



**CURSO 2014 - 2015**

# **INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS RADAR Y ARPA**

**Tutor/es: ANTONIO CEFERINO BERMEJO DÍAZ**

**Alumno: JUAN LORENZO ALONSO CERPA**

**Grado: Náutica y Transporte Marítimo**

*“Mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas  
qué, por alguna razón, han hecho posible mi singladura hasta aquí.”*

<b>Índice</b>	<b>Página</b>
1 Introducción (Español e Inglés)	5
2 Historia	9
3 Generalidades	11
4 Ondas electromagnéticas	15
4.1 Frecuencia	15
4.2 Longitud de onda	16
4.3 Amplitud	18
4.4 Propagación de las ondas electromagnéticas	18
4.5 Propagación por onda directa (onda espacial)	18
4.6 Modulación	19
4.6.1 Tipos de modulación	20
5 El espectro electromagnético del radar	21
6 Características técnicas de los radares utilizados en navegación(U.I.T.)	25
7 Fundamentos radar	30
7.1 Componentes y sus funciones	32
7.1.1 Fuente de alimentación	33
7.1.2 Modulador	33
7.1.3 Transmisor	34
7.1.4 Receptor	34
7.1.5 Antena	34
7.1.6 Unidad de presentación (Pantalla)	35
7.1.7 Sistema de conexión de red Ethernet entre radares	36
8 Efecto Doppler	37
9 Alcance radar	38

10 Factores determinantes al alcance mínimo y máximo	45
11 Tipos básicos de presentación radar	46
12 Radar de movimiento relativo	46
13 Radar de movimiento verdadero	46
14 Tipos de radar	48
15 El radar ARPA	50
15.1 Funciones básicas del radar ARPA	51
15.1.1 Generalidades básicas de un sistema típico	52
15.1.2 Funciones ARPA	52
15.1.3 Encendido y funciones de los mandos principales	53
15.1.4 Mandos EBL	57
15.1.5 Mandos de brillo	57
15.1.6 Mandos VRM	58
15.1.7 Mandos ARPA	58
15.1.8 Medida de la distancia	61
15.1.9 Medida de la demora	62
16 Navegación con radar y con radar/arpa	64
17 Conclusiones (Español e Inglés)	66
18 Relación de figuras	70
19 Definiciones, acrónimos y abreviaturas	72
20 Bibliografía	74

## **1. Introducción**

El radar, acrónimo del inglés, (radio detecting and ranging) [4] detección y localización por radio, es un sistema electrónico que utiliza radiaciones electromagnéticas reflejadas por un objeto para determinar su localización, distancia y velocidad.

Desde que se postularon las teorías sobre ondas electromagnéticas hasta la fecha se han sucedido múltiples avances tecnológicos que han hecho posible en nuestros días poder utilizar los radares en diversas áreas con seguridad y eficiencia.

El avance en los circuitos integrados y el uso de la informática ha convertido los sistemas de radares en instrumentos de precisión.

El radar dentro de la náutica es una ayuda inestimable para la navegación proporcionando a los buques altos niveles de seguridad en cualquier condición climatológica.

La (U.I.T.)[3] establece para la navegación tres categorías de radares, los utilizados en buques OMI y barcos de pesca, los usados en navegación por ríos y los montados en embarcaciones de recreo.

El convenio (S.O.L.A.S.)[1] en su regla 19 apartado 2.3 determina que todos los buques de arqueo bruto igual o superior a los 300 TRB y los de pasaje independientemente de su tamaño llevarán aparte de otros equipos especificados en otras partes de la regla una serie de equipos adicionales, entre ellos en el apartado 2.3.2 de la misma regla, un radar de 9 GHz u otro medio para determinar y presentar visualmente la distancia y la demora de los respondedores de búsqueda y salvamento y de otras embarcaciones de superficie, obstrucciones, boyas, litorales y marcas que ayuden a la navegación y a evitar abordajes.

A su vez en la regla 6 apartado 2.2 se establece la necesidad del uso del respondedor radar como equipo obligatorio para los buques de pasaje y carga dentro de los medios obligatorios dentro del material de salvamento.

Así mismo la resolución MSC 64(67), anexo 4 establece las recomendaciones sobre las normas de funcionamiento del equipo radar en los buques.

Por otro lado la resolución A.823 (19) determina las normas de funcionamiento de las ayudas de punteo del radar automáticas.

Y dentro del convenio (S.O.L.A.S.) dentro del capítulo V Ayudas a la navegación se determinan otros sistemas de radar a emplear en función del arqueo del buque.

La (U.I.T.) a su vez regula el espectro electromagnético y en su recomendación UIT-R M.1313-1[3] establece las características técnicas de los radares de radionavegación marítima. Estas características las veremos en el apartado correspondiente más adelante.

## **Introduction**

The radar, English acronym, (radio detecting and ranging) radio detection and location, is an electronic system that uses electromagnetic radiation reflected by an object to determine its location, distance and speed.

Since electromagnetic waves theories were postulated to date, there have been many technological advances that have made it possible nowadays to use radar in several areas safely and efficiently.

Advances in integrated circuits and the use of computer systems has become precision instruments radar.

The radar in sailing is an invaluable aid to navigation vessels providing high levels of safety in all weather conditions.

The (ITU) for navigation establishes three categories of radars, used in IMO ships and fishing boats, used in navigation rivers and mounted on recreational craft.

The Convention (SOLAS) in its section 2.3 Rule 19 provides that all vessels with a gross tonnage greater than 300 and passenger regardless of size take part of other equipment specified in other parts of the rule a number of teams additional, including in paragraph 2.3.2 of the same rule of 9 GHz radar or other means to determine and display the range and bearing of the search and rescue responders and other surface craft, obstructions, buoys, coastal and brands that help navigation and collision avoidance.

Turn on Rule 6 Section 2.2 the need to use radar responder as mandatory for passenger ships and cargo within the required material means within the rescue team is established.

Likewise resolution MSC 64 (67), Annex 4 provides recommendations on performance standards for radar equipment on ships.

Moreover the resolution A.823 (19) determines the performance standards of plotting aids Automatic radar.

And within the Convention (SOLAS) under Chapter V Navigation aids other radar systems used are determined based on the tonnage of the vessel.

The (ITU) in turn regulates the electromagnetic spectrum and on recommendation ITU-R M.1313-1 establishes the technical characteristics of maritime radionavigation radars. These features will see in the corresponding section below.



## **2. Historia [8]**

Determinar quién fue y cuando se inventó el radar es una quimera ya que el radar ha sido la consecuencia de diversos logros entre científicos e ingenieros y se han necesitado múltiples descubrimientos y conocimientos básicos hasta nuestros días para poder disfrutar de la precisión y exactitud de esta tecnología.

Posiblemente todo comenzó en el año 1864 cuando el físico inglés James Clerk Maxwell desarrolló su teoría sobre las ondas electromagnéticas y su propagación.

No fue hasta el año 1886 que el físico alemán Heinrich Rudolf Hertz, descubre las ondas electromagnéticas postuladas por Maxwell y se comprueba experimentalmente que las señales eléctricas pueden viajar por el aire. Hertz descubrió el concepto de antena aunque debido a su fallecimiento a edad temprana no pudo disfrutar de ello.

En 1895, un año después de la muerte de Hertz, un joven inventor italiano recopiló la teoría electromagnética de Maxwell y los experimentos de Hertz y logró establecer la primera “transmisión” de telegrafía sin hilos, creando una fructífera empresa; estamos hablando de Guglielmo Marconi.

En 1903 el investigador alemán Christian Hulsmeier fue capaz de detectar ondas de radio que reflejaba en los buques. En 1904 patentó esta idea y desarrolló un equipo con la finalidad de ayudar a la navegación de los buques y así evitar colisiones.

En 1922 el genio italiano de Marconi, retomando los estudios teóricos demostró que era posible que las ondas de radio, focalizadas en un haz, pudieran ser reflejadas por un objeto como un buque y así obtener su presencia, distancia y demarcación en especial durante la noche, con neblina o en malas condiciones de tiempo.

En 1924 Watson-Watt fue promovido al Instituto de Estudios de Radio donde en 1927 se refundió con el Laboratorio Nacional de Física, y conduciendo una serie de experimentos en junio de 1935 logra la primera detección de un avión a través de ondas de radio a una distancia de 15 millas.

Ese mismo año a través de ondas de 12 (MHz) se logró detectar a un bombardero a una distancia de 40 millas. Este nuevo dispositivo recibió el nombre de “Radio Detection Finding (RDF)”, aunque en algunos lugares se le empezó a conocer como

el “*rayo de la muerte*” [7] y así muchos creyeron que Inglaterra estaba desarrollando una arma mortal secreta. Más tarde se le conocería con su nombre actual de Radar “Radio Detection And Ranging”.

Estos hechos y muchos otros, no mencionados en esta breve historia, como el invento del tubo de rayos catódicos, el magnetrón y el perfeccionamiento de las antenas y sistemas de propagación, el desarrollo de los circuitos integrados y los programas informáticos modernos, han sido necesarios para llegar hasta las tecnologías radar de nuestros días.

### 3. Generalidades

El radar es un sistema electrónico que emite una señal electromagnética en forma de haz y a su vez recibe las ondas reflejadas por los objetos que encuentran a su paso, pudiendo determinar la dirección y la distancia a la que se encuentra el objeto desde nuestra posición.

A grandes rasgos podemos decir que existen dos tipos de radares:

- Los radares primarios.
- Los radares secundarios.

Los radares primarios pueden detectar cualquier tipo de objeto: barco, avión, montañas, nubes, pájaros, etc... y permiten incluso localizar una tormenta. Son la mayoría de los radares actuales del mercado.

Los radares secundarios actualmente de uso frecuente en control de tráfico aéreo, son más sofisticados que los primarios se basan en el lanzamiento de un haz de ondas en todas direcciones, estas ondas activan un equipo electrónico denominado transponder que actúa como transmisor y respondedor de señales, de uso obligatorio en los aviones y actualmente en la mayoría de los buques para uso en los botes salvavidas denominado sistema SART. El sistema SART responderá a cualquier señal radar que lo intercepte proporcionando en el radar del buque una señal característica para facilitar su localización variando dicha señal de forma significativa según el buque vaya aproximándose al bote salvavidas.

El transponder recibe la señal del radar secundario y emite una respuesta codificada que vuelve a la antena emisora del radar secundario pudiendo éste determinar la distancia y la dirección en que se encuentra el objeto y en algunos casos de que objeto se trata, tipo de avión o buque y su identificación.

En caso de que el transponder se encuentre apagado la única forma de identificación de estos objetos sería mediante los radares primarios.

Los radares pueden utilizarse para múltiples aplicaciones [9] y diversos sectores entre otros hacemos mención aquí de algunos de los usos actuales:

### **Geología**

- Análisis de estructuras geológicas (fracturas, fallas, pliegues y foliaciones) litotipos, geomorfología (relieve y suelos) e hidrografía para investigación de recursos minerales.
- Evaluación del potencial de los recursos hídricos superficiales y subterráneos.
- Identificación de áreas para prospección mineral.

### **Agricultura**

- Planeamiento y monitoreo agrícola.
- Identificación, mapeo y fiscalización de cultivos agrícolas.
- Determinación relativa de la humedad de los suelos; eficiencia de sistemas de irrigación.

### **Cartografía**

- Levantamiento planimétrico (escalas 1:20.000 a 1:50.000).
- Levantamiento altimétrico (interferometría).

### **Bosques**

- Gerencia y planeamiento de bosques.
- Determinación de grandes clases de bosques.
- Identificación de la acción de determinadas enfermedades.
- Elaboración de cartografía referente a deforestación.
- Identificación de áreas de corte selectivo.
- Estimativa de biomasa.

### **Hielo y nieve**

- Mapeo clasificación de hielo.
- Monitoreo del deshielo-inundaciones.

## **Hidrología**

- Gerencia y planeamiento de los recursos hídricos.
- Detección de la humedad del suelo.
- Interpretación de parámetros hidrológicos: transmisividad, dirección de flujo, permeabilidad, entre otros.

### **• Medio Ambiente**

- Planeamiento y monitoreo ambiental.
- Identificación, evaluación y monitoreo de recursos hídricos y de los procesos físicos del medio ambiente (intemperismo, erosión, deslizamientos, entre otros).
- Identificación y análisis de la degradación causadas por mineralizaciones, deposición de residuos, acción antrópica, entre otros.
- Identificación, análisis y monitoreo de riesgos ambientales.

## **Oceanografía**

- Monitoreo del estado del mar, corrientes, frentes de viento.
- Espectro de ondas para modelos numéricos de previsión.
- Mapeo de la topografía submarina (condiciones específicas).
- Polución marina causada por derrames de petróleo.
- Detección de barcos - pesca ilegal.
- Apoyo para el establecimiento de rutas marítimas.

## **Uso de la Tierra**

- Planeamiento del uso de la tierra.
- Clasificación de suelos.
- Clasificación del uso de la tierra.
- Inventario, monitoreo (detección de cambios), planeamiento.
- Patrones de irrigación déficit hídrico.
- Salinización de suelos.

En este estudio nos vamos a centrar en los radares utilizados para la navegación marítima. Repasaremos los principios básicos de las ondas electromagnéticas, los principios fundamentales del sistema radar así como una breve descripción de sus componentes y describiremos los parámetros generales de su funcionamiento.

Hemos añadido al estudio, tras haber analizado diversos manuales radar del mercado, una descripción de las teclas o mandos más importantes de los sistemas de radar, las funciones que desempeñan estos mandos se encuentran bastante estandarizadas por lo que es conveniente tener una visión aproximada de las mismas.

Se han añadido al estudio una serie de normativas y recomendaciones U.I.T., y S.O.L.A.S. ya que afectan directamente al radar marino y nos permiten encuadrar el marco general del trabajo ya que el campo del radar es sumamente amplio y los sistemas de funcionamiento aunque con un principio similar cambian en función del uso que se les quiera dar, ya sea en el campo terrestre, aéreo o marítimo así como en su aplicación civil o militar.

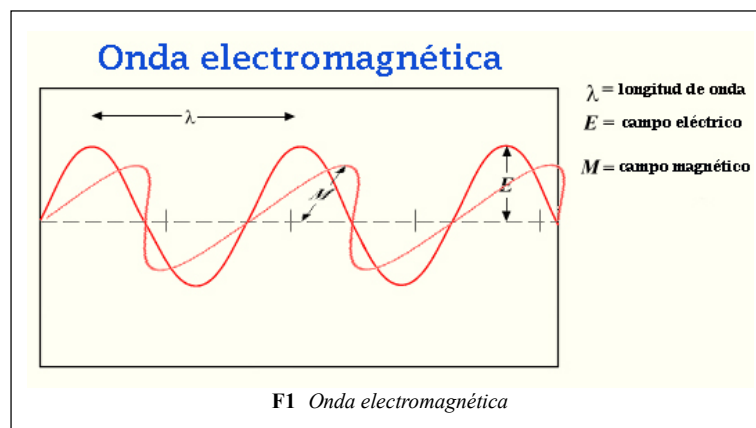
#### 4. Ondas electromagnéticas [5]

En física se denomina onda, al proceso mediante el cual una perturbación (o pulso) se propaga con velocidad finita de un punto (emisor o fuente) al otro del espacio (receptor) sin que se produzca transporte neto de materia, sólo se transporta energía y cantidad de movimiento.

Un pulso es cada una de las perturbaciones individuales que se propagan por cada oscilación generada por el agente externo. A una colección de pulsos lo denominaremos tren de ondas.

Las ondas electromagnéticas (F1) no necesitan de un medio material para propagarse. En estas la energía se propaga a través de la vibración de los campos eléctricos y magnéticos.

Aquí la conversión de energía eléctrica en magnética y viceversa debido a la inducción mutua entre ambos campos, permite la propagación.



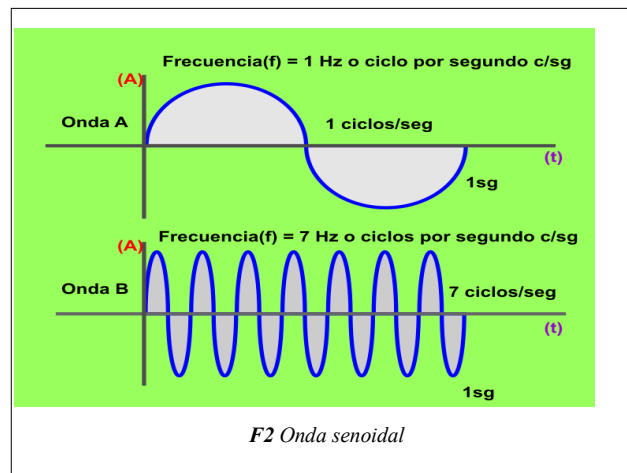
La velocidad con que se propaga la onda electromagnética dependerá de las propiedades eléctricas y magnéticas del medio.

