



RAN SHARING, COMPARTICIÓN DE INFRAESTRUCTURA

Claudia Tarin Ferrandis

Tutor Empresa (ARCA TELECOM, S.L): Carlos Sanchis Llopis

Tutor universidad (ETSIT UPV): Ignacio Bosch Roig

Trabajo Fin de Grado presentado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universitat Politècnica de València, para la obtención del Título de Graduado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación

Curso 2019-20

Valencia, 10 de septiembre de 2020



Resumen

La evolución de la telefonía móvil ha experimentado una evolución y desarrollo muy importante para la sociedad. En sus inicios se trataba de un elemento poco común algo que hoy en día resulta imposible de imaginar ya que existen más teléfonos móviles que personas destacando entre todas sus características la más significativa y es su actual alta velocidad de transmisión de datos.

Existe una gran preocupación entre las operadoras por el alto coste de despliegue de red individual así que uno de sus objetivos principales es el ahorro de costes manteniendo la competitividad en el mercado. Por lo tanto, cada vez cobra mayor importancia la compartición de infraestructura tanto pasiva como activa y en especial a destacar RAN Sharing donde se comparte toda la red de acceso radio incluso parte pasiva. Para poder realizar la compartición (Sharing) se deben de realizar diferentes estudios y acuerdos entre las operadoras interesadas para saber su nivel de rentabilidad.

Para el estudio práctico se va a realizar una suposición de compartición RAN Sharing entre dos nodos (estaciones de telefonía móvil) de diferentes operadoras comprobando por separado cual puede ser la mejor opción. Una vez realizada la compartición se realizará un análisis de un supuesto radioenlace inicial entre un nodo auxiliar y el nodo elegido anteriormente, pero sin la compartición de RAN Sharing. Para finalizar, se realizará una ampliación de capacidad del radioenlace entre esos dos nodos, pero con la diferencia de que ahora sí que uno de ellos ya se encuentra compartiendo RAN Sharing.

Palabras clave: Ran Sharing; Compartición de infraestructura; tecnología móvil; despliegue de red móvil.

Resum

L'evolució de la telefonia mòbil ha experimentat una evolució i desenvolupament molt important per a la societat. En els seus inicis es tractava d'un element poc comú, quelcom que hui en dia resulta impossible d'imaginar ja que existixen més telèfons mòbils que persones destacant entre totes les seues característiques la més significativa i és la seua actual alta velocitat de transmissió de dades.

Existeix una gran preocupació entre les operadores per el alt coste de desplegament de xarxa individual així que un dels seus objectius principals es l'estalvi de costos mantenint la competitivitat en el mercat. Per tant, cada vegada cobra major importancia la compartició d'infraestructures tant passiva com activa i en especial a destacar RAN Sharing on es compartix tota la xarxa d'accés radio inclús part passiva. Per poder realitzar la compartició (Sharing) es deu de realitzar diferents estudis i d'acords entre les operadores interessades per coneixer el seu nivel de rentabilitat.

Per l'estudi pràctic es va realitzar una suposició de compartició RAN Sharing entre dos nodes (estacions de telefonia mòbil) de diferents operadores comprovant per separat qual pot ser la millor opció. Una vegada realitzada la compartició es realitzarà un anàlisi d'un suposat radioenllaç inicial entre un node auxiliar i el node triat anteriorment, però sense la compartició de RAN Sharing. Per finalizar, es realitzarà una ampliació de capacitat del radioenllaç entre eixos dos nodes però amb la diferencia que ara sí que un d'ells ja es troba compartint RAN Sharing.

Paraules clau: Ran Sharing; Compartició d'infraestructura; tecnologia mòbil; desplegament de xarxa



Abstract

The evolution and development of mobile telephony has been very important for society. At the beginning it was an uncommon element, something that is impossible to imagine today as there are more mobile phones than people, the most significant of which is its current high data transmission speed.

There is great concern among operators about the high cost of individual network deployment so one of their main objectives is cost savings while maintaining competitiveness in the market. Therefore, it is becoming increasingly important to share both passive and active infrastructure and in particular to highlight RAN Sharing where the entire radio Access network is shared including passive parts. To be able to carry out the sharing, different studies and agreements must be made between the interested operators to know their level of profitability.

For the practical study, an RAN Sharing assumption will be made between two nodes (mobile phone stations) of different operators, checking separately which may be the best option. Once the sharing is done, an analysis of a supposed initial radio link between an auxiliary node and the previously chosen node will be performed, but without the RAN Sharing. Finally, the capacity of the radio link between these two nodes will be increased, but with the difference that one of them is now sharing RAN Sharing.

Keywords: RAN Sharing, Sharing, nodes, network deployment



Índice

Capítulo 1. Introducción	7
1.1 Historia.....	7
1.2 Evolución diferentes generaciones.....	8
1.3 Análisis evolución tecnología	9
Capítulo 2. Arquitectura red de acceso móvil.....	11
2.1 Introducción	11
2.2 Arquitectura de una red GSM y GPRS (2G).....	11
2.2.1 BSS (Subsistema de estaciones base).....	12
2.2.2 NSS (Subsistema de conmutación de red)	13
2.2.3 GPRS Core Network	14
2.3 Arquitectura de una red UMTS (3G)	14
2.3.1 Interfaces	15
2.3.2 UTRAN (Red de acceso radio terrestre universal).....	15
2.4 Arquitectura de una red LTE.....	16
2.4.1 E-UTRAN (Red de acceso radio terrestre universal evolucionada).....	17
2.4.2 EPC (Núcleo de paquetes evolucionado)	17
Capítulo 3. Compartición de Infraestructura.....	19
3.1 Introducción	19
3.2 Métodos de compartición de infraestructura	19
3.3 Compartición infraestructura pasiva	19
3.3.1 Site Sharing	20
3.3.2 Consideraciones del Site Sharing.....	21
3.4 Compartición infraestructura activa	22
3.4.1 MORAN (Multi Operator Radio Access Network).....	23
3.4.2 MOCN (Multi Operator Core Network)	23
3.4.3 Roaming	24
3.4.4 Operador Móvil Virtual (OMV).....	25
3.5 Requisitos.....	25
3.6 Impacto en la competencia.....	26
3.7 Consideraciones previas a los acuerdos de compartición.....	26
3.8 Acuerdos	27
Capítulo 4. Caso práctico.....	29
4.1 Resumen del caso práctico	29



4.2	Primera parte del estudio práctico: RAN SHARING.....	29
4.2.1	Elección pueblo.....	29
4.2.2	Análisis nodos con Google Earth.....	31
4.2.3	Análisis resultados y realización del RAN Sharing.....	36
4.3	Segunda parte del estudio práctico: Radioenlace.....	37
4.3.1	Definición de radioenlace.....	37
4.3.2	Análisis supuesto radioenlace existente entre A2 y B2 (Sin RAN Sharing).....	37
4.3.3	Análisis ampliación supuesto radioenlace existente entre A2 y B2 (Con RAN Sharing).....	42
Capítulo 5.	Conclusiones.....	46
Capítulo 6.	Bibliografía.....	47
ANEXO I:	Información de la referencia de Banda-Distancia-BW.....	50
ANEXO II:	Información modelo antena VHLP1-370.....	51
ANEXO III:	Información RTN380A.....	52
	Equipo RTN 380A.....	52
	Modelo antena: VHLP1-80/A.....	52
	Ancho de banda (BW), Modulación y Capacidad.....	54
	Máxima potencia.....	55



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

TELECOM ESCUELA
TÉCNICA **VLC** SUPERIOR
DE INGENIERÍA DE
TELECOMUNICACIÓN

Lista de figuras

Figura 1. Primer teléfono móvil comercializado llamado Motorola DynacTAC 8000x.....	7
Figura 2. Evolución telefonía móvil.....	8
Figura 3. Quinta generación (5G)	9
Figura 4. Arquitectura redes móviles	11
Figura 5. Arquitectura Segunda Generación GSM y GPRS.....	12
Figura 6. Handover entre dos estaciones base.....	13
Figura 7. Arquitectura tercera generación UMTS.....	15
Figura 8. SRNC y DRNC.....	16
Figura 9. Arquitectura LTE.....	17
Figura 10. Tipos compartición de infraestructura pasiva.....	19
Figura 11. Site Sharing.....	20
Figura 12. Mast Sharing.....	21
Figura 13. Mast Sharing.....	21
Figura 14. Compartición RAN Sharing (zona limitada de color negro)	22
Figura 15. Compartición infraestructura activa MORAN.....	23
Figura 16. Compartición infraestructura activa MOCN.....	24
Figura 17. Roaming nacional	25
Figura 18. Ejemplo pueblo con Sharing entre nodos de diferentes operadoras	30
Figura 19. Ubicación nodo A1 operadora A	30
Figura 20. Ubicación nodo A2 operadora B.....	31
Figura 21. Capas cargadas con los nodos de las operadoras (Operadora A y Operadora B)	31
Figura 22. Ubicación nodo A1	32
Figura 23. Ampliación ubicación del nodo A1	33
Figura 24. Marca posición nodo A1 (EDIFICIO 1)	33
Figura 25. Visibilidad y cobertura desde el nodo A1 con la cuenca visual.....	34
Figura 26. Ubicación nodo A2	34
Figura 27. Ampliación ubicación nodo A2	35
Figura 28. Visibilidad y cobertura desde el nodo A2 (EDIFICIO 2) con la cuenca visual	36
Figura 29. Ejemplo de un radioenlace.....	37
Figura 30. Ubicación nodo B2 (Operadora B)	38
Figura 31. Radioenlace entre los nodos B2 y A2 (EDIFICIO 2)	38
Figura 32. Modulación junto con la capacidad del radioenlace	40
Figura 33. Cumplimiento Fade Margin y Max Rx Level para una potencia de 8dBm	41
Figura 34. Cumplimiento Rain Annual	41



Figura 35. Radioenlace.....	42
Figura 36. Canales horizontales con interferencias casi despreciables	42
Figura 37. Comprobación capacidad de 1Gb	43
Figura 38. Potencia 7dBm.....	44
Figura 39. Cumplimiento Fade Margin y Max Rx Level para una potencia de 7dBm	44
Figura 40. Cumplimiento Rain Annual	44
Figura 41. Canales horizontales sin interferencias	45



Lista de tablas

Tabla 1. Coordenadas de los nodos con sus respectivas localizaciones proporcionadas por la herramienta del Ministerio	38
Tabla 2. Datos proporcionados mediante la herramienta iQlink del supuesto radioenlace.....	39
Tabla 3 Consideraciones a seguir.....	40

Capítulo 1. Introducción

El presente Proyecto final de grado ha sido realizado en la empresa ARCA TELECOM,S.L donde he estado realizando las práctica tanto curriculares como extracurriculares. Ha sido una experiencia maravillosa de crecimiento personal y profesional ya que he podido aplicar muchos conceptos estudiados en la carrera en la rama de Sistemas.

Arca es una empresa especializada en servicios de telecomunicaciones que ofrece cualquier servicio de ingeniería como por ejemplo diseño, planificación y optimización radio, transmisión, o redes virtuales. Por lo tanto, está en constante evolución y crecimiento a causa de la tecnología, la innovación y la gran demanda de servicios por parte de los clientes tanto nacionales como internacionales llevando a la empresa a la búsqueda de la eficiencia en calidad, tiempo y coste productivo.

Desde que inicié las prácticas he estado en el proyecto de RAN Sharing así que el objetivo principal de la realización de este proyecto ha sido la aplicación, en la medida de lo posible, de todo lo aprendido durante todos estos meses.

1.1 Historia

La historia del teléfono móvil es un relato bastante significativo e interesante de evolución, desarrollo, cambios tecnológicos y hallazgos científicos que han hecho del dispositivo un elemento indispensable en nuestro día a día no solo por prolongar la comunicación con otras personas sino por la facilidad de entrega de cualquier tipo de información que necesitemos.[1] [2]

En 1973, Martin Cooper ingeniero electrónico y directivo de Motorola, creó el primer teléfono móvil de la historia, llamado DynacTAC 8000X, suponiendo una gran inversión de dinero, pero también una gran evolución en la tecnología. El dispositivo tenía diferentes características como la duración de la batería que era de 1 hora, su peso de 1kg, la necesidad de ser cargado durante 10 horas y admitía llamadas de máximo 30 minutos algo bastante diferente a la actualidad ya que hoy en día cuando se piensa en un teléfono móvil nos referimos a un dispositivo pequeño de telecomunicaciones independiente que permite realizar distintas operaciones como realizar llamadas, enviar mensajes de texto además de acceder a internet y a millones de aplicaciones digitales algunas de uso masivo. [2] [3]



Figura 1. Primer teléfono móvil comercializado llamado Motorola DynacTAC 8000x.

En 1976 se produjo la aparición de la telefonía móvil en España y cabe mencionar que desde su llegada se ha convertido en uno de los países con mayor nivel de aceptación. Esta primera aparición de la telefonía móvil se produjo de la mano de la primera generación (1G) y con el paso de los años ha ido evolucionando hasta llegar, actualmente, a la quinta generación (5G) como bien se puede observar en la Figura 2. [4]



Figura 2. Evolución telefonía móvil

1.2 Evolución diferentes generaciones

La primera generación (1G) de telefonía móvil empleaba tecnología analógica y fue lanzada en los 80. Se utilizaba básicamente para realizar llamadas de voz de baja calidad con una duración máxima de 30 minutos. Además, la capacidad de transmisión de datos era baja y la duración de las baterías era de 1 hora aproximadamente. [5] [6]

La segunda generación (2G) llegó a España a principios de los 90 y significó una evolución muy importante en la tecnología ya que supuso el cambio del protocolo de telefonía móvil analógica a digital. A partir del 2G nacen varios protocolos, pero el principal estándar es el GSM. Dicho protocolo proporciona mejor calidad de voz, velocidad de transmisión de datos mayor pudiendo alcanzar los 28 kbps, mayor seguridad, transmisión y recepción de mensajes cortos (SMS) y FAX. [5] [6] [7]

La generación 2.5G llamada GPRS se trata de una extensión mejorada de GSM y ofrece diferentes características como mayor velocidad de transmisión de datos alcanzando los 114kbps, permite la comunicación de voz y datos simultánea, mensajes cortos (SMS), navegar por internet, descargar ficheros, acceso correo electrónico, permite que el móvil esté siempre conectado, aunque esté en movimiento y uso eficiente de los canales radio. [5] [6] [8]

La tercera generación (3G), con el estándar UMTS, fue toda una revolución en el mercado con los famosos smartphones que permitían navegar por internet. Tiene diferentes características como velocidad de transmisión de datos elevada llegando hasta los 14 Mbps, utilización de aplicaciones como el GPS, roaming internacional, llamadas y videollamadas, mejora en la

potencia de las antenas permitiendo más conexiones, más seguridad, navegar por internet, juegos y servicios multimedia como fotos digitales. [5] [6] [7]

La cuarta generación (4G/LTE) empezó su despliegue en España en 2013 y fue un gran desarrollo de las redes móviles ya que las tasas de transferencia de voz y datos eran muy rápidas gracias a la velocidad de transmisión que alcanzaba los 100 Mbps pudiendo ver vídeos en tiempo real como si lo estuviésemos viendo en la televisión. Las características principales son mayor capacidad por celdas, seguridad, elevada calidad en el servicio, despliegue de red barato y sencillo, baja latencia y velocidades elevadas permitiendo la descarga rápida de películas con muy buena calidad. La velocidad de transmisión se puede llegar a comparar con la de fibra óptica. [5] [6] [7] [8]

Para finalizar, la quinta generación (5G) ha llegado a España en 2020. Se trata de la mayor revolución hasta el momento en cuanto a tecnología y su inversión de despliegue será muy alta llegando incluso a duplicarse.



