

# RADHAZ. PELIGROS ASOCIADOS A LAS RADIACIONES RADAR Y RADIO



UALQUIERA que haya leído u oído hablar de los RADHAZ (*Radar and Radio Radiation Hazards*), o peligros asociados a las radiaciones radar y radio, habrá pensado en si realmente está o no seguro en el ambiente que le rodea. Si además esa persona es un profesional de la Armada destinada a bordo de alguna de las unidades a flote, esa preocupación estará, por motivos obvios, más presente en sus pensamientos. Si bien es cierto que los buques se diseñan para evitar los riesgos en lo posible, no hay que olvidar que su objetivo principal como plataforma portadora de armas le llevará a tener que asumíroslos, y los mejores aliados para minimizarlos serán la observación de las señales de peligro y el conocimiento de los elementos que nos rodean.

Desde hace décadas la OTAN está normalizando esos peligros, así como la forma de evaluarlos y evitarlos. Actualmente están en proceso de ratificación y/o implementación diversos acuerdos y publicaciones relacionados con esta materia, entre los que merece destacar el AECF-2 y el STANAG 2345. El primero de ellos contempla una colección de procedimientos a usar en las operaciones navales para llevarlas a cabo de una forma segura bajo el punto de vista RADHAZ. El último normaliza las exposiciones a radiaciones radar y radio a las que puede ser sometido el cuerpo humano.

El propósito de este primer artículo es presentar de una manera muy elemental, accesible a cualquiera de los profesionales embarcados a bordo de nuestras unidades, la forma en la que se puede calcular la distancia de seguridad a una antena radiante de acuerdo con la filosofía OTAN en vigor, y usando únicamente las características del transmisor y su antena asociada.

## Los parámetros

Los parámetros que se usan en el cálculo de la distancia de seguridad a una antena radiante son:

- El PEL o nivel de exposición permisible.
- La potencia media de salida del equipo.
- La ganancia de la antena.
- El factor de servicio.

El primero de ellos viene fijado en el STANAG 2345, mientras que los otros tres son inherentes al equipo transmisor y a la antena a la que esté acoplado.

### *El PEL*

El PEL o nivel de exposición permisible refleja el límite de exposición a las radiaciones radar y radio que puede aguantar el cuerpo humano, sin riesgo para la salud, y en términos de densidad de potencia. Esto realmente supone una excesiva simplificación de la teoría del PEL descrita en el STANAG, y que quizá sea conveniente ampliar. En cualquier caso, la ampliación que sigue a continuación no deja de ser un breve resumen de esa publicación. Para una mayor precisión en la obtención del PEL deberá acudir a ella.

Los riesgos más importantes contemplados en el diseño del PEL son el *shock* eléctrico, las quemaduras y los efectos térmicos. Los dos primeros pueden producirse al tocar antenas o estructuras conductoras expuestas campos de radiofrecuencia, extremo que debe ser siempre evitado. La disposición de las antenas en el buque hace que el riesgo, para la dotación del buque estudiado, se reduzca a unas pocas antenas ubicadas fuera de los palos. El último es el riesgo de sufrir efectos térmicos. La energía de radiofrecuencia es

directamente absorbida por los tejidos expuestos, aumentando con ello su temperatura. El mecanismo por el que se produce es similar al de las quemaduras por radiaciones solares. La diferencia en la gravedad de los efectos dependerá de las características de la radiación recibida, del tiempo de exposición, de las características de la persona..., y la forma más efectiva de conseguir la protección contra estos efectos es restringiendo el acceso a las antenas y manteniendo una *mínima distancia de seguridad* (SD) a ellas.

Se toma como estándar de una exposición prolongada cualquiera igual o superior a seis minutos (excepto para frecuencias superiores a 15 GHz). El valor de PEL aceptado es de la tabla 1. Este valor está basado en la relación de energía que



*Príncipe de Asturias.* (Foto: C. Mesías Losada).