Son algunos ejemplos:

- Las ondas de radio y televisión.
- Las microondas.(Espectro de trabajo del radar.)
- Los rayos x.
- La luz. (La luz es vibración de campos eléctricos y magnéticos por lo que se puede propagar en el vacío.)

- Las ondas electromagnéticas tiene tres características importantes:
- Frecuencia (f)
- Longitud ( $\lambda$ )
- Amplitud (A)

#### 4.1 Frecuencia (f)



La frecuencia de una onda responde a un fenómeno físico que se repite cíclicamente un número determinado de veces durante un segundo de tiempo, tal como se puede observar en la siguiente imagen: La frecuencia de esas ondas del espectro electromagnético se representan con la letra ( f ) y su unidad de medida es el ciclo o hertzios (Hz) por segundo.

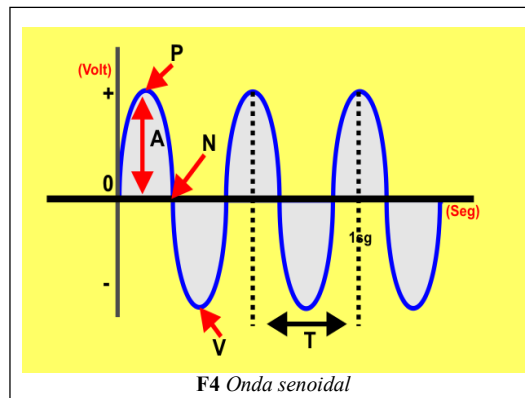
#### 4.2 Longitud de onda ( $\lambda$ )

Las ondas del espectro electromagnético se propagan por el espacio de forma similar a como lo hace el agua cuando tiramos una piedra a un estanque, es decir, generando ondas a partir del punto donde cae la piedra y extendiéndose hasta la orilla.





Cuando tiramos una piedra en un estanque de agua, se generan ondas similares a las radiaciones propias del espectro electromagnético. Tanto las ondas que se producen por el desplazamiento del agua, como las ondas del espectro electromagnético poseen picos o crestas, así como valles o vientres. La distancia horizontal existente entre dos picos consecutivos, dos valles consecutivos, o también el doble de la distancia existente entre un nodo y otro de la onda electromagnética, medida en múltiplos o submúltiplos del metro (m), constituye lo que se denomina “longitud de onda”.



- P Pico o cresta: valor máximo, de signo positivo (+), que toma la onda sinusoidal del espectro electromagnético, cada medio ciclo, a partir del punto “0”.

Ese valor aumenta o disminuye a medida que la amplitud “A” de la propia onda crece o decrece positivamente por encima del valor "0".

- V Valle o vientre: valor máximo de signo negativo (–) que toma la onda sinusoidal del espectro electromagnético, cada medio ciclo, cuando desciende y atraviesa el punto “0”.

El valor de los valles aumenta o disminuye a medida que la amplitud “A” de la propia onda crece o decrece negativamente por debajo del valor "0".

- T Período: tiempo en segundos que transcurre entre el paso de dos picos o dos valles por un mismo punto.
- N Nodo: Valor "0" de la onda senoidal.

La longitud de una onda del espectro electromagnético se representa por medio de la letra griega lambda (  $\lambda$  ) y su valor se puede hallar empleando la siguiente fórmula matemática:

*Cálculo de la longitud de onda*

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$\lambda$  = Longitud de onda en metros.  
 $c$  = Velocidad de la luz en el vacío (300 000 km/seg).  
 $f$  = Frecuencia de la onda en hertzios (Hz).

### 4.3 Amplitud

La amplitud (A), de una onda es el valor máximo que alcanza la perturbación en un punto y, por tanto, sus unidades son aquellas en que se mide la perturbación.(7)

### 4.4 Propagación de las ondas electromagnéticas

Es el conjunto de fenómenos por el cual las ondas electromagnéticas pueden viajar de un punto al otro.

La onda puede moverse por distintos medios, encontrar obstáculos y como resultado de ello sufrir cambios de dirección e intensidad muy importantes en el proceso (viaje).

La propagación de las ondas dependerá de donde surjan y del trayecto que deban superar hasta alcanzar su destino, pero también dependerá mucho de la frecuencia, potencia y “polarización” de las señales.

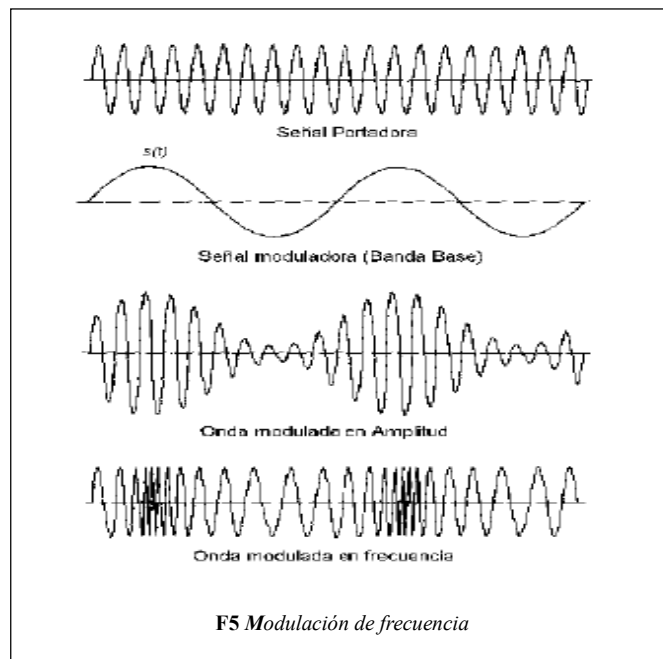
### 4.5 Propagación por onda directa (onda espacial):

La señal viaja desde el transmisor hasta el receptor mediante un rayo directo sin obstrucciones ni reflexiones de importancia. Es el tipo de propagación que encontramos en una señal de VHF/UHF/SHF con una comunicación con un satélite artificial, un radar dirigido hacia un objeto en el cielo, satélites entre si, comunicación con naves espaciales o con otros objetos celestes naturales sobre los cuales se hayan asentado equipos de radio.

## 4.6 Modulación

La modulación es la alteración sistemática de una onda portadora de acuerdo con el mensaje (señal modulada) y puede ser también una codificación.

Muchas señales de entrada no pueden ser enviadas directamente hacia el canal, como vienen del transductor. Para eso se modifica una onda portadora, cuyas propiedades se adaptan mejor al medio de comunicación en cuestión, para representar el mensaje.



Existen varias razones para modular, entre ellas:

- Facilita la **PROPAGACIÓN** de la señal de información por cable o por el aire.
- Ordena el **RADIOESPECTRO**, distribuyendo canales a cada información distinta.
- Disminuye **DIMENSIONES** de antenas.
- Optimiza el ancho de banda de cada canal.
- Evita **INTERFERENCIA** entre canales.
- Protege a la Información de las degradaciones por RUIDO.
- Define la **CALIDAD** de la información transmitida.

#### **4.6.1 Tipos de modulación**

Existen básicamente dos tipos de modulación: la modulación ANALÓGICA, que se realiza a partir de señales analógicas de información, por ejemplo la voz humana, audio y vídeo en su forma eléctrica y la modulación DIGITAL, que se lleva a cabo a partir de señales generadas por fuentes digitales, por ejemplo un ordenador.

- **Modulación analógica**

  - Señales moduladas**

    - AM: Modulación en Amplitud.

    - FM: Modulación en Frecuencia.

    - PM: Modulación en Fase.

- **Modulación digital**

  - Señales moduladas**

    - ASK: Modulación en Amplitud.

    - FSK: Modulación por Desviación de Frecuencia.

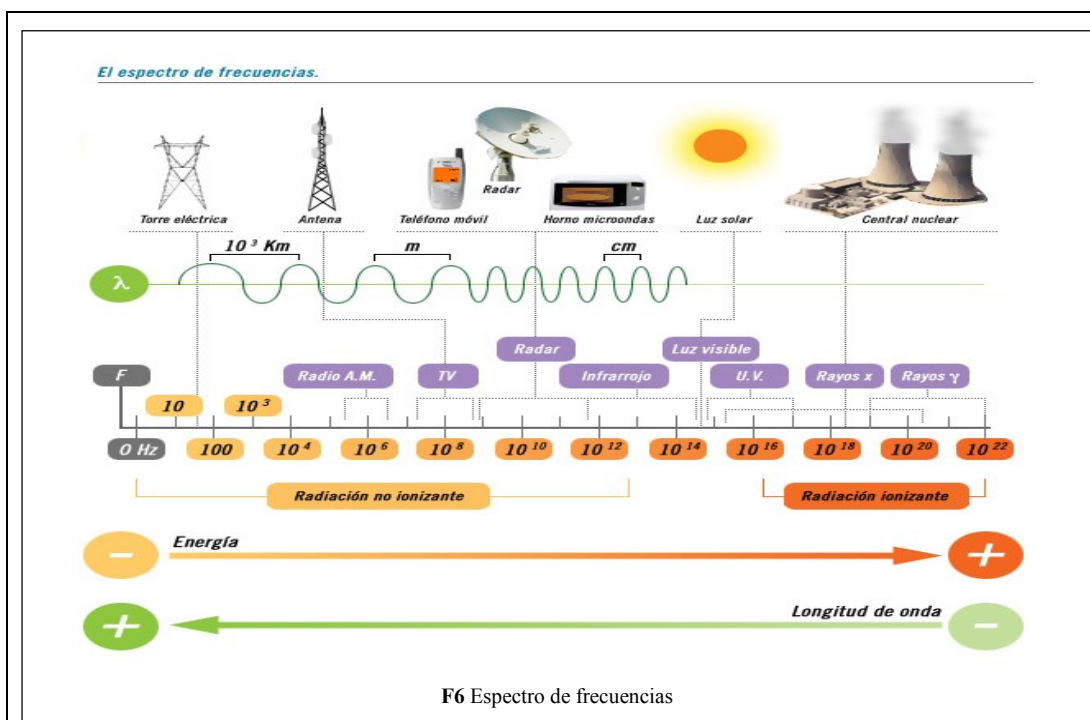
    - PSK: Modulación por Desviación de Fase.

## 5. El espectro electromagnético del radar

Los radares marítimos actúan dentro del margen de frecuencias entre 300 MHz y 30 GHz más concretamente entre 2000 MHz y lo 10000MHz. Bandas UHF y SHF, la tabla siguiente nos muestra una breve distribución de las frecuencias actuales según la U.I.T. Por otro lado el Capítulo V del SOLAS enmendado requiere radares de banda X y banda S para los buques de 3000TRB y superiores.

Nombre	Abreviatura inglesa	Banda ITU	Frecuencias	Longitud de onda
			Inferior a 3 Hz	> 100.000 km
Extra baja frecuencia Extremely low frequency	ELF	1	3-30 Hz	100.000 km – 10.000 km
Super baja frecuencia Super low frequency	SLF	2	30-300 Hz	10.000 km – 1000 km
Ultra baja frecuencia Ultra low frequency	ULF	3	300–3000 Hz	1000 km – 100 km
Muy baja frecuencia Very low frequency	VLF	4	3–30 kHz	100 km – 10 km
Baja frecuencia Low frequency	LF	5	30–300 kHz	10 km – 1 km
Media frecuencia Medium frequency	MF	6	300–3000 kHz	1 km – 100 m
Alta frecuencia High frequency	HF	7	3–30 MHz	100 m – 10 m
Muy alta frecuencia Very high frequency	VHF	8	30–300 MHz	10 m – 1 m
<b>Ultra alta frecuencia Ultra high frequency</b>	<b>UHF</b>	<b>9</b>	<b>300–3000 Mhz</b>	<b>1 m – 100 mm</b>
<b>Super alta frecuencia Super high frequency</b>	<b>SHF</b>	<b>10</b>	<b>3-30 GHz</b>	<b>100 mm – 10 mm</b>
Extra alta frecuencia Extremely high frequency	EHF	11	30-300 GHz	10 mm – 1 mm
BANDASIN NOMBRE	-----	-----	Por encima de los 300 GHz	< 1 mm

**Cuadro 1** Bandas de frecuencia (UIT)



Los sistemas de radar trabajan en una amplia banda de frecuencias de transmisión. Cuanto mayor sea la frecuencia de un sistema de radar, tanto más se ve afectada por condiciones meteorológicas como la lluvia o las nubes.

Pero entre mayor es la frecuencia de transmisión, mejor es la precisión del sistema de radar. La figura siguiente nos dará una idea de algunos sistemas radar y sus bandas de frecuencia, nosotros nos centraremos en los sistemas actuales de radar para navegación marítima según las especificaciones de la UIT especificadas en el apartado siguiente.

**La Banda S**, es la banda de frecuencia de 2 a 4 GHz, en esta banda la atenuación atmosférica es ligeramente superior que en la banda inferior. Los equipos de radar en esta banda necesitan una potencia de transmisión mayor a la usada en los rangos más bajos de frecuencia para lograr un alcance máximo óptimo.

Como ejemplo dado cabe destacar el radar de energía media (MPR), con una potencia de impulso de hasta 20 MW.

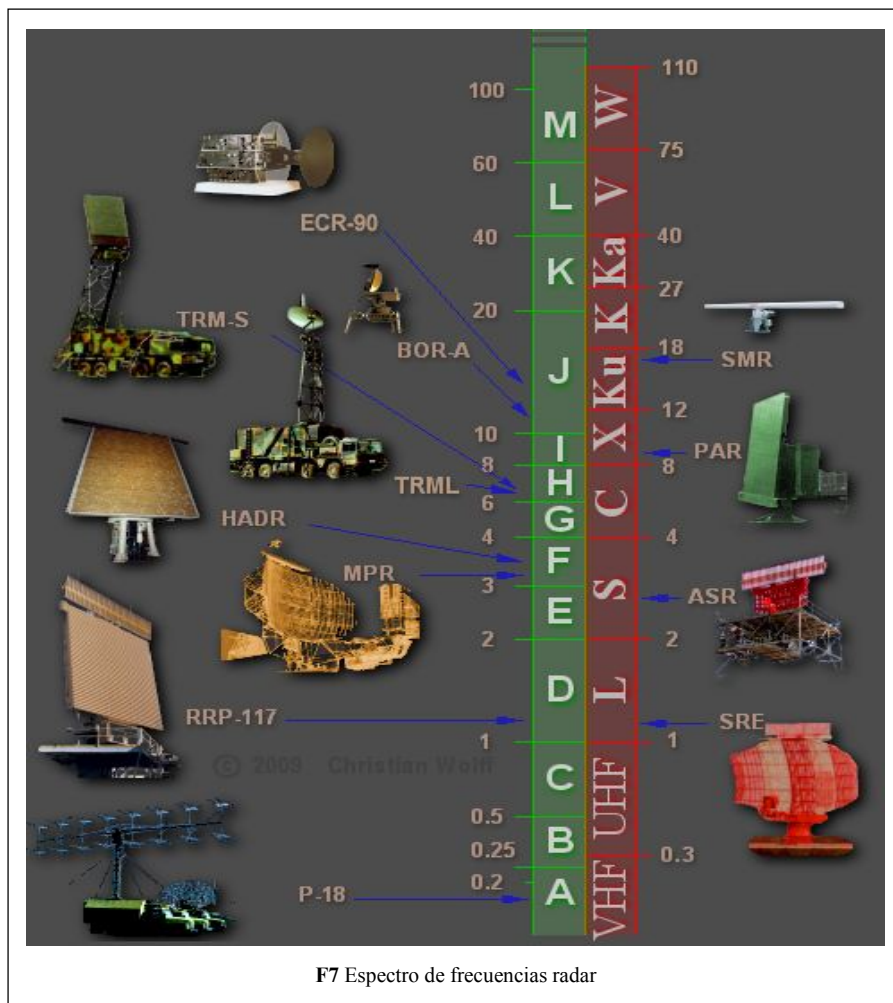
De cualquier modo, algunos radares meteorológicos trabajan la Banda E/F, pero sobretodo en condiciones climáticas subtropicales y tropicales, porque es aquí donde el radar puede ver más allá de una fuerte tormenta.

