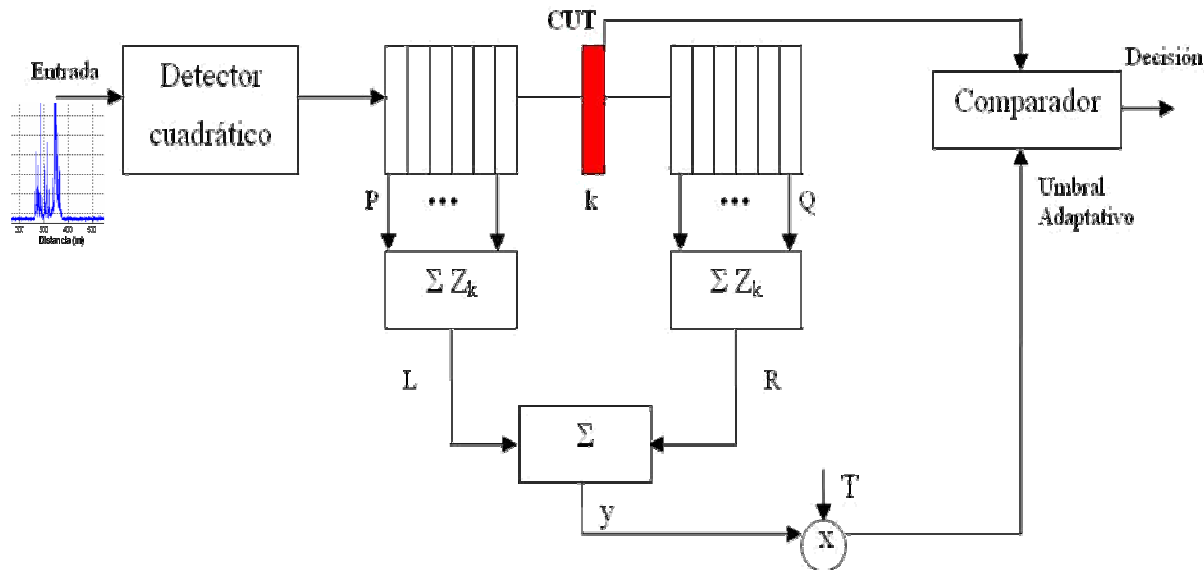
- ◆ Resultados de la simulaciones en clutter comparadas con las simulaciones en ruido:
 - ◆ Se necesita mayor relación señal a clutter para detectar en presencia de clutter.
 - ◆ El umbral T2 aumenta.



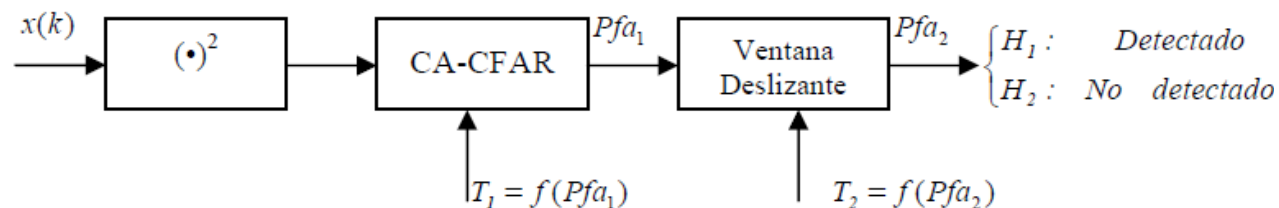
4.3 COMPARACIÓN DEL ALGORITMO PROPUESTO CON LAS OTRAS TÉCNICAS

◆ Detectores de tasa constante de falsas alarmas (CFAR):

