

PROPAGACION DE LAS ONDAS ELECTROMAGNETICAS EN VHF

ONDAS ELECTROMAGNETICAS

Las ondas electromagnéticas poseen una componente eléctrica y una componente magnética. Se clasifican según la frecuencia de oscilación. En orden creciente de frecuencia se dividen en: ondas de radio, rayos infrarrojos, luz visible, rayos ultravioletas y rayos X. A medida que se incrementa la frecuencia, disminuye la longitud de onda. Esta última se obtiene a partir del cociente entre la velocidad de propagación y la frecuencia. La velocidad de propagación es una constante para todas las frecuencias, y en el vacío su valor es de 300.000.000 m/s (la velocidad de la luz).

$$\text{Longitud de onda } \lambda = \frac{\text{Velocidad de propagación}}{\text{Frecuencia}}$$

Longitud de onda expresada en metros
Velocidad de propagación expresada en metros/segundo
Frecuencia expresada en Hertz

Frecuencia	Denominación	Longitud de onda
3 - 30 Khz	VL F Frecuencia muy baja	100.000 - 10.000 m
30 - 300 Khz	LF Frecuencia baja	10.000 - 1.000 m
300 - 3000 Khz	MF Frecuencia media	1.000 - 100 m
3 - 30 Mhz	HF Frecuencia alta	100 - 10 m
30 - 300 Mhz	VHF Frecuencia muy alta	10 - 1 m
300 - 3000 Mhz	UHF Frecuencia ultraelevada	1 m - 10 cm
3 - 30 Ghz	SHF Frecuencia superelevada	10 cm - 1 cm
30 - 300 Ghz	EHF Frecuencia extremadamente alta	1 cm - 1 mm

En condiciones normales y en el ámbito de una atmósfera uniforme, las ondas de radio se desplazan en líneas rectas. Teniendo en cuenta la forma esférica de nuestro planeta, la comunicación con un punto situado más allá del horizonte será posible en ciertas condiciones y solamente en determinadas frecuencias. Para comunicaciones seguras a grandes distancias entre puntos situados sobre la superficie terrestre se utilizan las frecuencias de HF, ya que estas ondas son reflejadas en la alta atmósfera y regresan a la tierra a miles de kilómetros. Las frecuencias de VHF, UHF y SHF no se reflejan en la atmósfera (salvo algunas excepciones) y por lo tanto están limitadas al alcance visual de los puntos a comunicar.

Las ondas de radio permiten la comunicación más allá del horizonte gracias a fenómenos de *refracción*, *reflexión*, *dispersión* y *difracción*. Este tipo de ondas pueden viajar a través del vacío a la velocidad de la luz y aproximadamente a un 95% de esta velocidad en otro medio (por ejemplo un cable), y a través de la atmósfera terrestre, la reducción de la velocidad es generalmente insignificante.

Refracción

Las ondas electromagnéticas pueden sufrir una desviación en su trayectoria cuando atraviesan las diferentes capas de la atmósfera con cierto ángulo, debido a las densidades diferentes en cada una de estas capas. Normalmente se aprecia un fenómeno similar al introducir un lápiz

en un vaso con agua, el cual aparenta estar doblado. La desviación de la trayectoria es proporcional al índice de refractividad, que es el cociente entre la velocidad de propagación en el vacío y la velocidad de propagación en el medio atravesado.

$$\text{Índice de refractividad} = \frac{\text{Velocidad de propagación en vacío}}{\text{Velocidad de propagación en medio}}$$

Las ondas de radio atraviesan las diversas capas de la atmósfera, desde la troposfera hasta la ionosfera y si los índices de refractividad de cada una de estas capas son muy diferentes, se produce una reflexión total, siendo las frecuencias de VHF y superiores las más propensas a esta desviación de trayectoria.

Reflexión

Las reflexiones se producen en objetos grandes, tanto móviles como estacionarios, cuyo tamaño debe ser de varias longitudes de onda a la frecuencia de trabajo y de superficies planas. Para frecuencias de VHF o superiores se pueden comportar como reflectores las capas ionizadas de la alta atmósfera, los límites entre las masas de aire de diferente temperatura y humedad de la baja atmósfera y también las grandes acumulaciones de agua. Otros reflectores lo constituyen los aviones, los edificios, las montañas y la superficie del planeta. Las reflexiones en la atmósfera permiten las comunicaciones más allá del horizonte óptico sobre la superficie de la tierra. Tanto el receptor como el transmisor deben apuntar hacia las superficies reflectantes y la superficie común no necesariamente debe estar ubicada a mitad de camino entre ambos puntos.

