

### 3. Uso de la herramienta RPlanner

#### 3.1. Características generales del RPlanner

Radwin Radio Planner (RPlanner) es una herramienta para la planificación de varios radioenlaces de forma simultánea. Puede ser considerada como una herramienta de cálculo de balance de radioenlace en dos dimensiones y más aún: dispone de utilidades para ayudar a mitigar interferencias, evaluación de servicio y más.

La herramienta RPlanner usa el pulg-in Web de Google Earth para habilitar la creación visual de planes o diseños. También es posible importar coordenadas de emplazamientos desde un fichero de texto con formato CSV o archivos de Google Earth<sup>4</sup>, una ayuda considerable en el caso de planes de cierta envergadura.

Al ser RPlanner una herramienta en entorno Web se pueden exportar los planes, bajo forma de ficheros con extensión .prj, pudiendo así disponer de una plataforma virtual de trabajo en el servidor del área del usuario de la herramienta, lo que permite trabajar “en la nube” según la denominación en auge. Al trabajar en la nube se puede acceder a los planes desde cualquier ordenador cumpliendo unos sencillos requisitos:

- Sistemas operativos Windows 7, Vista o XP de 32 bits
- Microsoft office 2007 o superior
- Plataforma .net versión 4

Se puede acceder al RPlanner a través de la dirección: [www.radwin.com/rplanner](http://www.radwin.com/rplanner) si es el primer acceso, una vez cumplidos los requisitos indicados arriba e instalado el SW necesario o a través del acceso directo abajo en caso de haber accedido anteriormente e instalado el SW necesario.

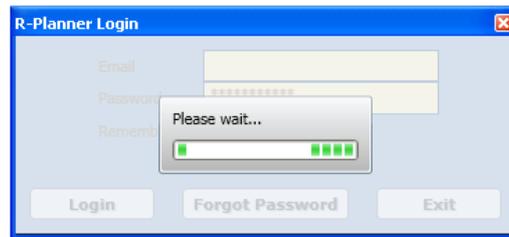


Acto seguido aparece la ventana de dialogo de autenticación para acceder a la herramienta RPlanner

Una ventana de login con un título "R-Planner Login" y un botón de cerrar. Contiene campos de entrada para "Email" y "Password", un checkbox para "Remember Me" y tres botones: "Login", "Forgot Password" y "Exit".

<sup>4</sup> Ficheros de extensión *kmz* y *kml*

Como es común en muchas herramientas basadas en interfaz de usuario Web (GUI Web) el usuario de acceso es la dirección de correo electrónico usada inicialmente para solicitar el acceso a la herramienta y la contraseña recibida una vez concedido dicho acceso. Además cuenta con la posibilidad habitual de solicitar una actualización de esa contraseña en caso de olvido.



Tras una breve espera aparece la pantalla inicial de la herramienta RPlanner muy parecida a la siguiente:

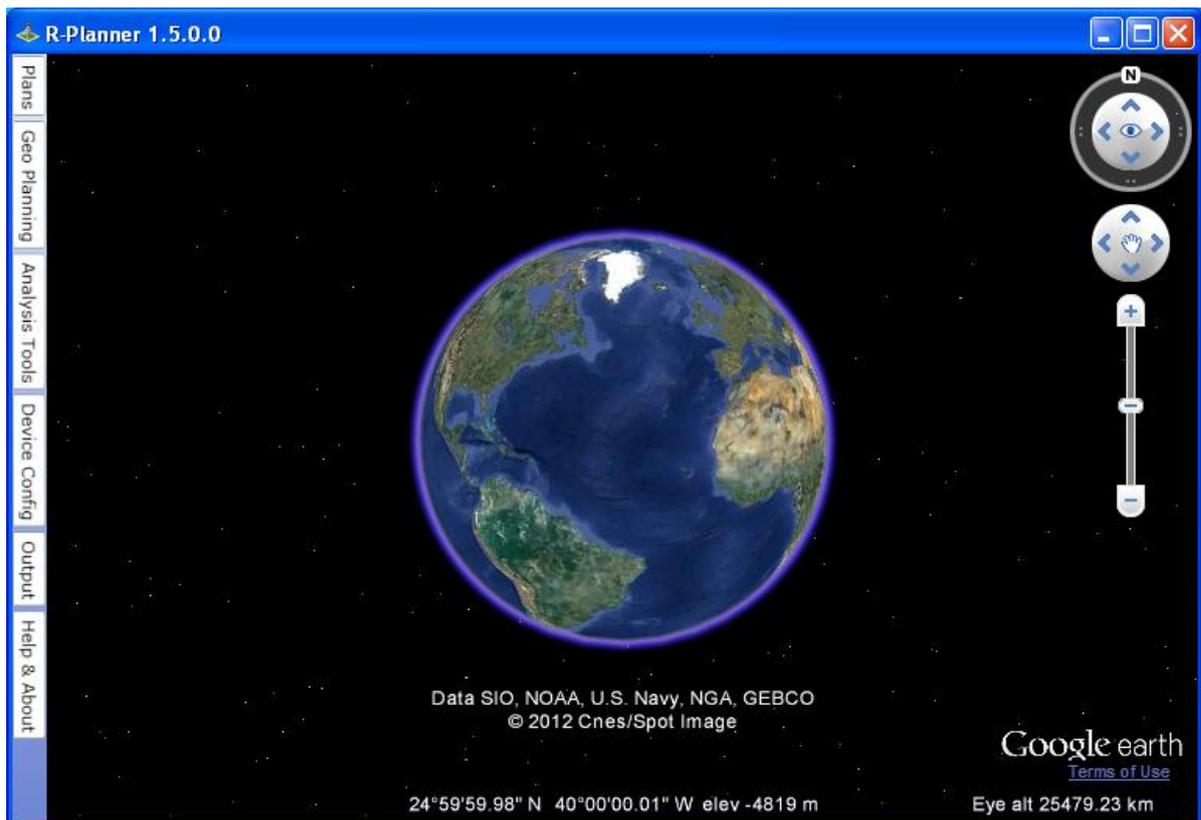


Figura 3. 1 Pantalla de inicio RPlanner

La herramienta RPlanner hace un uso exhaustivo del complemento o Plug-in de Google Earth para internet Explorer, por lo que la mayor parte del interfaz gráfico de usuario o GUI puede resultar familiar a los usuarios de Google Earth. Aún así la herramienta RPlanner añade novedades en cuanto al uso del teclado y del ratón. En este capítulo se ilustrarán al construir dos pequeños planes modelo. Adicionalmente se demostrarán de modo sencillo las funcionalidades de presentación e informe de la herramienta RPlanner.

### 3.2. El menú principal de la herramienta RPlanner

El menú principal esta situado en la parte izquierda de la ventana:



Figura 3. 2 Menú principal de la herramienta RPlanner

A continuación un resumen funcional de los elementos de dicho menú principal<sup>5</sup>:

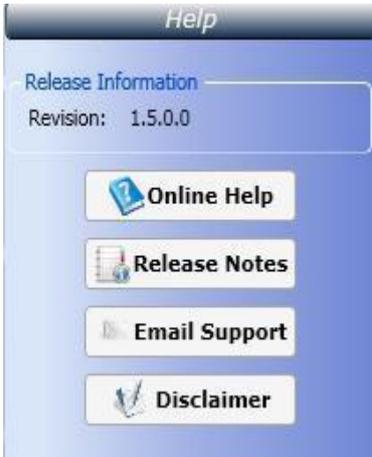
Tabla 2-1: Resumen funcional

Item del Menú	Contenido	Descripción
<p><b>Planes (Plans)</b></p>		<p>El menú desplegable contiene los últimos cinco planes creados ordenados por fecha de modificación. En caso de disponer de más planes se debe usar el botón <b>Navegar (Browse)</b> para verlos.</p> <p>Para abrir cualquier plan hay que seleccionarlo en la lista y pulsar el botón <b>Cargar (Load)</b>.</p> <p><b>Crear Nuevo Plan (Create New Plan)</b> lanza un asistente que guía en los pasos necesarios para ello.</p> <p><b>Importar Plan (Import Plan)</b> permite importar un plan previamente creado desde la ubicación seleccionada en una ventana emergente.</p>

<sup>5</sup> En esta tabla y en los siguientes apartados se nombrarán la primera vez los **elementos** en castellano en negrita con el **(nombre)** en inglés con el que aparecen en la herramienta en negrita entre paréntesis.

<p><b>Planificación geográfica</b></p> <p><b>( Geo-Planning)</b></p>		<p>En esta pestaña del menú se puede añadir un <b>Punto (Point)</b> del mismo modo en el que se hace usando Google Earth.</p> <p>A un punto se le puede otorgar a posteriori la categoría de <b>Sitio (Site)</b> o se puede añadir un sitio directamente como tal. Un sitio incluye información adicional empezando por la altura.</p> <p>Los sitios o los <b>Enlaces (Links)</b> se pueden Importar (Import) desde un fichero CSV, kmz o kml según indicado anteriormente.</p> <p>También se puede Exportar (Export) un plan previamente creado en un fichero con extensión .prj para guardarlo en la ubicación indicada en una ventana emergente y así poder importarlo directamente en la herramienta RPlanner.</p> <p>Las casillas de búsqueda de <b>Navegación y Sumario (Navigation and summary)</b> permiten localizar puntos, sitios o radioenlaces ingresando en ellas parte o todo el nombre del elemento buscado.</p> <p>Las casillas de selección de <b>Parámetros de Google Earth (Google Earth Parameters)</b> permiten hacer uso de características habituales de Google Earth permitiendo visualizar <b>Terreno (Terrain), Nombres (Names), Fronteras (Borders), Rejilla (Grid), Vista General (Overview), Edificios (Buildings), Barra de estado (StatusBar), Revestimiento (Overlay) y Escala (Scale)</b>.</p> <p>Las casillas de selección de <b>Capas Radio de Radwin (Radwin Radio Layers)</b> permiten visualizar los parámetros siguientes propios de la herramienta RPlanner en un plan completo: <b>Ancho de Banda de Canal (CBW), Altura (Height), Nivel de Recepción de Señal (RSSI), Frecuencia (Frequency), Interferencia (Interference) y Patrón de Trama Radio (RFP)</b>.</p>
<p><b>Herramientas de Análisis</b></p> <p><b>(Analysis Tools)</b></p>		<p><b>Perfil Radio (Radio Profile)</b> informa de la <b>Frecuencia por Defecto (Default Frequency)</b> en MHz</p> <p>También proporciona una lista de <b>Interferencias Mutuas (Mutual Interferences)</b> afectando los radioenlaces incluidos en un Plan y de los niveles aceptables de interferencia para los radioenlaces del plan.</p> <p>Finalmente se puede acceder en esta pestaña a un informe de <b>las Coberturas de Línea de Vista (LOS Coverage)</b> que son las representaciones visuales de estas coberturas creadas en un plan.</p>

