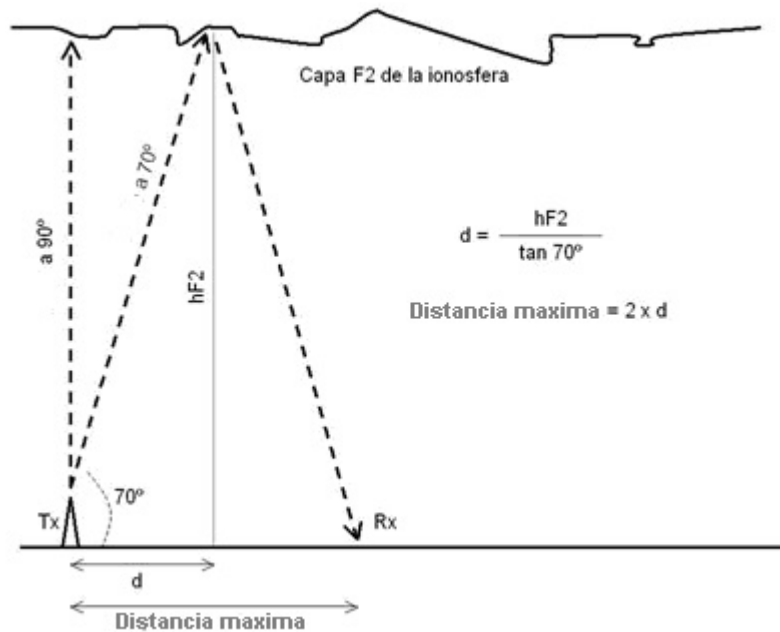


Comunicacions d'emergència

Comunicacions NVIS en banda de HF

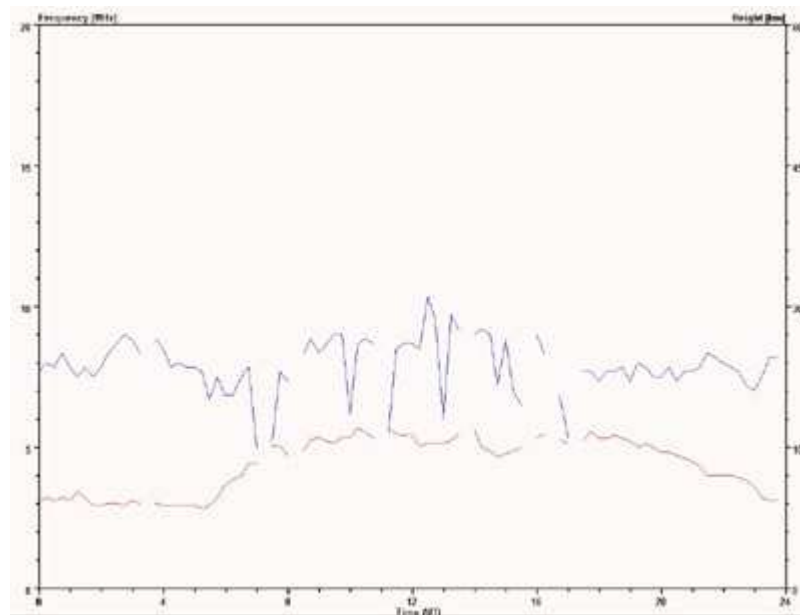
El fonament de la propagació NVIS es basa en la utilització d'antenes que tinguin un angle de sortida molt elevat, del ordre de 70° a 90°, es a dir, perpendicular o quasi perpendicular al pla de terra. Al transmetre en HF amb una antena d'aquestes característiques i sempre que la freqüència seleccionada sigui la adequada, la ona radioelèctrica incidirà en la ionosfera quasi verticalment i rebotarà de tornada cap a la terra amb un angle de reflexió molt petit, permetent cobrir la zona d'ombra que tenen els sistemes de HF per a DX i els de VHF/UHF.

Per veure-ho gràficament amb un exemple, suposem que utilitzem una antena NVIS amb un lòbul principal de radiació compres entre els 70° i els 90° de elevació sobre el pla de terra. Veure figura 1.