- ◆ CA-CFAR, SO-CFAR, GO-CFA, NN-CFAR

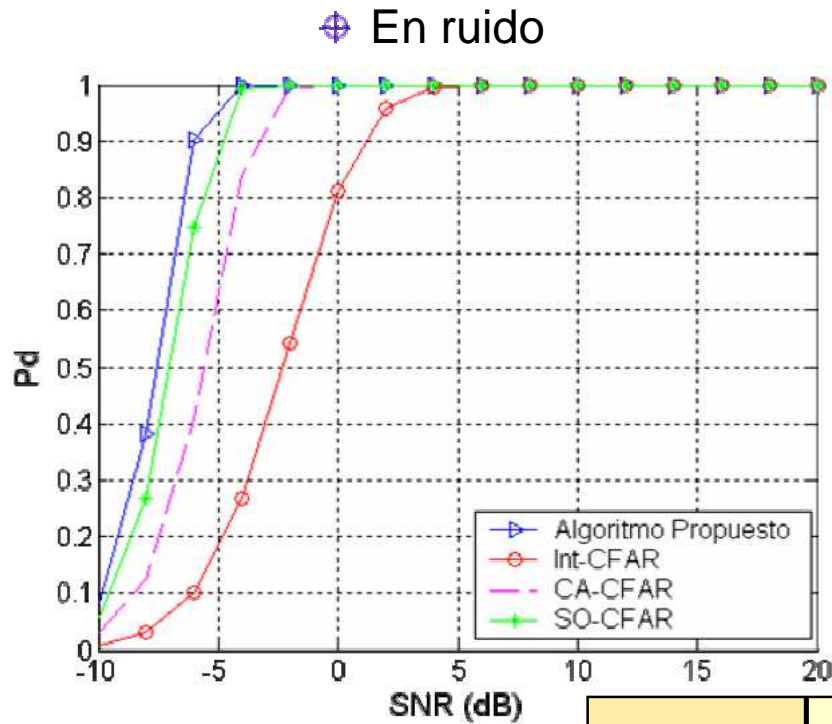


- ◆ Ventana deslizante

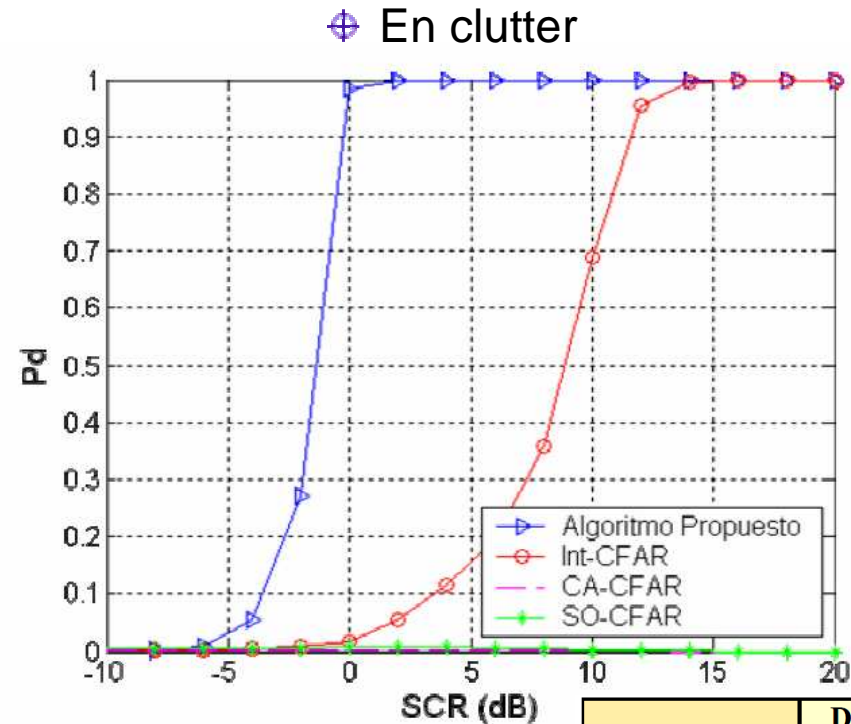


4.3 COMPARACIÓN DEL ALGORITMO PROPUESTO CON LAS OTRAS TÉCNICAS

- ◆ Comparación de los resultados del algoritmo propuesto con algoritmos CFAR:



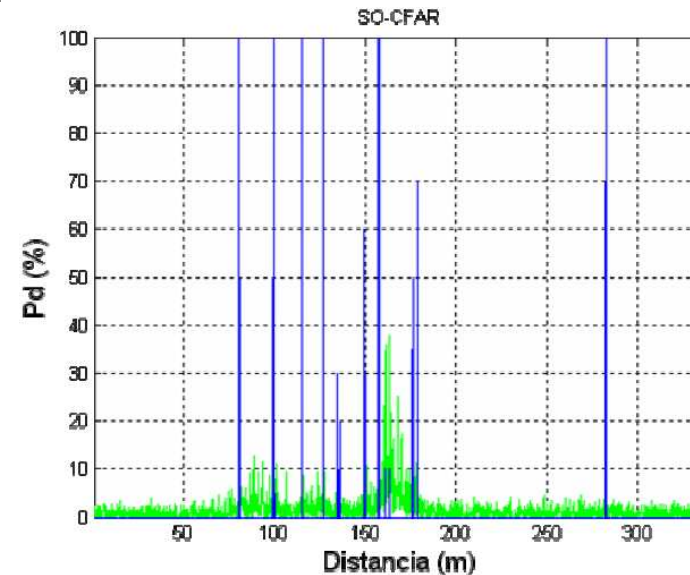
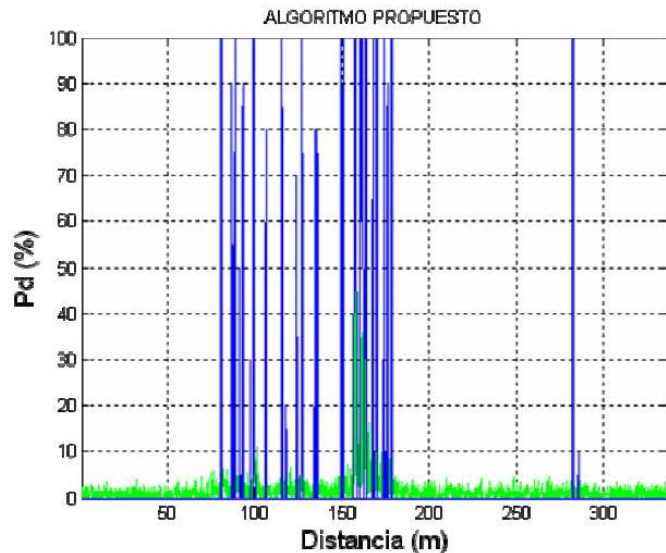
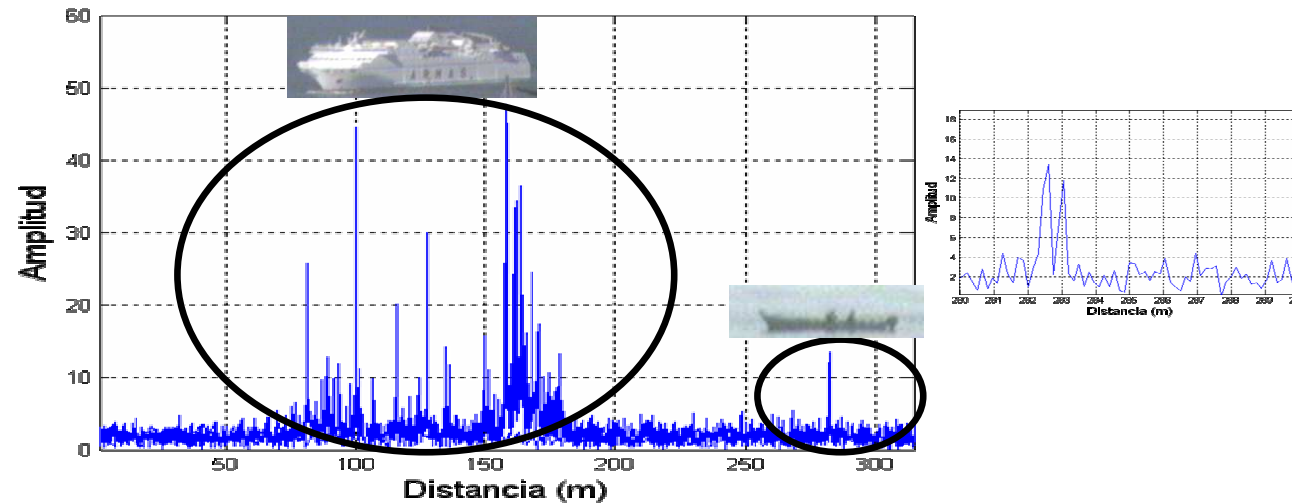
DETECTOR	DB (para 100%)
Algoritmo propuesto	-4
SO-CFAR	-4
Ventana deslizante	-4+4
CA-CFAR	-4+10



DETECTOR	DB (para 100%)
Algoritmo propuesto	-4+8
SO-CFAR	>20
Ventana deslizante	0+14
CA-CFAR	>20

4.3 COMPARACIÓN DEL ALGORITMO PROPUESTO CON LAS OTRAS TÉCNICAS

◆ Probabilidad de detección de los diferentes reflectores:



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.
2. PROTOTIPO DE RADAR HOMODINO DE ALTA RESOLUCIÓN. LINEALIZACIÓN DEL GENERADOR.
3. ESTUDIO DE LOS BLANCOS Y DEL CLUTTER DE MAR.
4. NUEVA TÉCNICA DE DETECCIÓN DE BLANCOS CON RADARES DE ALTA RESOLUCIÓN .
5. TÉCNICA DE DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE BLANCOS POR VELOCIDAD MEDIANTE RADARES DE ALTA RESOLUCIÓN.
6. IDENTIFICACIÓN DE BLANCOS MARÍTIMOS .
7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.