Figura 3. Quinta generación (5G)

La nueva generación proporciona diferentes características como la baja latencia proporcionando comunicación en tiempo real, mayor capacidad, bajo consumo de energía, gran cobertura, seguridad, comunicaciones masivas permitiendo tener muchos más dispositivos conectados y gran disponibilidad. Aunque, lo más sorprendente de esta nueva generación es la velocidad que alcanzará los 10 Gbps permitiendo navegar 10 veces más rápido que la fibra óptica que se encuentra en el mercado. [6] [7] [10] [11]

1.3 Análisis evolución tecnología

Como se puede observar el mundo de las telecomunicaciones está en continua transformación y en las últimas décadas se ha presenciado una evolución importante en cuanto a tecnología y demanda. Al principio su uso resultaba algo inalcanzable para muchas personas por su alto coste y a finales de 1995 solo el 2% de españoles disponía de dispositivos móviles. Actualmente, hay más líneas de telefonía móvil que habitantes y por lo tanto se trata de un elemento imprescindible para la sociedad ya que forma parte de la vida cotidiana. Por ello las tecnologías y redes deben evolucionar a la vez, incluso ir por delante de las demandas del mercado ya que los usuarios son cada vez más exigentes a la hora de comunicarse y estar conectados con el resto del mundo y, por lo tanto, las interrupciones en la prestación del servicio móvil pueden tener un impacto en la sociedad muy importante. [12] [13]



Sin embargo, que esté al alcance de todos no significa que sea una tarea fácil para los operadores ya que el despliegue de una red de telefonía móvil de manera individual requiere de una gran inversión que a veces no resulta del todo rentable por ejemplo por su alto coste, licencias o adquisición de emplazamientos. Por lo tanto, ante la situación económica difícil, los operados buscan soluciones principalmente para ahorrar en costes manteniendo la competitividad sin disminuir la eficiencia. Por ello, cobra especial relevancia el RAN Sharing ya que es una manera lógica de combinar recursos para proporcionar una rápida cobertura con una menor inversión pudiendo también compartir la infraestructura para reducir costes ya que podría ser utilizada por varias compañías obteniendo así un beneficio mutuo. [34]

Capítulo 2. Arquitectura red de acceso móvil

2.1 Introducción

En la actualidad existen 3 generaciones (2G,3G, 4G/LTE) las cuales están coexistiendo al mismo tiempo. Comparten elementos comunes permitiendo a los usuarios pasar de una generación a otra sin ningún problema, aunque también tienen otros elementos diferentes que hacen que las generaciones estén diferenciadas. (Figura 4) [18]

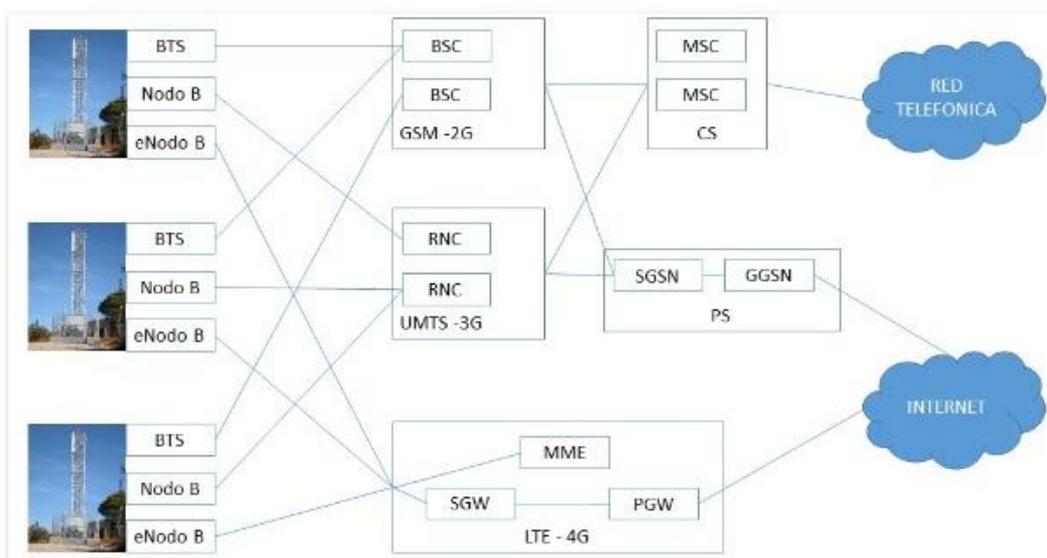


Figura 4. Arquitectura redes móviles

Antes de comenzar a comentar cada arquitectura correspondiente a cada generación realizaremos una pequeña relación entre BTS (estación base), Node B y eNode B (Figura 4). En primer lugar, la estación base (BTS) se trata del elemento encargado de la comunicación radio entre el dispositivo móvil del cliente y la red y pertenece a la segunda generación (2G) correspondiente a GSM. En segundo lugar, el Node B es la estación base de radio para UMTS, es decir, para la tercera generación (3G). Para finalizar, eNodeB es la estación base de radio para la cuarta generación (4G/LTE). [19]

2.2 Arquitectura de una red GSM y GPRS (2G)

La arquitectura de la segunda generación (2G) está compuesta por 3 bloques diferenciados: Subsistema de estaciones base (BSS), Subsistema de conmutación de red (NSS) y Núcleo de la Red (Core Network) GPRS (Figura 5).

El BSS (Subsistema de estaciones base) es el encargado del tráfico y señalización entre el dispositivo móvil del cliente y el NSS (Subsistema de conmutación de red). Está compuesto por todas las estaciones base (BTS) y las controladoras de las estaciones base (BSC). La conexión entre BTS y BSC se realiza mediante el interfaz Abis y la conexión entre BSC y la red de conmutación se realiza mediante el interfaz A (Figura 5) [20]

El NSS (Subsistema de conmutación de red) es el encargado de la gestión de llamadas, movilidad y autenticación entre usuarios. El elemento fundamental son los MSC (Centro de conmutación móvil) donde se realiza la conmutación y llamadas de la BSS. En cada MSC se mantiene el registro de los abonados de forma temporal (VLR). También está compuesto por el HLR que es un registro general de todos los usuarios, el AUC ayuda en la autenticación del usuario y el EIR que es un registro de identidad (Figura 5) [21]

El núcleo de la red GPRS (Figura 5) es el bloque que diferencia las dos tecnologías de GSM y GPRS. Los nodos principales que conmutan los paquetes de datos son SGSN que es un nodo que sirve de soporte para GPRS y GGSN es el nodo soporte pasarela de GPRS y hace de interfaz entre redes externas.

Una vez diferenciados los tres bloques en la arquitectura de la segunda generación (2G) procederemos a definir elemento a elemento cada componente de la red.

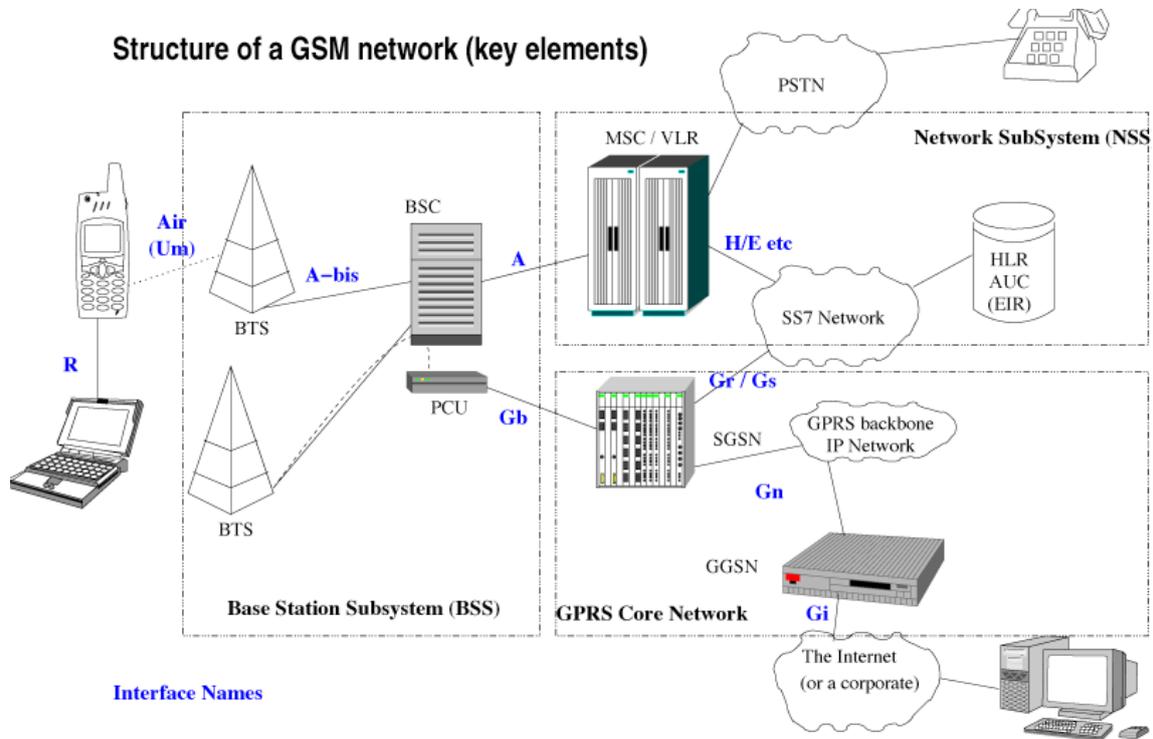


Figura 5. Arquitectura Segunda Generación GSM y GPRS

2.2.1 BSS (Subsistema de estaciones base)

BTS: “Base Transceiver Station”

Una estación base o BTS, es el interfaz de conexión entre el móvil y la red y por lo tanto es un componente importante en la red de comunicaciones móviles. Se encuentra generalmente fija en el centro de una celda cubriendo la zona de servicio de cobertura y se compone de antenas emisoras y receptoras de señales, baterías que ayudan a prevenir posibles cortes en el sistema, equipos electrónicos que establecen y conservan la comunicación y sistema de refrigeración que permite una buena actividad en cualquier época del año. [21] [22]

BSC: “Base Station Controller”

El controlador de estaciones base (BSC) monitoriza y controla varias BTS de un área, entre varias decenas y centenas dependiendo del fabricante, dejando pasar todo el flujo de las comunicaciones. Se encarga de la administración de los saltos de frecuencia, potencia y posición móvil para determinar qué BTS es la mejor para la comunicación pudiendo pasar de una BTS a otra sin problemas (Handover). [21]

El Handover se define como la transferencia del servicio de una BTS (estación base) con calidad de enlace deficiente a otra BTS (estación base) geográficamente adyacente con mejor calidad sin

detener la llamada garantizando que el servicio se cumpla dentro de su zona de cobertura (Figura 6). [23]

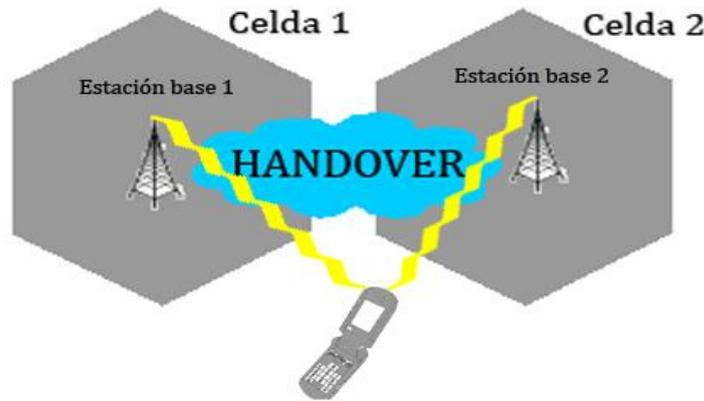


Figura 6. Handover entre dos estaciones base

A partir de la generación 2.5(GPRS), la BSC diferencia el tráfico de voz y datos ya que siguen caminos diferentes (Figura 5)

2.2.2 NSS (*Subsistema de conmutación de red*)

MSC: “Mobile Switching Center”

El centro de conmutación móvil, MSC, es el elemento fundamental de la NSS y encarga de ejecutar el trabajo de conmutación y gestión de llamadas de la red de acceso BSS. Proporciona transmisión de voz, datos, servicios de fax, mensajes cortos (SMS) y desvío de llamadas. La MSC debe de tener en cuenta el impacto de la movilidad de los usuarios. [18] [24] [25]

HLR: “Home Location Register”

El HLR es la base de datos donde se almacena identidad, datos y posición de todos los usuarios conectados a cada MSC. El HLR de un determinado usuario es fijo y por lo tanto siempre es posible localizarlo en una llamada entrante. Unos ejemplos de datos guardados es el IMSI (Identidad internacional del abonado móvil) que se encuentra almacenado en la SIM y permite identificar al abonado, la clave de autenticación, servicios que tiene permitidos el abonado y algunos datos temporales que incluyen la dirección del actual VLR. [18] [24] [25]

VLR: “Visitor Location Register”

El VLR es la base de datos temporal de todos los móviles localizados de un territorio y contiene la información de la posición en la red y su estado actual. Facilita los datos específicos de los abonados que están conectados actualmente a la MSC para poder identificarlos sin la necesidad de tener que estar preguntando continuamente sobre dicha información al HLR. [18] [24][26]

AuC: “Authetication Center”

El AuC proporciona al HLR los parámetros necesarios para completar la autenticación de un usuario y se emplea para permitir o denegar el acceso a la red y configurar el cifrado. Para poder mantener la seguridad y confidencialidad se utiliza un algoritmo asignado a cada usuario que se trata de una clave única para cada SIM. Se almacena en el AuC ya que las mantiene protegidas. [18] [24] [25]

Eir: “Equipment Identifier Register”

El Eir se trata de una base de datos donde los equipos móviles se registran. Permite identificar con el IMEI (Identidad internacional de equipo móvil) qué terminales pueden emplearse y cuáles deben ser bloqueados. [25]

2.2.3 GPRS Core Network

SGSN: “Serving GPRS Support Node”

El SGSN es un punto de interconexión de acceso a la red GPRS para los servicios de conmutación de paquetes. El elemento controla la movilidad, autenticación y la posición de un usuario en el interior de una zona determinada y, por lo tanto, cuando localiza la presencia de un usuario dentro de la zona que se encuentra bajo su dominio envía un aviso al HLR. [24]

GGSN: “Gateway GPRS Support Node”

El GGSN obtiene las diferentes comunicaciones de los clientes desde los SGSN. Se trata de un nodo que proporciona acceso a una red de paquetes externa como por ejemplo internet pudiendo ser considerado como un router. Para poder acceder a la red externa el GGSN facilita al dispositivo una dirección de acceso válida. [18] [24]

2.3 Arquitectura de una red UMTS (3G)

El UMTS es una tecnología móvil de la tercera generación (3G) y está dividida en 3 bloques diferenciados: UE (Equipo Usuario), UTRAN (Red de Acceso Radio Terrestre UMTS) y Núcleo de la red para UMTS (Figura 7)

El equipo de usuario (UE) puede ser cualquier dispositivo ya sea teléfono móvil, ordenador o cualquier otro tipo de dispositivo empleado por un cliente para establecer una comunicación.

La red de acceso radio UTRAN es la encargada de transportar todo el tráfico de información entre los dispositivos de los usuarios y el núcleo de la red. Está compuesta por el Node B que se trata de la estación base en tercera generación y la RNC que gestiona los recursos radio del Node B (Figura 7)

El núcleo de la red para UMTS (Figura 7) corresponde a los mismos elementos que se encuentran en NSS y GPRS Core Network de la red GSM y GPRS de la segunda generación (Figura 5)

Una vez diferenciados los tres bloques en la arquitectura de la tercera generación procederemos a mencionar en primer lugar los diferentes interfaces que se muestran en la Figura 7.

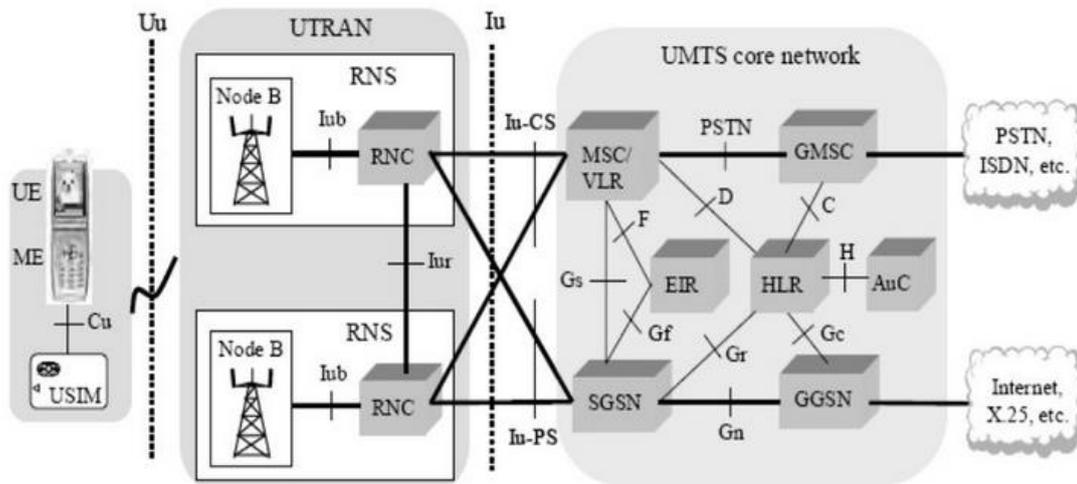


Figura 7. Arquitectura tercera generación UMTS

2.3.1 Interfaces

Como bien se puede observar en la Figura 7, existen diferentes conexiones lógicas que llevan tanto tráfico de usuarios (datos o voz) como información de control. Estas conexiones se conocen como interfaces y su función es conectar la RNC con los diferentes elementos de la red.

