

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



DISEÑO DE ESTACIONES BASE NODO B CON ANTENAS INTELIGENTES

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

JOSE ALFREDO CASTRO FUENTES

**PROMOCIÓN
2003 - II**

**LIMA – PERÚ
2011**

DISEÑO DE ESTACIONES BASE NODO B CON ANTENAS INTELIGENTES

Dedicatoria

Dedico este trabajo a toda mi familia y en especial a mi Madre quien siempre me apoyo en las buenas y no tan buenas, a mi esposa por su paciencia y mi hija quien me dio el último empujón para terminar el trabajo. Por tanto, el presente lo dedico a ellos, con mucho cariño.

SUMARIO

El presente trabajo se inicia dando mención a las redes celulares de tercera generación, luego el estándar UMTS así como la tecnología que usa el WCDMA y finalmente la implementación de la red 3G, así como los requerimientos básicos para el diseño de una estación base celular, para un operador en la ciudad de Lima.

Luego mencionamos algunos de los problemas que se presentan para implementar la red UMTS y los requerimientos necesarios, como espacio en cuartos de equipos, medio de transmisión y otros. Todo esto se realizara manteniendo casi intacto los sistemas que existen, durante las etapas de implementación, puesta en servicio y optimización de la red UMTS, por lo tanto las soluciones que se darán, será en base a lo mencionado teniendo cuidado de cubrir los estándares de calidad y cobertura básicos para la operatividad del sistema UMTS. Parte de esta solución de estos problemas esta la propuesta del uso de las antenas inteligentes.

Finalmente veremos los costos de los equipos y los servicios requeridos que implicaron realizar este proyecto así como también los tiempos del desarrollo de la misma.

INDICE

| | |
|--|-----------|
| PROLOGO | 1 |
| CAPITULO I | |
| MARCO TEORICO | 2 |
| 1.1.- La Tercera Generación de la Telefonía Celular | 2 |
| 1.2.- UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) | 3 |
| 1.2.1.- Características | 5 |
| 1.2.2.- Servicios | 8 |
| 1.3.- Arquitectura de la red UMTS | 9 |
| 1.3.1.- Red Central (CN) | 10 |
| 1.3.2.- Red de acceso radio (RAN ó UTRAN) | 12 |
| 1.3.2. a.- Controladores de la red de radio (RNC: Radio Network Controller) | 13 |
| 1.3.2. b.- Nodo B | 13 |
| 1.3.3.- Terminalés móviles (UE) | 15 |
| 1.3.4.- Interfaces | 16 |
| 1.4.- Tecnología WCDMA (Wideband CDMA) | 17 |
| 1.4.1.- Principales características técnicas | 18 |
| 1.4.2.- Conceptos Básicos | 19 |
| 1.4.2. a.- Ensanchado y desensanchado | 19 |
| 1.4.2. b.- Efecto multicamino y el receptor RAKE | 20 |
| 1.4.2. c.- Control de potencia | 21 |
| 1.4.2. d.- Mecanismos de Handover | 22 |
| 1.5.- Relación entre UMTS y WCDMA | 23 |
| 1.6.- Elementos que conforman una estación base celular | 24 |
| 1.7.- Antenas Inteligentes | 26 |
| 1.7.1.- Principio de funcionamiento | 26 |
| 1.7.2.- Tipos de Alcances | 27 |
| 1.7.3.- Tipos de antenas Inteligentes | 27 |
| 1.7.3. a. Haz Conmutado | 27 |
| 1.7.3. b. Haz de Seguimiento | 28 |
| 1.7.3. c. Haz Adaptativo | 28 |

| | |
|--|-----------|
| 1.7.4.- Ventajas..... | 31 |
| 1.7.5.- Desventajas..... | 32 |
| CAPITULO II | |
| PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS EN EL DISEÑO DE ESTACIONES BASE NODO B CON ANTENAS INTELIGENTES..... | 33 |
| 2.1.- Problema 1..... | 33 |
| 2.2.- Problema 2..... | 34 |
| 2.3.- Problema 3..... | 34 |
| 2.4.- Problema 4..... | 35 |
| 2.5.- Problema 5..... | 35 |
| 2.6.- Problema 6..... | 36 |
| CAPITULO III | |
| SOLUCION DE PROBLEMAS EN EL DISEÑO DE ESTACIONES BASE NODO B CON ANTENAS INTELIGENTES..... | 37 |
| 3.1.- Solución 1..... | 37 |
| 3.1.1.- Optimizar el espacio con las siguientes posibles soluciones | 37 |
| 3.1.2.- Requerimiento de Energía Eléctrica..... | 41 |
| 3.1.3.- Requerimiento para la Transmisión | 45 |
| 3.1.4.- Requerimiento para el sistema radiante..... | 47 |
| 3.2.- Solución 2..... | 52 |
| 3.3.- Solución 3..... | 52 |
| 3.4.- Solución 4..... | 52 |
| 3.5.- Solución 5..... | 52 |
| 3.6.- Solución 6..... | 53 |
| 3.7.- Antenas Inteligentes con Aplicación a UMTS..... | 54 |
| 3.8.- Antena Inteligente de tipo adaptativo..... | 57 |
| 3.9.- Estructura básica de antena inteligente basada en el Nodo B..... | 60 |
| CAPITULO IV | |
| ANALISIS DE COSTOS DE LA IMPLEMENTACION DE LA RED UMTS..... | 66 |
| 4.1.- Costos por Equipos UMTS, Infraestructura y Materiales..... | 66 |
| 4.2.- Costos por Servicios de Implementación de la Red UMTS..... | 67 |
| 4.3.- Tiempo de Ejecución del Proyecto..... | 67 |
| 4.3.1.- Diagrama de Tiempos..... | 68 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 69 |
| ANEXO A | |
| GLOSARIO..... | 71 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 74 |

PROLOGO

En la actualidad existen diversas tecnologías en telefonía móvil y distintos operadores que trabajan con ellas. En este caso nos interesa un operador en particular el cual instala sus propias estaciones base, trabaja con las tecnologías GSM (Global System for Mobile Communications) así como CDMA (Code Division Multiple Access) y que usa un espectro de frecuencias, lo que lleva a una proliferación de antenas y a una serie de problemas.

Este trabajo se basa de la experiencia al trabajar en una empresa fabricante de equipos de comunicaciones y de participar en la implementación de la red UMTS en Lima para este operador, que se inicio a fines del año 2008 y hasta la fecha, se siguen haciendo ampliaciones de cobertura y trafico de la red en mención.