Radares Especiales de Vigilancia en Aeropuertos (ASR) se utilizan en los aeropuertos para detectar y mostrar la posición de la aeronave en el terminal aéreo con un alcance medio de hasta 50 a 60 millas náuticas.

Un ASR sirve para apoyar a los controladores aéreos ya que detecta la posición de las aeronaves y las condiciones meteorológicas en las proximidades de los aeropuertos civiles y militares.

**La Banda X** está entre las frecuencias de 8 a 12 GHz la relación entre la longitud de onda utilizada y el tamaño de la antena es considerablemente mejor que en las bandas de menor frecuencia.

La Banda X es una banda de radar relativamente popular para aplicaciones militares como radares aerotransportados para el ejercicio de las funciones de interceptor, caza y ataque de combatientes enemigos y objetivos en tierra.



F7 Espectro de frecuencias radar

El tamaño de la antena muy pequeña proporciona un buen rendimiento. Sistemas de guía de misiles en la banda X son de un tamaño conveniente y por tanto de interés para las aplicaciones donde la movilidad y el peso ligero son importantes y el alcance lejano no es un requisito importante. ***Esta banda de frecuencia X es ampliamente usada por radares civiles y militares para la navegación marítima.***

Las antenas más pequeñas y económicas, con alta velocidad de rotación son perfectas para proporcionar una cobertura suficiente y una buena precisión.

La guía de ondas ranurada y las pequeñas antenas de remiendo son usadas como antenas de radar protegidas bajo una cúpula protectora.

Esta banda de frecuencia es también popular para los radares de imágenes espaciales o aéreas usando como base el radar de apertura sintética (SAR), tanto para la inteligencia electrónica militar y/o para ser aplicado en el estudio geográfico de la superficie terrestre (creación de mapas).

Un radar de apertura sintética inversa especial es usado como instrumento de vigilancia marítima para el control de la polución, buscando prevenir la contaminación del medio ambiente.



## **6. Características técnicas de los radares utilizados en navegación (U.I.T.)**

La (U.I.T.) en su recomendación UIT-R M.1313-1 [3] en su anexo 1 establece lo siguiente:

Desde un punto de vista general, cabe distinguir claramente los radares que son conformes con los requisitos de la OMI (incluidos los utilizados en los barcos de pesca) de los empleados para la navegación en aguas interiores (ríos) y los que se pueden adaptar a las embarcaciones de recreo a voluntad de sus propietarios.

En el Cuadro 1 se compara la potencia de transmisión y el número de radares correspondientes a las tres categorías descritas.

CUADRO 1

Categoría del radar	Potencia de cresta (kW)	Total global
OMI y barcos de pesca	$\leq 75$	> 300 000
Navegación en ríos	< 10	< 20 000
Embarcaciones de recreo	< 5	> 500 000

Las características de los radares que afectan la utilización eficiente del espectro, incluidos los criterios de compartición, son las que guardan relación con la antena y el transmisor/receptor del radar.

Aunque la mayoría de los radares marítimos utilizan redes de antenas ranuradas, algunas embarcaciones de recreo utilizan redes de antenas Yagi.

Las características de las emisiones no esenciales no se examinan en la presente recomendación.

Las características técnicas de la categoría OMI se resumen en el Cuadro 2 y corresponden a radares que funcionan en las bandas de frecuencias de 3 GHz, 5 GHz y 9 GHz.

La gama correspondiente a cada característica se expresa en forma de un valor máximo y mínimo.

**CUADRO 2**

**Radars de radionavegación marítima (categoría OMI – incluidos barcos de pesca)  
Características típicas del transmisor y del receptor**

Características	2 900-3 100 MHz		5 470-5 650 MHz		8 850-9 000 MHz 9 200-9 500 MHz	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
<b>Antena (para transmisión/recepción)</b>						
<b>Anchura del haz (hasta -3 dB) (grados)</b>						
Horizontal	4,0	1,0	2,6	1,0	2,3	0,75
Vertical	30,0	24,0	25,0	18,0	26,0	20,0
<b>Atenuación del lóbulo lateral (dB)</b>						
Dentro de ±10	28	23	29	23	31	23
Fuera de ±10	32	31	35	31	40	30
Ganancia (dB)	28	26	31	28	32	27
Velocidad de rotación (rpm)	60	20	60	14	60	20
<b>Transmisor</b>						
Potencia de cresta (kW)	75	30	70	50	50	5
Frecuencia (MHz)	3 080	3 020	5 595	5 485	9 445 ± 30	9 375 ± 30
Duración del impulso <sup>(1)</sup> (µs)	1,2	0,05	1,5	0,07	1,2	0,03
Frecuencia de repetición de impulsos <sup>(1)</sup> (Hz)	4 000	375	3 600	400	4 000	375
<b>Receptor</b>						
Frecuencia intermedia (FI) (MHz)	60	45	60	45	60	45
<b>Anchura de banda en FI (MHz)</b>						
Impulso corto	28	6	28	6	28	6
Impulso medio/largo	6	2,5	6	2,5	6	2,5
Factor de ruido (dB)	8,5	3	8,5	3	8,5	3,5

Los radares que funcionan en la banda de frecuencias de 5 GHz representan un porcentaje relativamente reducido del total mundial y en general se explotan en una determinada zona geográfica.

En los Cuadros 3 y 4 se resumen respectivamente las características técnicas de las categorías «navegación en ríos» y «embarcaciones de recreo».

En ambos casos, los radares funcionan únicamente en frecuencias comprendidas en la banda 9200 a 9500 MHz.

**CUADRO 3**

**Radars de radionavegación marítima  
(categoría de navegación en ríos)  
Características típicas del transmisor/receptor**

Características	Valor típico
<i>Antena (para transmisión/recepción)</i>	
Anchura del haz (hasta -3 dB) (grados)	
Horizontal	0,95
Vertical	26,0
Atenuación del lóbulo lateral (dB)	
Dentro de $\pm 10^\circ$	> 25
Fuera de $\pm 10^\circ$	> 32
Ganancia (dB)	30
Velocidad de rotación (rpm)	30
<i>Transmisor</i>	
Potencia de cresta (kW)	5
Frecuencia (MHz)	9 410 $\pm$ 30
Duración del impulso <sup>(1)</sup> ( $\mu$ s)	0,05, 0,18, 0,5
Frecuencia de repetición de impulsos <sup>(1)</sup> (Hz)	1 000-3 000
<i>Receptor</i>	
FI (MHz)	50
Anchura de banda en FI (MHz)	15-25
Factor de ruido (dB)	6

(1) Cuando se utilice este Cuadro para calcular la potencia media cabe señalar que la máxima frecuencia de repetición de impulsos está asociada con la mínima duración del impulso y viceversa.

## CUADRO 4

### Radares de radionavegación marítima (categoría de embarcaciones de recreo) Características típicas del transmisor/receptor

Características	Máximo	Mínimo
<i>Antena (para transmisión/recepción)</i>		
Anchura del haz (hasta -3 dB) (grados)		
Horizontal	6,2	1,8
Vertical	30	22
Atenuación del lóbulo lateral (dB)		
Dentro de $\pm 10^\circ$	27	20
Fuera de $\pm 10^\circ$	30	25
Ganancia (dB)	27	21
Velocidad de rotación (rpm)	24	24
<i>Transmisor</i>		
Potencia de cresta (kW)	10	1,5
Frecuencia (MHz)	9 445 $\pm$ 30	9 410 $\pm$ 30
Duración del impulso <sup>(1)</sup> ( $\mu$ s)	1,2	0,08
Frecuencia de repetición de impulsos <sup>(1)</sup> (Hz)	3 600	375
<i>Receptor</i>		
FI (MHz)	60	45
Anchura de banda en FI (MHz)	25	2,5
Factor de ruido (dB)	8	4

(1) Cuando se utilice este Cuadro para calcular la potencia media cabe señalar que la máxima frecuencia de repetición de impulsos está asociada con la mínima duración del impulso y viceversa.

### **Criterios de interferencia**

Los sistemas de radionavegación pueden ser incapaces de satisfacer sus requisitos de funcionamiento si aparecen señales indeseadas que provocan diversos tipos de degradaciones debidas a la interferencia.

Dependiendo de los sistemas específicos que interactúan y de las situaciones de funcionamiento, estos tipos pueden ser:

- Efectos difusos:
  - Desensibilización o disminución del alcance de detección.
  - Desvanecimientos o pérdidas de señal y reducción de la velocidad de actualización.
- Efectos discretos:
  - Interferencia detectada.

- Incremento de la tasa de falsas alarmas.
- Otros.

Junto con estos tipos de degradación, los criterios de interferencia pueden consistir en valores umbral de los parámetros, por ejemplo, para un sistema de prevención de colisiones:

- Reducción tolerable del alcance de detección y de sensibilización asociada.
- Tasa tolerable de pérdida de exploración.
- Máxima tasa tolerable de falsas alarmas.

Estos criterios para los sistemas de radionavegación marítima deben desarrollarse más ampliamente.

## 7. Fundamentos radar [4]

El radar (Radio Detecting And Ranging) es un sistema que se basa en la transmisión de una señal electromagnética con una frecuencia determinada y a su vez permite la recepción de las señales reflejadas por los objetos alcanzados por la señal transmitida. Esto permite determinar la localización de un objeto o posible blanco dentro del alcance del sistema y determinar entre otras funciones, la distancia del objeto, la trayectoria del mismo, su velocidad, su demora e incluso su tamaño dependiendo de lo sofisticado del sistema y de su complejidad de funciones.

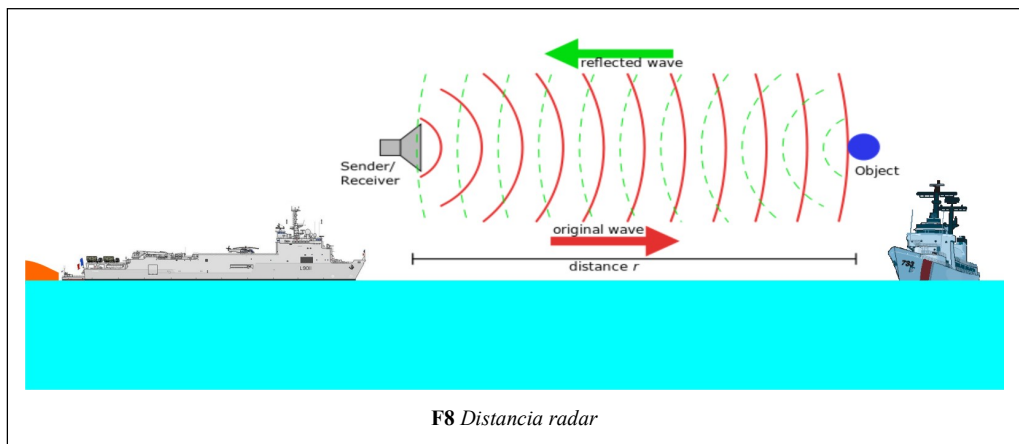
El radar más básico nos identifica una vez localizado un blanco, la distancia a la que se encuentra mediante la simple aplicación de un principio físico, y una fórmula matemática, esto es la velocidad a la que se propaga la energía electromagnética y el tiempo que tarda en regresar la energía reflejada por el blanco hasta nuestra posición.

$$\text{Distancia} = \text{Velocidad} \times \text{tiempo}$$

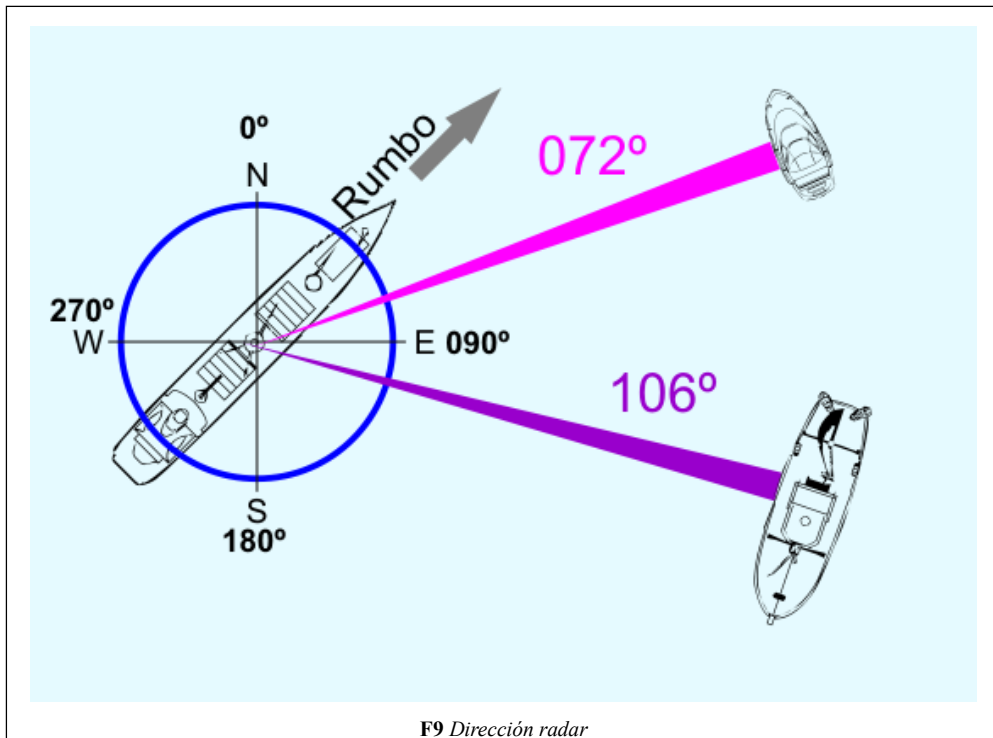
Sabemos que la distancia es directamente proporcional a la velocidad por el tiempo al tiempo. La velocidad de propagación de la energía electromagnética es igual a la velocidad de la luz en el vacío es decir aproximadamente 300.000.000 metros por segundo. El radar no emite una señal de manera constante, lo hace mediante pulsos y el medio en el que se desplaza no es el vacío, la ecuación anterior aunque simple, no determina la velocidad real ni la distancia real ya que no tiene en cuenta ni la velocidad del grupo de ondas, ni la dispersión, permitividad y permeabilidad del medio en el que se propaga pero nos da una idea de cómo funciona el sistema. En este caso si aplicáramos esta fórmula el valor de la distancia que obtenemos hay que dividirlo por dos ya que la onda recorre un camino de ida hacia el objeto y otro de vuelta desde el objeto.

Así pues nuestra fórmula para explicar el **concepto de distancia radar** nos quedaría de la siguiente forma:

$$\text{Distancia Radar} = [\text{Velocidad} \times \text{tiempo}(\text{ida y vuelta de la onda})]/2$$



Debido a la curvatura de la esfera terrestre y teniendo en cuenta que la propagación de las señales del radar son direccionales, hay que observar dos aspectos importantes dentro de lo que se denomina el alcance del radar; por un lado está el **horizonte geográfico** y por otro lado el **horizonte de radar**, como veremos posteriormente.

