

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grado en Ing. Sist. de Telecom., Sonido e Imagen



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Disseny d'una ampliació de cobertura TDT mitjançant Gap-filler”

TRABAJO FINAL DE GRADO

Autor/a:
Jorge Bosch Borrás

Tutor/a:
D^a. María Consuelo Part Escrivá

GANDIA, 2015

Resum

En aquest projecte, en primer lloc, es donarà una visió general del funcionament, les característiques tècniques, la legislació i la situació actual que viu la Televisió Digital Terrestre (TDT), marcada pels últims mesos en els quals s'ha dut a terme el procés anomenat Dividend Digital. Aquesta mesura ha permès alliberar la banda de freqüències de 800 MHz, utilitzada fins el moment per a l'emissió de canals de TDT, per al desenvolupament de serveis avançats de comunicacions mòbils de quarta generació (4G).

D'altra banda, a la segona part del projecte es realitzaran els càlculs per al disseny d'una ampliació de cobertura de TDT mitjançant reemissors o gap-fillers a la localitat de Navalón, pedania d'Enguera, on el senyal d'emissió del Montdúver no es rep correctament degut al terreny muntanyós dels voltants. Aquests càlculs es faran amb el programa Radio Mobile, una ferramenta informàtica per analitzar i planificar el funcionament d'un sistema de radiocomunicacions fixe o mòbil.

Paraules clau: Gap-filler, reemissor, TDT, cobertura, Radio Mobile

Abstract

In this project, firstly, an overview of the operation, technical features, legislation and current situation about the Digital Terrestrial Television (DTT) is provided, in the framework of the recent months in which the Digital Dividend process has indeed happened. This measure has allowed to release the 800 MHz frequency band, an improvement that until now has been used for the transmission of DTT channels, for the development of advanced fourth generation (4G) mobile communication services.

Secondly, an extension of the DTT coverage is calculated by using re-emitters or gap-fillers in the village of Navalón, district belonging to Enguera, where the Montdúver emitting signal is not correctly received due to the surrounding hilly terrain. These calculations will be made with Radio Mobile software, an informatic tool for analysing and planning the operation of fixed or mobile radiocommunications system.

Key words: Gap-filler, re-emitter, DTT, coverage, Radio Mobile

INDEX

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | OBJECTIUS | 8 |
| 2. | INTRODUCCIÓ A LA TELEVISIÓ DIGITAL TERRESTRE (TDT) | 9 |
| 2.1 | Descripció de la TDT..... | 9 |
| 2.1.1 | Implantació de la TDT..... | 9 |
| 2.1.2 | Recepció de la TDT. | 9 |
| 2.1.3 | Situació actual de la TDT a Espanya. | 9 |
| 2.2 | Característiques tècniques del senyal TDT..... | 10 |
| 2.2.1 | Digitalització del senyal..... | 11 |
| 2.2.2 | Compressió MPEG-2..... | 11 |
| 2.2.3 | Multiplexatge. | 12 |
| 2.2.4 | Codificació de canal i modulació..... | 13 |
| 3. | LEGISLACIÓ DE LA TDT A ESPANYA..... | 15 |
| 3.1 | Marc legal..... | 15 |
| 3.2 | Pla Tècnic Nacional de la Televisió Digital Terrestre (PTNTDT)..... | 16 |
| 3.3 | Pla Tècnic Nacional de la Televisió Digital Local (PTNTDL)..... | 16 |
| 4. | DIFUSIÓ DEL SENYAL | 17 |
| 4.1 | Xarxes de difusió. | 17 |
| 4.1.1 | Xarxes de freqüència múltiple (XFM)..... | 17 |
| 4.1.2 | Xarxes de freqüència única (XFU)..... | 17 |
| 4.2 | Transport de la informació..... | 18 |
| 4.2.1 | Reemissors (Gap-fillers). | 18 |
| 5. | INSTAL·LACIÓ DEL CENTRE EMISOR | 20 |
| 5.1 | Consideracions prèvies..... | 20 |
| 5.2 | Ubicació de la caseta i la torre. | 21 |
| 5.3 | Decisió en quant a la recepció i transmissió. Transmissors o Gap-fillers..... | 22 |
| 5.4 | Mesures de cobertura..... | 23 |
| 5.4.1 | Models de propagació..... | 23 |
| 5.5 | Generació de cobertures..... | 25 |
| 5.5.1 | Software utilitzat. | 25 |
| 5.5.2 | Mapa de la zona. | 26 |
| 5.5.3 | Configuració de RadioMobile i simulació de cobertures. | 27 |
| 5.6 | Equips a instal·lar. | 38 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.6.1 | Sistemes receptors..... | 38 |
| 5.6.2 | Reemisors o gap-fillers..... | 39 |
| 5.6.3 | Triplexores..... | 40 |
| 5.6.4 | Distribuidors..... | 40 |
| 5.6.5 | Sistemes radiants..... | 41 |
| 5.6.6 | Cables i connectors..... | 42 |
| 6. | IMPACTE MEDIAMBIENTAL I SEGURETAT | 43 |
| 6.1 | Emissions radioelèctriques..... | 43 |
| 6.1.1 | Càlcul i mesura dels nivells d'exposició radioelèctrica..... | 43 |
| 6.1.2 | Estudi dels nivells d'exposició de l'entorn..... | 43 |
| 6.1.3 | Determinació del volum de referència..... | 44 |
| 6.1.4 | Distància de camp llunyà..... | 44 |
| 6.1.5 | Volum de referència..... | 44 |
| 6.2 | Proteccions de seguretat de l'estació transmissora..... | 44 |
| 7. | PRESSUPOST | 45 |
| 7.1 | Equip transmissor..... | 45 |
| 7.2 | Sistema radiant..... | 45 |
| 7.3 | Sistema receptor..... | 45 |
| 7.4 | Mà d'obra de la instal·lació i posada en marxa..... | 46 |
| 7.5 | Resum del pressupost..... | 46 |
| 8. | POSSIBILITATS FUTURES DE LA TDT..... | 47 |
| 9. | CONCLUSIONS..... | 48 |
| 10. | BIBLIOGRAFIA..... | 49 |

FIGURES

| | |
|---|----|
| Figura 1: Alliberament del dividend digital. | 10 |
| Figura 2: Conversió analògic-digital. | 11 |
| Figura 3. Procés de digitalització, compressió, multiplexatge i transmissió de TV digital. | 14 |
| Figura 4. Xarxa de Freqüència Múltiple (XFM). | 17 |
| Figura 5. Xarxa de Freqüència Única (XFU). | 18 |
| Figura 6. Sol·lució a zones sense cobertura. | 19 |
| Figura 7. Ubicació dels punts de mesura a Navalón. | 21 |
| Figura 8. Ubicació del centre reemissor o gap-filler. | 21 |
| Figura 9. Disseny dels equips a instal·lar. | 23 |
| Figura 10. Tipus de terreny. | 24 |
| Figura 11. Exemples cartografia en alta i mitja resolució respectivament. | 25 |
| Figura 12. Mapa de la zona afectada. | 26 |
| Figura 13. Mesura de la distància en línia recta. | 26 |
| Figura 14. Desnivell de la zona. | 27 |
| Figura 15. Configuració del mapa. | 27 |
| Figura 16. Coordenades del centre del mapa desitjat. | 28 |
| Figura 17. Configuració de les corbes de nivell cada 20m. | 28 |
| Figura 18. Mapa centrat en Navalón. | 28 |
| Figura 19. Creació de l'emplaçament del Montdúver. | 29 |
| Figura 20. Creació de l'emplaçament del Gap-filler. | 29 |
| Figura 21. Creació de l'emplaçament de Navalón. | 29 |
| Figura 22. Mapa de la zona amb els emplaçaments. | 30 |
| Figura 23. Creació de la xarxa Montdúver-Gapfiller. | 30 |
| Figura 24. Topologia: Xarxa de dades Mestre-Esclau. | 31 |
| Figura 25. Membership C. Emissor Montdúver. | 31 |
| Figura 26. Membership Gapfiller. | 31 |
| Figura 27. Configuració System 1: Montdúver. | 32 |
| Figura 28. Diagrama de l'antena omnidireccional del Montdúver. | 32 |
| Figura 29. Configuració de l'antena direccional del reemissor Gapfiller. | 33 |
| Figura 30. Diagrama de l'antena yagi receptora del Gapfiller. | 33 |
| Figura 31. Xarxa Montdúver-Gapfiller. | 33 |
| Figura 32. Radioenllaç per a la xarxa Montdúver-Gapfiller. | 34 |
| Figura 33. Creació de la xarxa Gapfiller-Navalón. | 34 |
| Figura 34. Membership Navalón. | 35 |
| Figura 35. Configuració del reemissor TX. | 35 |
| Figura 36. Diagrama de l'antena del reemissor. | 35 |
| Figura 37. Radioenllaç per a la xarxa Gapfiller-Navalón. | 36 |
| Figura 38. Configuració de la simulació de la cobertura del Montdúver. | 36 |
| Figura 39. Cobertura del Montdúver al mapa. | 37 |
| Figura 40. Configuració de la simulació de la cobertura del Gapfiller cap a Navalón. | 37 |
| Figura 41. Cobertura del Gapfiller de Navalón. | 37 |
| Figura 42. Cobertures del Montdúver i del Gapfiller al mapa. | 38 |
| Figura 43. Antena Yagi receptora. | 38 |

| | |
|--|----|
| Figura 44. Transmissor MRD5010 d'Egatel. | 39 |
| Figura 45. Triplexor TRI de Fringe. | 40 |
| Figura 46. Distribuidor D3N de Fringe..... | 40 |
| Figura 46. Panells radiants de 4 dipols de Fringe..... | 41 |
| Figura 47. Connectors BNC, 7/16, N mascle. | 42 |

TAULES

| | |
|--|----|
| Taula 1. Mesura 1 a Navalón..... | 20 |
| Taula 2. Mesura 2 a Navalón..... | 20 |
| Taula 3. Umbrals de recepció gap-fillers..... | 22 |
| Taula 4. Mesures de camp des del reemissor..... | 22 |
| Taula 5. Característiques tècniques de l'antena Yagi model MANDARINEFOLDLTE..... | 38 |
| Taula 6. Característiques tècniques del transmissor MRD5010 d'Egatel..... | 39 |
| Taula 7. Característiques tècniques de la font d'alimentació PS2410 d'Egatel..... | 39 |
| Taula 7. Característiques tècniques dels triplexors de Fringe..... | 40 |
| Taula 8. Característiques tècniques dels triplexors de Fringe..... | 40 |
| Taula 9. Característiques tècniques dels panells radiants de 4 dipols de Fringe..... | 41 |
| Taula 10. Pressupost aproximat de l'equip transmissor..... | 45 |
| Taula 11. Pressupost aproximat del sistema radiant..... | 45 |
| Taula 12. Pressupost aproximat del sistema receptor..... | 45 |
| Taula 13. Pressupost aproximat de la mà d'obra de la instal·lació i posada en marxa..... | 46 |
| Taula 14. Pressupost total aproximat..... | 46 |

1. OBJECTIUS

Un dels objectius del present projecte és donar una mirada àmplia a la situació actual en que es troba la Televisió Digital Terrestre (TDT). L'arribada de les tecnologies digitals, així com els nous sistemes de compressió de la informació, ha permès de reduir el nombre de freqüències necessàries per a la transmissió del senyal de televisió i fer un ús més eficient de l'espectre radioelèctric. Aquest fet ha anat forjant una nova divisió de les freqüències disponibles, donant pas al que es coneix com a Dividend Digital. Gràcies a la reordenació de l'espectre radioelèctric s'obrin les portes a nous programes de televisió d'àmbit regional i nacional, televisió en alta definició o prestació de serveis de banda ampla mòbil de quarta generació (4G).

D'altra banda, un altre objectiu es veure les característiques tècniques principals del senyal de TDT per poder entendre clarament el seu funcionament així com els processos que es segueixen per a la seua difusió. A més, cal saber quina és la normativa oficial que regula aquest procés i els distints tipus de xarxes que fan possible la transmissió del senyal, centrant-se en l'ampliació de zones de cobertura on el terreny és un obstacle per rebre'l.

L'últim i principal objectiu del present projecte és l'estudi d'un cas concret al municipi de Navalón, pedania d'Enguera, on la recepció del senyal de TDT resulta complicada degut a l'orografia del terreny en que es troba. Com que no existeix visió directa entre l'emissor i el receptor s'ha optat per dissenyar una ampliació de cobertura del senyal de TDT mitjançant reemissors o gap-fillers i així augmentar-la fent que tot el municipi de Navalón pugui rebre correctament el senyal.

2. INTRODUCCIÓ A LA TELEVISIÓ DIGITAL TERRESTRE (TDT)

2.1 Descripció de la TDT.

La televisió digital terrestre (TDT) és l'evolució natural de la TV analògica terrestre que es rep actualment a totes les llars. La TDT utilitza tecnologia digital per difondre serveis de televisió, radio i altres serveis avançats mitjançant una xarxa d'estacions emissores de TV molt semblant a la que suporta la difusió de la TV analògica convencional.

2.1.1 Implantació de la TDT.

La TDT va substituir totalment la televisió analògica des d'abril de 2010, data que va establir l'Administració estatal per al cessament de les emissions analògiques. Col·loquialment, aquest cessament es coneix com l'apagada analògica.

2.1.2 Recepció de la TDT.

La TDT es pot rebre de tres maneres distintes:

- *Recepció fixa*, la manera tradicional mitjançant les actuals antenes col·lectives, o similars, instal·lades en les teulades i terraces dels edificis.
- *Recepció portàtil*, és a dir, recepció del senyal en qualsevol lloc de l'edifici o vivenda sense necessitat de que el receptor estiga connectat a una presa fixa.
- *Recepció mòbil*, en equips receptors instal·lats a vehicles en moviment.

Davant del nou sistema de televisió cal tenir suficients coneixements d'aquestes noves tecnologies ja que, si bé és cert que per a dur a terme, de manera correcta i adequada, una instal·lació de TV digital no és indispensable ser un expert en codificació MPEG-2 o en OFDM, no hi ha dubte que resultarà més efectiu dissenyar una instal·lació o resoldre els problemes que puguin sorgir com més coneixements es tinguen de la tecnologia que s'està utilitzant.

Conèixer les característiques del senyal radioelèctric, els paràmetres a tenir en compte i la influència d'aquests sobre el senyal rebut, així com dominar les tècniques i els procediments de mesura que sobre aquests senyals es poden realitzar, és imprescindible per donar respostes satisfactòries a les demandes i exigències del mercat en el qual ens trobem immersos.