Aquí se explica los parámetros necesarios para implementar la red UMTS sobre otras ya existentes, tales como el CDMA 1X, CDMA 450, así como el GSM y los problemas internos que se generan en su implementación, como son la infraestructura, capacidad de energía, transmisión y disposición de antenas y los problemas externos como es el impacto de las radiaciones no ionizantes, el paisaje y el entorno urbano que ha provocado una oposición a la construcción de nuevas estaciones base celular por parte de la población y las autoridades municipales.

Todos estos inconvenientes han originado en el operador a buscar soluciones y es ahí donde empresa proveedora de equipos ha planteado algunas soluciones.

Una de estas soluciones que se da en medio de estos problemas es la propuesta del sistema de antenas inteligentes, que son la última innovación tecnológica que tiene el potencial para aumentar la funcionalidad de los sistemas de comunicaciones móviles.

CAPITULO I MARCO TEORICO

1.1.- La Tercera Generación de la Telefonía Celular

La Tercera Generación o 3G de las comunicaciones móviles es la representación de un conjunto de estándares diseñados con el objetivo de implantar unas redes totalmente nuevas que van a ofrecer una mayor capacidad para la transmisión de datos con movilidad respecto a los sistemas anteriores. La 3G involucra entonces la llegada de la banda ancha inalámbrica para las comunicaciones móviles. [1]

Haciendo un poco de historia, para 1985 la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) comenzó a desarrollar los aspectos para los sistemas móviles de tercera generación, trabajo que en aquella época se denominó Future Public Land Mobile Telecommunications Systems (FPLMTS), para actualmente llamarse Internacional Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000). [1]

Los objetivos que persigue la familia de estándares IMT-2000 son:

- Mayor eficiencia y capacidad que las generaciones anteriores.
- Nuevos servicios, como aplicaciones multimedia, conexión de PCs a través de redes móviles.
- Ancho de banda dinámico, es decir, se va a adaptar según las necesidades de cada aplicación.
- Mayor flexibilidad en cuanto a utilización de múltiples estándares, bandas de frecuencia y compatibilidad con estándares predecesores.
- Integración de las redes satelitales y de acceso fijo inalámbrico en las propias redes celulares.
- Mayor velocidad de acceso, en un principio hasta 384 kbps para comunicaciones móviles y de 2 Mbps para accesos fijos, con la meta de alcanzar en el futuro los 20 Mbps.

En 1998, la UIT recibió 15 propuestas emitidas por varios grupos para ser considerados como estándares 3G, es así como en mayo del 2000 se estableció finalmente la lista aceptada por la UIT, estándares 3G que quedaron englobados bajo las siglas IMT-2000 de la siguiente forma: [1]

- W-CDMA

- TD-CDMA (Time Division-CDMA) o TDD
- TD-SCDMA (Time Division-Synchronous CDMA)
- CDMA 2000
- UWC-136

W-CDMA forma parte de una especificación más amplia conocida como Universal Mobile Telecommunication System (UMTS), el cual fue apoyado por grupos de Japón y Europa. Se trata de un estándar compatible con el estándar GSM, pero un detalle a tomar en cuenta es que el sistema GSM no es compatible con WCDMA, es decir que W-CDMA es compatible hacia atrás con GSM. [1] CDMA-2000, apoyado por organizaciones de Estados Unidos y Corea del Sur fue creado pensando para que sea compatible hacia atrás con el estándar IS-95B (CDMA-One). Otro estándar, el UWC-136 se adoptó para garantizar compatibilidad hacia atrás con los sistemas IS-136.

Posteriormente el Universal Wireless Communications Consortium (UWCC) denominó al estándar como TDMA-EDGE e IS-136HS. Este estándar es compatible hacia atrás con IS-136 y GSM. Todos estos sistemas y estándares 3G poseen características propias como rango de frecuencias del espectro y tecnologías de multiplexación como las principales. [1]

Todo esto nos lleva a la necesidad de que la nueva tecnología, posea la versatilidad suficiente, para acoger un amplio espectro de servicios de muy diversa índole.

Los sistemas de tercera generación deberán proveer soporte para aplicaciones como:

- Voz en banda estrecha a servicios multimedia en tiempo real y banda ancha. [2]
- Apoyo para datos a alta velocidad para navegar por la World Wide Web, entregar información como noticias, tráfico y finanzas por técnicas de empuje y acceso remoto inalámbrico a Internet e intranets.
- Servicios unificados de mensajes como correo electrónico multimedia.
- Aplicaciones de comercio electrónico móvil, que incluye operaciones bancarias y compras móviles.
- Aplicaciones audio/video en tiempo real como videoteléfono, videoconferencia interactiva, audio y música, aplicaciones multimedia especializadas como telemedicina y supervisión remota de seguridad.

1.2. - UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)

El UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) equivale a la Tercera Generación de móviles. [3] Surgió ante la saturación de frecuencias originadas por el GSM dentro de Europa. Así en enero de 2000, el ETSI (European Telecommunications Standards) adoptó el UMTS como nuevo modelo para las futuras comunicaciones móviles.

El UMTS es la versión europea del IMT-2000, el estándar adoptado por la ITU (International Telecommunication Union), que pretende constituirse como el patrón tecnológico internacional de las telecomunicaciones.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) ha aprobado 5 sistemas como estándares oficiales de 3G, aunque los más utilizados son CMDA 2000 (acrónimo de Code Division Multiple Access 2000 y que es utilizado en América y algunos países de Asia), EDGE (que no es propiamente un protocolo 3G sino un adaptador de 2G para aquellas redes que se quedaron fuera de la subasta del espectro de Tercera Generación) y WCMDA. [3]

Concretamente, la tecnología digital utilizada por el UMTS es el WCMDA (Wide Code Multiple Division Access). Los datos son transmitidos en banda ancha y se dividen en paquetes antes de la transmisión, los cuales son reunidos por el terminal antes de presentar la información en la pantalla. Este sistema está basado en el protocolo americano de los teléfonos móviles de Segunda Generación (el CMDA) y no en el GSM.

Por el lado de GSM, [4] el ETSI-European Telecommunications Standards Institute y un grupo de organismos asociados decidieron, en el año de 1998, emprender un proyecto denominado 3GPP (Third Generation Partnership Project) que buscaba establecer los estándares para un sistema móvil de tercera generación que tuviera una red núcleo basada en la evolución de GSM y cuya red de acceso estuviera basada en todas las tecnologías de radio acceso (FDD y TDD).

El 3GPP empezó a denominar a los sistemas móviles de tercera generación como Servicio Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS Universal Mobile Telecommunications System). UMTS ha sido presentada como la culminación de la convergencia de Internet y las redes móviles, en ella, los usuarios tendrán la posibilidad de acceder a contenidos y servicios multimedia de banda ancha independientemente del lugar donde se encuentren.

