

Mitologia radioelèctrica: paraulotes de les antenes (guany, eficàcia, eficiència...)

Possiblement la qüestió més reiterada en tota la història de la radioafició sigui quina és la millor antena. Des de principis del segle XX fins ara, generacions d'aficionats han emprès la recerca del Sant Graal de l'antena perfecta... per acabar descobrint que no existeix!

Al final, com en totes les decisions d'enginyeria, no hi ha una única resposta sinó moltes. Depèn de la finalitat a la qual la destinem (local, dx, escolta...), de l'espai del qual puguem disposar i de l'esforç que estiguem disposats a invertir en la seva construcció, ja sigui en temps, materials o diners. Per tant la pregunta passa a ser: quina és la millor antena per a la meua activitat concreta a la ràdio, que puc instal·lar en l'espai de casa i amb el pressupost que tinc disponible? Anem a pams. Mirarem de donar eines de reflexió sobre cadascun d'aquests apartats per a que cada aficionat pugui decidir què és el més escaient per a ell.

Quina és la meua activitat a la ràdio?

La qüestió primordial és aquesta. El tipus d'antena variarà molt en funció de les bandes del meu interès (HF baixa, HF alta, VHF, UHF...) i, dins de cada banda, de l'activitat concreta que realitzem.

La banda d'interès ens determinarà en bona mesura la dimensió mínima de l'antena. Sense fer gaires càlculs podem intuir que per a la banda de 80 metres caldrà una antena llarga, mentre que per a la de 2 metres amb una de més petita ja farem. Vull recalcar que estem parlant de la dimensió mínima, no pas de la màxima. Per a qualsevol banda podem fer una antena tan gran com el nostre espai i pressupost ens permetin. Sent realistes, a la nostra escala no hi ha un límit elèctric, ja que l'espai i el pressupost s'esgotaran molt abans d'arribar al límit físic de la dimensió de les antenes.

Quina sigui la nostra activitat influirà en l'elecció de l'antena en funció de en quina direcció radia el senyal. La primera idea que a qualsevol se li passa pel cap és que volem que el senyal es radiï cap a tot arreu. Volem arribar a tot! Però aviat ens adonarem que, segons per a què, això no és òptim. Suposem que tenim un televisor ultra-modern de so tridimensional, etc, etc. Volem que el magnífic so 3D s'escolti per igual en totes direccions?... Segur? Igual als nostres veïns del pis de dalt no els agrada tant. O potser a la filla que està estudiant a la seva habitació tampoc. El so ha d'anar dirigit a qui l'ha d'escoltar, situat davant de la TV. Per tant, en aquest cas és millor dirigir el so en una determinada direcció. El mateix passa amb les nostres antenes: volem que el senyal arribi a l'estació amb qui volem contactar, no que es perdi en altres direccions. Si el nostre interès en VHF són els satèl·lits, voldrem que el senyal es radiï cap al cel. Per contra, si el que volem són contactes locals, ens interessa que el senyal es radiï horitzontalment ja que les estacions, en general, estaran situades al mateix nivell que nosaltres.

Corol·lari: tota energia radiada en una direcció inadequada és energia perduda.



Guany, obertura, lòbuls i altres paraules.

Tots hem sentit dir que l'antena X és millor perquè té 3dB de guany i la Y només en té 1,5. Si en ràdio hi ha un concepte mal entès, aquest és el guany d'una antena.