Dispersión

Las ondas de radio sufren el efecto de la dispersión cuando atraviesan alguna masa de electrones o pequeñas gotas de agua en áreas suficientemente grandes, y de esta manera se refractan. Este fenómeno es similar al observado en la radiación de luz intentando penetrar en la niebla. Generalmente la refracción se producirá solamente a determinados ángulos.

Difracción

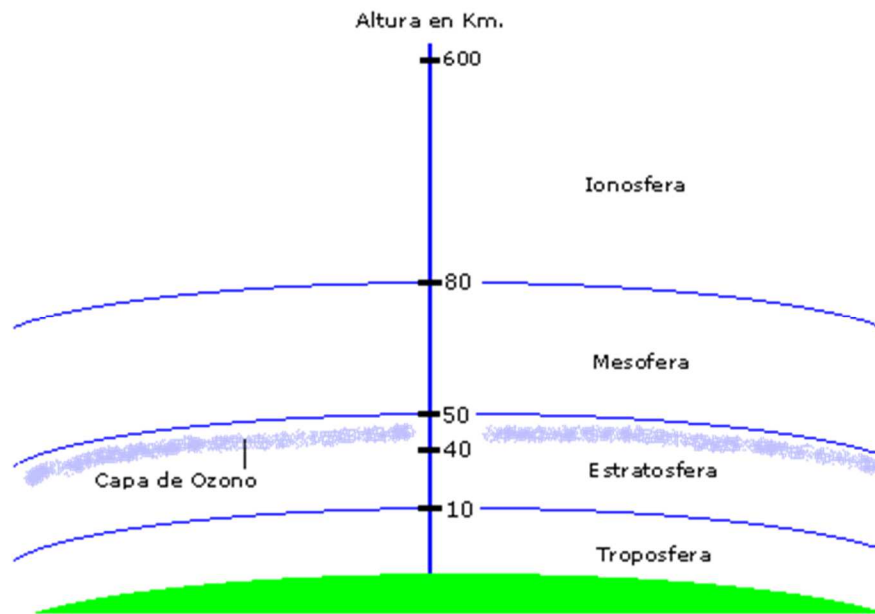
Cuando existe un obstáculo en el camino de las ondas electromagnéticas, la difracción (el esparcimiento de las ondas en los límites de la superficie) permite que un pequeño porcentaje de las ondas lleguen del otro lado de la obstrucción. Este fenómeno generalmente permite la recepción en zonas de "sombra de señal" detrás de montañas o grandes edificaciones.

Propagación de ondas electromagnéticas en la atmósfera

Todas las ondas de radio se propagan por el aire o por el espacio. Cuando lo hacen a través del aire, la atmósfera produce efectos sobre las ondas que la atraviesan. La capa de aire que rodea nuestro planeta está compuesta de nitrógeno y oxígeno en grandes proporciones, junto a otros gases en cantidades mucho más pequeñas, incluidos fragmentos de elementos que llegan del espacio exterior. La composición se mantiene constante hasta una altitud de 100km, pero la densidad disminuye notablemente y luego, en la alta atmósfera, solamente se encuentra nitrógeno y helio. La radiación del Sol actúa en toda la atmósfera. En áreas cercanas a la superficie, influye con su calor en los fenómenos meteorológicos. En la

alta atmosfera transforma los gases mediante la radiación ultravioleta y los rayos X.

La atmósfera se encuentra dividida en grandes regiones muy diferentes: la *tropósfera*, la *estratósfera*, la *mesósfera* y la *ionósfera*.



Troposfera

Se encuentra entre la superficie de la tierra y una altura promedio de 10km. En esta región se producen los fenómenos meteorológicos, ya que es aquí donde se encuentran las nubes, tormentas, vientos, frentes de diferente presión, temperaturas variables, etc. Esta capa es la responsable de la mayoría de las condiciones de propagación en VHF según las condiciones del clima.

Estratosfera

Se encuentra sobre la troposfera, entre los 10 y los 50km sobre la superficie terrestre; de baja densidad, no tiene ninguna influencia sobre las comunicaciones. Tiene gran poder de absorción de la radiación ultravioleta del sol, en la que el ozono juega un papel muy importante, impidiendo que los rayos ultravioletas alcancen la superficie de la tierra. En esta capa, la temperatura aumenta con la altitud, llegando al máximo en la capa de ozono, debido a la máxima absorción de la luz solar.

