

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grau en Eng. Sist. Telecom., So i Imatge



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Comparació de les prestacions i resultats dels programaris de simulació de propagació *Radio Mobile, Radiogis (versió demo) i Link Planner*”

TREBALL FINAL DE GRAU

Autor/a:
TERESA ALBEROLA CANET

Tutor/a:
**MARIA CONSUELO PART
ESCRIVÀ**

GANDIA, 2014

RESUM

L'objectiu del present treball és estudiar tres programaris informàtics de simulació de propagació. Al llarg del treball es realitzen diferents projectes en cadascun dels *softwares*, ja que cadascun ofereix unes prestacions. El primer programari que s'utilitza és el *Radio Mobile*, programari lliure, amb el que es realitza l'estudi d'una xarxa de radiodifusió de FM i de TDT amb els corresponents radioenllaços entre el centre de producció i el d'emissió. El segon programari a utilitzar és el *Radiogis* en la seua versió de prova, que té validesa durant 60 dies. Aquest programari informàtic s'instal·la sobre l'*ArcGIS*. El darrer *software* que s'utilitza és el *LinkPlanner*, el qual és propietat de *Cambium Networks*, amb el qual es realitza una xarxa de radiodifusió de FM.

Paraules clau: radioenllaç, radiodifusió, simulació de cobertura radioelèctrica.

ABSTRACT

This project's aim is to study three computer simulation programs. Each software develops several projects, depending on their features. The first software that will be studied is *Radio Mobile*. This is a free software. *Radio Mobile* is used to design FM's and TDT's broadcasting networks with radiolinks between center of production and emission . The second one is named *Radiogis*, in this project uses the trial version, and it's installed on *ArcGIS*. The last software is *LinkPlanner*, property of *Cambium Networks*. A FM radiolink is designed with it.

Key words: radiolink, broadcasting, simulation of radio coverage.

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	4
1.1. Radio Mobile.....	4
1.2. Radiogis (demo)	4
1.3. Link Planner.....	5
2. SIMULACIONS	5
2.1. Radio Mobile.....	6
2.1.1. Xarxa de radiodifusió FM.....	9
2.1.2. Xarxa de radiodifusió TDT	14
2.2. Radiogis	20
2.3. Link Planner.....	28
3. CONCLUSIÓ	34
4. REFERÈNCIES	35
ANNEX 1: Especificacions PTP	36
ANNEX 2: Informe enllaç <i>LinkPlanner</i>	38
ANNEX 3: Informe instal·lació enllaç <i>LinkPlanner</i>	40

1. INTRODUCCIÓ

El present treball pretén estudiar el funcionament de tres programaris informàtics de simulació de radio propagació: *Radio Mobile*, *Rdiogis* (demo) i *Link Planner*. A més a més, s'estudien les prestacions d'aquests programaris, així com també es vol estudiar quin programari és el més adequat depenent del tipus d'estudi que es realitze.

A continuació es comenten característiques bàsiques referents als tres programaris.

1.1. Radio Mobile

Aquest programari informàtic, desenvolupat per Roger Coudé, és un programari de simulació de propagació de radio propagació lliure. El *Radio Mobile* prediu quin serà el comportament d'un sistema de ràdio, simula radioenllaços i representa l'àrea de cobertura d'una xarxa de telecomunicacions, entre altres.

Radio Mobile treballa en el rang de freqüències entre 20MHz i 20GHz i està basat en el model de propagació ITM (*Irregular Terrain Model*). Aquest programari utilitza dades d'elevació del terreny que es descarreguen gratuïtament d'Internet per a crear mapes virtuals. Les dades d'elevació poden obtenir-se des de diverses fonts, d'entre elles, del projecte de la NASA *Shuttle Terrain Radar Mapping Mission* (SRTM), que dona dades d'altitud amb una precisió de 100m.

Cal parlar també de l'existència d'una pàgina web (<http://radiomobile.pe1mew.nl/>) que va ser creada per a resoldre el gran desavantatge que tenia aquesta aplicació, aquest era que *Radio Mobile* estava molt poc documentat, i la informació que hi havia estava mal estructurada i dispersats per Internet. En 2007 va ser creada aquesta web, i en ella es pot trobar tota la informació disponible de moltes fonts. També pot trobar-se en ella part de teoria i informació per a aquelles persones que no són professionals. El creador de la pàgina web determina que aquesta pàgina està en construcció permanent, ja que mentre el desenvolupador del programari seguisca fent canvis, la pàgina web anirà actualitzant-se.

Finalment cal mencionar l'existència d'un manual d'ús, encara que aquest no és gratuït.

1.2. Radiogis (demo)

El programari informàtic *Radiogis* és una ferramenta dissenyada per a l'entorn de Windows per a calcular la cobertura radioelèctrica de sistemes de radiocomunicació.

En el present treball, s'utilitza la versió de prova del programa, sent la versió completa de pagament.

Aquesta aplicació ha estat desenvolupada pel Grup d'investigació de sistemes de comunicació mòbils (SiCoMo) de la Universitat Politècnica de Cartagena, i treballa basant-se en un sistema d'informació geogràfica (GIS). Aquesta aplicació s'integra en el programari informàtic ArcGis com una barra de ferramentes més.

La pròpia barra de ferramentes inclou un botó on pot trobar-se un tutorial de l'aplicació, encara que en la versió de prova sols s'inclou una de les sis pràctiques disponibles.

1.3. Link Planner

El programari *Link Planner*, propietat de *Cambium Networks*, ha estat dissenyat per a simular enllaços punt a punt i enllaços punt a multipunt. Aquesta aplicació permet dissenyar aquestes solucions de forma gratuïta.

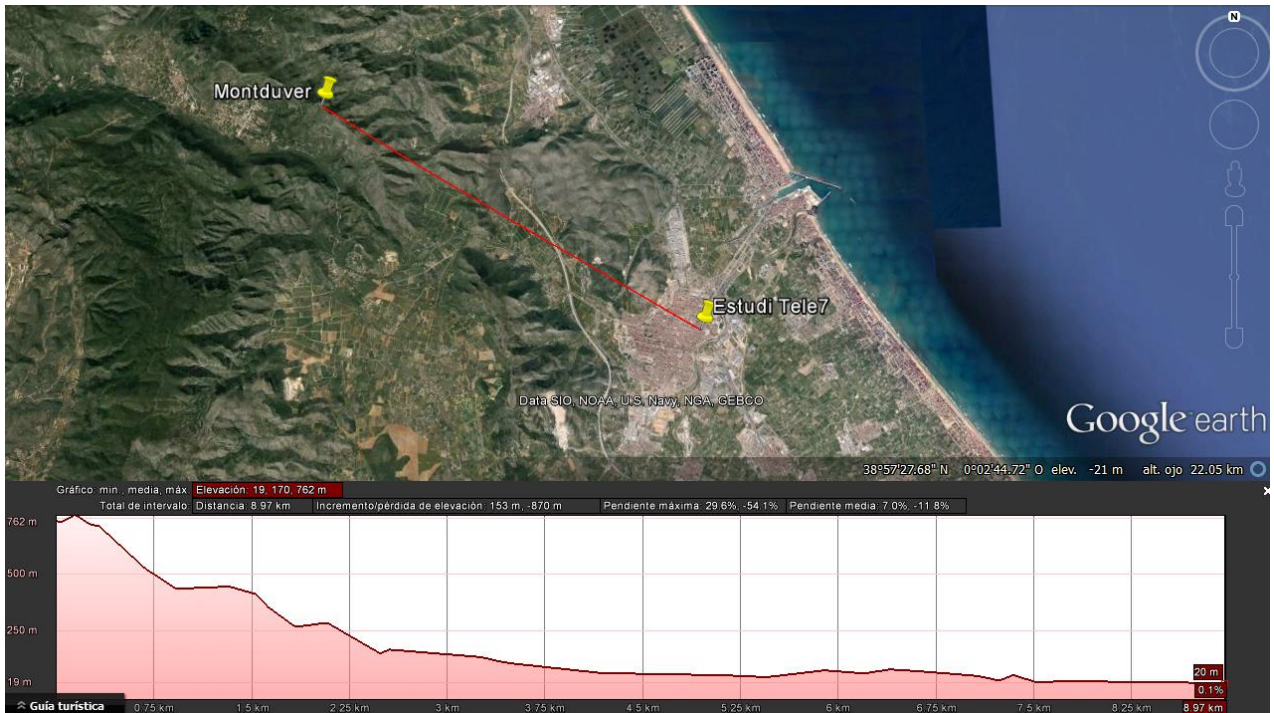
Existeix un fòrum on la comunitat usuària del programari pot participar.

L'inconvenient major que es troba en aquesta aplicació és el fet que sols poden utilitzar-se productes de la marca *Motorola*, fet que limita el disseny.

2. SIMULACIONS

En el present punt es van a realitzar-se simulacions amb cadascun dels programes esmentats, en el cas del *Radio Mobile* se'n faran dues, una per a senyal TDT i altre per a senyal FM, i per al *LinkPlanner* es realitzarà la simulació del radioenllaç.

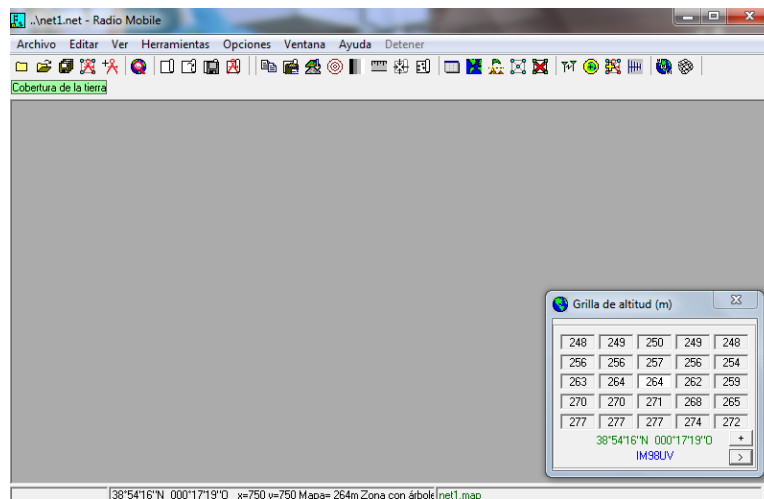
A continuació es mostra en la il·lustració 1 el perfil de la zona d'interès:



II-lustració 1: Perfil de la zona

2.1. Radio Mobile

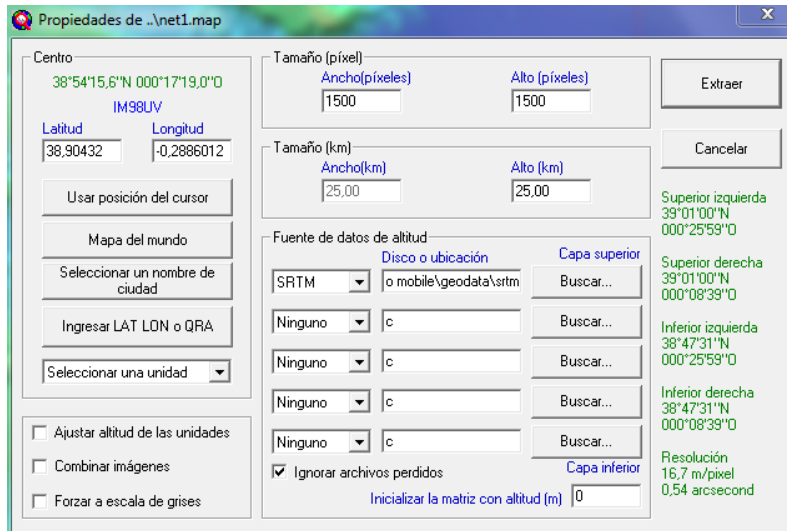
Una vegada instal·lat el programari *Radio Mobile*, s'executa i es troba amb el següent entorn:



II-lustració 2: Entorn

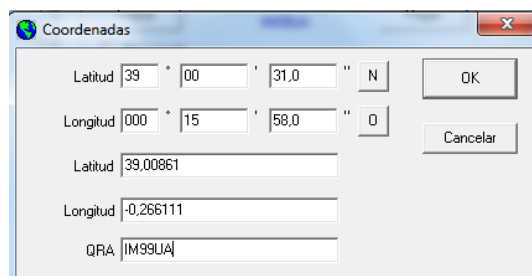
El primer que cal fer és configurar les opcions d'internet del programa, per tal d'indicar-li els directoris d'on s'han de carregar les dades del mapes.

Seguidament es procedeix a configurar el mapa que es desitja. Per a això s'ha d'obrir la finestra de les propietats del mapa que es troba si es desplega la pestanya del menú *Fitxer*.