En 1992, [3] la Conferencia Mundial de Radio (WRC-92) identificó las bandas de frecuencias de 1855-2025 Mhz y 2110-2200 Mhz para los futuros sistemas IMT-2000, destinando las bandas 1980-2010 Mhz y 2170-2200 Mhz para la comunicación vía satélite de estos sistemas.

En el marco del 3GPP, [4] el trabajo de especificación de UMTS fue dividido en varias fases hasta alcanzar el objetivo final: una red integrada de servicios multimedia independientes de la posición del usuario. En la primera fase, denominada Versión 1999 (Release 1999 o R99), se propone una evolución más o menos lógica desde las arquitecturas de segunda generación, en ese sentido podría decirse que la palabra que mejor define esta fase es evolución.

Sin embargo, en la segunda fase, denominada Versión 2000 (Release 2000-R00. Esta fase fue modificada posteriormente como Release 4), lo que se propone es una completa revolución: reemplazar la componente de conmutación de circuitos, que seguía vigente en la versión 99, por una red basada completamente en conmutación de paquetes denominada arquitectura UMTS Todo-IP (All-IP UMTS network architecture). En esta propuesta, el protocolo IP adquiere cada vez mayor importancia hasta convertirse en el protocolo para el transporte, tanto de la información del usuario (contenido multimedia), como de la información de control y de señalización, de ahí la denominación de una red «todo IP». [4]

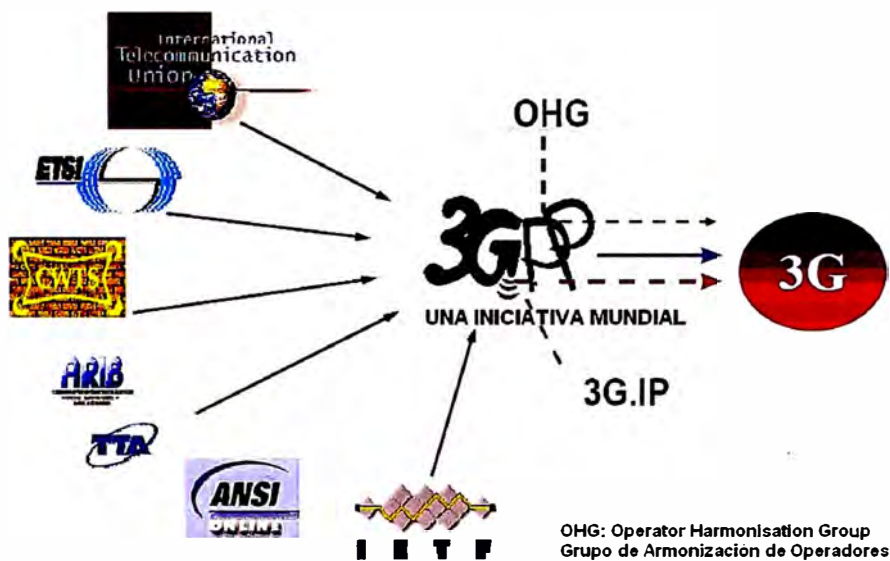


Fig. 1.1: Convergencia de Internet y las redes móviles
Fuente: NSN Flexi WCDMA PROGRAM

1.2.1.- Características

Mientras que el sistema actual GSM (Sistema Internacional para las Comunicaciones Móviles) y los terminales móviles están preparados para la transmisión rápida de datos de voz y texto, la red de Tercera Generación UMTS permite el trasvase de información multimedia a una velocidad de 2 Megabits por Segundo. [3]

Mientras que a la Segunda Generación transmitir 2 MB de video a través de la red GSM le cuesta media hora, con el sistema UMTS son necesarios tan sólo 8 segundos. Por tanto, permite estar conectado a la Red de forma permanente sin pagar más que cuando se utiliza el terminal para realizar una operación, igual que sucede con los móviles que utilizan GPRS, sólo que las descargas son mucho más rápidas.

Esta velocidad tan alta en la transmisión de datos permite a los ordenadores portátiles conectarse a Internet o descargar el correo electrónico a una velocidad un 50% más rápida que la que se obtiene con una conexión básica de ADSL en una oficina o en un domicilio con conexión por cable. [3]

Además, el UMTS es un canal de comunicación en el que todo es inédito, es decir, que utiliza nuevas frecuencias, nuevos proveedores, nuevas infraestructuras y nuevos terminales móviles. En definitiva, una completa revolución dentro del mundo de la telefonía. Básicamente, los servicios de Tercera Generación combinan el acceso móvil de alta velocidad con los servicios basados en el Protocolo Internet (IP). No obstante, esto no sólo conlleva una conexión rápida a Internet, sino también el realizar transacciones bancarias a través del teléfono, hacer compras y consultar todo tipo de información.

En cuanto a los móviles, además de servicios de voz, los dispositivos de 3G ofrecen transmisión de datos, video-llamadas, mensajes multimedia y acceso rápido a Internet.

Asimismo, aunque la Tercera Generación aún esta en sus albores, ya se han desarrollado nuevas aplicaciones como por ejemplo un programa diseñado para manejar un ordenador personal desde un terminal móvil. Con esta nueva herramienta sería posible retocar un texto o añadir a un archivo grabado en el disco duro del ordenador, una imagen captada con la propia cámara integrada en el móvil.

Además, UMTS integra las disposiciones de GSM, DECT, RDSI a Internet, de manera que además de incorporar nuevos servicios, aglutina los que ya existen. Por ejemplo, los contenidos WAP (ocio, entretenimiento, información bancaria, compras, anuncios, salud, etc.), se adaptan a la 3G que posibilita una mejora en el acceso y en la calidad de las imágenes. Conjuntamente a la reproducción y transmisión de videos a imágenes con una calidad superior a la Generación 2.5, los sistemas de localización que aúnan el GSM y el GPS van a encontrar una parcela más apropiada para su desarrollo.

En cuanto al ocio, ya no es necesario descargar los ficheros mp3 a un ordenador y de este al móvil, sino que se puede hacer directamente desde la PDA o el teléfono móvil y oírlos en cualquier momento y lugar, atendiendo siempre a las normas del copyright de las canciones.

Por otra parte, la voz se ofrece sobre redes fijas mediante el use de VOIP, es decir, que las llamadas telefónicas se realizan a través de Internet. Esto quiere decir que todas son consideradas como llamadas locales, lo que supone un menor coste.