Mesosfera

Esta capa de la atmosfera se encuentra ubicada entre los 50 y los 80km de altura. En su parte inferior contiene una pequeña cantidad de ozono y, por lo tanto, calentamiento máximo debido al contacto directo con la porción superior de la estratosfera. A mayor altura disminuye la temperatura. En la porción superior comienza la ionización de la capa D perteneciente a la ionosfera.

Ionosfera o Termosfera

Sobre la Mesosfera y hasta una altura de 600km se encuentra la ionosfera. Esta región de la atmósfera se ioniza, al recibir la radiación ultravioleta y los rayos X del Sol, y se liberan electrones de las moléculas de nitrógeno y de oxígeno (que pueden permanecer muchas horas

en ese estado y en grandes áreas). Si estos electrones reciben excitación de radiofrecuencia, están en condiciones de irradiarla nuevamente hacia áreas adyacentes, incluida la tierra, o simplemente la disipan.

Es muy importante para las comunicaciones en HF, ya que las señales que llegan a esta región son refractadas hacia la tierra, a miles de kilómetros del lugar de origen. En condiciones normales, la ionosfera no produce ningún efecto sobre las señales de VHF, que la atraviesan y se pierden en el espacio exterior.

Los electrones libres se agrupan en diferentes capas dentro de la ionosfera:

La capa D: entre los 80 y los 90km de altura, aparece de día, durante todo el año y absorbe señales de las bandas inferiores de HF cuanto más radiación ultravioleta recibe, aunque permite el paso de frecuencias superiores a los 14MHz sin dificultad. Al anochecer desaparece abruptamente y permite que las señales de HF en frecuencias menores a los 5MHz la atraviesen libremente.

La capa E: sobre la capa D y hasta los 110km de altitud, su densidad de ionización depende de la luz solar, de noche es esporádica y permeable. Durante el día es más densa, pero mucho menos absorbente que la capa D.

La capa F: de características puramente reflectivas, se encuentra entre los 110 y los 400km de altitud, se divide en dos, la capa F1 y la capa F2. La capa F1 (entre los 110km y los 250km) presente solamente durante el día (ausente en invierno) y la capa F2 (entre los 250km hasta los 550km aproximadamente) presente en mayor cantidad durante la noche.

El Sol

La densidad de la ionosfera depende de la cantidad de radiación solar recibida, que no es constante. La radiación emitida por el Sol es variable con respecto a la rotación del Sol sobre su eje y también de un período de 11 años de actividad. Estas variaciones son manifestadas por la cantidad de las *manchas solares* observadas desde hace varios siglos. El promedio de las manchas alcanza picos máximos cada once años. Hasta el momento el máximo promedio de manchas en un ciclo fue de 200. También se puede expresar la intensidad de la actividad como *flujo solar*, expresado en una escala de 60 a 300. El mínimo de manchas corresponde a una medida de 60 en la escala de flujo solar y el máximo de manchas corresponde a una medición de 300 del flujo solar.

Las manchas solares consisten en disturbios magnéticos en la superficie de la estrella seguidos de altísimas emisiones de ondas electromagnéticas. Estas emisiones abarcan un amplio rango de frecuencias, desde frecuencias de HF hasta los rayos X, manifestándose inclusive como alto ruido en la banda de VHF. Estas emisiones se incrementan durante los picos máximos del ciclo de 11 años. De esta manera llegan emisiones ultravioletas a la ionosfera, la que se ioniza intensamente, aumentando la frecuencia máxima utilizable en la capa F2 y posibilitando comunicaciones de mayor distancia en HF e inclusive favorecer las comunicaciones en las bandas inferiores de VHF. Las predicciones de las condiciones de propagación toman en cuenta el flujo solar y las manchas solares en conjunto con otras variables.