5.4 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL ALGORITMO PROPUESTO.

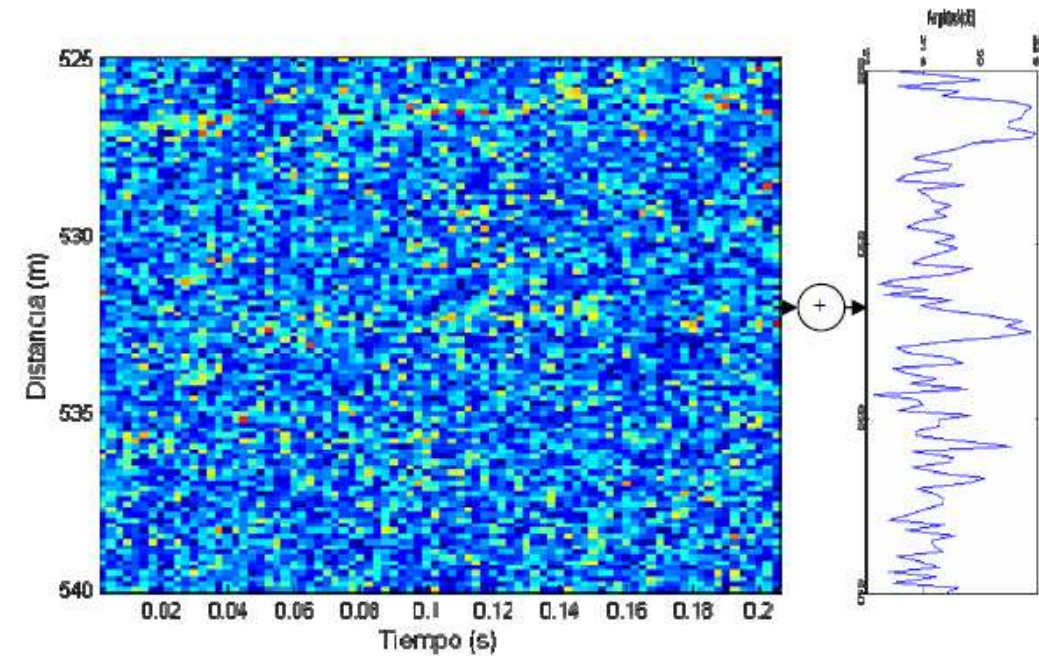
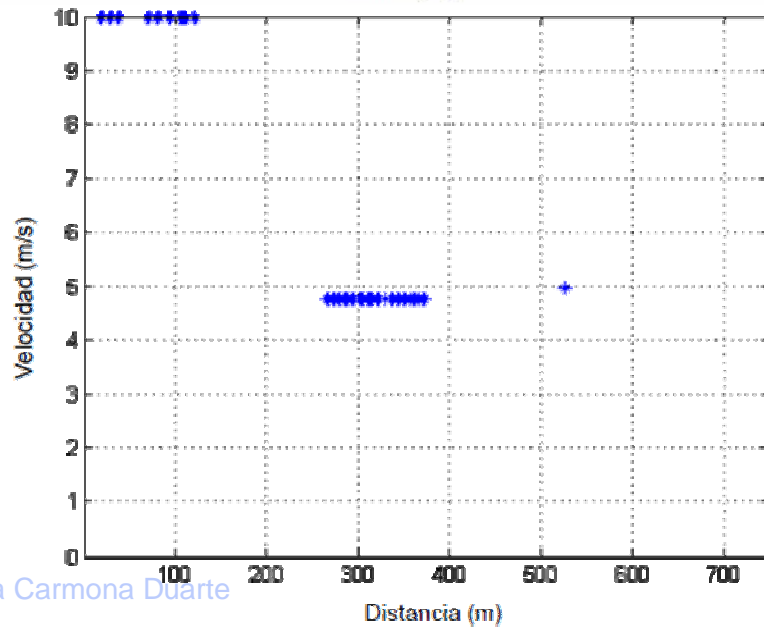
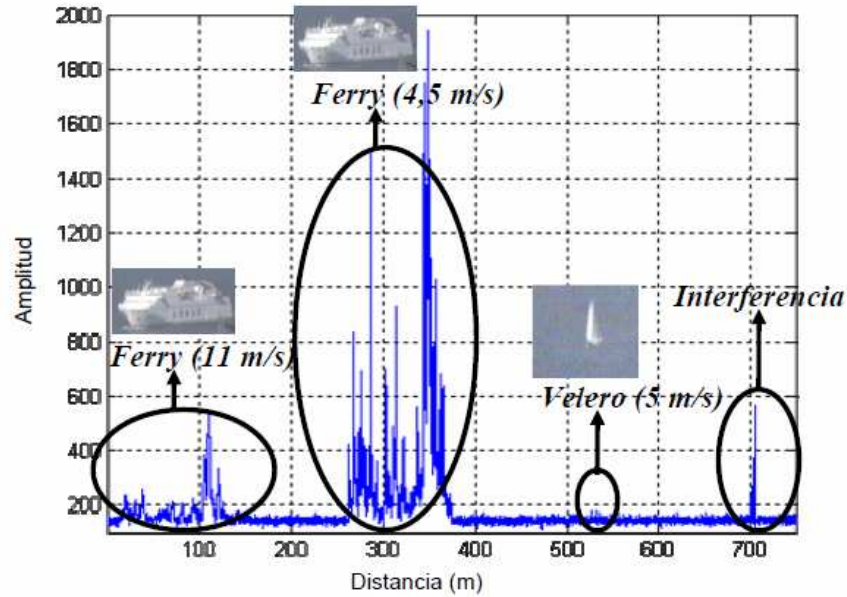
◆ Resultados:

- ◆ Se evaluó para el algoritmo propuesto en ruido gaussiano y clutter log-normal. Se obtiene el umbral para obtener una Pfa de 0,001 (100.000 pruebas).
- ◆ Para blancos estáticos: mejora por integración es de 2 dB con relación a los obtenidos mediante la técnica SO-CFAR.
- ◆ Blancos móviles el algoritmo propuesto presenta una mejora de 8 dB frente a las otras técnicas.
- ◆ Con el método propuesto con integración se obtiene una de 10 dB de SNR frente a no utilizar integración.

◆ Ventajas:

- ◆ Se obtiene la velocidad a la vez que se detecta.
- ◆ Funciona con muchos blancos a la vez.
- ◆ Se puede seleccionar mediante los parámetros del radar la velocidad de los blancos que se quieren detectar

5.4 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL ALGORITMO PROPUESTO.

