



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
PIRHUA

# DISEÑO Y EVALUACIÓN DE FILTRO CFAR PARAMÉTRICO PARA DETECCIÓN DE CONTACTOS EN IMÁGENES DE RADAR MARINO

Ernesto Paiva-Peredo

Piura, marzo de 2015

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Mecánico-Eléctrica

Paiva, E. (2015). *Diseño y evaluación de filtro CFAR paramétrico para detección de contactos en imágenes de radar marino* (Tesis de pregrado en Ingeniería Mecánico-Eléctrica). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Mecánico-Eléctrica. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una [licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](#)

**UNIVERSIDAD DE PIURA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**“DISEÑO Y EVALUACIÓN DE FILTRO CFAR PARAMÉTRICO PARA  
DETECCIÓN DE CONTACTOS EN IMÁGENES DE RADAR MARINO”**

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Mecánico Eléctrico

**ERNESTO ALONSO PAIVA PEREDO**

Asesor: PhD Ing. César Chinguel Arrese

Piura, Marzo 2015

*“A mi madre, Rosana del Carmen Peredo Vélchez y a mi tío, Eduardo Alonso Vilela Peredo, por sus consejos, valores, motivación, amor y apoyo constante e incondicional”.*

*“A mi familia y amigos por su cariño y preocupación por mi futuro”.*

## **Prólogo**

La motivación en la presente tesis, parte del deseo de presentar un requerimiento para la obtención del título de grado y generar un aporte a un equipo de trabajo encabezado por el PhD Ing. César Chinguel Arrese e integrado por alumnos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura.

Este tema de tesis, se genera producto del trabajo conjunto que desarrollan la Marina de Guerra del Perú y la Universidad de Piura, para la modernización de los sistemas de control de las fragatas. Para facilitar el desarrollo de este proyecto, la Universidad de Piura ha firmado un convenio con los Servicios Industriales de la Marina (SIMA), quienes son los encargados de brindar el soporte operativo, facilitando las instalaciones y el personal. Dicho convenio tiene como objetivo impulsar la tecnología peruana, para liberarse de la tecnología extranjera, que en este caso tiene 20 años de antigüedad.

Las señales recibidas por el radar deben ser procesadas para poder extraer la información útil y poder tomar decisiones. Como parte del procesamiento de señales, es necesario determinar la relación señal a ruido, la cual es un parámetro de medición de calidad de la señal receptada y de gran importancia en radares. Este trabajo se basa en el diseño de un filtro CFAR paramétrico, caracterizado por entregar una probabilidad de falsa alarma constante, donde la detección de un contacto está fuertemente relacionada con la relación señal a ruido.

La presente tesis constituye un trabajo arduo de investigación y análisis, que no hubiera sido posible sin la bendición de Dios y el apoyo desinteresado e ideas de las personas que de alguna manera forman parte del equipo de trabajo. Cabe una mención especial al PhD Ing. César Chinguel, por su tiempo, colaboración, conocimientos impartidos sobre el tema y por su preocupación por formar a las personas.

## General

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Introducción.....                                          | 1  |
| Capítulo 1 Aspectos Generales.....                         | 3  |
| 1.1    Introducción a los radares .....                    | 3  |
| 1.2    Elementos de un Radar de Pulsos .....               | 4  |
| 1.3    Parámetros de las onda transmitidas .....           | 6  |
| 1.4    La ecuación de alcance del radar.....               | 8  |
| 1.5    Radar Cross Section .....                           | 11 |
| Capítulo 2 El Ruido .....                                  | 13 |
| 2.1    Introducción .....                                  | 13 |
| 2.2    Tipos de Ruido .....                                | 13 |
| 2.3    Ruido Natural .....                                 | 13 |
| 2.3.1    Ruido de fuentes naturales externas.....          | 14 |
| 2.3.1.1    Ruido magnético en la banda ULF / ELF. ....     | 14 |
| 2.3.1.2    El ruido atmosférico en la banda ELF / VLF..... | 15 |
| 2.3.1.3    Ruido natural LF/MF/HF .....                    | 15 |
| 2.3.1.4    Ruido natural UHF/SHF/EHF .....                 | 16 |
| 2.3.2    Ruido de fuentes naturales internas .....         | 16 |
| 2.3.2.1    Ruido Térmico.....                              | 16 |
| 2.4    Ruido artificial.....                               | 19 |

|                   |                                                                                 |    |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.4.1             | Banda de ELF .....                                                              | 21 |
| 2.4.2             | Banda de VLF-HF .....                                                           | 21 |
| 2.4.3             | Banda de VHF-UHF .....                                                          | 21 |
| 2.4.4             | Banda de SHF-EHF .....                                                          | 21 |
| Capítulo 3        | Teoría de Detección .....                                                       | 23 |
| 3.1               | Introducción .....                                                              | 23 |
| 3.2               | Detección como prueba de la hipótesis .....                                     | 24 |
| 3.2.1             | La regla de detección de Neyman-Pearson .....                                   | 25 |
| 3.2.2             | Prueba de razón de verosimilitud.....                                           | 26 |
| 3.3               | La integración coherente, no coherente y binaria .....                          | 32 |
| 3.4               | Contactos no fluctuantes .....                                                  | 33 |
| 3.5               | Contactos fluctuantes .....                                                     | 36 |
| Capítulo 4        | Detector CFAR .....                                                             | 39 |
| 4.1               | El efecto de la potencia de interferencia sobre la probabilidad de falsa alarma | 39 |
| 4.2               | Filtro CFAR paramétrico .....                                                   | 41 |
| 4.2.1             | CA-CFAR .....                                                                   | 41 |
| 4.2.2             | Ventana CFAR.....                                                               | 43 |
| 4.2.3             | Umbral CA-CFAR.....                                                             | 45 |
| 4.3               | La relación señal a ruido .....                                                 | 46 |
| Capítulo 5        | Resultados.....                                                                 | 49 |
| 5.1               | Aplicación del SNR.....                                                         | 49 |
| 5.2               | Implementación del algoritmo CFAR.....                                          | 54 |
| Conclusiones..... |                                                                                 | 61 |
| Bibliografía..... |                                                                                 | 63 |
| Anexo A.....      |                                                                                 | 65 |
| Anexo B.....      |                                                                                 | 67 |
| Anexo C.....      |                                                                                 | 69 |
| Anexo D.....      |                                                                                 | 71 |
| Anexo E.....      |                                                                                 | 73 |

## **Introducción**

En estos tiempos es muy común escuchar que vivimos rodeados de ondas electromagnéticas, están presentes donde hay un celular, una antena, una radio, un televisor, un “*router*” y así sucesivamente. Las ondas electromagnéticas viajan en el aire desde un transmisor o emisor, hacia un receptor llevando consigo toda su información.

La innovación tecnológica se ha convertido en una carrera que los países quieren ganar, generar nuevos productos tecnológicos, agregar valor a sus productos, renovar y modernizar sus procesos. El Perú como parte de la modernización de los sistemas que controlan las fragatas peruanas, busca impulsar la tecnología peruana, para liberarse de la tecnología militar extranjera.

Se dice que los radares en una embarcación, son como sus ojos, que permiten detectar objetos en un radio determinado. Las embarcaciones interactúan con su entorno gracias a los radares, los cuales le brindan la información necesaria antes de tomar alguna decisión y ejecutar una respuesta hacia su entorno.