- Iub: interfaz entre Nodo B y RNC
- Iur: interfaz entre dos RNCs de la misma red
- Iu-CS: Interfaz entre RNC y el núcleo de la red de conmutación de circuitos (CS-CN)
- Iu-PS: Interfaz entre RNC y el núcleo de la red de conmutación de paquetes (PS-CN)

Una vez mencionados los interfaces se procede a definir elemento a elemento cada componente de la red UTRAN ya que los elementos del núcleo de la red (Core Network) ya se han definido anteriormente en el punto 2.1.1

2.3.2 UTRAN (Red de acceso radio terrestre universal)

Nodo B

El Nodo B es el elemento equivalente a la estación base (BTS) de 2G, pero en 3G. Es el encargado de cubrir y manejar las celdas UMTS y proporcionan cobertura y conexión directa con el equipo usuario (UE). [27] [28]

RNC: “Radio Network Controller”

El RNC (Controlador de red de radio) es un elemento muy complejo y es el encargado de controlar la gestión de recursos radio de uno o varios Nodos B y de las celdas asociadas. Además, también se ocupa de la gestión de movilidad, terminación de conexiones de señalización de usuario y del

cifrado de los datos antes de enviarlos [28] [29]. El RNC está conectada mediante diferentes interfaces con la MSC y la SGSN (Figura 7).

Se pueden distinguir tres papeles realizados por el RNC:

- *SRNC (Serving RNC)*

Es el punto de acceso a la red troncal y se trata de la conexión RRC (Control de recursos radio) con un UE (Equipo de usuario). Realiza diferentes funciones como gestionar, mantener y liberar portadoras asignadas al usuario y gestionar la movilidad del cliente dentro de la red UTRAN [30]. Toda la información intercambiada entre cliente y red troncal (Core Network) tiene como compromiso pasar por SRNC (Figura 8)

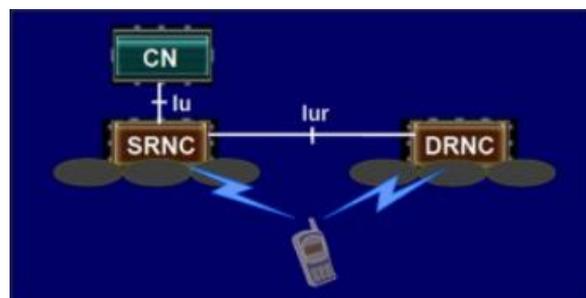


Figura 8. SRNC y DRNC

- *CRNC (Controlling RNC)*

En el controlador de RNC (CRNC) se centraliza la inteligencia de la red. Su principal función es encargarse de uno o varios Nodos B y de sus recursos radio. [31]

- *DRNC (Drift RNC)*

En el DRNC gracias al interfaz Iur (Figura 8) que conecta las RNC es posible que un cliente tenga la posibilidad de utilizar los recursos radio de uno o más RNCs distintos de su SRNC.

2.4 Arquitectura de una red LTE

En LTE se diferencian 3 bloques: equipo de usuario (UE), red de acceso E-UTRAN y el núcleo de paquetes evolucionado (EPC).

El equipo de usuario (UE), definido en el apartado 2.1.2, se trata de cualquier dispositivo utilizado por un cliente para la comunicación.

La red de acceso radio E-UTRAN está compuesta por un único elemento funcional llamado eNode B y se trata de la estación base para LTE (Figura 9). Es el encargado de intercambiar el tráfico entre el terminal móvil y el EPC.

El núcleo de la red EPC está formado principalmente por MME (Entidad de gestión de movilidad), HSS (Base de datos abonados), SGW y PGW (Figura 9)

Se puede observar en la Figura 9 como, a diferencia de las anteriores arquitecturas GSM, GPRS y UMTS, en LTE solo se contemplan conexiones de datos y por lo tanto no hay conexiones de voz y para realizar estas conexiones se deberá pasar a 2G o 3G.

Por lo tanto, una vez diferenciados los bloques se procederá a definir elemento a elemento cada componente de la red de la Figura 9.

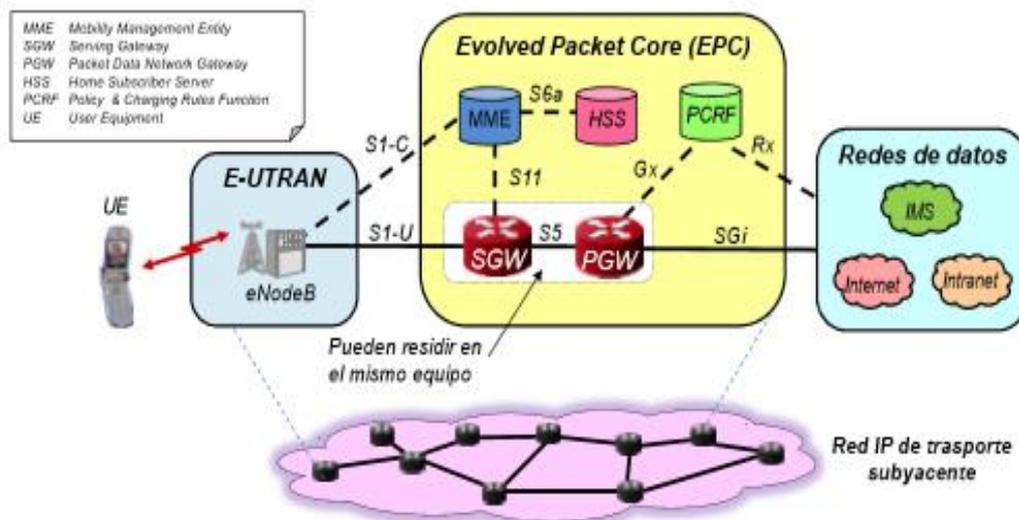


Figura 9. Arquitectura LTE

2.4.1 E-UTRAN (Red de acceso radio terrestre universal evolucionada)

eNodeB: “Evolved Node-B”

El eNode B es el único elemento funcional de la red de acceso E.Utran y está compuesto por la unión de la estación base en LTE y las funcionalidades que controlaba el RNC. El nodo se encarga de diferentes funciones como control recursos radio, movilidad, intercambiar tráfico entre el teléfono y el núcleo de red EPC y encriptación de los datos del usuario. [18] [32]

2.4.2 EPC (Núcleo de paquetes evolucionado)

MME: “Mobility Management Entity”

El MME se comunica con el eNodeB a través del interfaz S1-C para la información de control y por lo tanto se trata del elemento principal del plano de control de la red LTE para gestionar el acceso de los usuarios a través de E-UTRAN (Figura 9). Las principales funciones del elemento MME son la ubicación en estado idle, es decir, que el terminal del usuario no esté realizando ninguna llamada ni recibiendo datos, fijar y liberar portadoras, control del equipo usuario (UE) realizando la identificación y ubicación del cliente con el HSS, gestión movilidad y elección del elemento SGW que gestionará la comunicación. [18] [32]



HSS: “Home Subscriber Server”

El HSS es la evolución del HLR utilizados en las anteriores generaciones y se trata de la base de datos de los usuarios del sistema EPS. Almacena datos estáticos, identidades y ubicaciones de todos los clientes de la red, así como los servicios que tienen activados. [18] [32]

SGW: “Serving Gateway”

El SGW es el encargado de la comunicación con el eNode B a través del interfaz S1-U para los datos de usuario (Figura 9). Además, todos los paquetes IP de las aplicaciones de los usuarios pasan por este nodo y, aunque los terminales móviles vayan cambiando de un nodo a otro, se encarga de gestionar la movilidad garantizando la continuidad de las comunicaciones aislando el elemento PGW de la movilidad ya que implica mucho tráfico de gestión que no todos soportan [18]

PGW: “Packet Data Network Gateway”

El PGW es el elemento encargado de facilitar la conexión de datos entre el equipo usuario (UE) y las redes externas y, además, es el responsable de la asignación de direcciones IP a los terminales. También realiza tareas de control de los datos y de tarificación [18] [32]

PCRF: “Policy Charging and Rules Function”

El PCRF es el responsable de la administración de las políticas de servicio [32]

Capítulo 3. Compartición de Infraestructura

3.1 Introducción

El gran crecimiento de la industria de tecnologías de la información y la comunicación, la complejidad de la migración de tecnología, los requisitos reglamentarios y el aumento constante del gasto de capital hace que las operadoras cada vez tengan mucho más interés en la compartición de infraestructura pudiendo utilizar las instalaciones (torres y espacio físico) o la red de acceso radio (RAN), es decir, RAN Sharing para poder reducir los costes, mantener márgenes de beneficio mutuo, mejorar la competencia entre operadoras móviles, ampliar la cobertura y capacidad de un operador, maximizar la eficiencia y poder dar un buen servicio al cliente. [33] [34]

Con la compartición de infraestructura, ya sea pasiva o activa, una operadora puede radiar a través de otra operadora que había desplegado en el mismo sitio siempre y cuando se realice un estudio previo para llegar a un acuerdo que beneficie a ambas operadoras y a sus clientes. No siempre resulta útil esta compartición para la operadora con la que quieren compartir ya que pierde el control y gestión total de su red, pero debe arriesgarse ya que los beneficios seguro que son superiores. [14]

Por lo tanto, en este capítulo se analizará el uso compartido de red tanto activo como pasivo y sus efectos en la sociedad.

3.2 Métodos de compartición de infraestructura

Principalmente cuando se habla de compartir infraestructura móvil hay dos tipos: la pasiva y la activa. La primera hace referencia a la compartición de elementos pasivos, es decir, la compartición de espacio físico, llamado también Site Sharing, como por ejemplo mástil/torre, edificios o emplazamientos. Por otra parte, la segunda hace referencia a la compartición de los elementos de la capa activa de una red móvil como la red de acceso radio (RAN), antenas, licencias y elementos de la red troncal (Core Network) [34].

3.3 Compartición infraestructura pasiva

La compartición de infraestructura pasiva incluye principalmente la compartición, por parte de varios operadores, de espacio físico y de todos aquellos elementos no electrónicos de una red móvil como por ejemplo torres, edificios, suelo, fuentes de alimentación, cables eléctricos o de fibra óptica, antenas, suministro de energía y alarmas de seguridad. Esta compartición se utiliza como medio para reducir costes obteniendo entre el 15% y el 30% e incluso llegando al 60%, mejorar el servicio al cliente e incluso obtener beneficios para el medio ambiente. Además, es una buena estrategia para áreas con alto potencial de tráfico. [34] [35] [36]



Figura 10. Tipos compartición de infraestructura pasiva

La infraestructura pasiva se conoce generalmente como Site Sharing y es aquella que comparte únicamente elementos pasivos.

3.3.1 Site Sharing

El uso compartido del espacio físico resulta el método más sencillo y común e implica compartir los emplazamientos físicos donde cada operador pondrá sus propios equipos. Se trata de la forma más sencilla de optimizar el uso de recursos disponibles.

En la Figura 11, se muestra un claro ejemplo de Site Sharing donde los operadores (A y B) están utilizando el mismo emplazamiento (Cuadro color verde), pero la infraestructura de cada uno como mástiles/torres, antenas y armarios se instalan por separado. Sin embargo, pueden llegar a un acuerdo y compartir refugio, fuentes de energía y aire acondicionado. [35] [37] [38]

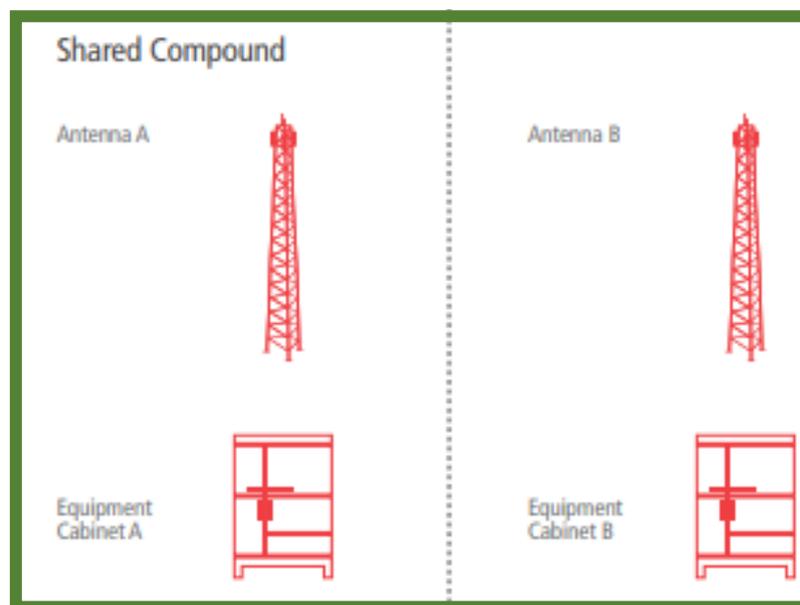


Figura 11. Site Sharing

El Site Sharing es una buena opción para compartir en zonas urbanas y suburbanas donde hay escasez de emplazamientos disponibles y también contribuye al ahorro de costes que puede estar entre el 25% y 50%.

Dentro del Site Sharing también existe la posibilidad de compartir la torre/mástil llamado Mast Sharing.

Mast Sharing

El Mast Sharing, implica la compartición por parte de diferentes operadores del mástil o torre dentro de un mismo emplazamiento (Site Sharing)

En la Figura 12 se puede observar un mismo emplazamiento (Cuadro Verde) y misma torre/mástil compartida por varias operadoras (A y B) donde cada una de ellas instala su propia infraestructura de acceso. Sin embargo, en el caso de Mast Sharing cada operadora en la misma torre/mástil instala sus propias antenas con coberturas diferentes. [37]

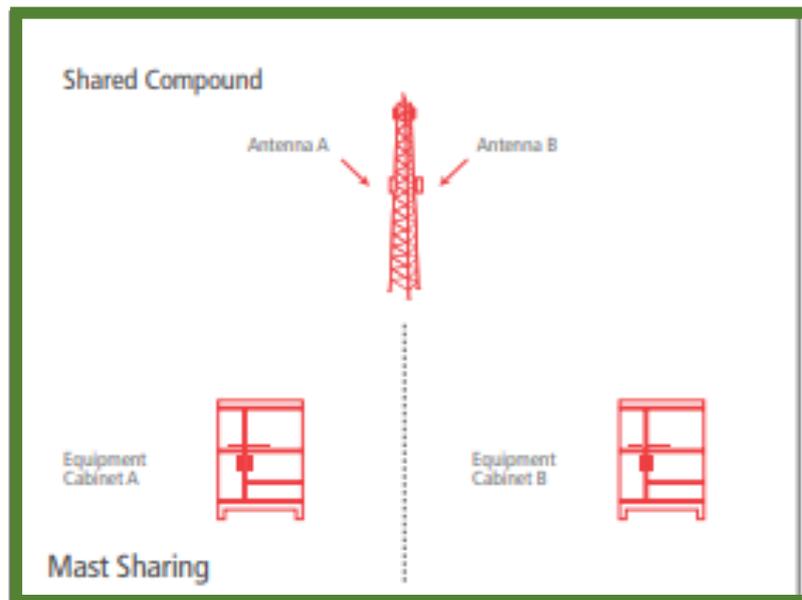


Figura 12. Mast Sharing

Este tipo de compartición tiene varios problemas como por ejemplo la ubicación que a veces puede tener buena cobertura para un operador, pero no para otro o las frecuencias de transmisión de las antenas que están compartiendo el mismo mástil/torre puede pasar que exista interferencia entre sí.