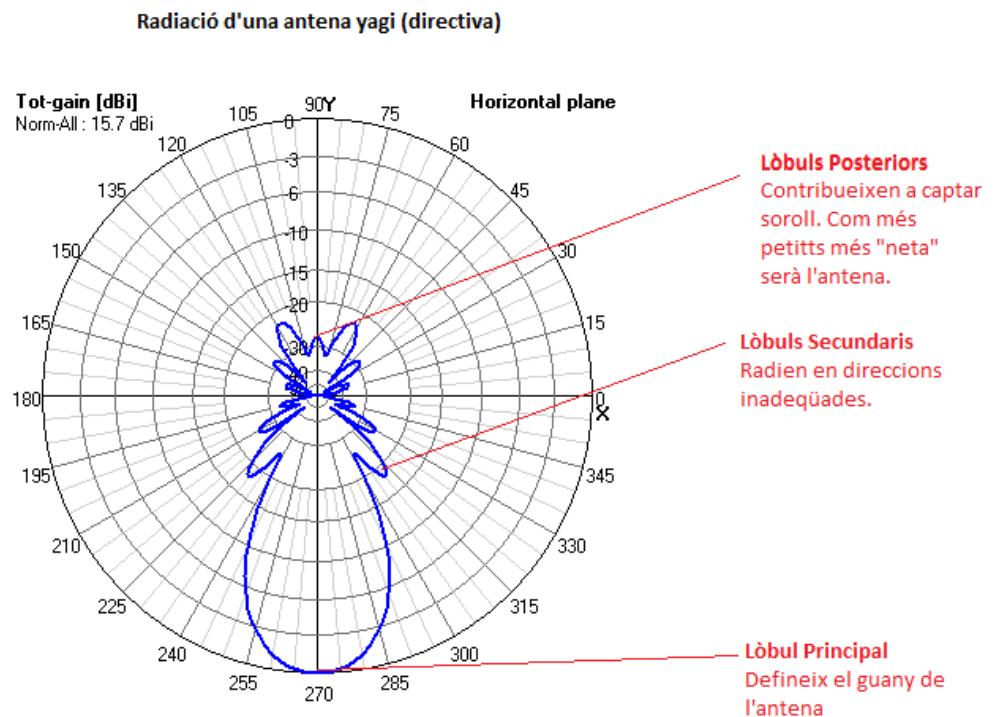
El guany ens indica quanta energia de més o de menys hi ha en una direcció determinada comparada amb la que radiaria una altra antena en la mateixa direcció. Això vol dir que, per començar, el guany és una mesura relativa. Si no sabem amb quina antena estem comparant, dir que una antena té 3dB no vol dir absolutament res.

El guany es mesura en unes unitats anomenades decibels (dB) que són comparatives.

Per exemple: 3dB vol dir que tenim el doble de potència, 10dB 10 vegades més i 20dB 100 vegades més. En la pràctica s'utilitzen dues variants que incorporen quina és la referència. Són el dBi i el dBd. El dBi vol dir "decibels comparat amb una antena isotròpica" (antena teòrica que radiés la potència per igual en totes les direccions), mentre que el dBd vol dir "decibels comparat amb una antena dipol de mitja ona". Ara sí que podem dir: l'antena X té 3dBi i l'antena Y té 1,5dBi en la mateixa direcció. Per tant, l'antena X proporciona 1,5 dB més que la Y, ja que totes dues estan comparades amb el mateix patró (isotròpica.)

Corol·lari: El que una antena tingui guany implica que té directivitat, que radia amb preferència en unes direccions sobre d'altres.

Si fins aquí ho tenim clar, ens apareix una altra pregunta: l'energia de més que apareix en una antena i no en una altra (recordem que 3dB de guany equival a doblar la potència del transmissor) d'on prové? Intuïtivament podem pensar que un tub d'alumini o un fil de coure no poden generar energia per ells mateixos. Per tant, aquesta energia "de més" en una direcció només pot provenir d'un lloc: de restar-la d'altres direccions. L'energia radiada total sempre és la mateixa, senzillament es concentra. Podem pensar en la radiació com en un globus d'aire poc inflat. Si l'aixafem per un extrem creix per l'altre. Com més l'aixafem de tots costats menys un, més creixerà cap a ell, però en tots els casos la quantitat d'aire que conté el globus sempre és la mateixa.



Corol·lari: ens pot interessar que les nostres antenes tinguin guany en la direcció adequada a la nostra activitat.

Seguint amb el raonament podríem pensar si hi ha límit. Si agafem tota l'energia radiada i la concentrem en una sola direcció multiplicarem la potència sense fi? Seguint amb l'exemple del globus, com més l'aixafem amb les mans, més difícils és que no se'ns infla entre els dits. Cada cop el globus és menys esfèric i més boterut, fins al límit que explota. Les nostres antenes no explotaran, però si anem generant guany en una direcció, comencen a aparèixer lòbuls secundaris, que són puntes de radiació en direccions diferents de la desitjada. A més a més, com més concentrem l'energia, més tanquem el que se'n diu *lòbul de radiació* (fem més punxegut el globus) i, per tant, més acurats haurem de ser en que la direcció de radiació sigui la bona. Si la direcció està lleugerament desplaçada perdrem la recepció.

El fet que una antena tingui més guany en la direcció desitjada, implica que tindrem més energia en aquest punt que amb una altra diferent? No necessàriament. A part del guany, també intervé un altre concepte: l'eficiència.