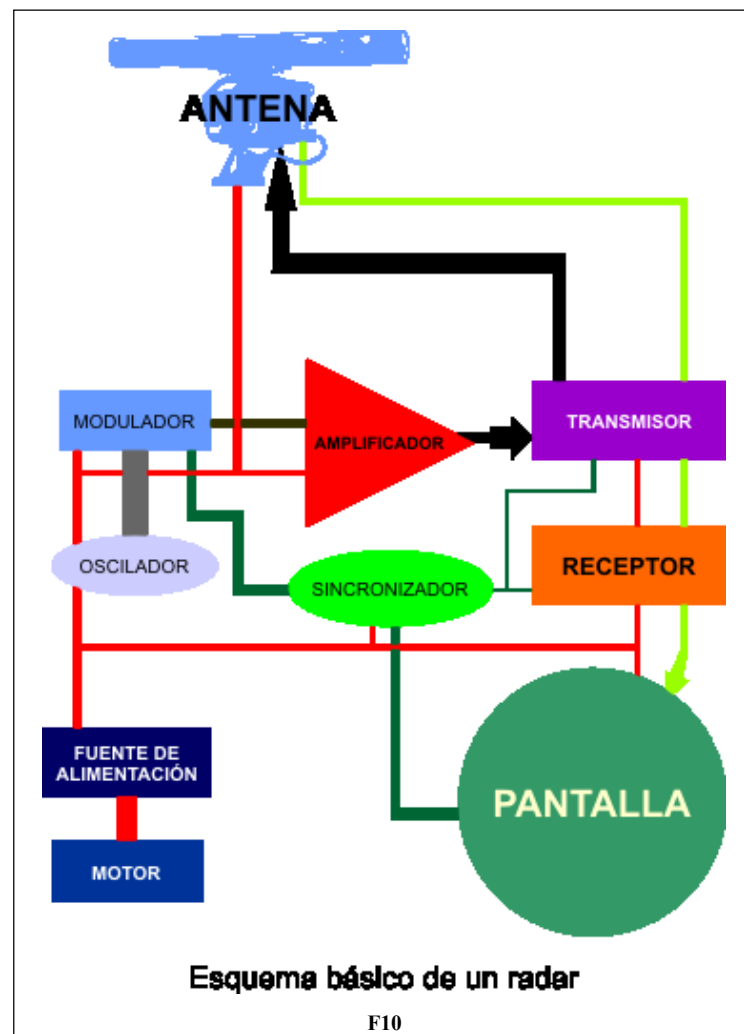


Dado que la antena del radar gira 360° en el sentido de las agujas del reloj mientras va emitiendo y recibiendo es fácil deducir que una vez localizado el blanco la señal recibida de éste nos proporciona una demora del mismo o una marcación

dependiendo del modo en que esté configurado nuestro radar, esta otra posibilidad es el **concepto de dirección del sistema radar (F9)**.

### 7.1 Componentes y sus funciones

Un esquema básico del radar es el mostrado en la siguiente figura, en ella se pueden identificar las partes más importantes del mismo así como el flujo de señales y de información dentro de los módulos que lo componen.



La alimentación de energía necesaria para el funcionamiento de cada módulo está marcada en color rojo.

Las señales en verde oscuro determinan la conectividad entre la pantalla, el sincronizador, el modulador, el transmisor y el receptor.



Las señales en verde claro y negro son las señales de recepción y de transmisión respectivamente y los módulos a los que afecta mediante el sistema de guía ondas.

### **7.1.1 Fuente de alimentación**

En la sala de máquinas del buque se generan todas las tensiones necesarias para alimentar los distintos equipos de los barcos, mediante motores o generadores, de igual forma según se establece en el S.O.L.A.S. todos los equipos que puedan afectar directamente a la seguridad del buque o a sus comunicaciones deben de obtener además energía suficiente para su funcionamiento durante un periodo de tiempo adecuado y mediante sistemas alternativos de energía (baterías, motores auxiliares, etc).

Por otro lado el radar tiene una fuente de alimentación propia que se alimenta de los sistemas mencionados anteriormente y a su vez genera las tensiones necesarias para el resto de los componentes del equipo incluido el sistema de antena.

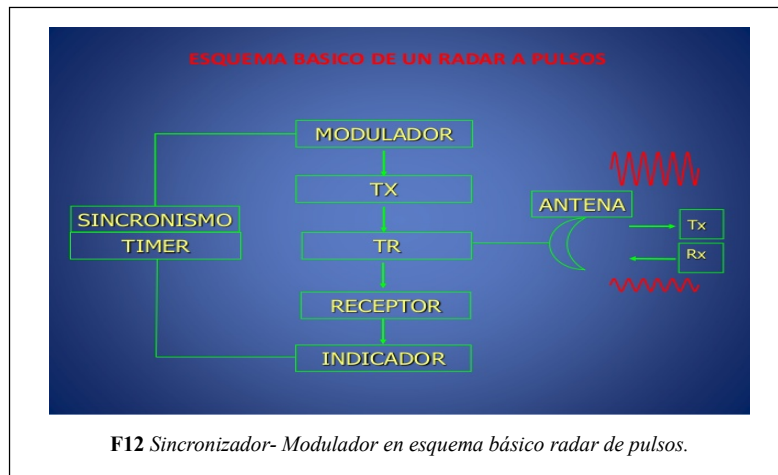


**F11** Fuente alimentación radar Furuno

### **7.1.2 Modulador / Sincronizador**

El modulador junto con sincronizador es un regulador de tiempo electrónico que regula la operación del resto de los bloques de sistema mediante pulsos electrónicos.

El sincronizador conecta el transmisor a la antena cuando se inicia la transmisión y una vez efectuada la transmisión lo desconecta en el preciso momento para que la antena reciba los ecos o señales de recepción de los blancos localizados.



### 7.1.3 Transmisor

Es un módulo generador de radiofrecuencia mediante pulsos de muy alta frecuencia, la necesidad de enfocar dicha energía es lo que determina la utilización de una banda alta, así como la potencia necesaria para alcanzar las distancias para las que se ha diseñado el transmisor.

### 7.1.4 Receptor

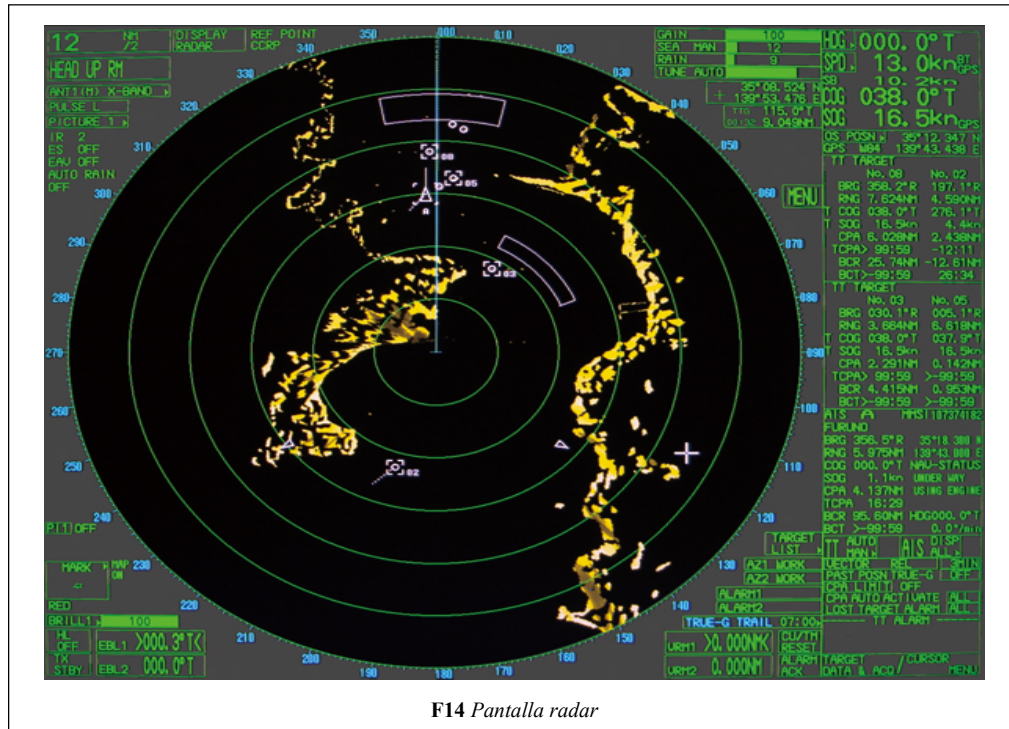
Convierte y amplifica la intensidad de las señales de los ecos recibidos transformándolas a señales de vídeo para poder ser representadas en la pantalla.

### 7.1.5 Antena

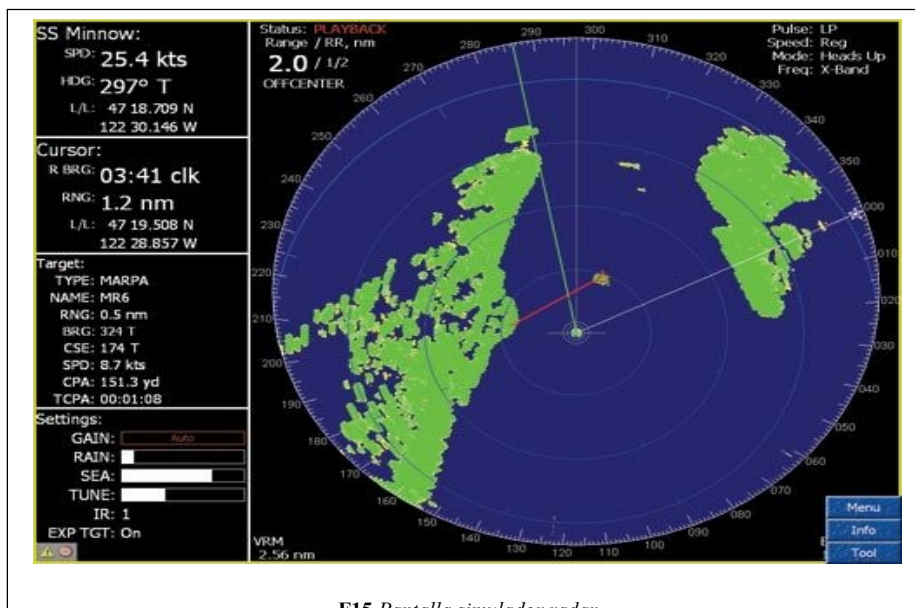
Transforma la energía de radiofrecuencia RF del transmisor y a su vez la irradia en forma de haz muy direccional, y una vez efectuada la transmisión recoge los ecos proporcionados por los blancos alcanzados y los hace llegar al receptor.



## 7.1.6 Unidad de presentación (Pantalla)



F14 Pantalla radar

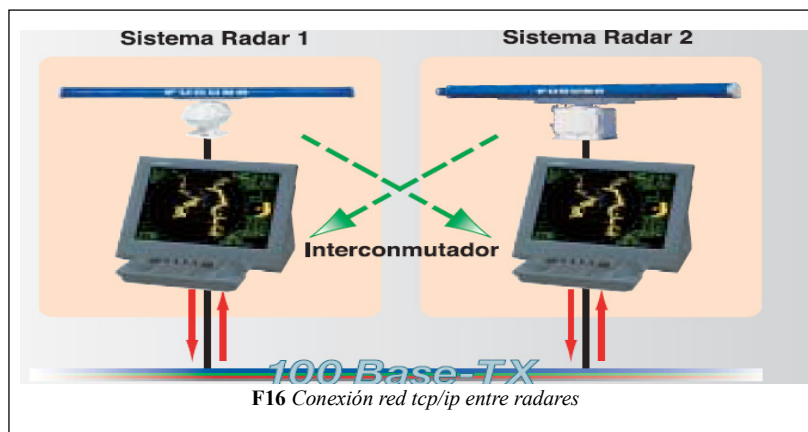


F15 Pantalla simulador radar

La unidad de presentación representa los ecos recibidos y transformados en señales de vídeo desde el receptor de manera que se pueda aprovechar la información obtenida y a su vez proporcionarnos una presentación visual de las demoras y marcaciones junto con las distancias de los ecos recibidos por el sistema de antena.

### 7.1.7 Sistema de conexión de red Ethernet entre radares

Los radares pueden ser conectados a una red Ethernet para una variedad de necesidades del usuario. El Capítulo V de SOLAS enmendado requiere radares de banda X y banda S para barcos de 3000 TRB y superiores. Los radares de banda X y banda S pueden ser interconmutados sin usar una opción extra. El número de unidades interconectadas dependerán del fabricante y las capacidades que hayan determinado para sus productos. Como adición, la información de navegación esencial incluida como carta electrónica, I/L, COG, SOG, STW, etc. pueden ser compartidas en la red.



## 8. Efecto Doppler [10]

El efecto Doppler es la variación aparente de la frecuencia de cualquier onda emitida cuando existe un movimiento relativo entre la fuente de la onda y el observador. Expresado de otra forma en el caso del radar el efecto Doppler sería la diferencia entre la frecuencia emitida por el radar y la frecuencia recibida reflejada por el objeto o blanco. Con un radar básico podemos determinar la distancia, la demora y la marcación, para obtener la velocidad del objeto o blanco necesitamos un radar algo más complejo y que aproveche el efecto Doppler para determinar dicha velocidad.

Suponiendo que:

$f_r$  = frecuencia reflejada por el blanco

$f_t$  = frecuencia transmitida por el radar

$f_d$  = frecuencia Doppler

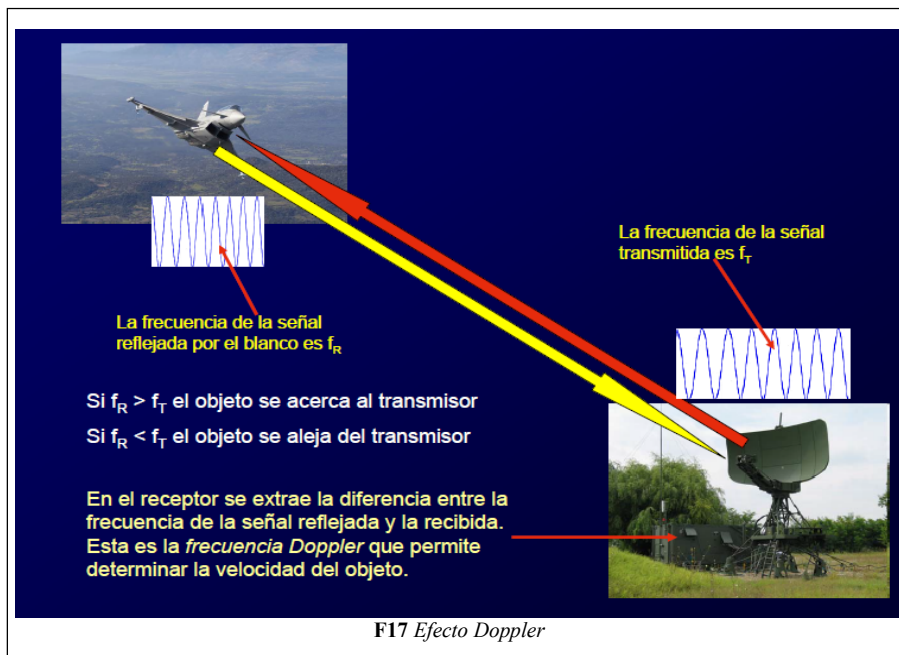
$v$  = velocidad relativa entre la fuente radar y el blanco

$c$  = velocidad de la luz

$$f_r = f_t \cdot \left( \frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}} \right) \quad f_d = f_r - f_t = \frac{2vf_t}{c - v} \approx \frac{2vf_t}{c}$$

Conocida la  $f_t$  y la  $f_d$  obtenemos la velocidad del blanco:

$$v = \frac{cf_d}{2f_t}$$



## 9. Alcance radar

Existen tres constantes asociadas a un sistema radar y que influyen directamente en el alcance del mismo:

- La frecuencia de la portadora.
- La frecuencia de repetición del pulso.
- La potencia de transmisión.

La combinación de estas tres constantes a la hora de diseñar un sistema lo determinan:

- El empleo operativo.
- La exactitud requerida.
- El alcance deseado.
- El tamaño del equipo.
- La generación y recepción de las señales.

**La frecuencia de portadora** es la frecuencia a la que se genera la radiofrecuencia y está afectada directamente por la directividad deseada y la generación y recepción de la energía de radiofrecuencia a transmitir.

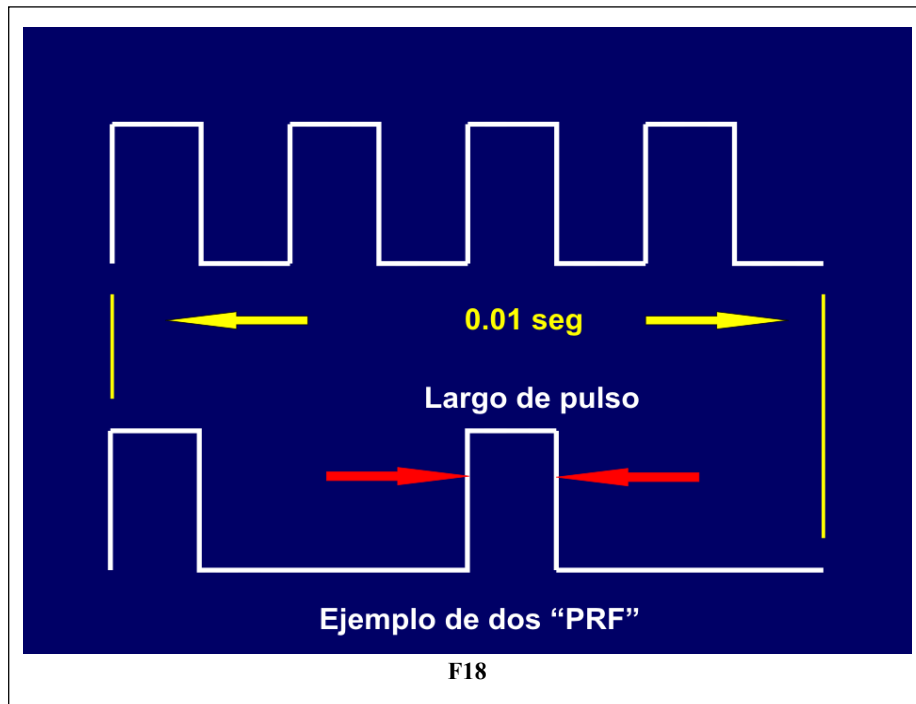
Para obtener una dirección y una alta concentración de energía, la antena debe ser lo más direccional posible.

