



## PLANIFICACIÓN DE RADIOENLACES FORMADOS POR VARIOS VANOS USANDO INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

### 1. INTRODUCCIÓN

El siguiente caso tiene como objetivo la planificación de un radioenlace y estudio de la calidad del servicio ofrecido. Una planificación general incluye las siguientes etapas:

- Localización de las estaciones terminales e intermedias.
- Elección de los equipos transceptores.
- Determinación de las alturas de las antenas de las estaciones radio.
- Elección de la modulación y niveles mínimos aceptables para extraer la información.
- Determinación del margen de desvanecimiento, así como su configuración (atenuador variable, CAG o UPC), para cumplir los objetivos de calidad de disponibilidad y fidelidad.

Entre las herramientas que se necesitan para llevar a cabo estas etapas se encuentran los mapas digitales del terreno que proporcionan información sobre la orografía del terreno y posibles pérdidas por difracción debidas a la presencia de obstáculos.

Las recomendaciones de la UIT más relacionadas con el objetivo de este caso de estudio son las siguientes:

- UIT-R P.530:
  - Describe una metodología para determinar las alturas de las antenas para evitar los desvanecimientos producidos por variaciones del factor de modificación del radio terrestre  $k$ .
  - Describe como calcular los desvanecimientos provocados por lluvia a partir de la intensidad de lluvia superada en el  $R_{0,01\%}$  (UIT-R P.837) y de los parámetros  $k$  y  $\alpha$  (UIT-R P.838).
- UIT-R P. 526: Describe una metodología para determinar las pérdidas por difracción
- UIT-R P. 676: Describe cómo calcular la atenuación introducida debida a la presencia de gases atmosféricos.
- UIT-R F.637: Describe el plan de disposición de frecuencias en la banda de los 23 GHz
- UIT-R F.1703: Describe los objetivos de disponibilidad



## 2. LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES Y CÁLCULO DE LAS ALTURAS DE LAS ANTENAS

Tradicionalmente, los perfiles se representaban a partir de datos obtenidos manualmente de mapas topográficos. Se iban obteniendo los pares distancia-cota por intersección entre la línea que une las ubicaciones del transmisor y el receptor y las curvas del nivel del terreno.

Aunque esta tarea es sencilla, resulta tediosa y consume mucho tiempo, sobre todo en las fases del proyecto que requieren el análisis y evaluación de múltiples emplazamientos posibles para ubicar las estaciones. Para solventar estos problemas, hoy en día se utilizan mapas digitales del terreno que permiten automatizar el trazado de perfiles.

En este estudio, se propone utilizar el software PROYECTO RADIO de ALBENTIA SYSTEMS, herramienta diseñada para planificar redes WIMAX tanto fijas como móviles. Este software utiliza mapas con datos digitales de elevación del terreno, y está diseñado para altas frecuencias. En nuestro caso, lo aplicaremos al diseño de radioenlaces solo en la parte relativa al cálculo de las alturas de las antenas.