La Tercera Generación dispone de un dispositivo muy útil para aquellas personas que viajan mucho al extranjero por motivos de trabajo. Se trata del VHE (Virtual Home Environment), que posibilita que el usuario siga disfrutando de los mismos servicios que le ofrece y que se le muestren en su terminal móvil exactamente igual, aunque cambie de país. En definitiva, de lo que se trata es de una mejora en el roaming. [3]

En la línea de ampliar el uso de los terminales móviles, la Tercera Generación posibilita la descarga de software para que se puedan utilizar los módulos necesarios de un determinado programa sin necesidad de instalarlo en el disco duro.

Este uso imita al que se realiza habitualmente desde el escritorio, cuando buscamos la Web de un determinado programa y lo descargamos en nuestro ordenador.

Los Intelligent Software Agents (Agentes Electrónicos), son unos programas que incorporan esta nueva tecnología y que posibilitan que el dispositivo móvil acate las órdenes del usuario de buscar servicios de información, enviar y recibir mensajes, traducir conversaciones y mensajes, acceder al ordenador fijo en el despacho, etc.

Ante este sistema, el mercado se dinamiza porque el aumento de tráfico en las redes es proporcional a los ingresos que se obtienen. De hecho, las propias operadoras de telefonía, pese a que el use de la 3G no esta excesivamente difundida, ya han recuperado la elevada inversión que les ha supuesto la compra de las licencias.

En la Unión Europea la situación para la implantación de la 3G es mucho mejor que en Estados Unidos puesto que el parque de terminales móviles es muy superior y además esta recibiendo un gran impulso, tanto por los distintos Gobiernos como por la Industria, que han visto cómo el éxito del GSM ha beneficiado a todos y pretenden que se repita la experiencia. [3].

Por ello, estas nuevas posibilidades requieren nuevos modelos de negocio en los que se reorganice la cadena de distribución y se centralice en los proveedores de contenidos, no sólo para aprovechar todas las posibilidades que brinda, sino para obtener mejores resultados en la tarea diaria de las empresas.

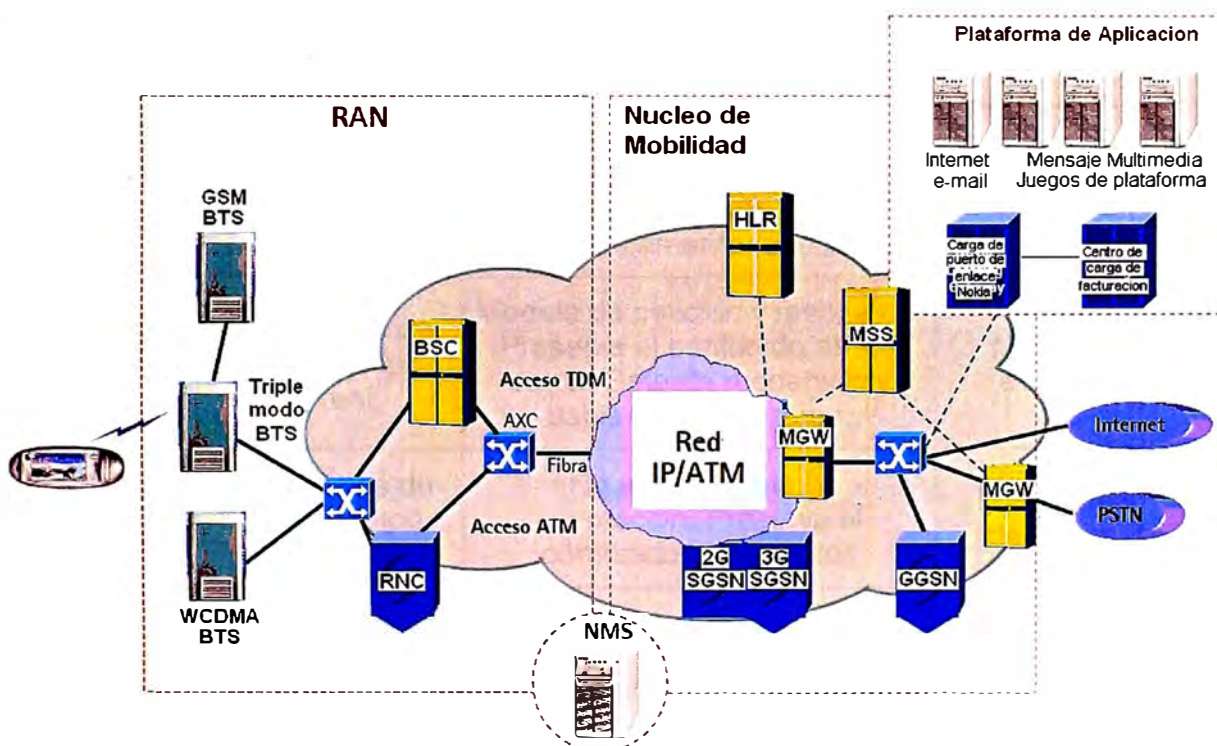


Fig. 1.2: Arquitectura del Release 4
Fuente: NSN Flexi WCDMA PROGRAM

1.2.2.- Servicios

UMTS proveerá servicios de voz y datos, [4] en eso coincide con la red GSM/GPRS, estos servicios serán provistos a diferentes tasas según el ámbito en el que se ofrezcan, en conexiones satelitales y servicios rurales en exteriores, la tasa será de 144 Kbps; en servicios urbanos en exteriores, la tasa será de 384 Kbps; mientras que en servicios de interiores o de exteriores de bajo rango de distancias se podrán alcanzar tasas de hasta 2 Mbps, en esto difiere con la red GSM/GPRS.

En UMTS se han definido cinco clases de servicios portadores con conmutación de circuitos: voz, datos transparentes para soporte de información multimedia, fax no transparente y datos no transparentes. [4]

Los servicios de datos serán provistos con diferente calidad de servicio (QoS-Quality of Service). Se han definido clases de calidad de servicio para acomodar cuatro tipos de tráfico. Estos tipos de tráfico, su naturaleza y características básicas se muestran en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Clases de servicio para los tipos de tráfico en UMTS
Fuente: Sistema y telemática [4]

| Clase de Servicio | Naturaleza | Características Básicas | Ejemplos |
|-----------------------|-----------------------------|---|---------------------------------------|
| Conversacional | Servicios de tiempo real | Preservar el límite del retardo y la variación de tiempo entre paquetes. El retardo es pequeño y constante. | Voz, videotelefono |
| Afluente (Streaming) | Servicios de tiempo real | Preserva la variación de tiempo entre paquetes. Retardo constante pero no necesariamente reducido. | Flujo de video o audio |
| Interactiva | Servicios de NO tiempo real | Modelo de petición y respuesta. Preserva el contenido de los datos. Retardo moderado y bajas tasa de errores. | Navegación en Internet |
| Diferida (Background) | Servicios de NO tiempo real | No es necesaria la interacción. Preserva el contenido de los datos | Correo electrónico, descarga de datos |