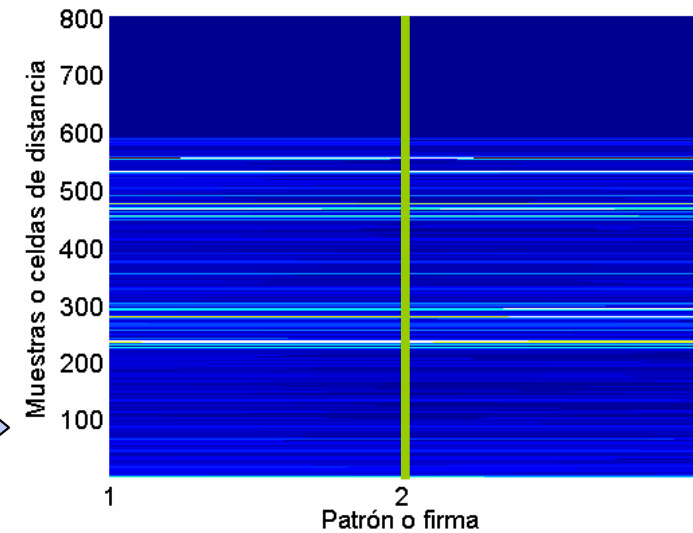
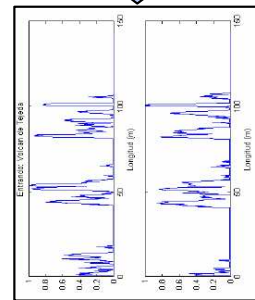
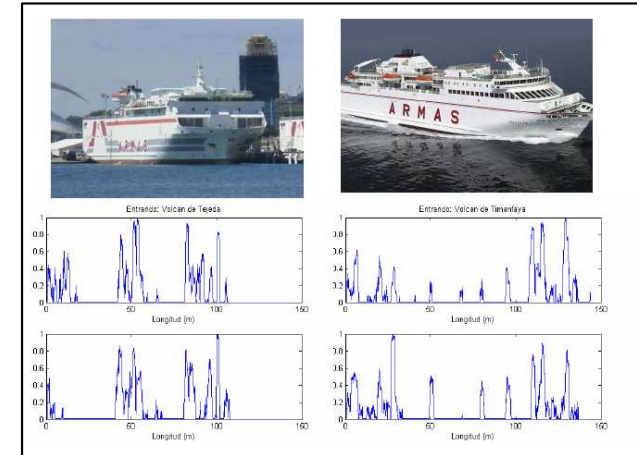
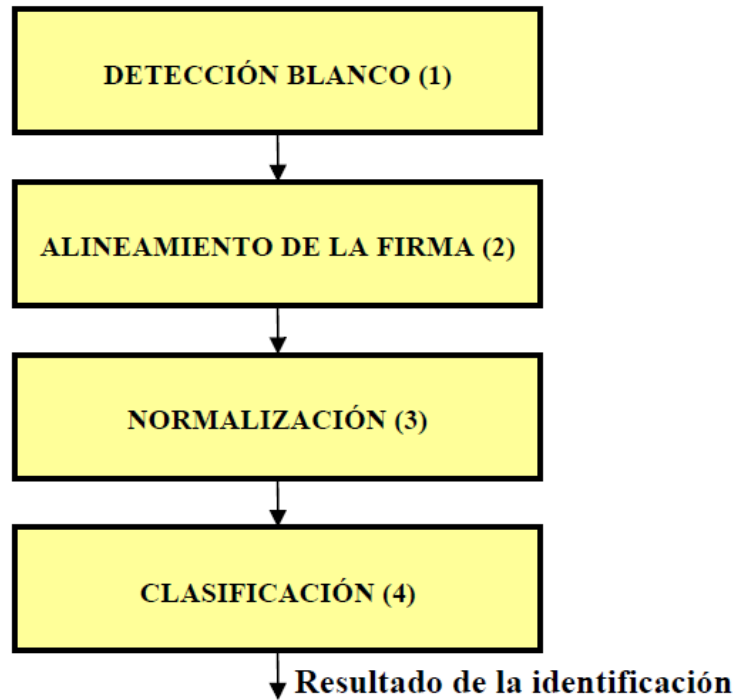


ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.
2. PROTOTIPO DE RADAR HOMODINO DE ALTA RESOLUCIÓN. LINEALIZACIÓN DEL GENERADOR.
3. ESTUDIO DE LOS BLANCOS Y DEL CLUTTER DE MAR.
4. NUEVA TÉCNICA DE DETECCIÓN DE BLANCOS CON RADARES DE ALTA RESOLUCIÓN .
5. TÉCNICA DE DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE BLANCOS POR VELOCIDAD MEDIANTE RADARES DE ALTA RESOLUCIÓN.
6. IDENTIFICACIÓN DE BLANCOS MARÍTIMOS .
7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.

6.1 INTRODUCCIÓN.

◆ Esquema para la identificación de un blanco:



6.2 ESTUDIO CON DATOS SIMULADOS.

◆ Los parámetros que se han utilizado en este estudio son:

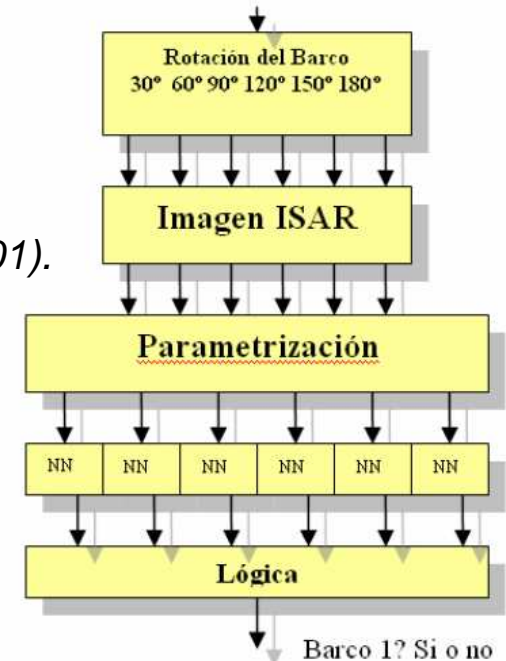
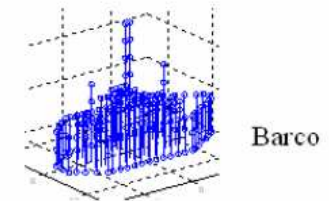
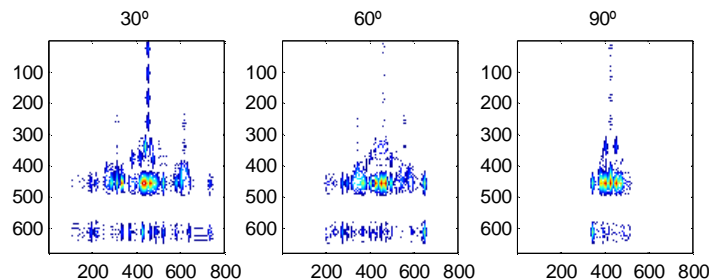
- ◆ *Histograma del eje x, número de puntos, longitud de la imagen en el eje y, longitud de la imagen en el eje x, varianza del histograma en el eje x (Firma).*