L'eficiència.

En el llenguatge corrent, diem que una empresa és eficient quant amb poques persones fan la mateixa feina que una altra amb moltes més. O dit d'una altra manera: amb el mateix personal la primera produiria molt més que la segona. El mateix concepte és aplicable a les antenes. Substituïm el personal laboral per la potència elèctrica que subministrem i la producció per la radiació que obtenim: L'eficiència d'una antena és la relació entre la potència subministrada i la potència efectivament radiada per ella.



Tots coneixem que una bombeta encesa s'escalfa, per tant, no tota l'energia subministrada es converteix en llum. Una part es transforma en calor. Per això les bombetes LED són més eficients: la part transformada en calor és molt menor. En les antenes passa exactament el mateix: una part de l'energia de radiofreqüència que li fem arribar des del transmissor es destina a escalfar els components de la pròpia antena i dels voltants. Aquesta energia l'anomenem *pèrdues de l'antena*. Per avaluar-la se l'equipara a una resistència que estigués en sèrie amb una antena perfecta. Així, la impedància que presenta una antena seria la seva pròpia més la resistència de pèrdues. Com que l'energia s'ha de dividir entre les dues, com més petita sigui la pèrdua, més radiarà l'antena.

De quina manera perd energia una antena? Bàsicament podem perdre energia per resistència i per capacitat.

Per resistència, perdem energia en tots els conductors de l'antena.

Els metalls, encara que sigui petita, tenen una resistència al pas del corrent depenent del tipus de material i de la seva superfície. Per tant, com millor conductor i més gruixut sigui el material menys pèrdues resistives tindrà i millor funcionarà com a radiador. Tingueu en compte que la radiofreqüència només es desplaça per la superfície del conductor, per tant no té importància que sigui un tub o una barra, només el seu diàmetre. Les connexions, millor fer-les amb malla o cinta ampla de coure o alumini que no pas amb cable.

Els punts més crítics són les unions entre les diferents peces, especialment quan ajuntem materials diferents. En el muntatge d'antenes cal ser curós de posar greix conductor a totes les unions i deixar-les ben collades.

Al comerç hi ha productes especialitzats per a unions en alumini (pols d'alumini en suspensió en un greix) i per unions de diferents materials (pols de coure en suspensió). Aquestes últimes poden obtenir-se fàcilment en establiments de recanvis d'automoció com a lubricant per a frens de disc.



L'òxid d'alumini, coure o ferro són mals conductors de l'electricitat, per tant és important des de bon principi prevenir l'aparició de corrosió a les antenes. Quan unim mecànicament metalls diferents es forma un parell galvànic que amb la humitat de l'ambient crea corrosió. Cal pensar les formes de alentir-ho o evitar-ho.

D'una banda, triant els materials en contacte: mai connecteu directament coure i alumini o coure i ferro. En poc temps tindrem una connexió oxidada amb una alta resistència al pas del corrent. La cargoleria de les antenes sempre ha de ser d'acer inoxidable. No estalvieu posant elements galvanitzats. En moltes ocasions en que hem de connectar metalls diferents podem interposar un tercer element que ens disminueixi la diferència de potencial entre ells: si hem de fixar coure i alumini o ferro, o bé interposarem una volandera d'acer inoxidable, estanyarem el coure o totes dues coses. L'objectiu és que el coure no toqui directament l'alumini. El coure està en contacte amb l'estany o bé amb l'acer i són aquests materials els que toquen l'alumini.

D'una altra, evitem la humitat. La corrosió només és possible en presència d'aigua, per tant, si mantenim la unió perfectament seca no s'oxidarà. Això ho podem fer interposant una pel·lícula de greix conductor entre les peces de manera que no quedin espais buits per on pugui infiltrar-se l'aigua, i també protegint la superfície amb pintura, cinta o greix neutre. Depenent de les peces i la seva ubicació triarem un mètode un o un altre.

Òbviament, el millor és triar bé els materials i, a més a més, protegir-los de la humitat. La diferència no la notarem al construir l'antena, però amb els anys es farà notar l'oxidació.

Per capacitat, perdem energia pels aïlladors i els voltants de l'antena.