Las comunicaciones en frecuencias de HF

La característica distintiva de las ondas de radio de MF y HF (de 0,3 a 3MHz y de 3 a 30MHz respectivamente) es la capacidad de comunicar a distancias de miles de kilómetros. Una vez alcanzado el horizonte óptico, las señales se refractan en la ionosfera y alcanzan nuevamente la superficie a distancias considerables. La distancia de salto depende de la frecuencia y de las propiedades de la ionosfera, que inclusive durante

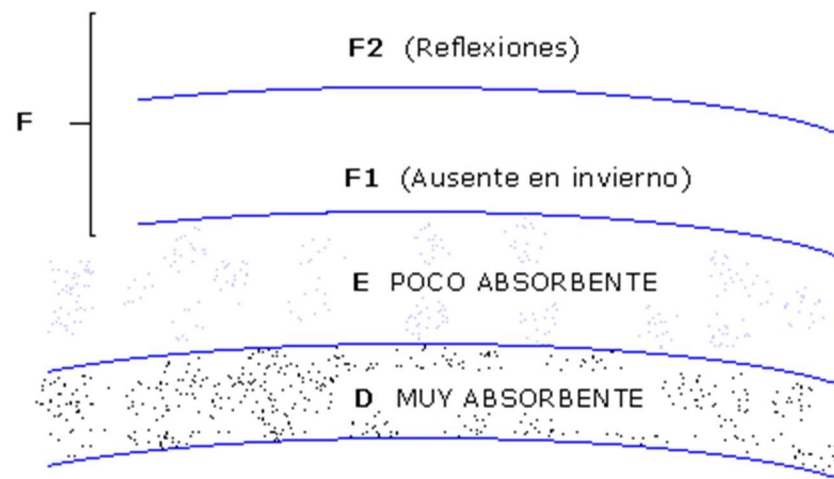
la noche, posee características muy favorables. En cambio, las señales de VHF (de 30 a 300MHz) y superiores, alcanzan el horizonte óptico y se pierden en el espacio.

Se denomina FMU a la Frecuencia Máxima Utilizable que se refleja en la *alta atmósfera* para regresar a la superficie a muchos kilómetros del origen, depende de la actividad solar y las manchas solares que alteran la ionosfera en forma súbita y breve, o por lapsos de tiempos prolongados. La FMU es variable día a día y según la irradiación solar, siendo de 10MHz como mínimo y de 65MHz o más con máxima actividad solar. Una de las características de la actividad solar es que logra aumentar la FMU aunque puede disminuir en forma repentina.

La ionosfera durante el día

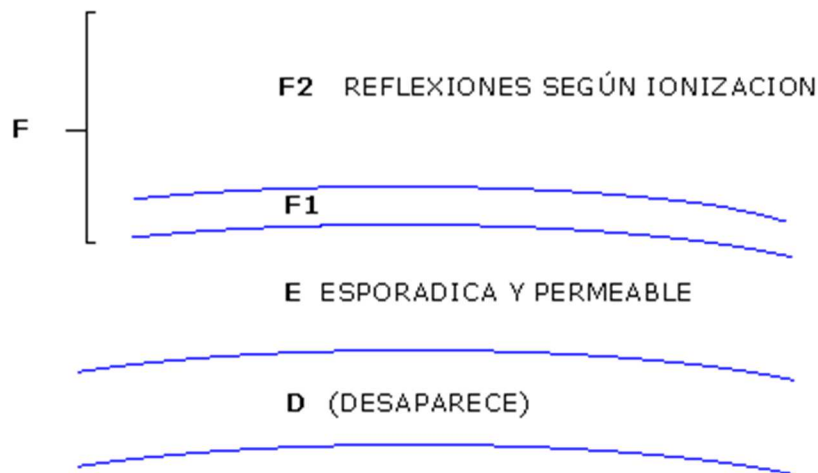
Con radiación ultravioleta máxima, la capa F se separa en dos, la capa F1 por debajo y la capa F2 por arriba. La capa D, que es máxima al mediodía, absorbe totalmente las señales entre 1 y 10MHz emitidas desde la tierra, de manera que éstas no llegan a la capa F para ser reflejadas. Debido a estos comportamientos, durante las horas del día, las comunicaciones en las bandas de 1,8MHz y de 3,5MHz se limitan notablemente a algunos cientos de kilómetros.

Las señales superiores a los 20MHz atraviesan todas las capas, incluida la F1 y pueden llegar a la capa F2, que mediante reflexión retornan a la tierra. Durante el invierno, al mediodía, la capa F1 desaparece y de esta manera la capa F2 refleja señales de frecuencias más elevadas.