◆ *Clasificador: Redes neuronales (NN).*

- ◆ *Red neuronal Feedforward.*
- ◆ *Algoritmo de aprendizaje: Perceptrón.*
- ◆ *Determinación de error: algoritmo Backpropagation.*
- ◆ *Criterio de inicialización: aleatorio.*
- ◆ *Criterio de parada: por iteraciones (100) o error absoluto relativo (0,0001).*
- ◆ *Número de entradas igual al número de parámetros.*

◆ *Resultados:*

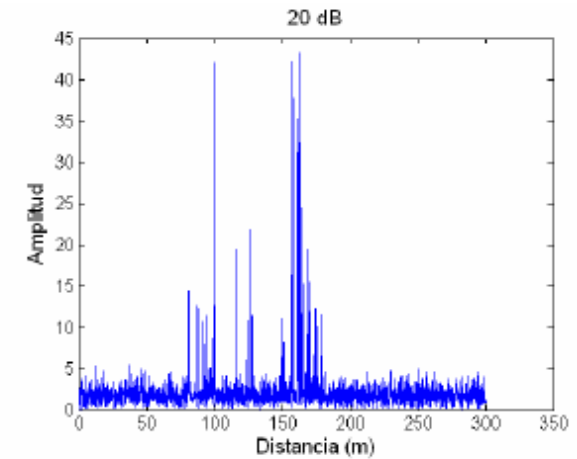
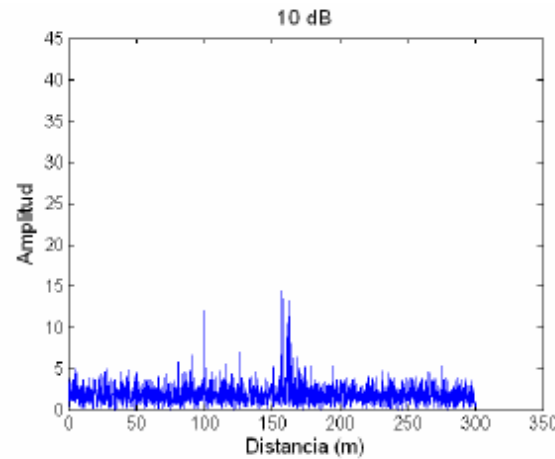
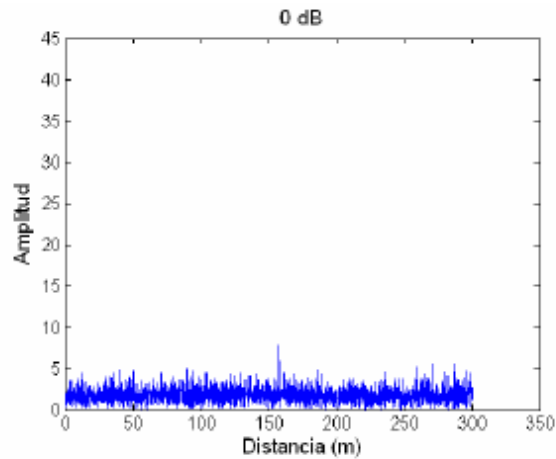
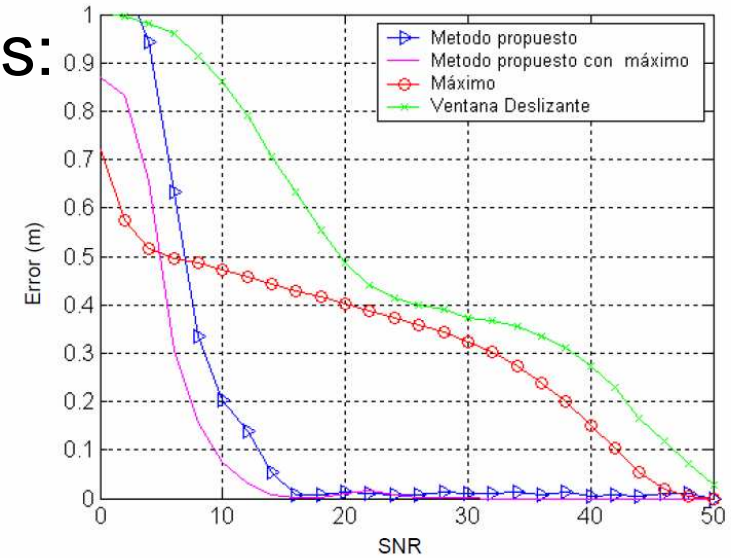
- ◆ **95,49 % con una varianza de 0,99.**



6.2 ESTUDIO DE LOS ALGORITMOS DE CENTRADO.

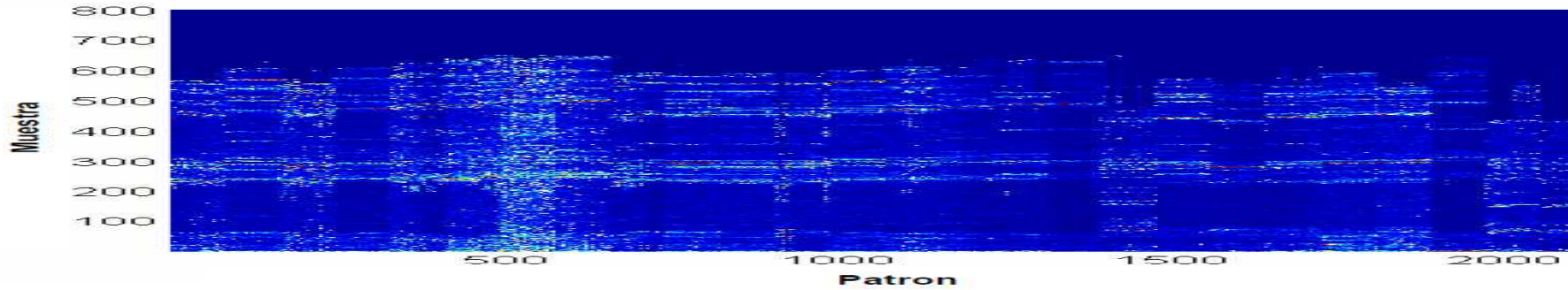
◆ Algoritmos de centrado de las firmas:

- ◆ Algoritmo propuesto sin integración
- ◆ Máximo
- ◆ Ventana deslizante
- ◆ Algoritmo propuesto sin integración+Máximo