2.1.3 Situació actual de la TDT a Espanya.

Al mes de maig de 2014 va començar a Espanya l'alliberament del dividend digital, per tal de complir amb la disposició de la Comissió Europea de deixar disponible la banda de 800MHz abans de l'1 d'abril de 2015.

L'alliberament del dividend digital és el procés que consisteix en la reordenació d'alguns canals de la TDT per un millor aprofitament de l'espectre radioelèctric i així deixar pas a les tecnologies mòbils de quarta generació (4G). Aquesta mesura establerta a tota Europa comporta nombrosos avantatges socials i econòmics. A la banda de

800MHz emeten les actuals televisions, tant d'àmbit privat com públic, nacionals i autonòmiques; per tant, la migració d'aquests canals a freqüències per baix dels 800MHz requerirà, en molts casos, una adaptació de les instal·lacions de recepció de televisió per part dels usuaris per a continuar rebent la programació.

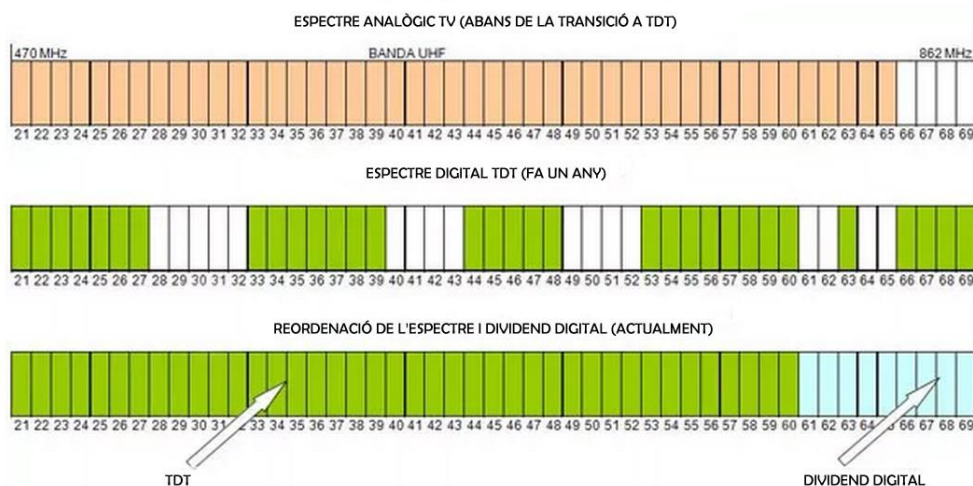


Figura 1: Alliberament del dividend digital.

Per assegurar que el procés es porte endavant amb èxit, els canals de televisió s'emeten simultàniament a les freqüències actuals i a les freqüències noves, per facilitar als ciutadans aquesta transició i per a que gaudisquen del senyal de TDT en tot moment, sense cap interrupció.

2.2 Característiques tècniques del senyal TDT.

La TV digital garanteix la transmissió de senyals d'àudio i vídeo segons uns paràmetres de qualitat i d'aprofitament de l'ample de banda disponible que milloren significativament la recepció, però serà l'addició de fluxos de dades en el senyal de televisió el factor diferencial respecte a la TV analògica. La possibilitat d'interactuar amb el televisor, de personalitzar l'oferta de programes, d'enviar i rebre correu electrònic i, en definitiva, de canviar el concepte de "difusió de TV", ha revolucionat la televisió.

Per a la difusió de la TDT, els senyals s'han de tractar seguint els processos indicats a la figura següent:

La televisió digital es basa en dos estàndards principals:

- MPEG (Moving Pictures Experts Group), per als processos de codificació de font, compressió i multiplexació.
- DVB (Digital Video Broadcasting), per a la transmissió de fluxos digitals MPEG a través dels diferents mitjans físics: terrestre (DVB-T), cable (DVB-C), satèl·lit (DVB-S), dispositius mòbils (DVB-H), xarxes basades en IP (DVB-IP). Actualment s'utilitza ja una nova versió de l'estàndard DVB-T a les emissions de TDT anomenat DVB-T2. Aquesta està sent adoptada per un important nombre de països amb la finalitat d'augmentar la

capacitat de les seues xarxes de TDT per fer front a l'escassetat de l'espectre radioelèctric després del Dividend Digital. DVB-T2 és a hores d'ara l'estàndard de TDT més avançat a nivell mundial; ofereix una major robustesa i flexibilitat i una eficiència fins un 50% superior a l'anterior DVB-T, desplegat actualment a Espanya.

2.2.1 Digitalització del senyal.

Consisteix a rebre el senyal analògic, mostrejjar-lo en intervals determinats de temps i codificar les mostres de tal manera que el senyal original puga ser reconstruït sense cap pèrdua d'informació. Cada mostra es codifica mitjançant un determinat nombre de bits.

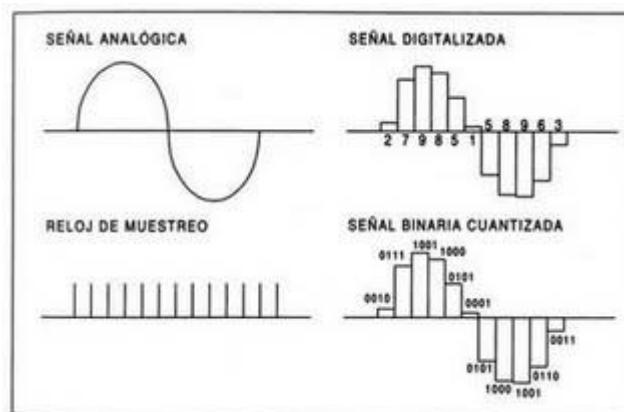


Figura 2: Conversió analògic-digital.

El senyal audiovisual és el senyal format per àudio i vídeo procedent d'un dispositiu d'enregistrament. El senyal que es capta té una naturalesa analògica, és a dir, pot tenir una infinitat de valors de colors o lluminositat per a cada punt de la imatge.

El procés de digitalització consisteix a fragmentar la imatge en punts (píxels), mesurar les característiques de color i lluminositat de cadascun d'aquests punts i emmagatzemar aquestes dades en format digital (cadena d'uns i zeros). El format utilitzat per a senyals de televisió digital abans de comprimir-los és el format SDI (*Serial Digital Interface*), que habitualment resulta un flux de dades de 270 Mbps (format 4:2:2 de la recomanació CCIR 601).

2.2.2 Compressió MPEG-2.

El senyal digitalitzat requereix una gran velocitat de transmissió, raó per la qual és necessari un procés de compressió en el qual s'elimina la informació redundant, de manera que s'envia la mínima informació necessària per reconstruir el senyal audiovisual en l'equip receptor.

Una vegada el senyal està en format digital, s'ha de comprimir. La compressió consisteix a treure tota la informació redundant possible del senyal (eliminació de redundància espacial i temporal). Actualment els sistemes de compressió de vídeo més utilitzats són els estandarditzats pel Motion Pictures Experts Group (MPEG): MPEG-2 i MPEG-4.

- MPEG-2: és el que s'ha utilitzat fins ara per als sistemes de radiodifusió de televisió digital, tant per via terrestre com per satèl·lit o cable. És una tecnologia madura i molt provada, que ofereix una bona qualitat i uns preus d'equips reduïts.
- MPEG-4: aquest estàndard és el més utilitzat en el món d'Internet per la qual cosa s'ha relacionat sempre amb continguts de baixa qualitat, tot i que, per a una mateixa velocitat de transmissió, la qualitat final és més bona en MPEG-4 que en MPEG-2.

Actualment, la tecnologia de compressió més utilitzada per a difusió de TDT arreu del món és l'estàndard MPEG-2. Un dels aspectes més importants d'aquest estàndard és la compressió, però també defineix com s'ha d'estructurar el senyal de TDT i com s'han de multiplexar els programes.

Hi ha dos factors clau a l'hora de digitalitzar i comprimir: la resolució, és a dir, el nombre de files i columnes de píxels que té la imatge, i el nombre d'imatges per segon. El nombre de files i columnes de la imatge pot tenir diferents valors, que donen lloc a les diferents resolucions que ofereixen actualment els dispositius de mercat basats en MPEG-2. La resolució més habitual és la de 720 x 576, però també n'hi ha d'altres. Quant al nombre d'imatges per segon, el valor més habitual és el de 25. En el servei convencional de difusió de TDT la digitalització es fa utilitzant el nivell principal (*main level*). Segons el compromís entre qualitat de la imatge i nivell de compressió desitjat, el flux de dades aconseguit estarà comprès entre 2 i 9 Mbps.

2.2.3 Multiplexatge.

Dins d'un canal de TV estàndard de 8 MHz es poden emetre quatre o més serveis audiovisuals o programes simultàniament (amb definició estàndard), que han de ser processats per poder-se rebre de manera independent al receptor de l'usuari. El procés al qual es sotmeten aquests programes per poder ser transmesos pel mateix mitjà sense interferir-se s'anomena multiplexatge.

El multiplexatge és la unió de diferents programes procedents dels diferents productors de continguts i es porta a terme a la capçalera. El senyal es divideix en els diferents components: so, vídeo, dades d'aplicacions interactives associades i taules d'informació específica de programes (PSI) i taules complementàries d'informació de servei (SI).

Durant el procés de multiplexació, al senyal que s'entrega a la xarxa d'emissors s'hi afegeixen uns indicadors que permetran que cada usuari accedeixca al contingut que l'interessa. Aquests indicadors es descriuen breument a continuació:

- PDI-Packet Identifier: identificador que permet indexar els components del senyal multiplexat.
- PSI-Program Specific Information: taules d'informació específica de programa que permeten al receptor discriminar entre els àudios, els vídeos i les dades dels diferents generadors de continguts.

- SI-Taules d'informació de servei: constituïdes per un conjunt d'indicadors que proporcionen informació directament associada als programes emesos. Les principals taules SI són:
 - Taula de descripció de servei: Service Description Table (STD). Dóna informació sobre el nom (Cuatro, TVE, etc), el tipus de contingut (informatius, esports, etc) i l'idioma.
 - Taula d'informació de programa: Event Information Table (EIT). Informa sobre el nom del programa que s'està emetent en cada moment, títol, hora d'inici, durada, resum, idiomes, etc. També s'envien a aquesta taula les informacions corresponents al programa següent i una agenda de programació futura.
 - Taula d'informació de xarxa: Network Information Table (NIT). Inclou un identificador de la xarxa (NITID) en què s'està emetent. Aquest identificador ha de ser únic per a cada xarxa, perquè quan el receptor rep dos programes amb el mateix NITID considera que és el mateix i només presenta el que té millor qualitat de senyal.

Les taules anteriorment descrites són obligatòries i un dels valors afegits de la TDT que ha tingut una millor acceptació per part dels usuaris. El coneixement del nom i la durada de cada programa actual i del següent permet triar millor i amb més agilitat el programa que s'ajusta millor a les preferències personals.

2.2.4 Codificació de canal i modulació.

Per poder difondre el senyal de TDT s'ha de codificar per a la transmissió (protegir) i s'ha de modular (donar forma al senyal) abans de passar-lo al canal de freqüència que li correspon i amplificar-lo. Una vegada el senyal està amplificat, es fa arribar fins a les antenes de transmissió des d'on es transmet cap a la zona de cobertura.

Una vegada s'ha fet el multiplexatge, el senyal arriba al transmissor, que fa la codificació de canal, la modulació, l'amplificació i la difusió mitjançant el sistema radiant (antenes de transmissió). Cadascun d'aquests passos s'explica breument a continuació:

- La codificació de canal consisteix a afegir la redundància necessària a les trames de bits del senyal multiplexat, per protegir-lo davant les alteracions que podria patir la informació que conté degudes al soroll i les interferències presents al mitjà de transmissió.
- La modulació. La modulació utilitzada en televisió digital terrestre permet treballar en xarxes de freqüència única sense patir problemes pels rebots de senyal, presents sovint en la recepció del senyal analògic convencional. Els formats de modulació definits depenen del mitjà que finalment servirà de canal per a la difusió i han estat ja esmentats als paràgrafs anteriors: terrestre (DVB-T), cable (DVB-C), satèl·lit (DVB-S), dispositius mòbils (DVB-H), xarxes basades en IP (DVB-IP). Durant el procés de

modulació, el senyal es desplaça en freqüència per ser transmès d'acord amb l'assignació de freqüències del Pla Tècnic Nacional de Televisió Digital Terrestre.

- L'amplificació. En ser entregat a la xarxa de transport i de difusió, el senyal requereix ser amplificat i, si cal, reamplificat per afrontar les pèrdues per transmissió que patirà durant el seu recorregut. Aquestes pèrdues depenen del mitjà de transmissió. L'amplificació proporciona un nivell de senyal suficient per garantir que el receptor d'usuari podrà, dins de l'àrea de cobertura d'un determinat centre emissor, discriminar el senyal que correspon a la televisió digital i processar-lo adequadament per presentar en pantalla els continguts.

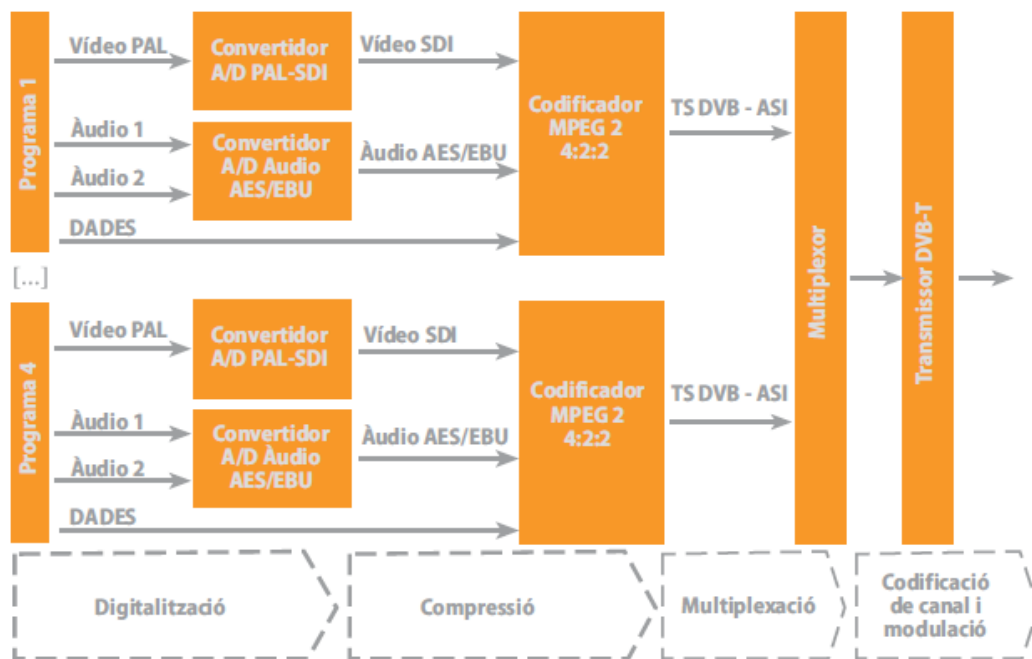


Figura 3. Procés de digitalització, compressió, multiplexatge i transmissió de TV digital.