3.3.2 Consideraciones del Site Sharing

La salud es una gran preocupación ya que existen dudas en varios sectores de la población acerca de la exposición de las personas a efectos perjudiciales producidos por los campos electromagnéticos alrededor de las torres y antenas. Estos efectos no han sido demostrados por ningún estudio científico, pero está causando una gran dificultad para que las operadoras encuentren nuevas ubicaciones. [34] [35]

Las torres/mástiles y antenas tienen un impacto visual negativo para el paisaje produciendo rechazo en las personas ya que una compartición de la torre/mástil supone tener más antenas en un mismo elemento las cuales deben estar separadas para evitar interferencias entre sí y por ello se requieren torres más altas y robustas que visualmente son más contaminantes (Figura 13)



Figura 13. Mast Sharing

Por lo tanto, la compartición de infraestructura pasiva, Site Sharing, resulta bastante beneficiosa pues al compartir infraestructura pasiva se limita el número de emplazamientos utilizados proporcionando un ahorro de energía ya que los equipos pueden compartir los recursos electrónicos. En cambio, cuando se comparte mástil/torre sigue teniendo ese aspecto negativo que a las personas no les gusta ni visualmente ni en cuanto a salud por lo tanto la decisión está en manos de las autoridades y comunidades ya que deben de decidir si prefieren varias torres pequeñas en lugar de una grande reduciendo así el impacto visual, pero teniendo como negativo que una torre pequeña puede no soportar la instalación de varias antenas de más de un operador y por lo tanto se deberían de utilizar muchas más torres.

3.4 Compartición infraestructura activa

Además de poder compartir los elementos pasivos de una red también se puede compartir la infraestructura activa, aunque resulta mucho más compleja y no se obtienen tantos ahorros. [35]

La compartición de infraestructura activa incluye principalmente la infraestructura electrónica, es decir, la compartición de elementos de la capa activa de una red móvil como la red de acceso radio (RAN) que son las estaciones base (BTS), NodeB, eNode B, BSC, RNC, sistemas de transmisión. Esta compartición se conoce como RAN Sharing (Figura 14). También se pueden compartir equipos de conmutación y elementos de la red troncal (Core Network). Un operador puede usar la red de otro operador cuando no dispone de cobertura o de infraestructura propia. [34] [35] [39]

Existen estrategias de compartición entre los MNO (Operador de telefonía móvil) como por ejemplo el espectro radio, red central, sistemas gestión infraestructura, plataformas de contenido y recursos administrativos como sistemas de facturación. [37]

La compartición de elementos de la red central como transporte, conmutación y enrutamiento y bases de datos de los clientes (HLR y VLR) hacen que la participación de la red sea más amplia.

Cabe recordar que el HLR es la base de datos donde se almacena identidad, datos y posición de todos los usuarios dentro de una red y el VLR es la base de datos temporal de los móviles de una región y contiene la información de la posición en la red y su estado actual.

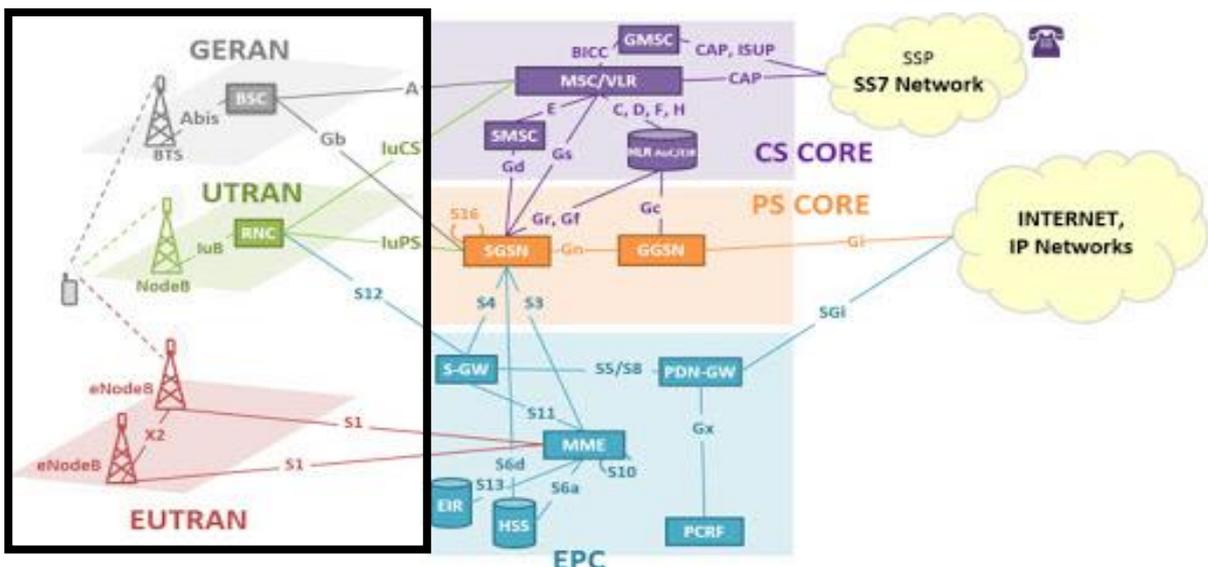


Figura 14. Compartición RAN Sharing (zona limitada de color negro)

Existen varios tipos de compartición activa: MORAN, MOCN, Roaming y MVNO.

3.4.1 MORAN (Multi Operator Radio Access Network)

La red de acceso radio de múltiples operadores (MORAN) es una de las comparticiones activas más importantes para la industria [38]. Se considera compartición RAN Sharing.

La Figura 15 es un claro ejemplo de compartición de infraestructura activa MORAN donde los operadores comparten las redes de acceso radio, es decir, los elementos RAN que son la estación base (BTS) y controladora de estaciones base (BSC), Node B, eNode B y el controlador de la red radio (RNC).

Cabe destacar que cada operadora conserva su propia red central y aunque estén compartiendo infraestructura activa siguen utilizando sus propias bandas de frecuencia dedicadas [33]

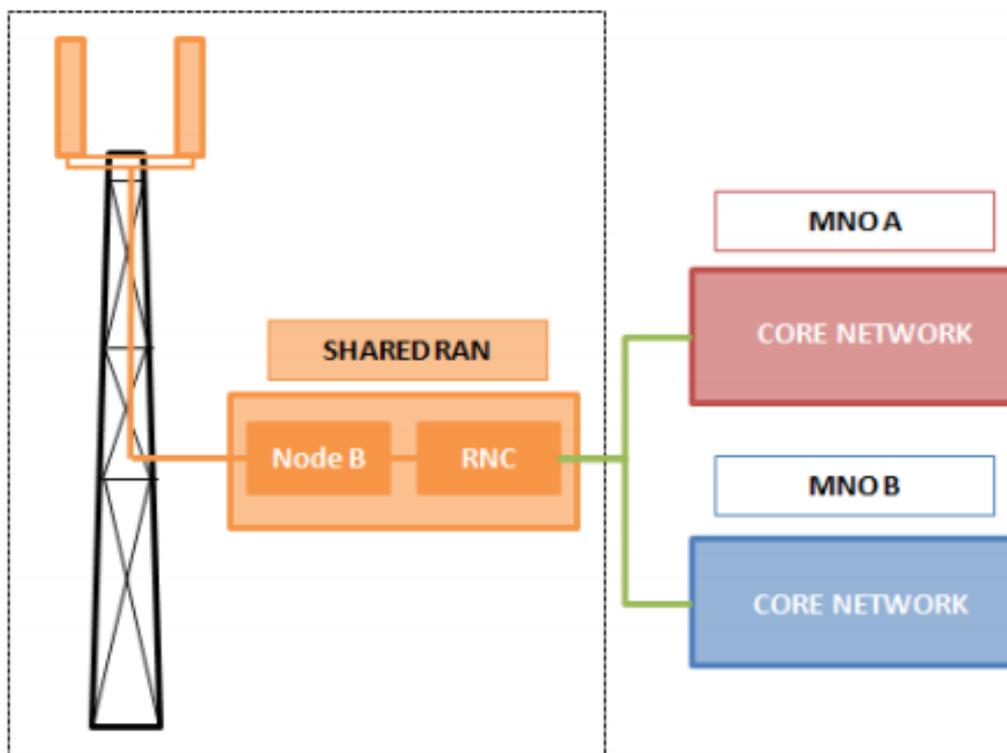


Figura 15. Compartición infraestructura activa MORAN

MORAN se utiliza principalmente para mejorar y extender la cobertura reduciendo el coste de hardware y, además, tiene bastante simplicidad para los operadores. [41]

3.4.2 MOCN (Multi Operator Core Network)

La red principal (o núcleo de red) de múltiples operadores (MOCN) es muy parecida a la red de acceso radio de múltiples operadores (MORAN) ya que en ésta los operadores también comparten las redes de acceso radio, es decir, los elementos RAN, pero como diferencia

con la red MORAN, en MOCN, también se comparte el espectro y por lo tanto resulta un poco más compleja (Figura 16). Se considera compartición RAN Sharing.

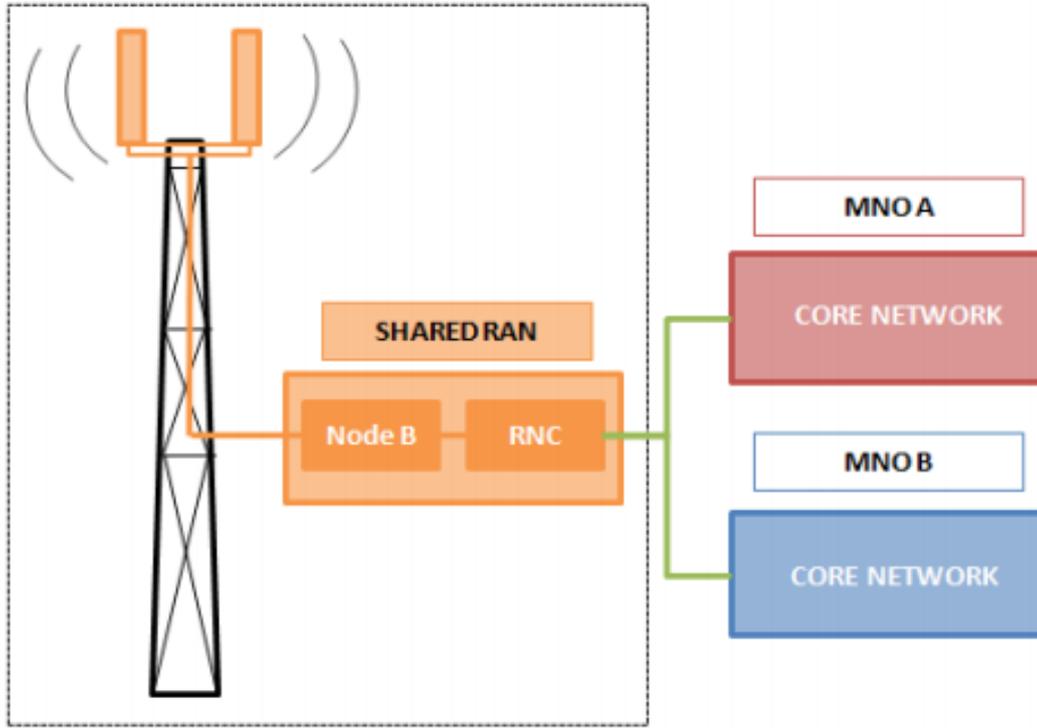


Figura 16. Compartición infraestructura activa MOCN

La compartición de espectro puede realizarse de varias formas. Por una parte, se puede realizar un “Spectrum pooling” que se trata de una estrategia de gestión del espectro donde múltiples operadores pueden compartir el ancho de banda de sus espectros asignados entre ellos. Por otra parte, se puede realizar un “Spectrum Sharing” donde los operadores si no tienen espectro pueden utilizar el de otro operador. También puede darse el caso de que en una determinada banda el operador no posea espectro y otros operadores tengan disponible para compartir. [40]

El modelo de intercambio de MOCN tiene varios problemas ya que la antena compartida debe adaptarse en acimut, altura y ganancia.

3.4.3 Roaming

Para la telefonía móvil, el Roaming Nacional es el servicio que permite a los usuarios de una operadora mantenerse conectados en la red incluso fuera del área de servicio de la propia empresa. Esto es posible gracias a los acuerdos entre las operadoras. [43] [44]

Para poder realizar los acuerdos de Roaming se debe desplegar un enlace que conecte directamente los elementos de la red de las diferentes operadoras y sirve para compartir la información de la posición de los clientes, actualizar información de posición de los clientes en la base de datos (HLR, VLR) y acceder a la tarifa de cada usuario. [40]

El Roaming Nacional se trata del modelo más fácil, menos costoso de compartir la red y tiene una gran flexibilidad ya que permite que los nuevos operadores u operadores existentes puedan utilizar toda la infraestructura de acceso, de forma temporal o permanente, de otras operadoras. Además, este concepto puede reducir las inversiones de las operadoras ya que permite un ahorro de costes comparable con el ahorro en la compartición de red central.

Como bien se puede observar en la Figura 17, los dos operadores tienen un acuerdo y por lo tanto el operador X proporciona acceso a los usuarios del operador Y cuando no tienen cobertura y dependen únicamente de la capacidad y calidad de la red del operador X. Para acceder al Roaming el usuario anota su número IMSI (Código identificativo que es único para cada teléfono móvil y se encuentra en la tarjeta SIM) en la red del operador visitado.

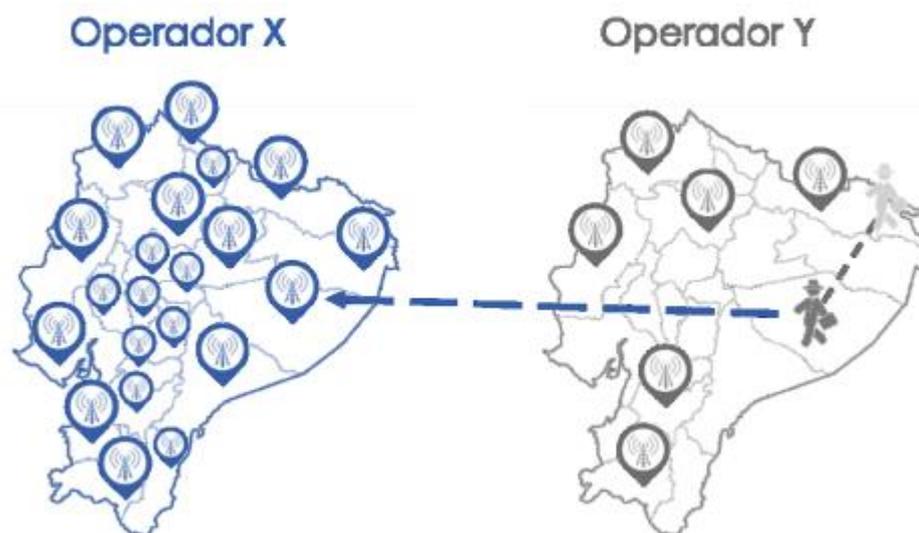


Figura 17. Roaming nacional

3.4.4 Operador Móvil Virtual (OMV)

Los operadores móviles virtuales (OMV) son operadores que comercializan servicios de voz, datos y mensajería, pero no tienen espectro de frecuencia y por lo tanto no tienen infraestructura propia. [40] [42] Ejemplos de operadores móviles virtuales: Amena, Yoigo o Jazztel.

Para poder dar servicio a los clientes los operadores deben contratar la infraestructura de radio acceso, transporte y conmutación y para ello deben de llegar a un acuerdo para alquilar infraestructura a un operador móvil con red (OMR). Esto provoca que el OMV no tenga ningún tipo de control y dependa exclusivamente de las configuraciones y particularidades de la red que ha sido alquilada. [40] [42]

Gracias al alquiler, los OMV pueden ofrecer tarifas bajas ya que no tienen que financiar infraestructura de igual forma que las grandes empresas.

3.5 Requisitos

Cuando se comparte infraestructura ya sea pasiva o activa, es conveniente por temas de competencia en el mercado que la operadora ofrezca la misma calidad de servicio para sus clientes como para los clientes de la otra operadora y para ello los equipos de la red deben de identificar cada uno de los consumidores a qué operadora pertenece siendo también necesario la identificación de los servicios y permisos contratados por cada cliente con su operadora y conocer

la identidad de cada usuario. La continuidad del servicio es muy importante ya que cuando se comparte red y existe movilidad (Handover) el servicio nunca se debe de ver afectado siendo la compartición totalmente clara para el cliente. [35]

También, existe la posibilidad de seleccionar la red y puede ser de forma manual donde el usuario escoge la operadora después de recibir una lista o de forma automática que significa que el equipo de usuario (UE) selecciona dependiendo de las configuraciones del usuario y operadora. [35]

3.6 Impacto en la competencia

El intercambio tanto de infraestructura pasiva como de infraestructura activa tiene un efecto positivo produciendo resultados eficaces en el uso de recursos como la cobertura pudiendo cubrir zonas poco pobladas, calidad del servicio, ahorro de costes y mejora en la tecnología, aunque la competencia se puede ver afectada ya que las empresas grandes pueden dañar la rivalidad de las empresas pequeñas.