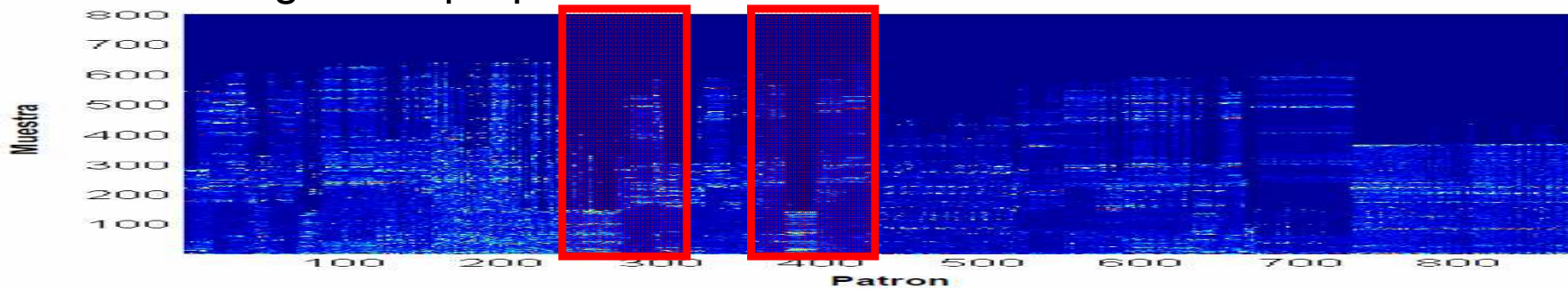


6.2 ESTUDIO DE LOS ALGORITMOS DE CENTRADO.

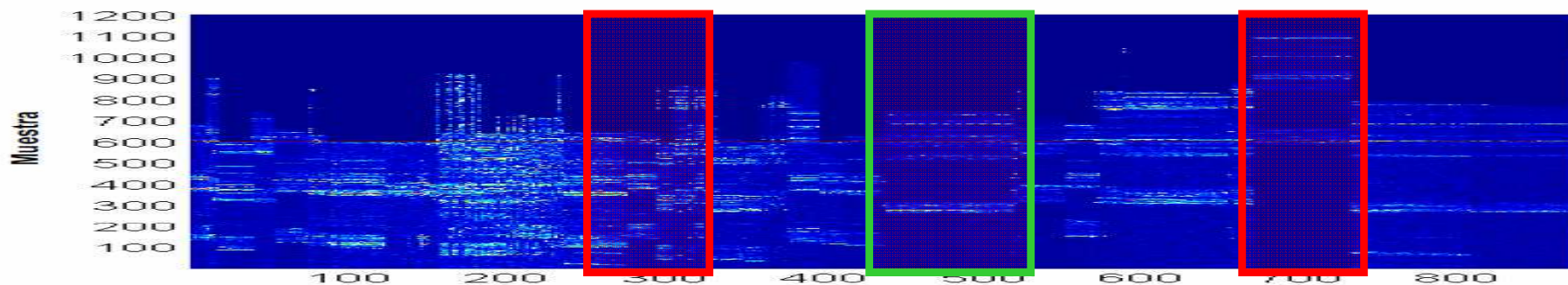
◆ Con el algoritmo propuesto:



◆ Con el algoritmo propuesto+ máximo:

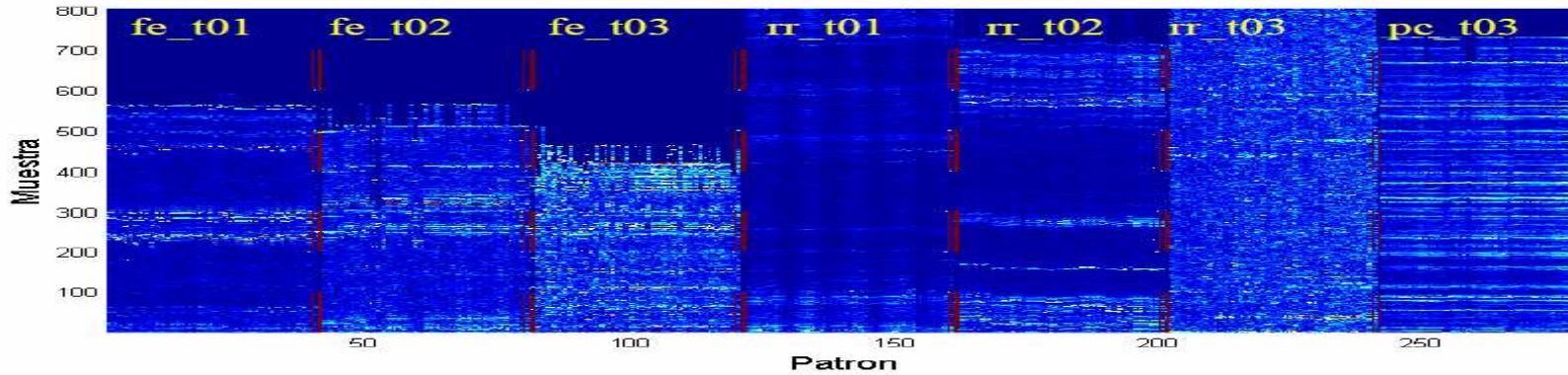


◆ Por el máximo:

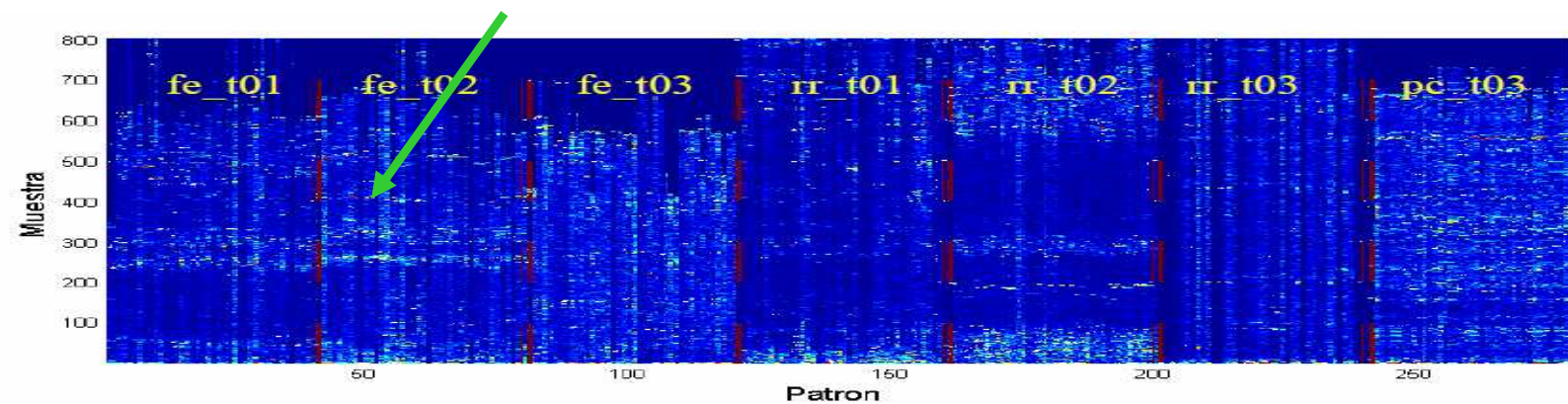


6.2 ESTUDIO DE LOS ALGORITMOS DE CENTRADO.

◆ Firmas de una misma serie:



◆ Firmas de diferentes series al azar:



6.3 NORMALIZACIÓN DE LAS SEÑALES Y SELECCIÓN DEL CLASIFICADOR.

◆ KNN (K-vecino más próximo).