II-Il·lustració 3: Propietats del mapa

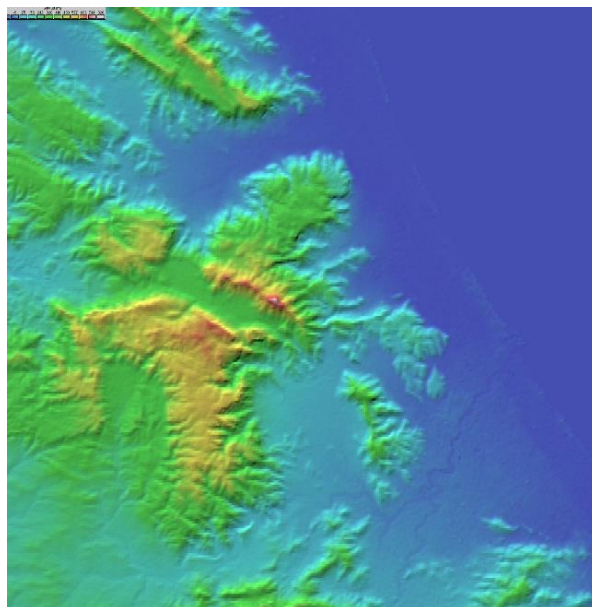
Per a cercar la zona d'interès, que en aquest cas és la zona del Montdúver – Gandia, cal introduir les coordenades desitjades en la part esquerra de la finestra. Com pot observar-se a la imatge 3, hi ha un botó que s'anomena *Ingressar LAT LON o QRA* si es prem, apareix la finestra que s'observa en la il·lustració 4, on s'introdueixen les coordenades.



II-Il·lustració 4: Coordenades al Radio Mobile

També s'introdueixen les característiques que es volen del mapa, com ara la superfície a mostrar (25x25 km) i la resolució en pantalla (1500x1500 píxels), com pot veure's a la imatge 3.

D'aquesta forma s'obté el mapa que es veu a continuació:



Il·lustració 5: Mapa inicial

Per tal d'orientar-se millor, és necessari superposar al mapa que s'obté les imatges del *google maps*, i s'obté el següent:

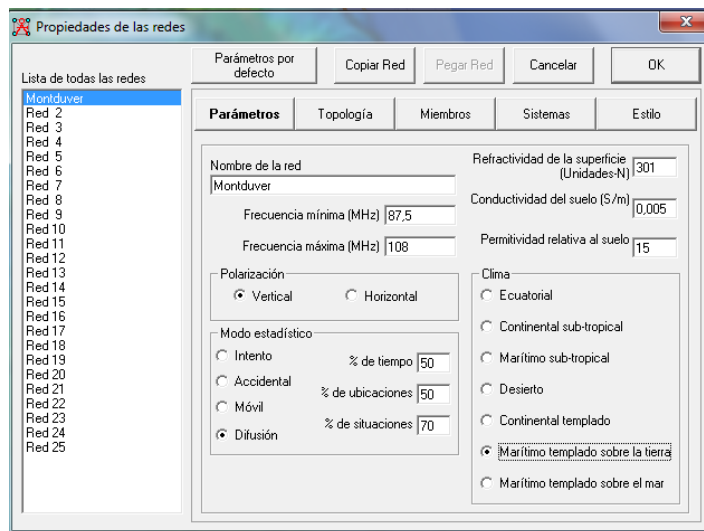


Il·lustració 6: Mapa de la zona d'interès

A continuació es prossegueix a estudiar, per una banda, un projecte de FM i per altra banda, un de TDT.

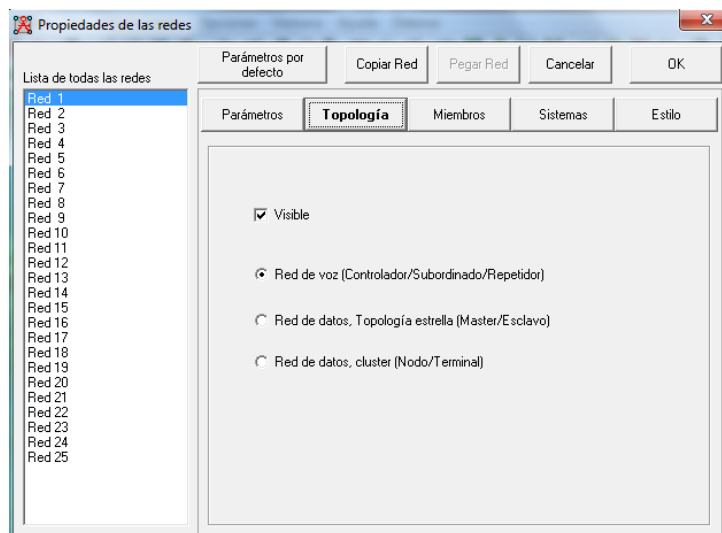
2.1.1. Xarxa de radiodifusió FM

Per a la configuració del radioenllaç per a FM, es configura la xarxa tal i com s'indica en la figura següent:



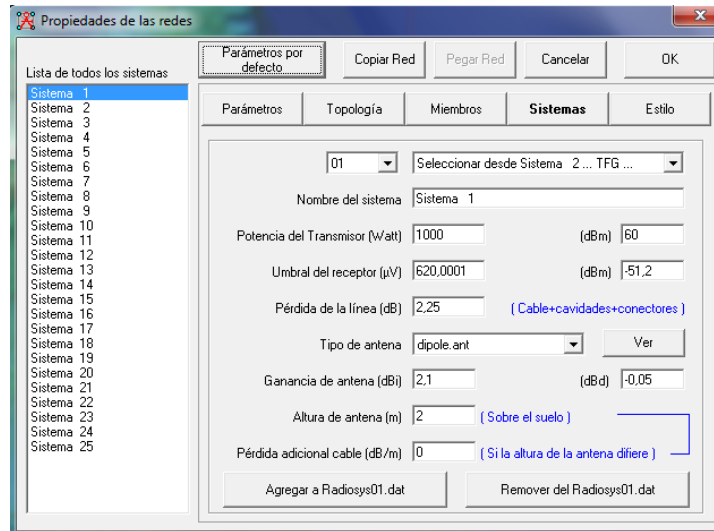
II-lustració 7: Propietats de la xarxa

El rang de freqüències d'interès, especificades a la imatge 7, són corresponents a la banda II de VHF. A més s'elegeix el tipus de clima que hi ha a la zona, marítim temperat sobre terra i el tipus de servici que es desitja donar, difusió.



II-lustració 8: Topologia

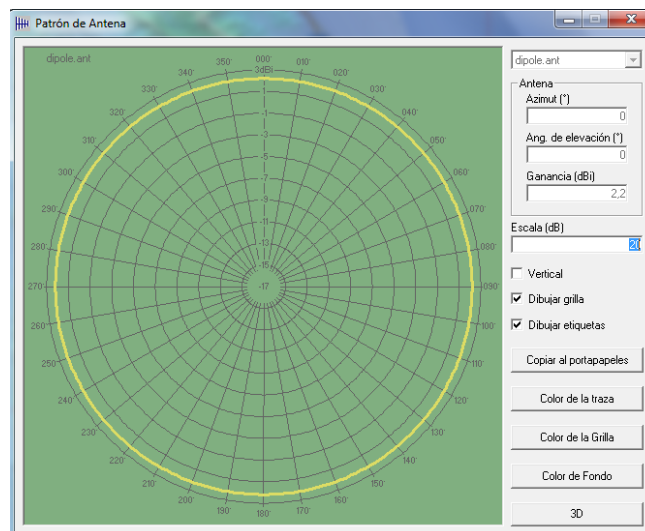
Pot observar-se a la il·lustració 8 que la topologia elegida és xarxa de veu, ja que s'està dissenyant un radioenllaç de FM. Amb aquesta tipologia poden elegir-se els rols de controlador, que serà l'emissor, el subordinat, que serà qui rep el senyal i repetidor.



II-lustració 9: Propietats de la xarxa

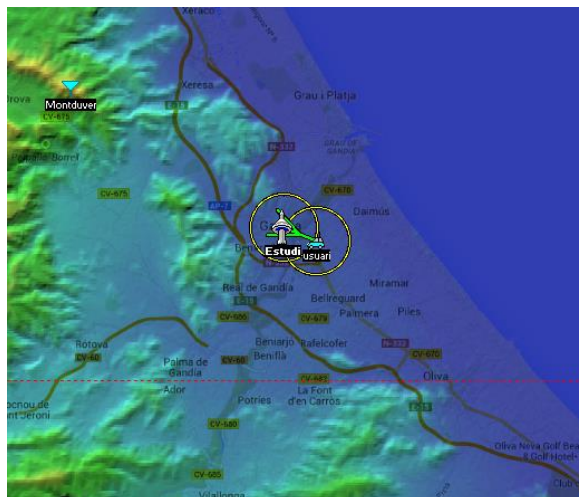
En la figura 9 s'observa la configuració de la xarxa. S'elegeix una potència d'1kW i un llindar del receptor de 620µV, aquest llindar s'elegeix per tal d'obtenir la intensitat de camp mínima per a assegurar una bona qualitat del senyal en recepció. Aquesta intensitat de camp ve definida per la recomanació UIT 412, que per a aquest cas és de 66 dBµV/m, ja que és un servici estereofònic en zona urbana.

L'antena que s'utilitza és un dipol omnidireccional i es suposen unes pèrdues pels elements connectors de 2,25dB.

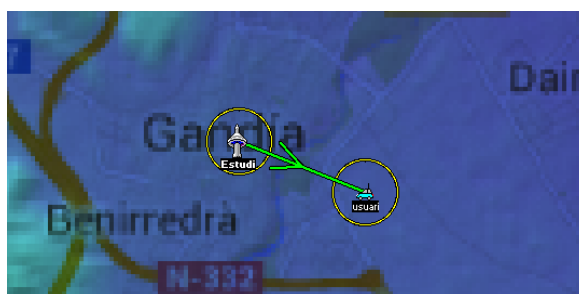


II-lustració 10: Patró de directivitat dipol

A continuació es mostra el radioenllaç:



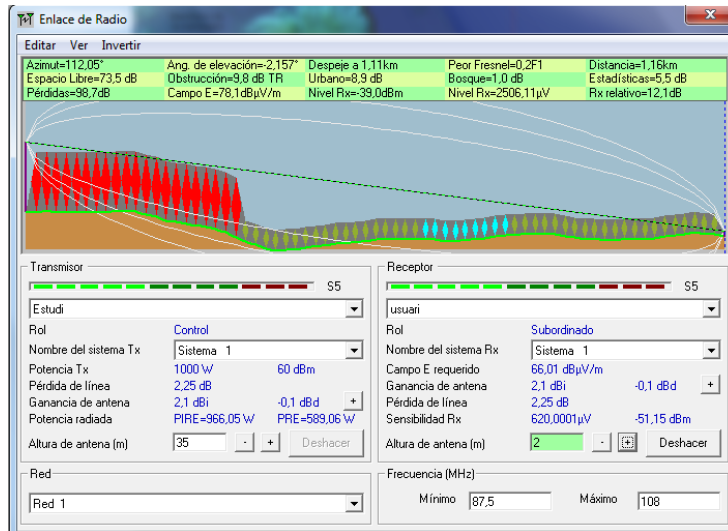
Il·lustració 11: Radioenllaç



Il·lustració 12: Detall del Radioenllaç

Encara que en la realitat hi hauran diversos receptors i que és molt probable que la majoria d'ells estiguen en moviment, per tal de realitzar la simulació s'estableix un usuari en un punt escollit a l'atzar. L'estudi està al C/Tossal nº14 de Gandia, on es troben els estudis de *Tele7*.

Amb la configuració mostrada a les imatges 5, 6 i 7 s'obté la següent simulació del radioenllaç, que pot observar-se a la imatge 13. Per tal de realitzar la simulació cal seguir la següent ruta: *Ferramentes* → *Enllaç de ràdio*.



II-Il·lustració 13: Simulació

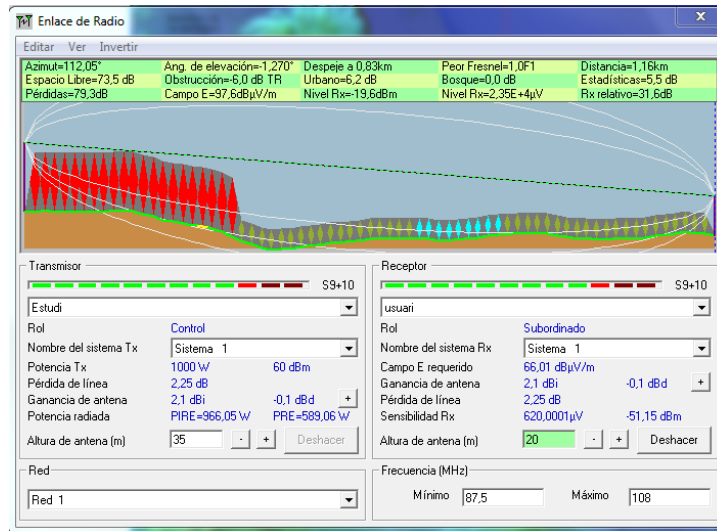
En la imatge 13 pot observar-se que el camp E requerit és suficient, major de 66 dBμV/m. A més a més, en la banda superior de la imatge es mostren una sèrie de dades tècniques de l'enllaç configurat, entre les quals es troba el nivell en recepció, angle Azimut, l'angle d'elevació, etc.

En la finestra que es mostra en la imatge anterior, pot observar-se que en la part esquerra estan les dades del transmissor, que és l'estudi de Tele7, i es veu que el rol que té configurat és de control. En la part dreta, configuració del receptor, es veu que l'usuari és el subordinat.