3. LEGISLACIÓ DE LA TDT A ESPANYA

3.1 Marc legal.

La normativa més rellevant que regula la Televisió Digital Terrestre és la que es troba a continuació:

- Reial Decret 439/2004, de 12 de març, pel qual s'aprova el Pla Tècnic Nacional de la Televisió Digital Local (PTNTDL), modificat pel Reial Decret 2268/2004, de 3 de desembre i pel Reial Decret 944/2005, de 29 de juliol.
- Reial Decret 945/2005, de 29 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament general de prestació del servei de televisió digital terrestre (BOE núm. 181, de 30 de juliol de 2005).
- Reial Decret 944/2005, de 29 de juliol, pel qual s'aprova el Pla Tècnic Nacional de la Televisió Digital Terrestre (PTNTDT) (BOE núm. 181, de 30 de juliol de 2005).
- Llei 10/2005, de 14 de juny, de mesures urgents per a l'impuls de la televisió digital terrestre, de liberalització de la televisió per cable i de foment del pluralisme (BOE núm. 142, de 15 de juny de 2005).
- Ordre ITC/2476/2005, de 29 de juliol, per la qual s'aprova el Reglament tècnic i de prestació de servei de televisió digital terrestre (BOE núm. 181, de 30 de juliol de 2005).
- Ordre ITC/2212/2007, de 12 de juliol, per la qual s'estableixen obligacions i requisits per als gestors de múltiples digitals de la televisió digital terrestre i per la qual es crea i regula el registre de paràmetres d'informació dels serveis de televisió digital terrestre (BOE núm. 173, de 20 de juliol de 2007).
- Reial Decret 365/2010, de 26 de març, pel qual es regula l'assignació dels múltiples de la Televisió Digital Terrestre amb motiu del cessament de les emissions de televisió digital terrestre amb tecnologia analògica (BOE núm. 81, de 3 d'abril de 2010).
- Reial Decret 805/2014, de 19 de setembre, pel qual s'aprova el Pla Tècnic Nacional de la Televisió Digital Terrestre (PTNTDT) i es regulen determinats aspectes per a l'alliberament del dividend digital (BOE núm. 232, de 19 de setembre de 2014).
- Pla d'actuacions per a l'alliberament del Dividend Digital, de 30 de setembre de 2014, en el qual es recullen les accions necessàries per executar les actuacions previstes al Reial Decret 805/2014, de 19 de setembre, i assegurar l'acompliment de les previsions incloses al mateix Reial Decret.

3.2 Pla Tècnic Nacional de la Televisió Digital Terrestre (PTNTDT)

El Pla Tècnic Nacional de la Televisió Digital Terrestre estableix l'ordenació de l'espectre radioelèctric corresponent a la TDT, defineix els canals que han d'utilitzar les xarxes estatals i autonòmiques de freqüència única i deixa per a posteriors disposicions les freqüències de la resta de xarxes autonòmiques i locals.

El PTNTDT, en un principi, establí la reserva de l'espectre necessària per desenvolupar la TDT estatal i, parcialment, la TDT autonòmica. Alhora, marcava les línies del desenvolupament de la TDT en tots els àmbits, incloent el local.

Amb aquest nou Reial Decret de PTNTDT de 2014 es persegueix un doble objectiu: afavorir un ús més eficient de l'espectre radioelèctric i garantir l'ús de la banda del dividend digital per a serveis que són considerats clau per a la recuperació i el desenvolupament econòmic, com els associats a la telefonia mòbil 4G i que permetran l'accés a la banda ampla ultrarràpida en mobilitat. Açò implica que la banda de 800MHz passarà de ser utilitzada pels canals de televisió a ser utilitzada pels operadors de comunicacions mòvils.

El nou PTNTDT regula que el servei de TDT es done mitjançant huit múltiples digitals (cada múltiple digital té capacitat per integrar quatre canals de televisió en definició estàndard o tres en alta definició). Sis dels huit múltiples digitals ja estan en funcionament. Per a l'espectre restant, es preveu l'explotació d'aquesta capacitat mitjançant llicències que s'adjudicaran una vegada organitzats els corresponents concursos.

3.3 Pla Tècnic Nacional de la Televisió Digital Local (PTNTDL)

Entre altres aspectes, el PTNTDL defineix les demarcacions des d'on es donarà cobertura de TDT local i fa la pertinent reserva de l'espectre radioelèctric per a cada demarcació. El PTNTDL té com a principal objectiu definir les demarcacions i reservar l'espectre corresponent. Destaquen els següents aspectes:

- D'acord amb el PTNTDT, el PTNTDL estableix que, en la mesura en què la capacitat de l'espectre radioelèctric ho permeta, es podran determinar fins a dos canals múltiples per a estacions TDT de cobertura local.
- La gestió del canal múltiple es farà de forma conjunta segons un acord entre els usuaris del múltiplex. Apareix indirectament la figura o rol del gestor de canal múltiple o gestor del múltiplex.
- La figura de l'operador de xarxa, neutra i independent, pot facilitar significativament totes les funcions associades a la plataforma tecnològica que han de ser compartides pels adjudicataris d'un mateix canal múltiple.
- Es fixa la data de l'1 de gener de 2008 per a l'apagada analògica de les televisions locals. Per a la resta de televisions, el 3 d'abril de 2010 fou la data límit establerta per l'Administració central per al cessament de les emissions analògiques a tot l'Estat.

4. DIFUSIÓ DEL SENYAL

El senyal es transmetrà per via aèria i per tant cal definir les xarxes de difusió, és a dir, la seua estructura. A més, el senyal pot ser entre centres emissors de diferents maneres, depenent dels requisits del terreny i de la població que es vol abastir.

4.1 Xarxes de difusió.

Per a que el senyal de TDT arribe a tota la població prevista, cal dissenyar les xarxes de difusió que permeten la transmissió de forma eficient. El fet d'utilitzar modulacions OFDM, robustes davant les interferències i amb capacitat de correcció d'errors, ha fet possible un canvi a les xarxes de difusió multifreqüència analògiques, aconseguint una utilització més eficient de l'espectre i una reducció important de la potència de transmissió.

4.1.1 Xarxes de freqüència múltiple (XFM).

Són les xarxes de la televisió analògica. Cada centre emissor utilitza una freqüència d'eixida diferent a la d'entrada per evitar interferències, a més de fer desaparèixer el problema de l'aïllament entre antenes als reemissors. Per cobrir un àrea extensa cal utilitzar varies freqüències diferents, estiguent permés el reutilitzament d'aquestes. També s'empra en TDT.

Xarxa de Freqüència Múltiple (XFM)

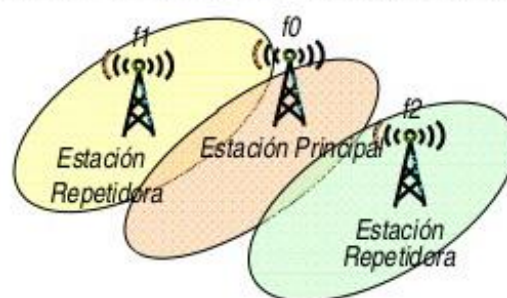


Figura 4. Xarxa de Freqüència Múltiple (XFM).

4.1.2 Xarxes de freqüència única (XFU).

Amb la modulació OFDM, és possible emetre amb diversos transmissors al mateix canal si el senyal modulador és idèntic i està sincronitzat. A més, gràcies a la inserció de l'interval de guarda el receptor podrà beneficiar-se dels ecos rebuts. Per a que els receptors puguin demodular senyals en SFN, cal que aquestes estiguen sincronitzades.

Les sincronitzacions necessàries són:

- Sincronització de bit. Un senyal portador ha d'estar modulat exactament pels mateixos bits en cada estació. La tolerància a errades és zero.
- Sincronització de freqüència. Els transmissors han de transmetre exactament a la mateixa freqüència. També ha de ser idèntica la freqüència de mostreig del

modulador i la velocitat de les dades del Transport Stream. Totes aquestes mesures s'aconsegueixen amb oscil·ladors de precisió i utilitzant una referència externa comú (GPS).

- Sincronització de temps. Els transmissors tenen que emetre el mateix símbol al mateix instant amb una tolerància de $\pm 1\mu\text{s}$. Per evitar ecos fora de l'interval de guarda en zones de solapament, pot ser necessari introduir un offset temporal.
- Sincronització de la dispersió de freqüència (scrambling). Com s'ha explicat anteriorment, les dades sempre s'aleatoritzen a l'entrada del modulador. Açò es fa sumant-los a una seqüència pseudoaleatoria estandaritzada, que es reseteja cada 8 paquets MPEG-2. Tots els transmissors han d'utilitzar la mateixa aleatorització sobre els mateixos bits d'entrada.

És a dir, tots han d'emetre el mateix a la vegada i a la mateixa freqüència.

Per aconseguir totes aquestes sincronitzacions s'utilitzen referències de freqüència i de temps procedents d'un receptor GPS (10MHz i 1 pols per segon).

Tota aquesta informació de sincronització es guarda en paquets denominats MIP (*Mega-Frame Initialization Packet*) i s'afeg al flux MPEG-2 als centres capçalera. Els MIP també contenen el valor de màxim retard a la xarxa i una còpia dels paràmetres de transmissió utilitzats. Pot incloure opcions addicionals com control de potència, retard i freqüència de cada transmissor.

Una vegada el senyal arriba als centres transmissors, els moduladors dels equips són capaços d'extraure la informació dels MIP i calcular el retard introduït per la xarxa de transport i distribució i així sincronitzar-se.



Figura 5. Xarxa de Freqüència Única (XFU).

4.2 Transport de la informació.

4.2.1 Reemissors (Gap-fillers).

Un dels mètodes per ampliar les zones de cobertura d'un transmissor és aprofitar el senyal de difusió que es troba a l'aire i reemitir-lo. Aquest mètode s'empra sobretot per arribar a llocs amb una orografia complicada.

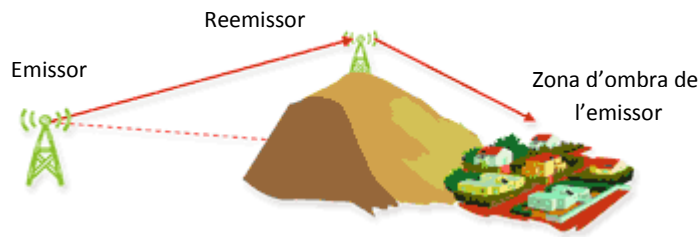


Figura 6. Sol·lució a zones sense cobertura.

El principal inconvenient d'utilitzar reemisors Gap-filler és l'acoplament que es produeix entre les antenes receptores i les emissores. La solució a aquest problema és aprofitar l'altura de la torre per ficar l'antena receptora el més lluny possible de la transmissora, a més de tenir en compte els seus diagrames de radiació, per aconseguir un aïllament o desacoplament d'uns 80 dB.

L'aïllament mínim es pot calcular:

$$G = P_{TX} - P_{RX}$$

On G és el guany, P_{TX} la potència transmesa i P_{RX} la potència rebuda.

Per poder amplificar fins a 30 dBm (1W), si es reben -45 dBm, la condició d'aïllament serà:

$$G > \beta - 10; \quad \beta > 85 \text{ dB}$$

On G és el guany i β l'aïllament.

El factor "-10" és la condició mínima de treball dels gap-fillers obtinguda després de diversos tests.

Els mateixos reemisors incorporen una etapa de cancel·lació d'ecos, que anul·len aquests i compensen part de l'aïllament entre antenes. En el cas de que l'aïllament fóra inferior al guany de transmissió, la qualitat (MER) d'eixida disminuiria.

Els gap-fillers que s'utilitzen actualment no són regeneratius, és a dir, la taxa d'error BER d'eixida serà igual o major que la d'entrada.

En comparació amb els transmissors amb moduladors, els reemisors o Gap-fillers són un mètode d'emissió molt més barat. Els moduladors, a més de ser més costosos degut a la seua tecnologia, requereixen que el seu senyal d'entrada siga transportat per radioenllaços IP i/o satèl·lit, necessitant de la incorporació d'antenes, IDU, ODU, Switch i conversors IP/ASI per a radioenllaços, i parabòlica, LNB, Splitter i conversors DVB-S2/ASI per a la recepció satèl·lit.

5. INSTAL·LACIÓ DEL CENTRE EMISOR

5.1 Consideracions prèvies.

El motiu pel qual es va a instal·lar un centre reemissor de TDT és la deficiència de cobertura en determinades zones. En aquest cas concret el centre reemissor va a ser instal·lat per donar servici a la localitat de Navalón, pedania d'Enguera, on s'han detectat nuclis habitats sense cobertura.

Es procedirà a instal·lar una primera fase de transmissors de televisió digital terrestre. Els serveis corresponen als canals 22, 28, 40, 43, 46 i 58. Més endavant seguirà una segona fase amb la resta de transmissors, fins completar els tots els múltiplex.