Por una parte, la compartición de infraestructura pasiva no suele afectar a la competencia ya que las operadoras tienen el control de sus propias redes y por lo tanto son ellas las que imponen las condiciones y por ello se realizan los acuerdos. En teoría las operadoras no deberían de poder oponerse a compartir infraestructura, pero algunas veces se niegan si después de unos estudios se dan cuenta de que no puede rentabilizar esta compartición. Para poder impedir dicha compartición la operadora debería de realizar un informe detallado justificando esta negación. Esto puede provocar un obstáculo importante en el desarrollo de la competencia, sobre todo de pequeñas empresas, en el mercado. [37]

Por otra parte, la compartición de infraestructura activa tampoco se considera que puede afectar a la competencia, aunque sí que es verdad que preocupa la disminución de la rivalidad entre las empresas grandes a causa de las más pequeñas al no poder ofrecer grandes acuerdos de intercambio. Normalmente pueden compartir sin problemas y obtener muchas ganancias. [37]

Para finalizar, el Roaming proporciona grandes beneficios en cuanto a competencia ya que proporciona elevados ingresos que vienen de los servicios móviles que suministra un operador a otro operador extranjero cuando sus usuarios se encuentran fuera del país donde el operador no puede suministrar servicio ya que no dispone de red propia. El Roaming beneficia a las empresas más pequeñas ya que pueden competir en el mercado de una forma igualitaria con las empresas mayoritarias. [37]

3.7 Consideraciones previas a los acuerdos de compartición

Antes de realizar cualquier acuerdo de compartición de infraestructura se deben de contemplar una serie de estimaciones técnicas y beneficios ambientales.

En primer lugar, la compartición de emplazamiento antes de empezar con la compartición se debe de evaluar el impacto potencial, capacidad, inclinación y altura antena y ángulo azimut para que no haya efectos posteriores en el correcto funcionamiento de la red. [37]

En la compartición del mástil o torre deben de tener en cuenta, realizando estudios antes de realizar un acuerdo, la capacidad de la red ya que pueden no soportar la carga adicional de los servicios a compartir o soportarla, pero no tener suficiente espacio físico para realizar la compartición. Para ello existen dos opciones, cambiar de ubicación o reconstruir en la ubicación actual siendo la mejor opción para las operadoras a pesar del coste adicional, pero siendo peor para la población ya que la reconstrucción implica aumentar el mástil o torre provocando un impacto visual negativo. [37]

En segundo lugar, en la compartición de infraestructura activa se debe de tener en cuenta que en algunas zonas no se puede cumplir el criterio de calidad del servicio (QoS) debido a la reducción

de la señal cuando varias antenas están combinándose. Esto implica también la reducción de potencia de salida, afecta a la cobertura y además, tiene limitaciones técnicas. [37]

Por último, el Roaming no hace falta consideraciones previas, con el simple acuerdo bastaría ya que no requiere de compartición de infraestructura sino necesita un acuerdo para el intercambio de información de datos de los clientes.

- Medio Ambiente

El medio ambiente es uno de los principales problemas de las operadoras cuando despliegan la red con su infraestructura o incluso cuando la comparten. Por lo tanto, las operadoras tienen una labor muy importante y es ofrecer servicios a los clientes cumpliendo las normas para no perjudicar al medio ambiente.

El principal problema para el medio ambiente es la compartición de infraestructura pasiva, especialmente la del mástil o torre ya que, a parte de que el impacto visual es negativo, se emplea mucha energía para cumplir con el servicio y abastecimiento de todos los clientes en la compartición para operar ya que sus redes deben de estar activas a cualquier hora independientemente del uso. Por la noche no se consume tanta energía en algunas zonas geográficas pero los operadores no pueden apagar sus redes. Si que es verdad que en función del tamaño de la infraestructura puede consumir menos energía al tener menos elementos, pero sigue teniendo el mismo impacto negativo. [37]

3.8 Acuerdos

Actualmente, los acuerdos entre operadoras tienen como fin solucionar los obstáculos legales y sociales para por ejemplo obtener licencias o búsqueda de emplazamientos, que cada vez resulta más complicado, para situar las antenas nuevas o ampliar las ya existentes. Por lo tanto, esos acuerdos suponen una decisión determinante y estratégica dentro del mercado permitiendo un ritmo de expansión e innovación mucho más eficiente. [34] [35]

Estas alianzas vienen acompañadas de compromisos de inversión y no hacen más que crecer en número, alcance y ambición y, por lo tanto, cada vez hay más empresas dispuestas a compartir las redes para poder reducir costes, mejorar la calidad del servicio, acelerar el despliegue geográfico, beneficiar al medio ambiente, mantener márgenes de beneficio y poder responder a las exigentes demandas de los consumidores.

La compartición puede tener muchas ventajas, pero también tiene aspectos negativos ya que puede haber conflictos entre socios, incompatibilidades técnicas o incluso que el operador al compartir con otro pierda la independencia en su gestión. También la red se vuelve más compleja ya que instalar dos equipos capaces de radiar las señales de las dos operadoras a la vez es bastante complicado y caro. [45]

Por ello, se realizan estudios previos teniendo en cuenta la intensidad de la compartición, mercados afectados, áreas geográficas cubiertas o duración acuerdos. Así que, para poder realizar los análisis las operadoras tienen que seguir ciertas consideraciones: [35]

- La elección del operador asociado para que a largo plazo no perjudique las ganancias del operador principal.
- Establecer los acuerdos al principio de la negociación de forma clara y detallada, como por ejemplo tiempo de duración de dicho acuerdo o territorio geográfico, para que luego no haya ninguna disputa pasado cierto tiempo.



- Norma previa entre las operadoras por si se finaliza el contrato entre ambas de forma forzada antes de su finalización.
- Evaluación del tipo de compartición ya sea infraestructura pasiva o infraestructura activa o ambas.
- La cuantía ahorrada de las dos operadoras para saber si les sale rentable o no dicha compartición teniendo en cuenta los posibles beneficios de ambas.

En definitiva, se trata de saber qué nivel de compartición es admisible sin que quede afectada la competencia o que al menos si queda afectada los elementos negativos no superen a los positivos.

Capítulo 4. Caso práctico

Antes de comenzar con el caso práctico debo mencionar que se va a realizar la simulación de una suposición y no de un caso real ya que por temas de confidencialidad tanto de Arca (Empresa donde he realizado las prácticas) y de las Operadoras, para las cuales trabaja y que no puedo mencionar, hay información que no se puede proporcionar. Por lo tanto, el caso ha sido un supuesto lo más cercano posible a la realidad.

4.1 Resumen del caso práctico

En esta segunda parte del proyecto se va a realizar la suposición de una compartición RAN Sharing entre dos nodos (estaciones de telefonía móvil) de diferentes operadoras. Y seguidamente se realizará la suposición de un radioenlace ya existente entre un nodo auxiliar y el nodo dominante, es decir, el que se ha elegido anteriormente mejor para compartir.

Se va a realizar un pequeño resumen con datos explicativos para que no haya confusión

DATOS	
Nodos	Estaciones de Telefonía Móvil
Nodo A1	Pertenece a Operadora A
Nodo A2	Pertenece a Operadora B
Nodo B2	Nodo auxiliar pertenece a Operadora B
Sharing	Compartición
Site	Localización del nodo

4.2 Primera parte del estudio práctico: RAN SHARING

La compartición de infraestructura es un método muy utilizado en la actualidad por diferentes operadoras para principalmente poder ahorrar en costes, obtener beneficios y, además, seguir manteniendo la competitividad en el mercado.

El objetivo de la primera parte práctica es realizar el estudio de dos nodos, en ubicaciones diferentes y pertenecientes a operadoras diferentes, por separado. Una vez obtenidos dichos estudios se realizará una suposición de mejor opción para realizar la compartición de infraestructura RAN Sharing entre esos dos nodos. Es decir, se seleccionará la supuesta mejor opción entre juntar el primer nodo al segundo nodo o juntar el segundo nodo al primer nodo.

4.2.1 Elección pueblo

Para la selección del pueblo se debe de tener en cuenta que los nodos ubicados no sean *Sharing*, es decir que estén compartiendo en este caso infraestructura, así que para ello se va a utilizar previamente la herramienta pública del Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital [46] que se trata de un mapa localizador de estaciones de telefonía móvil (nodos) y es muy útil ya que proporciona la ubicación exacta.

En un principio se buscaban pueblos con poca densidad de población ya que parecían buenas opciones, pero con la herramienta del ministerio se comprobó que la mayoría ya compartían infraestructura. En la Figura 18 se puede observar un claro ejemplo de *Sharing* entre varios nodos

de diferentes operadoras. Por lo tanto, se ha decidido buscar ciudades pequeñas ya que pueden tener más opciones al tener más cantidad de nodos.



Figura 18. Ejemplo pueblo con Sharing entre nodos de diferentes operadoras

El pueblo elegido finalmente fue Alzira que tiene una densidad de población de 45000 habitantes. En ella se observaron varias estaciones de telefonía móvil (nodos) de varias operadoras y se observó justo dos que no tenían *Sharing* realizado y sus ubicaciones estaban cerca así que era una buena elección (Figura 19 y Figura 20).



Figura 19. Ubicación nodo A1 operadora A



Figura 20. Ubicación nodo A2 operadora B

4.2.2 Análisis nodos con Google Earth

Una vez seleccionado el pueblo de Alzira y sus respectivos nodos, en *Google Earth* se realiza el estudio para proceder a la suposición de RAN Sharing entre los nodos A1 y A2 de las dos operadoras A y B.

Para ello, se ubica en *Google Earth* la población de Alzira y se cargan dos capas que contienen todos los nodos correspondientes a las operadoras elegidas (Operadora A y Operadora B). Como bien se puede observar en la Figura 21 cuando más densidad de población se necesitan muchos más nodos cubriendo zonas de cobertura.

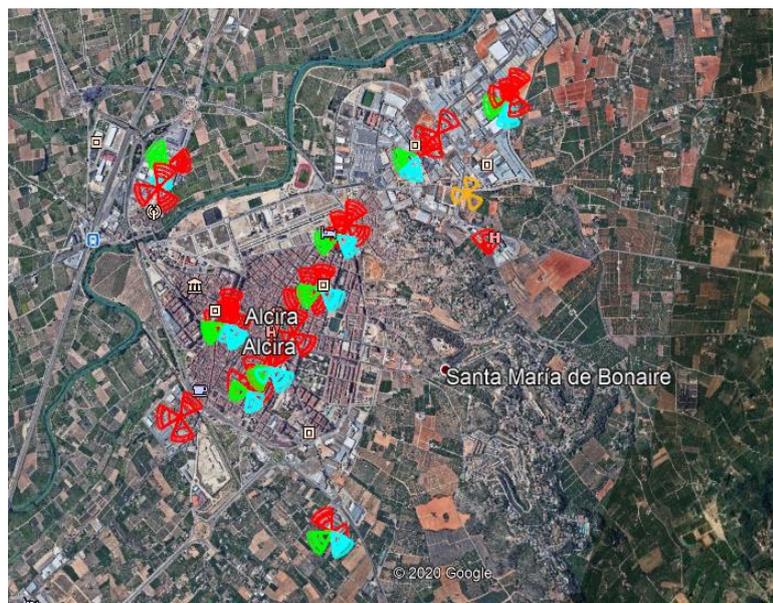


Figura 21. Capas cargadas con los nodos de las operadoras (Operadora A y Operadora B)

Como bien se puede observar en la Figura 21, los nodos correspondientes a la Operadora A son aquellos que tienen los azimuts de color rojo y los nodos de la Operadora B son aquellos que tienen los azimuts de 3 colores diferentes que son rojo, verde y azul. También se puede notar un nodo de color naranja que significa que se encuentra en diseño y todavía no está activo para su uso.

El análisis previo al RAN Sharing entre dos nodos se realiza por separado para identificar la mejor opción.

Nodo A1 (Operadora A)

Para ubicar con exactitud el nodo A1, se carga solo la capa de nodos de la operadora A. Seguidamente, en la Figura 19 se puede observar como en el apartado de direcciones viene la localización de la estación de teléfono móvil (nodo) así que se ubica en *Google Earth* (Figura 22).



Figura 22. Ubicación nodo A1

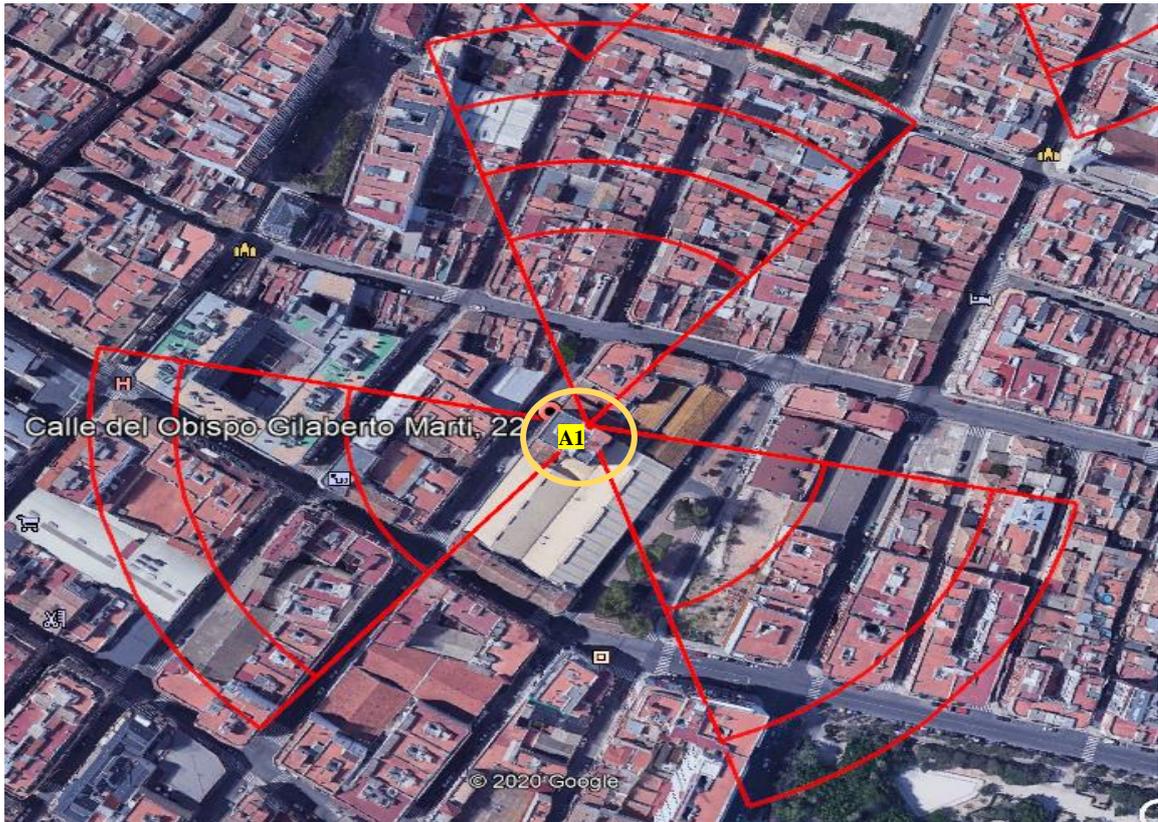


Figura 23. Ampliación ubicación del nodo A1

La visibilidad y cobertura del nodo A1 se analiza mediante la cuenca visual que por definición destaca todo aquello que se encuentra en la línea de visión desde la ubicación señalizada. Para ello, en primer lugar, se utiliza la marca de posición situándola en la ubicación del nodo. La marca de posición se va a llamar EDIFICIO 1 y la altura elegida para poder realizar la cuenca visual tiene que ser de 32 metros (Figura 24) ya que la altura mínima que exige *Google Earth* es de 31,57 metros.