El UMTS permitirá a los abonados acceder a una gran variedad de servicios y de aplicaciones que se pueden agrupar en tres grandes categorías:

- Aplicaciones de conexión permanente
- Aplicaciones de media y
- Aplicaciones de comercio móvil

1.3.- Arquitectura de la red UMTS

El sistema UMTS se compone de 3 grandes bloques: [5]

- Red central o núcleo de red (Core Network, CN)
- Red de acceso de radio (RAN -Radio Access Network- ó UTRAN)
- Terminales móviles (User Equipment, UE)

En la siguiente figura se observa claramente como están interconectados los tres bloques antes mencionados:

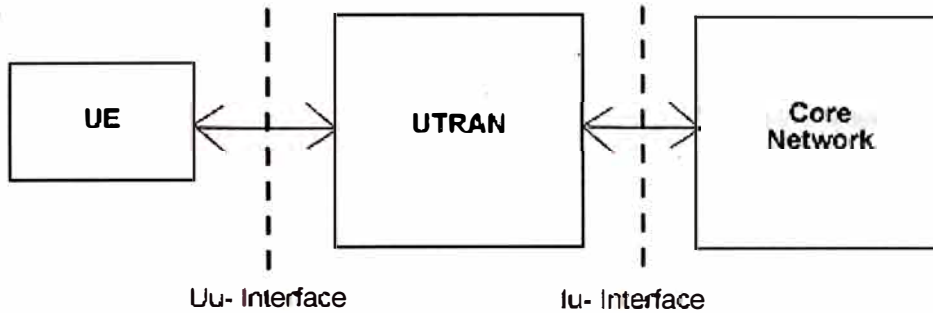


Fig. 1.3: Arquitectura de UMTS en un nivel general
Fuente: Descripción General de UMTS.

La siguiente figura da un mejor detalle en la descripción de la arquitectura UMTS.

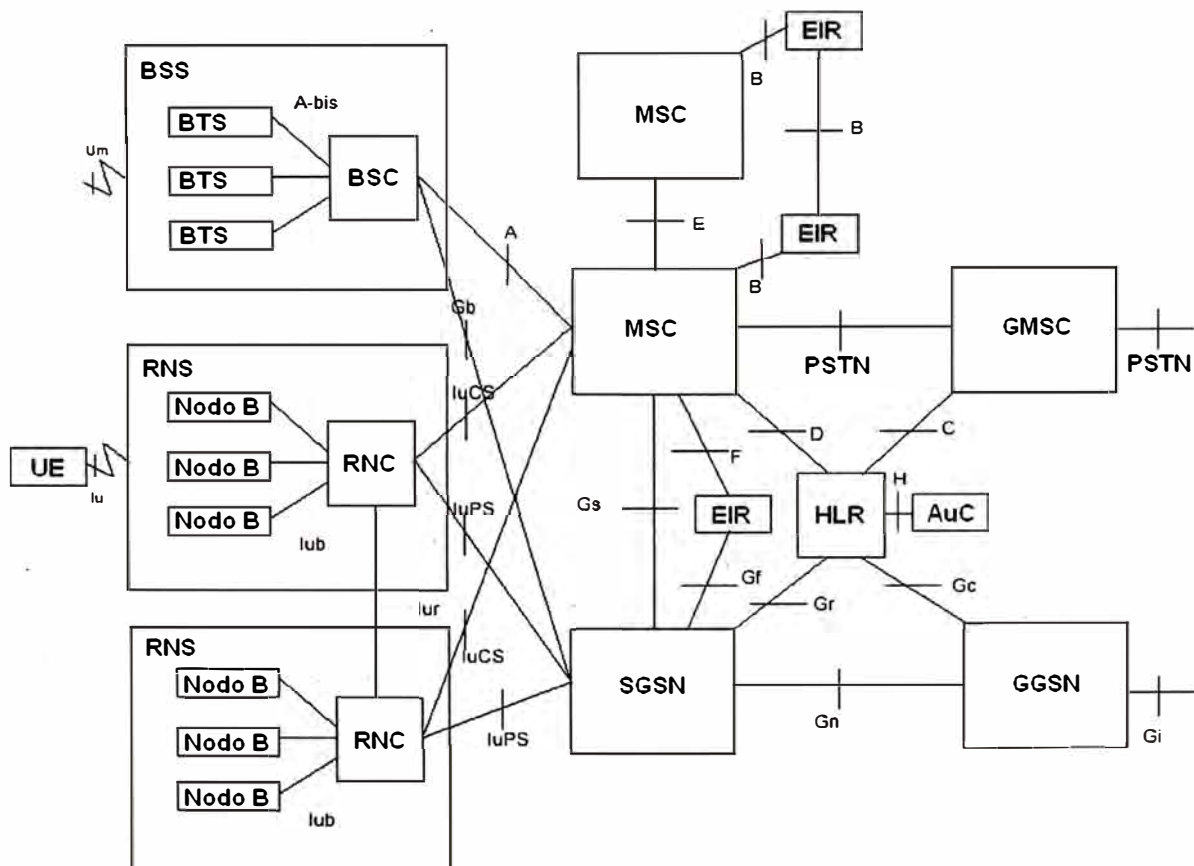


Fig. 1.4: Arquitectura de UMTS
Fuente: Descripción General de UMTS

UMTS aparece para integrar todos los servicios ofrecidos por las distintas tecnologías y redes actuales, incluyendo Internet. En la figura 1.4 se incluye también la entidad de acceso a la red GSM (el BSS) para clarificar la relación de estas dos tecnologías. [5]

1.3.1.- Red Central (CN)

También llamada Core Network. Se encuentra formada por varios elementos como el MSC (pieza central en una red basada en conmutación en circuito) y el SGSN (pieza central en una red basada en conmutación de paquetes).

Realiza labores de transporte de información, tanto para tráfico como de señalización y contiene la inteligencia del sistema. A través de esta UMTS se conecta a otras redes de comunicaciones. Elementos: HLR, VLR, AuC, EIR y centros de SMS. [5]

A continuación se describen algunos de los elementos que conforman su arquitectura:

MSC (Mobile Switching Center)

El MSC es la pieza central en una red basada en conmutación en circuito. El mismo MSC es usado por el sistema GSM como por UMTS, es decir la BSS de GSM y el RNS de UTRAN se pueden conectar con el mismo MSC. Varios BSSs pueden ser conectados a un MSC. [5] La función de un MSC incluye lo siguiente:

- Voceo o Paging
- Coordinación de llamadas
- Función de trabajo con otros tipos de redes
- Control del Handover
- Intercambio de señales entre diferentes interfaces
- Asignación de frecuencia

HLR (Home Location Register)

El Home Location Register contiene los datos permanentes de registro de suscriptor. La información del suscriptor entra en un HLR cuando el usuario hace una suscripción. Hay 2 tipos de información en un HLR, el registro de entrada permanente y temporal.