Mitjançant un estudi radioelèctric es localitzen els punts on cal millorar el nivell de senyal. Aquests punts són:

| Mesura 1. Localització: Carrer Crist de la Muntanya | | | | | | | |
|---|---------------|------|----|--------------------|--------|----------|--------------|
| Coordenades: 38°55'12,54" N 0°52'55,12" O | | | | | | | |
| Cota: 744 m | | | | | | | |
| Centre | Visió Directa | Mux | CH | Potència Rx (dBµV) | BER | MER (dB) | Observacions |
| Montdúver | No | RGE1 | 58 | 39,5 | 6,6e-3 | 17,5 | Deficient |
| Montdúver | No | MPE1 | 46 | 42,3 | 4,6e-3 | 18,2 | Deficient |
| Montdúver | No | MPE3 | 43 | 40,5 | 5,2e-3 | 18,2 | Deficient |
| Montdúver | No | MPE2 | 40 | 41,9 | 5,4e-3 | 17,6 | Deficient |
| Montdúver | No | MPE4 | 28 | 41,2 | 6e-3 | 17,5 | Deficient |
| Montdúver | No | RGE2 | 22 | 39,7 | 6,1e-3 | 18 | Deficient |

Taula 1. Mesura 1 a Navalón.

| Mesura 2. Localització: Carrer Navalon de Baix | | | | | | | |
|--|---------------|------|----|--------------------|--------|----------|--------------|
| Coordenades: 38°55'33,47" N 0°52'30,34" O | | | | | | | |
| Cota: 706 m | | | | | | | |
| Centre | Visió Directa | Mux | CH | Potència Rx (dBµV) | BER | MER (dB) | Observacions |
| Montdúver | No | RGE1 | 58 | 39,8 | 5,2e-3 | 16,9 | Deficient |
| Montdúver | No | MPE1 | 46 | 42,6 | 4,5e-3 | 17,2 | Deficient |
| Montdúver | No | MPE3 | 43 | 40,8 | 4,8e-3 | 16,8 | Deficient |
| Montdúver | No | MPE2 | 40 | 42,2 | 5e-3 | 17 | Deficient |
| Montdúver | No | MPE4 | 28 | 41,5 | 4,9e-3 | 17,3 | Deficient |
| Montdúver | No | RGE2 | 22 | 40 | 5,1e-3 | 16,9 | Deficient |

Taula 2. Mesura 2 a Navalón.



Figura 7. Ubicació dels punts de mesura a Navalon.

5.2 Ubicació de la caseta i la torre.

La ubicació de la instal·lació reemissora serà la mateixa on es troben els antics equips analògics; per tant, l'accés, l'energia, el sistema radiant, etc. no cal gestionar-los. No obstant, es verificarà el seu estat i les seues característiques.

Les coordenades de l'emplaçament són les següents: 38°55'39,5" N 0°49'48" O



Figura 8. Ubicació del centre reemissor o gap-filler.

5.3 Decisió en quant a la recepció i transmissió. Transmissors o Gap-fillers.

La zona a cobrir és menuda ja que el terme de Navalón de Arriba comprén una superfície d'aproximadament 51 Km², encara que viuen al voltant d'un centenar de persones durant l'any. Per tant, sembla que les condicions són favorables per portar endavant una instal·lació amb gap-fillers i, principalment pel seu baix cost, s'adoptarà aquesta tecnologia front a d'altres solucions possibles.

Es considera que per a poder reemetre TDT amb bona qualitat els umbrals de recepció han de ser:

| P _R (dBμV) | P _R (dBm) | MER (dB) | BER |
|-----------------------|----------------------|----------|-------|
| >55 | >-51 | >23 | <1e-6 |

Taula 3. Umbrals de recepció gap-fillers.

Sempre s'ha de tenir visió directa entre el centre reemissor i el centre origen. També s'ha de tenir en compte que la distància màxima entre l'origen i el reemissor no pot superar els 67 Km (distància màxima per estar dins de l'interval de guarda), ja que una distància superior pot trencar la sincronització XFU. En aquest cas, la distància que separa el Montdúver amb Navalón és de 54,56 Km; per tant, la distància entra dins de l'umbral.

Una mesura de camp a la torre dona, a 4 metres, els següents resultats:

| Origen del senyal | Visió directa | MUX | CH | Nivell (dBμV) | MER (dB) | BER |
|-------------------|---------------|------|----|---------------|----------|------|
| Montdúver | Sí | RGE1 | 58 | 73 | 34 | 9e-8 |
| Montdúver | Sí | MPE1 | 46 | 75 | 33 | 9e-8 |
| Montdúver | Sí | MPE3 | 43 | 74 | 35 | 9e-8 |
| Montdúver | Sí | MPE2 | 40 | 76 | 32 | 9e-8 |
| Montdúver | Sí | MPE4 | 28 | 75 | 33 | 9e-8 |
| Montdúver | Sí | RGE2 | 22 | 74 | 33 | 9e-8 |

Taula 4. Mesures de camp des del reemissor.

Tenint en compte l'increment que suposa en el pressupost la instal·lació d'un emissor amb moduladors, i que els nivells de recepció de senyal de TDT que prové del Montdúver es troben dins dels umbrals establerts a la taula 4, la solució proposada és un centre reemissor amb gap-fillers:

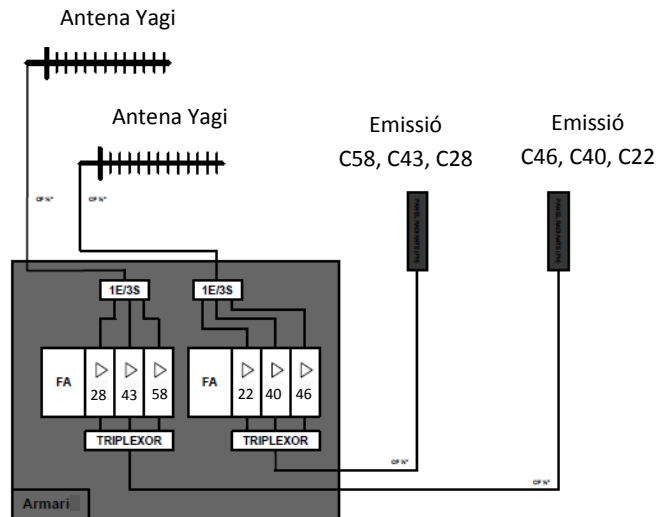


Figura 9. Disseny dels equips a instal·lar.

S'instal·len dos yagis en previsió de la posterior instal·lació de la segona fase amb la resta de múltiplex. Si solament se'n instal·lara una, caldria instal·lar repartidors i ens farien perdre 3dB en cada canal de recepció. L'altura de la instal·lació és la més allunyada possible dels panells receptors mantenint la visió directa amb el Montdúver. La major directivitat de les yagis augmenta el marge d'aïllament.

S'instal·len dos triplexors d'eixida i dos panells emissors pel mateix motiu que s'instal·len dos yagis: no augmentar la complexitat dels filtres. Les tres entrades queden multiplexades en una única eixida. Es trien panells de quatre dipols pel seu elevat guany i l'ample del seu diagrama de radiació, que permet una àmplia cobertura.

5.4 Mesures de cobertura.

Els diagrames de cobertura són instruments bàsics per a la planificació de projectes. A través d'aquests diagrames és possible predir amb gran exactitud els nivells d'intensitat de camp rebuts en punts concrets.

5.4.1 Models de propagació

Les tecnologies sense fil es troben en constant evolució, per la qual cosa els mètodes de planificació de cobertura també han d'evolucionar. Aquests mètodes seran utilitzats en funció del tipus de recepció (fixa o mòbil) i de la seua ubicació (grans àrees metropolitanes, xicotetes àrees rurals).

Per tal de planificar la cobertura del senyal de TDT cal disposar de la informació cartogràfica de la zona en una d'aquestes resolucions:

- Dades de resolució baixa: descriuen el terreny amb una precisió de 300 metres. Aquest tipus de cartografia s'utilitza per a propòsits de coordinació i ràpid dimensionat de la xarxa. La planificació amb precisió d'àrees urbanes no es pot realitzar amb aquest tipus de dades.

- Dades de resolució mitja: descriuen el terreny amb una precisió d'entre 10 i 50 metres. Aquesta predicció de cobertura es basa en dos tipus de fitxers cartogràfics:
 - El modelat digital del terreny: descriu cada píxel amb la seua altitud respecte al nivell del mar.
 - El fitxer de 'clutter': descriu el tipus de terreny. Aconsegueix major precisió utilitzant una aproximació estadística ja que cada tipus de terreny presenta els seus propis paràmetres de propagació.

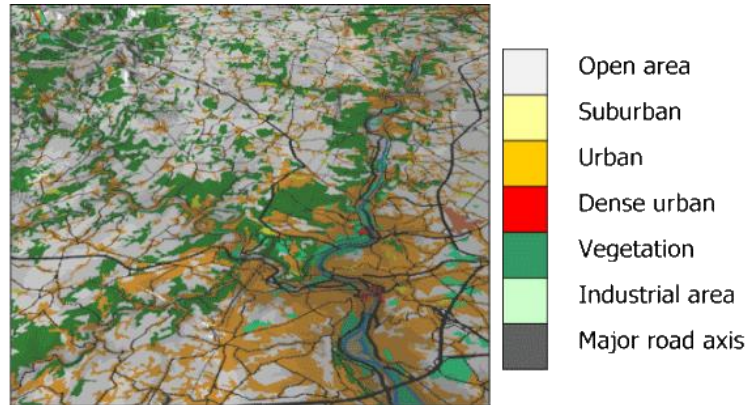


Figura 10. Tipus de terreny.

Utilitzant aquesta resolució cartogràfica del terreny, el següent pas es triar un model de propagació:

- Model estadístic o empíric. Aquest modela l'entorn com una sèrie de variables aleatòries. Ofereixen menys precisió però requereixen poca informació sobre l'entorn, i és molt més senzill processar les dades per generar les prediccions. Utilitzen mesures tècniques de distàncies, altura mitjana dels edificis, amplària típica dels carrers, etc. i es troben explicats a la ITU-R 1546.
- Model determinista. Aquest fa ús de les lleis de propagació electromagnètica per determinar el senyal rebut en un punt concret. S'utilitza normalment sota la recomanació ITU-R 525/526, i s'afegeixen els efectes de la propagació (difracció, atenuació "sub-path", etc). Cal considerar també la posició del receptor, és a dir, si es troba per damunt de l'obstacle o dins d'aquest.

Les dades de resolució mitjana no donen informació de l'altura real dels edificis sino que contenen informació estadística sobre l'ocupació terrenal. Això restringeix la utilització d'aquests models per a altes freqüències, on qualsevol objecte que es trobe per damunt del sòl és un obstacle físic per a la propagació del senyal.

Per al càlcul de cobertura d'interiors no es pot utilitzar aquest mètode.

Les dades de resolució alta descriuen el terreny amb una gran precisió. Es modelen tots els objectes que puguin generar un canvi en la propagació (arbres, edificis, etc).

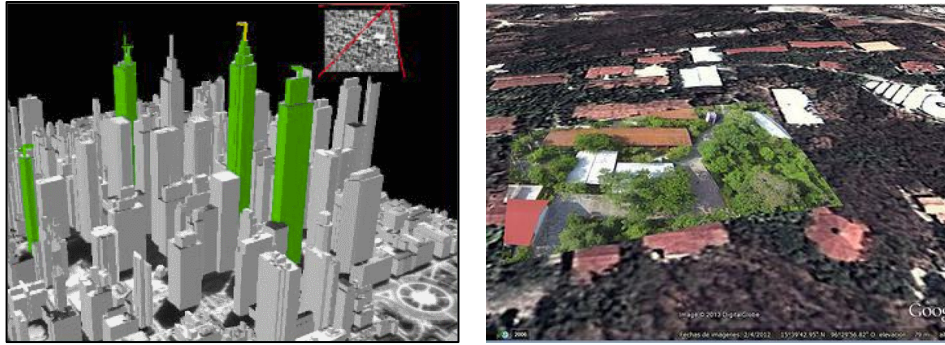


Figura 11. Exemples cartografia en alta i mitja resolució respectivament.

Dependent del tipus de tecnologia i de la ubicació del receptor, s'utilitza una resolució o un altra. Per exemple, per a telefonia mòbil caldria utilitzar alta resolució ja que els receptors poden estar tant en interior com en exterior. Per a TDT s'utilitza resolució mitjana, ja que les antenes receptores es troben principalment a les teulades de les vivendes.

5.5 Generació de cobertures.

5.5.1 Software utilitzat.

El software que es va a utilitzar per al càlcul de cobertures és el *RadioMobile*.

RadioMobile és un software de lliure distribució per al càlcul de radioenllaços de llarga distància en terreny irregular. Per fer els càlculs utilitza perfils geogràfics combinats amb la informació dels equips (potència, característiques de les antenes, pèrdues, etc) que es vagen a simular.

Aquest software es basa en el model *Longley-Rice*, un model de predicció troposfèrica per a transmissió d'enllaços de mitja-llarga distància via ràdio en terreny irregular. A més, compta amb múltiples opcions de recolzament al disseny i la simulació dels enllaços i les xarxes de telecomunicacions. Els paràmetres a introduir per a dur a terme qualsevol simulació permeten reflexar fidelment els equips reals que posteriorment ens van a instal·lar.

RadioMobile utilitza el perfil geogràfic de les zones de treball per a l'avaluació dels enllaços. L'obtenció d'aquests mapes es pot realitzar directament des d'una opció del software que permet descarregar-los d'Internet. Cal diferenciar tres tipus de mapes disponibles: els SRTM, els GTOPO30 i els DTED.

Tenint en compte el model de propagació que fa servir, permet treballar amb freqüències entre els 20MHz i els 40GHz i longituds de trajecte d'entre 1 i 2000Km.

5.5.2 Mapa de la zona.

Amb l'eina Google Earth hem cercat un mapa de la zona en qüestió on ha estat situada la pedania de Navalón i el centre emissor de TDT, el Montdúver, a més del punt exacte on s'ha d'instal·lar el reemissor Gap-filler.



Figura 12. Mapa de la zona afectada.

Com s'havia mencionat anteriorment, la distància en línia recta entre l'emissor i Navalón és de 54,56Km. Aquesta no seria un problema de no ser pel desnivell que sofreix el terreny entre els dos punts, com es pot apreciar a la figura 13.

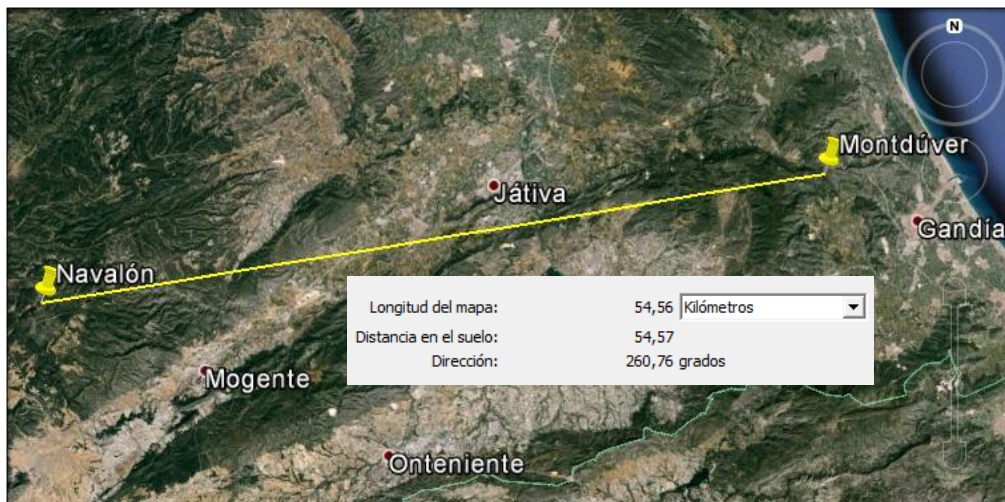


Figura 13. Mesura de la distància en línia recta.