La ionosfera durante la noche

Sin radiación solar, las capas F1 y F2 se juntan y forman una sola, la capa F, entre 300 y 400km sobre la superficie de la tierra, débilmente ionizada, refleja las señales de hasta 10MHz aproximadamente, mientras que el resto de las señales se pierden en el espacio exterior. Durante períodos de máxima actividad solar, con ionización nocturna intensa, las señales superiores a los 14MHz e incluso las de 50MHz se pueden reflejar en esta capa. La distancia a cubrir en un solo salto es de como mínimo 4000km y se logran distancias mayores mediante saltos múltiples.



Las comunicaciones en frecuencias de VHF

Dentro de las frecuencias de VHF existen tres bandas para uso de radioaficionados, que son las siguientes:

Banda de 6 metros: de 50 a 54MHz

Banda de 2 metros: de 144 a 148MHz

Banda de 1,25 metros: de 220 a 225MHz

La característica distintiva de las ondas de radio de VHF, UHF y SHF (a partir de los 30MHz) es su corto alcance sobre la superficie terrestre. Se limita a decenas de kilómetros para comunicaciones directas punto a punto entre estaciones terrenas. Cuando atraviesan la atmosfera no se reflejan en las diferentes capas, las atraviesan totalmente y se pierden en el espacio exterior. El límite es el horizonte óptico. La televisión y la radio en frecuencia modulada se transmiten en VHF, con alcance local solamente. Para comunicaciones a miles de kilómetros se utilizan satélites artificiales que reflejan la señal que llega en una línea recta y retorna hacia la superficie. En ciertas condiciones se pueden aprovechar las características de refracción de la atmósfera y se logran distancias considerables durante períodos variables de tiempo, que incluso pueden permanecer durante días. La capa de la atmosfera que tiene mayor influencia sobre las frecuencias de VHF y superiores es la troposfera, gobernada por los cambios de clima. Las condiciones de propagación de VHF, al igual que los cambios climáticos, se pueden predecir con relativa exactitud.

Refracción troposférica

Se localiza en la TROPOSFERA, y permite que las ondas de radio experimenten una relativa curvatura hacia la tierra, superando el horizonte óptico. Existen dos tipos de refracciones:

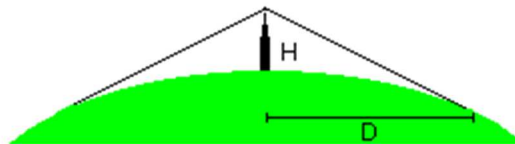
Refracción de superficie: también conocida como *propagación por onda de superficie*. Las señales de VHF se desplazan en línea recta en todas direcciones, incluso hacia el espacio exterior, donde se

pierden. Para comunicaciones terrenas, el alcance teórico se limita al horizonte óptico, debido a la curvatura del planeta. La superficie de la tierra absorbe parte de las señales y se logra un alcance aproximadamente un 30% mayor que el alcance óptico. Una estimación del radio de alcance de la señal se puede obtener con la siguiente formula:

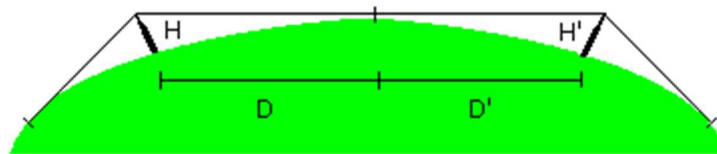
$$D = 4,124 \sqrt{H}$$

D=Distancia al horizonte (kilometros)
H=altura antena (metros)

Por ejemplo, para una estación "A" que posee su antena a una altura H de 20 metros (la configuración que habitualmente se utiliza en una torre con dipolos de HF) el radio de alcance D será de 18km. Otra estación "B" que posee una altura de H' 12 metros, tendrá un radio de alcance D' de 14,2km.



La separación física máxima que puede existir entre estas dos estaciones será la suma del radio de alcance de cada una. En el ejemplo es de 18km + 14,2km = 32,2km. De esta manera el radio de alcance de una estación se encuentra dentro de los límites del radio alcance de la otra. Estas distancias se cumplen en condiciones normales de la atmosfera y es la distancia en que la comunicación será 100% confiable, aunque en ciertas condiciones de refracción y utilizando potencias elevadas las distancias serán de cientos de kilometros.