A mayor frecuencia de portadora menor es el largo de onda y como consecuencia la antena será más pequeña.

La generación de la energía y su amplificación en cantidades adecuadas de radiofrecuencia cuando se trata de frecuencias muy altas, necesita el empleo de unidades especiales: **El Magnetron**.

**La frecuencia de repetición del Pulso (PRF)** consiste en el número de pulsos transmitidos por segundo.

En la figura siguiente observamos en la parte superior una transmisión de 4 pulsos en 0.01 segundo lo que nos daría un PRF de 400 pulsos por segundo.



En la parte inferior vemos la transmisión de dos pulsos en 0,01 segundo por lo que obtendremos una PRF de 200 pulsos por segundo.

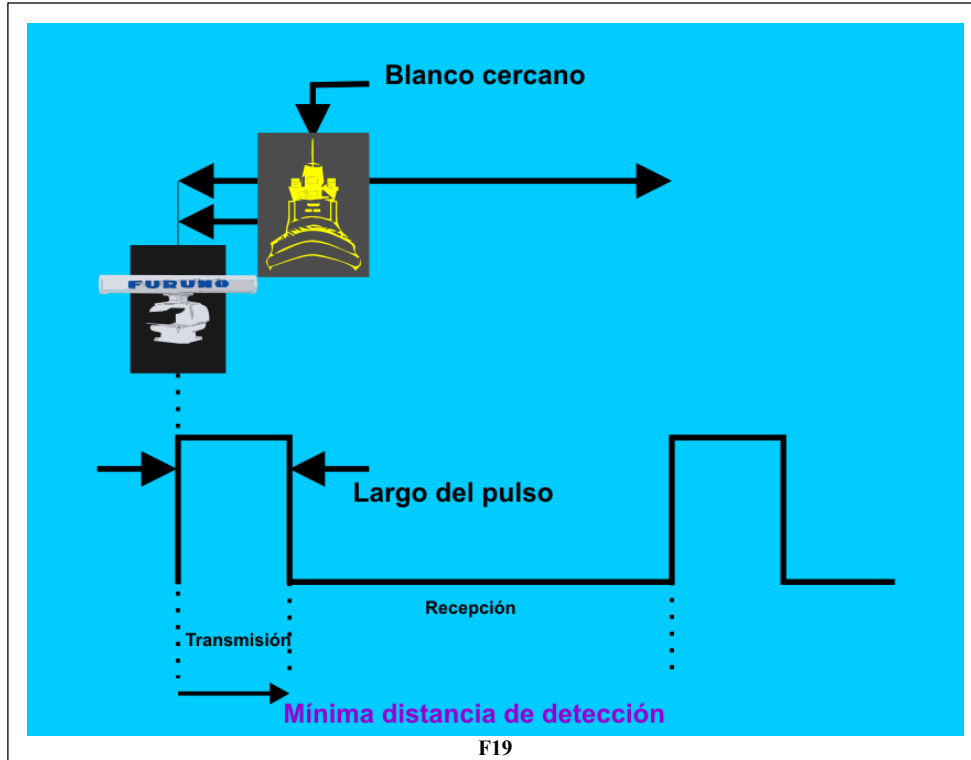
Se debe de obtener un intervalo de tiempo entre pulsos que sea suficiente para que el eco de un blanco localizado refleje su eco siempre que esté dentro del alcance del sistema, en caso contrario la recepción de los ecos más lejanos quedarían bloqueados por la transmisión de los pulsos siguientes.

El alcance máximo de un sistema radar depende de **la energía transmitida** en relación a su PRF, cuanto mayor alcance queramos tener, menor PRF debemos transmitir para dar más tiempo entre pulsos al eco del blanco de llegar a la antena del radar pero a su vez debemos transmitir un número de pulsos suficientes para que sean reflejados por el blanco.

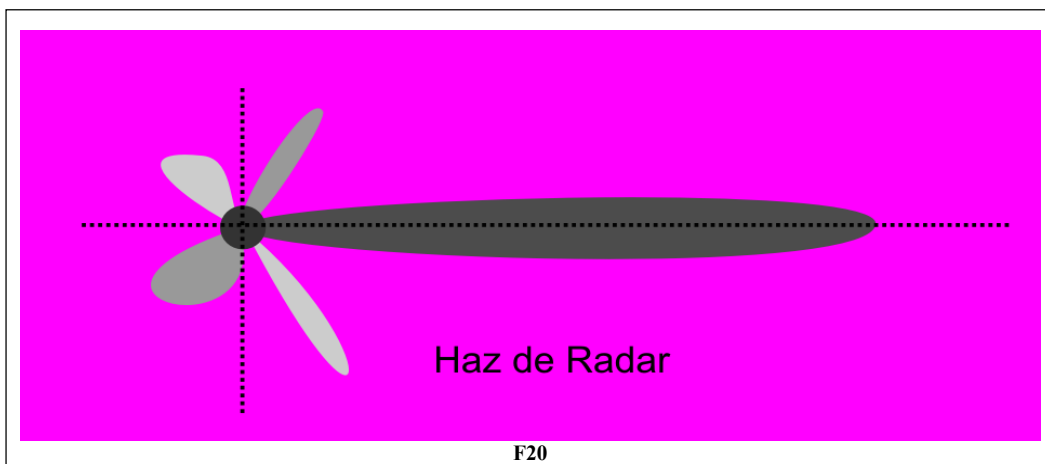
Otro factor importante a tener en cuenta es el largo del pulso, que medido en microsegundos, es el tiempo que dura la transmisión por un solo pulso de energía de radiofrecuencia.

La distancia mínima a la cual se puede detectar un blanco está fijado por la longitud del pulso, si el blanco se encuentra muy cerca del transmisor puede que su eco regrese antes de que se acabe la transmisión por lo que la recepción del eco quedaría solapado con la transmisión y no se detectaría.

Como consecuencia el eco del blanco, dentro de esta situación, no se verá en la pantalla debido a que se encuentra enmascarado por el pulso emitido.



Las ondas de radar son emitidas en forma de pulsos de energía electromagnética sobre todo en las bandas de alta frecuencia, tienden a desplazarse en línea recta a una velocidad prácticamente igual a la de la luz. Su energía electromagnética se expresa y mide en vatios (w).

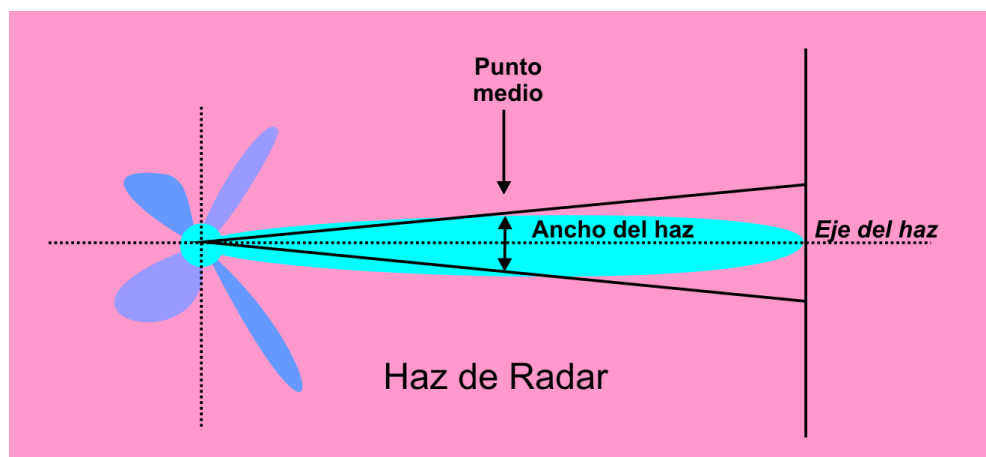




Los pulsos de energía de RF vienen a determinar un diagrama lobular de radiación como el de la figura **F20**. La energía irradiada por el haz es similar a un haz de luz y su energía se concentra a lo largo del haz decreciendo su intensidad en función de la distancia a lo largo del haz. Se deben de determinar los límites prácticos de potencia al objeto de definir las dimensiones del haz de radar de manera que se establezcan los límites de energía útil.

El ancho del haz, figura (**F21**), corresponde al ancho angular de haz medido entre puntos de máxima densidad de campo. En la figura se observa la relación de energía transmitida existente dentro de puntos igualmente distanciados del eje del haz en el plano horizontal y su respectiva distancia a la antena transmisora.

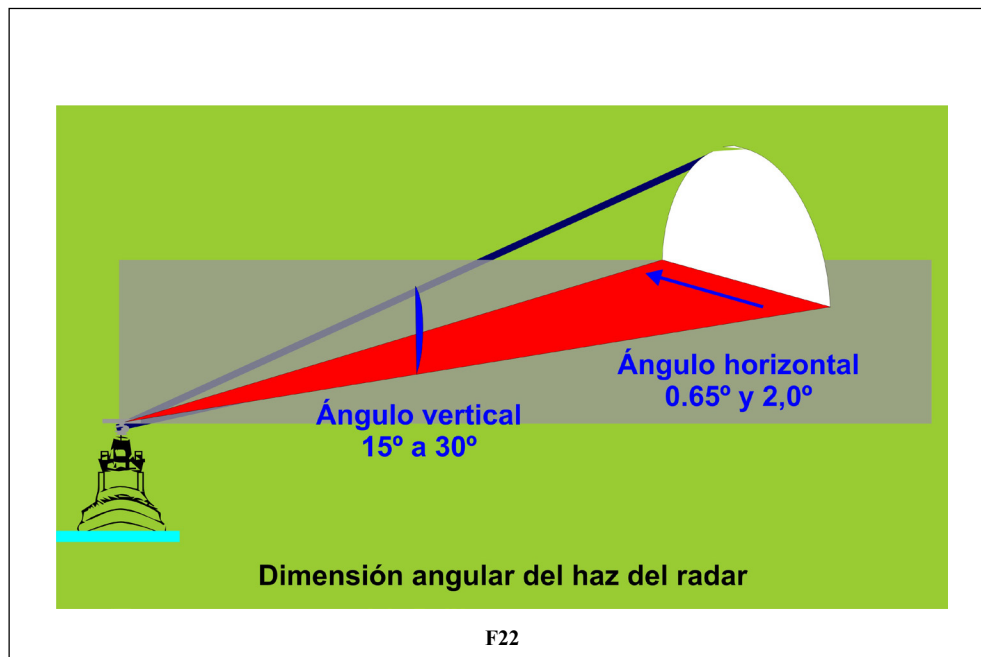
El ancho del haz dependerá de la frecuencia y la energía transmitida junto con el diseño de la antena, además del tamaño de la misma.



F21

Para poder obtener unos resultados óptimos en la detección de un blanco, el haz transmitido debe de tener unos valores adecuados horizontal y verticalmente. En la figura (**F22**) podemos observar la relación existente entre ambos, siendo mayor el ángulo del ancho vertical que el ancho horizontal.

Los valores del ancho horizontal vienen a oscilar entre los  $0,65^\circ$  y los  $2^\circ$ , mientras que los correspondientes al ancho vertical varían entre los  $15^\circ$  y los  $30^\circ$ ; una parte importante para obtener estos resultados vienen dados por el diseño de la antena.



Las ondas de radar están sujetas a dos fenómenos importantes en lo referente a su propagación:

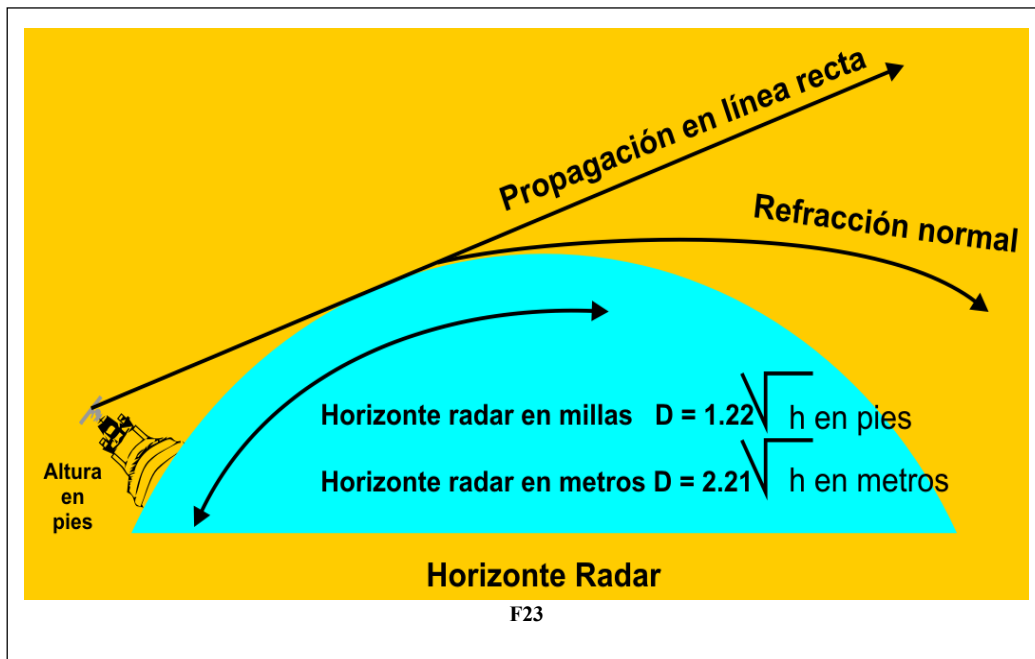
- La refracción.
- La difracción.

Suponiendo un desplazamiento totalmente en línea recta de las ondas radar la distancia al horizonte alcanzada por estas ondas dependerá exclusivamente de la altura de la antena, a mayor altura mayor alcance, esto suponiendo que estas ondas han sido transmitidas con la suficiente energía para alcanzar dicho horizonte.

En el vacío y sin ninguna fuerza que altere su trayectoria esto sería así, pero en la atmósfera terrestre estas ondas al igual que las ondas de luz sufren una serie de cambios debido a las distintas densidades de las capas por las que tienen que propagarse quedando sujetas a un fenómeno conocido en física como **Refracción**, figura (23), la refracción es la curvatura que sufre una onda directa al propagarse por la atmósfera debido a las variaciones de densidad de las distintas capas por donde se propaga.

Este fenómeno nos permite determinar dos horizontes posibles para las ondas radar, el horizonte geográfico y el horizonte radar. Este último tendrá mayor alcance

debido al fenómeno de la refracción. Para determinar el horizonte radar (**D**) utilizamos una fórmula sencilla tal y como vemos en la figura siguiente.