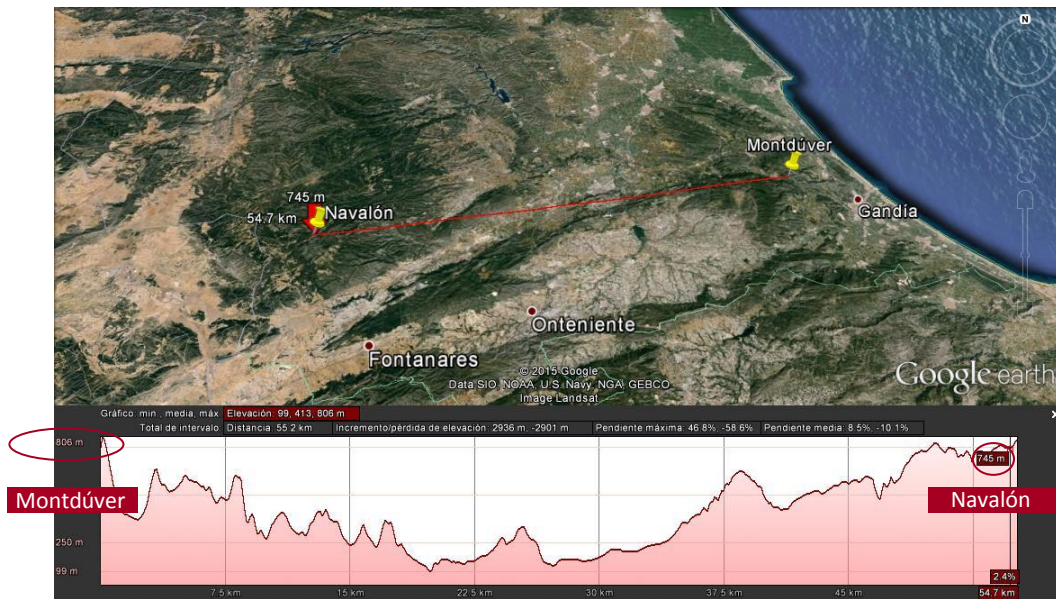


Figura 14. Desnivell de la zona.

A l'anterior figura es pot observar la cota de Navalón, situada en 745 metres, i al gràfic es veu clarament que es troba darrere d'una lloma, emplaçada entre l'emissor i el receptor, per la qual cosa es genera una zona d'ombra.

5.5.3 Configuració de RadioMobile i simulació de cobertures.

Per configurar RadioMobile, anirem al menú **File: Map properties**.

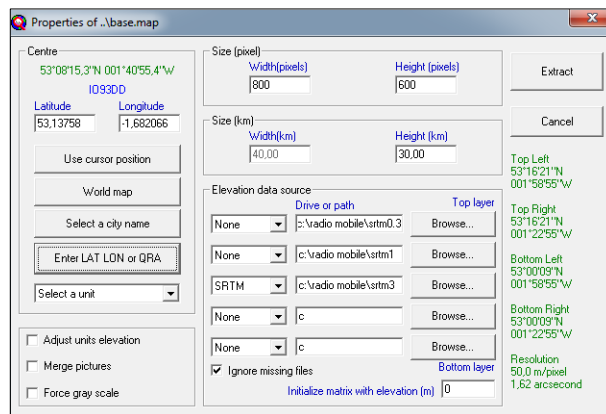


Figura 15. Configuració del mapa.

En aquesta pestanya cal introduir les coordenades del centre del mapa que es pretén mostrar. Per tant, s'introdueixen la latitud i longitud, i es clica **OK**.

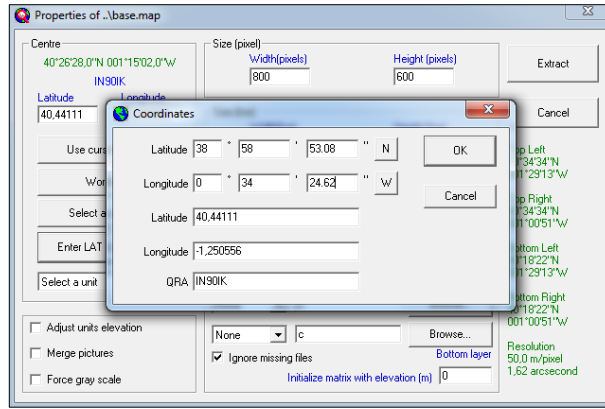


Figura 16. Coordenades del centre del mapa desitjat.

A continuació, a la figura 17, es configuren els paràmetres del mapa per a que es dibuixen les corbes de nivell cada 20m d'altitud al menú **File: Picture Properties**.

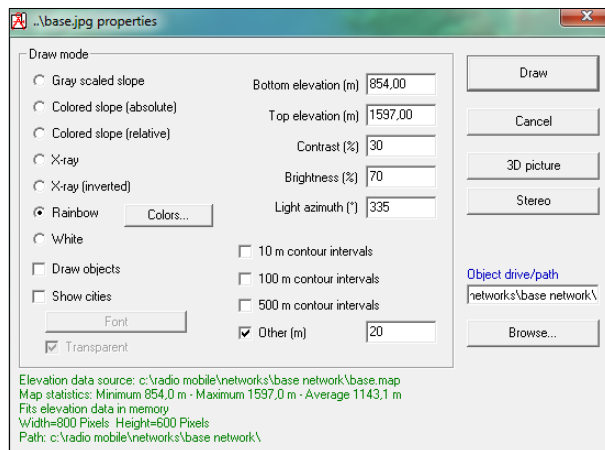


Figura 17. Configuració de les corbes de nivell cada 20m.

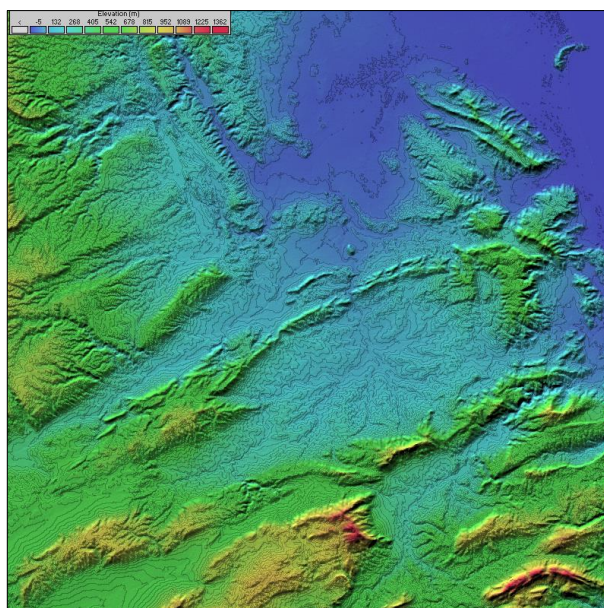


Figura 18. Mapa centrat en Navalón.

Tot seguit, es procedeix a configurar els emplaçaments: d'una banda el centre emissor del Montdúver, d'on prové el senyal primari que farà servir el reemissor de Navalón per reemitir-lo al municipi, d'altra el reemissor Gap-filler, i Navalón.

Al software, els emplaçaments se'ls denomina **units**. Caldrà donar-li nom a l'emplaçament així com introduir les coordenades per situar-lo al mapa.

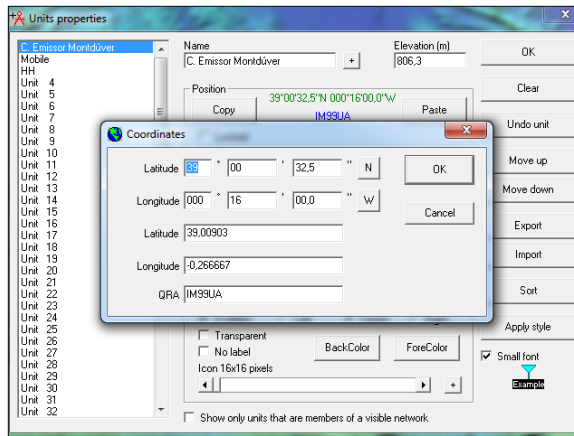


Figura 19. Creació de l'emplaçament del Montdúver.

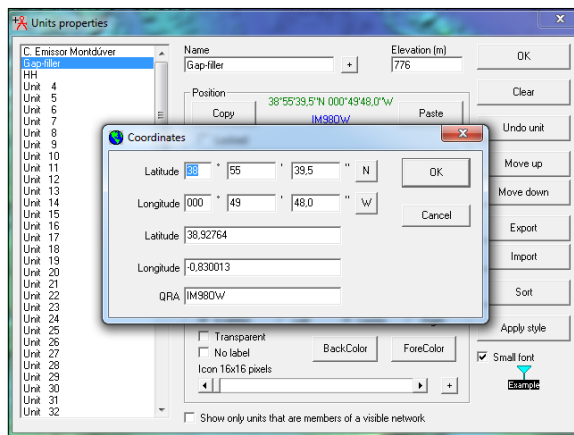


Figura 20. Creació de l'emplaçament del Gap-filler.

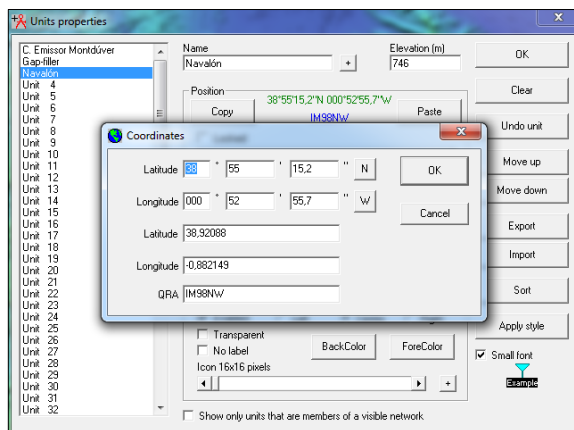


Figura 21. Creació de l'emplaçament de Navalón.

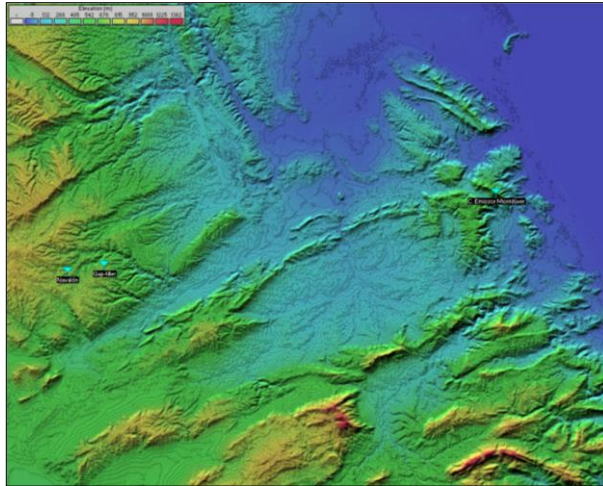


Figura 22. Mapa de la zona amb els emplaçaments.

Una vegada fet açò, es procedeix a configurar el radioenllaç al menú **File: Networks properties**. A la xarxa se li dona el nom de Montdúver-Gapfiller ja que es té en compte el senyal que radia el Montdúver i el senyal que rep el reemissor Gapfiller.

Es dona un rang de **frequències de 470 a 790 MHz**, que correspon a l'emissió actual de TDT, **Polarització Horitzontal i Broadcast**. El clima de la zona és semblant a un clima continental, per tant es selecciona **Continental Temperate**.

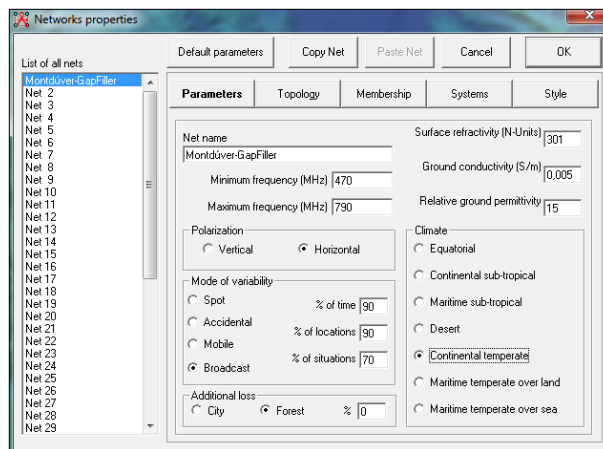


Figura 23. Creació de la xarxa Montdúver-Gapfiller.

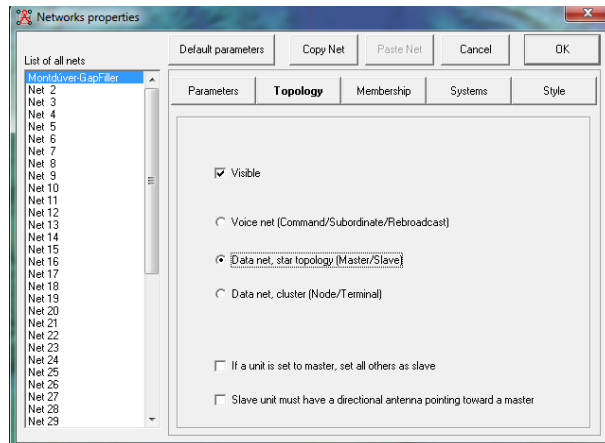


Figura 24. Topologia: Xarxa de dades Mestre-Esclau.

A la pestanya **Membership** cal seleccionar els emplaçaments que van a pertànyer a la xarxa. Al seleccionar C. Emissor Montdúver a la columna de l'esquerre s'haurà de seleccionar automàticament el *System 1*, i cal tenir en compte que al seleccionar Gapfiller s'ha de ficar en un sistema diferent, *System 2*.