Pot veure's que hi ha bona recepció des de l'estudi al receptor fictici que s'ha configurat ja que la línia sobre la superfície el sòl és verda.

Pot observar-se que l'antena de l'estudi està a 35m d'altura, l'edifici té 20 metres i es suposa un masteler de 15m. Per altra banda, es suposa que el receptor és un cotxe, per això l'altura de l'antena receptora és de dos metres.

Si es suposa que el receptor està en un edifici, l'antena estaria a 20m d'altura i s'obtidria el que es veu a la imatge següent.

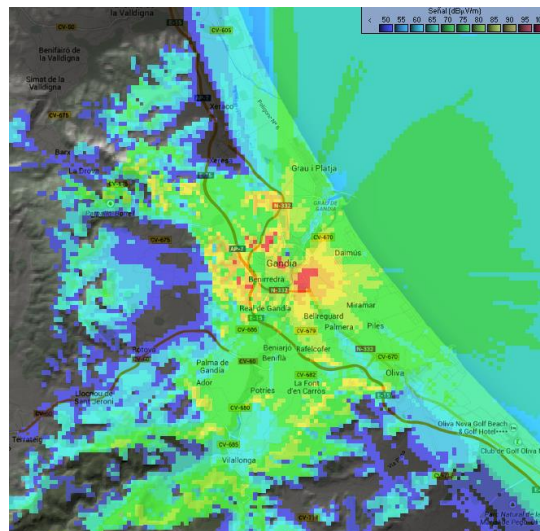


II-Il·lustració 14: Simulació (II)

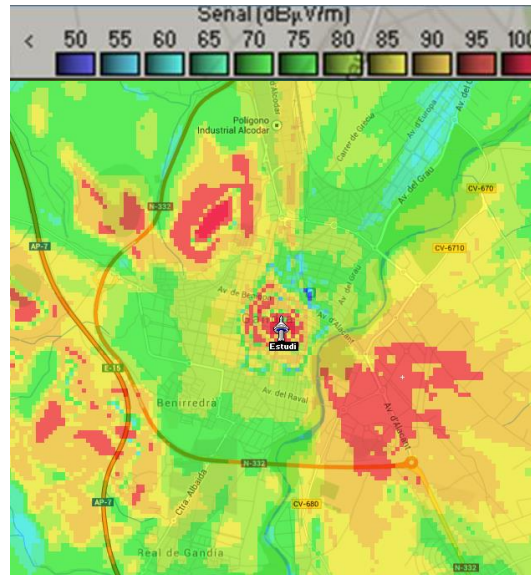
S'observa que, en aquest cas, el nivell rebut és superior que en el cas anterior, uns 20dBm més.

Per a acabar amb el radioenllaç de FM, es mostra la cobertura que s'obté. En aquest cas s'utilitza el mètode cartesià combinat, d'entre els que poden escollir-se.

En la imatge 15 es veu la cobertura que hi ha tenint en compte una superfície de 25km x 25km, mentre que en la imatge 16 s'observa amb detall quin és la cobertura en la ciutat de Gandia i quin camp E s'obté.



II-Il·lustració 15: Cobertura

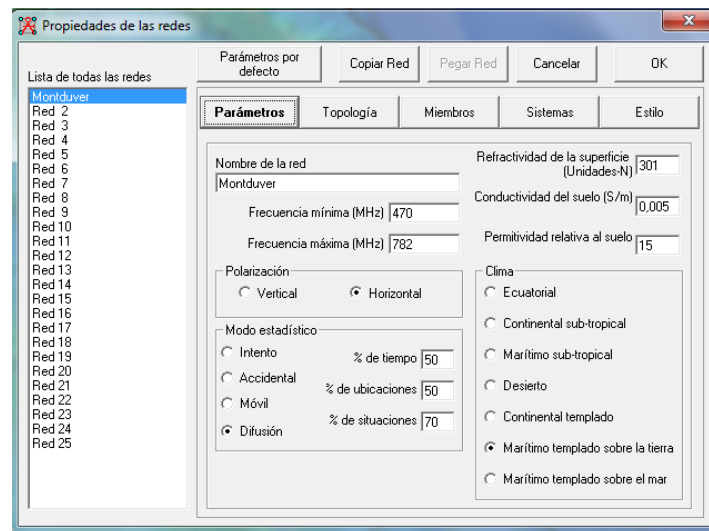


Il·lustració 16: Detall cobertura

En la il·lustració anterior es pot observar que el camp que s'obté a la major part de la ciutat de Gandia oscil·la entre 70 i 100 dBµV/m, camp superior al que es recomana a la UIT 412.

2.1.2. Xarxa de radiodifusió TDT

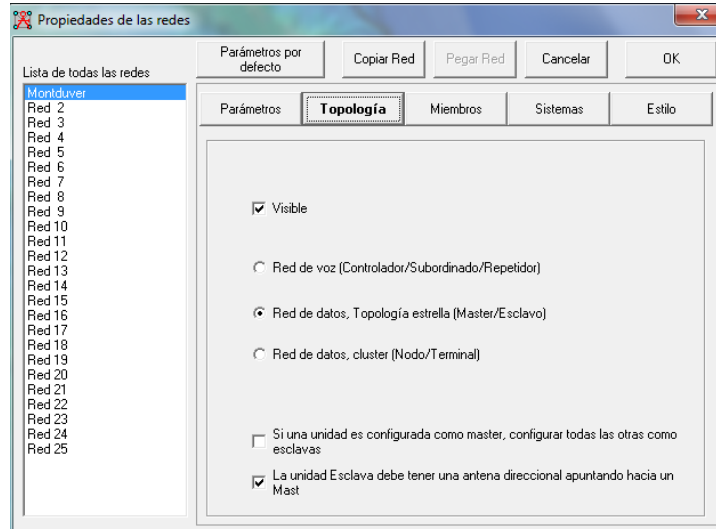
Per al cas del radioenllaç de TDT, la xarxa es configura de la següent forma:



Il·lustració 17: Configuració Xarxa TDT

Pot observar-se a la il·lustració 17 que la freqüència màxima elegida per al disseny és elegida tenint en compte el dividend digital.

Pel que fa a la topologia, en aquest cas s'elegeix la topologia de xarxa de dades:



II-Il·lustració 18: Topologia

Es fixa la sensibilitat del receptor en $45,87 \mu\text{V}$ per tal d'obtenir un nivell mínim de senyal que assegure la bona recepció del senyal, major de $57,17\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$, valor que depèn de la freqüència del canal escollit, segons la normativa (Rec 412 UIT):

$$f = 511,25\text{MHz} \rightarrow \text{Canal 26}$$

$$\begin{aligned} E(\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}) &= V(\text{dB}\mu\text{V}) - L(\text{dB}) + K(\text{dB}/\text{m}) \rightarrow V(\text{dB}\mu\text{V}) \\ &= E(\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}) + L(\text{dB}) + K(\text{dB}/\text{m}) \end{aligned}$$

Sent:

E ($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$): Intensitat de camp en el punt ($E = 3 + 20 \log f(\text{MHz})$)

V ($\text{dB}\mu\text{V}$): Valor del senyal mesurat per l'equip mesurador de camp.

K (dB/metro): Factor d'antena.

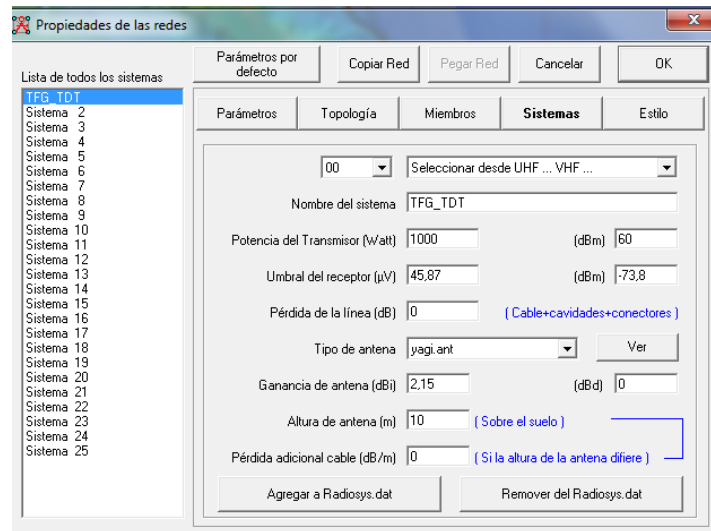
L (dB): Pèrdues en el fuet de connexió (3 metres) del mesurador a la antena (aproximadament $0,45 \text{ dB}$).

Tenint en compte el factor d'antena de l'antena DAT45 de Televés, per a la freqüència del canal escollit, k valdrà $11,75 \text{ dB}/\text{m}$. Per tant:

$$E = 3 + 20 \cdot \log(511,25\text{MHz}) = 57,17 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$$

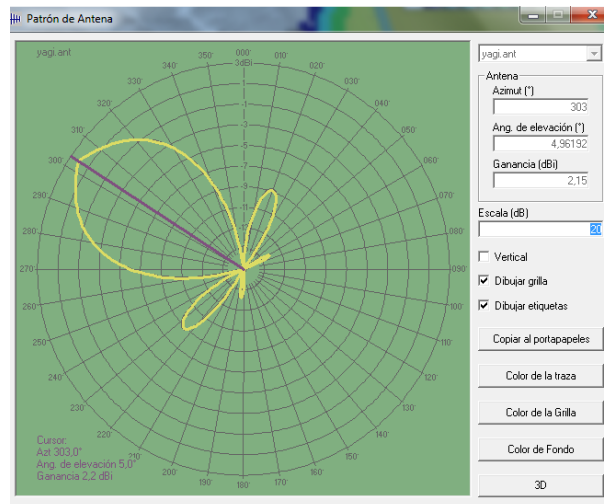
El camp mínim per a assegurar una bona recepció del senyal és 57,17 dB μ V/m. Ara sols resta calcular la sensibilitat (V):

$$V(\text{dB}\mu\text{V}) = E(\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}) + L(\text{dB}) + K(\text{dB}/\text{m}) = 57,17 + 0,45 - 11,75 \rightarrow V = 45,87\text{dB}\mu\text{V}$$



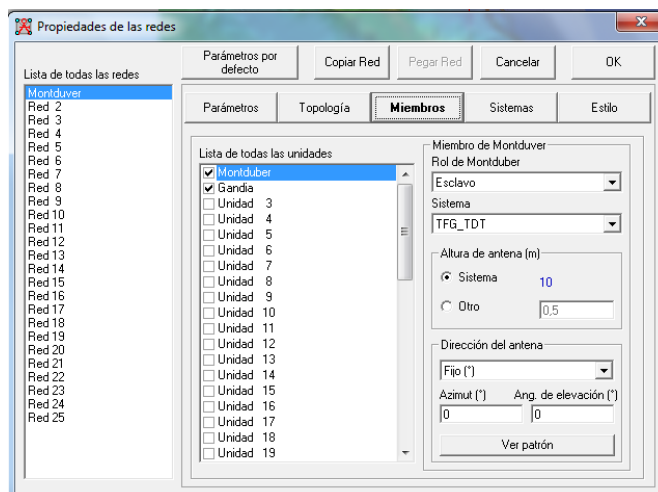
II-Il·lustració 19: Propietats de la xarxa

Pot observar-se a la imatge 19 que en aquest cas l'antena elegida és una *Yagi*, ja que es té senyal de televisió.

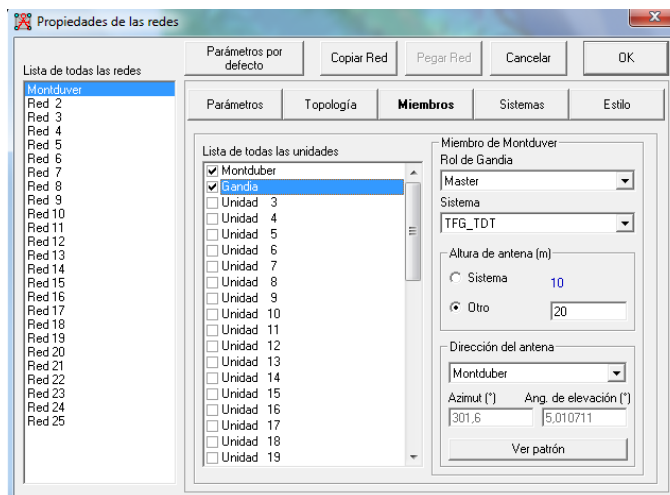


II-Il·lustració 20: Patró de directivitat de l'antena Yagi

En les següents imatges, la 21 i la 22, poden observar-se les configuracions dels dos punts del radioenllaç. Pot observar-se com el punt del Montdúver és l'esclau de l'enllaç, ja que és qui rep el senyal, mentre que el punt de Gandia, els estudis de *Tele7*, és el mestre (envia el senyal). A més a més, l'antena de Gandia estarà encarada al Montdúver.