La distancia al horizonte geográfico viene determinada por la expresión:

$$D = 1,06 \times \sqrt{h}$$

La distancia de alcance óptico viene determinada por la expresión:

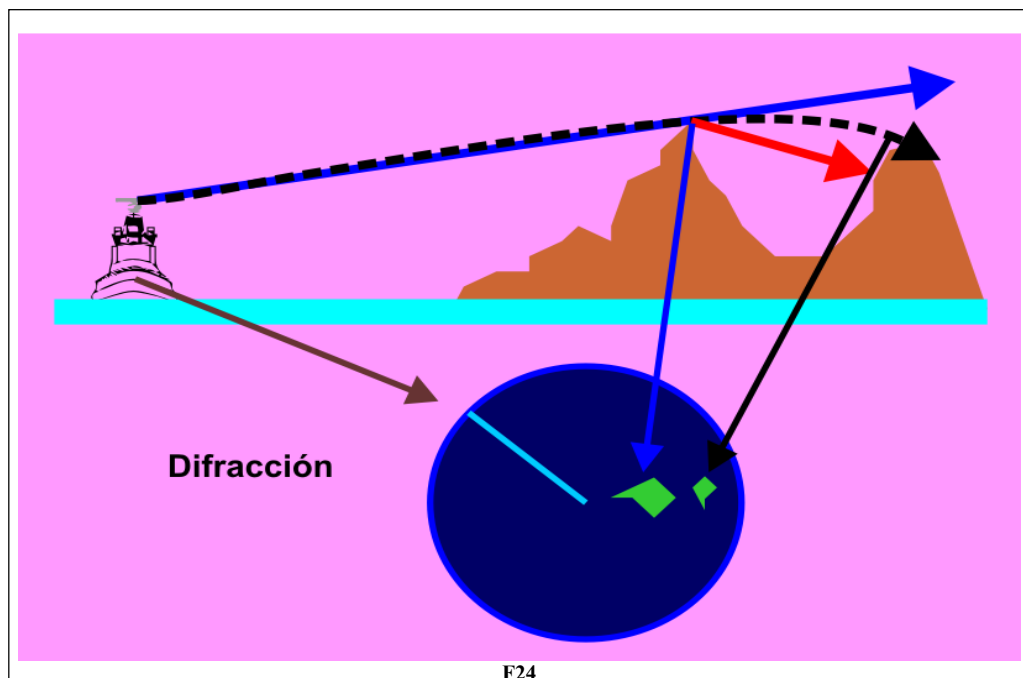
$$D = 1,15 \times \sqrt{h}$$

**Las distancias** obtenidas mediante las fórmulas anteriores darán como resultado **millas náuticas** y la **altura de la antena (h)** está expresada **en pies**.

Para obtener las **distancias en metros** para el horizonte geográfico y **óptico** sustituir los valores **1,06** y **1,15** por los valores **1,92** y **2,08** respectivamente y la **h en metros**.

Los rayos de radar, como podemos observar en la figura (**F23**) serán refractados siguiendo la curvatura de la Tierra. Como consecuencia vemos que la distancia al horizonte radar (**D**) no limita la distancia a la que se puedan recibir ecos de posibles

blancos, se podrán obtener ecos de blancos situados por debajo del horizonte radar siempre que estos estén por encima de la superficie reflectora de la onda radar, siempre que la potencia transmitida sea la adecuada para poder alcanzar dichos blancos. Cuando una onda pasa por un obstáculo sufre una ligera curvatura, a esa curvatura se la denomina difracción. Debido a la difracción se produce una iluminación en la zona detrás del obstáculo o blanco. Este fenómeno se acusa más cuanto más baja es la frecuencia, figura (24). En la pantalla del radar nos permite observar tras un primer blanco localizado otro que se encuentre justo detrás de él y a una distancia dentro de la zona iluminada por la difracción.



Otros factores determinantes en el alcance del radar son la atenuación, que consiste en la dispersión o absorción de la energía del haz del radar al trasladarse por la atmósfera produciendo una disminución en la intensidad del eco. La atenuación es directamente proporcional a las frecuencias altas.

Las características del eco determinan la energía del pulso reflejado y por tanto la posibilidad de que el haz de radar regrese a la antena para su detección. Influye en ello la energía transmitida por el radar, así como las características reflectoras del blanco a detectar.

## 10. Factores determinantes del alcance mínimo y máximo.

- El los radares marítimos un factor fundamental para determinar el alcance radar es **la altura de la antena** radar.
- A **frecuencias** altas mayor pérdida de energía y menor alcance, con frecuencias más bajas el alcance aumenta.
- A mayor **potencia de transmisión** mayor alcance.
- Un **pulso más largo** aumenta el alcance radar por emitir mayor energía.
- La **PRF** fija la distancia máxima que puede medir un radar. Si no se deja el espacio adecuado entre pulsos los ecos recibidos pueden quedar solapados por los pulsos de transmisión impidiendo la recepción del eco del blanco.
- Un **haz más concentrado** aumenta el alcance de detección del radar.
- Cuanto mayor es el **tamaño del blanco** más posibilidad de detectarlo a mayor distancia. Los **materiales del blanco** afectan directamente a reflejar las ondas del radar, aceros y materiales, con poca absorción mejor detección. Los **materiales absorbentes dificultan** la detección por reflejar poco las ondas radar.
- A **mayor sensibilidad** en los equipos **receptores** y mayores **ganancias** de la **antena** mayor alcance radar.
- La **velocidad de rotación de la antena** incide directamente en el alcance, a **menor velocidad** de rotación **mayor es el alcance** de detección del radar. Los blancos pequeños se ven mejor con rotaciones de antena bajas.

## 11. Tipos básicos de presentación radar

Los tipos básicos de presentación en los radares de navegación son dos y nos permiten ver en la pantalla tanto la posición del blanco como su movimiento con respecto al nuestro.

Esto también nos permiten observar las demoras y marcaciones con respecto a blancos en movimiento o a puntos de la costa.

## 12. Radar de movimiento relativo

La presentación en pantalla radar en modo movimiento relativo nos permite observar el movimiento de un blanco en movimiento, en relación al movimiento del buque propio mediante la presentación continua de los puntos del blanco a la correspondiente distancia y demora, a partir de una posición fija de nuestro buque que se encuentra representado en el centro de la pantalla.

Algunos modos de presentación (14) en la opción de movimiento relativo son:

- **Proa arriba:** con el compás no estabilizado, no estabilizado.
- **Proa arriba TB:** proa arriba con la escala del compás estabilizado (rumbo verdadero) donde la escala de rumbos gira con la lectura de la brújula.
- **Rumbo arriba:** Compás-estabilizado con respecto a la orientación de la nave en el momento de seleccionar rumbo arriba.
- **Norte arriba:** Brújula estabilizada con referencia a norte.
- **Popa arriba:** La imagen de radar se gira 180 °. Los gráficos y rumbos verdaderos giran también 180°.

## 13. Radar de movimiento verdadero

La presentación en pantalla radar de la opción de movimiento verdadero nos permite observar nuestro buque y los demás blancos móviles con su movimiento real.

A diferencia de la presentación en modo movimiento relativo, la posición del buque propio no se encuentra fija. Tanto nuestro buque como el resto de los blancos se desplazan por la pantalla radar con sus rumbos y velocidades; también a diferencia de los radares en movimiento relativo las zonas terrestres se mantienen fijas como

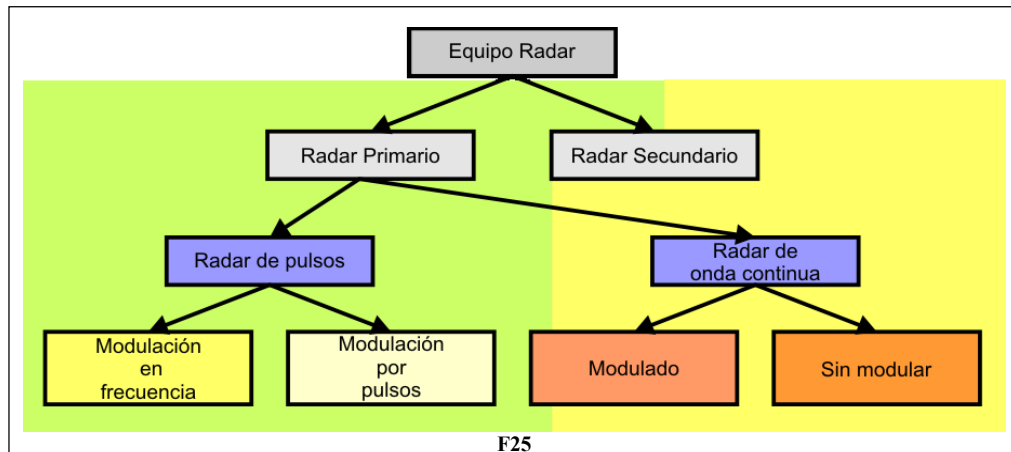
ocurre en la realidad con zonas de masas terrestres al igual que cualquier blanco que no esté en movimiento u objeto estacionario.

En este modo podemos observar el movimiento de todos los blancos, incluso nuestro propio buque, con respecto a las masas terrestres y zonas de la costa.

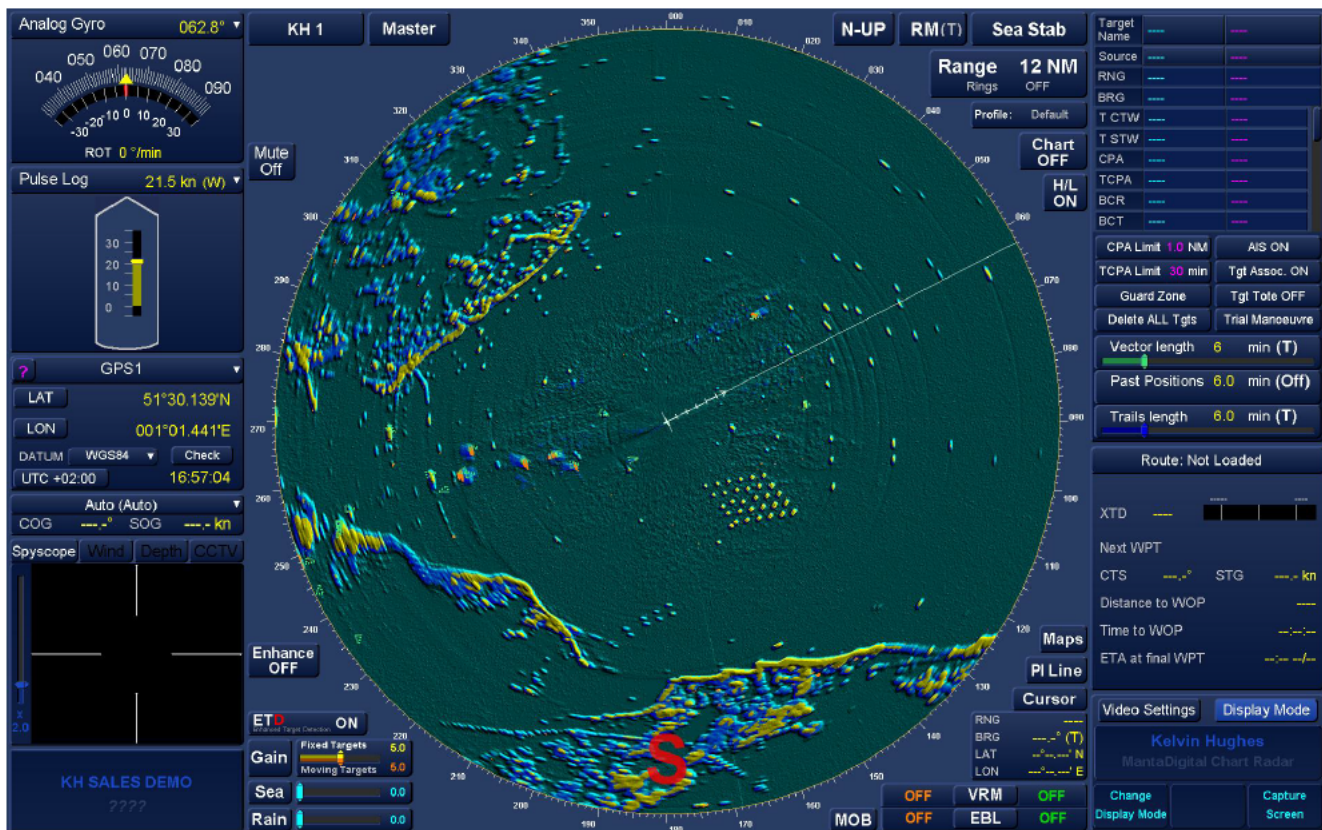
Para una presentación correcta de este modo de radar, es necesario poder obtener los datos para el rumbo, la velocidad del girocompás y de la corredera o bien de cualquier otro elemento que aporte esta información.

## 14. Tipos de radar

Los tipos de radar en función de su uso o aplicación se reflejaron en apartados anteriores, en este apartado nos vamos a centrar en los tipos de radar acorde a su función específica y en base a ello podemos establecer una clasificación acorde a la siguiente figura.







# EL RADAR ARPA

## **15. El radar ARPA**

El radar ARPA ( Automatic Radar Plotting Aid) o radar de punteo automático es un equipo en el que aparecen en la pantalla los movimientos verdaderos de todos los ecos detectados, incluido el barco propio.

Puede activar alarmas que nos avisan de un posible riesgo de colisión y el sistema puede calcular el rumbo que lleva el blanco, la velocidad y el punto más cercano de aproximación (CPA), con lo que es posible saber si existe peligro de colisión con otro buque o de tierra.

La forma de adquirir los ecos en pantalla puede hacerse de manera manual o automática. En la adquisición manual es el operador el que decide los ecos que le interesan en función del tráfico, zona de recalada, rumbos convergentes que hagan presumir una colisión o cualquier otro criterio observado por el operador. En el modo automático el propio sistema elige los blancos sin la intervención del operador y en función de las características del módulo ARPA.

Existen una serie de factores a tener en cuenta en la mayoría de los radares que pueden afectar a su funcionamiento o bien causar errores de interpretación entre otros, los más importantes son:

Factores climatológicos como la lluvia o la nieve, estas perturbaciones pueden ser adquiridas y seguidas como si fueran blancos, los radares modernos tienen una serie de filtros con los que se pueden ajustar al objeto de reducir o evitar en lo posible este tipo de anomalías. En el supuesto de que con los filtros adecuados no se pudieran suprimir debido a la intensidad de los agentes meteorológicos se deberá pasar a la banda S en caso de que exista o activar algún supresor de interferencias radar y si todo esto falla se pasará a control de adquisición manual.

La precisión del radar puede resultar afectada por:

- Nubes bajas.
- Baja ganancia.
- Emisiones no sincronizadas.
- Ecos de segunda traza.

- Excesiva refracción del haz del radar puede hacer que se reciban ecos de blancos a grandes distancias que aparecen en pantalla en barridos posteriores al de la transmisión del impulso.
- Ecos incorrectos debido segundas o terceras trazas presentados debido a distancias incorrectas.
- Sectores ciegos y de sombra debidos a súper estructura del barco, mástiles u obstáculos que reducen la intensidad del haz o lo interrumpen en algunos casos incluso impide la detección de un blanco situados en esas demoras. El sistema ARPA perderá estos blancos mientras permanezca dentro de la zona de sombras.
- Ecos indirectos debido a la proximidad del mismo, el sistema puede recibir un doble eco debido a la proximidad del blanco.
- Interferencia de radar provocadas por otros radares en ellas proximidades.
- Para todos estos supuestos existen una serie de controles y filtros y posibles soluciones que enumeraremos más adelante.

### **15.1 Funciones típicas del radar ARPA [6]**

A modo de explicación se ha elegido resaltar algunas de las características de este modelo que sirven de orientación al objeto de este trabajo siendo además un radar usado con bastante frecuencia por la flota mercante española con algunos años de antigüedad y objeto de estudio en algunas escuelas e institutos marítimo pesqueros.



**F26 RADAR/ARPA "FURUNO" FAR- 2822X**

### **15.1.1 Generalidades básicas de un sistema típico.**

Cualquier acción sobre un mando tiene la correspondiente reacción casi de inmediato en la pantalla. Un requerimiento correcto se confirma con un pitido, una acción inadmisibile se avisa por una serie de pitidos.

Un radar con 10 escalas y alcance de 120 millas, comprendidas entre 0.25 millas y 120 millas, sus escalas, intervalos de los anillos de distancia y el número de anillos de este radar suele disponer de los siguientes valores:

ESCALA	0.25	0.5	0.75	1.5	3	6	12	24	48	120
DISTANCIA ENTRE ANILLOS	0.05	0.1	0.25	0.25	0.5	1	2	4	8	20
NUMERO DE ANILLOS	5	5	3	6	6	6	6	6	6	6

En la escala más pequeña (0.25) el error en la distancia es menor de 27 metros.

La precisión en la demora será siempre menor de 1°.

### **15.1.2 Funciones ARPA**

En la función ARPA existen dos modos de adquirir blancos: manual y automático.

La distancia de adquisición está entre 0.3 y 32 millas.

La adquisición de blancos puede hacerse manualmente, automáticamente o combinando las dos formas en la mayoría de los casos, el número de blancos que se pueden seleccionar en cada modo depende del fabricante

La distancia de seguimiento suele ser de 0.2 a 32 millas en radares antiguos en los modernos se incrementa el rango dependiendo de la potencia de transmisión y las características del fabricante.