Si bé el concepte de pèrdues per resistència en el material és relativament fàcil d'assimilar, les pèrdues per capacitat costen una mica més. D'entrada, dues peces metàl·liques aïllades entre si sempre formen un condensador. La capacitat serà més gran o més petita en funció de la mida, la distància a que es trobin i de quin sigui el material que les separi. La majoria de pèrdues per capacitat en les antenes es produeixen en els aïlladors plàstics que separen diversos elements: l'element excitat del seu suport, el fil de les bobines o, en general, que mantenen subjectes diverses parts de l'antena. Segons quin sigui el material, en RF l'aïllament no és perfecte i el travessa un petit corrent que no s'arriba a radiar. És l'equivalent al corrent de fuga que tenim en un condensador ordinari. Segons la qualitat del condensador aquest corrent és més gran o més petit. D'igual manera, segons la qualitat de l'aïllant l'antena serà més o menys eficient. Per exemple, la fusta o el PVC són mals materials per a aquesta finalitat (especialment per fer formes de bobina), mentre que la ceràmica o el teflon són molt millors.

Per capacitat també podem perdre energia cap a l'entorn de l'antena. A que no heu sentit mai que, com més alta estigui muntada una antena, millor? Doncs entre d'altres motius és degut a que la proximitat al terra o a d'altres materials conductors crea un condensador. Com tots els condensadors, té un corrent de fuga que fa que part de l'energia es dissipï cap al terra en lloc de ser radiada.

Corol·lari: fabriqueu les antenes amb materials adients, protegiu-les de la humitat i situeu-les ben allunyades d'altres objectes.

L'antena és tot.

Fins ara hem parlat de l'antena com element independent, però especialment si parlem d'eficiència hem de parlar del sistema d'antena per a ser precisos. Què vull dir? Des de que l'energia de RF surt del transmissor, comença a perdre's pels diversos elements que la porten a ser radiada.

El conjunt de línia de transmissió, acoblador(s) d'impedàncies i antena forma un tot a l'hora d'avaluar l'eficiència. Si tenim una antena molt eficient però perdem la meitat de la potència pel camí, l'eficiència total serà pobre. L'eficiència de l'antena, el seu guany i àrea de captura no depenen de per on o com l'alimentem. Encara que sembli una obvietat, no sempre ho tenim tan clar. Un dipol de fil, una windom, una end-fed i una bazooka són la mateixa antena. Només varia la forma d'alimentació. Per tant, tenen el mateix guany i la mateixa forma de radiació, per molt que alguns fabricants ens intentin vendre que no. Quina és la diferència entre elles? La impedància al punt d'alimentació i de quina manera s'adapta a la línia de transmissió. Aquí si hi ha una diferència important. Segons els materials i la qualitat de l'adaptador pot ser que una o altra sigui menys eficient. Tindrà el mateix guany però radiarà menys degut a que una part de la potència es dissiparà en forma d'escalfor en l'adaptador d'impedàncies.

La transferència d'energia màxima es produeix quan la impedància del transmissor, la línia i l'antena són iguals. En general, com més diferents siguin i més llarga sigui la línia, més possibilitats hi ha d'incórrer en pèrdues d'energia. Per a una descripció més detallada, vegeu els articles "Parlem de la impedància sense matemàtiques" i "Mitologia radioelèctrica: les estacionàries" disponibles a ham.cat, entre d'altres llocs.



Múltiples radials en una antena vertical

En el cas de les antenes verticals, la part més important de les pèrdues succeeixen justament al pla de terra, no a la part vertical. Si estem utilitzant radials elevats ("ground plane"), aquests han d'estar sintonitzats a la freqüència de treball i han d'estar allunyats significativament del terra. Això vol dir que en bandes decamètriques parlem d'una alçada de metres, no de centímetres. Per contra, si utilitzem la terra real cal posar tants radials i tan llargs com ens sigui possible. En cap cas una o més piques de terra poden substituir un conjunt de radials. Si ens és possible, val la pena millorar la conductivitat del sòl. La forma més senzilla és plantar-hi gespa i mantenir-lo humit.

L'eficàcia.

Al final, en aquest món, el que tots volem és aconseguir les nostres metes. Qui assoleix les seves fites és una persona eficaç. Si ha emprat pocs recursos serà, a més, eficient. Però inclús sent poc eficient, si ha assolit l'objectiu serà eficaç.