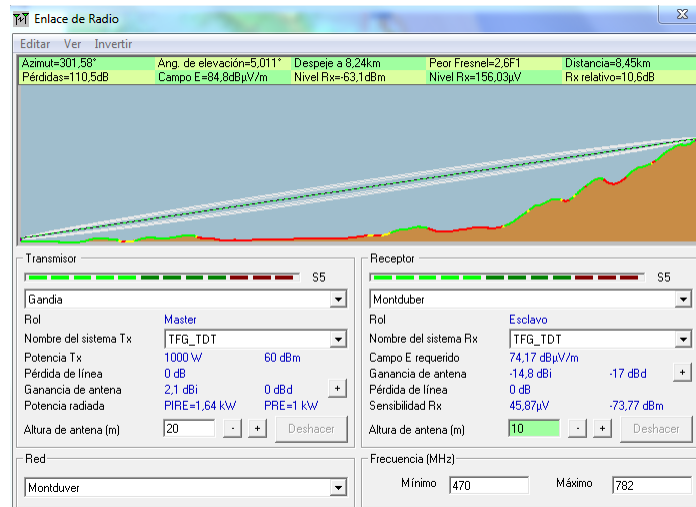


II-lustració 21: Propietats de la xarxa: Montduber



II-lustració 22: Propietats de la xarxa: Gandia

Una vegada es té la configuració realitzada, pot procedir-se a realitzar la simulació, i s'obté el gràfic que s'observa en la imatge següent.



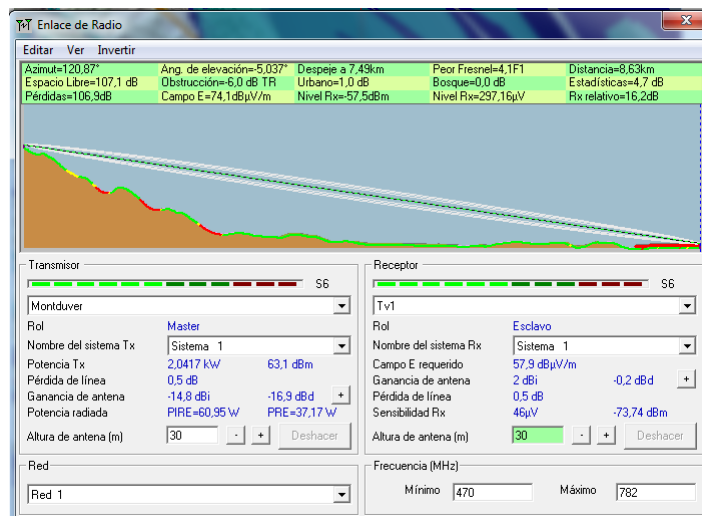
II-lustració 23: Enllaç de radio

En la banda superior de la il·lustració 23 poden observar-se les dades tècniques de l'enllaç, resultants de la configuració realitzada. Pot veure's l'angle Azimut amb el que està orientada l'antena al Montduver, també pot trobar-se el valor dels pèrdues o la distància entre els dos punts, entre altres característiques.

Una vegada es té la simulació del radioenllaç es procedeix a realitzar la radiodifusió, per a veure observar la cobertura.

Per a això, es configura una altra xarxa, amb els mateixos paràmetres que l'anterior, però en aquest cas la unitat mestre serà el Montduver, que radiarà amb la potència que rep de l'estudi de *Tele7*, i la unitat esclava és una unitat posada a l'atzar en la ciutat de Gandia, ja que el que interessa en aquest cas és observar la cobertura.

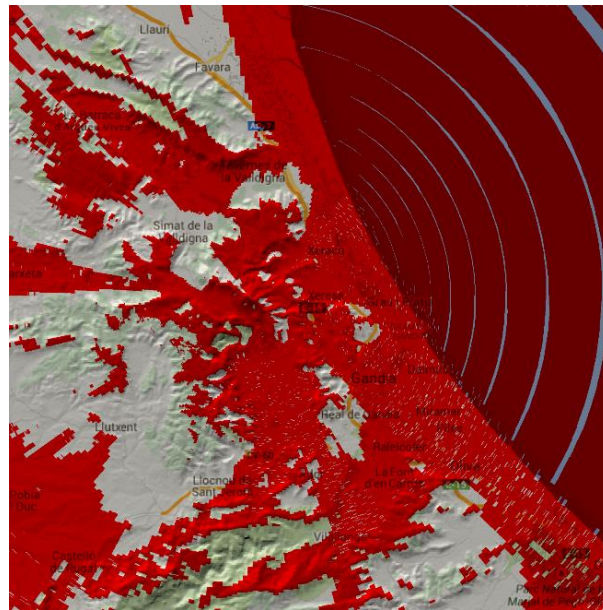
A continuació es mostra el resultat de la simulació:



II-lustració 24: Simulació radiodifusió

Pot observar-se a la imatge 24 que el camp E requerit és de 57,9 dB μ V/m, major dels 57,17 dB μ V/m que s'havien calculat anteriorment. No obstant, aquest és el camp rebut al punt arbitrari que s'ha elegit, per tant aquesta dada no pot extrapolar-se a tota la ciutat.

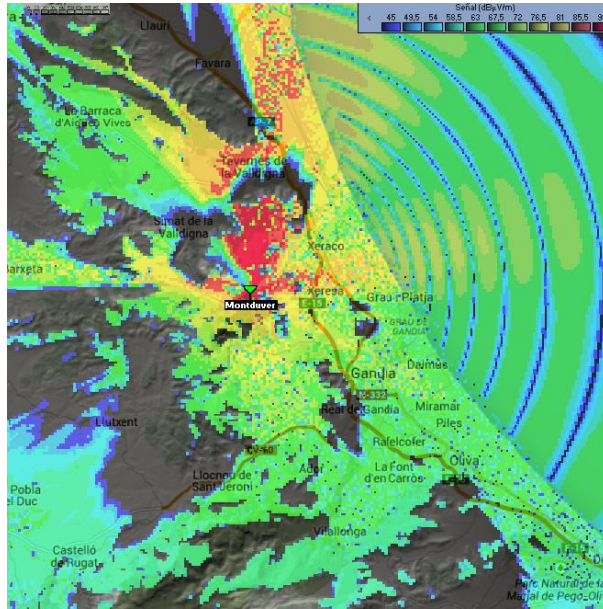
El *Radio Mobile* permet calcular la cobertura de distintes formes. A continuació se'n mostren dues. La primera és mitjançant el mètode polar simple, el qual mostra la zona on arriba la cobertura de l'emissora:



Il·lustració 25: Cobertura TDT

En la il·lustració 25 pot veure's quina és la zona que abraça la cobertura, encara que no es coneixen els nivells.

El segon mètode que s'utilitza per a calcular la cobertura és el mètode cartesià combinat, on s'ha elegit l'opció d'arc de Sant Martí (*arco iris*) per tal d'obtenir els rangs dels nivells obtinguts.

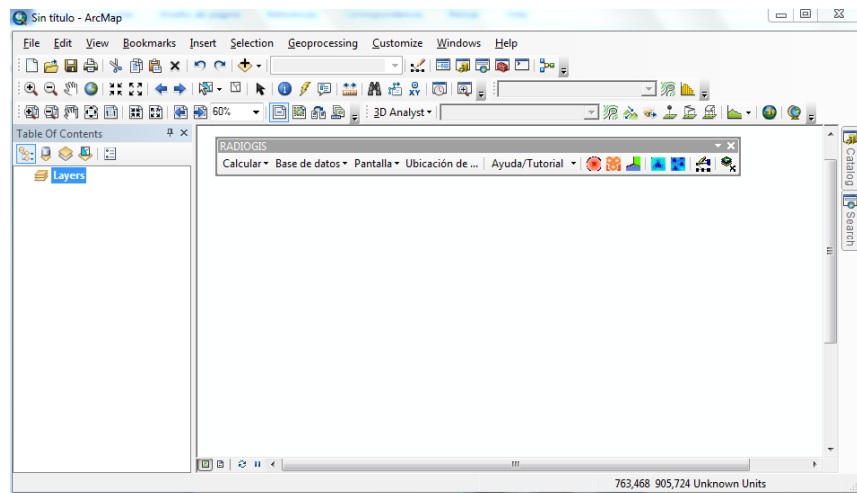


Il·lustració 26: Cobertura TDT (II)

En la il·lustració 26 pot observar-se que en Gandia es rep un camp E d'entre 63 i 72 dBµV/m, depenen del punt elegit, camps superiors al camp mínim calculat per a assegurar una bona recepció del senyal.

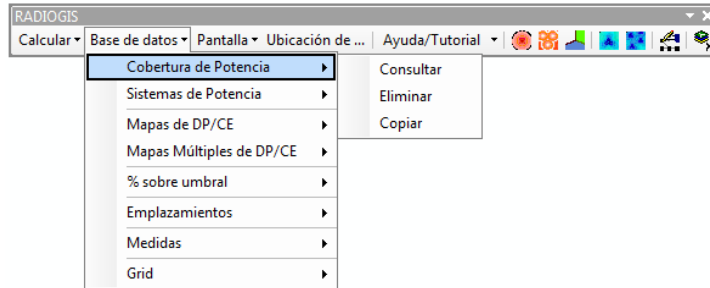
2.2. Radiogis

Per tal de poder instal·lar el *Radiogis* s'ha de tenir el programari informàtic *ArcGIS*, ja que aquesta aplicació és una barra de ferramentes més del programari. Una vegada instal·lat el *Radiogis*, s'ha de configurar l'*ArcGIS* per a que aparega la nova ferramenta.



Il·lustració 27: Entorn del programari

A continuació es mostra la barra de ferramentes més detalladament:



II-lustració 28: Radiogis

Per a començar un projecte s'han d'introduir una sèrie de dades, com quina és l'estació base i quina la mòbil, determinar els paràmetres del radioenllaç, etc. Per això, es desplega el desplegable del botó *Calcular*, seguidament es clica en *Cobertura de potència* i finalment en *Nova*. Seguint aquesta ruta apareix una seqüència de finestres amb formularis que ajuden a configurar la xarxa.

En la primera finestra s'estableix el nom de la nova xarxa.

The image shows a dialog box titled 'Nombre Cobertura'. It contains a text input field with the value 'prueba' and a label 'Indique el nombre de la cobertura (máx. 8 caracteres)'. Below this is a text area labeled 'Comentarios:'. At the bottom, there is a list box labeled 'Coberturas calculadas:' containing the following items: 'Aguiles', 'Almeceas', 'Benizar', 'Buitre', 'Buitre2', 'buitre3', 'Calvario2', 'Calvario', 'Carche', 'Cresta', and 'ElMoral'. An 'Aceptar' button is located at the bottom right.

II-lustració 29: Nova cobertura

Seguidament apareix la finestra on s'estableixen els paràmetres radioelèctrics del transmissor.

Transmisión

PIRE (Pt - Lt + Gt): 40 dBm

Potencia Transmitida (Pt): [] mW

Ganancia (Gt): [] dB

Pérdidas (Lt): [] dB

Aceptar Siguiente -->

Il·lustració 30: Transmissió

Com pot observar-se a la imatge 30, pot elegir-se entre introduir la PIRE i l potència transmesa o introduir el guany i les pèrdues. Una vegada introduïdes les dades, es polsa en *Següent*.

La següent finestra que apareix és la de recepció, on s'introdueixen els paràmetres radioelèctrics del receptor.

Recepción

Ganancia (Gr): 0 dB

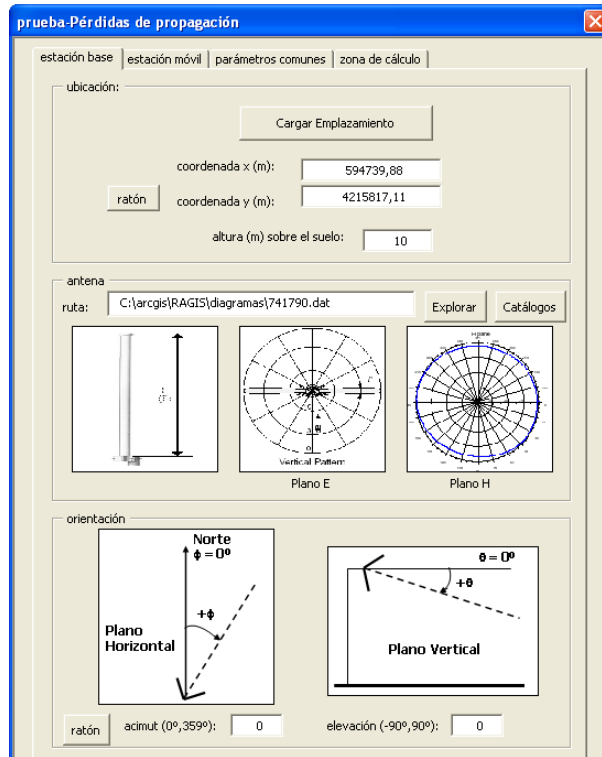
Pérdidas (Lr): 2 dB

Sensibilidad: -100 dBm

<-- Atrás Aceptar Siguiente -->

Il·lustració 31 Recepció

Una vegada configurats els dos extrems, cal configurar les pèrdues per propagació del radioenllaç.