Superrefracción: una vez superado el horizonte óptico, las señales de VHF se pierden en el espacio, y en otros casos, no tan frecuentes, pueden describir una curva descendiente mientras se desplazan. La distancia cubierta por la señal es de aproximadamente 1200km y la atenuación es prácticamente escasa. La prolongación del camino en cientos de kilómetros por refracción en la troposfera se produce cuando las señales son dobladas en su trayectoria y vuelven a la superficie de la tierra. En frecuencias de VHF sucede gracias a diferencias en el índice de refracción de la troposfera, generado por las variaciones climáticas propias de esta región. La distancia máxima a cubrir en estas circunstancias, habitualmente de cientos de kilómetros, depende de la altura de la región atmosférica común a ambas estaciones de radio. El índice de

refracción es variable con respecto a los cambios de clima, que son propios de la baja atmosfera. La potencia en los equipos toma carácter secundario, siendo la altura de antena la condición necesaria para lograr distancia.

Refracciones normales permiten extender el radio horizonte $1/3$ más, y condiciones favorables no tan frecuentes permiten un alcance mayor, de cientos de kilómetros, sin pérdida en la intensidad de la señal. Esta situación, siempre está presente en mayor o menor grado y a veces se la desconoce, y es la que se aprovecha permanentemente en VHF gracias a las condiciones variables de humedad.

Cuando el índice de refracción aumenta, las ondas de radio incidentes se doblan y llegan nuevamente a la tierra, si el área refractaria abarca un área extensa, mayor será la distancia a comunicar, que puede llegar a los 1500km.

La causa de esta situación es la diferencia de temperatura del aire con la altura y una caída abrupta de humedad, fenómeno conocido como inversión de temperatura. Las siguientes condiciones habituales del clima pueden crear importantes inversiones de temperatura.

Radiación del calor de la tierra

Después de la puesta del sol, la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno se enfría, llevando hacia arriba el aire caliente. Este último permanece arriba, creando la inversión de temperatura (capas de este aire caliente sobre capas de aire frío). El enfriamiento continúa durante la noche y hasta antes del amanecer creando una inversión hasta una altura de 500m. Esta situación se ve favorecida por las noches de verano calmas y desfavorecida por el viento y las nubes.

Frentes de alta presión

Estos frentes aplastan el aire, lo comprimen y elevan su temperatura. Capas de este aire caliente sobre las capas de aire frío se forman entre los 500 y los 3000 metros. Se intensifica durante la noche y a la mañana temprano, cuando la temperatura de la superficie se enfría y se mantiene. Es notable el efecto que producen las capas alternadas de aire caliente y frío, permitiendo refracción a lo largo de grandes áreas.

Frentes de aire caliente y de aire frío

Otra causa que provoca algunas mejoras en la refracción, son las inversiones de temperatura por frentes de aire caliente y frentes de aire frío.

Los primeros aparecen a la cabeza de una masa de aire caliente en movimiento sobre un área de aire frío y estable. Este tipo de inversión se mantendrá estable a lo largo de cientos de kilómetros por delante de este frente.

El segundo, con inversiones inestables, aparece a la cabeza de masas de aire frío buscando lugar bajo aire caliente estacionario. La mejor refracción se produce paralelamente y detrás del aire frío pasajero.

Otras causas de inversiones de temperatura

Los vientos calientes y secos pueden calentar el aire frío de grandes llanuras, y crear una importante inversión, especialmente en primavera. Si la llanura está cubierta de nieve, la inversión será mucho mayor.

En las costas existe una leve corriente de aire frío, estable, que sube 50km sobre el mar después del atardecer en noches de verano. Por las propiedades moleculares del agua, esta permanece caliente aun de noche, con la costa fría, y este aire frío que sopla permite elevar ese aire caliente que permanecía sobre el mar. De esta manera se produce la favorable inversión de temperatura con el aire caliente arriba, proveniente del agua, y la brisa fría por debajo. De esta manera se mejoran notablemente las refracciones a lo largo de áreas cercanas a ríos y mares.

Desvanecimiento troposférico

Turbulencias en la baja atmosfera y pequeñas variaciones en el clima generan el desvanecimiento de las señales de VHF.

Condiciones locales (lluvias, aire caliente ascendente de las ciudades, humedad caliente ascendente de los ríos o lagos), desestabilizan el camino de la onda y por lo tanto afectan la propagación.

Los aviones en movimiento generan una agitación sonora debido al reflejo de las señales. Estas llegan por un camino alternativo en diferente fase, cambiando constantemente con la trayectoria del avión.