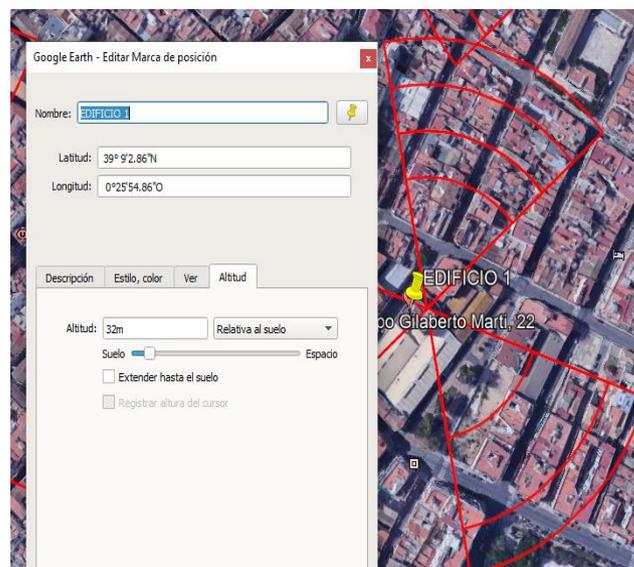


Figura 24. Marca posición nodo A1 (EDIFICIO 1)

Tras ubicar la marca de posición se realiza la simulación para ver la visibilidad y cobertura del nodo A1 con la cuenca visual (Figura 25).



Figura 25. Visibilidad y cobertura desde el nodo A1 con la cuenca visual

Nodo A2 (Operadora B)

Para el análisis de este nodo se va a realizar el mismo procedimiento que para el nodo A2 así que para ubicar con exactitud el nodo, se carga solo la capa de nodos de la operadora B. Seguidamente, en la Figura 20 se puede observar como en el apartado de direcciones viene la localización de la estación de teléfono móvil (nodo) así que se ubica en *Google Earth* (Figura 26).

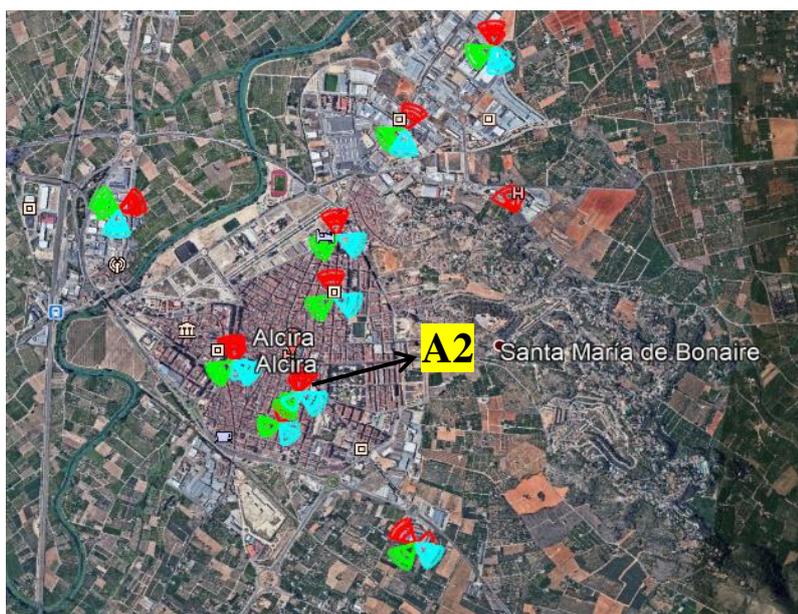


Figura 26. Ubicación nodo A2



Figura 27. Ampliación ubicación nodo A2

La visibilidad y cobertura del nodo A2 se analiza mediante la cuenca visual (Figura 28) que por definición destaca todo aquello que se encuentra en la línea de visión desde la ubicación señalizada. Para ello, en primer lugar, se utiliza la marca de posición situándola en la ubicación el nodo. La marca de posición se va a llamar EDIFICIO 2 y la altura elegida para poder realizar la cuenca visual tiene que ser de 44 metros ya que la altura mínima que exige *Google Earth* es de 43,87 metros.

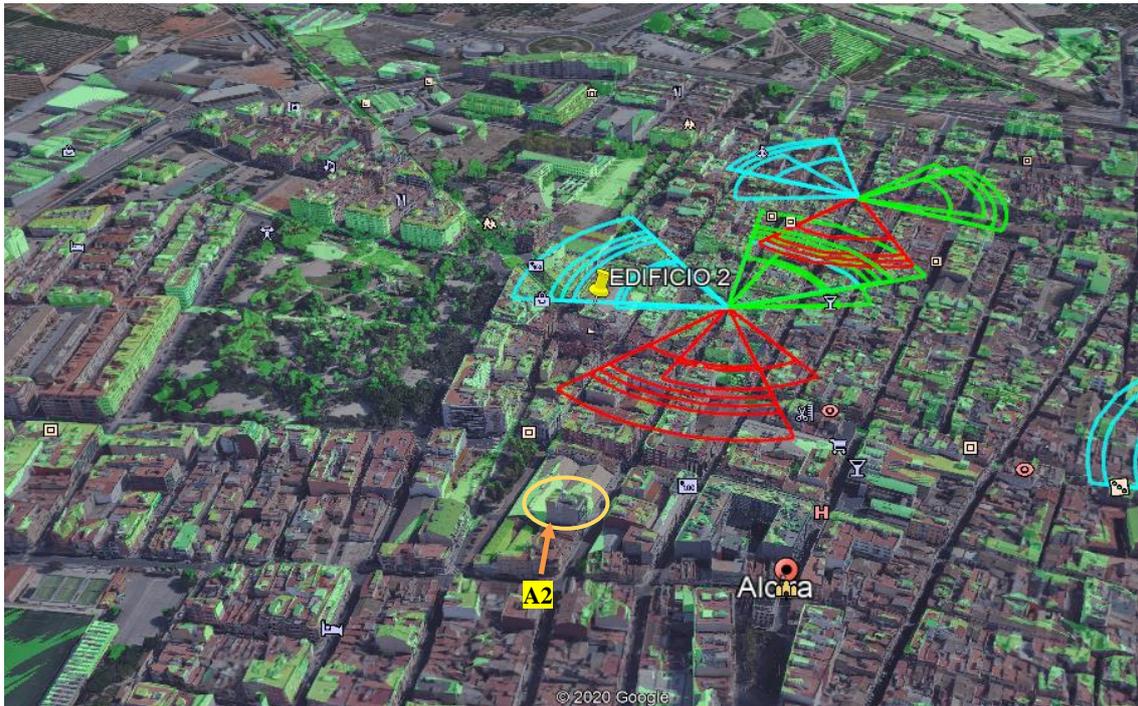


Figura 28. Visibilidad y cobertura desde el nodo A2 (EDIFICIO 2) con la cuenca visual

4.2.3 Análisis resultados y realización del RAN Sharing

Para seleccionar la correcta opción para juntar los dos nodos en uno mismo, es decir, juntar el nodo A1 al A2 o del A2 al A1 y que por lo tanto se realice *Sharing* se pueden observar tanto en la Figura 25 como en la Figura 28 que la visibilidad y cobertura es mayor para el nodo A2 de la Operadora B. Esto podría ser ya que es el edificio más alto de esa zona, es decir, es dominante y por lo tanto no tiene bloqueos en ninguna de las direcciones de los azimuts así que podrá cubrir la zona de cobertura mucho mejor que el nodo A1. Además, la propagación es buena por el apuntamiento de los azimuts.

Por lo tanto, una vez elegido el nodo A2 como el dominante donde se va a llevar el nodo A1 fusionándose en uno mismo, comienza el RAN Sharing ya que se va a utilizar el método de compartición de infraestructura activa MORAN (Figura 15) el cual comparte toda la red de acceso RAN (RAN Sharing) excepto el espectro que será diferente ya que seguirán utilizando sus propias bandas de frecuencia dedicadas. Es importante tener en cuenta que en el nodo A2 de la Operadora B no se cambia nada lo único que se añadirá en el site (localización) del nodo A2 será la instalación de nuevas antenas radio para que puedan radiar en las frecuencias de ambos operadores. Por lo tanto, los usuarios de la operadora A se conectarán a estas nuevas antenas instaladas en la localización del nodo A2 y el nodo A1 de la Operadora A desaparecerá por completo, aunque los equipos usados se guardarán para posibles usos en un futuro de la Operadora A.

Principalmente la elección para la ejecución del *Sharing* y poder así realizar el RAN Sharing se basa en la visibilidad y cobertura pero como se está realizando una suposición se puede decir que también se ha elegido el nodo A2 de la Operadora B como el dominante para que el nodo A1 de la Operadora A se traslade allí ya que se ha supuesto un estudio previo y se ha comprobado que la renta del alquiler de ambas ubicaciones es bastante más alta para la ubicación del nodo A1 por

lo tanto la compartición sale rentable en A2. También se puede suponer que la infraestructura en A2 es mayor y por lo tanto se pueden instalar más antenas y separarlas para que no haya interferencia de frecuencias y, además, pueda soportar todo el tráfico de ambas operadoras. Para finalizar también se ha supuesto la comprobación del beneficio para ambas operadoras y como la ubicación de A2 tiene mejor cobertura el servicio en esa ubicación será mejor para los usuarios.

4.3 Segunda parte del estudio práctico: Radioenlace

A continuación, para la segunda parte del caso práctico se va a realizar un radioenlace. Es decir, se va a suponer que antes de efectuar el RAN Sharing entre los dos nodos (A1 y A2), por el nodo A2 salía un radioenlace hacia un nodo B2.

Así que, en primer lugar, se va a analizar el supuesto radioenlace existente entre los nodos A2 y B2 (Figura 31) pertenecientes a la misma Operadora B y, en segundo lugar, después de realizar el RAN Sharing afectará al radioenlace existente y por lo tanto se deberá de realizar una serie de cambios para aumentar la capacidad del radioenlace ya que la salida del nodo A2 ahora tendrá que soportar el tráfico tanto de A2 como de A1.

4.3.1 Definición de radioenlace

El radioenlace se define como la interconexión inalámbrica entre diferentes equipos de telecomunicación mediante ondas electromagnéticas permitiendo la entrega de información. Cada radioenlace se compone de un transmisor y receptor (Figura 29)



Figura 29. Ejemplo de un radioenlace

Para el análisis o diseño adecuado de un radioenlace existente o nuevo se va a utilizar una herramienta muy completa llamada iQlink que se encuentra en el mercado y tiene una versión gratuita para poder realizar hasta 25 radioenlaces de microondas.

4.3.2 Análisis supuesto radioenlace existente entre A2 y B2 (Sin RAN Sharing)

Se va a realizar la suposición de un radioenlace existente. Primero con la herramienta del ministerio se obtiene la ubicación exacta del nodo B2 (Figura 30) ya que para el nodo A2 ya se ha buscado anteriormente (Figura 20).



Figura 30. Ubicación nodo B2 (Operadora B)

Seguidamente, en Google Earth se extraen las coordenadas (Tabla I) de cada nodo (A2 y B2) y se realiza una línea que será el supuesto radioenlace existente inicial entre el nodo A2 y el B2 y tiene una distancia de 1.74 km (Figura 31).

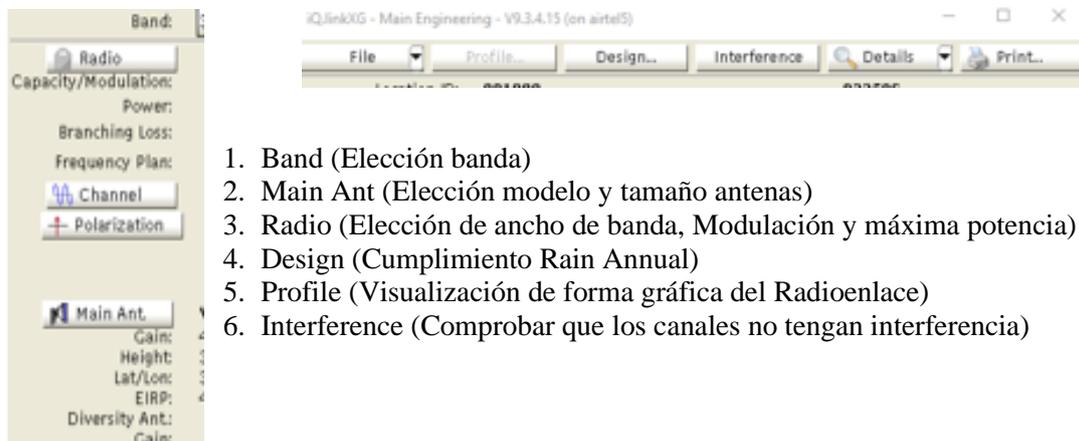
NODO	SITE (LOCALIZACIÓN)	LATITUD	LONGITUD
A2 (EDIFICIO 2)	001089	39° 09' 00.554''N	00° 25' 50.440''W
B2	032506	39° 09' 35,300''N	00° 26' 47,700''W

Tabla 1. Coordenadas de los nodos con sus respectivas localizaciones proporcionadas por la herramienta del Ministerio



Figura 31. Radioenlace entre los nodos B2 y A2 (EDIFICIO 2)

Antes de comenzar con el análisis del supuesto radioenlace se debe de tener en cuenta en la herramienta de iQlink las siguientes pestañas con el orden indicado:



Para el análisis del radioenlace como en teoría es una suposición significará que estará creado en la herramienta de iQlink así que los datos obtenidos son los de la Tabla 2.

DATOS RADIOENLACE EXISTENTE	
BANDA (GHz)	38
Diámetro Antena (m)	0.3
Ancho Banda (MHz)	28
Modulación	1024QAML
Capacidad Radioenlace	228 Mbps
Potencia (dBm)	8

Tabla 2. Datos proporcionados mediante la herramienta iQlink del supuesto radioenlace

Con los datos proporcionados de la Tabla 2 se puede comprobar el cumplimiento de varios conceptos y la suposición de algunos.

En primer lugar, la banda 38GHz está justificada por el ANEXO I ya que la distancia del radioenlace existente es menor a 5km. La banda 80GHz está reservada para los eBands que se tratan de radioenlaces con mucha capacidad (hasta 2,5 Gbps).

En segundo lugar, para la banda de 38GHz se ha seleccionado el modelo de antenas VHL P1-370 con diámetro de 0.3 metros. En el ANEXO II se puede comprobar que la elección del modelo de antena ha sido correcta ya que este tipo tiene su banda de frecuencias entre 37GHz – 40 GHz con diámetro de 0.3 metros.

En tercer lugar, el ancho de banda (BW) se puede observar en el ANEXO I que para 38GHz el máximo es de 56 MHz, pero la verdad que para una distancia tan pequeña (1,74km) es un ancho de banda bastante grande por lo tanto se habrá probado que con una más pequeña da buenos resultados así que en un principio es razonable que se haya elegido una menor, en este caso, la de 28MHz. La elección de la modulación habrá sido en función de la capacidad que se quería tener

en el radioenlace así que en este caso se quería alcanzar los 228Mbps y por ello se habrá elegido la modulación de 1024QAML (Figura 32)

iQ.linkXG - Available Modulations - V9.3.4.15 (on airtel5) ✕

	Capacity Mbit/s	Modulation	Selected	Engineering Reference
1	37	QPSKS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	43	QPSK	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	74	16QAMS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	86	16QAM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	110	32QAM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	136	64QAM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	161	128QAM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	183	256QAM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	196	512QAM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	210	512QAML	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	217	1024QAM	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	228	1024QAML	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 32. Modulación junto con la capacidad del radioenlace

Para el análisis de la máxima potencia se deben de tener en cuenta unas consideraciones (Tabla 3) de los valores del máximo nivel de recepción de potencia (Max Rx Level) y los valores del margen de desanecimiento (Composite Fade Margin).

CONSIDERACIONES
Max Rx Level debe de tener valores superiores (en positivo) a -40dBm
Fade Margin debe de ser mayor o igual que 10dB en la última modulación
Rain (Annual) para la Comunidad Valenciana debe ser superior a 99,8%

Tabla 3 Consideraciones a seguir

Teniendo en cuenta estas consideraciones (Tabla 3), se puede observar en la Figura 33 que para la potencia indicada de 8dBm cumple con esas consideraciones.