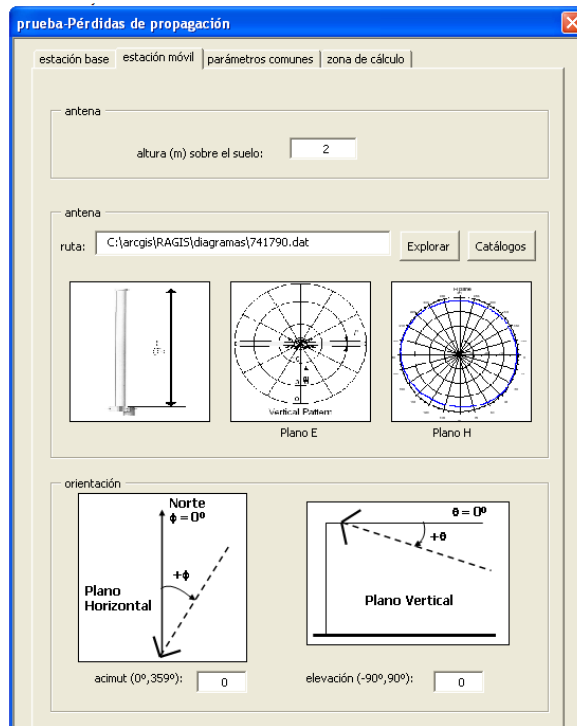


II-lustració 32: Pèrdues per propagació – Base

Com pot observar-se en la imatge anterior, les dades que s'introdueixen amb allò referent a l'estació base es classifiquen en tres apartats: ubicació (les coordenades i l'altura de l'antena), l'antena (s'especifica el tipus d'antena segons un fitxer *.dat que és carregat per l'usuari) i l'orientació d'aquesta (angle azimut i elevació).

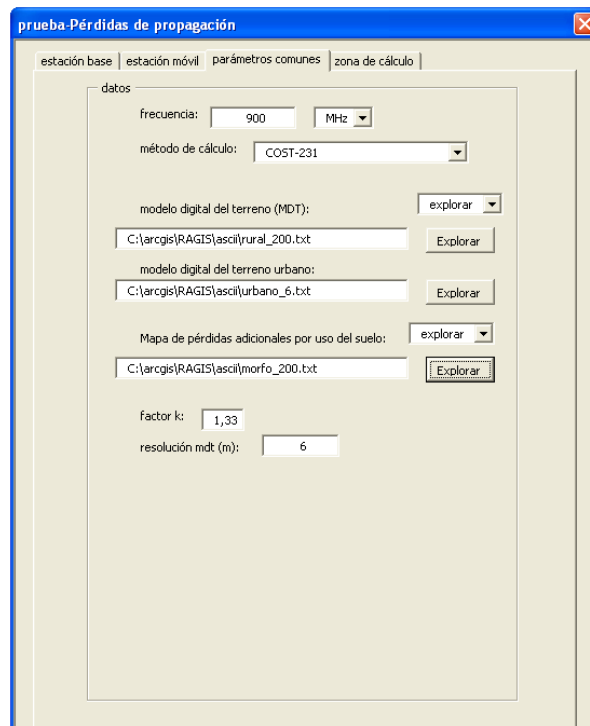
Les dades de la ubicació de l'estació i de l'orientació de l'antena poden introduir-se numèricament o sobre el mapa.

Seguidament es configura l'estació mòbil.



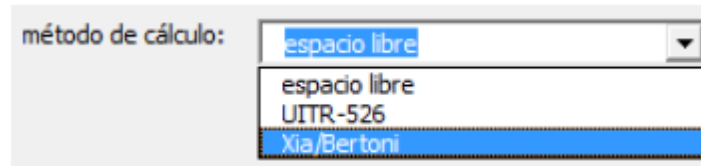
II-lustració 33: Pèrdues de propagació - Estació Mòbil

En aquest cas els paràmetres a introduir són molt semblants al cas anterior. Seguidament s'introdueixen els *Paràmetres comuns*, com la freqüència, el model digital de terreny o el model de càlcul, entre altres.



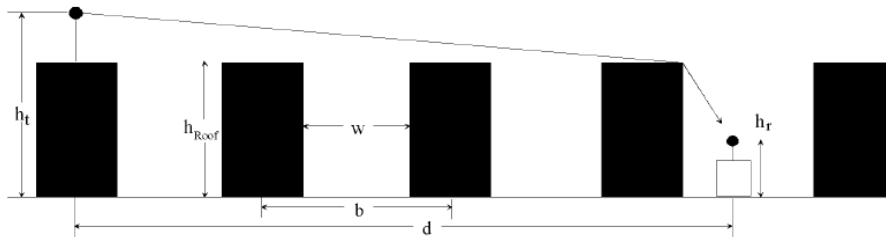
II-lustració 34: Pèrdues de propagació - Paràmetres Comuns

La freqüència s'escolliria segons el servei que es desitge donar: per a FM entre 89,5MHz i 108MHz i per a TDT entre 470 MHz i 782 MHz. El model de càlcul s'elegeix entre els que s'ofereixen:



II-lustració 35: Mètodes de càlcul

Si s'elegeix el model *Espai Lliure*, les pèrdues es calculen sense tenir en compte cap obstacle, és a dir, es suposa un medi dielèctric homogeni. El mètode *UITR -526* és vàlid per a utilitzar en entorns rurals, on hi ha molts obstacles. El mètode *Xia/Bertoni* s'elegeix quan la zona elegida és un entorn urbà, és a dir, entorns en els que el perfil és com el mostrat a la il·lustració 36.

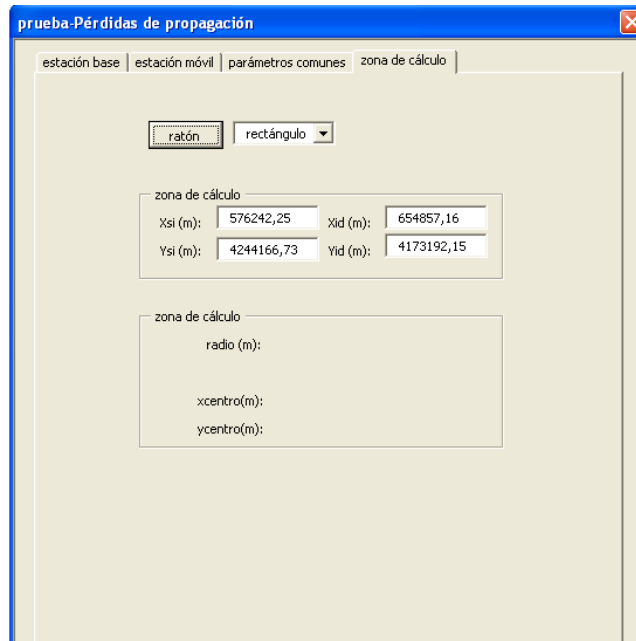


II-lustració 36: Perfil urbà

En aquest mètode, les pèrdues de propagació s'expressen com la suma de tres factors: pèrdues en l'espai lliure, per la difracció des de la darrera difracció fins al receptor i per la múltiple difracció sobre edificis. Finalment, el mètode *Okuma – Hata* i *COST – Hata* realitza el càlcul de les pèrdues de propagació de forma empírica per a entorns urbans i rurals.

Per a acabar amb la configuració del càlcul de les pèrdues, cal especificar els fitxers on es troben els models de terreny i de terreny urbà, així com també els mapes de pèrdues addicionals pel sòl. A més, també cal introduir el factor k de l'antena i la resolució en metres que es desitja obtenir.

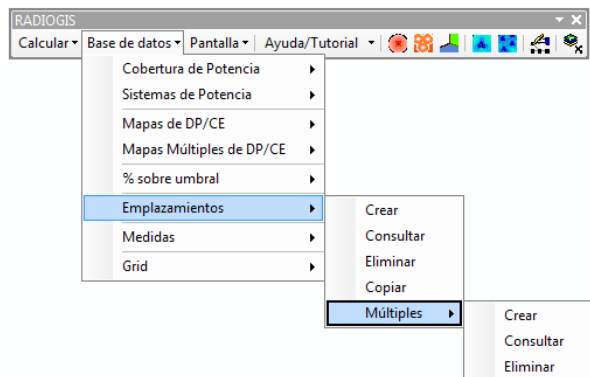
La darrera finestra a omplir és la referent a la zona de càlcul, on li se indica al programari quina és la zona d'interès. Aquesta zona pot ser circular o rectangular i pot ser indicada introduint les coordenades o dibuixant la zona sobre el mapa.



II-lustració 37: Pèrdues de propagació – Zona

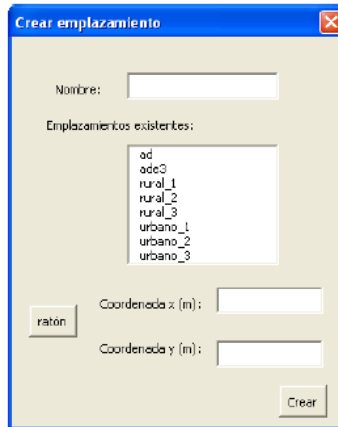
Una vegada introduïdes les configuracions es procedeix a realitzar la simulació seguint la ruta següent: *Calcular* → *Cobertura*.

L'aplicació *Radiogis* permet incloure nous emplaçaments a la base de dades, i així pot ser utilitzat en diferents estudis sense tenir que introduir les dades cada vegada. Si es té l'emplaçament guardat a la base de dades, en la finestra on s'introdueixen les dades del transmissor (il·lustració 32), pot carregar-se fàcilment.



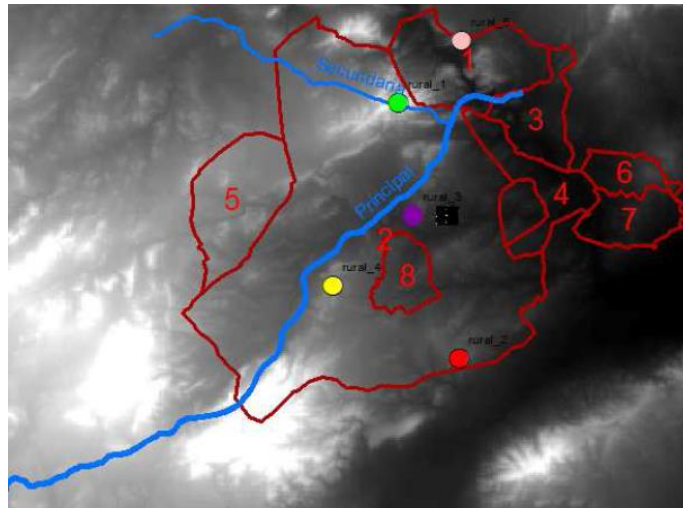
II-lustració 38: Emplaçament

Si es prem sobre *Crear*:



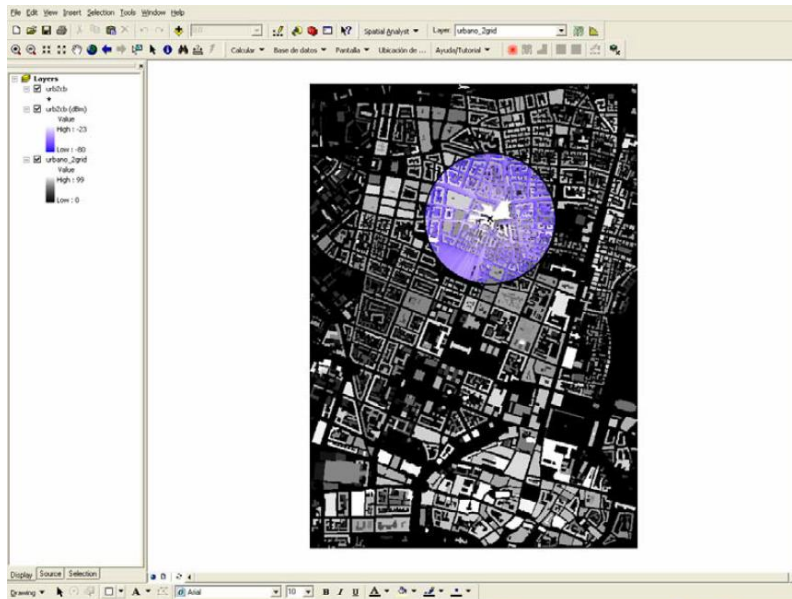
II-lustració 39: Crear emplaçament

Sols resta ja crear els emplaçaments introduint les coordenades del punt desitjat o seleccionant el lloc sobre el mapa.



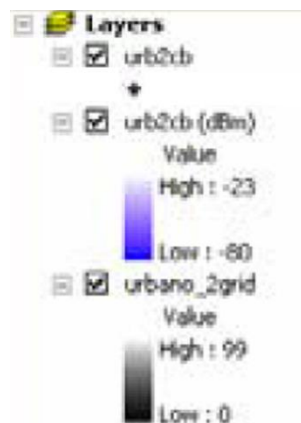
II-lustració 40: Mapa amb emplaçaments

En la imatge 40 poden veure els emplaçaments representats al mapa. Com a resultat de la simulació s'obté el que pot veure's a la imatge 38. En aquest cas, la zona d'estudi és circular, urbana i s'elegeix una resolució de 2m.



Il·lustració 41: Resultat de la simulació

En la part esquerra de la finestra mostrada a la il·lustració 41 pot veure's l'escala de la representació.