Dispersión

Dispersión por capa esporádica E

En esta capa se forman nubes de alta densidad iónica, son esporádicas, hasta el momento no se pueden predecir, su intensidad es variable y permiten condiciones extraordinarias de propagación en las bandas de HF y VHF. En frecuencias superiores a los 30MHz se pueden cubrir distancias comprendidas entre los 900km y los 2200km, y por doble salto de 4000km. Por saltos múltiples, poco habituales, se alcanzan distancias mayores a los 10000km en 50MHz y mayores a 3000km en 144MHz.

La mayor posibilidad se presenta siempre durante la mañana y al atardecer, en primavera y verano, aunque pueden aparecer en forma repentina en cualquier momento.

Las señales son fuertes y la mayoría de las estaciones las pueden utilizar. En bandas de 50MHz con antenas simples y pocos watts se pueden cubrir distancias sorprendentes. Las nubes esporádicas pueden elevar la frecuencia mínima utilizable en forma muy repentina, de manera que, si disminuye la distancia a cubrir en 50MHz, al cabo de unos minutos se incrementará la distancia a cubrir en 144MHz. Una indicación de esto se produce cuando la distancia cubierta de 2200km en 50MHz disminuye a 700km, es aquí cuando la distancia de 2200km se podrá cubrir en 144MHz.

Este tipo de propagación, investigada actualmente, no tiene relación con los ciclos solares.

Dispersión ionosférica

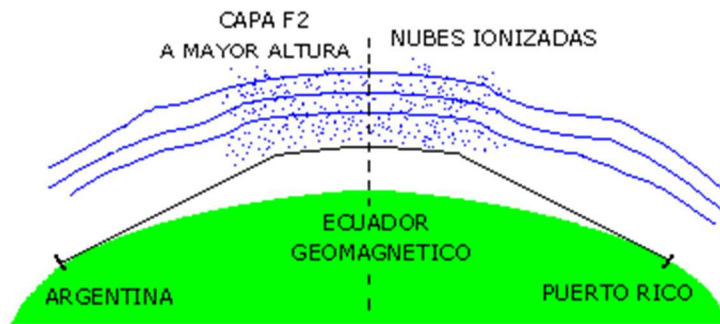
Tiene lugar en la IONOSFERA, y según la densidad iónica, las señales incidentes se dispersan o refractan, siempre en todas direcciones, inclusive hacia la superficie de la tierra. La intensidad de las señales se debilita por el rebote en las capas de esta alta atmósfera, por lo que requiere transmisores de alta potencia y buenos receptores. Existen dos tipos de dispersiones ionosféricas, dispersión corta y dispersión larga: en la primera, la señal no llega a rebotar en la capa F ya que se refleja en la zona de dispersión y vuelve a la tierra, no es muy útil ya que retorna deformada y debilitada. La segunda, rebota en la capa F y luego se refleja hacia la tierra en la zona de dispersión, otorgando una señal débil pero no deformada (para este tipo de dispersión la frecuencia máxima difícilmente supera los 100MHz).

Dispersión transecuatorial

También conocida como TE, en este tipo de dispersión, el campo magnético terrestre altera las capas superiores de la ionosfera durante los máximos del ciclo solar y de esta manera aumenta el grado de ionización. Se produce un abultamiento en la capa F2 en grandes áreas situadas sobre el ecuador geomagnético, permitiendo la comunicación entre dos puntos situados simétricamente a 15° del ecuador geomagnético (la línea del ecuador geomagnético no coincide con el ecuador geográfico a lo largo de todos los meridianos).

Este fenómeno permite cubrir distancias de 5000 a 8000km por doble refracción entre el hemisferio norte y el hemisferio sur, y se registran numerosos contactos entre Argentina y latitudes del Caribe en las bandas de 50MHz y 144MHz. Durante la primavera, a fines del verano, y en otoño, en las primeras horas luego del atardecer es posible comunicar por este tipo de propagación de larga distancia, en el que las señales se encuentran levemente distorsionadas, pero perfectamente entendibles. Este tipo de dispersión no requiere elevada potencia o antenas de considerable ganancia.

Verano a verano se registran contactos desde Argentina con estaciones de Brasil, Puerto Rico y Venezuela en la porción inferior de 144MHz en banda lateral, inclusive con antenas de 7 elementos polarizadas en forma horizontal y una potencia promedio de 10 watts. También se registran esporádicos contactos en diciembre y enero en las frecuencias de encuentro en FM, incluidos algunos ingresos a repetidoras de la Provincia de Buenos Aires y Córdoba de estaciones de Venezuela.