<p><b>Configuración de Dispositivo</b></p> <p><b>(Device Config)</b></p>		<p>Muestra el <b>conjunto de productos del plan (Plan Products Bank)</b> y permite elegir el <b>producto por defecto a usar (Default Product to use)</b> para el Plan.</p> <p>La herramienta <b>Establecer la Configuración por Defecto (Setting Default Configuration)</b> permite establecer un radioenlace como configuración por defecto y trasladar dicha configuración a un conjunto de otros radioenlaces</p> <p><b>La configuración de alta resolución (High Resolution Configuration)</b> solo es requerida en caso de operar bajo regulación BRS (Aplica a las bandas 3.475-3.650GHz IC, 3.4-3.7GHz ETSI y 3.3-3.8GHz Universal de alta resolución con 250KHz como el paso mínimo de canal y la banda 3.650-3.675GHz FCC con 1MHz como paso mínimo de canal de baja resolución)</p>
<p><b>Salida</b></p> <p><b>(Output)</b></p>		<p>Esta pestaña presenta las funcionalidades relativas a los resultados y las distintas salidas de datos e informes obtenidos usando la herramienta RPlanner.</p> <p>En el apartado de <b>Planificación Radio (Radio Planning)</b> se presentan los distintos resúmenes de resultados de simulación para los radioenlaces incluidos en el plan en curso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Balance de Enlace(Link Budget)</b> indica para todos los enlaces del plan: Ancho de banda de Canal (CBW) en MHz, Tasa en el aire (Rate) en Mbps, los niveles de recepción de señal (RSSI) en dBm y la Tasa de servicio Full Duplex (Service) en Mbps</li> <li>• <b>Asignación de Frecuencia ( Frequency Assignement )</b> donde se consultan o configuran las frecuencias en MHz asignadas a cada radioenlaces además de las tasas en el aire y de servicio de los radioenlaces en Mbps a nuevo.</li> <li>• <b>Evaluación de servicio (Service Evaluation)</b> indicando para cada radioenlace los de porcentajes de disponibilidad anual requerida así como de los datos de tasas en el aire y de servicio <b>máximas posibles</b> en cada radioenlace cumpliendo el requerimiento de disponibilidad anterior. Además muestra la información de interferencia de los radioenlaces superando los limites establecidos de interferencia con cada radioenlace si los hubiere.</li> </ul> <p>En cada uno de los apartados se presenta un indicador visual de <b>estado (status)</b> de cada radioenlace indicando el cumplimiento de los requisitos configurados a priori referentes a los porcentajes de disponibilidad, tasa de servicio de radioenlace Full, margen de desvanecimiento y nivel de interferencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verde: Enlace cumpliendo los requisitos previos.</li> <li>• Rojo: Enlace no cumpliendo los requisitos previos.</li> </ul> <p>En el siguiente apartado <b>Listado de Material (Bill Of Material, BOM)</b> se puede generar automáticamente a partir de las configuraciones de enlaces y editarlo/modificarlo manualmente.</p> <p>El apartado <b>Informes (Reports)</b> permite configurar los datos necesarios en cuanto a datos informativos, logos, Imágenes del Plan, Inclusión de BOM y localización de ficheros de salida.</p> <p>Los informes que se generan en este apartado pueden ser en formato .docx de Microsoft Office Word 2007 o .kmz de Google Earth.</p>

<p><b>Ayuda e Información</b></p> <p><b>(Help &amp; About)</b></p>	 The screenshot shows a web-based help menu for RPlanner. At the top, the word "Help" is displayed in a blue header. Below it, "Release Information" is highlighted in blue, with "Revision: 1.5.0.0" underneath. Four buttons are listed vertically: "Online Help" with a question mark icon, "Release Notes" with a document icon, "Email Support" with an envelope icon, and "Disclaimer" with a document icon.	<p><b>Ayuda en Línea (Online Help)</b> presenta información de ayuda sobre el uso del RPlanner a través del navegador Web.</p> <p><b>Notas de versión publicada (Release Notes)</b>, ya que RPlanner es actualizado con frecuencia se indican en este apartado las novedades de cada versión.</p> <p><b>Soporte por Correo Electrónico (Email Support)</b> para poder solicitar ayuda en cuanto a dudas o problemas referentes al uso del RPlanner a través del gestor de correo configurado en el ordenador en uso.</p> <p><b>Condiciones Legales (Disclaimer)</b> información en cuanto al descargo de responsabilidad en cuanto al uso de los datos y resultados de la herramienta.</p>
--	---	--

### 3.3. Ejemplos de creación de planes

En este apartado se va a explicar el proceso de creación de dos planes sencillos situados en Sevilla: el primero formado por dos radioenlaces punto a punto y luego otro plan de dos radioenlaces punto a multipunto para ilustrar el uso de la herramienta RPlanner.

#### 3.3.1. Plan de Modelo punto a punto

El primer paso es ejecutar el **Asistente de Plan (Plan Wizard)** que nos permite introducir los datos que identifican y definen un plan inicialmente: Nombre del Plan, Descripción, Frecuencia por defecto en MHz, altura por defecto de antena en metros, menú de selección de servicio que se explicará a continuación, selección de país, de factor climático y finalmente selección del método de sincronización por defecto entre los dos posibles: **HSS** y **GSU**

Figura 3. 3 Asistente de creación de un Plan

Se pretende el objetivo de crear un plan sencillo incluyendo dos radioenlaces punto a punto en Sevilla basados en el equipo Radwin 2000C con el objetivo de proporcionar una capacidad Ethernet superior a 50 Mbps Full Duplex en la banda de frecuencias de 5.x GHz según el esquema siguiente:

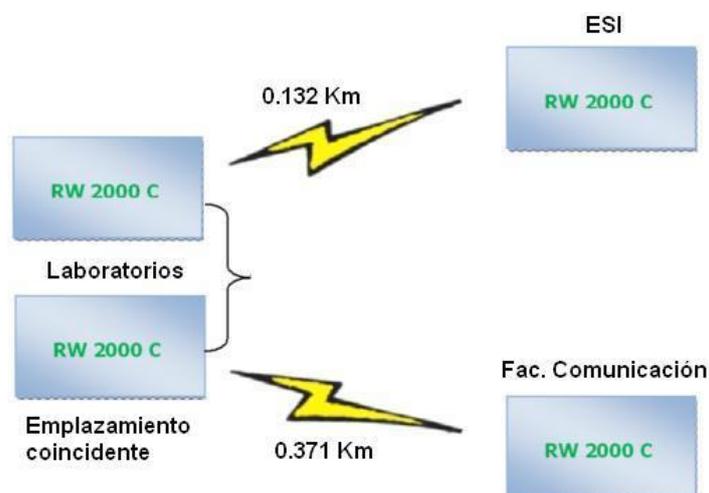


Figura 3. 4 Esquema de plan Modelo ESI-Laboratorios-Facultad de Comunicación

Los dos radioenlaces unirán la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla(ESI) y la facultad de comunicación a través de un punto intermedio situado en los laboratorios de la ESI.

Así mismo al acceder a la opción de selección del servicio nombrada anteriormente en el asistente de Plan se selecciona que por defecto se aplique a todos los radioenlaces del plan los criterios requisitos previos siguientes según indicado en la figura 3.5:

- Capacidad Ethernet 50Mbps.
- Capacidad simétrica<sup>6</sup>
- Número de canales primarios en este caso se supondrá cero por simplicidad.
- Criterio de disponibilidad mínima anual a cumplir en este caso se supondrá 99,99%.

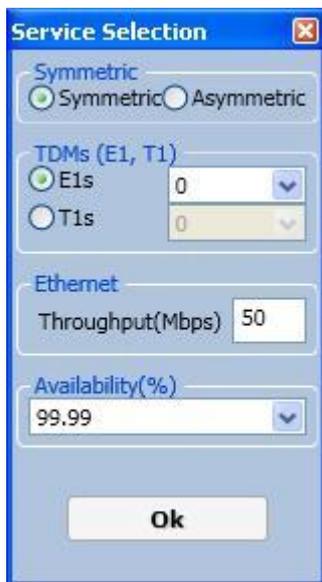


Figura 3. 5 Requisitos previos de servicio del plan modelo punto a punto

Al pulsar el botón de **Mapa Climático (Climate Map)** se accede al mapa desplegando el **Factor Climático o Factor C (Climate Factor, C-Factor)** de las distintas regiones del mundo para elegir el correcto según el caso:

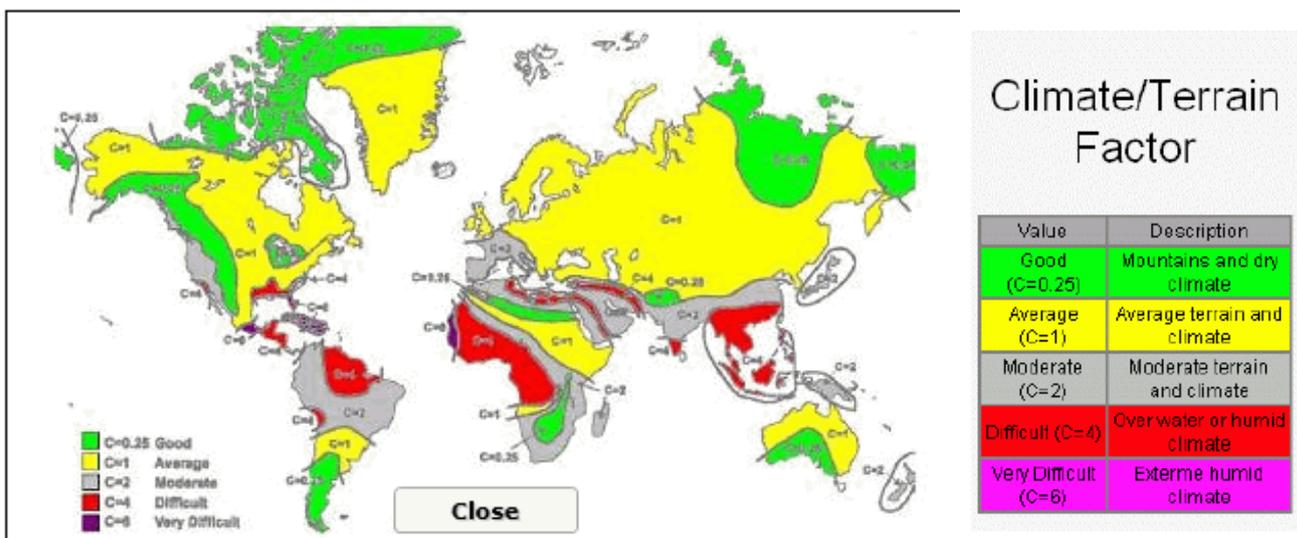


Figura 3. 6 Mapa del mundo de los factores climáticos y descripción detallada de esos factores

<sup>6</sup> En inglés Full Duplex

En el caso de este plan modelo se elige el factor correspondiente a España, C=2, correspondiente a un clima y un terreno moderados.

La siguiente ventana desplegada por el asistente corresponde a la selección inicial de dispositivos disponibles para el plan en curso en la que se pueden elegir escribiendo directamente su nombre o filtrarlos entre el elenco de los equipos disponibles por uno o varios de los parámetro siguientes: banda de frecuencia, Tipo de antena (Integrada o Externa), Familia de Productos (RW 1000, 2000 o 5000), el ancho de banda de canal (de 5 a 40MHz) y regulación a cumplir.

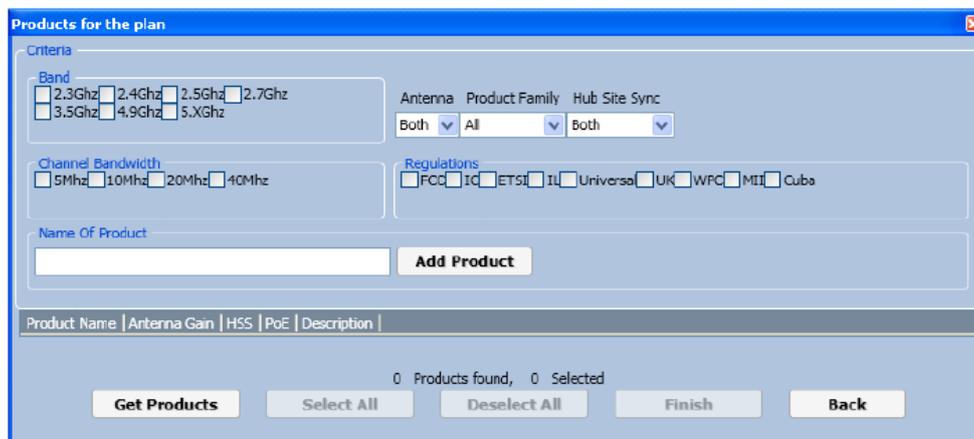


Figura 3. 7 Pantalla de selección de dispositivos

Dicha elección de dispositivos se puede modificar a posteriori en el transcurso del desarrollo de un plan accediendo a ella desde el menú de Configuración de Productos del menú principal.