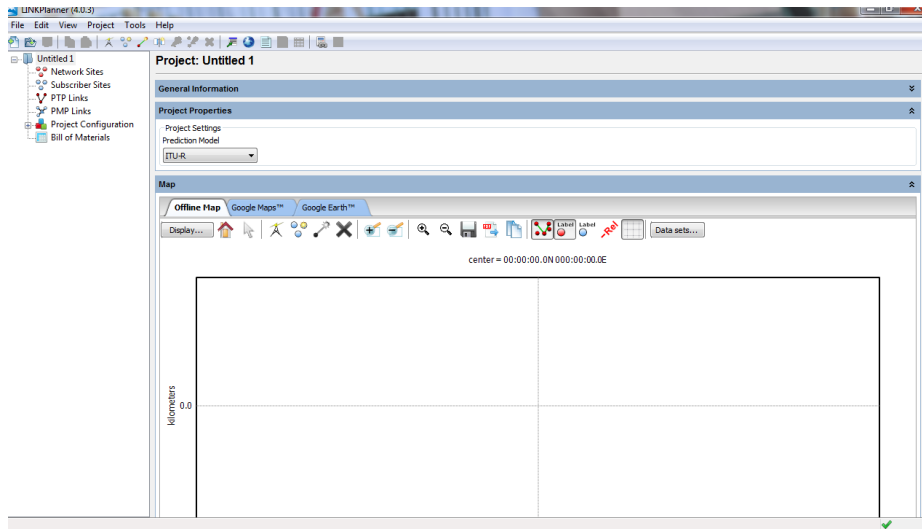


Il·lustració 42: Llegendes

2.3. Link Planner

Com s'ha dit a la introducció del present treball, aquest programari informàtic ha estat dissenyat per a simular connexions PTP i PMP, per tant el que es dissenya en aquest apartat és una xarxa d'Ethernet utilitzant un pont sense fils (*Wireless bridge*).

Aquest programari informàtic és molt intuïtiu, una vegada instal·lat, l'entorn que es troba l'usuari és el següent:



II-Il·lustració 43: Entorn

Per tal de començar el projecte, es creen els punts emissor i receptor introduint les seues coordenades, per a això, es prem en el botó *Projecte* i en el desplegable que apareix s'elegeix l'opció *Afegir un nou lloc en la xarxa*. En aquest cas s'introdueixen dos llocs, l'emissor i el receptor.

Name	Latitude	Longitude
Gandia	38:58:00.0N	000:10:58.0W
Montduber	39:00:31.0N	000:15:58.0W

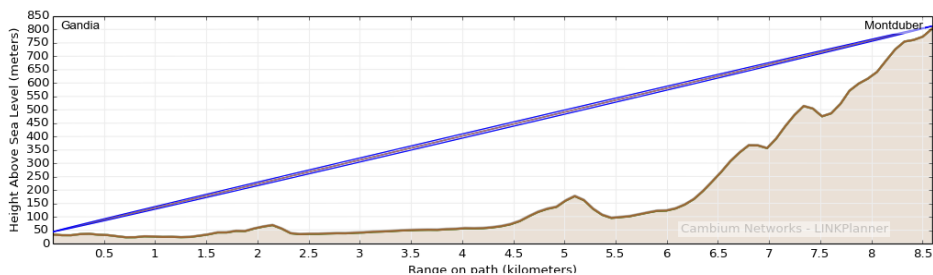
II-Il·lustració 44: Coordenades

Una vegada introduïes les coordenades es crea el radioenllaç entre els dos punts:



II-Il·lustració 45: Radioenllaç

Pot veure's en la il·lustració 45 que l'enllaç està en color verd, açò significa que el rendiment de l'enllaç és acceptable, ja que, com pot observar-se a la següent il·lustració, no hi ha objectes entre els dos punts:



Il·lustració 46: Perfil del terreny

Una vegada introduïts els dos punts del radioenllaç, i havent especificat quin punt és l'emissor (estudi de *Tele7* en Gandia) i quin el receptor (cim del Montdúber), és moment de realitzar la configuració de l'equipament.

Region and Equipment Selection							
Band	Product	Regulation					
5.9 GHz	PTP59600	Full Power					

PTP59600 Configuration							
Bandwidth	E1/T1	Optimization	Sync	Symmetry	Dual Payload	Lowest Ethernet Mode	Master
30 MHz	None	IP	Disabled	Symmetric	Enabled	BPSK 0.63 Sngl	Gandia

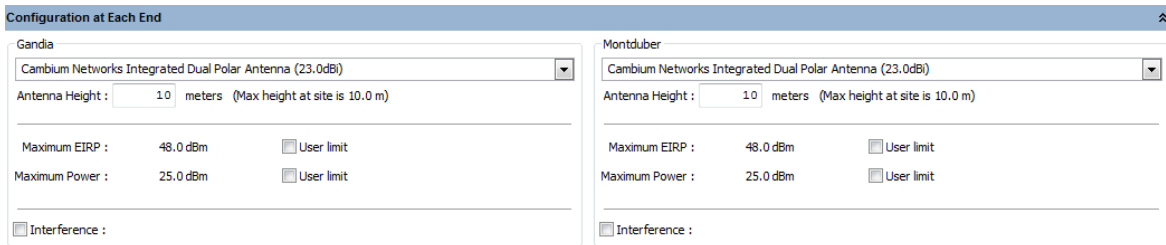
Il·lustració 47: Configuració de l'equipament

Com pot observar-se a la il·lustració 47, s'elegeix la banda de 5,9GHz, ja que és una de les bandes disponibles a Espanya, segons indica el Ministeri d'indústria, energia i turisme a l'informe de "Bandes i canalitzacions disponibles en el servici fixe de banda ampla".

D'entre els productes disponibles per a la banda escollida, s'elegeix el pont PTP 59600, les especificacions del qual es troben a l'annex del present document.

L'ample de banda escollit és de 30MHz. Els modes E1/T1, que fan referència a l'optimització i a la latència, respectivament, no s'elegeixen. El mètode de millorament o optimització escollit és una part important en les comunicacions PTP ja que permet a l'equip adequar-se al tipus de tràfic de l'enllaç. En aquest cas s'escull el mode d'IP, ja que aquest mètode és l'ideal per a aplicacions com aquesta en la que no és crític tenir una baixa latència. En el cas en que es desitge una latència mínima en l'enllaç, i per tant una baixa taxa d'errors, encara que, per a això, es sacrifique la capacitat d'ample de banda, s'elegiria el mode TDM (açò seria indicat per a aplicacions en temps real, com ara VoIP o vídeo).

L'aparell escollit permet sincronitzar-se amb altres aparells, encara que aquesta opció no és activada; la velocitat de l'enllaç és simètrica, és a dir, la velocitat és al mateixa en els dos sentits; l'opció de doble càrrega útil és activada; el mode més baix d'Ethernet, *lowest ethernet mode*, per a arribar a la taxa de rendiment requerida és, per defecte, BPSK 0,63 individual. Finalment s'estableix que el punt de Gandia és el mestre de l'enllaç. Ara ja sols resta establir les configuracions a cadascun dels finals de l'enllaç.



II-lustració 48: Configuració dels extrems

La configuració que pot veure's en la figura 48 és la que el programa realitza automàticament segons l'equipament escollit i les característiques definides. Als dos extrems es té l'antena integrada dels ponts sense fil escollits, que tenen un guany de 23dBi. A més a més, les antenes estan a 10m d'altura.

Cal dir també que en les propietats del projecte pot escollir-se el model de predicció, en aquest cas l'elegit és el model ITU-R, que fa referència al ITU-R P530-12.



II-lustració 49: Model de predicció

La recomanació P530 és l'estàndard internacional de la ITU, que s'anomena "Dades de propagació i mètodes de predicció requerits per al disseny de sistemes terrestres en línia de visió" (*Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight Systems*), el qual és revisat i actualitzat constantment, la versió utilitzada pel *LinkPlanner* és la versió 12, del 2007. La darrera versió és la 15, actualitzada en novembre de 2013.

El model ITU està totalment definit i no té cap tipus d'ambigüitat en la seua implementació, per tant, totes les implementacions han de donar els mateixos resultats per a una implementació donada de l'enllaç.

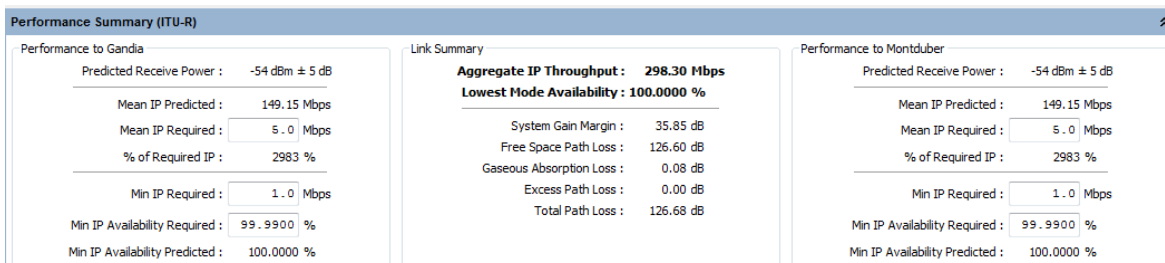
L'altre mètode disponible és el *Vigants – Barnett*, el qual és molt utilitzat en Estats Units. Aquest mètode va ser definit en els anys 70 i els algorismes que s'utilitzen es descriuen en les següents referències:

- Propagació de camins múltiples a 4, 6 i 11 GHz, de W.T. Barnett, *Bell System Technical Journal*, volum 51 (febrer de 1972).
- Enginyeria de diversitat espacial, d'A. Vigants, *Bell System Technical Journal* volum 54 (gener de 1975).

Aquests documents defineixen els algorismes necessaris, però la seua implementació és oberta. La interpretació que s'ha donat al programari és la següent:

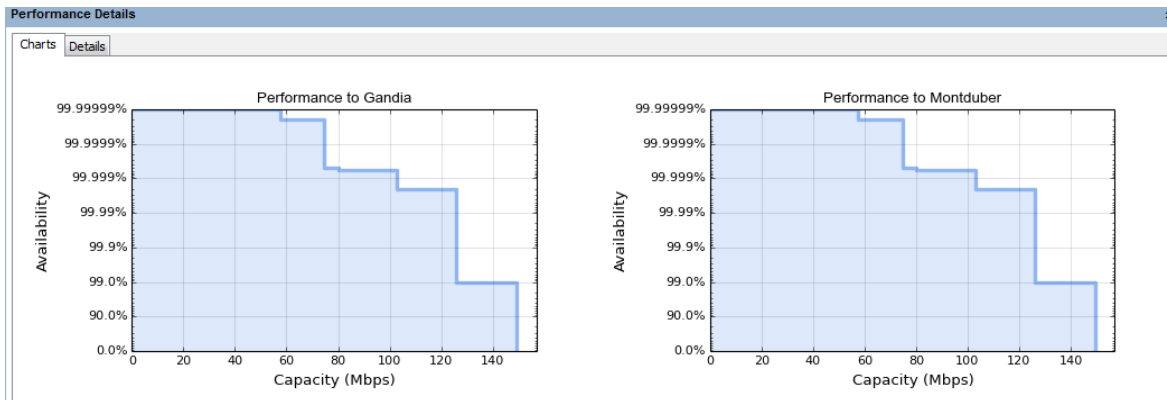
- El factor climàtic que s'utilitza es llig automàticament de la base de dades de mapes de condicions atmosfèriques, i s'agafa el punt mitjà del camí.
- La desigualtat del terreny es calcula per a 50 punts uniformement espaiats del 80% del camí central, utilitzant l'altura del terreny respecte al nivell del mar més les altures de les obstruccions com altura de referència.
- Per a la temperatura s'utilitza l'estàndard ESATEMP, de l'UIT.

Una vegada realitzada la simulació, el programa presenta la informació que pot veure's en la següent figura:



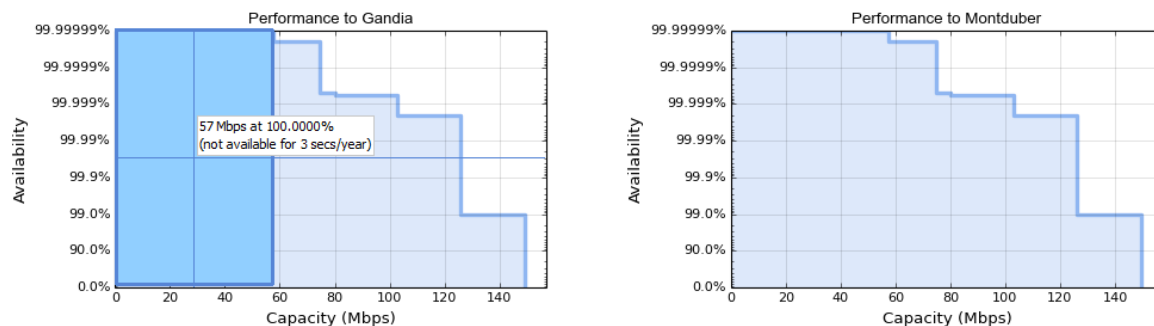
II-lustració 50: Rendiment

Pot veure's que el *LinkPlanner* prediu que la disponibilitat mínima de l'enllaç, calculada depenent de les dades configurades per a l'equip per a la velocitat més baixa, és del 100% (*Min IP Availability Predicted*) tant per al Montdúver com per a Gandia.