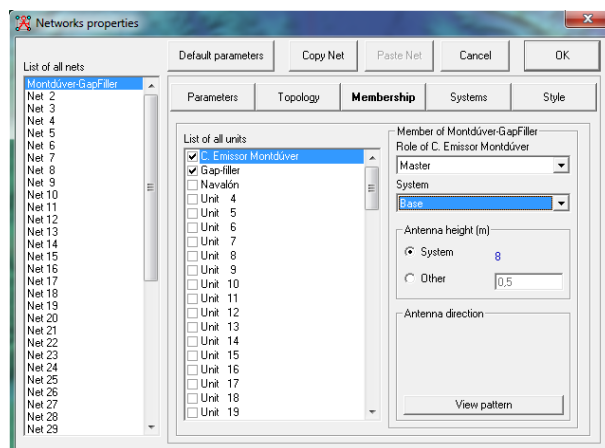


Figura 25. Membership C. Emissor Montdúver.

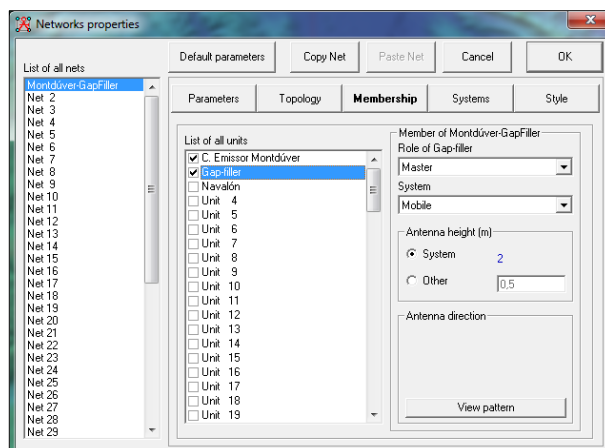


Figura 26. Membership Gapfiller.

A la pestanya **Systems** cal canviar el nom als diferents sistemes que configurem als passos anteriors per a les propietats dels membres de la xarxa. A *System 1*, que és l'associat al Montdúver, se li dona el nom de "Montdúver". També es configuren els demés paràmetres que calen per simular la xarxa tal i com s'observa a la següent figura. Les pèrdues dels cables es desprecien en aquest emplaçament.

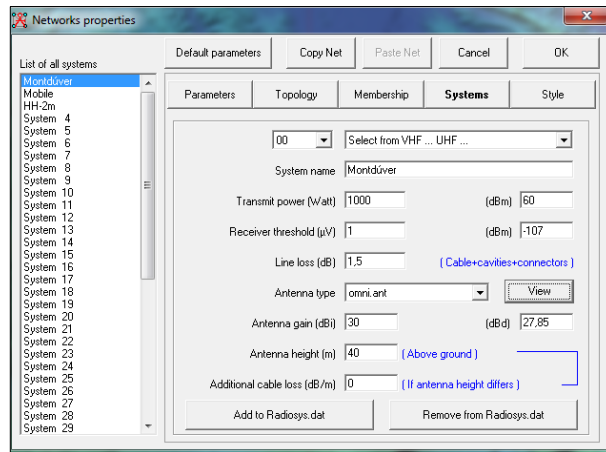


Figura 27. Configuració System 1: Montdúver.

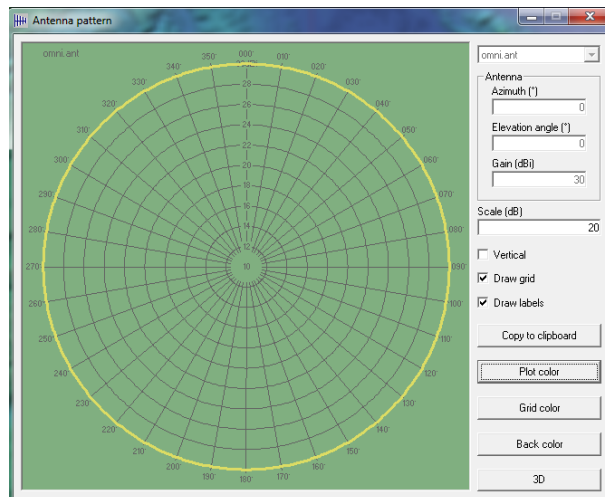


Figura 28. Diagrama de l'antena omnidireccional del Montdúver.

Com que el reemissor Gapfiller utilitza una antena direccional, cal configurar la seua direcció tal i com es mostra a la següent figura.

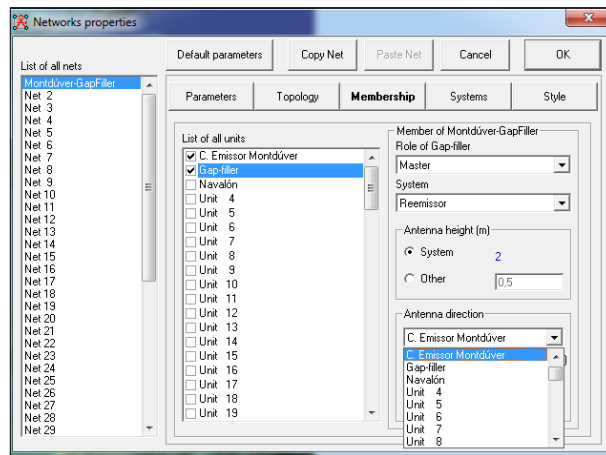


Figura 29. Configuració de l'antena direccional del reemissor Gapfiller.

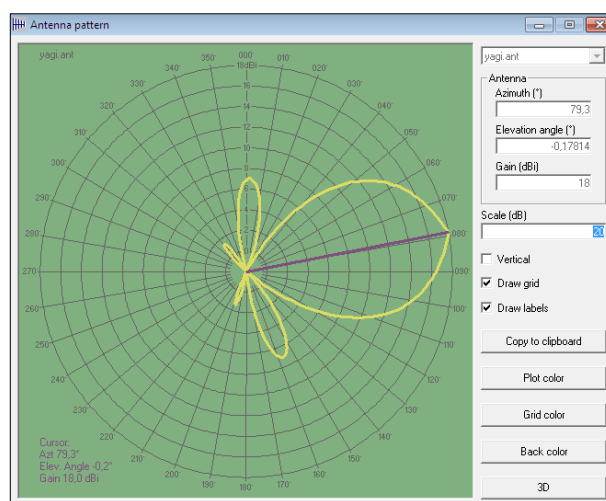


Figura 30. Diagrama de l'antena yagi receptora del Gapfiller.

A continuació es mostra el radioenllaç.

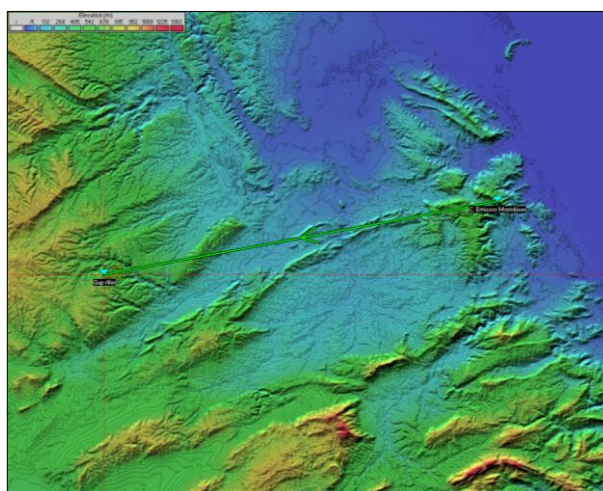


Figura 31. Xarxa Montdúver-Gapfiller.

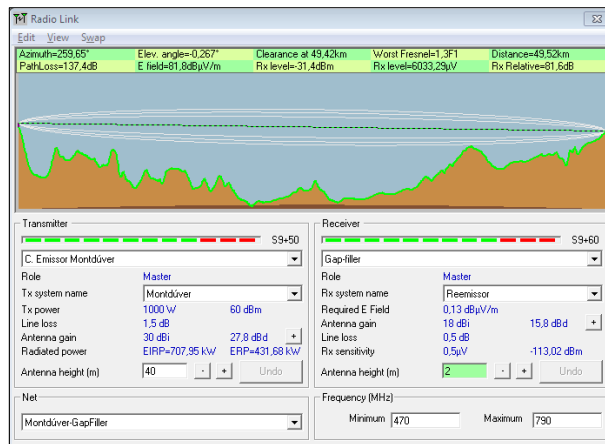


Figura 32. Radioenllaç per a la xarxa Montdúver-Gapfiller.

A la figura anterior, les zones on el contorn es mostra en color roig són aquelles on la cobertura del senyal no arriba correctament, i les zones en color verd aquelles on la cobertura arriba adequadament.

Es procedeix ara a crear un altra xarxa, seguint el mateix procés, aquesta vegada del Gapfiller a Navalón, per veure com el Gapfiller radia el senyal cap al poble. Tot seguit es mostren les imatges més significatives.

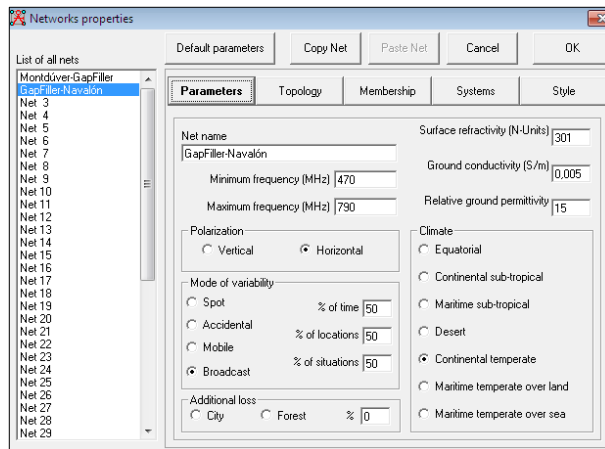


Figura 33. Creació de la xarxa Gapfiller-Navalón.

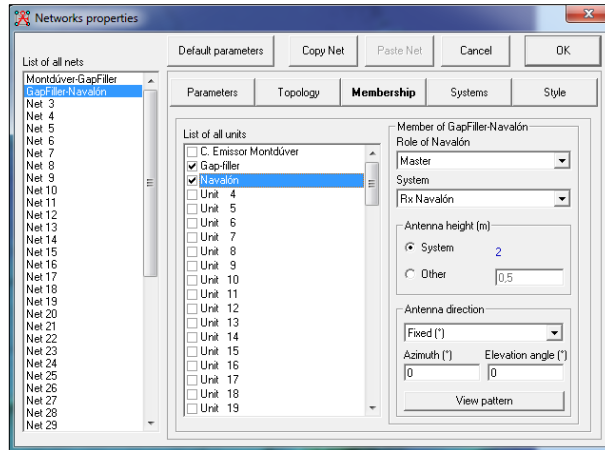


Figura 34. Membership Navalón.

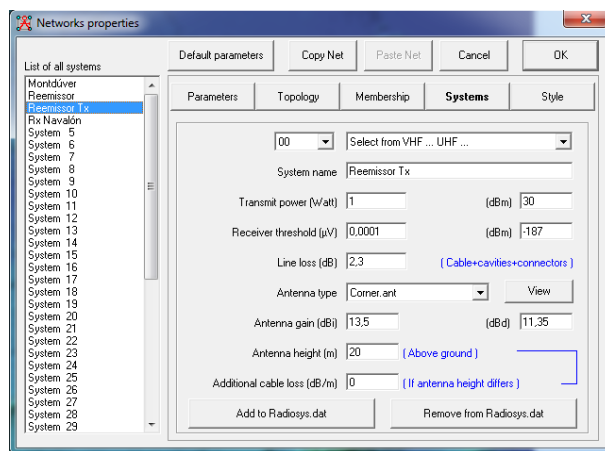


Figura 35. Configuració del reemissor TX.

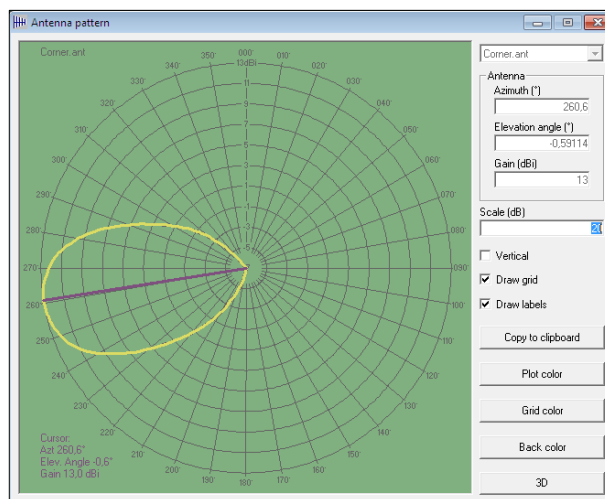


Figura 36. Diagrama de l'antena del reemissor.

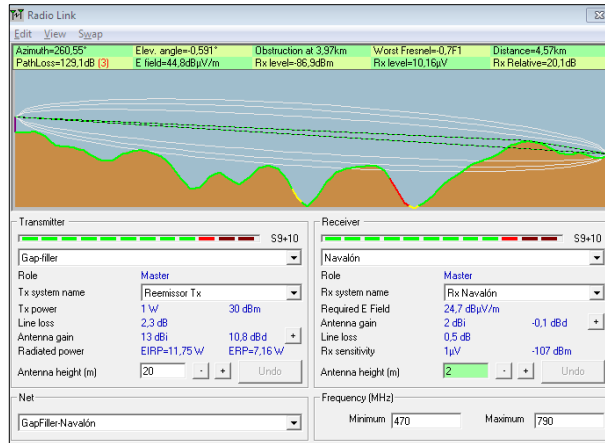


Figura 37. Radioenllaç per a la xarxa Gapfiller-Navalón.

Com que ja es tenen tots els paràmetres, xarxes i emplaçaments configurats es procedeix a calcular la radiació de cobertures. En primer lloc es va a simular la cobertura que radia el Montdúver. Cal seguir les següents indicacions: **Tools: Radio coverage: single polar**, o polsant **F3**.