- ◆ Generado en la tesis.

MÉTODO DE NORMALIZACIÓN	TIPO DE BARCO A IDENTIFICAR							TASA DE RECONOCIMIENTO	
	fe_t01 (%)	fe_t02 (%)	fe_t03 (%)	rr_t01 (%)	rr_t02 (%)	rr_t03 (%)	pc_t03 (%)	Aciertos media(%) /std	Falsos positivos media(%) /std
Amplitud	37,63	19,88	21,43	54,98	28,98	73,65	51,43	41,14/ 19,81	4,19/ 0,6
Energía	53,44	39,14	79,41	72,06	66,45	90,83	92,80	70,59/ 3,98	0,81/ 0,38
Limitador	18,00	12,50	88,00	1,54	6,00	38,00	20,14	31,86/ 5,6	0,84/ 0,32

◆ NN (Redes Neuronales).

- ◆ Toolbox de Matlab.

MÉTODO DE NORMALIZACIÓN	TIPO DE BARCO A IDENTIFICAR							TASA DE RECONOCIMIENTO	
	fe_t01 (%)	fe_t02 (%)	fe_t03 (%)	rr_t01 (%)	rr_t02 (%)	rr_t03 (%)	pc_t03 (%)	Aciertos media(%) /std	Falsos positivos media(%) /std
Amplitud	86,07	78,29	91,10	91,50	98,42	96,12	95,55	91/ 2,6	1,41/ 0,22
Energía	63,67	55,29	70,78	84,84	91,68	89,78	88,19	77,74/ 5,6	1,12/ 0,32

◆ SVM

(Máquinas de Soporte Vectorial)

- ◆ SVMlight para Matlab Versión 4.00

MÉTODO DE NORMALIZACIÓN	TIPO DE BARCO A IDENTIFICAR							TASA DE RECONOCIMIENTO	
	fe_t01 (%)	fe_t02 (%)	fe_t03 (%)	rr_t01 (%)	rr_t02 (%)	rr_t03 (%)	pc_t03 (%)	Aciertos media(%) /std	Falsos positivos media(%) /std
Amplitud	83	75,01	93,97	89,15	98,26	94,98	96,14	90,07/ 3,04	1,01/ 0,16
Energía	83,61	75,19	95,58	91,29	97,86	95,24	98	91/ 2,78	0,95/ 0,14
Limitador	82,49	71,38	95,22	89,66	97,52	94,78	97,11	89,73/ 2,89	1,03/ 0,16

6.4 RESULTADOS.

◆ Comparación métodos de centrado:

MÉTODO DE CENTRADO	TIPO DE BARCO A IDENTIFICAR							TASA DE RECONOCIMIENTO	
	fe_t01 (%)	fe_t02 (%)	fe_t03 (%)	rr_t01 (%)	rr_t02 (%)	rr_t03 (%)	pc_t03 (%)	Aciertos media(%) /std	Falsos positivos media(%) /std
Máximo	73,74	60,3	63,4	75,9	70,1	86,8	84,3	73,52/ 4,7	0,87/ 0,1546
Algoritmo de detección	83,61	75,19	95,58	91,29	97,86	95,24	98	91/ 2,78	0,95/ 0,14

6.4 RESULTADOS.

◆ Estudio por longitud:

LONGITUD DE LA FIRMA (CELDAS)	TIPO DE BARCO A IDENTIFICAR							TASA DE RECONOCIMIENTO	
	fe_t01 (%)	fe_t02 (%)	fe_t03 (%)	rr_t01 (%)	rr_t02 (%)	rr_t03 (%)	pc_t03 (%)	Aciertos media(%) /std	Falsos positivos media(%) /std
600	79,21	77,99	86,80	87,29	96,99	91,94	93,32	87,65/ 3,46	0,91/ 0,14
900	82,15	75,43	89,51	88,93	98,27	94,16	94,86	89,05/ 3,19	0,96/ 0,14
2000	83,62	75,19	95,58	91,29	97,86	95,24	98,00	91/ 2,78	0,95/ 0,14

6.4 RESULTADOS.

◆ Clasificación por clases de barcos:

	Ferry (%)	Ro-ro (%)	Portacontenedores (%)
Ferry	87,07	17,16	5,52
Ro-ro	18,44	80,76	12,89
Portacontenedores	1,90	7,15	96,34

Promedio de aciertos: 88,1%

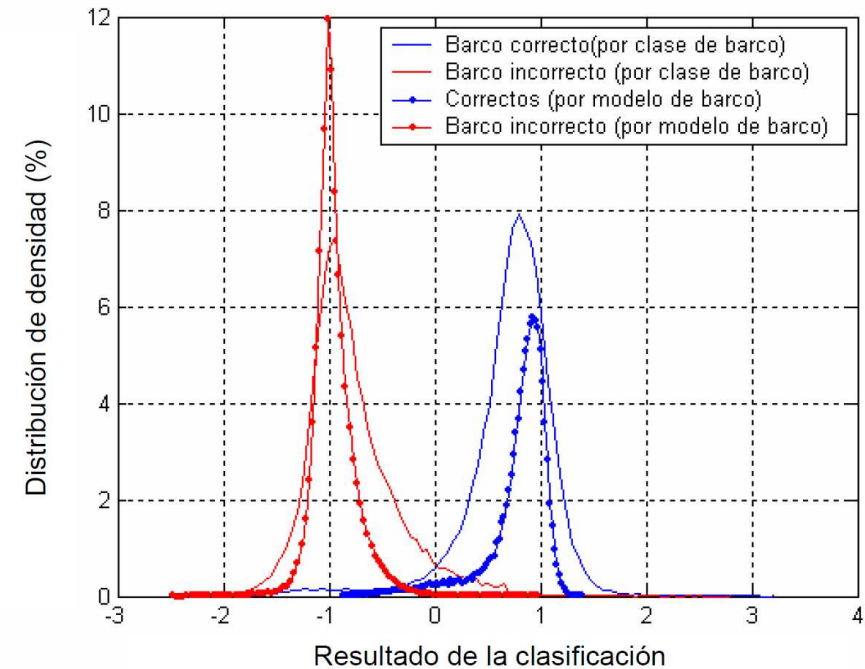
Falsos positivos: 10,51%

◆ Clasificación por tipo:

	Ferry (%)	Ro-ro (%)	Portacontenedores (%)
Ferry	98	1,03	1,02
Ro-ro	0,53	97,1	0,17
Portacontenedores	0,67	0	98

Promedio de aciertos: 97,6%

Falsos positivos: 0,57%



6.4 RESULTADOS.

◆ Comparación con diferentes muestras:

- ◆ ¿Es posible detectar un barco teniendo una única imagen en una posición?