La antena NVIS radia en tota la regió compresa entre 70° i 90° de elevació. Per tant, amb la primera reflexió ionosfèrica, que es produeix en la capa F2 de la ionosfera, es cobrirà tota la zona compresa entre la estació transmissora i una distància màxima que podem determinar amb un senzill càlcul trigonomètric.

Coneixem l'angle de elevació del feix que proporciona la distància màxima, que es de 70°. Tenim com incògnita la distància "d", que es just la meitat de la distància màxima. Para fer el càlcul necessitem una segona dada, que es la altitud a la que es produeix la reflexió en la capa F2. Aquesta altitud, anomenada hF2, es calcula contínuament per estacions de sondeig ionosfèric (ionosondes) ubicades per tot el planeta i varia principalment amb la hora del dia i la estació de l'any. En la figura 2 veiem les dades recollides per l'Observatori del Ebre a Roquetes (Tarragona), durant el dia 27 de setembre de 2008.



Per a fer-nos una idea de la distància, agafarem els dos valors extrems de hF2 durant aquesta jornada, a uns 150 km d'altitud de nit i 310 km de altitud de dia. Durant la nit, les capes F1 i F2 de la ionosfera es fusionen en una única capa F, que també permet comunicacions NVIS.

Per tant aquests valors a las fórmules mostrades en la figura 1, tindriem distàncies màximes compreses entre els 110 km i els 225 km. Depenent de la època, la hF2 pot arribar a alçades de fins els 400 km, el que ens donaria distàncies de fins 300 km amb aquesta elevació del diagrama de radiació de la nostra antena.

Si el diagrama de radiació de la nostra antena NVIS es mes ample i baix, per exemple, fins uns 60° de elevació, la distancia coberta seria encara mes gran.

Es a dir, el nostre sistema NVIS ens permet establir comunicacions en HF en un radi de fins **300 km** a tot el vol de la estació transmissora, o inclús superior, **sense zones d'ombra**.

Habitualment, aquest tipus de comunicacions s'estableixen amb un únic salt i els nivells de potencia requerits son mínims, i casi sempre suficient una potencia de 20W o inclús menor.

Selecció de la freqüència de treball

La freqüència de treball es essencial per a garantir una correcta operació en NVIS. Com a norma general, deurem **seleccionar una freqüència un 10% inferior a la freqüència crítica de la capa F2 de la ionosfera (foF2) en un moment donat.**

Es important no confondre la **foF2** amb la **MUF**. La foF2 es la màxima freqüència que una ona radioelèctrica que incideix perpendicularment en la ionosfera pot tenir per que se produeixi reflexió. En la MUF es consideren angles de incidència en la ionosfera no perpendiculars, el que en la pràctica significa que existirà una MUF diferent per a cada distancia de radioenllaç.

El nostre objectiu serà, per tant, comptar amb prediccions de la foF2 o, millor encara, amb mesures en temps real de la foF2 realitzades per una **ionosonda** propera a la estació transmissora i a una hora també propera. No oblidem que la foF2 varia significativament amb la hora del dia i que també es diferent depenent de la ubicació del transmissor.

Per aconseguir aquesta dada, podem accedir a la pàgina web de Internet del Centre de Investigació Atmosfèrica de la Universitat de Mass Lowell (Massachusetts, EE.UU.), a on es registren les mesures de la foF2 (entre altres paràmetres) realitzades per ionosondas repartides per tot el mon:

<http://ulcar.uml.edu/stationmap.html>

Per el cas particular de Catalunya, disposem d'una ionosonda ubicada al Observatori del Ebre (Roquetes, Tarragona). <http://www.obsebre.es/ca/ionogrames-revisats>

Les estacions dotades amb ionosondes ofereixen unes gràfiques denominades **ionogrames**, com el que es mostra en la figura 3.