Margen de frecuencias en MHz	Densidad de potencia en W/m <sup>2</sup>
0.003 - 0.1	10 <sup>3</sup>
0.1 - 3	10 <sup>3</sup>
3 - 30	9.000 / f <sup>2</sup>
30 - 100	10
100 - 300	10
300 - 3.000	f / 30
3.000 - 15.000	100
15.000 - 300.000	100

absorben los tejidos referidas al total de la masa expuesta o *ratio de absorción específica* (SAR). El máximo SAR observado empíricamente sobre animales ha sido 4 W/Kg, y para el cálculo del PEL se ha empleado un factor de seguridad de 10, es decir, se ha usado un SAR de 0,4 W/Kg. Esto equivale a decir que este SAR es inferior a la décima parte del umbral alcanzado jamás sobre animales en laboratorio. Las exposiciones superiores al PEL no tienen por qué ser dañinas, sin embargo, no son deseables y deben prevenirse siempre que sea posible.

Cuando la densidad de energía es superior al PEL, el tiempo de exposición permisible disminuirá, a partir de seis minutos, en la misma proporción en que la energía aumenta. Es decir, para una densidad de energía de 120 W/m<sup>2</sup> el tiempo máximo de exposición permisible será:  $(100/120) \cdot 6 = 5$  minutos.

### *La potencia media de salida del equipo*

Normalmente este dato se extraerá del manual del equipo o podrá calcularse a partir de otro dato relacionado con él. Si se conociesen las pérdidas en el acoplamiento y en la línea de transmisión, podrían usarse para hacer un cálculo más preciso, pero normalmente serán desconocidas y se usará directamente el dato ofrecido por el manual. Esta simplificación supondrá de hecho un cálculo más conservador de la distancia de seguridad. Por ejemplo para:

Potencia media de transmisión .....  $P_t = 1.000 \text{ W}$   
 Pérdidas en el acoplamiento .....  $P_{ac} = 3 \text{ dB} = 10^{3/10} = 2$   
 Pérdidas en la línea .....  $P_l = 4 \text{ dB} = 10^{4/10} = 2,51$

Si se tienen en cuenta las pérdidas, la potencia transmitida sería:

$$\frac{1.000}{2 \times 2,51} = 199,2 \text{ W}$$

### La ganancia de la antena

La *ganancia de la antena* (G) será también un parámetro a extraer del manual; normalmente vendrá dado en decibelios (dB). La única precaución que habrá que tomar en relación a este dato al calcular la distancia de seguridad (SD) será el convertirla a unidades lineales mediante la operación:  $G = 10^{\frac{G(\text{dB})}{10}}$ ; así, una ganancia de 15 dB corresponderá en unidades lineales a una ganancia de  $10^{1,5} = 31,62$ .

### El factor de servicio

Si la antena a la que estamos calculando la *distancia de seguridad* está girando, habrá que tener en cuenta su *factor de servicio* (DC). Este dato vendrá dado por el manual, bien directamente, bien indirectamente a través de la velocidad de giro de la antena y del ancho del lóbulo que transmite. En este último caso, el *factor de servicio* (DC) vendrá dado por la relación  $DC = \frac{\text{Ancho del lóbulo}}{\text{Velocidad de rotación}}$ ; así, para un ancho de lóbulo de 2° y una velocidad de rotación de 10 vueltas por minuto tendremos que:

$$\text{Velocidad de rotación} = \frac{10 \text{ vueltas} \times 360^\circ}{60 \text{ segundos}} = 60 \frac{\text{grados}}{\text{segundo}}, \text{ de donde } DC = \frac{2}{60} = 0,0333.$$

Para una antena fija su *factor de servicio* (DC) es 1.

### Cálculo de la distancia de seguridad

Una vez obtenidos todos los factores que intervienen en el cálculo, la obtención de la *distancia de seguridad* será inmediata y vendrá dada por la ecuación:

$$SD = \sqrt{\frac{P_t \times G \times DC}{4\pi \times PEL}}$$

Algunos ejemplos ayudarán a entender el cálculo: un radar de iluminación de tiro transmite con las siguientes características:

$$\text{Frecuencia} = f = 10 \text{ GHz} = 10.000 \text{ MHz} > PEL = 100 \text{ W/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Ganancia} = G &= 40 \text{ dB} = 10^4 = 10.000 \\ \text{Potencia media transmitida} &= P_t = 5 \text{ kW} = 5.000 \text{ W} \end{aligned}$$

Se desconocen las pérdidas del sistema. En este caso habrá que adoptar la postura más conservadora, es decir, se supondrán nulas. La *distancia de seguridad* (SD) será:

$$SD = \sqrt{\frac{5.000 \times 10.000 \times 1}{4\pi \times 100}} = 199,5 \text{ metros.}$$