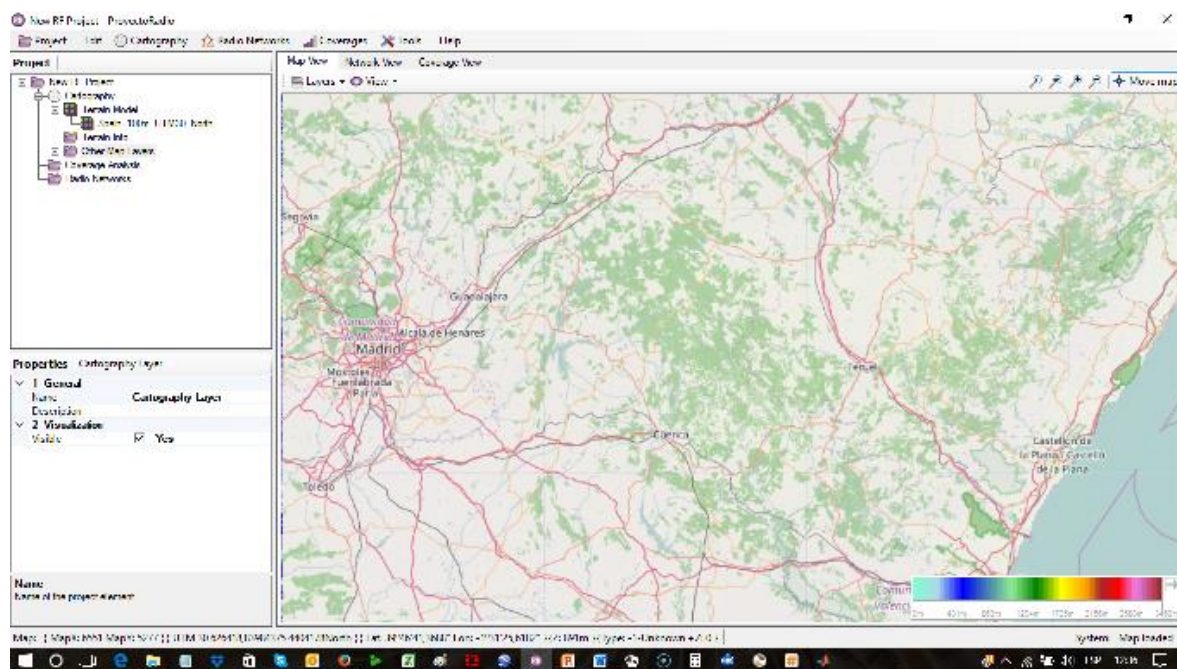


Figura 1. Vista de parte del mapa de España con la capa Street Map activada

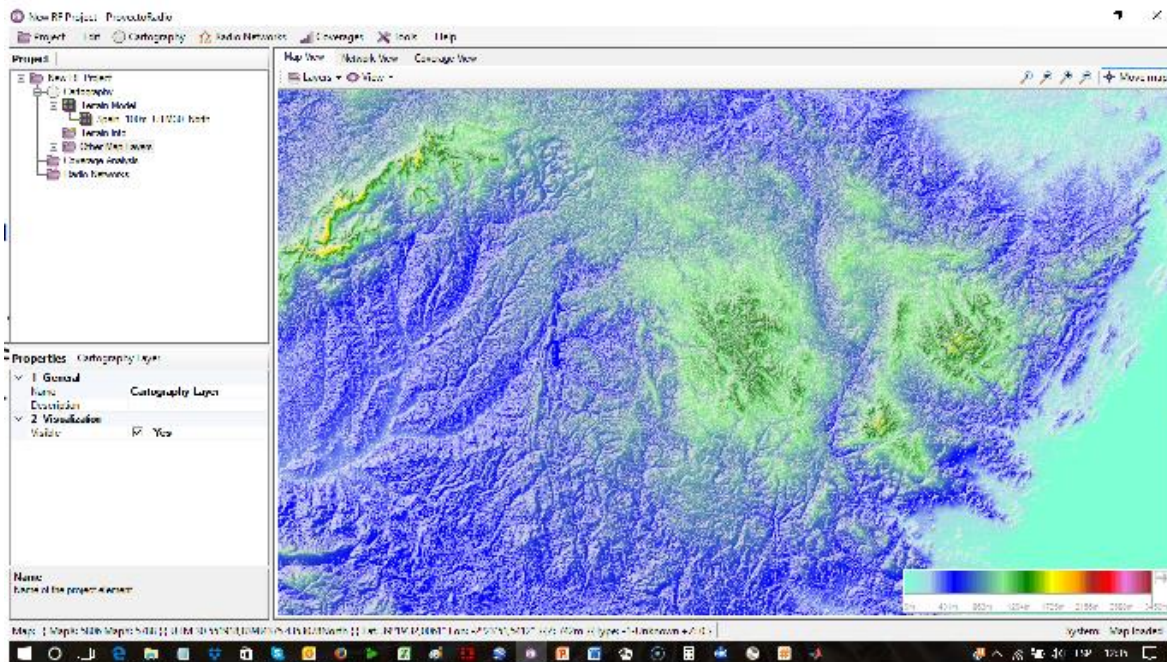


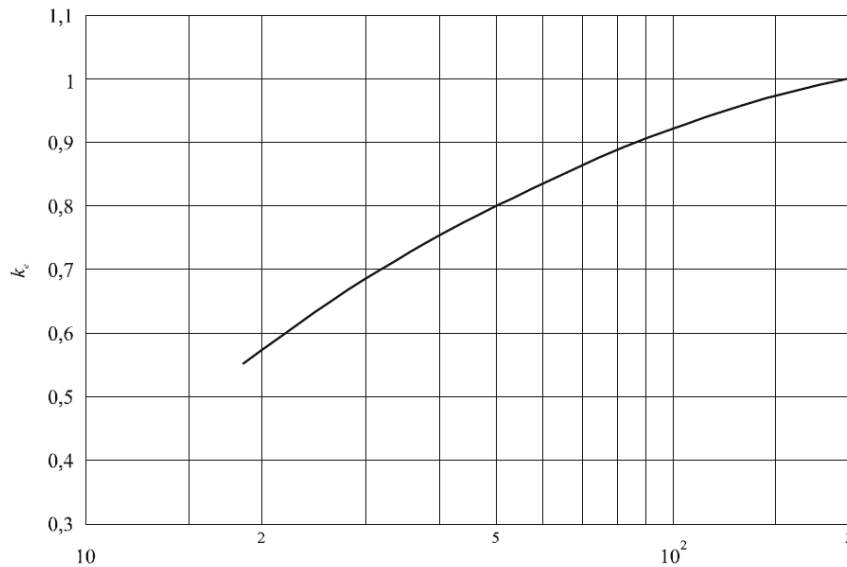
Figura 2. Vista de parte del mapa de España con solo la capa de relieve activada

Mediante el software PROYECTO RADIO se pueden probar de manera sencilla diferentes emplazamientos que tengan un perfil más adecuado para el radioenlace que se está diseñando. Además se puede calcular la altura que deben de tener las antenas en las estaciones de radiocomunicación para evitar los desvanecimientos debidos a variaciones del factor K. Las condiciones de refracción de la atmósfera no son constantes y, cuando la atmósfera es suficientemente subrefractiva (valores reducidos del factor K), los rayos se curvan de forma que la Tierra puede llegar a obstruir el trayecto directo lo que en condiciones normales ( $K=4/3$ ) no ocurre. En estos casos aparecerá una pérdida por difracción y por lo tanto un desvanecimiento en la potencia recibida.

En UIT-R P.530 se recomienda utilizar el procedimiento descrito en el apartado 2.2.2.1 para determinar las alturas de las antenas sin utilizar técnicas de diversidad (es decir, sólo una antena por estación) en los climas templados:

- Paso 1: Se determinan las alturas de antenas necesarias para el valor mediano apropiado del factor k en el punto ( $k = 4/3$ ) y un despejamiento igual al radio de la primera zona de Fresnel por encima del obstáculo que peor despejamiento presenta.
- Paso 2: Se obtiene el valor de  $k_e$  (99,9%) a partir de la siguiente Figura, para la longitud del trayecto en cuestión siempre y cuando ésta sea mayor de 20 km.

## CASO PRÁCTICO 2: PLANIFICACIÓN DE RADIOENLACES FORMADOS POR VARIOS VANOS USANDO INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



- Paso 3: Se calculan las alturas de antena necesarias para el valor de  $k_e$  obtenido en el Paso 2 y un despejamiento nulo,  $h=0$ , para el obstáculo que peor despejamiento presenta (se asume clima templado y presencia de un único obstáculo dominante).
- Paso 4: Se seleccionan las mayores alturas de antena obtenidas en los Pasos 1 y 3

PROYECTO RADIO permite introducir las condiciones de diseño de la recomendación P.530 para el cálculo de las alturas de las antenas, y las calcula para todas las estaciones de la red.

El programa nos permite situar las estaciones radio y relocalizarlas buscando el punto de máxima altitud de la zona, así como visualizar los perfiles entre estaciones.

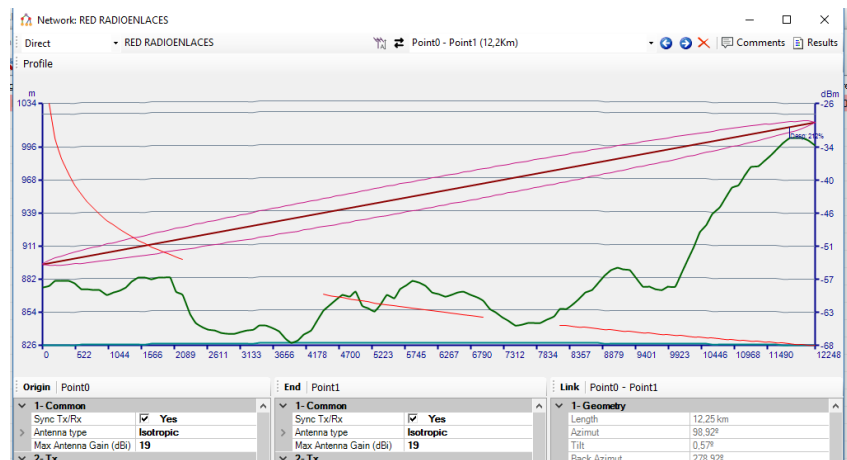


Figura 3. Perfil geográfico entre dos estaciones radio

David de la Mata Moya  
Judith Redoli Granados



Una vez que hemos situado las estaciones en enclaves que aseguran un perfil más o menos despejado, procederemos al cálculo de las alturas de las antenas según las indicaciones descritas en las instrucciones de manejo de PROYECTO RADIO.