Los datos permanentes incluyen: [5]

- Identidad internacional de suscriptor (IMSI), el cual identifica al suscriptor.
- Posibles restricciones de Roaming
- Clave de autenticación
- Parámetros de servicios suplementarios

Los datos temporales incluyen:

- Identidad local de la estación móvil (LMSI)
- Número de MSC
- Número de VLR

VLR (Visitor Location Register)

El VLR contiene información acerca del roaming de ésta área del MSC. Un VLR contiene información de todos los suscriptores activos en esta área, aún de quien esa red sea su red local.

El VLR contiene mucha de la misma información que el HLR, la diferencia es que la información en el VLR está allí temporalmente, mientras que el HLR es un lugar que contiene información permanente. [2]

Un VLR contiene la siguiente información del usuario:

- Identidad internacional de suscriptor (IMSI)
- Número ISDN de la estación móvil internacional (MSISDN)
- Identidad temporal de la estación móvil (TMSI)
- Identidad local de la estación móvil (LMSI)
- Lugar del área donde la estación móvil ha sido registrada.

EIR (Equipment Identity Register)

El EIR almacena la identidad internacional del equipo móvil (IMEIs), [2] usado en el sistema.

Un EIR puede contener tres listas separadas:

- lista blanca: Los IMEIs del equipo que está en buen orden
- lista negra: Los IMEIs de algún equipo reportado perdido.
- Lista gris: Los IMEIs del equipo sabido que contiene problemas(tal como software defectuoso)

AuC (Authentication Center)

El centro de autenticación se asocia con un HLR. El AuC almacena la clave de autenticación del suscriptor (ki), así como su correspondiente IMSI (International Mobil Subscriber Identity). Estos son datos permanentes que entran en el momento de la suscripción. [2]

SGSN (Serving GPRS Support Node)

El SGSN se conecta con UTRAN mediante la interfaz lu-PS y con el GSM-BSS mediante la interfaz GB. [2]

En éste se realiza lo que es la conmutación de paquetes, lo cual resulta de utilidad cuando se requiere una conexión a Internet.

Gateway MSC (GMSC)

GMSC es un MSC que está localizado entre la PSTN y los otros MSCs en la red. Su función es rutear llamadas entrantes al apropiado MSC.

Las interfases en el sistema UMTS siguen la convención GSM/GPRS. UTRAN contiene algunas nuevas interfaces, y por lo tanto algunos nuevos nombres.

1.3.2.- Red de acceso radio (RAN ó UTRAN)

UMTS en su red de acceso de radio terrestre UTRAN utiliza el esquema de CDMA de espectro extendido en cada uno de los canales de frecuencia en su modo FDD. Para el caso del modo TDD utiliza una combinación entre CDMA, FDMA y TDMA porque cada radio FRAME es dividido en 15 ranuras de tiempo. [5]

El equivalente a la BTS de GSM se denomina Nodo B y el equivalente a la BSC se denomina RNC. Las radio bases (Nodo B) de UMTS podrán ser colocadas con las existentes radio bases de GSM.

El RNC y el Nodo B en la red UMTS tienen funciones equivalentes a la función de la BSC y la BTS en las redes GSM/GPRS. Resulta entonces posible compartir la infraestructura civil (torres y demás) entre ambas arquitecturas, solo que en el caso de UMTS, para lograr la cobertura planeada se deben adicionar nuevos emplazamientos, igualmente, la red núcleo se puede compartir, según la versión de GSM que tenga el operador. De este modo, UMTS extiende las redes GSM/GPRS existentes, protegiendo la inversión de los operadores.

Los dos sistemas que abarca UMTS, los llamados modos FDD y TDD. Se distinguen por la forma de conseguir la transmisión dúplex: mientras en FDD se emplean distintas portadoras para el enlace ascendente y el descendente, en TDD se emplea una única portadora para todos los usuarios y ambos enlaces, pero dividiéndolas en slots temporales para ambos enlaces.

UMTS está diseñado para soportar tanto modo FDD (Frequency Division Duplexing) como TDD (Time Division Duplexing). [5]

El modo TDD puede sólo ser usado para pequeñas distancias, pero esto permite más altas velocidades de transmisión y serviría tal como para comunicaciones de Internet. [5]

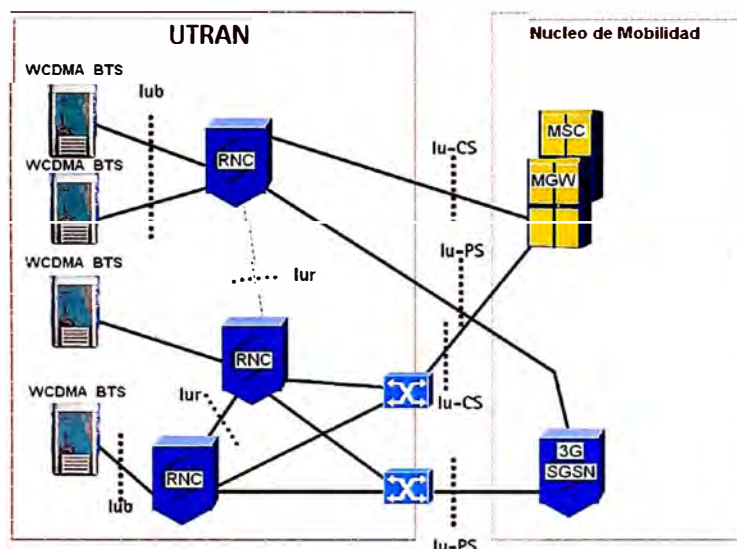


Fig. 1.5: Arquitectura UMTS-Bloques funcionales
Fuente: Flexi EDGE Boot Camp 09/20/2007

1.3.2. a. - Controladores de la red de radio (RNC: Radio Network Controller)

Este componente realiza funciones que son equivalentes a las efectuadas por el controlador de estaciones base (BSC) en redes GSM/GPRS. El controlador de la red de radio (RNC: Radio Network Controller) provee control centralizado de los nodos B en su área de cobertura, maneja los intercambios de los protocolos en las diferentes interfaces de la UTRAN (lu, lur y lub) y se encarga de la multiplexación de la información proveniente de los dominios de paquetes y de circuitos desde las interfaces lu-PS y lu-CS para que pueda ser transmitida sobre las interfaces lu, lub y Uu hacia/desde el equipo de usuario (UE). El controlador de la red de radio se encarga entonces del manejo de los recursos de radio, utiliza la interfaz lur para permitir la comunicación con otros RNCs. Esta interfaz no tiene equivalencia en redes GSM/GPRS en donde el manejo de los recursos de radio se realiza en la red núcleo. En resumen las funciones ejecutadas por el RNC son: [5]