DATOS DE ENTRENAMIENTO	TIPO DE BARCO A IDENTIFICAR			TASA DE RECONOCIMIENTO	
	fe_t01 (%)	fe_t02 (%)	fe_t03 (%)	Aciertos media(%) /std	Falsos positivos media(%) /std
40 firmas al azar	83,62	75,19	95,58	86,4196/ 3,56	1,6/ 0,23
1 día/ 3 días	41,04	61,48	72,67	58,39	0,45
1 serie/ 3 días	31,30	86,24	50,64	56,06	2,26

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.
2. PROTOTIPO DE RADAR HOMODINO DE ALTA RESOLUCIÓN. LINEALIZACIÓN DEL GENERADOR.
3. ESTUDIO DE LOS BLANCOS Y DEL CLUTTER DE MAR.
4. NUEVA TÉCNICA DE DETECCIÓN DE BLANCOS CON RADARES DE ALTA RESOLUCIÓN .
5. TÉCNICA DE DETECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE BLANCOS POR VELOCIDAD MEDIANTE RADARES DE ALTA RESOLUCIÓN.
6. IDENTIFICACIÓN DE BLANCOS MARÍTIMOS .
7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.

7.1 APORTACIONES

- ◆ Prototipo de radar homodino de alta resolución.
- ◆ Técnica de linealización automática.
- ◆ Obtención de una base de datos reales.
- ◆ Estudio del clutter, ruido y señal recibida de los blancos según el ancho de los picos.
- ◆ Propuesta de un nuevo algoritmo de detección. Los resultados de este algoritmo se compararon con otras técnicas.
- ◆ Obtención de la velocidad del blanco: permite detectar múltiples blancos con baja SNR que superen un límite de velocidad fijado a la vez que da una estimación de su velocidad.
- ◆ Identificación de diferentes barcos mediante su firma radar.
- ◆ Se verifica la hipótesis inicial:

“Es posible crear nuevos algoritmos de detección e identificación que aprovechando las propiedades que ofrecen los nuevos radares de alta resolución mejoren las prestaciones de los algoritmos ya existentes para menor resolución”

7.2 LÍNEAS FUTURAS

- ◆ Viabilidad de la linealización automática del VCO del prototipo radar.
- ◆ Estudio de la relación entre las antenas utilizadas en el prototipo y la distancia a la que se detecta clutter.
- ◆ Crear nuevos algoritmos para medir el estado de mar.
- ◆ Mejora de los algoritmos propuestos de detección e identificación.
- ◆ Estudio de la posibilidad de identificar blancos de tamaño pequeño.
- ◆ Mejora y ampliación de la base de datos.
- ◆ Aplicación de los algoritmos para el cálculo de velocidad y distancia de seguridad en aplicaciones de tráfico en carreteras.
- ◆ Identificación de blancos con radares de mayor resolución.

7.3 PUBLICACIONES.

◆ **Revistas internacionales.**

- ◆ C. Carmona-Duarte, B.P. Dorta Naranjo, A.A. Lopez, A.B. del Campo, “CWLFM Radar for Ship Detection and Identification”, *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, Vol. 22, No. 2, pp. 22 – 26, 2007.
- ◆ A. Asensio-López, A.B. del Campo, J. Gismero-Menoyo, D. Ramírez Morán, G. Torregrosa-Penalva, B.P. Dorta Naranjo, C. Carmona-Duarte, “High Range-Resolution Radar Scheme for Imaging with Tunable Distance Limits”, *IEE Electronic Letters*, No. 40, pp. 1085-1086, August 2004.

◆ **Congresos internacionales**

- ◆ C. Carmona-Duarte, B.P.D. Naranjo, A.A. Lopez, A.B. del Campo, “High resolution CWLFM radar for vessel detection and identification for maritime border security”, *39th Carnahan Conference on Security Technology*, 11-14, pp. 304–307, October 2005.
- ◆ A.B. del Campo, A.A Lopez, B.P.D. Naranjo, J.G. Menoyo, D.R. Moran, Cristina Carmona-Duarte, “Vehicle control classification and identification through ISAR imaging”, *European Radar Conference*, Paris, pp. 65 – 68, 6-7 October 2005.
- ◆ A. B. del Campo, A. A. Lopez, B. P. D. Naranjo, J. G. Menoyo, D. R. Moran, and C. C. Duarte, “CWLFM millimeter-wave radar for ISAR imaging with range coverage”, *IEEE International Radar Conference*, pp. 933–938, 2005.
- ◆ Blanco del Campo, Alberto Asensio López, B. Pablo Dorta Naranjo, Javier Gismero Menoyo, David Ramírez Morán, Cristina Carmona Duarte, José Luis Jiménez Martín, “Millimeter-wave Demonstrator for High Resolution Imaging”, *First European Radar Conference*, pp. 65-68, 11-15 October 2004.

◆ **Congresos nacionales**

- ◆ Cristina Carmona Duarte, Pablo Dorta Naranjo, Álvaro Blanco del Campo, Alberto Asensio López, “Linealización Automática De Un Radar FMCW De Alta Resolución Y Bajo Coste”, *XIX Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio*, Barcelona, España, Septiembre 2004.
- ◆ Álvaro Blanco del Campo, Alberto Asensio López, Pablo Dorta Naranjo, Javier Gismero Menoyo, Cristina Carmona Duarte, David Ramírez Morán., “*Radares de Alta Resolución en Banda de milimétricas*”, *XXI Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio*, Oviedo, 12-15 Septiembre 2006
- ◆ Álvaro Blanco del Campo, Alberto Asensio López, Cristina Carmona Duarte, Pablo Dorta Naranjo, “Implementación de un radar de alta resolución en banda milimétricas”, *XIX Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio*, Barcelona, España, Septiembre 2004.

*Aportación a la Detección y Clasificación de
Blancos Marítimos con Radares de Alta
Resolución de Onda Continua y Frecuencia
Modulada.*

Cristina Carmona Duarte

Directores: Dr. Blas Pablo Dorta Naranjo
Dr. Miguel Ángel Ferrer Ballester