Las alarmas son sonoras y visuales, pueden ser provocadas por blancos que entran dentro de los límites del CPA/TCPA prefijados, blancos perdidos, blancos que cruzan la zona de guardia.

Información proporcionada para los blancos.

- **RNG** (Distancia)
- **BRG** (Demora)
- **CSE** (Rumbo)
- **SPD** (Velocidad)
- **CPA** (Mínima distancia de paso)
- **TCPA** (Tiempo para estar a la mínima distancia)
- **BCR** (Distancia de cruce por proa)
- **BCT** (Tiempo de cruce por proa)

La alarma suele ser únicamente visual por averías del sistema y por saturación de blancos.

Tienen alarmas para advertir el punto máximo de acercamiento que suele estar entre las 0.2 y las 10 millas y el límite de tiempo se suele mantener entre los 0 y 99 minutos.

La zona de guardia queda delimitada por 2 anillos, el ancho de esta zona no deber ser menor de 0.5 millas. Sus límites suelen recomendarse entre 0.7 y 32 millas, y su sector puede ir de 1° a 360°.

### **15.1.3 Encendido y funciones de los mandos principales**

Cuando ponemos en marcha cualquier radar, debemos comprobar que no hay ningún obstáculo que impida el giro de la antena.

Desde el instante que ponemos el mando (**POWER**) en posición "**ON**", el equipo comienza su auto-chequeo que dura un intervalo de 2 a 5 minutos, transcurrido este tiempo cambia a la situación de espera (STAND BY) listo para pasar a transmisión.

El auto-chequeo se realiza en cada encendido y en los modelos antiguos no suele verse nada en la pantalla hasta su finalización en los radares modernos puede haber información sobre el curso del chequeo dependiendo de lo sofisticado del sistema y

las opciones aportadas por el fabricante para facilitar la comprobación del correcto funcionamiento del sistema.

Las teclas (***RADARI/RADAR2***) seleccionan el radar 1 o radar 2. En algunos buques existe la posibilidad de trabajar con el radar principal llamado “**maestro**”, o con otro equipo secundario denominado “**esclavo**”.

La mayoría de los equipos para esta configuración, suelen disponer de una sola antena, pueden trabajar individual o conjuntamente y para trabajar solo con el esclavo puede ser necesario que el maestro esté conectado, aunque su unidad de presentación parezca que está apagada, esto es sin brillo ni ganancia.

***BRILLANCE***, este mando ajusta el brillo del tubo de rayos catódicos (TRC). Hay que llevarlo temporalmente a la posición media entre el mínimo y el máximo.

***GAIN*** Ganancia ajustamos la sensibilidad del receptor y por tanto la intensidad de los ecos, lo ajustamos de modo que el barrido sea apenas perceptible en el TRC.

Para un ajuste más preciso, se suele seleccionar una de las dos escalas más largas (48 o 120), en estas escalas el barrido es más visible. Giramos suavemente a la derecha el mando de la ganancia hasta ver el barrido. Si tenemos poca ganancia los blancos débiles o pequeños no aparecerán en la pantalla, si hay demasiada los blancos desaparecen debido al deficiente contraste.

***A/C RAIN***. Los retornos de lluvia y nieve se pueden suprimir con este mando. Las señales de retorno de la superficie del mar aparecen en la pantalla como un gran número de pequeños ecos. El mando ***A/C RAIN*** se girara hacia la derecha hasta que comience a descomponer los parásitos de lluvia en la pantalla, se deberá tener cuidado al ajustar este mando para no hacer desaparecer los ecos débiles.

**A/C SEA** (anti-parásitos de mar) se trata de reducir la amplificación de estos ecos en distancias cortas donde estos parásitos son mayores, de modo que la amplificación sea normal en aquellas distancias en donde no se experimentan los parásitos de mar. Su ajuste logra que los parásitos se descompongan en pequeños puntos luminosos y se hagan visibles los blancos pequeños, si el mando lo ajustamos de modo insuficiente los blancos quedarán ocultos entre los parásitos, si el ajuste es demasiado alto, tanto los parásitos de mar como los blancos serán borrados de la pantalla. Como norma general giraremos el mando hacia la derecha hasta que los parásitos hayan desaparecido a sotavento y sean algo visibles a barlovento. Debe dejarse los parásitos algo visibles en la pantalla, para asegurar la no supresión de los ecos débiles. Si no hay parásitos el mando debe estar girado totalmente a la izquierda. Se pueden suprimir los retornos de la superficie del mar. Los ecos de buques que están dentro de zonas de lluvia, pueden quedar ocultos por los parásitos de lluvia en pantalla. Los parásitos de lluvia son fácilmente reconocibles por su aspecto lechoso en la pantalla.

**SELECT.** Selecciona el modo de presentación en pantalla que nos interese en cada momento dependiendo de las opciones dadas por el fabricante la mayoría de los radares suelen tener un mínimo de 5 pantallas de selección.

**CU, TM RESET.** Retorna la marca del propio barco al centro de la pantalla (Modo CU) o a una posición a un 50% de la escala utilizada (Modo TM).

**TM AUTO RESET.** Pulsando esta tecla se activa y se desactiva la función de volver al centro la marca del propio barco (Modo UN/TM).

**SHIFT.** Con esta tecla se descentra el origen del barrido un 50% de la escala utilizada.

**A/C AUTO.** Activa y desactiva el circuito de reducción automática de parásitos. Con la tecla A/C AUTO (anti-parásitos automático) se suprimen automáticamente los parásitos de mar y lluvia, anulando el control en los respectivos mandos. Se recomienda ajustar los mandos manuales de **A/C SEA** y **A/C RAIN**.

**INT REJECT.** Activa el circuito de rechazo de interferencias. Tiene varios niveles suelen representarse como IR1 – IR2 – IR3 – OFF. Las interferencias son producidas cuando se está en las proximidades de otro barco con radar que opera en la misma banda de frecuencias, aparecen en la pantalla como puntos luminosos de forma aleatoria o como radios curvados.

**ECHO AVERAGE.** Los retornos de la superficie del mar se pueden suprimir con esta tecla. Suele tener tres niveles AVR1 – AVR2 – AVR3.

**ECHO STRETCH.** En escalas largas esta tecla amplía la capacidad de detección de blancos. STR1 – STR2 – STR3.

**ECHO TRAIL.** Hace aparecer la huella de todos los blancos.

**HM OFF.** Al mantener pulsada desaparece la línea de proa y la marca de Norte.

**CURSOR DATA.** Activa o desactiva la presentación de datos del cursor si este es visible en la pantalla.

**ORIGIN MARK.** Activa o desactiva la marca de origen.

**RANGE.** Con estas teclas [(+)(-)] las utilizamos para seleccionar la escala elegida. Pulsando la tecla (+) aumenta la escala, pulsando la tecla (-) disminuye la escala. La escala elegida determina automáticamente el número de anillos y la distancia entre ellos. La escala y la distancia entre anillos se indican en la pantalla.



**GUARD.** Establece las zonas de guardia suele tener funciones adicionales como SET RESET, ACKN.

**SET RESET.** Pulsando esta tecla se establece la zona de guardia.

**CKN.** Pulsando esta tecla se desactiva/reactiva temporalmente la zona de guardia.

#### **15.1.4 Mandos EBL(Electronic Bearing Line)**

**ON.** Pulsando esta tecla aparece una línea EBL (Electronic Bearing Line).

**OFF.** Al pulsar esta tecla desaparece la EBL.

**INDEX LINES.** Pulsando esta tecla se activa/desactiva el cursor paralelo electrónico.

**OFFSET.** Esta tecla descentra y repone el origen de una línea EBL.

**TRUE/REL.** Alterna la lectura de demora verdadera y relativa en el modo “Proa arriba”.

**MG.-** Con este mando giratorio se desplaza la EBL.

#### **15.1.5 Mandos de brillo**

**HM.** Con esta tecla se controla el brillo de la línea de proa.

**PLOT SYMBOL.** El brillo de los vectores y marcas de trazado se ajusta con esta tecla.

**RING.** Pulsando esta tecla damos o quitamos brillo a los anillos de distancia.

**DATA.** El brillo de los datos alfanuméricos se ajusta con esta tecla.

**CURSOR.** Esta tecla ajusta el brillo del cursor.

**MARK.** El brillo de la marca VRM, la línea EBL, la zona de guardia y la marca de Norte se ajusta con esta tecla.

**PANEL DIM.** Pulsando esta tecla se ajusta el brillo del panel

### **15.1.6 Mandos VRM(Variable Range Mark)**

**OFF.** Con esta tecla se borra la marca VRM (Variable Range Mark).

**ON.** Al pulsar esta tecla aparece una VRM.

**INDEX LINE SET.** Con esta tecla se ajusta la distancia entre líneas del cursor en paralelo.

**MG.-** Girando este mando se desplaza la marca VRM.

**NAV LINE 1.** Esta tecla se utiliza para introducir y borrar líneas de navegación (rutas).

**NAV LINE 2.** La misma función que la tecla anterior.

**NAV POINT.** Pulsando esta tecla se introduce un punto de navegación.

**CANCEL.** Al pulsar esta tecla se borra un punto de navegación.

**ENTER.** Esta tecla registra una línea o un punto de navegación en la memoria.

**BC.- BOLA DE CONTROL.** Con esta bola se maneja el cursor.

### **15.1.7 Mandos ARPA**

**ARPA/RADAR.** Esta tecla activa y desactiva el sistema ARPA (Automatic Radar Plotting Aid). *Cuando esta desactivado el sistema ARPA, solo funciona el radar.*

**AUTO ACQ.** Esta tecla alterna los modos manual y automático de adquisición de blancos.

**LOST TARGET.** Hay que pulsar esta tecla para desactivar la alarma de blanco perdido.

**AUDIO OFF.** Silencia la alarma sonora.

**CPA TCPA SET.** Establecemos la alarma de colisión.

**GUARD RING SET.** Al pulsar esta tecla se puede establecer una zona de guardia.

**TRIAL.** Pulsando esta tecla se activa la función maniobra de prueba.

**LINE1 LINE2 LINE3.** Estas teclas LINE se utilizan para seleccionar una línea límite para presentarla o borrarla.

**MINI ACQ.** Eliminan la adquisición falsa de parásitos de mar.

**SPEED.** Introduce la velocidad de prueba del sistema.

**DELAY TIME.** Establecemos el retardo en una maniobra de prueba.

**TRIAL RUN.** Al pulsar esta tecla nos muestra la maniobra de prueba.

**FIX ON LAND FIX ON SHIP.** Con estas teclas fijamos una línea límite a una distancia relativa respecto al propio buque o tierra.

**LINE ENT.** Con esta tecla fijamos los puntos deseados para una línea límite.

**LINE DELETE.** Borra una línea límite.

**HISTORY.** Pulsando esta tecla se nos presentan los puntos anteriores que ha ocupado cualquier blanco objeto de seguimiento.

**LOG y MANUAL.** Escogen la entrada de la velocidad, bien en modo manual o de manera automática desde la corredera.

**SET, DRIFT.** Esta tecla preajusta la velocidad y dirección de la marea.

**MAUAL, SPEED, SET.** Se introduce la velocidad de manera manual.

**TRUE VECTOR REL VECTOR.** Se escoge la presentación vectorial verdadera o relativa.

**TECLAS (+) (-).** Con estas teclas se introducen los datos de rumbo y velocidad de la marea, velocidad y longitud vectorial.

**TECLAS NUMÉRICAS 0 a 9.** Estas teclas se usan cuando se quiere distinguir los blancos adquiridos mediante símbolos.

**PLOT.** Para plotear manualmente.

**ALL TARGET.** Pulsando esta tecla se anula el seguimiento de todos los blancos.

**CANCEL.** Al pulsar esta tecla se suprime el seguimiento de un blanco adquirido.

**SELECT.** Con esta tecla se presenta en pantalla la información sobre cualquier blanco objeto de seguimiento.

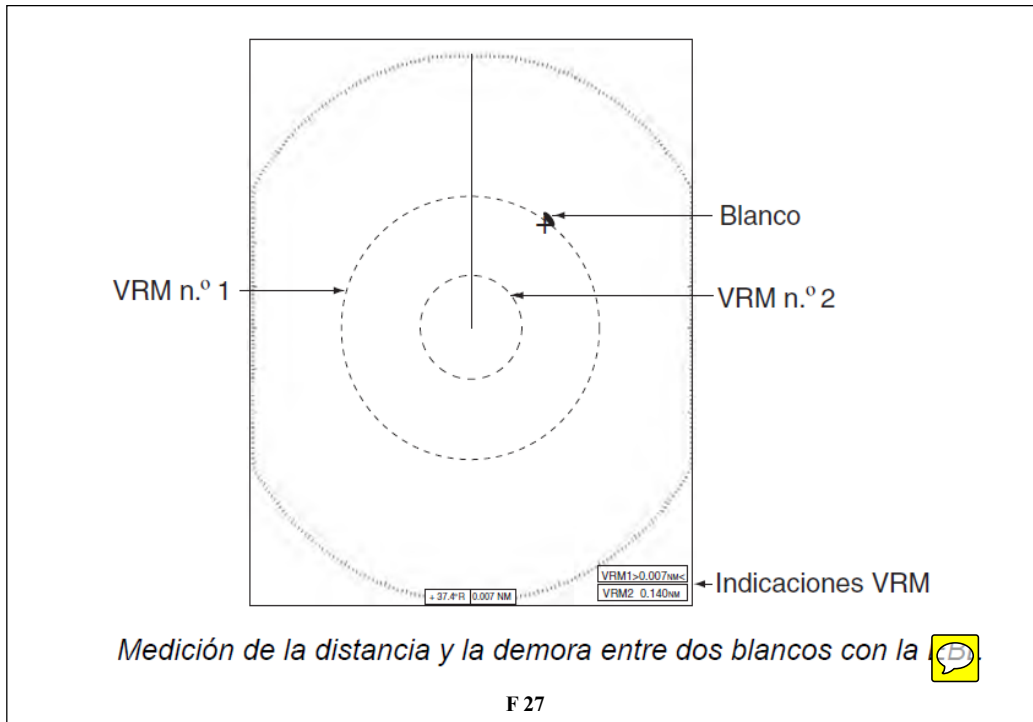
**ACQ.** Esta tecla activa y desactiva el modo manual de adquisición de blancos.

**VECTOR TIME.** Con esta tecla se selecciona la longitud vectorial.

En los equipos más modernos se suele reducir el número de teclas y se cambian por opciones de menús más intuitivos. Aunque está bastante estandarizado el significado de las funciones asignadas con objeto de poder utilizar el sistema de un fabricante u otro con un mínimo de aprendizaje aunque para ello hace falta al menos conocer un sistema lo más ampliamente posible.

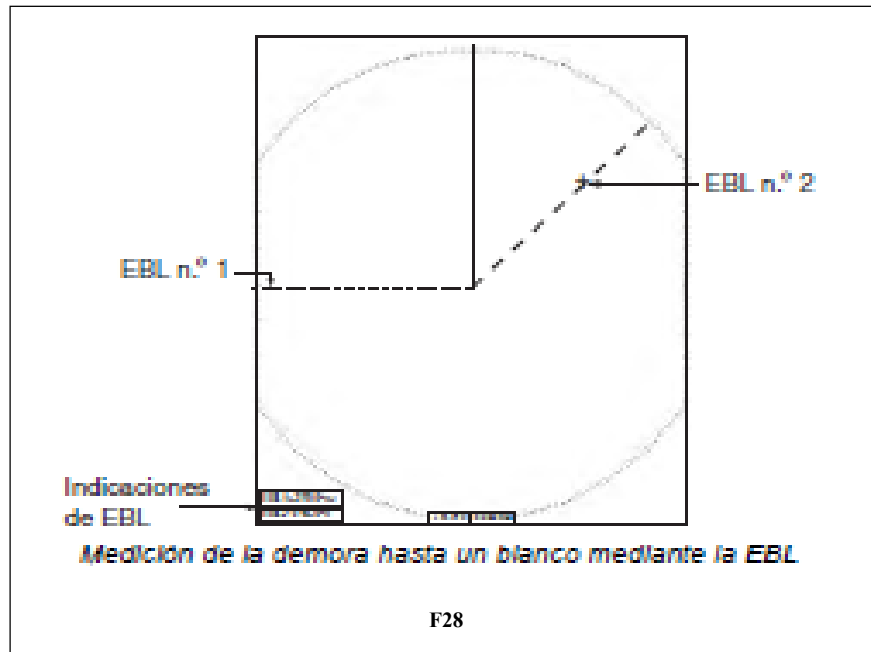
### 15.1.8 Medida de la DISTANCIA

La distancia a un blanco cualquiera (buque o costa) puede medirse con los anillos de distancia (estimación aproximada) que se activan con la tecla **RING** o con la marca de distancia variable pulsando la tecla **ON** asignada.