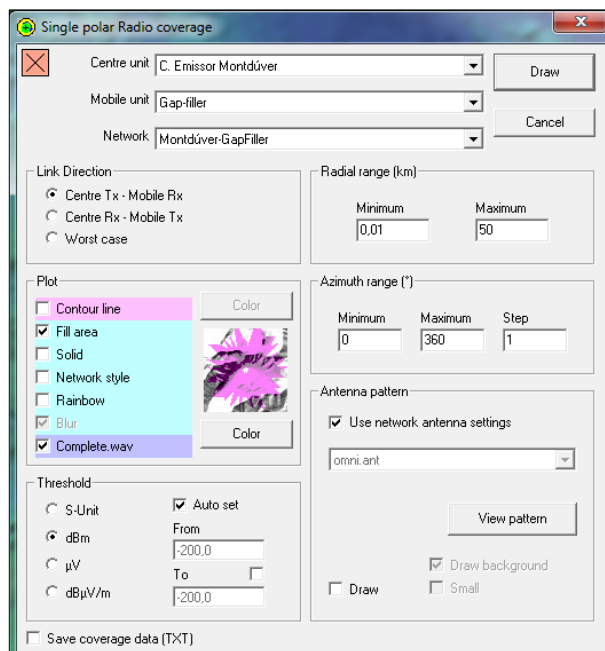


Figura 38. Configuració de la simulació de la cobertura del Montdúver.

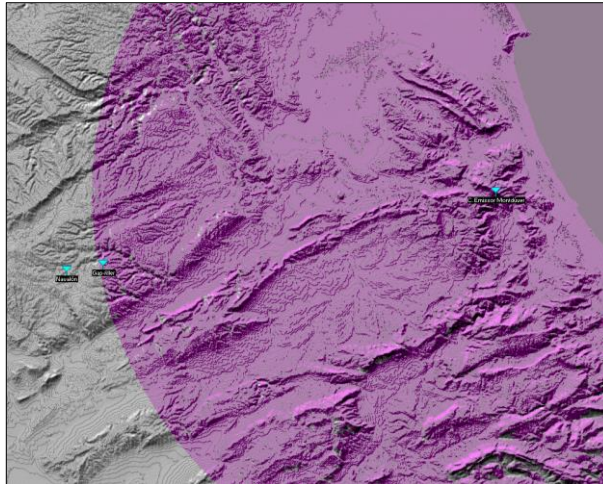


Figura 39. Cobertura del Montdúver al mapa.

A la figura anterior s'aprecia que Navalón es queda sense cobertura TDT. No obstant, el reemissor Gapfiller sí que rep correctament l'emissió del Montdúver.

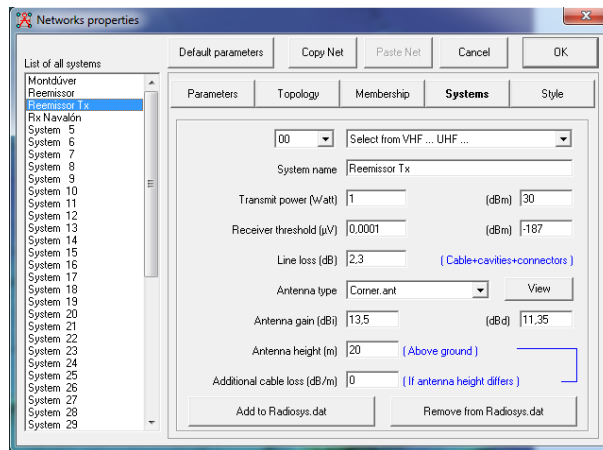


Figura 40. Configuració de la simulació de la cobertura del Gapfiller cap a Navalón.

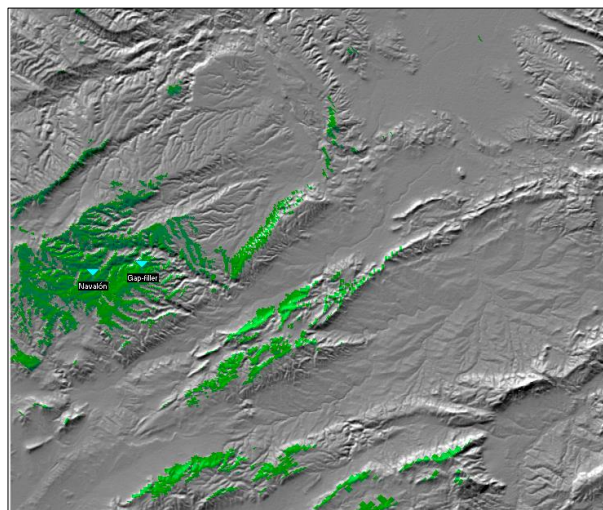


Figura 41. Cobertura del Gapfiller de Navalón.

Ara es torna a simular amb les cobertures juntes.

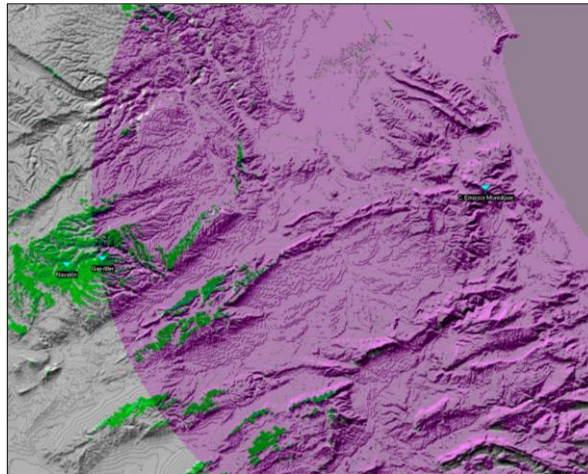


Figura 42. Cobertures del Montdúver i del Gapfiller al mapa.

A l'anterior figura, la cobertura en color verd es la radiada pel reemissor o gap-filler, i la de color morat la del Montdúver.

5.6 Equips a instal·lar.

5.6.1 Sistemes receptors.

S'instal·laran dos antenes Yagi model MANDARINEFOLDLTE per a freqüència d'UHF, adaptades al dividend digital (470-790 MHz), de la marca TECATEL, de les quals destaquen les següents característiques:

| | | | |
|-------------------------|---------|------------------|------------------|
| Marca | TECATEL | Model | MANDARINEFOLDLTE |
| Elements | 25 | Freqüència | 470-790 MHz |
| Ganancia (dB) | 18 | Canals | 21-60 |
| Impedància (Ω) | 50 | Relació D/A (dB) | > 27 |
| Angle apertura | 2x27° | Connector | F |

Taula 5. Característiques tècniques de l'antena Yagi model MANDARINEFOLDLTE.



Figura 43. Antena Yagi receptora.

Les especificacions tècniques de l'antena Yagi model MANDARINEFOLDLTE es troben a l'Annex A. Sistema receptor.

5.6.2 Reemisors o gap-fillers.

S'utilitzarà el microreemissor/gap-filler de la sèrie MRD 5000 d'Egatel, els quals amplien la cobertura d'una manera simple i econòmica tant en xarxes XFU com XFM. Cada canal està constituït per un únic mòdul, podent integrar fins 7 canals en un cofre de 19"-6U. Cada mòdul és totalment programable, possibilitant una ràpida configuració a diferents canals.

A més, el cancel·lador d'ecos limita eficaçment l'arriatat produït per un insuficient aïllament entre les antenes. L'unitat de control gestiona el sistema complet, demodula i mesura la BER dels canals emesos, i controla la telesupervisió a través de contactes, mòdem GSM, SNMP o Web Server.

A continuació es troben les característiques més importants:

| | | | |
|------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------|
| Marca | EGATEL | Model | MRD5010 |
| Mòduls | 7 | Freqüència | 470-790 MHz |
| Potència Eixida (abans del filtre) | DVB-T/-H/-T2 ISDB-T/-TB | 0,3 Wrms / 1,25 Wrms / 2,5 Wrms | |
| | ATSC | 0,45 Wrms / 2 Wrms / 3,75 Wrms | |
| Connector RF eixida | N (H) 50Ω | | |

Taula 6. Característiques tècniques del transmissor MRD5010 d'Egatel.



Figura 44. Transmissor MRD5010 d'Egatel.

A més, s'utilitzarà una font d'alimentació PS2410 també d'Egatel amb les següents característiques:

| | | | |
|--------------------------|---------------------|--------------------------|---------------|
| Marca | EGATEL | Model | PS2410 |
| Fonts | 1 (2 opcional) | Potència màxima per font | 240 W / 500 W |
| Voltaje d'entrada/eixida | 90-264 VAC / 24 VDC | | |

Taula 7. Característiques tècniques de la font d'alimentació PS2410 d'Egatel.

Les especificacions tècniques del Transmissor MRD 5010 i de la font d'alimentació PS2410 d'Egatel es troben a l'Annex B. Sistema transmissor.

5.6.3 Triplexores

S'instal·len dos triplexors de la marca Fringe, model TRI: un per als múltiples 58, 43 i 28, i un altre per als multiplex 46, 40 i 22. A continuació es troben les característiques més importants:

| | | | |
|-------------------------|--------|------------------|-------------|
| Marca | FRINGE | Model | TRI |
| Potència màxima | 5 W | Freqüència | 470-862 MHz |
| R.O.E. | >10 dB | Pèrdues inserció | < 1 dB |
| Impedància (Ω) | 50 | Connectors | N |

Taula 7. Característiques tècniques dels triplexors de Fringe.



Figura 45. Triplexor TRI de Fringe.

Les especificacions tècniques del triplexor TRI de Fringe es troba a l'Annex C. Catàleg reemissors TDT Fringe.

5.6.4 Distribuidors.

S'instal·len dos distribuidors de la marca Fringe, model D3N: un per als múltiples 58, 43 i 28, i un altre per als multiplex 46, 40 i 22. A continuació es troben les característiques més importants:

| | | | |
|-------------------|-----------|------------------|-----------------|
| Marca | FRINGE | Model | D3N |
| Nº Eixides | 3 | Freqüència | 470-862 MHz |
| R.O.E. | < 1.11 | Pèrdues inserció | < 0.05 dB |
| Potència màxima | 500 W | Error fase | < $\pm 1^\circ$ |
| Connector entrada | N femella | Connector eixida | 7/16 femella |

Taula 8. Característiques tècniques dels triplexors de Fringe.



Figura 46. Distribuidor D3N de Fringe.

Les especificacions tècniques del distribuidor D3N de Fringe es troba a l'Annex C. Catàleg reemissors TDT Fringe.

5.6.5 Sistemes radiants.

El sistema radiant es compon per dos panells de 4 dipòls de la marca Fringe, orientats en direcció 260,6°, prenent com a punt orige el nord geogràfic. L'angle d'inclinació dels panells serà -0,6° i la polarització horitzontal.

El sistema radiant presenta una ganància màxima de 13dBi i una obertura al pla horitzontal a -3dB de 56° en la direcció d'orientació del panell, per la qual cosa el sector de radiació a -3dB serà 232,6°.-288,6°.

El pla vertical presenta una obertura a -3dB de 26°. en cada sector de radiació. A cadascun dels panells emissors es connecta un cable *Celflex* ½ de 20m de longitud, que porta el senyal des del gap-filler.

Com que els connectors d'entrada dels panells són del tipus 7/16 f cal posar a l'extrem del cable un connector 7/16 m. L'altre extrem del cable es connectarà mitjançant un connector N f a un latiguillo format per connector N m, cable RG213 i connector BNC que permet de connectar amb l'equip Egatel MRD 5010, l'eixida del qual disposa d'un connector BNC f.

Cadascun d'ells donarà eixida als canals multiplexats en els triplexors. Per tant, un panell transmetra els canals 58, 43 i 28 i l'altre panell els canals 46, 40 i 22.

| | | | |
|-------------------------|--------|-------------------|-------------|
| Marca | FRINGE | Model | P4N |
| Ganancia (dBi) | 13 | Freqüència | 470-860 MHz |
| Impedància (Ω) | 50 | Relació D/A (dB) | > 18 |
| Apertura horitzontal | 56° | Apertura vertical | 26° |

Taula 9. Característiques tècniques dels panells radiants de 4 dipòls de Fringe.



Figura 46. Panells radiants de 4 dipòls de Fringe.

Les especificacions tècniques del panell radiant de 4 dipòls de Fringe es troben a l'Annex C. Catàleg reemissors TDT Fringe.

5.6.6 Cables i connectors.

Els connectors utilitzats són estandarditzats per a transmissió UHF, de la marca Farnell, que es mostren a la següent figura:



Figura 47. Connectors BNC, 7/16, N mascle.

Les especificacions tècniques dels connectors es troben als següent annexos: Annex D. Connector BNC., Annex E. Connector 7_16. i Annex F. Connector N mascle.

6. IMPACTE MEDIAMBIENTAL I SEGURETAT

Les noves tecnologies i el sorgiment de noves aplicacions a l'àmbit de les telecomunicacions ha requerit d'una ampliació de la xarxa de centres emissors existents. Aquesta ampliació s'ha produït molt ràpidament, de vegades a un ritme tan elevat que ha impossibilitat una òptima planificació, amb una extensa topologia d'estacions instal·lades.

La implantació de qualsevol tecnologia nova pot afectar negativament al medi ambient, independentment dels beneficis que pugui aportar a la societat. Cal tenir en compte aquest impacte mediambiental ja que deriva de la necessitat, d'una banda, de distribuir els centres emissors i reemissors per tot el territori i, d'altra, de tenir instal·lacions que facen possible la recepció del senyal a cada llar.

En el present cas, gràcies a l'ubicació del reemissor, que és on es troben els antics equips analògics, no cal gestionar l'accés, l'energia, etc. Aquest fet suposa evitar un impacte negatiu afegit en quant a l'imatge i la natura que envolta l'emplaçament: no cal talar arbres, construir una nova torreta i caseta, vallat de l'emplaçament, adequar el camí fins a la torreta, etc.

6.1 Emissions radioelèctriques.

Amb motiu de les característiques de la instal·lació d'un centre reemissor de TDT, cal prendre mesures per assegurar i controlar que els nivells d'exposició tant de les persones com del medi ambient es troben dins dels límits establerts. Per tant, caldrà adreçar-se a la normativa oficial publicada al BOE.

En aquest apartat s'inclouran els estudis que calga per a l'estació per garantir la protecció sanitària front a emissions elèctriques conforme a les condicions establertes per la legislació vigent (Ordre CTE/23/2002, d'11 de gener, de desenvolupament del Reial Decret 1066/2001, de 28 de setembre en el qual s'aprova el Reglament que estableix les condicions de protecció del domini públic radioelèctric, restriccions a les emissions elèctriques i mesures de protecció sanitària front a les emissions radioelèctriques).

6.1.1 Càlcul i mesura dels nivells d'exposició radioelèctrica.

Atenent a la classificació de les "Normes bàsiques per a la realització de projectes tècnics d'estacions de radiodifusió (sonora i televisió)" de la SETSI, aquest projecte es tracta d'una estació del tipus ER5. Per tant, en aquest cas no cal la medició dels nivells d'exposició de l'entorn d'aquestes estacions, siguent suficient la justificació de que el volum de referència no incideix en zones amb presència habitual de persones, i que el nivell d'exposició màxim que podria aportar l'estació en la més pròxima de les esmentades zones és inferior al nivell de decisió.