## ***CAPACIDAD DEL RADIOENLACE***

La cantidad de información que podemos intercambiar entre dos usuarios depende del tipo de equipos utilizados y del plan de disposición de frecuencias seleccionado.

Para el desarrollo de este estudio, se ha elegido la banda de frecuencia 23 GHz y como equipos transceptores de las estaciones terminales e intermedias se han considerado las siguientes posibilidades:

- Eclipse E300 ETSI Platform ODU300ep
- LigoPTP 620S
- Alcatel-Lucent 9500 MCC

Las hojas de características de estos equipos se adjuntan en la documentación e incluyen parámetros importantes para el diseño como:

- Velocidades binarias de transmisión
- Modulaciones digitales M-QAM
- Máximas potencias de salida
- Sensibilidades en ausencia de interferencias
- Ganancias de la antena

Los equipos considerados son compatibles con el plan de frecuencias descrito en la recomendación UIT-R F.637. En concreto, el plan de disposición se corresponde al Anexo 1 relativo al Reino Unido y que se utilizará para esta práctica aunque la zona territorial no corresponda.

La **elección del equipo**, la **separación de canal** elegida y la **modulación** son los parámetros clave de los que depende el valor del **umbral**, parámetro crítico de la planificación que determina la **distancia máxima** entre repetidores del trayecto que permiten el intercambio de información entre un número establecido de canales con una determinada capacidad.

## ***3. DISPONIBILIDAD***

La calidad de disponibilidad depende de las interrupciones de más de 10 segundos que pueden aparecer a lo largo de un año. Las interrupciones mayores de 10 segundos tienen dos posibles causas, el fallo de los equipos y los desvanecimientos por lluvia. La indisponibilidad total del radioenlace será por tanto la suma de la indisponibilidad debida al fallo de los equipos más la indisponibilidad debida a la propagación, que depende directamente de los desvanecimientos debidos a la lluvia.

David de la Mata Moya  
Judith Redoli Granados





Se ha optado por una configuración de **atenuador variable** para compensar estos desvanecimientos, de manera que en condiciones de no lluvia se transmite con la potencia máxima disponible y en el receptor se coloca un atenuador variable con un margen dinámico que protege frente a desvanecimientos para asegurar un nivel de potencia constante a la entrada del demodulador. En función del margen entre la potencia recibida en condiciones de cielo claro y la sensibilidad ( $MD=P_{rx}-U$ ), se puede calcular la indisponibilidad de un elemento del trayecto según la metodología del apartado 2.4.1 de la UIT-R P.530:

- Se obtiene la intensidad de precipitación  $R_{0,01}$  superada durante el 0,01% del tiempo (UIT-R P.837).
- Se calcula la atenuación específica,  $\gamma_R$  (dB/km), para la frecuencia, polarización e intensidad de precipitación de interés (UIT-R P.838)
- Se calcula la longitud efectiva del trayecto  $L_{ef}$
- Una estimación de la atenuación del trayecto excedida durante el 0,01% del tiempo viene dada por:  $A_{0,01} = \gamma_R * L_{ef}$
- Se calcula la atenuación excedida por la lluvia en un **p%**,  $A_p$ , en función de  $A_{0,01}$  y de la latitud.

Para entender los efectos de los desvanecimientos por lluvia se plantea hacer una simulación con una herramienta Software *simfading.m* basada en los estudios estadísticos de la lluvia que proporciona la UIT en gran parte del planeta.

En la recomendación P.837-5, la UIT proporciona datos estadísticos de lluvia de cualquier zona del planeta definida por sus coordenadas geográficas. Los datos son producto de un estudio de recogida de datos durante 40 años por el *European Centre of Medium-range Weather Forecast*. El modelo de variación teórico que presenta la intensidad de lluvia, según los estudios de la UIT, se basa en asumir que el logaritmo neperiano de la intensidad de lluvia sigue una función de densidad de probabilidad normal o gaussiana.

$$x = \ln(R)$$

$$f_{dp}(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\bar{x}}{\sigma_x}\right)^2\right)$$

$$P(R > R_p) = G(R_p) = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{x_p - \bar{x}}{\sigma_x \sqrt{2}}\right); \quad x_p = \ln(R_p)$$

$$R_p = \exp\left(\sigma_x \sqrt{2} \operatorname{erfcinv}\left(2G(R_p)\right) + \bar{x}\right)$$



La herramienta software SIMFADING realiza simulaciones de lluvia continuada, es decir, sin tener en cuenta los periodos del año en los que no llueve, de modo que hay que tener en cuenta, para cada región geográfica, la probabilidad de lluvia en un año medio  $p_0\%$ . La indisponibilidad causada por la lluvia (probabilidad de que el sistema esté indisponible, es decir, que se reciba menos del umbral) consiste en una probabilidad condicionada que se calcula como el producto de la probabilidad de que llueva  $p_0$  y la probabilidad de que la intensidad de lluvia supere un cierto valor  $P(R > R_p)$ .

$$P(P_{rx} < U) = P(F > A_{ll}^p) = F(U) = p = p_0 \cdot P(R > R_p) = p_0 \cdot G(x_p)$$

Con la herramienta de simulación SIMFADING se pretende obtener datos de interés como la  $R_{0,01}$  y la  $A_{0,01}$ , estimar la **tasa de indisponibilidad en función del umbral y de la potencia recibida en ausencia de lluvia**. Para utilizar la herramienta se recomienda utilizar como coordenadas las correspondientes al punto medio del trayecto considerado.