Los radares disponen como mínimo de un **VRM** en equipos del tipo SOLAS (B) en los equipos SOLAS (A) como mínimo se suelen disponer de 2 VRM o más. Con el mando giratorio MG llevamos la VRM hasta hacerla coincidir con el blanco deseado. Cada vez que se pulsa la tecla **ON (34)** aparece una VRM y se visualiza en la parte inferior derecha VRM 1 y VRM 2. Pulsando la tecla **OFF (33)** se borra la marca no enmarcada

### 15.1.9 Medida de la DEMORA



Para ver la EBL pulsar la tecla correspondiente, seguidamente girar el mando giratorio **MG** hasta hacer coincidir la EBL con el blanco deseado.

El número de **EBL** dependerá del tipo de radar mínimo **una EBL** para tipos **SOLAS (B)** y mínimo de **2 EBL** para tipos **SOLAS (A)**.

Si la giroscópica está conectada al radar se pueden alternar las demoras verdadera y relativa, en el modo Proa Arriba (Head Up), pulsando la tecla **TRUE/REL**.

Control description

Control	Description
<b>Control Unit RCU-014 (full keyboard)</b>	
POWER	Turns the system on and off.
EBL and VRM rotary controls	Adjust EBL and VRM, respectively.
EBL ON, EBL OFF	Turns the EBLs on and off, respectively.
F1-F4	Execute menu short cut assigned.
ALARM ACK	Silences audio alarm.
STBY TX	Toggles between stand-by and transmit.
BRILL	Adjusts display brilliance.
A/C RAIN	Suppresses rain clutter.
A/C SEA	Suppresses sea clutter.
GAIN	Adjusts sensitivity of the radar receiver.
HL OFF	Temporarily erases the heading line while pressed.
EBL OFFSET	Enables, disables the offset EBL. In menu operation, switches polarity from North to South and East to West and vice versa.
MODE	Selects a presentation mode.
OFF CENTER	Shifts own ship position.
CU/TM RESET	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Moves own ship position in 75% radius in stern direction.</li> <li>• Resets the heading line to 0° in course-up and true motion modes.</li> </ul>
INDEX LINE	Turns parallel Index (PI) lines on and off.
VECTOR TIME	Selects vector time (length).
VECTOR MODE	Selects vector mode, relative or true.
TARGET LIST	Displays data for all tracked targets (AIS and TT).
CANCEL TRAILS	Cancels all target trails. In menu operation it clears a line of data.
ENTER MARK	Enters marks; terminates keyboard input.
VRM ON, VRM OFF	Turns the VRMs on and off, respectively.
MENU	Opens and closes the MAIN menu; closes other menus.
ACQ	Acquires a target for TT after choosing it with the trackball.
RANGE	Selects radar range.
TARGET DATA	Display or erase target data for TT or AIS target chosen with trackball. For AIS, changes sleeping target to activated target.
TARGET CANCEL	TT: Cancel tracking on target. AIS: Sleep an activated target.
<b>Control Unit RCU-015 (palm control)</b>	
POWER	Turns the system on and off.
F1-F4	Execute menu short cut assigned.

F29 Mandos de control del radar Furuno serie far 2807.

## **16. Navegación con radar**

Dado que todos los buques no tienen instalados sistemas modernos con radar arpa, pero sí tienen instalado un sistema radar, debemos de tener en cuenta los siguiente:

- Para la navegación con radar además de tener los conocimientos necesarios de su funcionamiento y la correcta utilización de los filtros de ajuste para distintas condiciones sobre todo meteorológicas se debe de tener un conocimiento relativo a la cinemática dado que los cálculos necesarios para navegar con seguridad y aprovechar al máximo los datos aportados por el radar son la columna vertebral de esta disciplina.
- Es importante mantener y definir una zona de guardia correcta siempre en función de las posibilidades del radar, en concreto su alcance y su fiabilidad.
- Por el contrario la navegación con radar arpa nos permite obtener directamente en pantalla todos los cálculos que con el sistema anterior deberíamos realizar mediante la cinemática, basta con seleccionar los blancos que queremos vigilar y obtener sus datos en pantalla, estos datos irán variando de manera automática a lo largo del tiempo mientras tengamos seleccionado el blanco lo que nos facilita la tarea de la guardia y un mejor control de lo que ocurre a nuestro alrededor.
- No obstante el uso de esta tecnología no exime al marino de conocer y poder resolver con los datos aportados por el sistema y de manera tradicional las distintas situaciones que pueden plantearnos los blancos detectados por el sistema. Por otro lado el sistema puede trasladarnos datos erróneos por fallos de diversos tipos y por ello debemos de analizar y tener los conocimientos suficientes para poder determinar si es correcto o no lo que estamos observando en la pantalla.



- A parte de todo lo dicho siempre deberemos llevar un control visual de lo que nos rodea ya que aunque los sistemas de radar son una ayuda inestimable hoy en día en nuestros buques no es menos cierto que son eso:

**“UNA AYUDA A LA NAVEGACIÓN”**

## **17. Conclusiones**

El radar junto con la cinemática facilitó en los primeros tiempos un nivel de seguridad mayor en la navegación marítima. Hoy en día la tecnología ha asimilado el equipo radar y la disciplina de la cinemática gracias al microchip y a la informática permitiendo al marino tener en un mismo equipo las dos opciones: “El Radar ARPA”.

En el siglo actual quedan pocos buques que no tengan esta tecnología en el puente a excepción de las embarcaciones y buques de recreo y algunos mercantes antiguos.

Estos sistemas han aumentado la seguridad marítima a unos niveles muy altos pero también han traído consigo una serie de reflexiones que todos nos debemos hacer: Todavía siguen siendo sistemas dependientes del marino profesional. Tener una tecnología avanzada en el puente aunque pueda parecer sinónimo de seguridad, desde mi modesto punto de vista, no es del todo cierto.

El Reglamento para prevenir los abordajes en la mar destaca el equipo radar como una ayuda a la navegación y el convenio SOLAS aunque define las características de los equipos a bordo y la obligatoriedad de su uso en los buques mercantes y aun definiendo la necesidad y obligatoriedad de las inspecciones de los equipos de abordaje y de la preparación de los profesionales que deben hacer uso de los mismos, sigue sin garantizar que estos sistemas sean infalibles.

Por ello la necesidad de concienciar a los profesionales de la importancia de conocer como funcionan y el uso correcto de los mismos al objeto de evitar brechas en la seguridad marítima.

Al ser sistemas tecnológicamente avanzados, también su uso se hace más complejo por la cantidad de posibilidades que tienen aunque por otro lado los nuevos sistemas mediante menús de funciones intuitivos permiten una mayor facilidad en el aprendizaje de los mismos. Son las dos caras de la moneda: complejidad y fácil uso.

Hay que destacar sobre el apartado del ARPA en modo automático de adquisición y control de blancos las características relacionadas con el tiempo de respuesta en el cálculo de los parámetros arrojados por el sistema para cada blanco. En algunos casos

relacionados con embarcaciones menores y sobre todo con veleros puede haber errores en cuanto a los datos aportados por el sistema en lo relativo al rumbo, velocidad y la suposición relativa a una posible colisión cuando se encuentran cerca de nuestro buque.

Tampoco es conveniente controlar un volumen excesivo de blancos es mejor seleccionarlos en función de la distancia a la que se encuentran y comenzar con los que más problemas nos pueden causar a corto plazo al objeto de minimizar el riesgo y eso también sin perder de vista la guardia visual desde el puente en todo momento.

Cabe destacar que los sistemas de radar con mal tiempo y mala mar deben de ser ajustados correctamente mediante los filtros adecuados para la lluvia y la mar así como las posibles perturbaciones e interferencias de otros buques o de cualquier otro tipo.

Se debe tener en cuenta las limitaciones del propio sistema sobre todo a corta distancia y también sobre la inutilidad del sistema a grandes distancias ya que estas últimas no suponen un peligro para nuestra navegación de forma inmediata.

Por último destacar la necesidad de conocer los sistemas instalados en nuestro buque, su correcto funcionamiento para poder evaluar si la información que nos proporciona el sistema es correcta y una continua formación del personal relativo a estos sistemas ya que sin estas acciones ningún radar por muy sofisticado que sea nos garantizará la seguridad en la navegación.

## **17. Conclusions**

The radar provided with the kinematics in the early stages a higher level of safety in maritime navigation. Today technology has absorbed the radar equipment and discipline of kinematics thanks to the microchip and computer allowing the Navy to have the same team in the two options: "The Radar ARPA".

In this century there are few ships that do not have this technology on the bridge except for the vessels and recreational vessels and some old merchant.

These systems have increased maritime safety at very high levels but have also brought a series of reflections that we all must do: They are still dependent systems professional sailor. Being of advanced technology on the bridge while it may seem synonymous with safety, in my humble opinion, is not quite true.

The Regulations for Preventing Collisions at Sea highlights the radar equipment as an aid to navigation and SOLAS although defines the characteristics of the equipment on board and the obligation to use merchant ships and even defining the need and obligation to inspections of onboard equipment and the training of professionals who must use them, still fails to ensure that these systems are infallible.

Hence the need to raise awareness among professionals of the importance of knowing how they work and the correct use of them in order to avoid gaps in maritime safety.

Being technologically advanced systems also use becomes more complex because of the many possibilities but otherwise have new systems using intuitive menus functions allow greater ease in learning them. They are two sides of the coin: complexity and ease of use.

Of note on the section of ARPA automatic acquisition mode and white balance features related to the response time in the calculation of the parameters thrown by the system to each target. In some cases involving small boats and especially sailing there may be errors in the data provided by the system in relation to the course, speed and the assumption on a possible collision when they are close to our ship.

Nor should control an excessive amount of white is better to select depending on the distance you are and start with those that can cause us more problems in the short term in order to minimize risk and that too without losing sight of the guard visual from the bridge at all times.

Note that radar systems in bad weather and rough seas must be adjusted correctly using appropriate filters to rain and sea as well as possible disruption and interference from other vessels or otherwise.

Keep in mind the limitations of the system itself especially at close range and also about the futility of the system at large distances as the latter does not endanger our navigation immediately.

Finally note the need to know the systems installed in our ship, its proper functioning in order to assess whether the information you provide is correct the system and continuous staff training on these systems because without these actions no matter how sophisticated radar it is we ensure the safety of navigation.

## **18. Relación de figuras**

**F1** Onda electromagnética

Web <http://sensibilidadelectromagnetica.com/quesonloscem.html>

**F2** Comparación de ondas senoidales, elaboración propia.

**F3** Propagación de ondas en el agua. (7) FÍSICA GENERAL actualizada 2011

**F4** Onda senoidal, elaboración propia.

**F5** Modulación de frecuencia, elaboración propia.

**F6** Espectro de frecuencias.

<http://www.antialgasultrasonidos.com/espectrodefrecuencias.html>

**F7** Espectro de frecuencias radar.

<http://www.radartutorial.eu/07.waves/Ondas%20y%20Rangos%20de%20Frecuencia.es.html>

**F8** Distancia radar, elaboración propia.

**F9** Dirección radar, elaboración propia.

**F10** Esquema básico de un radar, elaboración propia.

**F11** Fuente de alimentación radar Furuno. Imagen web.

**F12** Sincronizador modulador en esquema básico de radar de pulsos.

<http://es.slideshare.net/nicolascuyamotta/radares-5>

**F13** Antena radar. Imagen web.

**F14** Pantalla simulador radar arpa. Imagen web.

**F15** Pantalla radar arpa. Imagen web.

**F16** Conexión entre radares tcp/ip. Catálogo Furuno serie FAR28x7.

**F17** Efecto Doppler. Introducción al radar, Constantino Pérez Vega, Universidad de Cantabria 2010.

**F18** Ejemplo de dos PRF. Elaboración propia.

**F19** Mínima distancia de detección, elaboración propia.

**F20** Haz de radar, lóbulo de radiación, elaboración propia.

**F21** Haz de radar, Anchura del haz, elaboración propia.

**F22** Dirección angular del haz de radar, elaboración propia.

**F23** Horizonte radar, refracción, elaboración propia.

**F24** Difracción ondas radar, elaboración propia.

**F25** Tipos de radar en función de su uso.

**F26** Radar Arpa Furuno FAR-2822x. Manual usuario Furuno FAR- 2822X.

**F27** Medida de distancia y demora radar con EBL. Manual usuario Furuno FAR-2822X.

**F28** Medida de la demora hasta un blanco con EBL. Manual usuario Furuno FAR-2822X.

**F29** Mandos de control del radar Furuno serie far 2807.

## 19. Definiciones, acrónimos y abreviaturas

Abreviaturas	Descripción
3-D	Three Dimensional
A/D	Analogue/Digital (conversion)
AC	Alternating Current
ARPA	Automatic Radar Plotting Aid
AUX	Auxiliary
BCPA	Bearing to Closest Point of Approach
COG	Course Over Ground
CPA	Closest Point of Approach
EBL	Electronic Bearing Line
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
ECS	Electronic Chart System
EMI	Electro Magnetic Interference
ENC	Electronic Navigational Chart
ETA	Estimated Time of Arrival
GANTS	Global Automatic Navigational and Track-keeping System
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System
GPS	Global Positioning System
HUP	Head-Up Pulse
HW	Hard ware
IS	Instructor Station
KNC	Kongsberg Norcontrol
KNCSI	Kongsberg Norcontrol Simulation
LAN	Local Area Network
Lat/Lon	latitude/longitude
MMI	Man-Machine Interface
NFU	Non Follow Up (control)
NUP	North-Up Pulse
OS	Own Ship



PC	Personal Computer
PPI	Plan Position Indicator
PRF	Pulse Repetition Frequency
RPM	Revolutions Per Minute
RS	Radar Simulator
RTS	Radar Tracking System
s, ms, us	second(s), millisecond(s), microsecond(s)
SART	Search And Rescue Transponder
SOG	Speed Over Ground
SW	Soft ware
TCPA	Time to Closest Point of Approach
UTC	Universal Time Co-ordinator
VIDEO	Radar echo
VRM	Variable Range Marker
WP	WayPoint
XTE	Cross Track Error

## **20. Bibliografía**

### **Legislación**

[1] Organización Marítima Internacional, CONVENIO SOLAS 1974, 5ª Edición Reino Unido: OMI, 2009, ISBN 978-92-801-0198-0

[2] UIT, Reglamento de Radiocomunicaciones Recomendaciones UIT-R incorporadas por referencia edición de 2012. Ginebra. Suiza. ISBN 978-92-61-14023-6

[3] UIT, RECOMENDACIÓN UIT-R M.1313-1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS RADARES DE RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA (1997-2000)

### **Manuales**

[4] NATIONAL IMAGERY AND MAPPING AGENCY, Pub 1310 RADAR NAVIGATION AND MANEUVERING BOARD MANUAL Seventh Edition 2001, Bethesda, Maryland.

[5] Terenzio Soldovieri, FÍSICA GENERAL 1ª Edición, actualizada 2011, República Bolivariana de Venezuela, [www.cmc.org.ve/tsweb](http://www.cmc.org.ve/tsweb).

[6] Furuno Electric Co, LTD. Manual Operator Radar Furuno model FAR 2807 series. Nishinomiya City, Japan, 2006.

### **Revistas**

[7] Apuntes sobre “El rayo de la Muerte”, de la revista TDA, marzo de 1990.

### **Páginas web**

[8] Jorge Parker Sanfuentes, HISTORIA DEL RADAR. 1996.  
[www.meteovallirana.es/mediapool/96/966160/data/historia\\_del\\_radar.parker.pdf](http://www.meteovallirana.es/mediapool/96/966160/data/historia_del_radar.parker.pdf)

[9] Ramón F. Mateo, Monografías radar, Republica Dominicana, 2001.  
[www.monografias.com/trabajos6/sirac/sirac.shtml](http://www.monografias.com/trabajos6/sirac/sirac.shtml)

### **Proyectos fin de carrera**

[10] Constantino Pérez Vega, Introducción al radar, Universidad de Cantabria, Julio 2010.