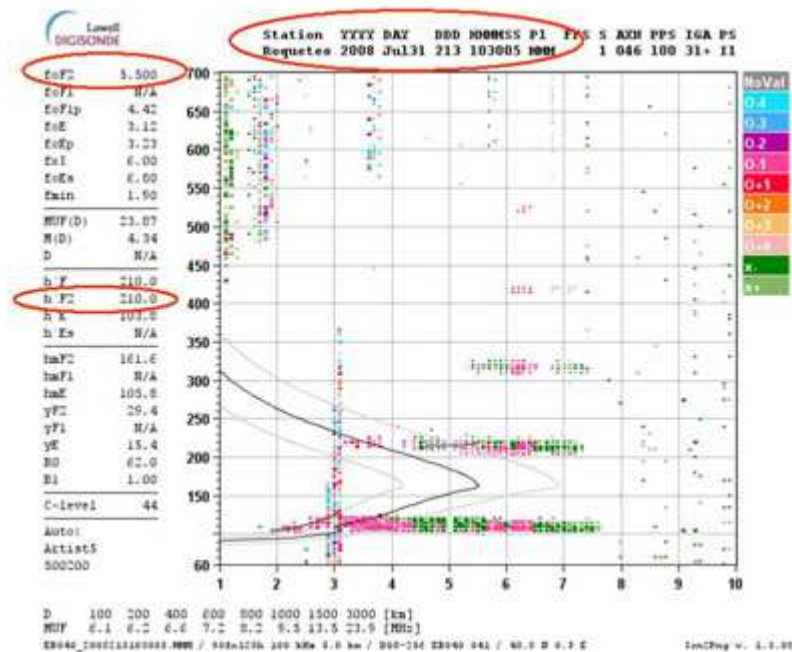


Fig.3. Extracció de la freqüència crítica foF2 d'un ionograma.

En la part superior del ionograma podem comprovar la hora de la medició, en aquest cas “2008 Jul31 213 103005”, es a dir, el 31 de juliol de 2008 a les 10:30 UTC.

En la part superior esquerra observem el valor de la foF2, que en aquest cas es de 5,500 MHz. Si volem realitzar una predicció de la distancia mitjançant les fórmules de la figura 1, també podem extreure el valor de h'pF2, que en aquest cas es de 210 km.

Aplicant la regla del 10%, si la foF2 es de 5,500 MHz la nostra freqüència de treball NVIS òptima seríem de 4,950 MHz.

Un cop realitzat el càlcul, podem trobar-nos amb el problema de que no tinguem autorització a transmetre en la freqüència de treball NVIS, com pot ser el cas del servei de radioaficionats, o inclús que aquesta freqüència estigui ocupada o tingui un nivell alt de soroll o interferències. En aquests casos, seleccionarem una freqüència de la primera banda autoritzada immediatament per sota de la freqüència que hem calculat. En cap cas podrem transmetre per sobre de la foF2, ja que no es produiria reflexió ionosfèrica.

Antenes NVIS

Antenes estació base

Apart de seleccionar una freqüència de treball adequada, l'altre punt crític es disposar d'una antena amb capacitats NVIS, es a dir, que radií principalment en la regió compresa entre uns 70° i els 90° de elevació sobre el pla de terra.

Una opció es adquirir una antena desenvolupada expressament per a NVIS, però hi ha que tindre en compte que la majoria dels fabricants d'aquest tipus d'antenes destinen els productes a usos militars.

Un altre opció es aprofitar algunes de las antenes que utilitzem normalment en les comunicacions de HF per a DX.

Existeixen multitud de dissenys d'antenes per treballar en NVIS. Ens centrarem en la antena NVIS para estació base o per operacions de camp mes senzilla: el dipol de fil horitzontal (figura 4). El mateix que s'utilitza per DX. Com veurem, la clau esta en la alçada a la que devem instal·lar el dipol respecte al pla de terra.

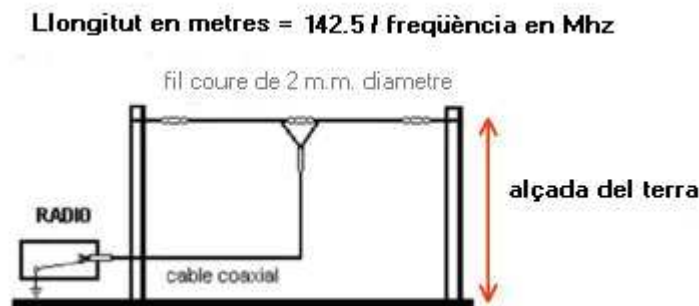


Fig.4.Dipolo de fil horitzontal.

El diagrama de radiació d'un dipol de fil horitzontal es completament diferent en funció de la distància a la que s'instal·li del pla de terra, el que es pot comprovar fàcilment amb programes informàtics de simulació com NTIA/ITS HF Ant.