6.1.2 Estudi dels nivells d'exposició de l'entorn.

Segons allò indicat a l'apartat 3.9 de les Normes de la SETSI anteriorment mencionades, degut a que l'emplaçament de l'estació es correspon amb una zona rural

aïllada (estació tipus ER5), no caldrà la medició dels nivells d'exposició a l'entorn en l'esmentada estació.

6.1.3 Determinació del volum de referència.

Per determinar el volum de referència es calcula, en primer lloc, la distància mínima de protecció a partir de la següent expressió:

$$D_{max} = \left[\frac{M * PIRE}{4\pi S_{max}} \right]^{1/2}, \text{ on} \quad M = 2,56 \text{ (condicions de reflexió típiques)}$$

S_{max} (W/m²) = cal mirar el valor per al pitjor cas, que serà a una determinada freqüència.

PIRE (W) (per als 6 múltiplex)

El resultat D_{max} indicarà a partir de quants metres, prenent com a origen l'antena, es considera camp llunyà.

6.1.4 Distància de camp llunyà.

L'ORDRE CTE/23/2002, d'11 de gener, disposa que: com a criteri pràctic i aproximat, per establir el límit entre «camp pròxim» i «camp llunyà», s'estableix, per a freqüències inferiors a 1 GHz:

- Si $d > 3\lambda$: «camp llunyà», Si $d < 3\lambda$: «camp pròxim»

on d es la distància des del punt de mesura a l'antena l'emissió de la qual es pretén mesurar i « λ » és la longitud d'ona a la freqüència d'estudi.

Avaluat per al pitjor cas, és a dir, a una determinada freqüència, la distància de camp llunyà es calcula amb la següent expressió:

$$d = 3\lambda = \frac{3 * c}{f_{pitjor cas}}$$

6.1.5 Volum de referència.

Es calcula el volum de referència a partir de l'aproximació més pessimista, és a dir, com una esfera centrada en el centre elèctric de l'antena i de radi, en aquest cas, la distància del camp llunyà.

6.2 Proteccions de seguretat de l'estació transmissora.

En aquest apartat cal incloure els sistemes de seguretat adoptats a l'estació transmissora, atenent a la normativa vigent, per evitar els danys que puguen produir-se per descàrregues elèctriques, tals com parallamps, preses a terra dels equips i instal·lacions elèctriques, etc.

A l'Annex G es recullen els sistemes de seguretat relacionats amb els contactes elèctrics.

7. PRESSUPOST

A continuació es detalla breument el pressupost aproximat per portar a terme aquest projecte:

7.1 Equip transmissor.

| Quantitat | Descripció | Preu U. | Total |
|--------------------------|--|-----------|----------|
| 1 | Equip microreemissor / gap-filler de 6 canals radioelèctrics Egatel Ref. MRD5010 | 9.300,00 | 9.300,00 |
| 1 | Font d'alimentació Egatel Ref. PS2410 | 200,00 | 200,00 |
| 1 | Armari per a l'allotjament d'equips Tredess Ref. 8571 | 1.000,00 | 1.000,00 |
| TOTAL EQUIP TRANSMISSOR: | | 10.500,00 | |

Taula 10. Pressupost aproximat de l'equip transmissor.

7.2 Sistema radiant.

| Quantitat | Descripció | Preu U. | Total |
|------------------------|---|----------|---------|
| 2 | Panell emissor Fringe Ref. P4N | 1200,00 | 2400,00 |
| 2 | Latiguillos-BNCm – RG213-Nm Farnell Ref.108-1275 | 120,00 | 240,00 |
| 2 | Connectors 7/16m-1/2" Farnell Ref. 16_N-50-7-26/133_N | 20,00 | 40,00 |
| 2 | Connectors Nf-1/2" Farnell Ref. R191.722.000 | 20,00 | 40,00 |
| 40 | Metres Cable 1/2" Farnell Ref. 1337803-1 | 10,00 | 400,00 |
| 1 | Ferramentes i material | 200,00 | 200,00 |
| TOTAL SISTEMA RADIANT: | | 3.320,00 | |

Taula 11. Pressupost aproximat del sistema radiant.

7.3 Sistema receptor.

| Quantitat | Descripció | Preu U. | Total |
|-------------------------|---|----------|----------|
| 2 | Antena receptora Yagi TECATEL Ref. MANDARINEFOLDLTE | 90,00 | 180,00 |
| 2 | Distribuidor 3 eixides Fringe Ref. D3N | 639,50 | 1.279,00 |
| 2 | Multiplexor de 3 canals (triplexor) Fringe Ref. TRI | 717,00 | 1.434,00 |
| 30 | Metres Cable 1/2" Farnell Ref. 1337803-1 | 10,00 | 300,00 |
| 2 | Connectors 7/16m-1/2" Farnell Ref. 16_N-50-7-26/133_N | 20,00 | 40,00 |
| 2 | Connectors Nf-1/2" Farnell Ref. R191.722.000 | 20,00 | 40,00 |
| TOTAL SISTEMA RECEPTOR: | | 3.273,00 | |

Taula 12. Pressupost aproximat del sistema receptor.

7.4 Mà d'obra de la instal·lació i posada en marxa

| Quantitat | Descripció | Preu U. | Total |
|---|---|----------|----------|
| 1 | Mà d'obra de la instal·lació, replanteig i posada en marxa de la instal·lació | 2.000,00 | 2.000,00 |
| TOTAL MÀ D'OBRA DE LA INSTAL·LACIÓ I POSADA EN MARXA: | | 2.000,00 | |

Taula 13. Pressupost aproximat de la mà d'obra de la instal·lació i posada en marxa.

7.5 Resum del pressupost.

| Quantitat | Descripció | Preu U. | Total |
|-------------------|--|-----------|-----------|
| 1 | Equip transmissor | 10.500,00 | 10.500,00 |
| 1 | Sistema radiant | 3.320,00 | 3.320,00 |
| 1 | Sistema receptor | 3.273,00 | 3.273,00 |
| 1 | Mà d'obra de la instal·lació i posada en marxa | 2.000,00 | 2.000,00 |
| TOTAL PRESSUPOST: | | 19.093,00 | |

Taula 14. Pressupost total aproximat.

8. POSSIBILITATS FUTURES DE LA TDT

A continuació es descriuen dos possibles línies d'investigació relacionades amb el present projecte:

- Després de llegir diferents articles amb relació a la TDT actual i analitzar les especificacions tècniques dels transmissors i reemissors que hi ha al mercat, s'ha observat que la majoria d'aquests suporten l'estàndard DVB-T2, una evolució de l'anterior estàndard que permet millorar la qualitat del senyal de les emissions de TDT. Països com Alemanya o Àustria ha començat a desenvolupar plans estratègics que els permeten migrar a aquesta nova tecnologia. Per tant, en aquelles zones d'Espanya on encara no utilitzen aquest estàndard es podria fer un estudi i planificar el disseny d'una nova xarxa de difusió de TDT amb la nova normativa DVB-T2.
- Un altre aspecte que s'haurà de tenir en compte en el futur és l'anomenat segon dividend digital. La Comissió Nacional dels Mercats i la Competència (CNMC) ha instat al Ministeri d'Indústria a no utilitzar la banda dels 700 MHz (canals radioelèctrics del 49 al 60) per a nous canals radioelèctrics i deixar-la lliure per a comunicacions mòbils, fonamental per a l'extensió de les xarxes mòbils de nova generació, segons consta a un informe del juliol passat.
A més, la ITU en 2012 ja va fer aquesta mateixa proposta de destinar la banda de 700 MHz a la telefonia mòbil, i pròximament es tornarà a reunir per tractar aquest segon dividend digital.
Així mateix, la Comissió Europea va encomanar a un grup d'experts presidits per Pascal Lamy un estudi sobre la qüestió. Fruit d'aquesta necessitat va nàixer un informe on es concreta la proposta d'alliberar la banda dels 700 MHz en 2020 (amb una flexibilitat de dos anys).

9. CONCLUSIONS.

Els objectius que es plantejaven al començament d'aquest projecte s'han assolit satisfactòriament. Al llarg d'aquest s'ha descrit, en primer lloc, la situació actual de la TDT a Espanya, tot fixant-se en la nova fase que recentment s'ha posat en marxa anomenada segon dividend digital. Aquesta primera fase possibilitarà el desplegament i l'evolució de les tecnologies mòbils de quarta generació per tal de que, en un plaç de cinc anys i amb una segona fase de reordenació de freqüències, la majoria dels usuaris de telèfons mòbils puguin tenir accés a banda ampla amb un mínim de velocitat de 30 Mbps.

En segon lloc, s'han presentat breument les característiques tècniques de la TDT centrant-se en el procés de digitalització, compressió, multiplexació i codificació del canal i modulació. Conèixer el senyal de TDT i les seues possibilitats ens fa ser conscients de la revolució digital en què estem immersos i què, des de fa uns anys, afecta la manera de viure del a gent, fent desaparèixer uns aparells i fent aparèixer d'altres. Tot açò queda enmarcat dins d'una normativa que cal conèixer ja que estableix l'ordenació de l'espectre radioelèctric corresponent a la TDT.

Per últim, cal dir que s'ha assolit també l'objectiu principal del projecte: el disseny d'una ampliació de cobertura TDT. Prenent un cas concret s'ha fet un estudi dels passos que caldria seguir per ampliar la cobertura del senyal de TDT a una zona d'ombra, on degut a l'orografia del terreny aquest senyal no es rep correctament. Per portar endavant el disseny ha sigut necessari familiaritzar-se amb el programa informàtic Radio Mobile, un software que ens ha permès calcular i dissenyar radioenllaços tenint en compte l'elevació del terreny per així ser capaços de saber si el senyal d'un transmissor arriba a la zona desitjada. D'altra banda, coneixent les característiques tècniques dels equips que calia utilitzar, s'han pogut realitzar les simulacions oportunes i assegurar-se de que Navalón rep correctament el senyal del Montdúver mitjançant un reemissor o gap-filler.

En la meua opinió, els dos estàndards principals en què es basa la Televisió Digital Terrestre, MPEG i DVB, estan en constant evolució i és un camp que ofereix moltes possibilitats d'investigació ja que caminem cap a una era cada vegada més tecnològica i a la recerca de sistemes amb major qualitat i major velocitat.

10. BIBLIOGRAFIA.

- [1] CASAS GONZÁLEZ, J. C. (2009). *Estudio y Análisis de cobertura de la señal de Televisión Digital Terrestre en zonas rurales del municipio de Lorca. Propuesta de solución a zonas de pobre recepción de señal con la instalación de reemisores de pequeña potencia o Gap-fillers*. Treball Fi de Carrera. Universitat Politècnica de Cartagena.
- [2] Comisió Nacional dels Mercats i la Competència (2014). *Informe sobre el proyecto de orden por la que se establecen las actuaciones que deben realizar los operadores prestadores de servicios de comunicaciones electrónicas móviles en la banda del dividendo digital para garantizar que la puesta en servicio de las estaciones emisoras en dicha banda no afecte a las condiciones existentes de recepción del servicio de televisión*. <<http://www.cnmc.es/TelecomunicacionesySAudiovisuales/ResolucionesTelecomunicacionesyAudiovisuales/detalle.aspx?idRow=45294>> [Consulta: juny 2015].
- [3] GARRALDA IRIARTE, L. (2014). *Extensión de televisión de ámbito autonómico en Navarra*. Treball Fi de Grau. Universitat Pública de Navarra.
- [4] *"Itelsis GAP-FILLERS.pdf"*. Xarxes de difusió d'audio i video. Grau en Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació, So i Imatge. Escola Politècnica Superior de Gandia.
- [5] Localret, consorci de les administracions locals de Catalunya per millorar l'acció dels governs loacls en l'impuls de la societat de la informació. *"La televisió digital terrestre.pdf"*. <<http://www.localret.cat/recursos/guies/>> [Consulta: març 2015].
- [6] *"Manual de uso de RadioMobile UPC.pdf"*. Xarxes de difusió d'audio i video. Grau en Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació, So i Imatge. Escola Politècnica Superior de Gandia.
- [7] Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme sobre la Televisió Digital Terrestre (TDT) a Espanya. *"Guía sobre la liberación del Dividendo Digital.pdf"*. <<http://www.televisiodigital.gob.es/Paginas/Index.aspx>> [Consulta: maig 2015].
- [8] *Portal d'informació de la TDT*. <<http://www.tdt1.com/>> [Consulta: març 2015].
- [9] *Portal d'informació dels estàndards DVB*. <<https://www.dvb.org/>> [Consulta: març 2015].
- [10] *Portal d'informació del Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme sobre la Televisió Digital Terrestre (TDT) a Espanya*. <<http://www.televisiodigital.gob.es/Paginas/Index.aspx>> [Consulta: maig 2015].
- [11] *Portal d'informació del Col·legi Oficial d'Enginyers de Telecomunicació*. <<https://www.coit.es/>> [Consulta: març 2015].
- [12] *Portal oficial de Farnell*. <<http://es.farnell.com/>> [Consulta: maig 2015].

- [13] *Portal oficial d'Electro Hispánica S.C.L.* <<http://www.ehfringe.es/index.html>> [Consulta: maig 2015].
- [14] *Portal oficial d'Egatel.* <<http://www.egatel.es/>> [Consulta: maig 2015].
- [15] *Portal oficial de Tecatel.* <<http://www.tecatel.com/icloud/>> [Consulta: maig 2015].
- [16] *Portal oficial de Radio Mobile.* <<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>> [Consulta: febrer 2015].
- [17] *"ProyectoTipoGapfillerCOIT.pdf"*. Xarxes de difusió d'audio i video. Grau en Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació, So i Imatge. Escola Politècnica Superior de Gandia.
- [18] *"T1 Introducción Sistemas Difusión.pdf"*. Xarxes de difusió d'audio i video. Grau en Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació, So i Imatge. Escola Politècnica Superior de Gandia.
- [19] *"T2 Difusión analógica de vídeo y audio Curso 13-14.pdf"*. Xarxes de difusió d'audio i video. Grau en Enginyeria de Sistemes de Telecomunicació, So i Imatge. Escola Politècnica Superior de Gandia.
- [20] TELLO GUILLAMÓN, D. (2009). *Planificación Radio de Sistemas TDT: Estudio Práctico en un Entorno Rural*. Treball Fi de Carrera. Escola Politècnica Superior de Castelldefels.