- Manejo de los recursos de transporte de la interfaz lu.
- Control de los recursos lógicos O&M del Nodo B.
- Manejo de la información del sistema y de los horarios de la información del sistema.
- Manejo de tráfico en los canales comunes.
- Combinación en la Macro diversidad y división de las tramas de datos transferidas sobre muchos Nodos B.
- Modificación del grupo activo de células lo que se traduce en un Soft Handover.
- Asignación de códigos de canalización en el enlace de bajada.
- Control de potencia de lazo abierto para el enlace de subida.
- Control de potencia para el enlace de bajada.
- Control de admisión.
- Manejo de los reportes.
- Manejo del tráfico en los canales compartidos.

1.3.2. b.- Nodo B

Este componente es la unidad de transmisión/recepción que permite la comunicación entre las radio celdas, se encuentra físicamente localizado en el sitio donde existe una BTS GSM para reducir los costos de implementación. [4]

Se conecta con el equipo del usuario (UE) a través de la interfaz de radio Uu utilizando WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) y soportando los modos FDD y TDD simultáneamente. [4]

La interfaz lub provee la conexión entre el nodo B y el RNC usando ATM, en ese sentido, el nodo B es un punto de terminación ATM.

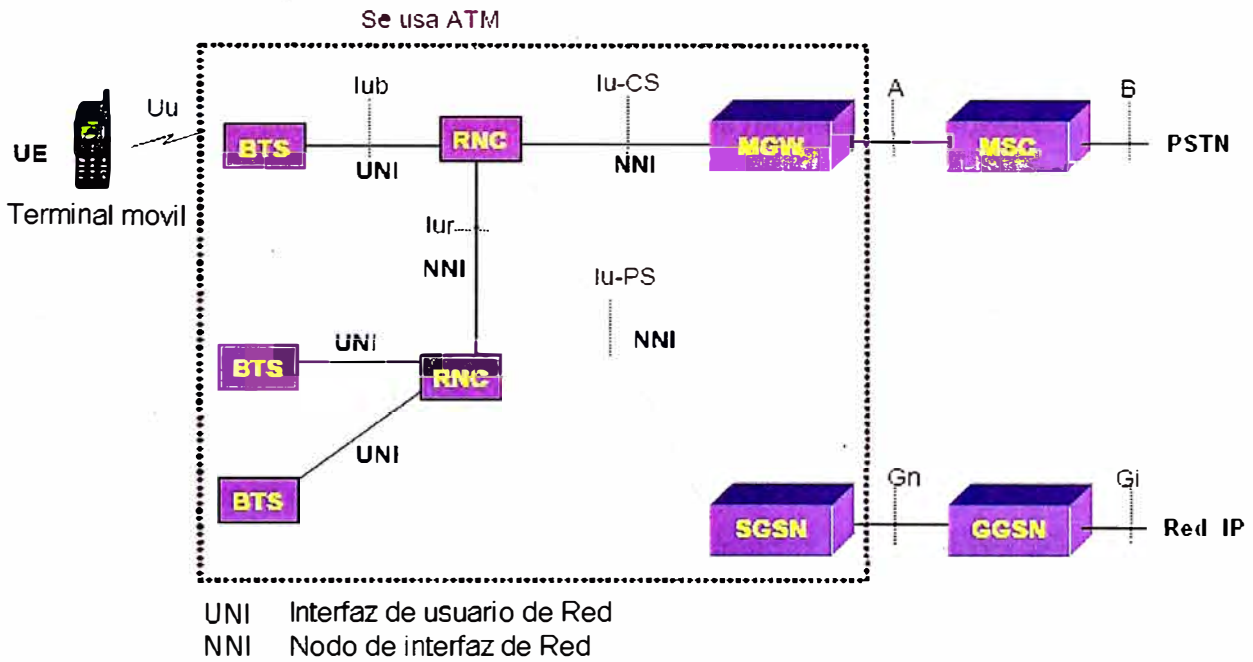


Fig. 1.6: Arquitectura UMTS-Bloques funcionales
Fuente: Fuente: Flexi EDGE Boot Camp 09/20/2007

La principal función del Nodo B es la conversión de unidades de datos en la interfaz de radio Uu. Esta función incluye la corrección de errores y la adaptación a la tasa de datos en la interfaz de radio, el monitoreo de la calidad, la potencia de la conexión y el cálculo de la tasa de errores. [4]

El nodo B es el equivalente en UMTS del BTS de GSM (Base Transceiver Station). El Nodo B puede dar servicio a una o más células, sin embargo las especificaciones hablan de una sola célula por Nodo B.

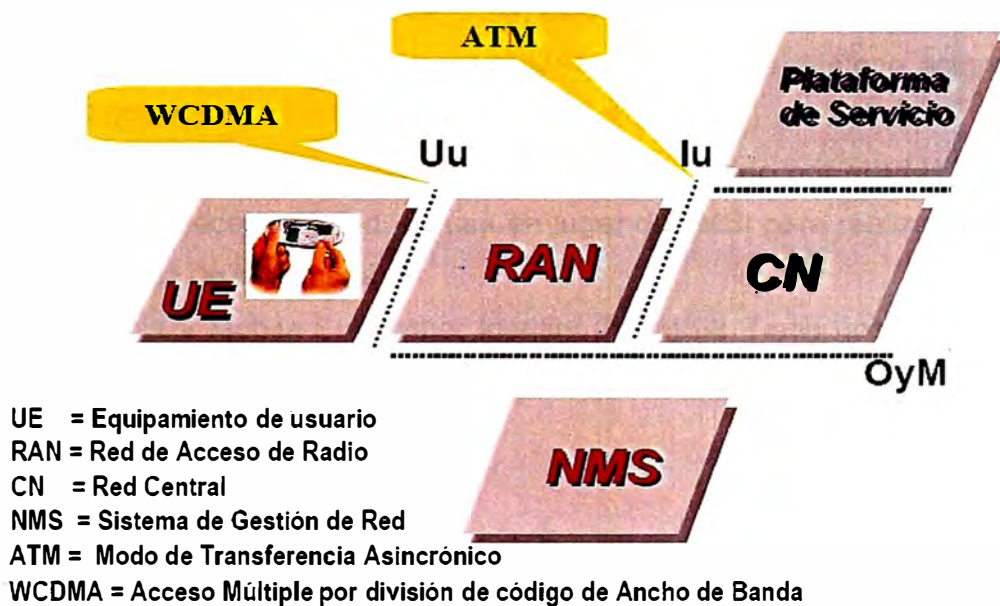


Fig. 1.7: Sub-sistemas de UMTS
Fuente: Flexi EDGE Boot Camp 09/20/2007

Dentro de las funciones realizadas por el Nodo B están: [6]

- Implementación lógica del O&M.
- Mapeo de los recursos lógicos del Nodo B en los recursos de hardware.
- Transmisión de los mensajes de información del sistema de acuerdo con el horario determinado por el RNC.
- Combinación para la Macro diversidad y división de las tramas de datos internas al Nodo B.
- En el modo FDD, el control de potencia de lazo cerrado en el enlace de subida.
- Reportar las mediciones de la interferencia en el enlace de subida y la información de la potencia en el enlace de bajada.