En este se caso se opta por los equipos Radwin 2000C según la regulación ETSI en vigor en Europa según indicado previamente con intención de usar su versión con antenas integradas vista la sencillez de los radioenlaces propuestos.

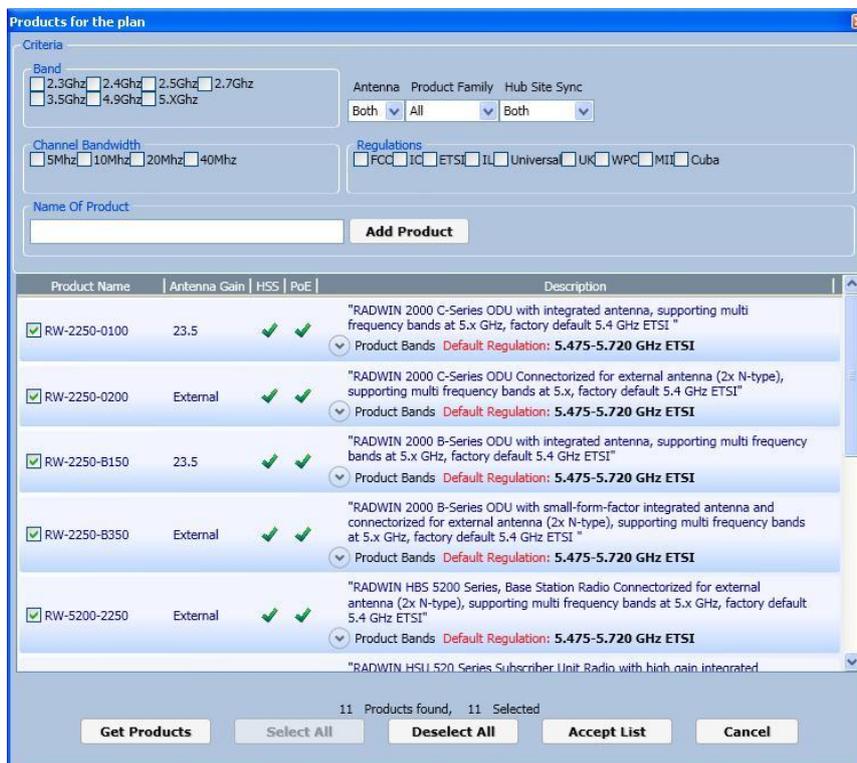


Figura 3. 8 Equipos disponibles para el plan punto a punto modelo

Una vez disponible la lista de equipos deseada se puede optar por modificarla activando las regulaciones vigentes en otras regiones o países en cuanto a las bandas de frecuencia disponibles para un equipo.

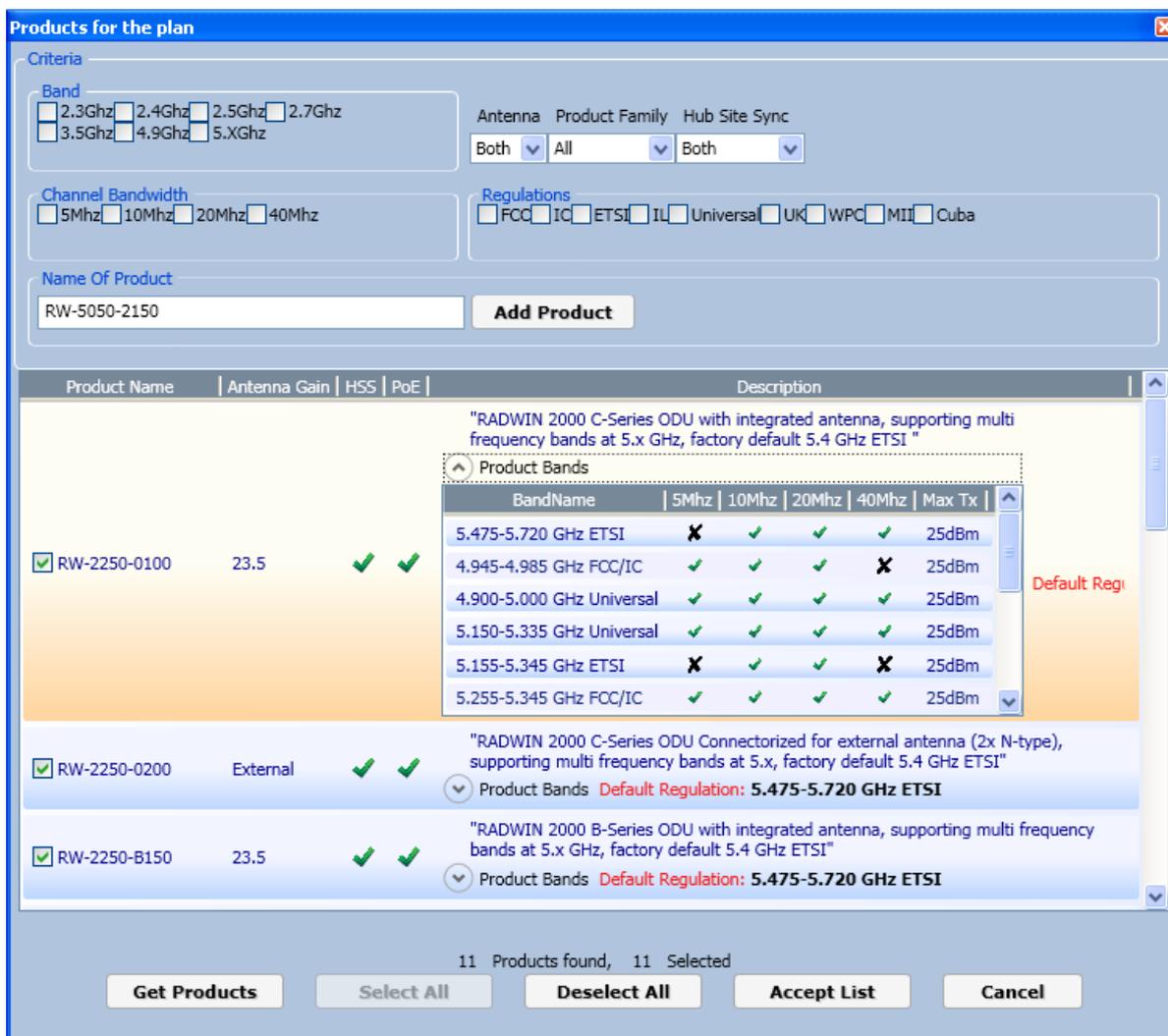


Figura 3. 9 Activación de bandas de frecuencia de regulaciones distintas a las activas por defecto

Para crear en los emplazamientos definidos para el plan se puede usar cualquiera de los métodos disponibles desde la pestaña de Planificación Geográfica: importarlos desde un fichero en uno de los formatos indicados previamente (.csv, .kmz o .kml) en caso de que estén disponibles anteriormente, buscarlos por el nombre siempre que esté definido este último en la base de datos de Google Earth o usar el Plug-in de Google Earth para situarse directamente en ellos de un modo visual.

También es posible la importación directa de enlaces desde archivos con el formato anteriormente mencionado.

En este caso se opta por la creación visual del emplazamiento como se puede comprobar en la figura 3.10 usando el botón derecho del ratón y editando el nombre y la altura de antena del emplazamiento.

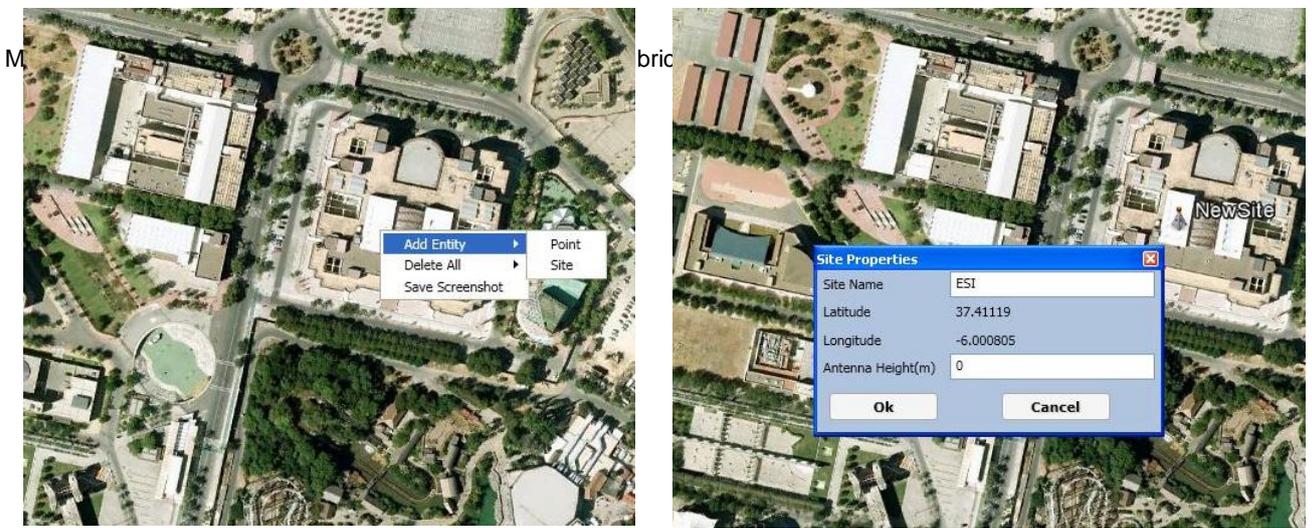


Figura 3. 10 Creación visual de emplazamiento

En caso de necesitar mover la torre simbolizando un emplazamiento se puede usar la opción de **desbloquear (Unlock)** usando el botón izquierdo del ratón y arrastrarla al punto exacto donde se quiere disponer el emplazamiento y a posteriori usar la opción **Bloquear (Lock)** para dejar el emplazamiento fijo de nuevo.



Figura 3. 11 Arrastrar un emplazamiento para situarlo correctamente

De este modo se facilita la correcta situación de los emplazamiento a estudiar y la exploración visual usando la herramienta RPlanner como se verá a posteriori aprovechando las funcionalidades derivadas del Plug-in de Google Earth.

Una vez creados los tres emplazamientos a incluir en el Plan se pasaría a crear los radioenlaces entre ellos. Con el mismo botón izquierdo del ratón pulsado en un emplazamiento y manteniendo simultáneamente el botón de control aparece la línea de enlace que se arrastra al emplazamiento remoto a unir en el Plan.

Acto seguido se despliega un menú de **Opciones de Emplazamientos Elegidas (Chosen Sites Options)** en el que se puede Crear el radioenlace, realizar una inspección previa del perfil o cancelar la creación del radioenlace.

En la imagen figura 3.12 se ilustra la creación del primer radioenlace entre la ESI y los Laboratorios.