Modulation	Engineering Reference	Max Tx Power dBm	ATPC Tx @ Upper Rx Trigger dBm	ATPC Tx @ Lower Rx Trigger dBm	RTPC Attenuator dB	RTPC Power Limiter dB	Configured Power dBm	Composite Fade Margin dB	Min Tx Power dBm	Distortion RSL dBm	Max Rx Level dBm
QPSKS		20.00	N/A	N/A	N/A	12.00	8.00	45.65	0.00	-20.00	-41.85
QPSK		20.00	N/A	N/A	N/A	12.00	8.00	35.65	0.00	-20.00	-41.85
16QAMS		18.00	N/A	N/A	N/A	10.00	8.00	33.15	0.00	-20.00	-41.85
16QAM		18.00	N/A	N/A	N/A	10.00	8.00	31.65	0.00	-20.00	-41.85
32QAM		18.00	N/A	N/A	N/A	10.00	8.00	28.65	0.00	-20.00	-41.85
64QAM		17.00	N/A	N/A	N/A	9.00	8.00	25.65	0.00	-20.00	-41.85
128QAM		17.00	N/A	N/A	N/A	9.00	8.00	23.15	0.00	-20.00	-41.85
256QAM		16.00	N/A	N/A	N/A	8.00	8.00	20.15	0.00	-25.00	-41.85
512QAM		15.00	N/A	N/A	N/A	7.00	8.00	18.15	0.00	-25.00	-41.85
512QAML		15.00	N/A	N/A	N/A	7.00	8.00	16.65	0.00	-25.00	-41.85
1024QAM		13.00	N/A	N/A	N/A	5.00	8.00	13.15	0.00	-25.00	-41.85
1024QAML	X	13.00	N/A	N/A	N/A	5.00	8.00	11.15	0.00	-25.00	-41.85

Figura 33. Cumplimiento Fade Margin y Max Rx Level para una potencia de 8dBm

También se puede observar en la pestaña de diseño que se cumple con la consideración de Rain Annual de la Tabla 3 (Figura 34)

Modulation	Max Tx Power dBm	Unavailability	Outage
16QAMS	48.11/48.11	99.998221	100.000000
16QAM	48.11/48.11	99.997858	100.000000
32QAM	48.11/48.11	99.996883	100.000000
64QAM	48.11/48.11	99.995435	100.000000
128QAM	48.11/48.11	99.993660	100.000000
256QAM	48.11/48.11	99.990412	100.000000
512QAM	48.11/48.11	99.987157	100.000000
512QAML	48.11/48.11	99.983827	100.000000
1024QAM	48.11/48.11	99.970821	100.000000
1024QAML	48.11/48.11	99.957195	100.000000

Figura 34. Cumplimiento Rain Annual

Una vez se han analizado los datos del supuesto radioenlace existente y se han comprobado que estaban correctos se puede ver de forma gráfica el radioenlace (Figura 33).

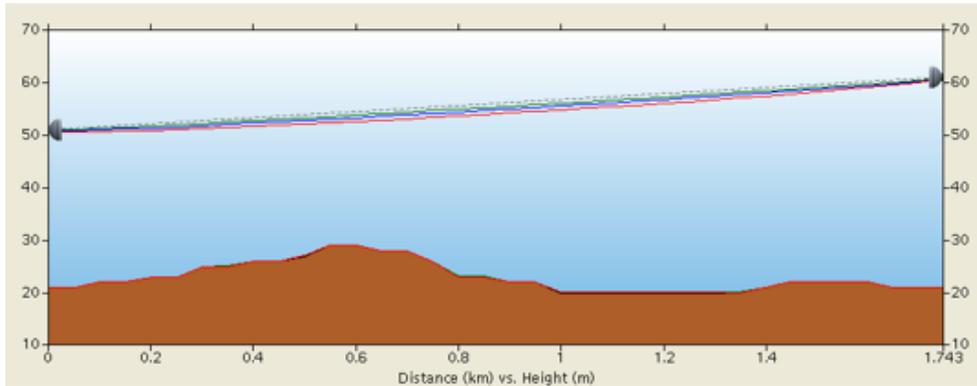


Figura 35. Radioenlace

Para finalizar con el análisis del supuesto radioenlace existente se observa en interferencias que los canales en Horizontal tienen interferencias, pero como no superan los 3dB se pueden seguir utilizando sin problemas ya que la interferencia sería mínima (Figura 36)

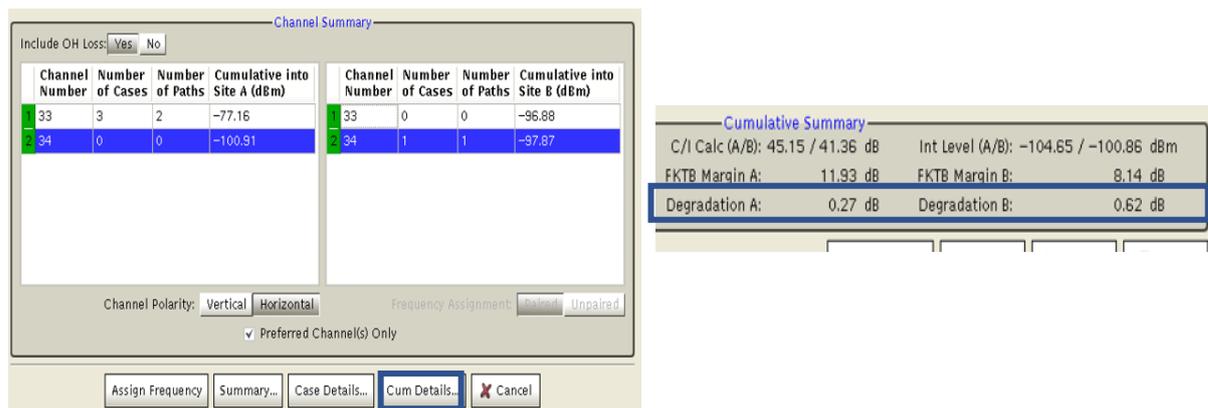


Figura 36. Canales horizontales con interferencias casi despreciables

Una vez analizada la suposición del radioenlace existente se procede a ampliar la capacidad del radioenlace de A2 y B2 ya que una vez hecho el RAN Sharing la salida de A2 se ampliará para poder llevar el tráfico tanto de A2 como de A1.

4.3.3 Análisis ampliación supuesto radioenlace existente entre A2 y B2 (Con RAN Sharing)

Como se puede observar la capacidad del supuesto radioenlace existente de A2 y B2 sin RAN Sharing es de 228 Mbps (Tabla 2) por lo tanto una vez se realice Sharing del tipo RAN Sharing (del nodo A1 al A2) el nodo A2 se quedará corto en su salida ya que deberá de absorber el tráfico de los dos nodos (A1 y A2). Para ello se debe de implantar una solución de transmisión para poder ampliar la salida de transmisión del nodo A2 teniendo que ampliar en capacidad el radioenlace. Para ello se plantea una suposición de solución y es realizar el diseño de un radioenlace eBand de 1Gb de capacidad con el cual seguro que no se queda corta la salida.

Los eBand utilizan nuevos equipos llamados RTN380A (ANEXO III) con salidas de gran capacidad así que en los sites (Localización) de los dos nodos A2/A1 y B2 se debe de instalar previamente un equipo en cada uno de los sites para poder realizar el radioenlace.

Para la realización del nuevo radioenlace eBand se deben de seguir los mismos pasos anteriores:

1. Band (Elección banda)
2. Main Ant (Elección modelo y tamaño antenas)
3. Radio (Elección de ancho de banda, Modulación y máxima potencia)
4. Design (Cumplimiento Rain Annual)
5. Profile (Visualización de forma gráfica del Radioenlace)
6. Interference (Comprobar que los canales no tengan interferencia)

En primer lugar, la banda que se va a escoger para la realización del radioenlace de la de 80 GHz ya que está reservada exclusivamente para los eBands. Además, el radioenlace sigue teniendo la misma distancia de 1,74km y por lo tanto mirando en el ANEXO I se cumple que para 80GHz la distancia tiene que ser menor a 3km.

En segundo lugar, para la elección del modelo de antena y su tamaño en el ANEXO III (Modelo Antena) se puede observar como el modelo VHLP1-80/A cumple con los requisitos ya que tiene una banda de frecuencia entre 71 GHz – 86 GHz. El tamaño de la antena es el ofrecido también en el ANEXO III (Modelo Antena) y es de 0.3 m.

En tercer lugar, el ancho de banda (BW) se puede observar en el ANEXO III (Ancho de banda BW, Modulación y Capacidad) en la tabla proporcionado que para conseguir mínimo 1Gb de capacidad se debe de utilizar 250MHz y una modulación de 64QAM. Por lo tanto, se introducen los os datos en la iQlink y efectivamente coincide con los datos proporcionados en la tabla del ANEXO III. (Figura 37)

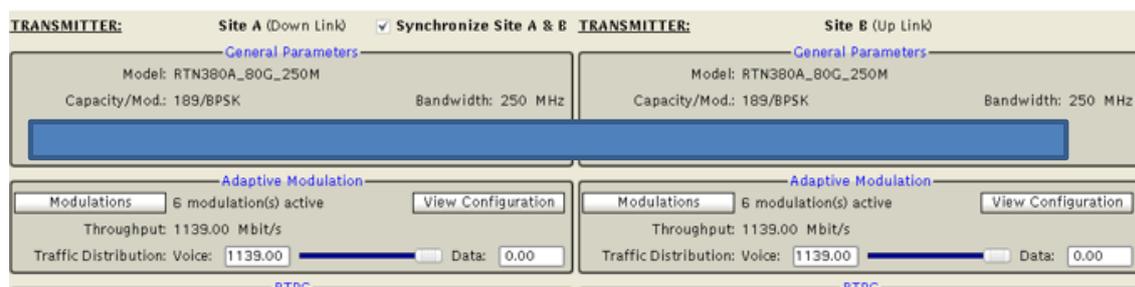


Figura 37. Comprobación capacidad de 1Gb

Para finalizar con la selección de datos del radioenlace en el ANEXO III (Máxima Potencia) se puede observar que para una modulación de 64QAM y un ancho de banda de 250MHz la máxima potencia será de 15dBm así que a partir de ese número se irá disminuyendo hasta cumplir con las especificaciones de la Tabla 3. Cabe recordar que para el análisis de la máxima potencia se deben de tener en cuenta los valores del máximo nivel de recepción de potencia (Max Rx Level) y los valores del margen de desanecimiento (Composite Fade Margin). Por lo tanto, siguiendo las indicaciones de la Tabla 3 se obtiene una potencia de 7dBm (Figura 38) que cumple con las consideraciones (Figura 39).

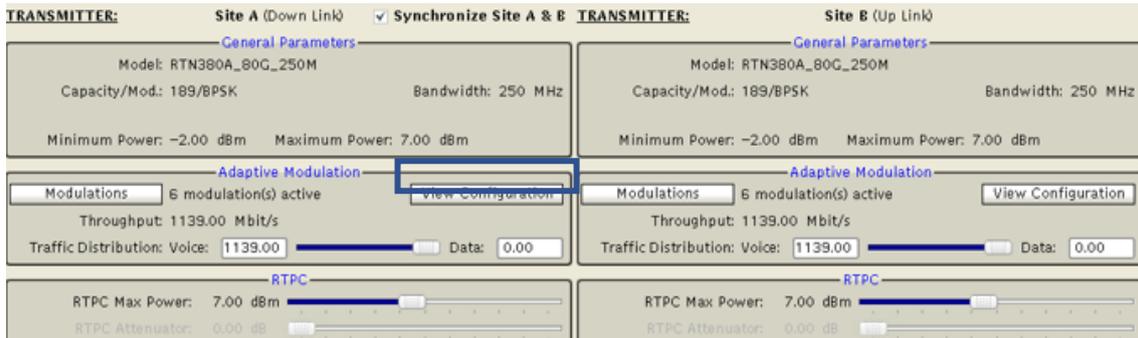


Figura 38. Potencia 7dBm

	Engineering Reference	Max Tx Power dBm	ATPC Tx @ Upper Rx Trigger dBm	ATPC Tx @ Lower Rx Trigger dBm	RTPC Attenuator dB	RTPC Power Limiter dB	Configured Power dBm	Composite Fade Margin dB	Min Tx Power dBm	Distortion RSL dBm	Max Rx Level dBm
1	X	18.00	N/A	N/A	N/A	11.00	7.00	30.07	-2.00	-23.00	-42.93
2		18.00	N/A	N/A	N/A	11.00	7.00	24.07	-2.00	-23.00	-42.93
3		16.00	N/A	N/A	N/A	9.00	7.00	19.37	-2.00	-23.00	-42.93
4		15.00	N/A	N/A	N/A	8.00	7.00	17.47	-2.00	-23.00	-42.93
5		15.00	N/A	N/A	N/A	8.00	7.00	14.57	-2.00	-23.00	-42.93
6		15.00	N/A	N/A	N/A	8.00	7.00	11.47	-2.00	-23.00	-42.93

Figura 39. Cumplimiento Fade Margin y Max Rx Level para una potencia de 7dBm

Una vez introducidos ya todos los datos, en la parte de diseño se debe de realizar la comprobación de que se cumple la consideración de Rain (Annual) descrita en la Tabla 3. En la Figura 40, se puede comprobar que si que cumple con la normativa de la Comunidad Valenciana.

Modulation	EIRP (dBm)	Unavailability (100 - %)		Outage (Annual) (100 - %)			Outage (WM) (100 - %)		
		Rain (Annual)	Rain (WM)	Flat Multipath	Selective	Total Outage	Flat Multipath	Selective	Total Outage
8PSK	50.50/50.5	99.991032	9.952750	99.999999	100.000000	99.999999	99.999988	100.000000	99.999988
QPSK	50.50/50.5	99.983297	9.918850	99.999996	100.000000	99.999996	99.999951	100.000000	99.999951
8PSK	50.50/50.5	99.971228	9.869788	99.999985	100.000000	99.999985	99.999841	100.000000	99.999840
16QAM	50.50/50.5	99.963370	9.839366	99.999971	100.000000	99.999971	99.999719	100.000000	99.999719
32QAM	50.50/50.5	99.945200	9.771983	99.999911	100.000000	99.999911	99.999241	100.000000	99.999241
64QAM	50.50/50.5	99.910050	9.649156	99.999600	100.000000	99.999600	99.997228	100.000000	99.997228

Figura 40. Cumplimiento Rain Annual

Para finalizar con el diseño del radioenlace eBand, en Interference se introduce un ancho de bando el doble al elegido, es decir, $250 \times 2 = 500\text{MHz}$ para calcular si los canales tienen interferencias o no. En la Figura 41, se puede observar que el canal en Horizontal de color amarillo no tiene ningún tipo de interferencia en sus canales.

Channel Number	Number of Cases	Number of Paths	Cumulative into Site A (dBm)	Channel Number	Number of Cases	Number of Paths	Cumulative into Site B (dBm)
1	0	0	-110.77	1	0	0	-114.94
2	0	0	-108.56	2	0	0	-107.66
3	0	0	-162.55	3	0	0	-156.49
4	0	0	-165.51	4	0	0	-162.56

Channel Polarity: Vertical Horizontal

Frequency Assignment:

Figura 41. Canales horizontales sin interferencias

En un principio siempre se elige como norma el Horizontal si por alguna de aquellas no tiene canales se elegirían los canales del Vertical y como último recurso si ninguno de los dos tuviese canales disponibles, es decir, con mucha interferencia se debería de solicitar al Ministerio el alquiler de espectro.



Capítulo 5. Conclusiones

La principal conclusión que se puede obtener una vez realizado el proyecto es la gran importancia que tiene la compartición de infraestructura para que las operadoras puedan ahorrar costes y obtener grandes beneficios que ayuden a mantener la competitividad en el mercado. Conservar siempre esa rivalidad no es tarea fácil ya que cada vez es más difícil el despliegue individual de una nueva red por su alto coste y por lo tanto resulta, para muchas operadoras, difícil sobrevivir y seguir evolucionando.

Con el paso de los años la compartición de infraestructura ha ido cobrando mayor importancia colocándose en uno de los principales objetivos de las diferentes operadoras ya que si se realizan buenos acuerdos ya sea con compartición pasiva o con compartición activa o incluso con ambas pueden sacar beneficios económicos realmente importantes. Respecto a empresas más pequeñas las comparticiones son muy importantes ya que no pueden permitirse el despliegue individual de una red y con ese intercambio pueden intentar competir en el mercado.