Reflexión por auroras

Las auroras boreales (hemisferio norte) y las auroras australes (hemisferio sur) se generan durante el choque de iones (de las radiaciones solares en su período más alto) con los átomos de gas de la atmósfera superior. Los iones son atraídos hacia los polos por las líneas de fuerza del campo magnético de la tierra y producen el efecto luminoso en latitudes cercanas a los polos, reflejando las señales de VHF y UHF situadas en la zona visible de este fenómeno.

Generalmente ocurren un par de años antes y también después del máximo solar, y se aprecian en otoño y primavera. Las estaciones a contactar deben apuntar antenas hacia el centro de la aurora, es decir hacia el sur en el caso de las australes y realizar un recorrido de este a oeste y luego en el sentido inverso. Las estaciones equipadas con 25 watts y pequeñas antenas direccionales resultan más que suficientes para estos contactos. Se han logrado comunicados de aproximadamente 2000km, pero solamente en telegrafía en 144MHz, ya que las señales de fonía se deforman demasiado. Este fenómeno genera un efecto inverso en HF, ya que absorbe casi por completo algunas señales y su recepción se distorsiona durante horas.

Ionización por meteoritos

Durante su órbita, el planeta tierra atraviesa otras órbitas de cuerpos de variados tamaños, que se encuentran en el espacio exterior. Estos cuerpos, al ingresar a la atmósfera, se desintegran totalmente, salvo los de mayor tamaño (que se convierten en meteoritos y llegan a la superficie terrestre). Al desintegrarse, en la capa E dejan una estela ionizada. Estos cuerpos están asociados a cometas que tienen órbitas predecibles y se identifican con el nombre de las constelaciones donde suelen aparecer (es simplemente un efecto óptico). Para que se logren los contactos por este tipo de propagación, las lluvias deben ser muy intensas, en 50MHz la duración es de apenas treinta segundos y a medida que se aumenta en frecuencia el tiempo útil disminuye, siendo de algunos segundos en 144MHz. Se requieren antenas direccionales largas y potencias de 100 watts para el éxito, como

así también establecer la frecuencia previamente y realizar llamados cortos.
Las distancias cubiertas varían entre los 700 y los 2200km.

Comunicaciones más allá de la tierra

Dentro de esta categoría se incluyen las comunicaciones que como medio de propagación utilizan la reflexión en la Luna o en satélites artificiales en órbita alrededor de la tierra. Las señales tienen que atravesar por completo la atmósfera para luego volver a tierra. Las características de la ionosfera que absorben o favorecen las comunicaciones entre estaciones terrenas, pueden presentar dificultades para utilizar frecuencias de HF para la propagación extraterrestre, motivo por el que predominan el uso de VHF y UHF en estas comunicaciones. Las débiles señales que retornan a la tierra sufren de varios efectos que las debilitan nuevamente, los efectos Faraday y Doppler, incluidas las pérdidas por el recorrido en el espacio.

Reflexión en la Luna

Más conocido como TLT (Tierra Luna Tierra), esta modalidad utiliza al satélite natural de la tierra como reflector de señales. Se utilizan frecuencias superiores a 50MHz, siendo predominante el uso de los 144MHz. La Luna presenta un tamaño angular muy pequeño, además de estar en constante movimiento, que obliga a antenas con motores de seguimiento. Inclusive absorbe las señales de manera que se requieren potencias muy elevadas para retornar a tierra, y solamente es posible en telegrafía, debido a la forma de esfera de la Luna, que no devuelve al mismo tiempo las señales que inciden sobre la superficie. A estos inconvenientes se agregan otros tres: el efecto Faraday, el efecto Doppler y el ruido cósmico. El primero produce un cambio en la polarización de la señal cuando retorna a la tierra, con debilitamiento importante de la señal; y el segundo produce un desplazamiento de la frecuencia original debido a los movimientos de la Tierra y la Luna en el espacio. El ruido cósmico es mayor a medida que aumenta la frecuencia, es generado por estrellas y galaxias que emiten señales en el rango de VHF y UHF. Las estaciones para este tipo de comunicados deben estar equipadas con elevadas potencias, actualmente se realizan contactos con potencias del orden de los 500 watt, largas antenas con una ganancia superior a los 18dB con rotores de seguimiento, además de preamplificadores de recepción. Esta modalidad permite, siempre que la Luna se encuentre visible y con horarios preestablecidos, comunicados intercontinentales.

Autor: Hernán Javier Silva (LW8DIE)