La indisponibilidad total del trayecto según la recomendación UIT-R G.827 se corresponde con la suma de las relaciones de indisponibilidad de los elementos que constituyen el trayecto:

$$UR = \sum UR_{ep}$$

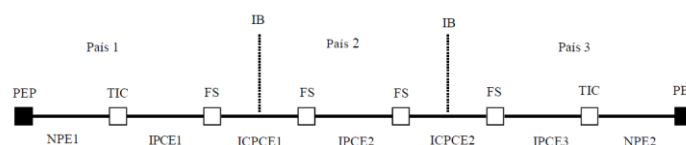


Figura 4. Topología simple de un radioenlace

## 4. ENUNCIADO DEL CASO DE ESTUDIO

En el último mes, la Junta de Andalucía ha sufrido varios cortes en las comunicaciones con sus sedes en Huelva, Córdoba y Cádiz, debido a distintos incidentes como la realización de obras públicas que conllevan la apertura de zanjas en lugares de paso del tendido del cableado de comunicaciones. Se pretende diseñar un servicio de radioenlaces que sirva como medio de back up para transmitir datos entre dichas sedes de la Junta de Andalucía y la capital, Sevilla, en caso de que la red habitual cableada quede fuera de servicio. Estas son las localidades de interés con sus coordenadas:

- Sevilla: [37.384025, -5.995661]
- Huelva: [37.256464, -6.949495]

David de la Mata Moya  
Judith Redoli Granados





## CASO PRÁCTICO 2: PLANIFICACIÓN DE RADIOENLACES FORMADOS POR VARIOS VANOS USANDO INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

- Córdoba: [37.885314, -4.776143]
- Cádiz: [36.530736, -6.292229]

### Datos de la red:

Frecuencia 23 GHz

Polarización horizontal

La máxima indisponibilidad debida a la propagación permitida para mantener el radioenlace dentro de los límites de indisponibilidad total es del 0.3%.

Cada grupo elegirá un radioenlace entre Sevilla y una de las opciones posibles y presentará una propuesta completa que detalle la localización de las estaciones, el número de radiocanales y capacidad asociada y el cumplimiento de los requisitos de calidad de indisponibilidad por lluvia.

### TAREA – CAPACIDAD Y CALIDAD:

Partiendo de los equipos disponibles y del plan de frecuencias asociado a la banda de 23 GHz, cada grupo **seleccionará la capacidad de su radioenlace** teniendo en cuenta que el número máximo posible de vanos es 5.

El equipo LIGO define la capacidad agregada, sin desglosarla en número de enlaces E1 o similar. Con el fin de poder comparar este equipo con los dos anteriores, asumiremos que la tasa binaria del equipo LIGO en un ancho de banda dado será igual a la escogida para los otros dos equipos para el mismo ancho de banda. **El equipo se seleccionará en base a la comparación** de sus prestaciones para conseguir **vanos lo más grandes posibles**. Para ello, es importante comparar parámetros como la potencia transmitida, la sensibilidad o la ganancia del sistema.

Una vez seleccionado el equipo a utilizar y la capacidad del radioenlace se llevará a cabo un **estudio de viabilidad en el que se establecerán el número de vanos adecuado para cumplir con los requisitos de calidad**.

Con los datos de **lluvia** necesarios, se hará un cálculo de la **disponibilidad** entre las estaciones terminales elegidas para un número variable de vanos de 1 a 5. En el cálculo de la **atenuación por propagación básica** no se considerarán las atenuaciones por difracción, puesto que se asume que en la solución definitiva la altura de las antenas será tal que asegure despejamiento suficiente. Sin embargo no podemos olvidar la **atenuación añadida debida a la absorción por gases atmosféricos** a estas frecuencias, que también depende de la distancia. Este estudio permitirá definir el número mínimo de vanos necesarios y servirá como dato de entrada al grupo de trabajo de localización de estaciones. Se debe **justificar como se ha interpretado el valor de la atenuación específica debida**

David de la Mata Moya  
Judith Redoli Granados





a gases atmosféricos a partir de las curvas proporcionadas por la REC UIT P676-7 para trayectos terrenales.

Para determinar  $R_{0,01}$  y  $A_{0,01}$  para la ubicación específica de nuestro radioenlace se utilizará la herramienta `sim_fading`. Esta herramienta permite además simular desvanecimientos por lluvia. Los primeros pasos se basarán en la simulación de 5 horas de lluvia continuada entre las estaciones terminales elegidas. Se utilizarán como coordenadas las asociadas al punto intermedio del enlace. La herramienta nos proporciona la intensidad de lluvia superada en el 0,01% del tiempo  $R_{0,01}$  y la probabilidad de lluvia en un año medio  $p_0$ . Con estos datos, **se calcularán el número de días de lluvia al año** para el enlace concreto.

Con el dato de la  $R_{0,01}$  se calculará por el procedimiento matemático habitual la  $A_{0,01}$  y la  $A_{0,3}$  y en consecuencia los márgenes de desvanecimiento asociados a ambas atenuaciones por lluvia.

Una vez calculado el margen de desvanecimiento para que el enlace tenga una indisponibilidad del 0,3% se comprobará en el `sim_fading` la veracidad de dicho cálculo.

Para ello se simulará primero la atenuación por lluvia superada en el 0,01% del tiempo para los datos específicos del radioenlace (frecuencia, longitud del vano y polarización). A continuación pulsando en el botón **Estudiar Calidad** e introduciendo los datos del enlace (téngase en cuenta que se puede obtener la potencia recibida sin lluvia a partir del umbral y el margen debido a desvanecimientos que se superan en el 0,3%). Por último se **comprueba si la tasa de indisponibilidad proporcionada por el `sim_fading` se ajusta a la calculada** teóricamente y si no es así, se debe **justificar el porqué**. **Estime además en la gráfica** la duración media aproximada de los desvanecimientos que superan un MD asociado a una indisponibilidad del 0,3% y justifique si esa duración se ajusta a lo esperado.

Con la atenuación por lluvia superada en el 0,3% del tiempo, se procede a realizar el cálculo del número de vanos, asumiendo que la máxima longitud del vano no será mayor de 70Km.

Una vez especificada la solución definitiva, con los vanos reales, se deben calcular los márgenes de desvanecimientos resultantes en cada vano, y a partir de los mismos se debe calcular la indisponibilidad de propagación para cada uno de ellos (usando esta vez el punto medio de cada vano concreto para el cálculo de la  $R_{0,01}$ ) y finalmente la indisponibilidad total resultante. También se adjuntarán las simulaciones teóricas (`sim_fading`) con las estimaciones de indisponibilidad resultantes para cada van siguiendo el mismo procediiento que se había llevado a cabo para el caso de una indisponibilidad del 3%.