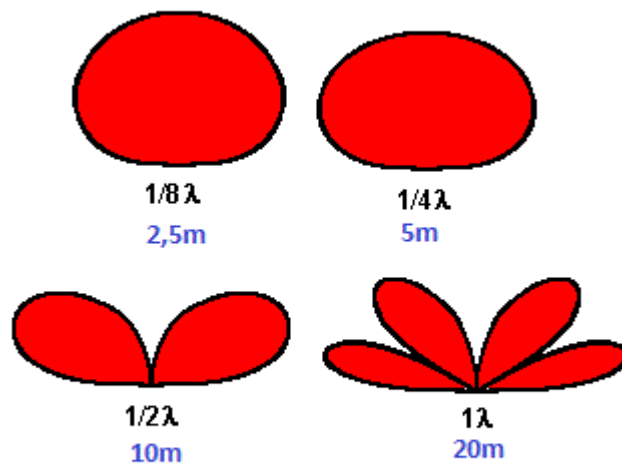
Això mateix passa amb les antenes. Al final el que compta és si la nostra instal·lació serveix per assolir els nostres objectius en ràdio o no. Si tenim una antena amb un gran guany i molta eficiència però no podem girar-la i radia en una direcció inadequada, no podem comunicar. El que hem de cercar és, dintre de les nostres limitacions d'espai i de pressupost, quina instal·lació serà la més escaient per al nostre objectiu. Per exemple: amb una certa limitació pressupostària i d'espai, per fer llargues distàncies en bandes decamètriques les antenes verticals són molt adequades, però si a la nostra ubicació tenim molt soroll elèctric, nosaltres potser farem més feina amb un dipol ja que tindrem una millor recepció. L'antena a priori millor, en aquest cas, no ens soluciona el problema.

Les dues regles d'or de les antenes.

1.- Com més alt, millor.

Com en tot, hi ha excepcions, però amb la resta de condicions iguals ("ceteris paribus", permeteu-me la llatinada) generalment una antena alta és més eficaç que una de baixa. L'alçada permet sobrepassar altres edificis, permet disminuir les pèrdues de terra i, en les antenes horitzontals, fer que radiïn de forma més plana.

Radiació vertical d'un dipol a diferents alçades



**Com més alt més plana és la radiació.
Exemple per la banda de 20m.**

2.- Com més gran, millor.

A igual alçada, l'antena amb més alumini (o coure) és millor. Com més superfície conductora, més intensitat de senyals és capaç de captar una antena. Com més curta, més pèrdues en els dispositius necessaris per fer-la funcionar (bobines, trampes...). Per tant, poseu antenes llargues.



Antena balconera

El dilema apareix quan hem de triar entre una antena més gran i baixa o una de més petita i situada a més alçada. I aquí tornem a l'inici de l'article: per a què la vull? La resposta està condicionada pels nostres gustos o preferències. Per exemple: un aficionat a la banda de 40m pot optar per posar un petit dipol rígid a molta alçada o una yagi de dos elements de longitud completa molt baixa (evidentment, l'exemple és una exageració). Si el nostre amic és aficionat a les llargues distàncies hauria d'optar pel dipol alt, mentre que si el que vol és fer la tertúlia durant el dia amb altres aficionats europeus, hauria d'optar per la yagi. Quin és el motiu? El dipol té una radiació més plana, que inclús comptant les pèrdues que tindrà per ser curt, probablement li permetran fer contactes a llarga distància. La yagi, per contra, posarà un senyal molt més fort (és més eficient i té 3dB de guany respecte al dipol), però en una direcció inadequada ja que radiarà verticalment i, en reflectir-se a la ionosfera, el senyal serà molt

fort però a poca distància. Per tant, per fer llargues distàncies la primera antena és més eficaç malgrat ser menys eficient i tenir menys guany.

La millor antena?

Obríem la peça amb aquest dilema, que al final té una resposta senzilla: la que a tu et vagi millor!

Es poden fer coses sorprenents amb antenes petites situades en llocs poc adients. La millor antena és la que puguis posar. Si només tens un balcó, una balconera serà la millor. En funció de si anem forts d'armilla posarem l'últim model de XXX o ens fabricarem nosaltres mateixos l'antena.

Personalment, si hagués de triar entre tenir molts diners o molt espai per posar antenes, triaria l'espai. Amb materials molt senzills podem fabricar-nos molt bones antenes si disposem de l'espai suficient per a instal·lar-les.

Sigui com sigui, passeu-vos-ho bé experimentant.

Toni Millet, ea3ert@qrp.cat