II-lustració 51: Detalls del rendiment

El programari també ofereix com a resultat les gràfiques que es mostren en la il·lustració 51, on pot veure's la variabilitat, en percentatge, del temps de disponibilitat amb la capacitat per a cadascuna de les direccions de l'enllaç. A més a més, si es passa el cursor per damunt del gràfic, l'àrea per la que està el cursor es fa més lluminosa i mostra el rendiment de dues formes, segons la disponibilitat amb percentatge i segons la no disponibilitat en temps. El rendiment donat per a una àrea que té la mateixa disponibilitat, és el rendiment per a la disponibilitat màxima.



II-lustració 52: Rendiment II

Com es pot observar a la imatge 52, per al punt de Gandia, per a les capacitats compreses entre 0 i 60Mbps s'obté que el rendiment màxim (100%) i s'obté per a la capacitat de 57Mbps. A més, s'indica que l'enllaç no estarà disponible durant 3 segons a l'any.

Finalment el programari informàtic també dóna el llistat de l'equipament necessari per a realitzar l'enllaç.

Bill of Materials for Link			
P/N	Description	Qty	Notes
01010419001	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable	4	
C000065K022	PTP 650 Lite (Up to 125Mbps) to Full (Up to 450Mbps) Link Capacity upgrade license per ODU	2	
C000065L007	PTP 650 LPU and Grounding Kit (L kit per ODU)	2	
C050065H014	PTP 650 Integrated END with AC+DC Enhanced Supply (RoW - EU Line Cord)	2	Kit includes ODU, power supply, mounting bracket and EU line c...
WB3176	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP)	1	

II-lustració 53: Equipament necessari

Altra prestació important d'aquest *software* és que dóna dos informes de gran utilitat. El primer d'ells és un informe de proposta PTP, que ofereix una visió general de l'enllaç (*PTP Proposal report*) i l'altre és l'informe d'instal·lació PTP, que conté la configuració detallada i els paràmetres de rendiment (*PTP Installation report*). Aquests informes es troben als annexos dels present document.

3. CONCLUSIÓ

Pot observar-se que els resultats de les simulacions de les xarxes de radiodifusió de FM dels programaris informàtics *Radio Mobile* i *LinkPlanner* són semblants. En el cas del *Radio Mobile* s'obté un nivell de recepció de -39 dBm, i en el cas del *LinkPlanner* de -54 dBm. Aquesta diferència pot ser deguda a que en el cas del *Radio Mobile*, on s'obté millor resultat, el software no té en compte aparells reals, mentre que en el cas del *LinkPlanner* sí.

Després de tot l'estudiat al llarg de tot el treball, pot dir-se que:

- El programa més potent dels tres estudiats és el *Radiogis*, com era d'esperar, ja que és un programari informàtic de pagament. No obstant, en el present treball s'ha estudiat la versió de prova, que té certes limitacions, com ara el període que pot ser utilitzat (60 dies), sols hi ha tres mètodes de predicció disponibles dels quatre que té la versió completa i en l'apartat d'ajuda sols hi ha una de les sis pràctiques dissenyades per l'equip desenvolupador del programari. A més a més, el temps d'instal·lació l'*ArcGIS* és molt llarg, així com també el temps d'arrancada del programa.
- El programa *LinkPlanner* és un programa molt potent per a qualsevol tipus de radioenllaç, ja que és un programari informàtic desenvolupat per una marca comercial especialitzada en aquests enllaços. No obstant, aquest és també el seu principal desavantatge, ja que sols poden utilitzar-se productes de la marca

Motorola. Altre avantatge que té aquest programari és que és molt autònom, ja que ell selecciona la millor solució per a l'enllaç configurat, a més dels informes que es generen automàticament en format *pdf* que ajuden a la instal·lació dels elements. Cal dir també que aquest programari informàtic pot ser utilitzat durant un període de 12 mesos, a partir d'aquest moment s'haurà de realitzar la compra d'aquest.

- El *Radio Mobile* és un programari informàtic lliure, és a dir, gratuït, i per tant no té restricció de temps. A banda d'açò, permet treballar en diferents tipus de servicis, ja que el rang de freqüències amb les que pot treballar és molt ampli. Un altre avantatge és l'existència d'un fòrum on, usuaris d'arreu del món col·laboren a documentar el programari així com també ajuden a nous usuaris. El *Radio Mobile* té també altres funcions, a banda de l'estudiada en aquests treball, l'estudi de cobertura d'una xarxa de telecomunicacions.

Després de tot l'exposat pot concloure's que el programa *Radio Mobile* és molt adequat per a dissenyar projectes de xarxes de radiodifusió amb el seus radioenllaços, ja que està a l'abast de tothom, per ser lliure, a més d'oferir una gran ventall de prestacions.

4. REFERÈNCIES

ARCGIS Versió 10.2.2

< <http://www.esri.com/>> (Setembre 2014)

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA *RADIOGIS demo*

< <http://www.upct.es/sicomo/indradiogis.php> > (Setembre 2014)

RADIOMOBILE Versió 11.4.8

<<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>> (Setembre 2014)

CAMBIUM NETWORKS *LINKPLANNER* Versió 4.0.3

< <http://www.cambiumnetworks.com/products/planning-tools/link-planner> > (Setembre 2014)

MARIA CONSUELO PART ESCRIVÀ. Departament de comunicacions. EPSG.UPV.

Assignatura *Xarxes de difusió d'àudio i vídeo* (2013-2014)

ANNEX 1: Especificacions PTP

TECHNICAL SPECIFICATIONS

PTP 59600

Motorola 5.9 GHz Point-to-Point Bridges – PTP 600 Series



Spectrum-Efficient, High-Availability Wireless Ethernet Bridges

Operating in the 5.9 GHz band at data rates up to 300 Mbps with the ability to work short range NLoS (Non Line of Sight) to very long range LoS (Line of Sight), the Motorola wi4 MIMO based 5.9 GHz Point-to-Point Wireless Ethernet Bridge offers the ideal solution for service providers looking for a reliable cost effective solution.

The PTP 59600 system out performs comparable wireless systems by delivering high throughput and spectral efficiency while maintaining low latency.

Using a standard web browser and audible tone for antenna alignment, the PTP 59600 is simple to configure, deploy and manage. A standard SNMP interface is supplied to allow third-party network management tools to be utilized. Optional embedded 256 bit AES encryption can be enabled to further secure transmissions if required.

All the active electronic components are conveniently package in a robust outdoor enclosure. Power is fed to the outdoor unit using standard industrial quality cat5e cable from a

robust power unit fed by either a mains or DC supply.

Where spectrum resources are scarce, links can be synchronised allowing co-channel operation. Network synchronisation is achieved by connecting a GPS reference unit to each link.

The PTP 59600 provides a robust and cost effective point-to-point wireless Ethernet solution ideal for backhauling WiMAX, LTE or other last mile technologies.

The PTP 600 Series bridges are incorporated in Motorola's MOTOwi4 portfolio of innovative wireless broadband solutions that create, complement and complete IP networks. Delivering IP coverage to virtually all spaces, the MOTOwi4 portfolio includes Fixed Broadband, WiMAX, Mesh, and Broadband-over-PowerLine solutions for private and public networks.

Motorola PTP 59600 Bridges 5.9 GHz Part Numbers

WB3095- PTP 59600 Full Integrated - Link
WB3096 -PTP 59600 Full Connectorised - Link
WB3097- PTP 59600 Lite Integrated – Link
WB3098 -PTP 59600 Lite Connectorised - Link

Note: Provisional information subject to confirmation and change

TECHNICAL SPECIFICATIONS

MOTOROLA Point-to-Point Broadband Wireless Solutions

Technical Specifications for the MOTOROLA 5.9 GHz Point-to-Point BRIDGES – PTP 59600

Radio Technology	Remarks
RF band	5.825-5.925 GHz
Channel size	5.825- 5.875 GHz (India Region Code)
Channel selection/ Dynamic frequency control	Configurable 5/10/15/30 MHz
Transmit power	By <i>intelligent</i> Dynamic Frequency Selection (<i>i</i> -DFS) or manual intervention; automatic selection on start-up and continual adaptation to avoid interference
System gain	Varies with modulation mode and settings from -10 dBm to 25 dBm Integrated: Varies with modulation mode; up to 166 dB using 23 dBi integrated antenna Connectorised: Varies with modulation mode and antenna type
Receiver sensitivity	Adaptive, varying between -95 dBm and -60 dBm
Modulation	Dynamic; adapting between BPSK and 256 QAM
Error correction	FEC
Duplex scheme	Time Division Duplex (TDD) and Half Duplex Frequency Division Duplex (HD-FDD) Dynamic or Fixed ratio
Antenna: type/gain/B/W	Integrated: Integrated flat plate 21.5 dBi / 11° Connectorised: Any commercially available single or dual polar antennas
Range	Up to 200 km (124 miles)
Security and encryption	Proprietary scrambling mechanism; optional 128/256 Bit AES, FIPS 197
Ethernet Bridging & E1/T1	
Protocol	IEEE 802.3
User data throughput	Dynamically variable up to 300 Mbps at the Ethernet (aggregate) 5 MHz Channel: Up to 41 Mbps 10 MHz Channel: Up to 85 Mbps 15 MHz Channel: Up to 127 Mbps 30 MHz Channel: Up to 300 Mbps
Latency (one way)	<1 ms typical in 30 MHz channels <1.2 ms typical in 15 MHz channels <1.5 ms typical in 10 MHz channels <2 ms typical in 5 MHz channels
QoS	802.1p (2 Levels)
Interface	10 / 100 / 1000 Base T (RJ-45) – auto MDI/MDIX, optional 1000 Base SX
E1/T1 Interface	ITU-T G.703/G.704 G.823/G.824 Single T1/E1 in 10 MHz channels Single T1/E1 in 15 MHz channels Dual T1/E1 in 30 MHz channels
Management & Installation	
LED indicators	Power status, Ethernet link status and activity
System management	Web or SNMP v1/v2c using MIB-II and a proprietary PTP MIB
Installation	Built-in audio assistance for link optimisation
Connection	Distance between outdoor unit and primary network connection: up to 100 metres (330')
Physical	
Dimensions	Integrated Outdoor Unit (ODU): Width 370 mm (14.5"), Height 370 mm (14.5"), Depth 95 mm (3.75") Connectorised ODU: Width 309 mm (12.2"), Height 309 mm (12.2"), Depth 105 mm (4.1") Powered indoor unit (PIDU Plus): Width 250 mm (9.75"), Height 40 mm (1.5"), Depth 80 mm (3")
Weight	Integrated ODU: 5.5 kg (12.1 lbs) including bracket Connectorised ODU: 4.3 kg (9.1 lbs) including bracket PIDU Plus: 864 g (1.9 lbs)
Wind speed	320 kph (200 mph)
Power supply	Integrated with Indoor Unit
Power source	90–240 VAC, 50–60 Hz / 36-60V DC; redundant powering configurations supported
Power consumption	55 W max
Environmental & Regulatory	
Operating temperature	-40°C (-40°F) to +60°C (+140°F), including solar radiation
Ingress Protection	IP65 (ODU), IP53 (PIDU Plus)
Humidity	100% Condensing
Protection and safety	UL60950; IEC60950; CB
Radio	TBD
EMC	USA CFR 47 Part 15 Class B

Note: Provisional information subject to confirmation and change

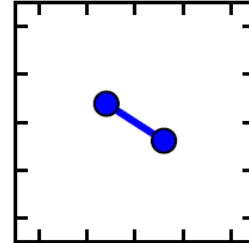
ANNEX 2: Informe enllaç *LinkPlanner*



Project tfg_link



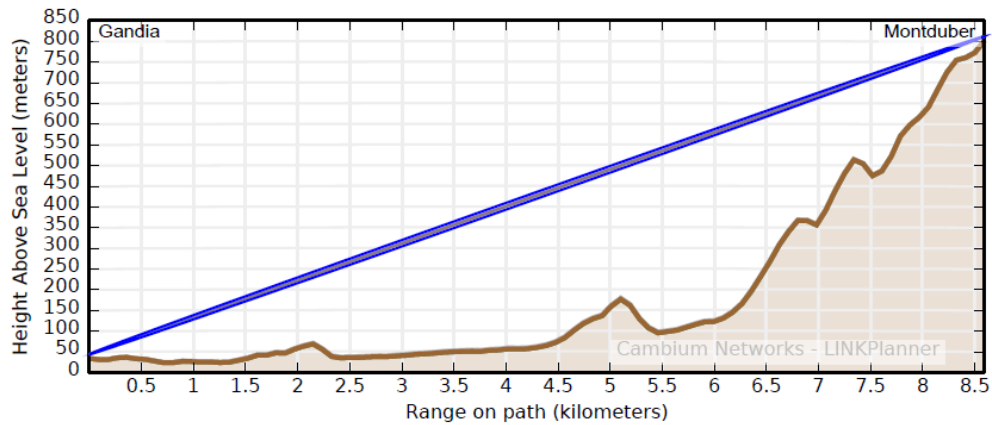
Gandia to Montduber



Equipment: Cambium Networks PTP650 Full Integrated

Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna
@ 10 m

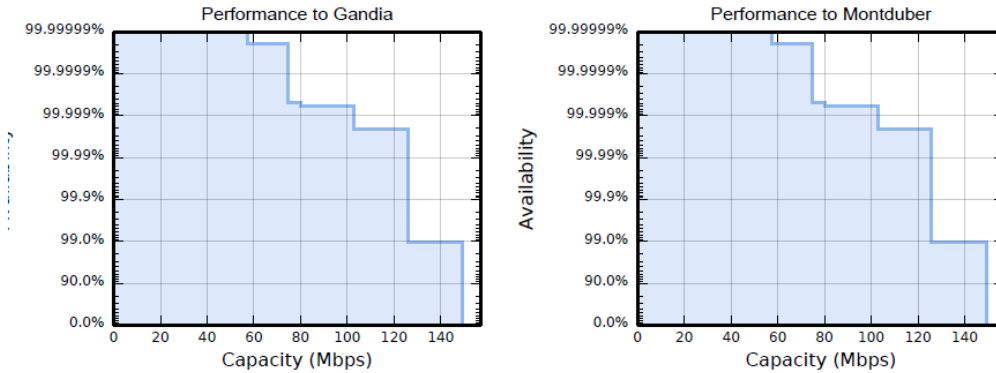
Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna
@ 10 m