### TAREA - LOCALIZACIÓN ESTACIONES:

Dada la orografía del terreno, se precisará colocar una o más estaciones intermedias que mantengan la línea de vista radioeléctrica. Para ello debe realizarse un estudio de posibles localizaciones de las estaciones intermedias con el software PROYECTO RADIO

En el laboratorio se estudiarán posibles localizaciones de una o varias estaciones intermedias nodales de características iguales a las estaciones terminales, que permitan conectar las estaciones finales entre si cumpliendo con los criterios de calidad especificados. Se utilizará el software PROYECTO RADIO para probar distintas ubicaciones y validar las alturas de las antenas según la recomendación P.530. Las alturas mínima y máxima permitidas serán de 10 m y 60 m respectivamente.

## 5. PROYECTO RADIO

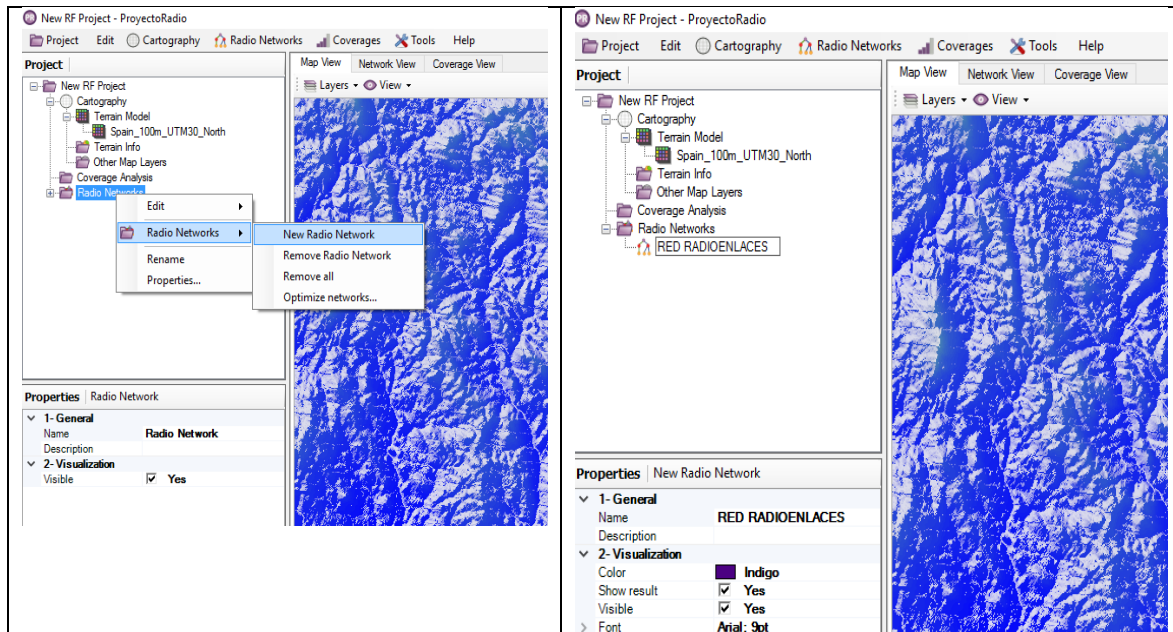
### CREAR UN PROYECTO Y UNA RED

Crear **un proyecto** (**Project->New Project** y cargar la cartografía:

- Nos pide el formato de la altimetría y seleccionamos ATDI geo altimetry format. Cached versión.
- Cargamos el fichero Spain\_100m\_UTM30\_North.geo
- Seleccionamos la zona UTM 30 y el Hemisferio Norte

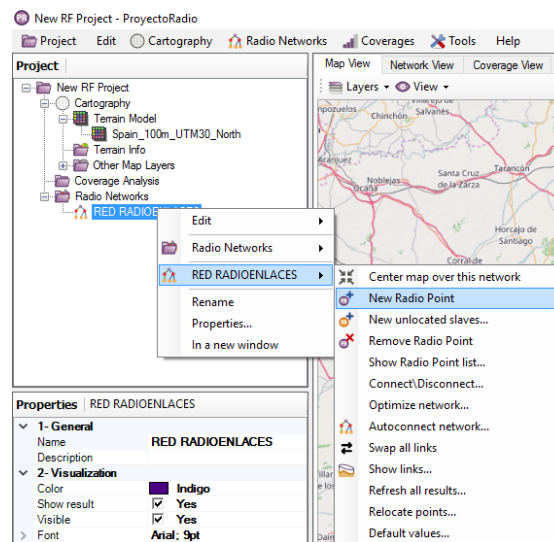
Crear nueva red (**Radio Network->New Radio Network**) Y ponerle un nombre (pinchando sobre el nombre, se puede modificar, por ejemplo RADIOENLACES)

## CASO PRÁCTICO 2: PLANIFICACIÓN DE RADIOENLACES FORMADOS POR VARIOS VANOS USANDO INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



### CREAR LOCALIZACIONES PARA LAS ESTACIONES EN UNA RED

Con la función **New Radio Point** del Menú desplegado al pinchar sobre la RED se crea una nueva localización. Al pinchar sobre el punto radio, aparecen las coordenadas del mismo en la esquina inferior izquierda. Podemos modificarlas. Esto es útil para introducir las estaciones inicial y final de la red.

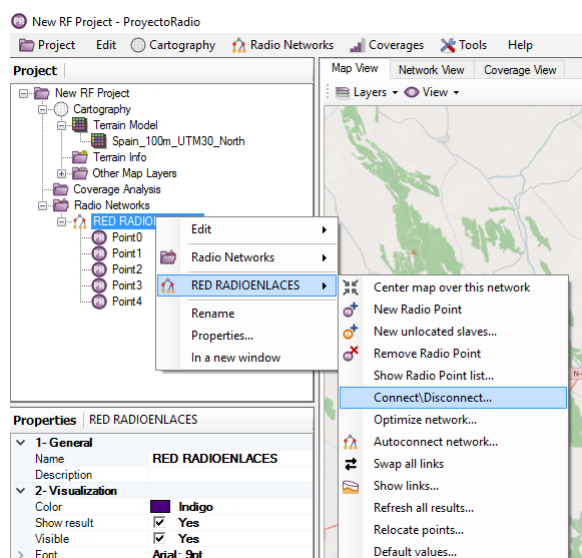


De la misma forma se puede crear una nueva estación en el mapa y moverla hacia donde queramos. Para ello se selecciona el nuevo punto con CTRL+ **CLICK BOTÓN IZQUIERDO** y posteriormente se pulsa **SHIFT + CLICK BOTÓN IZQUIERDO** en el punto del mapa a donde se quiere mover la estación. Esto nos será útil para situar las estaciones intermedias.