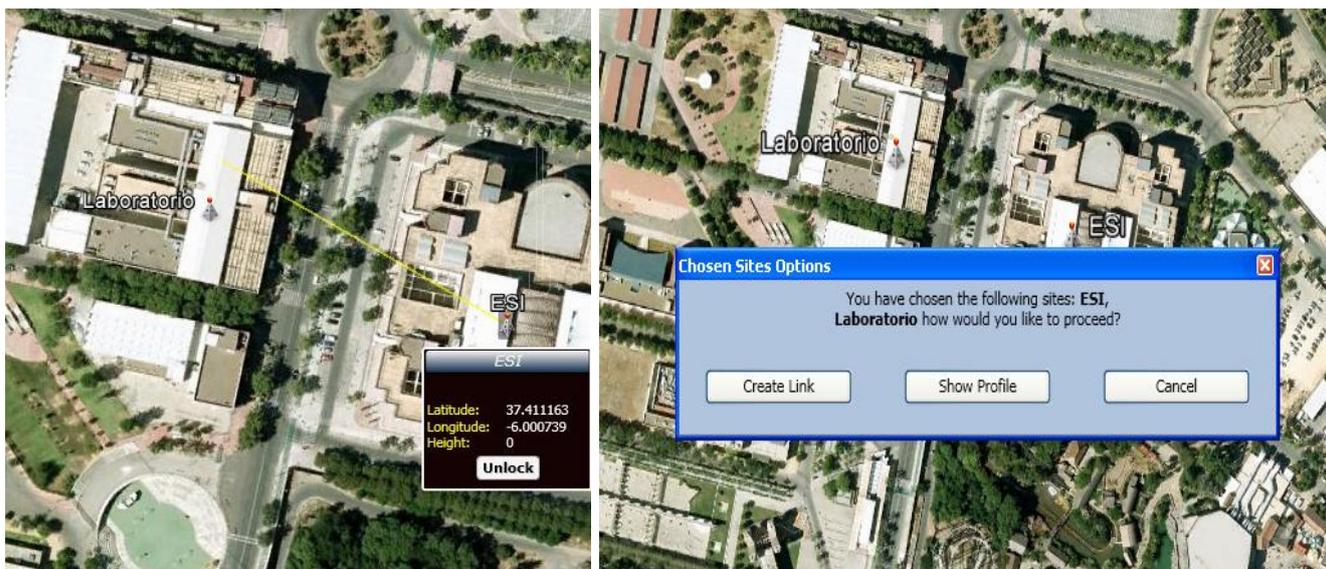


Figura 3. 12 Creación visual de radioenlace y Menú de Opciones de Emplazamientos Elegidas.

Suponiendo que se opta por la opción de creación de enlace se accede al menú de **propiedades de enlace (Link Properties)** compuesto por dos pestañas según indican las figuras 3.13 y 3.14.

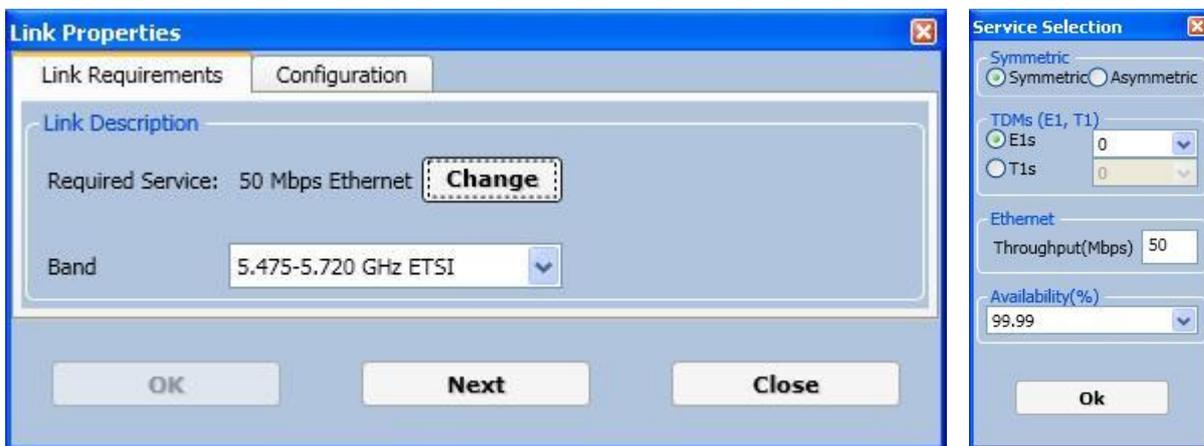


Figura 3. 13 Menú de Requerimiento de Enlace y selección de servicio

La primera pestaña corresponde a aquella relativa a **Requerimientos de Enlace (Link Requirements)** donde se puede elegir la banda de frecuencias donde se quiere plantear el radioenlace que se esta creando y simular su funcionamiento. En este caso se optará por la banda de frecuencias de uso común ( llamada comúnmente “PreWimax”) de 5.4 GHz en cumplimiento de la reglamentación de la SETSI presente en la UN-128 del CNAF (5.475-5.720 GHz de la ETSI).

Desde esta misma pestaña se puede acceder pulsando el botón Cambiar (Change) al menú de Selección de Servicio (Service Selection) mencionada anteriormente para cambiar los requerimientos del radioenlace fijados inicialmente al crear el plan en caso de que sea necesario: Simetría, Numero de primarios, Capacidad simétrica y Porcentaje de Disponibilidad.

En este caso se mantendrán los requerimientos indicados al inicio de este apartado para este plan modelo de radioenlaces punto a punto válidos para los dos radioenlaces a simular.

Al pulsar en el botón siguiente se accede a la segunda pantalla de del menú de propiedades de enlace correspondiente a la pantalla de configuración que nos informa de los resultados de simulación del mismo.

Lo más usual es que inicialmente los resultados en esta pantalla no cumplan los requerimientos previos con los equipos y su configuración por defecto en cuyo caso se marcarán en rojo los parámetros que no permitan cumplir dichos requerimientos : Probabilidad de disponibilidad, capacidad simétrica según el ancho de banda de canal y la modulación por defecto asignados (inicialmente los más bajos disponibles para la regulación y la banda de frecuencias elegidas), Perfil orográfico del radioenlace, margen de desvanecimiento, Interferencia y Status general del radioenlace.

Figura 3. 14 Menú inicial de configuración de Propiedades de Enlace

La figura 3.14 deja constancia de lo anterior ya que en ella se señalan en rojo la capacidad, el perfil del radioenlace<sup>7</sup> y por consiguiente el status global del primer enlace entre la ESI y los Laboratorios.

El primer paso sería comprobar que están usándose los equipos deseados entre los elegidos inicialmente y los disponibles para la banda de frecuencia fijada anteriormente: se puede modificar en las casillas de Producto (para el equipo exterior de RF u ODU), de antena (para elegir entre los tipos de antenas integradas y/o

<sup>7</sup> Para simular un perfil orográfico del radioenlace inicialmente obstruido en este caso se ha situado deliberadamente una de las antenas a una altura menor al nivel del suelo lo cual obviamente no es un caso realista.

externas disponibles según el producto) y de IDU (para elegir entre los distintos equipos de interior disponibles).

En caso de usar antenas externas hay que comprobar y editar manualmente si es necesario el valor de pérdidas de cable entre las ODU y sus antenas que se deben contemplar en la simulación según el tipo y de la longitud del cable usado.

En este caso se usarán los siguientes equipos en este plan punto a punto modelo:

- ODU: Radwin 2000C con antenas integradas (RW-2250-0100) por lo que no considera pérdidas adicionales debidas al cable entre las ODU y las antenas.
- IDUs: Equipos PoE (RW-9921-101X, opción asignada por defecto).

Lo siguiente sería intentar lograr tener LOS despejando de obstáculos orográficos la primera zona de Fresnel y desactivar así el indicador rojo al respecto, lo cual se puede llevar a cabo directamente en menú de configuración de propiedades de enlace editando las alturas de las antenas directamente o acceder al **Perfil (Profile)** con el botón de ese nombre para aumentar estas alturas a la par que se usa el botón **Actualizar (Update)** para comprobar dinámicamente el nuevo estado perfil y el botón **Fijar Alturas (Set Heights)** una vez lograda la condición de LOS para el radioenlace.

Adicionalmente se hace observar que en la pantalla de perfil del radioenlace se puede consultar o editar manualmente la frecuencia concreta asignada a un radioenlace aunque se tratará específicamente el tema de la asignación de frecuencia más adelante.

En relación a la condición de LOS y previamente a la realización del habitual y necesario replanteamiento en el terreno, es recomendable aprovechar también las funcionalidades de Google Earth para realizar una inspección visual inicial del trayecto del radioenlace en tres dimensiones (siempre que este disponible en Google Earth para la zona del plan) activando la vista de edificios. Con la propiedad de **Extrude/Intrude** aplicable a los enlaces se puede visualizar la altura del trayecto radioeléctrico de los enlaces respecto al suelo y a los edificios cercanos no recogidos en el perfil orográfico del radioenlace, lo cual permite acercarse a una condición de LOS más realista que si se toma en cuenta únicamente el perfil orográfico

Lo cuál permite acercarse a una condición de LOS más realista que si se toma en cuenta únicamente el perfil orográfico

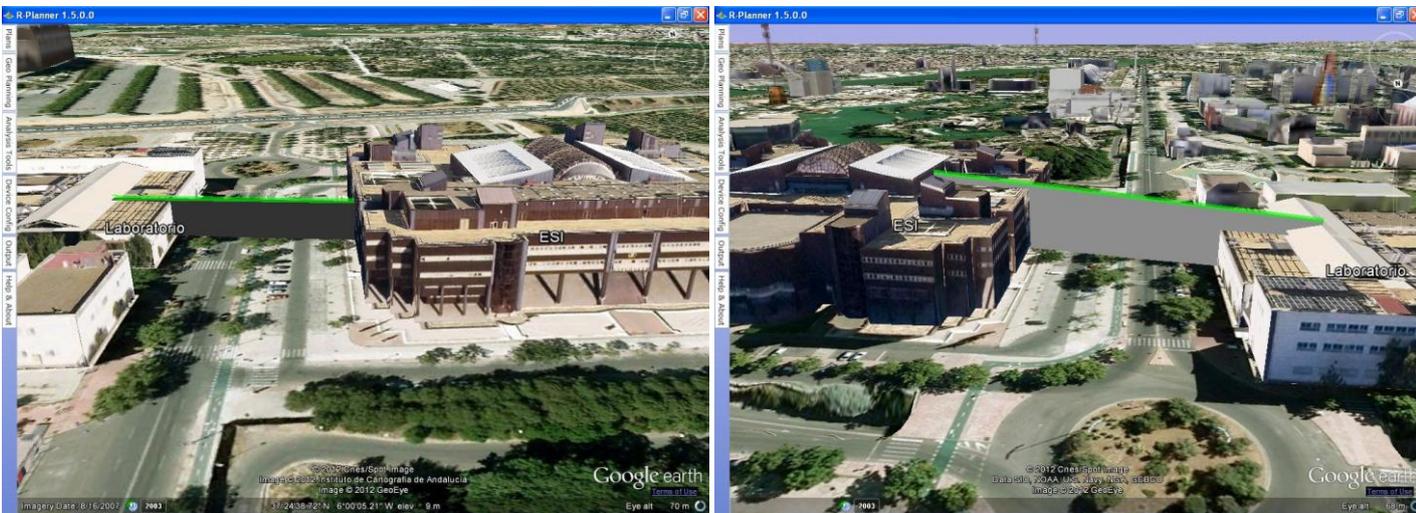


Figura 3. 15 Inspección visual del radioenlace ESI-Laboratorios antes y tras actualizar la altura de antenas para una LOS mas realista

A continuación se incluye el perfil orográfico una vez realizados los pasos mencionados anteriormente:

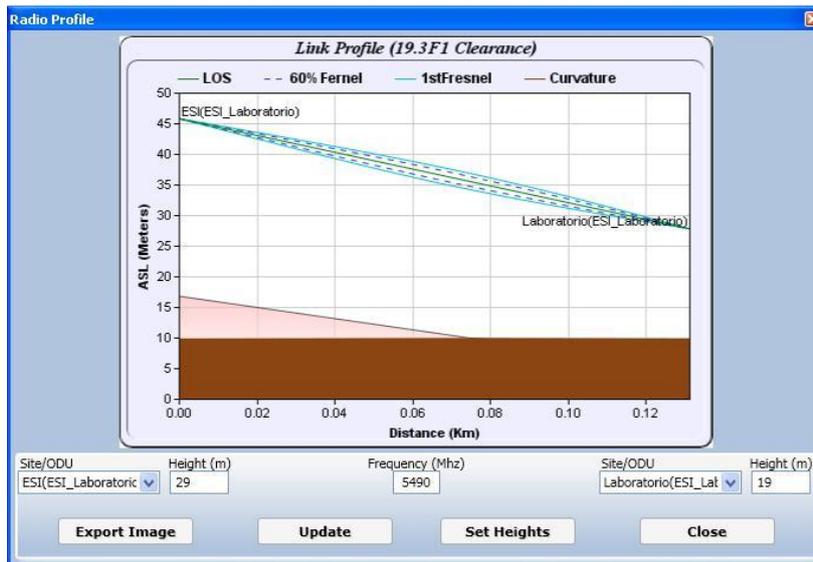


Figura 3. 16 Perfil del radioenlace ESI-Laboratorios

Indicar que se puede exportar el perfil directamente en formato de imagen JPEG.