En el cas hipotètic i teòric de que l'instal·lem a una alçada de terra d'una longitud de ona (o sigui a 43 metres si el dipol es per 7 MHz), el diagrama de radiació en elevació seria com el de la figura 5, presentant dos lòbuls de radiació principals amb angles de sortida baixos.

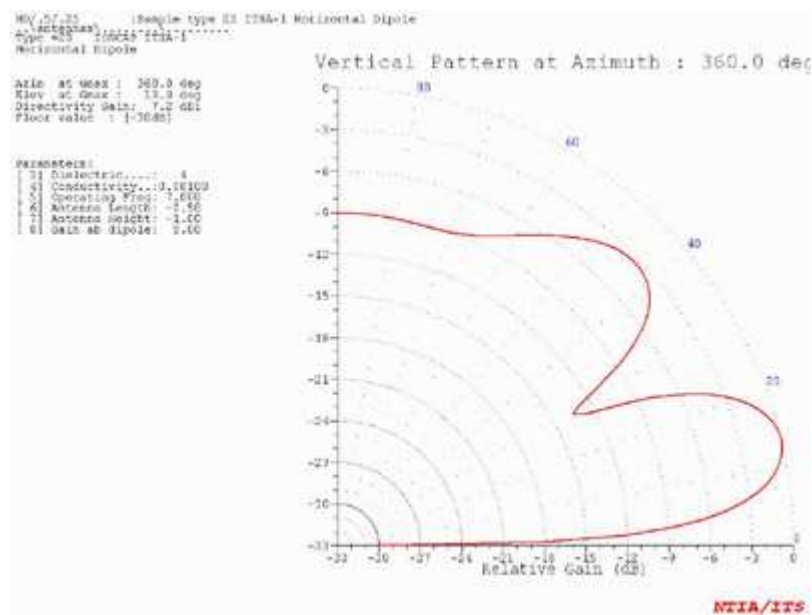


Fig.5. Dipol horitzontal ubicat a una longitud d'ona del terra.

Si abaixem el dipol a una alçada del terra mes assequible per la seva instal·lació, per exemple a un quart de la longitud d'ona de treball (10 metres si el dipol es per 7 MHz), el diagrama de radiació en elevació presenta un lòbul únic amb un màxim ubicat a 49°, com es mostra en la figura 6. La radiació perpendicular al pla de terra també es bona, per el que aquesta instal·lació ja serviria per a NVIS.

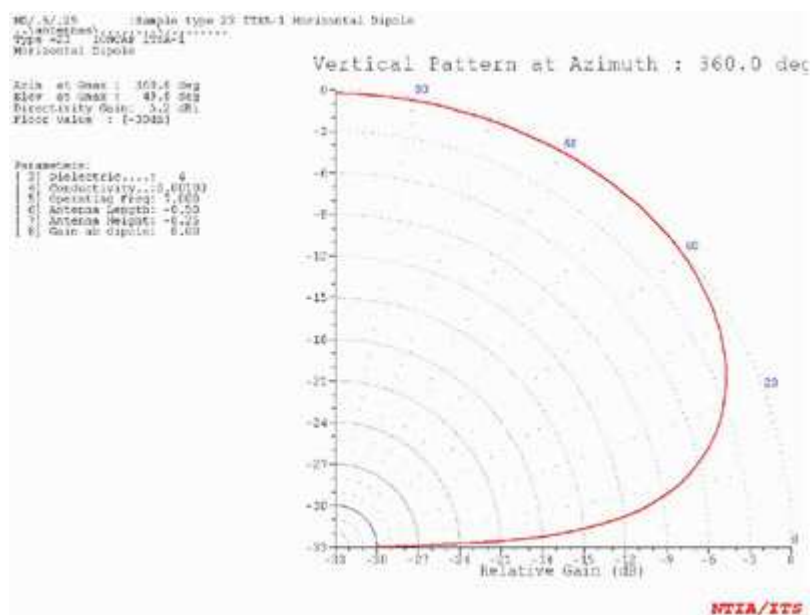


Fig.6. Dipol horitzontal ubicat a un quart de longitud d'ona del terra.