## CONECTAR ESTACIONES RADIO Y AJUSTAR EL PERFIL

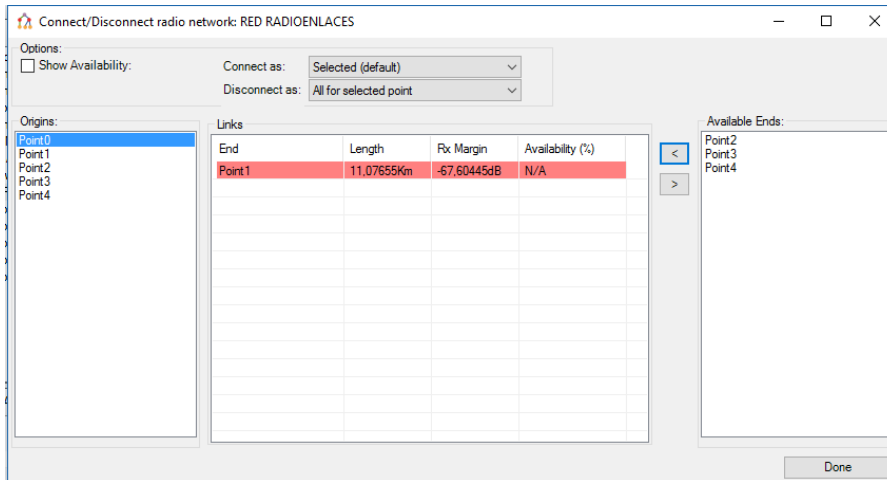
Cada vez que intento ubicar una situación intermedia, debo conectarla a la anterior para visualizar el perfil, y moverla de sitio si procede.

La función **Connect/Disconnect** del mismo menú nos permite conectar y desconectar dos puntos radio del mapa.

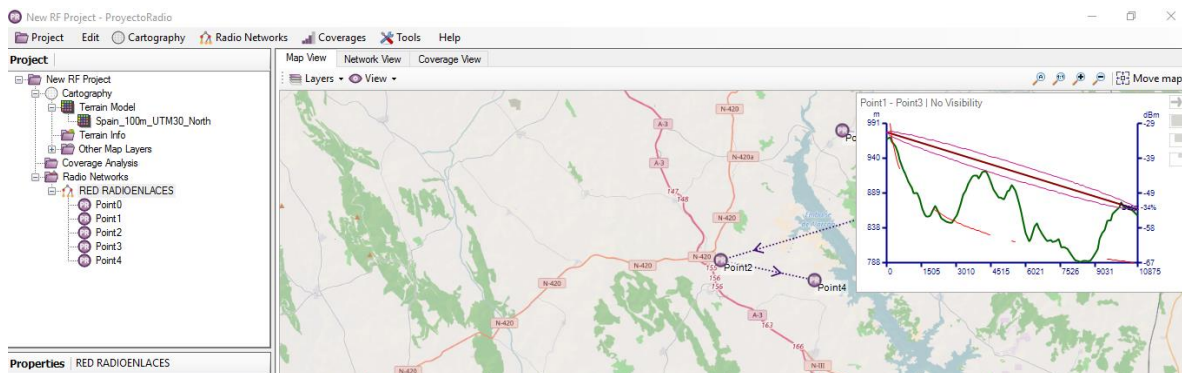


Al pulsar, aparece la siguiente ventana, donde seleccionamos la estación origen y conectamos o desconectamos el resto de estaciones mediante las flechas

## CASO PRÁCTICO 2: PLANIFICACIÓN DE RADIOENLACES FORMADOS POR VARIOS VANOS USANDO INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



Una vez que dos estaciones están conectadas, se puede visualizar el perfil entre ellas pulsando **CTRL + CLICK BOTÓN IZQUIERDO** sobre el enlace.



Una vez visto el perfil, podemos usar la función **Relocate** del mismo menú. Nos recoloca un punto buscando la cota de mayor altura en sus alrededores. Para ello debemos especificarles en cuantas celdas de cartografía queremos movernos para buscar esa máxima altura. Tened en cuenta que el tamaño de la celda de cartografía es de 10 x 10 Km.

### CALCULAR LAS ALTURAS DE LAS ANTENAS

Una vez situadas todas las estaciones de mi red de radioenlaces, procedemos a calcular las alturas de las antenas.

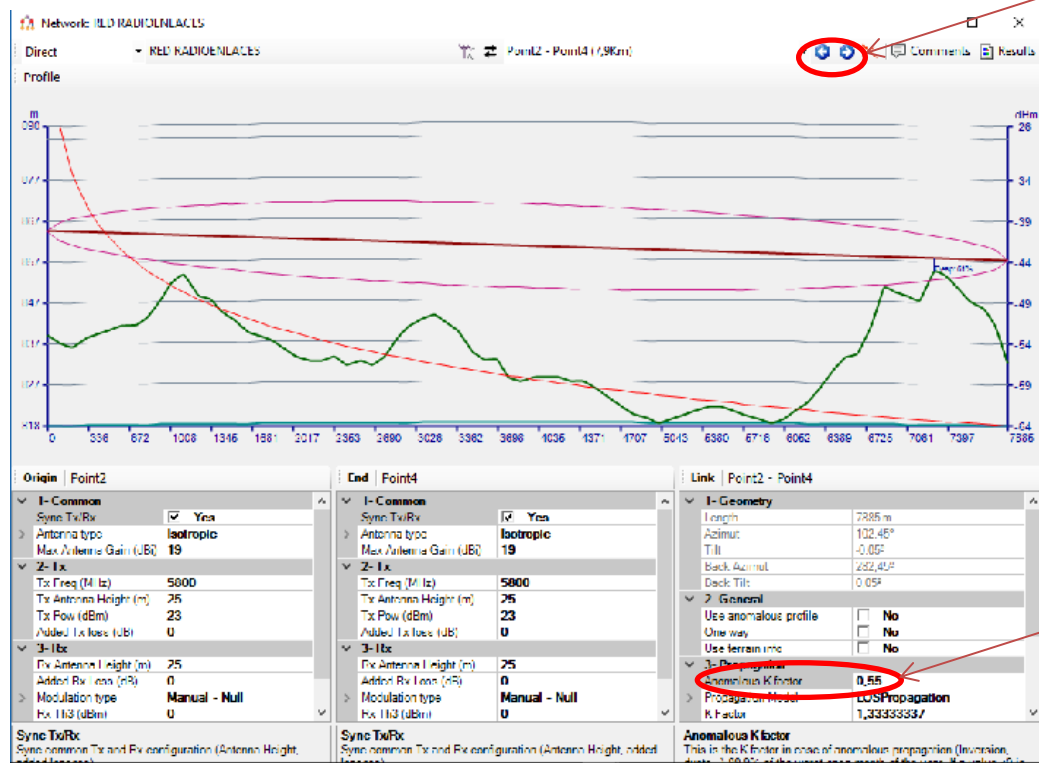
Para cada uno de los vanos, PROYECTO RADIO calcula el factor k anómalo en función de la longitud del vano nos lo muestra en la ventana del perfil. Para acceder a dicha ventana se debe seleccionar primero el enlace con **CTRL+CLICK BOTÓN IZQUIERDO**. Después hay que pinchar con el **BOTÓN DERECHO** del ratón sobre el enlace seleccionado para desplegar un menú en el que seleccionaremos la opción **SHOW LINK**.