El siguiente paso sería modificar el ancho de banda de canal y la modulación usados en la pantalla de configuración de propiedades de radioenlaces para cumplir los requerimientos previos establecidos.

En este caso se opta por una canalización de 20MHz y una tasa total agregada en el aire de 130Mbps correspondiente a una modulación 64QAM 0.83 para alcanzar una capacidad de servicio simétrica de 51.7Mbps superior a los 50Mbps requeridos.



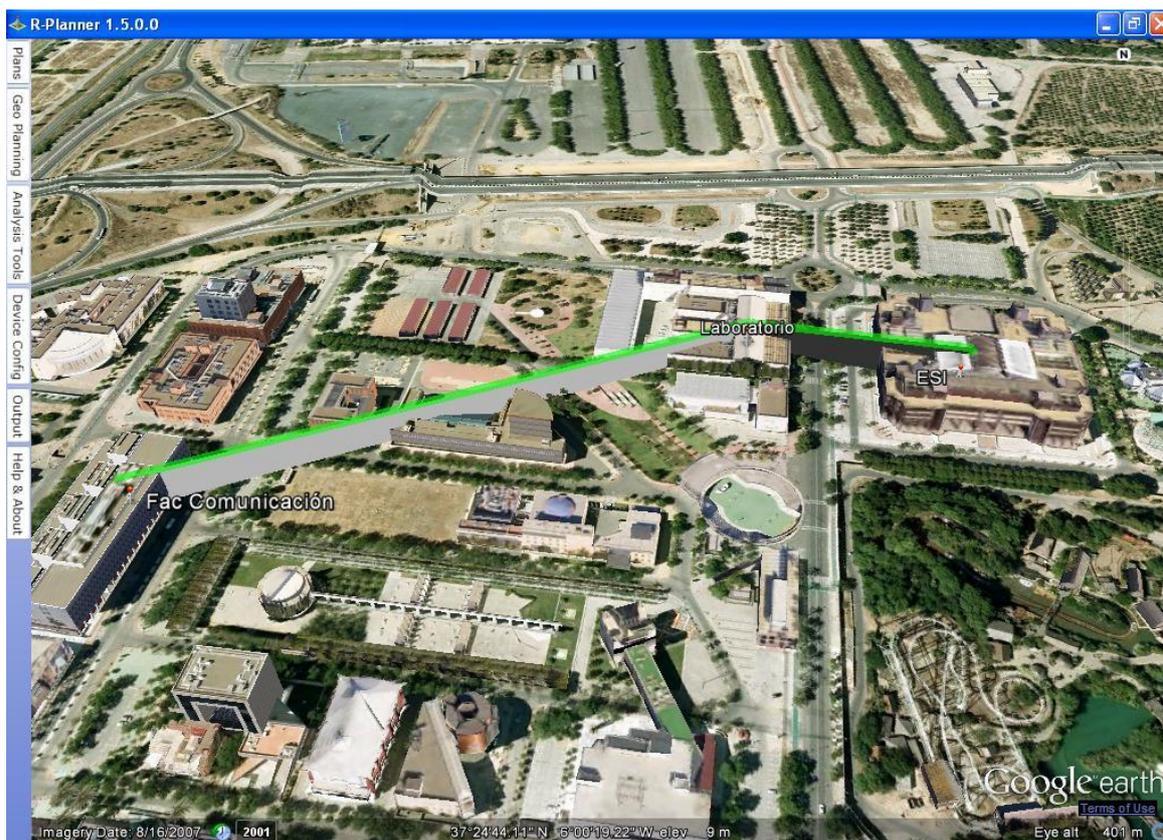
Figura 3. 17 Configuración de propiedad de enlace con capacidad de servicio actualizada

En la pantalla de configuración de propiedades de enlaces se puede apreciar que se informa del valor de margen de desvanecimiento y del nivel de interferencias con el resto de enlaces que se obtienen de la simulación y de si se cumplen o no los requerimientos previos fijados así como del azimut y la elevación teóricas para guiar a posteriori en cuanto a la orientación óptima de antena.

Otros parámetros configurables son la potencia de transmisión (por defecto se sitúa en la potencia máxima posible al elegir una combinación de ancho banda/tasa en el aire), el funcionamiento en polaridad dual o simple y el patrón de radio frecuencia a usar.

Existe la posibilidad de forzar el enlace a situarse en la máxima tasa en el aire posible de acuerdo a la sensibilidad de señal simulada sin tomar en consideración el requerimiento previo en cuanto a la disponibilidad pulsando el botón de Tasa Máxima (Max Rate) lo cual anulará otras configuraciones previamente realizadas.

Todos los pasos anteriores son igualmente aplicables al segundo radioenlace en este plan modelo entre la facultad de comunicación y los laboratorios.



**Figura 3. 18 Imagen de trayectos radioeléctricos del Plan punto a punto modelo**

Habiendo elegido las alturas mínimas de antenas en los emplazamientos para salvar los obstáculos orográficos y derivados de la inspección visual en tres dimensiones a través de la herramienta RPlanner:

- ESI: 29 metros
- Laboratorio: 19 metros (dos equipos)
- Facultad de comunicación: 24 metros

quedaría llevar a cabo la asignación de frecuencia que se puede realizar manualmente o de modo automático con la funcionalidad de asignación de frecuencia en la pestaña de salida el menú principal. En el caso de este plan modelo se supondrá que se realiza manualmente en los dos radioenlaces que lo conforman en aras de dejar constancia de las restricciones de interferencias en el emplazamiento coincidente entre los dos situado en los laboratorios.

Para lo cual, pulsando el botón **Canales (Channels)**, se pueden ver todos los canales disponibles correspondientes a la banda de frecuencias y al ancho de banda de canal elegidos. Así mismo se pueden seleccionar o deseleccionar los canales que se quiere que estén disponibles para poder usarse a posteriori con los mecanismos de mitigación de interferencias de la herramienta RPlanner



**Figura 3. 19 Canales disponibles para la banda 5.4GHz ETSI y un ancho de banda de canal de 20MHz**

En este caso se dejan seleccionados todos los canales para los dos radioenlaces y se realiza la siguiente asignación de frecuencias para minimizar las interferencias separando suficientemente el espectro ocupado por cada canal:

- Radioenlace ESI-Laboratorios: 5485 MHz
- Radioenlace Laboratorios-Facultad de Comunicación: 5545 MHz

Como se observa en las figura 3.20 y 3.21, las propiedades de los radioenlaces reflejan aún así un nivel de interferencia señalado en rojo para simbolizar que se sobrepasa el límite aceptable de interferencias en el emplazamiento de los Laboratorios donde se concentra un alto nivel de interferencias al tener dos equipos correspondientes a cada uno de los dos radioenlaces a la misma altura.



**Figura 3. 20 Propiedades de Enlace ESI-Laboratorios con interferencias**



Figura 3. 21 Propiedades de Enlace Laboratorios-Fac. Comunicación con interferencias

El origen de interferencias se puede comprobar pulsando el botón de **Detalles** (**Details**) contiguo al nivel de interferencias en la pantalla anterior:

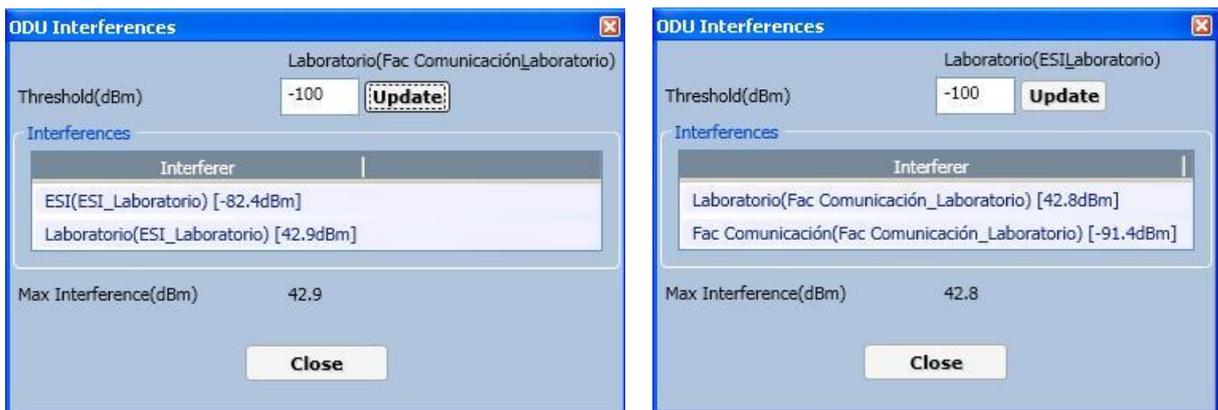


Figura 3. 22 Detalles de interferencia en el emplazamiento de laboratorios en los dos radioenlaces

Otro modo de comprobar las interferencias es desde la funcionalidad de interferencia mutua de la pestaña de herramientas de análisis en el menú principal donde se puede acceder simultáneamente a las interferencias afectando a cada ODU.

En dicho menú se puede acceder a los radioenlaces en los que se encuentran las ODUs afectadas por interferencias así como aquellos donde están las ODUs interferentes para actuar sobre ellos con el objetivo de mitigar las interferencias.

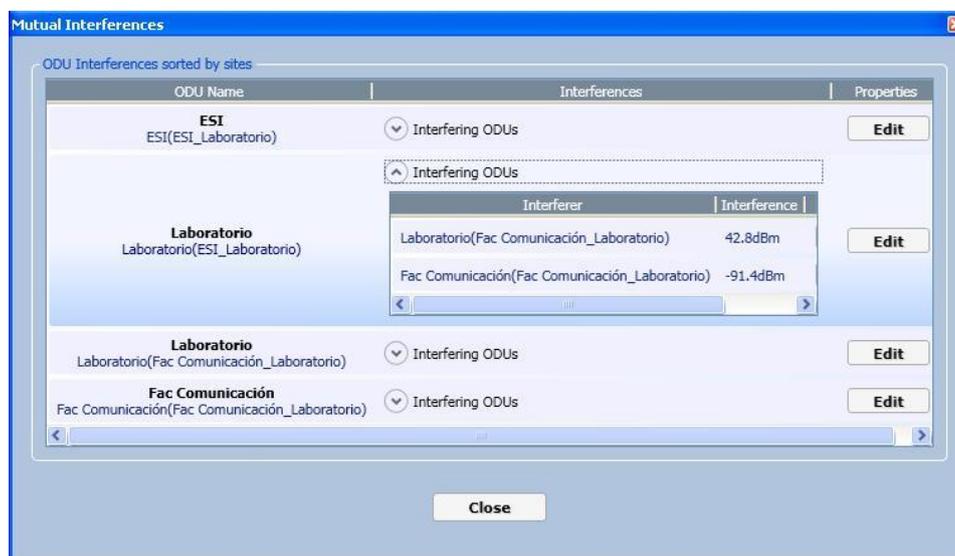


Figura 3. 23 Menú de interferencia mutua con los detalles de interferencia afectando la ODU en los laboratorios correspondiente al radioenlace ESI-Laboratorios

En este punto se puede acceder a la funcionalidad de evaluación de servicio en la pestaña de salida del menú principal para comprobar el efecto de las interferencias en él ya que en el resto de menús de salida no se refleja dicho efecto, pudiendo ver el detalle de interferencias también en este menú.