Si continuem fent probes posant el dipol cada cop mes baix, comprovarem que el diagrama de radiació cada cop es va elevat mes, arribant a un punt, a una distancia exacte d'**un dècim de la longitud d'ona de treball** (4 metres si el dipol es per 7 MHz), en el que el màxim de radiació es produeix a 90°, de forma completament perpendicular al terra, com es mostra en la figura 7.

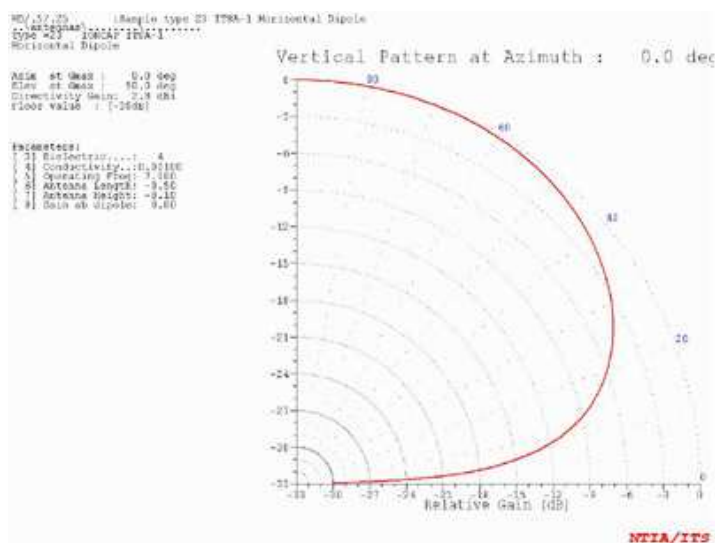


Fig.7. Dipol horitzontal ubicat a un dècim de longitud d'ona del terra.

Si considerem l'ample de banda a -3 dB, el nostre dipol estarà radiant principalment entre 30° i 90° de elevació, el que ho fa òptim per a comunicacions NVIS.

Si seguim baixant el dipol, l'efecte es que el diagrama de radiació es faria cada cop mes alt i mes estret, perdent efectivitat en la direcció perpendicular al pla de terra. També es produirien pèrdues addicionals com conseqüència de la proximitat a aquest pla. Una possible solució es instal·lar un segon fil conductor proper al pla de terra, a mode de reflector i a una distancia correcta del conductor principal.

Evidentment, la conductivitat del terreny també afectarà a la nostra antena. Alguns autors citen que la millor distancia a la que col·locar el dipol oscil·la entre 0,15 i 0,25 cops la longitud d'ona de treball.

En el disseny de qualsevol antena NVIS deurem tenir en compte que, a mes de radiar el mes verticalment possible, tenim que evitar lòbuls de radiació secundaris de escassa elevació, ja que si existissin es generaria una ona de terra de suficient intensitat com per interferir a la ona NVIS reflectada en distancies properes al transmissor.

Antenes mòbils

Per a el cas de comunicacions mòbils, es a dir, amb els equips de HF instal·lats en vehicles, tenim dues opcions.

La opció mes ràpida es utilitzar una antena vertical estandar i abatre-la de forma que quedi paral·lela al pla de terra. Serà difícil aconseguir la distancia adequada a aquest pla, però una aproximació ens pot proporcionar diagrames de radiació suficients per el treball en NVIS.

Un altre opció es disposar d'una antena NVIS de propòsit específic. Una de les antenes mes utilitzades per a aquests efectes es la antena de mig bucle (half-loop), que pot instal·lar-se en el sostre d'un vehicle. En la figura 8 es mostra un esquema d'aquest tipus d'antenes, elaborat amb el programa MMANA-GAL.

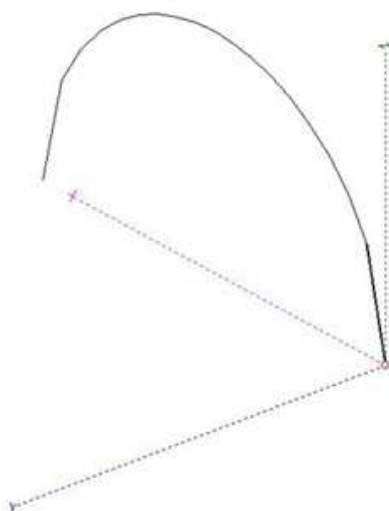


Fig.8. Antena NVIS de mig bucle.