Una antena de comunicaciones HF tipo látigo está emitiendo a 30 MHz, con 1.000 watios. Se desconocen las pérdidas en el acoplamiento y en la línea de transmisión, y se sabe que su ganancia son 3 dB.

$$\begin{aligned} \text{Para } 15 \text{ MHz} &> \text{PEL} = 10 \text{ W/m}^2 \\ G = 3 \text{ dB} &= 10^{0,3} = 2 \\ DC &= 1. \end{aligned}$$

Potencia media transmitida =  $p_t = 1.000 \text{ W}$ . La *distancia de seguridad* (SD) será:

$$SD = \sqrt{\frac{1000 \times 2 \times 1}{4\pi \times 10}} = 4 \text{ metros}$$

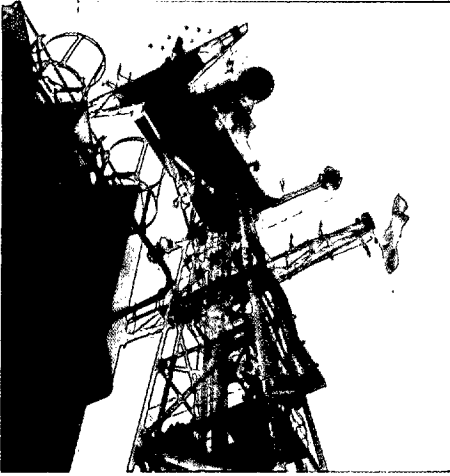
Un radar de exploración emite con las siguientes características:

$$\begin{aligned} \text{Frecuencia} = f &= 3,5 \text{ GHz} = 3.500 \text{ MHz} > \text{PEL} = 100 \text{ W/m}^2 \\ \text{Ganancia} = G &= 36 \text{ dB} = 10^{3,6} = 3.981,1 \\ \text{Potencia media transmitida} &= P_t = 1,5 \text{ kW} = 1.500 \text{ W} \\ \text{Ancho del lóbulos} &= 1,2^\circ \\ \text{Pérdidas en la guía de ondas} &= 3 \text{ dB} = 10^{0,3} = 2 \\ \text{Velocidad de giro de la antena} &= 45 \text{ vueltas/min.} = \frac{45 \text{ vueltas} \times 360^\circ}{60 \text{ segundos}} = 270 \frac{\text{grados}}{\text{segundos}} \\ \text{Factor de servicio} = DC &= 1,2 / 270 = 0,00444 \end{aligned}$$

$$SD = \sqrt{\frac{1.500 \times 3.981,1 \times 0,0444}{4\pi \times 100 \times 2}} = 3,25 \text{ metros}$$

Todos estos ejemplos muestran cómo calcular la distancia de seguridad a las antenas del buque. Los sistemas incluirán distintos tipos de técnicas y dispositivos de seguridad para evitar que las sobreexposiciones se produzcan, como son ubicaciones para las antenas inaccesibles al personal, sectores muertos de transmisión, interruptores de corte..., que deberán ser complementados con la observación de las preceptivas medidas de seguridad.

Una llamada de atención merecen las antenas isotrópicas (que emiten por igual en todas las direcciones) ubicadas fuera de los palos, como son las antenas de látigo. En el ejemplo mostrado se usó una potencia y una frecuencia deliberadamente altas, para remarcar que el peligro puede existir, ya que la



(Foto: J. L. Cerezo Gutiérrez).

distancia de seguridad obtenida fue de cuatro metros. La realidad demuestra que rara vez se emite en esas condiciones. Para unas características de emisión más normales, como pueden ser 100 vatios y 3 MHz, la distancia de seguridad sería 40 cm. Sin embargo, los parámetros de la emisión sólo serán conocidos por el personal de guardia en el CECOM (centro de comunicaciones) del buque, y el personal en las cubiertas no deberá exponerse sin necesidad. Como regla general se deberá evitar la permanencia en las inmediaciones de las antenas y, cuando sea necesario pasar junto a ellas, se evitará tocarlas

y tocar las estructuras conductoras de sus inmediaciones y, ante la duda, evitar exposiciones innecesarias.

José María ROMERO MORALES