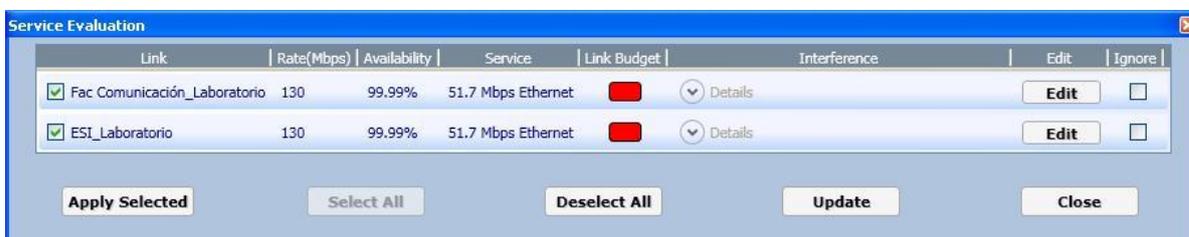


Figura 3. 24 Menú de evaluación de servicio del plan modelo punto a punto con interferencias

Para mitigar las interferencias debidas a la contigüidad de las ODU en el emplazamiento de los Laboratorios las posibles medidas a adoptar son:

- Minimizar las potencias de transmisión y las modulaciones seleccionadas lo máximo posible manteniendo los requerimientos deseados y considerar unas restricciones de interferencias realistas.
- Realizar una correcta asignación de frecuencia minimizando las interferencias entre canales de equipos contiguos.
- Separar las antenas interferentes físicamente una distancia del orden de algunos metros siempre que sea posible o usar la solución HSS de Radwin sincronizando la transmisión/recepción y minimizando así las interferencias.

Este es un procedimiento iterativo complejo de realizar ya que necesita de una planificación óptima de frecuencia y compromisos entre las restricciones y los requerimientos del plan. En este caso se optará principalmente por la solución HSS de Radwin para dejar constancia del resultado óptimo de dicha solución combinándola con algunas de las otras medidas.

Para lo cual se elige como equipo **Maestro HSS (HSM)** a la ODU en el emplazamiento de los laboratorios correspondiente al radioenlace ESI-Laboratorios y como **Cliente HSS (HSC)** a la unidad contigua coincidente en dicho emplazamiento correspondiente al enlace Laboratorios-Facultad de comunicación y siéndoles así asignadas automáticamente a las unidades remotas de ambos enlaces la condición de equipo **Remoto HSS (HSR)**.

La creación de un nuevo HSM y la asociación a él de un HSC se realiza desde el menú de configuración de propiedades de enlace pulsando el botón Añadir (Add) a este efecto según se indica en la figura 3.25.

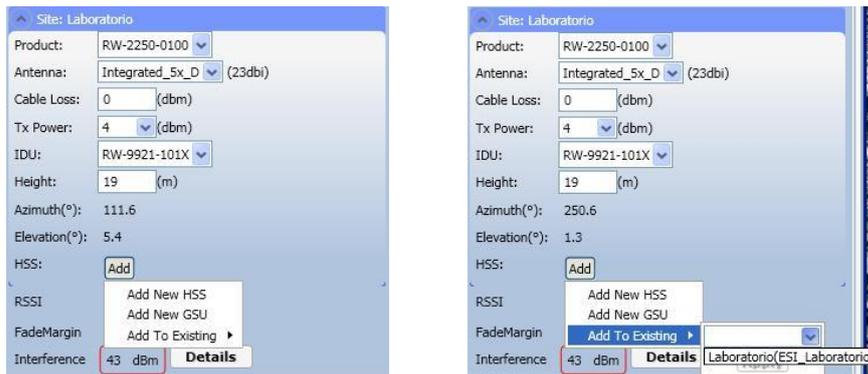


Figura 3. 25 Creación de un HSM y de un HSC

Además siempre es recomendable optimizar el compromiso entre el nivel de potencias de transmisión usado (por defecto se asigna a los radioenlaces el nivel máximo de potencia) y el requerimiento de interferencia máxima asumible cumpliendo los requerimientos previos. Además es importante tomar en cuenta que el RFP usado sea el óptimo (En este caso es el esquema E según asignado por defecto).

La totalidad de los resultados obtenidos en el informe final de este plan modelo punto a punto está recogida en los anexos de este documento. En la Figura 3.26 se incluye el menú de configuración de enlace del radioenlace ESI-Laboratorios donde se ha usado por el nivel de potencia mínimo disponible (-8dBm) ya que permite cumplir los requerimientos previos minimizando a la vez el nivel de interferencias.

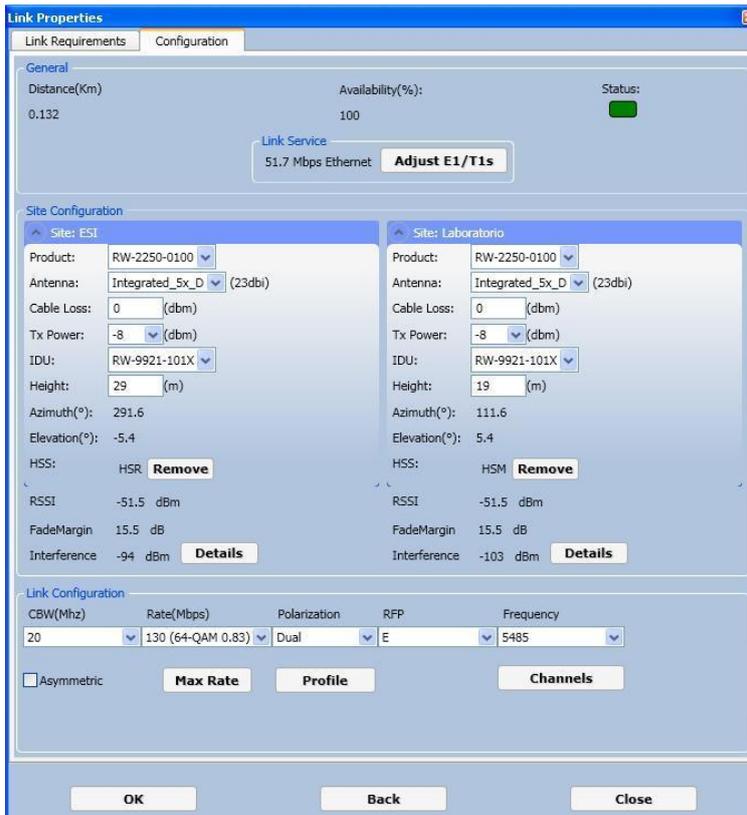


Figura 3. 26 Menú de configuración de propiedades de enlace final del radioenlace ESI-Laboratorios

Una funcionalidad adicional importante a tratar es la de **Cobertura de LOS (LOS Coverage)** que nos permite la herramienta RPlanner lo cuál se realizará a modo de ejemplo visual de la zona de cobertura centrada en un emplazamiento, el cual será en este caso el de los Laboratorios.

El procedimiento para realizarlo es pulsar el botón derecho del ratón en un emplazamiento desplegando así un menú que permite crear una cobertura o acceder a una creada. Al crear una cobertura se despliega el menú de configuración donde se introducen los parámetros de la cobertura: Radio de cobertura, altura del punto central de cobertura, altura máxima de los puntos a cubrir, ángulos de comienzo y final de cobertura además de los colores de las zonas de cobertura y de falta de ella. Se reflejan dichos pasos en la figura 3.27.



Figura 3. 27 Procedimiento de creación de cobertura centralizada

Se reflejan en la figura 3.28 el resultado de dicha cobertura con los parámetros en la figura 3.27 lo que nos puede dar una información útil para saber en que puntos se pueden colocar los posibles emplazamientos remotos a enlazar con el punto central de cobertura.



Figura 3. 28 Ejemplo de zona de cobertura centralizada en un emplazamiento

Una vez creadas las distintas zonas de cobertura del plan se puede acceder a todas ellas en la opción de **Lista Actual (List Current)** del menú desplegable de la figura 3.27. En la figura 3.29 se refleja dicha lista de coberturas que incluirá tanto las coberturas centralizadas ya explicadas como aquellas sectoriales correspondientes a equipos punto a multipunto tratados en el apartado siguiente.



Figura 3. 29 Lista actual de coberturas

Para terminar con la explicación del procedimiento de creación de este plan punto a punto modelo queda indicar que el **listado de materiales (BOM)** usados en el plan se pueden generar automáticamente y/o editar mediante el menú a este efecto accesible desde la pestaña de salida del menú principal. En el cual solo se incluyen los equipos propios del fabricante contemplados en el plan y no los accesorios necesarios (cables, conectores, herrajes...)

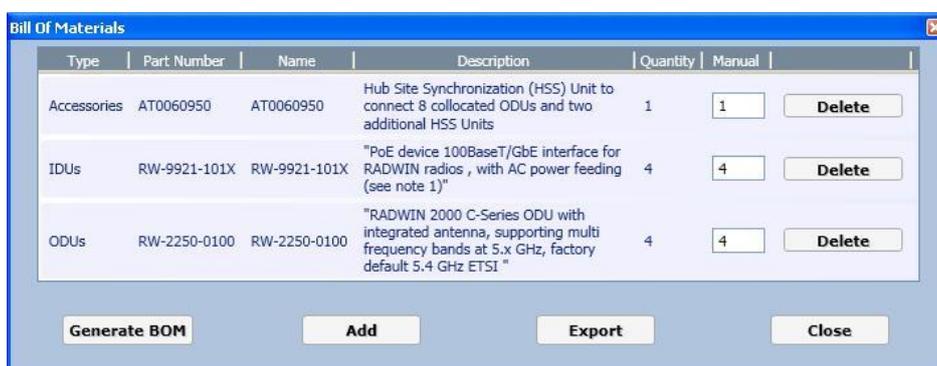


Figura 3. 30 Listado de material del plan punto a punto modelo

Dicho listado de equipos se puede incluir en el informe en formato .docx de Microsoft Word junto a los comentarios que se quiera hacer en el informe, las imágenes previamente guardadas y el resto de resultados del plan. Dicho informe se genera desde el menú de la figura 3.31.

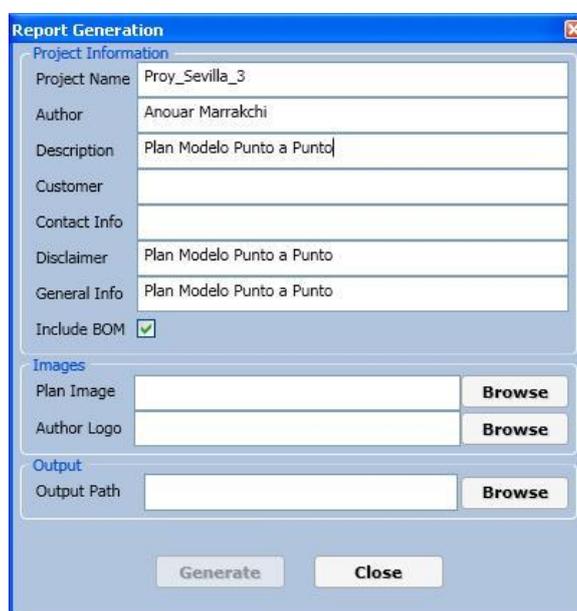


Figura 3. 31 Generación del informe del plan punto a punto modelo

### 3.3.2. Plan modelo Punto a Multipunto

Muchos de los asuntos recogidos en el apartado anterior relativos al uso general de la herramienta RPlanner siguen siendo válidos por lo que no se incidirá en ellos para evitar ser repetitivo. No así aquellos aspectos que tienen relación con el carácter distintivo punto a multipunto de este plan modelo que se reflejarán en este apartado.