Aquestes antenes s'alimenten des de el transceptor per un extrem i tenen la peculiaritat de que l'extrem oposat te d'estar connectat a terra. D'aquesta forma, virtualment es crea un aro de comportament principalment magnètic. L'arc del bucle sol ser d'uns 1,5 metres de radi.

El gran avantatge respecte a altres tipus d'antenes NVIS es que la de mig bucle presenta un diagrama de radiació omnidireccional, com es mostra en la figura 9, el que la converteix en òptima per a comunicacions en moviment.

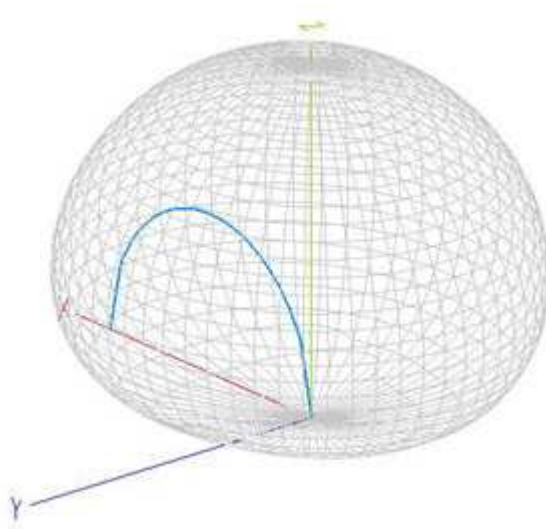


Fig.9. Diagrama de radiació d'una antena NVIS de mig bucle.

Una altre de els seus grans avantatges es el seu comportament magnètic, similar al de les antenes d'aro complet, proporcionant un factor Q elevat que minimitza el soroll i les interferències.

No obstant, aquest tipus d'antenes presenten dos problemes principals: per un costat, el diagrama de radiació deixa de ser como el mostrat en la figura quan instal·lem la antena en el sostre d'un vehicle, distorsionant-ne principalment cap al darrera, i per altre banda comença a presentar una impedància capacitiva molt alta que pot arribar a ser difícil de acoblar en algunes freqüències. A mes, la eficiència de radiació es baixa i la antena sol presentar pèrdues.

Conclusions

Les comunicacions NVIS permeten establir enllaços en les bandes de HF amb distàncies de fins 300 km sense zones d'ombra, cobrint el forat existent entre la distància màxima dels sistemes de VHF/UHF i la zona d'ombra del primer salt en les comunicacions DX de HF. Aquest fet les fa idònies per operar en situacions d'emergència, sent el seu us molt extensiu tant en aquests entorns como en els militars.

Per a operar en NVIS deurem tenir en compte dues premisses fonamentals. Per un costat, la selecció d'una antena adequada que presenti un diagrama de radiació amb elevació suficient, com pot ser el caso d'un dipol horitzontal instal·lat a una alçada sobre el terra del ordre d'un dècim de la longitud d'ona de treball. Per altre costat, la selecció d'una freqüència de treball adequada, sempre per sota de la freqüència de tall de la capa F2 de la ionosfera (f_oF2) i de forma òptima en torn al 10% per sota de la mateixa.

Distàncies de l'antena al pla de terra, segons freqüència.
(alçada d'antena)

Mhz	Long. Ona (mts)	1/10 de Long. Ona (mts) ALÇADA ANTENA
1	300,00	30,00
2	150,00	15,00
3	100,00	10,00
4	75,00	7,50
5	60,00	6,00
6	50,00	5,00
7	42,86	4,29
8	37,50	3,75
9	33,33	3,33
10	30,00	3,00
11	27,27	2,73
12	25,00	2,50
13	23,08	2,31
14	21,43	2,14
15	20,00	2,00
16	18,75	1,88
17	17,65	1,76
18	16,67	1,67
19	15,79	1,58
20	15,00	1,50
21	14,29	1,43
22	13,64	1,36
23	13,04	1,30
24	12,50	1,25
25	12,00	1,20
26	11,54	1,15
27	11,11	1,11
28	10,71	1,07
29	10,34	1,03
30	10,00	1,00

Lluís Mas
Eng. Tec. Telecomunicacions
DAS