David de la Mata Moya  
Judith Redoli Granados

## CASO PRÁCTICO 2: PLANIFICACIÓN DE RADIOENLACES FORMADOS POR VARIOS VANOS USANDO INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

El valor del factor K anómalo se encuentra junto con los datos de propagación en la esquina inferior derecha. Podemos ir de un enlace a otro con las flechas de la parte superior derecha para apuntar el factor K anómalo correspondiente a cada uno de ellos.

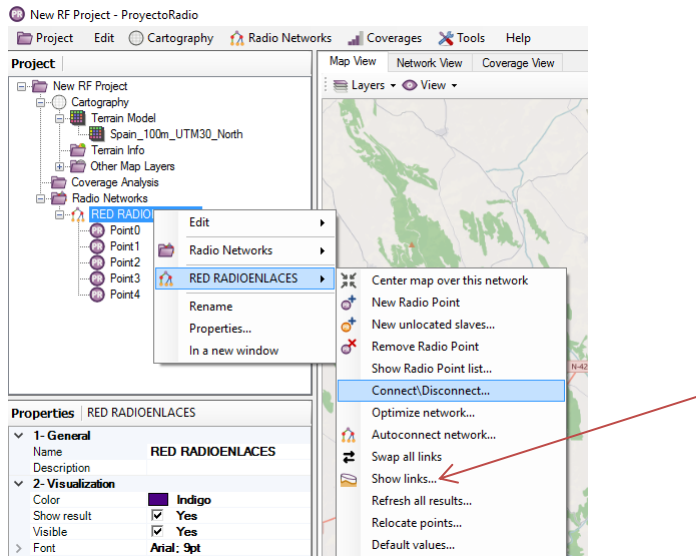
Compruébese también que factor K estándar de cálculo (K Factor) es 4/3.



Una vez apuntado el factor K anómalo de todos los enlaces, vamos a la función [SHOW LINKS](#) del Menú que se despliega al pinchar sobre la RED. Nos abre una ventana que nos muestra todos los enlaces.



## CASO PRÁCTICO 2: PLANIFICACIÓN DE RADIOENLACES FORMADOS POR VARIOS VANOS USANDO INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



Al seleccionar uno o varios enlaces con **CTRL+ CLICK BOTÓN IZQUIERDO** cambian a color azul y el botón **Auto Ant Height** aparece habilitado.

Links in network: RED RADIOENLACES

☒ Volody
 ☒ Auto Ant. Height
 ☒ Disconnect
 ☐ Comments
  Filter:

Origin	End	Length	TxPower	Margin	Capacity	Availability	Clearance	Antenn	Tilt	Org Ant H	End Ant H	Org Ant G	End Ant G	Freq
Point1	Point3	10.9km	N/A	N/A	NaNbps	0.00000%	-34.6%	237.8'	-0.6'	10.0m	10.0m	-9.0dB	-9.0dB	5.8000
Point3	Point2	12.3km	N/A	N/A	NaNbps	0.00000%	-147.1%	253.8'	-0.1'	10.0m	10.0m	-9.0dB	-9.0dB	5.8000
Point2	Point4	7.9 km	N/A	N/A	NaNbps	0.00000%	-117.7%	102.8'	-0.1'	10.0m	10.0m	-9.0dB	-9.0dB	5.8000
Point2	Point1	11.1km	-6/-5 dBm	-6/-5 dB	NaNbps	0.00000%	-158.6%	35.8'	0.5'	10.0m	10.0m	-9.0dB	-9.0dB	5.8000

Al pulsar el botón **Auto Ant Height** aparece una ventana donde debemos introducir los objetivos de diseño:

- Calculamos tanto la altura de la antena origen como de la antena destino.
- Seleccionamos el método de cálculo ITU\_P530\_Full. Este método es el de la UIT-R pero particularizado para un despejamiento del 60% en vez de un despejamiento del 100%.
- Establecemos que el cálculo se realice en pasos de 1m con altura de antena mínima de 5m y máxima de 60m.

## CASO PRÁCTICO 2: PLANIFICACIÓN DE RADIOENLACES FORMADOS POR VARIOS VANOS USANDO INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Auto antenna height options

1- General

Calculate End ☒ Yes

Calculate Origin ☐ No

Method ITU\_P530\_Full

Min FZ1 % clearance 60

Modify both directions ☒ Yes

2- Origin

Max ant height (m) 100

Min ant height (m) 10

Height step (m) 1

3- End

Max ant height (m) 20

Min ant height (m) 10

Height step (m) 1

Calculate End

Calculate optimal height for End radiopoint antenna

Ok

Al pulsar OK aparecerá una nueva ventana indicándonos si el cálculo se ha realizado con éxito y mostrando los resultados de las alturas de las antenas y un mensaje diciéndonos si ha sido necesario usar el k anómalo o no.

Auto antenna height calculator

Auto antenna height calculation results:

Success: yes

Origin Height: 126 m

End Height: 126 m

Anomalous propagation: yes

Aceptar

Si el mensaje es negativo, significa que el factor K que limita nuestras alturas es el de la atmósfera estándar. Volveremos a calcular las alturas con el botón [Auto Ant Height](#). Esta vez seleccionaremos el método de cálculo [Custom FZ](#) con un [Min FZ1 &% Clearance](#) del **100%**.