Respecto a la parte práctica las conclusiones que se pueden obtener es que contra mejor cobertura pueda ofrecer una operadora mejor valorada estará en el mercado ya que las diferentes operadoras querrán compartir infraestructura con ella y al ser la dominante podrá poner algunas condiciones propias en los acuerdos. En cuanto al radioenlace, se trata de la conexión entre dos terminales, su despliegue resulta muy interesante ya que gracias a la herramienta utilizada se ha simulado el aumento de capacidad del radioenlace ya existente pudiendo comprobar lo importante que es la correcta elección de los datos.

Capítulo 6. Bibliografía

- [1] “Historia del Celular”, [Online] <https://www.caracteristicas.co/historia-del-celular/>
- [2] “¿Quién inventó el primer teléfono móvil?,” [Online] <https://okdiario.com/curiosidades/quien-invento-primer-movil-426418#:~:text=El%20primer%20tel%C3%A9fono%20m%C3%B3vil%20comercializado,45%20X%20%2C9%20cm.>
- [3] “Historia del Teléfono Móvil”, [Online] https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_tel%C3%A9fono_m%C3%B3vil#:~:text=El%203%20de%20abril%20de,una%20calle%20de%20Nueva%20York.&text=Era%20el%20primer%20sistema%20del,entiende%20hasta%20hoy%20en%20d%C3%ADa.
- [4] “Telefonía Móvil en España” [Online] https://es.wikipedia.org/wiki/Telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil_en_Espa%C3%B1a#:~:text=La%20llegada%20de%20la%20telefon%C3%ADa,s%C3%B3lo%20pod%C3%ADa%20emplearse%20en%20veh%C3%ADculos.
- [5] “La Evolución de la Tecnología Móvil: 1G,2G,3G,4G...” [Online] <https://blog.masmovil.es/la-evolucion-de-la-tecnologia-movil-1g-2g-3g-4g/#:~:text=1G%2C%20Primera%20Generaci%C3%B3n,conoci%C3%B3%20inicialmente%2C%2022celulares%22.>
- [6] “Increíbles Velocidades Móviles de Hoy!” [Online] <https://impactotic.co/de-1g-a-5g-las-generaciones-en-la-historia-del-mundo-movil/>
- [7] “Evolución de la red de comunicación móvil, del 1G al 5G” [Online] <https://www.universidadviu.es/evolucion-la-red-comunicacion-movil-del-1g-al-5g/>
- [8] “GPRS” [Online] <https://www.ecured.cu/GPRS>
- [9] “LTE” [Online] [https://es.wikipedia.org/wiki/LTE_\(telecomunicaciones\)](https://es.wikipedia.org/wiki/LTE_(telecomunicaciones))
- [10] “Qué es la tecnología 5G” [Online] <https://okdiario.com/curiosidades/que-tecnologia-5g-4234180>
- [11] “5G” [Online] <https://www.adslzone.net/reportajes/telefonía/5g/>
- [12] “Telefonía móvil en España” [Online] https://es.wikipedia.org/wiki/Telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil_en_Espa%C3%B1a
- [13] “La telefonía móvil en España-Datos estadísticos” [Online] <https://es.statista.com/temas/5458/la-telefonía-movil-en-espana/>
- [14] “Compartición de redes móviles para reducir costes [Online] <https://www.zonamovilidad.es/noticia/1899/reportajes/comparticion-de-redes--moviles-para-reducir-costes.html>
- [15] “¿Cómo funcionan las redes inalámbricas de telefonía móvil?” [Online] <https://blogs.publico.es/ignacio-martil/2017/02/24/como-funcionan-las-redes-inalambricas-de-telefonía-movil/>
- [16] “¿Cómo funciona una red móvil?” [Online] <https://radio-waves.orange.com/es/como-funciona-una-red-movil/>
- [17] “¿Cómo funcionan las redes inalámbricas de telefonía móvil?” [Online] <https://blogs.publico.es/ignacio-martil/2017/02/24/como-funcionan-las-redes-inalambricas-de-telefonía-movil/>



- [18] “¿Qué elementos componen una red móvil?” [Online]
<https://www.temastecnologicos.com/redes-moviles/elementos/>
- [19] “What is the difference between Node B and eNodeB” [Online]
<https://commsbrief.com/what-is-the-difference-between-node-b-and-enodeb/>
- [20] “Subsistema de estación base” [Online]
https://en.wikipedia.org/wiki/Base_station_subsystem
- [21] “Subsistema de conmutación de red” [Online]
[https://en.wikipedia.org/wiki/Network_switching_subsystem#Mobile_switching_center_\(MSC\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Network_switching_subsystem#Mobile_switching_center_(MSC))
- [22] “Estación Base de Telefonía Móvil” [Online] <https://silexst.com/estacion-base-de-telefonía-movil/>
- [23] “Handover” [Online] <https://es.wikipedia.org/wiki/Handover>
- [24] “Redes de telefonía celular- GSM, GPRS, UMTS” [Online]
<https://www.monografias.com/trabajos107/redes-telefonía-celular-gsm-gprs-umts/redes-telefonía-celular-gsm-gprs-umts2.shtml>
- [25] “Arquitectura de la Red Móvil 2G” [Online]
<https://es.slideshare.net/andysarangoveliz/capitulo-iv-arquitectura-de-la-red-mvil-2g-gsm>
- [26] “Que diferencia existe entre el HLR y el VLR” [Online] <http://redes-celulares.blogspot.com/2009/04/que-diferencia-existe-entre-el-hlr-y-el.html>
- [27] “Nodo B” [Online] nucleoredmovil.blogspot.com/2013/04/nodo-b.html
- [28] “Red de Acceso Radio Terrestre UMTS (UTRAN)” [Online]
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11901/fichero/capitulo3.pdf>
- [29] “Estructura red UMTS” [Online]
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/fajardo_p_d/capitulo1.pdf
- [30] “SNRC – Controlador de red de radio en servicio” [Online]
<https://www.mpirical.com/glossary/srnc-serving-radio-network-controller>
- [31] “Tipos de UTRAN RNC” [Online]
<https://mobilewireless.wordpress.com/2007/11/16/utran-rnc-types/>
- [32] “Arquitectura funcional y protocolos” [Online] <http://catedraisdefe.etsit.upm.es/wp-content/uploads/2015/04/Manuel-Alvarez-Campana-T3.pdf>
- [33] “Sharing an antenna doesn’t mean giving up control” [Online]
<https://www.commscope.com/globalassets/digizuite/2015-antenna-sharing-wp-109680-en.pdf?r=1>
- [34] “Compartición de redes móviles” [Online]
<https://www2.coitt.es/res/revistas/10ComparticionRH1.pdf>
- [35] Trabajo Final de Grado “Análisis de factibilidad de implementación de RAN SHARING para el servicio móvil avanzado con tecnología UMTS en el Ecuador” [PDF]
- [36] “Compartición de redes móviles para reducir costes” [Online]
<https://www.zonamovilidad.es/noticia/1899/reportajes/comparticion-de-redes--moviles-para-reducir-costes.html>
- [37] “Mobile Infrastructure Sharing” [Online] <https://www.gsma.com/publicpolicy/wp-content/uploads/2012/09/Mobile-Infrastructure-sharing.pdf>



- [38] Tesis “Propuesta Cambio a leyes que permiten la implementación de la compartición de infraestructura en el mercado de comunicaciones móviles de Perú”
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5262/MAS_JOSE_PROPUESTA_LEYES_COMPARTICION_INFRAESTRUCTURA_MERCADO_COMUNICACIONES_MOVILES_PERU.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [39] “Telecom Infrastructure Sharing” [Online]
https://en.wikipedia.org/wiki/Telecom_infrastructure_sharing
- [40] Tesis “Análisis de soluciones tecnológicas que utilicen el uso compartido de espectro y propuestas técnicas para su implementación en el marco normativo peruano”
- [41] “MORAN” [Online] <https://www.pranabharika.com/moran/>
- [42] “Operador móvil virtual” [Online]
https://es.wikipedia.org/wiki/Operador_m%C3%B3vil_virtual
- [43] “Roaming Nacional Automático” [Online] https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/Roaming-Nacional_BV_V2.pdf
- [44] “Qué significa Roaming” [Online] <https://quesignificado.org/roaming/>
- [45] “Movistar, Vodafone y Orange limitan su alianza para compartir red móvil” [Online]
<https://www.expansion.com/empresas/tecnologia/2020/01/04/5e10c333e5fdea8a168b45ea.html>
- [46] Web Ministerio : <https://geoportal.minetur.gob.es/VCTEL/vcne.do>



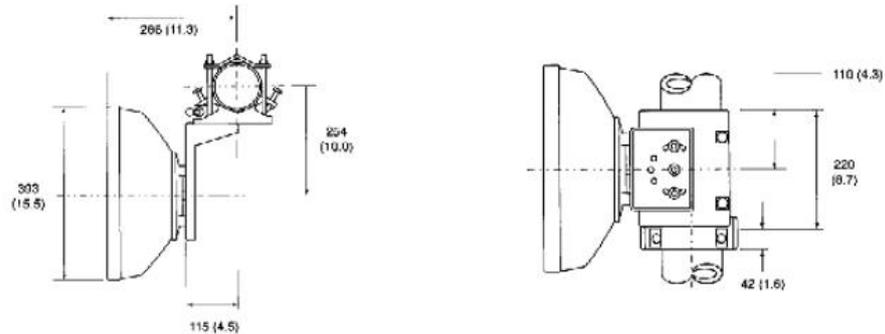
ANEXO I: Información de la referencia de Banda-Distancia-BW

Banda	Distancia (Km)	Máximo BW concedido (MHz)
80	0 - 3	500
38	0 - 5	56
26	0 - 7	28
23	5 - 10	28
18	5 - 15	56
15	15 - 30	28
13	15 - 30	56

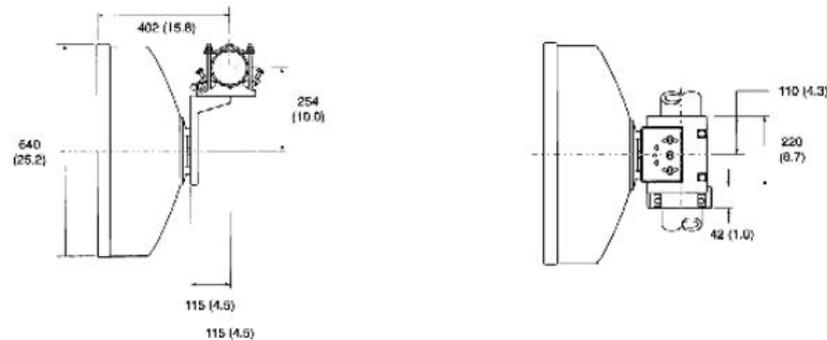
La línea de color rojo significa que la banda 26GHz no se puede utilizar ya que es la que se usará en 5G.

ANEXO II: Información modelo antenna VHLP1-370

VHLP1 Antenna



VHLP2 Antenna



ValuLine® LP Series Antennas

Type Number	Diameter ft (m)	Frequency GHz	Gain (dBi)			Beamwidth (degs)	Cross Pol. Disc. dB	F/B Ratio dB	VSWR max. (RL, dB)
			Bottom	Middle	Top				
VHLP1-220	1 (0.3)	21.2 - 23.6	34.4	34.9	35.4	2.8	30	61	1.3 (17.7)
VHLP2-220	2 (0.6)	21.2 - 23.6	39.6	40.1	40.6	1.6	30	66	1.3 (17.7)
VHLP1-240	1 (0.3)	24.25 - 26.5	35.8	36	36.4	2.5	30	62	1.3 (17.7)
VHLP2-240	2 (0.6)	24.25 - 26.5	40.7	41.1	41.5	1.4	30	67	1.3 (17.7)
VHLP1-275	1 (0.3)	27.5 - 29.5	36.6	36.9	37.2	2.2	30	63	1.3 (17.7)
VHLP2-275	2 (0.6)	27.5 - 29.5	41.6	41.9	42.2	1.2	30	68	1.3 (17.7)
VHLP1-370	1 (0.3)	37.0 - 40.0	39.4	39.7	40	1.7	30	60	1.3 (17.7)
VHLP2-370	2 (0.6)	37.0 - 40.0	44.2	44.5	44.8	1	30	63	1.3 (17.7)



Andrew Corporation
10500 W. 153rd Street
Orland Park, IL 60462 USA
Telephone:
From North America: 1-800-255-1479
International: (708) 873-2307
Fax: (708) 349-5444

Fax-On-Demand
From North America: 1-800-861-1700
International: (708) 873-3814
Internet: <http://www.andrew.com>

All designs, specifications and availabilities of products and services presented in this bulletin are subject to change without notice.

Bulletin 10070B (5/97) Copyright 1997 Andrew Corporation, Orland Park, IL 60462 USA

Printed in USA

ANEXO III: Información RTN380A

Equipo RTN 380A



Modelo antena: VHLP1-80/A

VHLP1-80/A



0.3 m | 1 ft ValuLine® High Performance Low Profile Antenna, single-polarized, 71.000 – 86.000 GHz

Product Classification

Brand	ValuLine®
Product Type	Microwave antenna

General Specifications

Antenna Type	VHLP - ValuLine® High Performance Low Profile Antenna, single-polarized
Diameter, nominal	0.3 m 1 ft
Polarization	Single

Electrical Specifications

Beamwidth, Horizontal	0.9 °
Beamwidth, Vertical	0.9 °
Cross Polarization Discrimination (XPD)	25 dB
Electrical Compliance	ETSI 302 217 Class 3
Front-to-Back Ratio	61 dB
Gain, Low Band	43.0 dBi
Gain, Mid Band	43.5 dBi
Gain, Top Band	44.0 dBi
Operating Frequency Band	71.000 – 86.000 GHz
Radiation Pattern Envelope Reference (RPE)	7287A
Return Loss	14.0 dB
VSWR	1.50



Mechanical Specifications

Fine Azimuth Adjustment	±15°
Fine Elevation Adjustment	±15°
Mounting Pipe Diameter	50 mm–115 mm 2.0 in–4.5 in
Net Weight	6 kg 14 lb
Side Struts, Included	0
Side Struts, Optional	0
Wind Velocity Operational	200 km/h 124 mph

page 1 of 5
May 17, 2019

© 2019 CommScope, Inc. All rights reserved. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks, respectively, of CommScope. All specifications are subject to change without notice. See www.commscope.com for the most current information. Revised: December 19, 2018

COMMSCOPE®

VHLP1-80/A

Wind Velocity Survival Rating	250 km/h 155 mph
--------------------------------------	--------------------

Wind Forces At Wind Velocity Survival Rating

Axial Force (FA)	445 N 100 lbf
Side Force (FS)	200 N 45 lbf
Twisting Moment (MT)	144 N-m 106 ft lb
Weight with 1/2 in (12 mm) Radial Ice	13 kg 28 lb
Zcg with 1/2 in (12 mm) Radial Ice	54 mm 2 in
Zcg without Ice	28 mm 1 in

Ancho de banda (BW), Modulación y Capacidad

Channel Spacing (MHz)	Modulation Scheme	Native Ethernet Throughput (Mbit/s)
62.5	BPSK	44 to 54
	QPSK	89 to 110
	8PSK	134 to 165
	16QAM	179 to 221
	32QAM	225 to 278
	64QAM	270 to 334
	128QAM	316 to 389
	256QAM	362 to 446
	512QAM	380 to 468
125	BPSK	91 to 112
	QPSK	183 to 226
	8PSK	277 to 341
	16QAM	369 to 455
	32QAM	463 to 571
	64QAM	555 to 685
	128QAM	649 to 800
	256QAM	741 to 914
	512QAM	835 to 1029
250	BPSK	188 to 231
	QPSK	378 to 466
	8PSK	568 to 700
	16QAM	759 to 936
	32QAM	949 to 1170
	64QAM	1139 to 1405
	128QAM	1329 to 1639
	256QAM	1519 to 1874
	512QAM	1709 to 2108



Máxima potencia

Maximum Transmit Power

Maximum transmit power

Modulation Scheme	Maximum Transmit Power (dBm)					
	62.5 MHz	125 MHz	250 MHz	500 MHz	750 MHz	1000 MHz
BPSK	18					
QPSK	18					
8PSK	16					
16QAM	15					
32QAM	15			14		
64QAM	15			14		
128QAM	14			13		
256QAM	13					
512QAM	11					-