En este Plan modelo se planteará un esquema punto a multipunto con tres radioenlaces con estación base de alta potencia (HBS) centralizando el flujo de todos ellos en el emplazamiento de la ESI ya considerado en el apartado anterior y enlazándose con tres emplazamientos remotos: Los Laboratorios de la ESI y la Facultad de comunicación ya considerados en el apartado anterior además de un nuevo emplazamiento situado en el estadio olímpico de la Cartuja.

Usando la familia Radwin 5000, el objetivo planteado es dar servicio a tres unidades suscriptoras de alta capacidad (HSU) con capacidades simétricas de 5Mbps a través de una estación base de alta capacidad (HBS) con capacidad agregada de 50Mbps usando un ancho de banda de canal de 10MHz. Los equipos usados en el plan serán:

- ODU: Para la HBS RW-5050-2250 con conectores para antenas externas y para las HSUs RW-5510-2350 con antenas integradas.
- IDUs: Se mantiene el criterio de usar el equipo mas sencillo usando equipos PoE.

Tras pasar por los pasos ya comentados en el apartado anterior (crear el plan usando el asistente configurando los requerimientos iniciales, dar de alta los equipos a usar en el plan y situar los emplazamientos a incluir en el plan), se daría de alta la HBS en el emplazamiento elegido para ello en la ESI pulsando el botón derecho del ratón para acceder al habitual menú desplegable visto anteriormente en dicho punto.

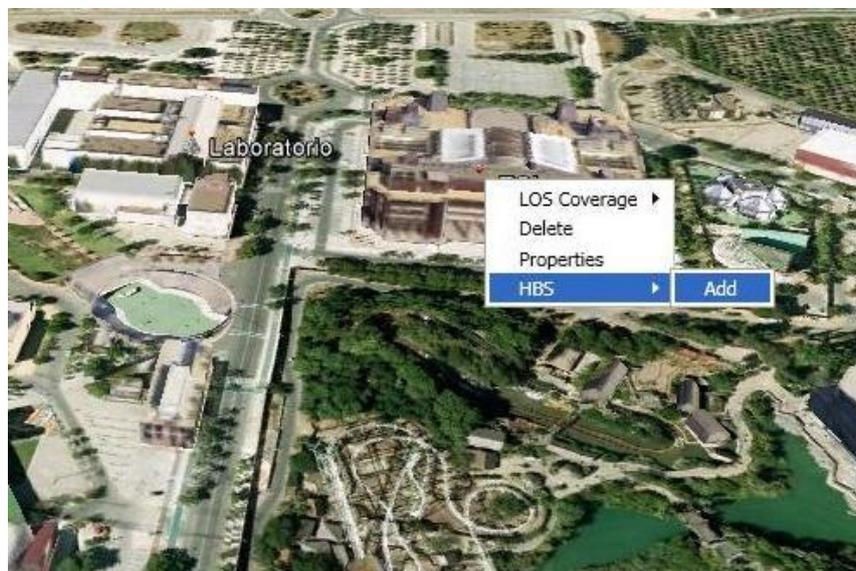


Figura 3. 32 Alta de HBS

Con lo cual se accede al menú de **Propiedades de la HBS (HBS Properties)** en el cual se cumplimentan sus parámetros de configuración: además de los equipos anteriormente comentados se mantendrá la banda de frecuencias de 5.4GHz usada en el apartado anterior, para esta HBS concreta hay una sola opción disponible en cuanto al ancho de banda de canal y al RFP, se elige una antena sectorial con haz de 90° y ganancia 14dBi (RW-9061-5001), se mantienen las pérdidas por defecto de 1dB para el cable entre la ODU y la antena, se elige una potencia de transmisión de 17dBm para cumplir la restricción de la banda 5.4GHz y finalmente se mantiene la altura final de antena del emplazamiento ya comprobada visualmente para LOS en el apartado anterior (29m).

The screenshot shows the 'HBS Properties' dialog box with the following configuration:

- HBS Name: HBS1
- Available Bands: 5.475-5.720 GHz ETSI
- Product: RW-5050-2250
- CBW: 10 (Mhz)
- RFP: E
- Antenna: RW-9061-5001 (Sectorial) (14dbi)
- Cable Loss: 1 (dbm)
- Tx Power Limitation: 17 (dbm)
- IDU: RW-9921-101X
- Height: 29 (m)
- Frequency: Set Frequency
- Azimuth(°): 0
- HSS: Add
- Asymmetric:
- Time Slots: Free (64 time slots)

Figura 3. 33 Menú de configuración de propiedades de HBS

En esta pantalla se puede ver o asignar una HSS a una HBS así como otras funcionalidades que se verán en detalle más adelante: configurar la capacidad del sector de la HBS como asimétrica en vez simétrica como se configura por defecto, comprobar la distribución de intervalos de tiempo (TSs) asignados a las HSUs del sector, asignar una frecuencia de canal al sector y seleccionar los canales disponibles para el mismo. Finalmente también se puede configurar el azimut de la antena sectorial de la HBS tal como se verá mas adelante tras crear los enlaces del plan ya que se necesita saber las alturas de antenas del sector para ello.

La creación de los radioenlaces punto a multipunto partiendo de la HBS se hace visualmente de forma similar a la explicada en el apartado anterior salvo que ahora aparece un menú en el que se puede elegir si el radioenlace es punto a punto, si es punto a multipunto y la HBS a la que pertenecería en ese caso o si solo se quiere comprobar el perfil orográfico del mismo.



Figura 3. 34 Menú de creación de radioenlace centrado en un HBS

Con lo cual se crean los tres enlaces incluidos en el plan ocupándonos inicialmente exclusivamente de tener un perfil geométrico libre de obstáculos y de realizar una exploración visual del LOS de modo similar a como se realizó en el apartado anterior obteniendo así una vista del plan según refleja la figura 3.35.

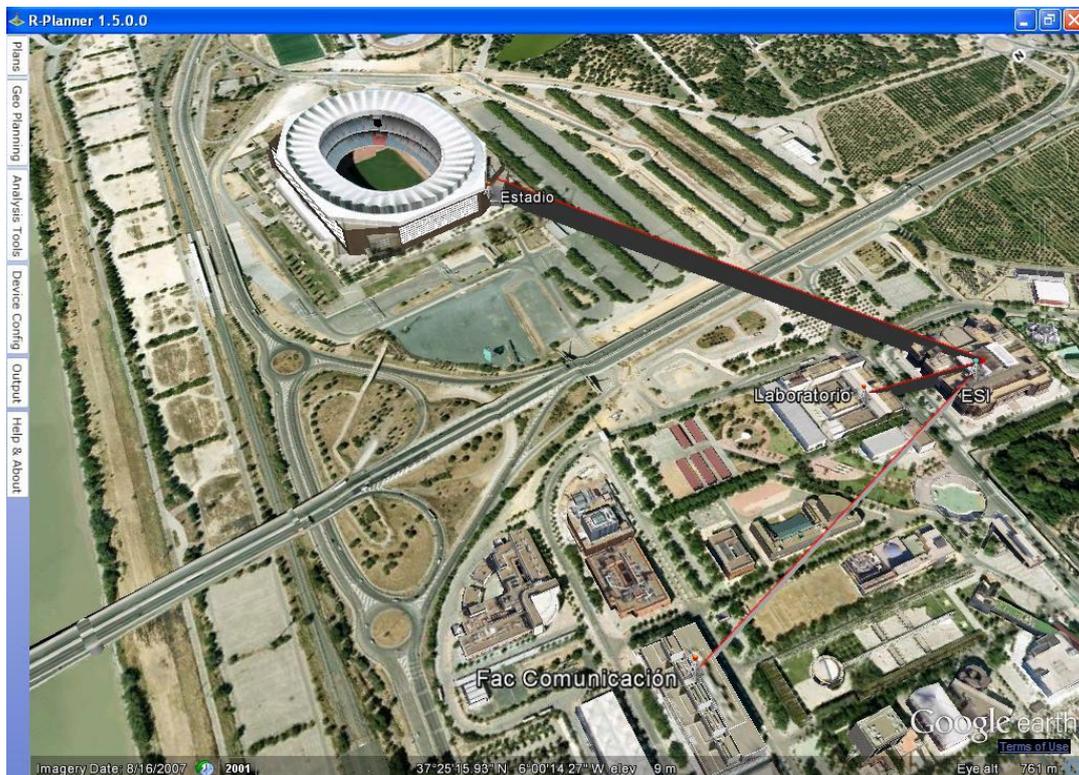


Figura 3. 35 Vista inicial de los radioenlaces del plan punto a multipunto modelo

En este paso se dejan de lado por ahora las capacidades de los radioenlaces y la asignación de frecuencia del sector.

Lo siguiente sería asignarle un azimut a la antena sectorial de la HBS, accediendo al menú de configuración de la misma con el botón derecho del ratón para listar las HBS del emplazamiento y elegir la que nos interesa.



Figura 3. 36 Acceso a la lista de HBSs de un emplazamiento

En el menú de configuración de HBS de la figura 3.33, se pulsa el botón de **Cambiar Azimut (Change Azimuth)** para acceder a la configuración visual del azimut en la pantalla principal de la herramienta RPlanner con el haz elegido para la antena sectorial centrado en la HBS la cuál se distingue del resto de emplazamientos con una torre de otro color y ligeramente mayor.

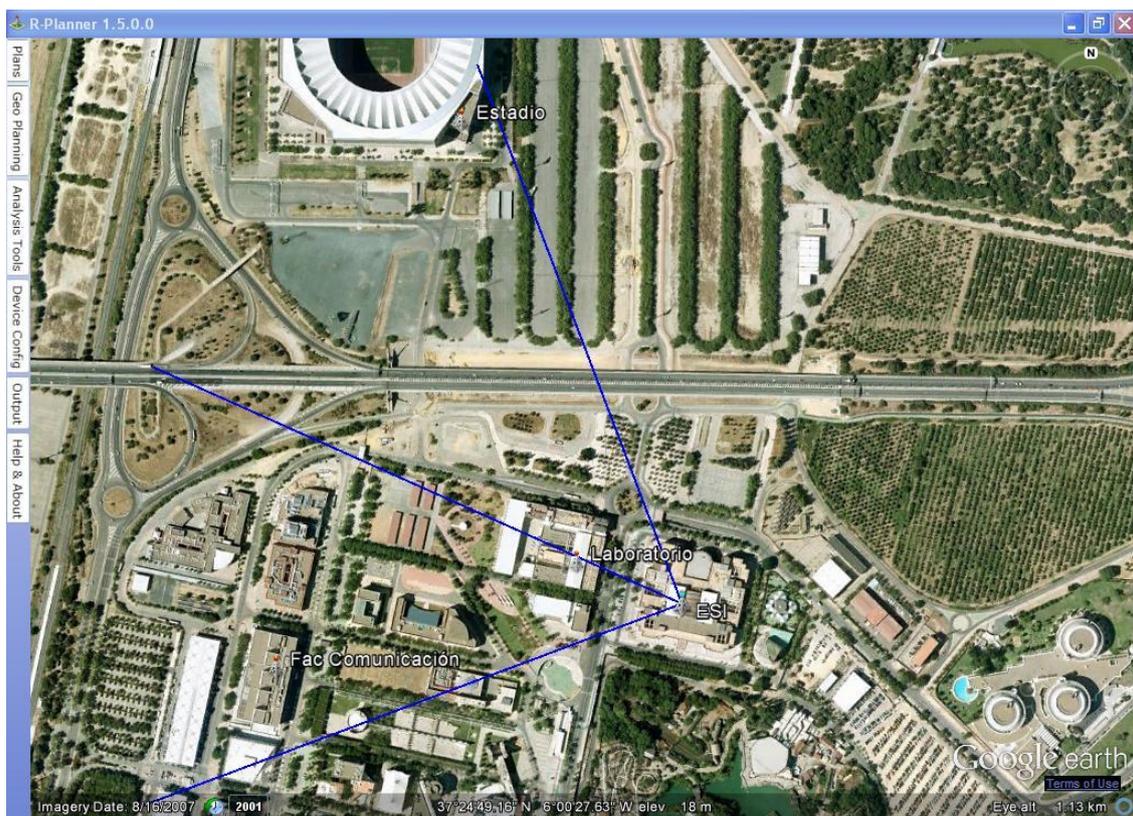


Figura 3. 37 Creación visual del azimut de una HBS

Acto seguido aparece un menú en el que se puede aplicar dicho azimut o crear una cobertura visual para ese azimut tras aplicarlo.