Si el mensaje es afirmativo, significa que el k que nos limita las alturas de las antenas es el anómalo, por lo tanto, los cálculos en el perfil aparecerán respecto al k anómalo. Si queremos calcular el despejamiento para estas alturas en condiciones de atmósfera estándar, con el botón [Auto Ant Height](#) seleccionaremos el método de cálculo [Custom FZ](#) con un [Min FZ1 &% Clearance](#) del **60%** y posteriormente abrimos el perfil y modificamos las alturas de las antenas con los valores que obtuvimos para el k anómalo.

La recomendación es calcular las alturas desde el extremo origen al destino vano a vano. En el primer vano se calculan las alturas para ambos extremos. Para los vanos sucesivos se le asigna al

David de la Mata Moya  
Judith Redoli Granados

## CASO PRÁCTICO 2: PLANIFICACIÓN DE RADIOENLACES FORMADOS POR VARIOS VANOS USANDO INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



origen el valor de la altura del destino del vano anterior, y se mantiene fija en el cálculo de las alturas de las antenas.

Una vez hecho el cálculo de las alturas en un sentido, podéis utilizar la función [SWAP LINKS](#) para analizar los enlaces en sentido contrario y comprobar si se pueden mejorar las alturas calculadas.

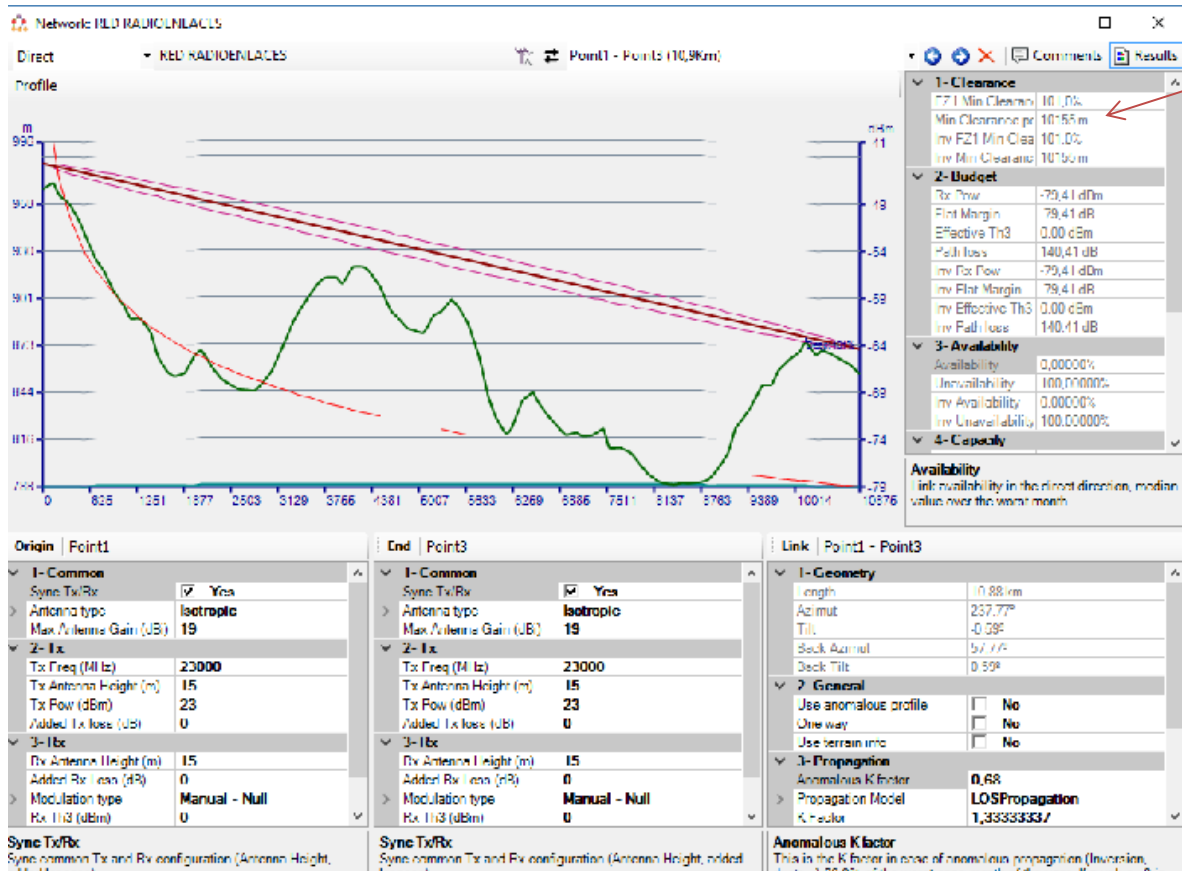
Las nuevas alturas de las antenas aparecen en la lista de parámetros de todos los vanos

Origin	End	Length	Pathloss	Margin	Capacity	Availability	Clearance	Azimut	Tilt	Org Ant H	End Ant H	Org Ant G	End Ant G	Freq
Point1	Point3	10.9 km	N/A	N/A	NaNbps	0.00000%	-34.0%	237.8°	-0.6°	10.0 m	10.0 m	-9.0 dBi	-9.0 dBi	5.800 G
Point3	Point2	12.3 km	N/A	N/A	NaNbps	0.00000%	-147.1%	253.5°	-0.1°	10.0 m	10.0 m	-9.0 dBi	-9.0 dBi	5.800 G
Point2	Point4	7.9 km	N/A	N/A	NaNbps	0.00000%	-217.7%	132.5°	-0.1°	10.0 m	10.0 m	-9.0 dBi	-9.0 dBi	5.800 G
Point1	Point4	11.1 km	67.5 dsm	-6/8 dBi	NaNbps	0.00000%	150.6%	96.4°	0.5°	10.0 m	10.0 m	-9.0 dBi	-9.0 dBi	5.800 G

Para ver el perfil y todos los parámetros de un vano pinchamos con el botón derecho en uno de los enlaces de la ventana anterior y se despliega un menú en el que seleccionaremos la opción [SHOW LINK](#).

Nos aparece una ventana en la que se describen todos los parámetros del enlace. Además, si pinchamos en [Results](#) en la esquina superior derecha podemos ver el mínimo despejamiento de la Primera Zona de Fresnel en porcentaje, además de otros parámetros, como las pérdidas de espacio libre en el vano.

## CASO PRÁCTICO 2: PLANIFICACIÓN DE RADIOENLACES FORMADOS POR VARIOS VANOS USANDO INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



David de la Mata Moya  
Judith Redoli Granados