	Performance to Gandia	Performance to Montduber
Mean IP	149.2 Mbps	149.2 Mbps
IP Availability	100.0000 % for 1.0 Mbps	100.0000 % for 1.0 Mbps

Link Summary			
Link Length	8.591 km	System Gain	162.53 dB
Band	5.9 GHz	System Gain Margin	35.85 dB
Regulation	Other	Mean Aggregate Data Rate	298.3 Mbps
Modulation	Adaptive	Annual Link Availability	100.0000 %
Bandwidth	30 MHz	Annual Link Unavailability	0 secs/year
Total Path Loss	126.68 dB	Prediction Model	ITU-R

Performance Charts



Climatic Factors, Losses and Standards

dN/dH not exceeded for 1% of time	-511.63 N units/km	Link Type	Line-of-Sight
Area roughness 110x110km	296.00 metre	Excess Path Loss	0.00 dB
Geoclimatic factor	3.95e-04	Atmospheric Gasses	ITU-R P.676-7, ITU-R P.835-4
Fade Occurrence Factor (P0)	6.93e-05	Diffraction Loss	ITU-R P.526-10
Path inclination	89.46 mr	Propagation	ITU-R P.530-12
0.01% Rain rate	42.70 mm/hr	Rain Rate	ITU-R P.837-5
Free Space Path Loss	126.60 dB	Refractivity Index	ITU-R P.453-9
Gaseous Absorption Loss	0.08 dB		

Part Number	Qty	Description
01010419001	4	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065K022	2	PTP 650 Lite (Up to 125Mbps) to Full (Up to 450Mbps) Link Capacity upgrade license per ODU
C000065L007	2	PTP 650 LPU and Grounding Kit (1 kit per ODU)
C050065H014	2	PTP 650 Integrated END with AC+DC Enhanced Supply (RoW - EU Line Cord). Kit includes ODU, power supply, mounting bracket and EU line cord
WB3176	1	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP)

Cambium Networks assumes no responsibility for the accuracy of the information produced by the Cambium PTP LINKPlanner. Reference to products or services which are not provided by Cambium Networks is for information purposes only and constitutes neither an endorsement nor a recommendation. All information provided by the Cambium PTP LINKPlanner is provided without warranty of any kind, either expressed or implied.

All product or service names are the property of their respective owners. © Cambium Networks. 2014

18 November 2014
LINKPlanner version 4.0.3 Proposal Report

ANNEX 3: Informe instal·lació enllaç *LinkPlanner*



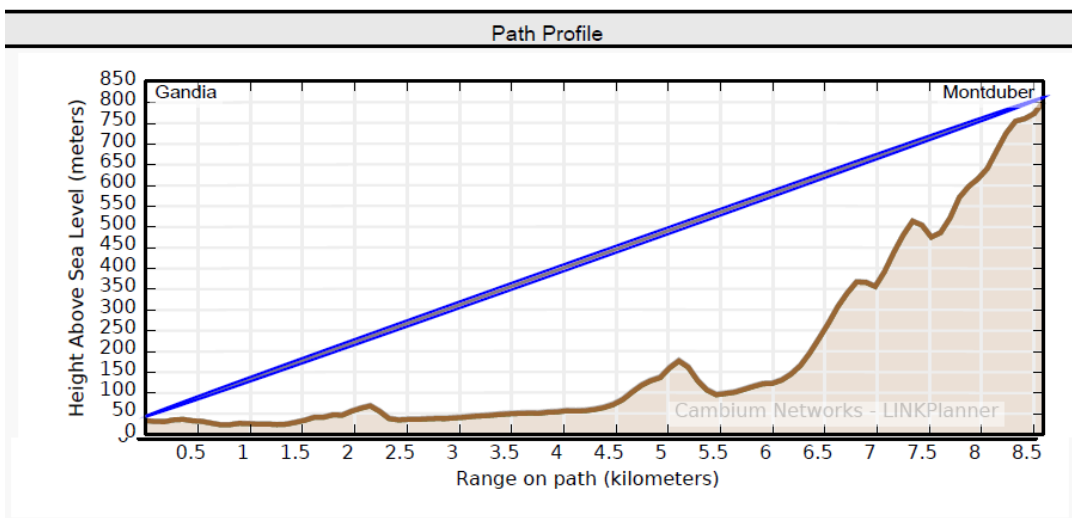
Project tfg_link, Link Gandia to Montduber LINKPlanner Installation Report

18 November 2014

Organization: Teresa
XXX
Phone:
Email:



Summary	
Link Name	Gandia to Montduber
Link Type	Line-of-Sight
Equipment Type	PTP650
Maximum Obstruction	0 meters
Link Distance	8.591 kilometers
Free Space Path Loss	126.60 dB
Excess Path Loss	0.00 dB
User IP Throughput Expectation Aggregate	Aggregate 298.30 Mbps assuming PTP-650 Series running the 650-01-20 software
RF Frequency Band	5.9 GHz (5825 to 6050 MHz)
RF Channel Bandwidth	30 MHz



Link Configuration	
Capacity	Full (Up to 450 Mbps)
Precise Network Timing	Disabled
Bandwidth	30 MHz
E1/T1	None
Optimization	IP
Sync	Disabled
Symmetry	Symmetric
Dual Payload	Enabled
Highest Mod Mode	256QAM 0.81
Lowest Ethernet Mode	BPSK 0.63 Sngl
Master	Gandia
Slave	Montduber

Installation Notes for Gandia	
Platform Variant	Integrated Antenna
Antenna Height	10.0 meters AGL
Antenna Type	Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna
Bearing to Montduber	302.85° from True North
Antenna Tilt angle	5.1°
Link Name	Gandia to Montduber
Site Name	Gandia
Latitude	38:58:00.0N
Longitude	000:10:58.0W
Altitude	44 meters
TDM Interface	None
Master Slave Mode	Master
Dual Payload	Enabled
Max Receive Modulation Mode	256QAM 0.81 Dual
Lowest Data Modulation Mode	BPSK 0.63 Sngl
Link Mode Optimization	IP Traffic
TDD Synchronization Mode	Disabled
Regulatory Band	16 - 5.9 GHz
Channel Bandwidth	30 MHz
Link Symmetry	Symmetric
Maximum Transmit Power	27 dBm
Ranging Mode	Auto 0 to 40 kilometers
Predicted Receive Power	-54 dBm ± 5 dB while aligning
Predicted Link Loss	126.68 dB ± 5.00 dB

Installation Notes for Montduber	
Platform Variant	Integrated Antenna
Antenna Height	10.0 meters AGL
Antenna Type	Cambium Networks Integrated Dual Polar Antenna

Installation Notes for Montduber (continued)	
Bearing to Gandia	122.79° from True North
Antenna Tilt angle	-5.1°
Link Name	Gandia to Montduber
Site Name	Montduber
Latitude	39:00:31.0N
Longitude	000:15:58.0W
Altitude	813 meters
TDM Interface	None
Master Slave Mode	Slave
Dual Payload	Enabled
Max Receive Modulation Mode	256QAM 0.81 Dual
Lowest Data Modulation Mode	BPSK 0.63 Sngl
Link Mode Optimization	IP Traffic
TDD Synchronization Mode	Disabled
Regulatory Band	16 - 5.9 GHz
Channel Bandwidth	30 MHz
Link Symmetry	Symmetric
Maximum Transmit Power	27 dBm
Ranging Mode	Auto 0 to 40 kilometers
Predicted Receive Power	-54 dBm ± 5 dB while aligning
Predicted Link Loss	126.68 dB ± 5.00 dB

Installation Instruction

Perform the following checks during the installation (Check the deployment guide and the User Guide.)

1. Check with a GPS that you are installing at the correct location.
2. Check carefully the direction to the other end of the link. Either use a corrected compass or use the GPS waypoint feature about 300 meters from the installation location.
3. When aligning antennas, it is important to find the centre of the main beam. This is done by adjusting the antenna at each end of the link in turn and monitoring the receive level until the peak is found. Once the peak level is found, it should be checked against the predicted receive power to ensure that the antennas have not been aligned on a side lobe.
4. An hour after disarm check that the mean value for the link loss is as predicted (126.68 dB ± 5.00 dB). Also check that the received power is not greater than -35dBm.

Gandia Performance *	
Mean IP Throughput Predicted	149.15 Mbps
Mean IP Throughput Required	5.00 Mbps
Minimum IP Throughput Required	1.00 Mbps
Minimum IP Throughput Availability Predicted	100.0000% (unavailable for 0 secs/year)

Montduber Performance *	
Mean IP Throughput Predicted	149.15 Mbps
Mean IP Throughput Required	5.00 Mbps
Minimum IP Throughput Required	1.00 Mbps

Montduber Performance * (continued)	
Minimum IP Throughput Availability Predicted	100.0000% (unavailable for 0 secs/year)

* Multipath availability calculated using ITU-R

Mode	Max Aggregate User IP Throughput (Mbps)	Max User IP Throughput in Either Direction (Mbps)	Gandia			Montduber		
			Fade Margin (dB)	IP Throughput Availability (%) *	Receive time in Mode (%)	Fade Margin (dB)	IP Throughput Availability (%) *	Receive time in Mode (%)
256QAM 0.81 Dual	298.79	149.39	3.03	98.9753	98.9753	3.03	98.9753	98.9753
64QAM 0.92 Dual	251.73	125.87	8.25	99.9979	1.0226	8.25	99.9979	1.0226
64QAM 0.75 Dual	205.72	102.86	12.58	99.9994	0.0015	12.58	99.9994	0.0015
16QAM 0.87 Dual	160.04	80.02	16.77	99.9995	0.0001	16.77	99.9995	0.0001
16QAM 0.63 Dual	115.05	57.52	20.43	99.9995	0.0000	20.43	99.9995	0.0000
256QAM 0.81 Sngl	149.39	74.69	6.99	0.0005	0.0005	6.99	0.0005	0.0005
64QAM 0.92 Sngl	125.87	62.93	11.65	0.0005	0.0000	11.65	0.0005	0.0000
64QAM 0.75 Sngl	102.85	51.43	15.74	0.0005	0.0000	15.74	0.0005	0.0000
16QAM 0.87 Sngl	80.02	40.01	19.85	0.0005	0.0000	19.85	0.0005	0.0000
16QAM 0.63 Sngl	57.52	28.76	24.39	100.0000	0.0000	24.39	100.0000	0.0000
QPSK 0.87 Sngl	40.01	20.00	27.72	100.0000	0.0000	27.72	100.0000	0.0000
QPSK 0.63 Sngl	28.76	14.38	31.75	100.0000	0.0000	31.75	100.0000	0.0000
BPSK 0.63 Sngl	14.37	7.19	35.85	100.0000	0.0000	35.85	100.0000	0.0000

* Multipath availability calculated using ITU-R

Regulatory Conditions	
Country	Other
Capacity	Full (Up to 450 Mbps)
Max EIRP	50.00 dBm
Output Power	27.00 dBm

Part Number	Qty	Description
01010419001	4	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable
C000065K022	2	PTP 650 Lite (Up to 125Mbps) to Full (Up to 450Mbps) Link Capacity upgrade license per ODU
C000065L007	2	PTP 650 LPU and Grounding Kit (1 kit per ODU)
C050065H014	2	PTP 650 Integrated END with AC+DC Enhanced Supply (RoW - EU Line Cord). Kit includes ODU, power supply, mounting bracket and EU line cord
WB3176	1	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP)

Cambium Networks assumes no responsibility for the accuracy of the information produced by the Cambium PTP LINKPlanner. Reference to products or services which are not provided by Cambium Networks is for information purposes only and constitutes neither an endorsement nor a recommendation. All information provided by the Cambium PTP LINKPlanner is provided without warranty of any kind, either expressed or implied.

All product or service names are the property of their respective owners. © Cambium Networks. 2014