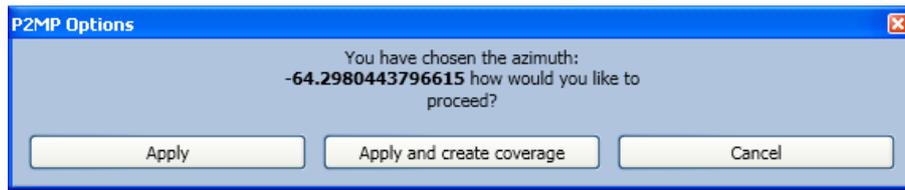


Figura 3. 38 Menú de creación de cobertura de una HBS

Se elige esta última opción por lo que se accede a un menú de configuración de cobertura parecido al que se ha visto en el apartado anterior

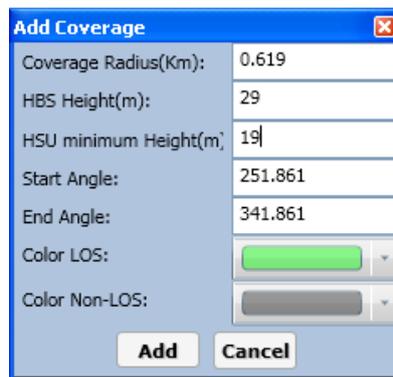


Figura 3. 39 Menú de configuración de cobertura de una HBS

Así que se obtiene una representación visual de la zona de cobertura del sector cubierto por la HBS y su antena de haz de 90° según se refleja en la figura 3.40.

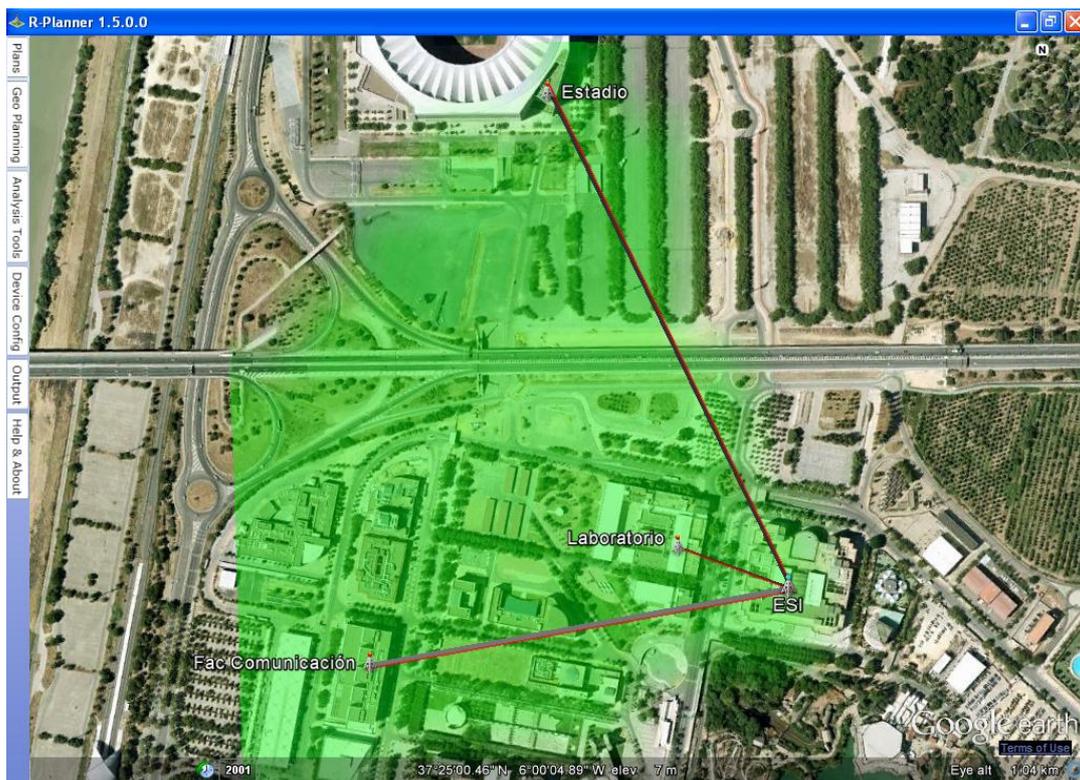


Figura 3. 40 Cobertura de 90° de la HBS del plan punto a multipunto modelo

Acto seguido se accede al menú de configuración de cada radioenlace para repartir los 64 TSs totales disponibles para el sector entre los distintos suscriptores asignando más intervalos a los radioenlace más lejanos o problemáticos para compensar. Como ejemplo se incluye la imagen del menú de propiedades de enlace del radioenlace ESI-Estadio

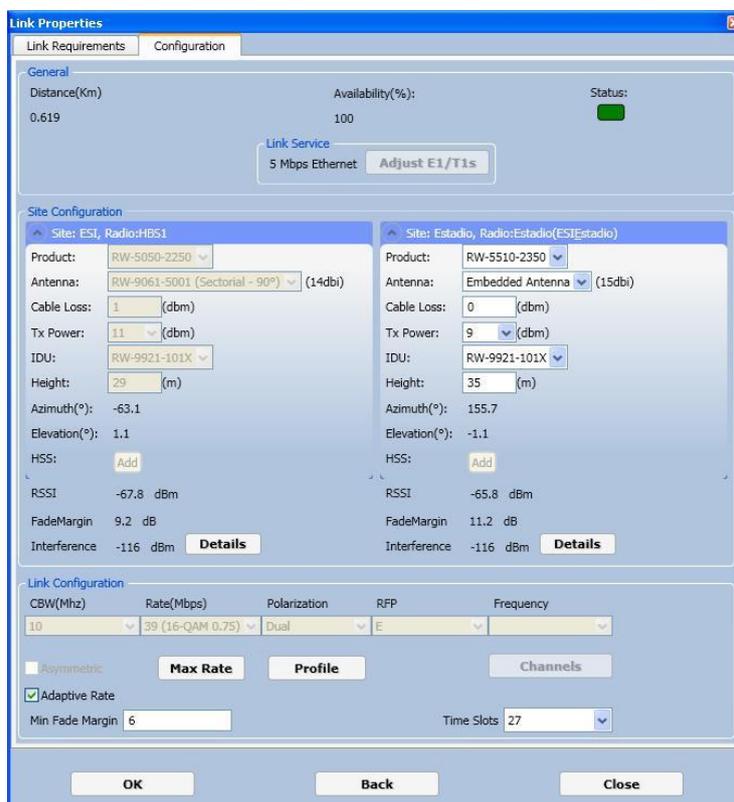


Figura 3. 41 Menú configuración de propiedades del radioenlace ESI-Estadio

Como se puede observar, además de la asignación de intervalos de tiempo a los suscriptores y el resto de funcionalidades ya tratadas en apartados anteriores, en este menú de configuración de radioenlace también se puede elegir entre asignar manualmente una tasa en el aire concreta o mantener la tasa adaptativa que se sitúa automáticamente en la tasa óptima para lograr los requerimientos previos.

El siguiente asunto a tratar es el de asignar la frecuencia del sector incluido en el plan que se puede realizar manualmente como en el apartado anterior o dejar que se encargue de llevarlo a cabo la herramienta RPlanner calculando las restricciones del Plan y dando de alta las HSSs (o GSUs) necesarias para mitigar las interferencias. Lo cual se hará en este caso para ilustrar este segundo método aunque la asignación sea elemental al tener el plan un solo sector y por consiguiente un solo canal de frecuencia a asignar. Para ello se dejan disponibles todos los canales para su asignación.

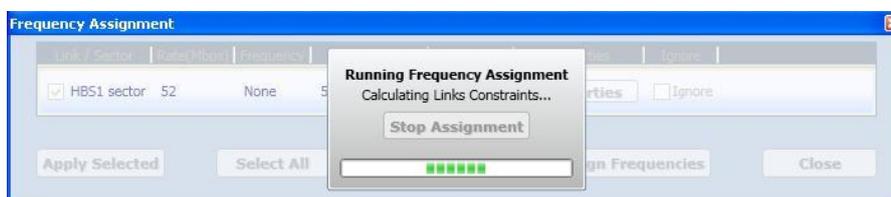


Figura 3. 42 Asignación automática de frecuencia por la herramienta RPlanner

Para ilustrar el resultado final se refleja en la figura 3.43 el menú final de propiedades de la HBS donde se puede ver la distribución de intervalos entre los suscriptores y aquellos disponibles para asignarse. El resultado de resultados de la simulación del plan punto a multipunto están disponibles en el informe incluido en los anexos de este documento.

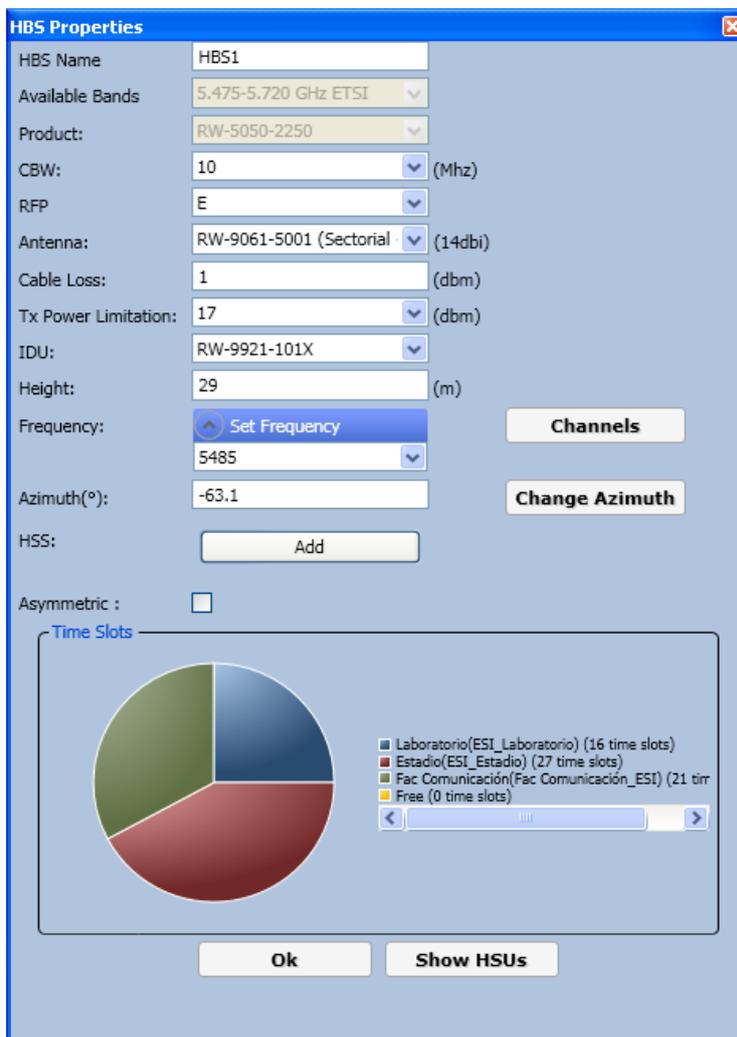


Figura 3. 43 Propiedades finales de la HBS del plan punto a multipunto modelo