En el Nodo B se encuentra la capa física de la interfaz aérea, es por ella que además de las funciones que debe ejecutar por su naturaleza, debe realizar las funciones propias de la capa 1. [6]

1.3.3.-Terminales móviles (UE)

Este elemento se compone del terminal móvil y la Tarjeta Universal de Circuito Integrado (UICC) en la que se ejecuta la aplicación USIM (Universal Subscriber Identity Module) para telefonía UMTS, es equivalente a la tarjeta SIM del teléfono móvil GSM, en esta tarjeta se almacena información específica de la red la misma que es usada para autenticar e identificar a los suscriptores en ella. El estándar UMTS no restringe la funcionalidad del UE en ningún lugar, interactúa con el interfaz de aire que es parte del nodo B. El UE tiene diferentes tipos de identificadores que se almacenan en su mayor parte en el USIM. Muchos de estos identificadores para UMTS fueron tomados directamente de las especificaciones de GSM, estos son: [1]

- International Mobile Subscriber Identity (IMSI): Número de teléfono asignado por el operador al usuario.
- Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI): Es asignado por el VLR luego de que un móvil se establece en la red, se usa en lugar del IMSI para realizar ciertas tareas de administración de la llamada.
- Packet Temporary Mobile Subscriber Identity (P-TMSI): Tiene una función similar al TMSI pero para datos.
- Temporary Logical Link Identity (TLLI)
- Mobile Station ISDN (MSISDN)
- International Mobile Equipment Identity (IMEI): Es el número de serie que se asigna a la estación móvil al momento de fabricación.
- International Mobile Equipment Identity and Software Number (IMEISN)

1.3.4.- Interfaces

Desde el punto de vista de las especificaciones, hay tres tipos de interfaces en la red UMTS/ GSM. [5]

La primera categoría contiene las interfaces que son verdaderamente abiertas. Esto significa que ellas son especificadas, y la especificación hace que se pueda adquirir equipos de diferentes fabricantes. En la vieja red GSM, sólo la interfaz A y la interfaz aérea son verdaderamente abiertas.

La segunda categoría incluye las interfaces que son especificadas en algunos niveles, pero la interfaz tiene silenciosamente propietario. El equipo para el cual la interfaz podría venir del mismo fabricante. Un buen ejemplo de ello es la interfaz A-bis.

La tercera categoría contiene las interfaces para las cuales no hay especificación. Un ejemplo de ellos es la interfaz A e I en la red GSM.

A continuación se describirán las interfaces que hay en este sistema: [5]

Interfaz Iu

Esta interfaz conecta a la red central con la red de acceso de radio de UMTS (URAN). Cabe mencionar que URAN es un concepto genérico y puede tener muchas implementaciones físicas. La primera a ser implementada es la UTRAN, la cual utiliza a la tecnología de WCDMA como interfaz aérea. Es la interfaz central y la más importante para el concepto de 3GPP. La interfaz Iu puede tener dos diferentes instancias físicas para conectar a dos diferentes elementos de la red central, todo dependiendo si se trata de una red basada en conmutación de circuitos o basada en conmutación de paquetes.

En el primer caso, es la interfaz Iu-CS la que sirve de enlace entre UTRAN y el MSC, y es la interfaz Iu-PS la encargada de conectar a la red de acceso de radio con el SGSN de la red central. Dentro de las funciones de esta interfaz, también se encuentra el servir como enlace en BRAN (Broadband Radio Access Network). BRAN es otra implementación física al concepto genérico de URAN el cual conecta a la red central con la red de acceso de radio HIPERLAN21.

La figura 1.4 se muestra la conexión de URAN con la red central, así como los elementos que intervienen. El UMTS Satellite Radio Access Network (USRAN) conecta una red satelital al Core Network, pero esto se tiene pensado implementar en el futuro.

Interfaz Iub

Esta interfaz está situada entre el RNC y el nodo B en el UTRAN. En términos de GSM ésta corresponde a la interfaz A-bis, la cual está entre el BTS y el BSC. [5]

Interfaz Iur

La interfaz Iur conecta dos RNC. Ésta interfaz puede soportar el intercambio de información y datos de usuarios. [5]

Interfaz Uu

Esta interfaz Uu se encuentra entre el equipo de usuario y la red UTRAN. Esta interfaz para acceder al medio, utiliza la tecnología WCDMA. [5]

Interfaz map

Las interfaces que hay entre algunos elementos del Core Network son llamadas interfaces MAP, ya que ellas generalmente usan el protocolo Mobile Application Part (MAP) como protocolo de señalización. [5]

La introducción de GPRS en GSM trajo nuevas interfaces, las cuales fueron nombradas usando la letra G con un pequeña letra. A continuación se muestra una lista del significado de las diferentes interfaces "Gx". [5]

Gf = "fraud" interface

Gi = "Internet" interface

Gp = "PLMN" interface

Gc = "context" interface

Gn = "node" interface

Gb = "base" interface

El resumen de estas interfaces se muestra en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2: Interfaces UMTS
Fuente: Sistema y telemática [4]

| Interfaz | | Situada entre |
|----------|-------|---|
| Uu | | Equipo de Usuario (UE) Y nodo B |
| Iu | Iu-CS | Interface para Conmutacion de Circuitos (RNC-MSC/VLR) |
| | Iu-PS | Interface para Conmutacion de Paquetes (RNC-SGSN) |
| Iub | | RNC a Nodo B |
| Iur | | RNC a RNC (No tiene equivalencia en GSM) |

1.4.- Tecnología WCDMA (Wideband CDMA)

W-CDMA (Wideband-Code Division Multiple Access) es el acrónimo de Acceso Múltiple de Banda Ancha por División de Código, y es el método de acceso empleado en la tercera generación.

El concepto de WCDMA [4] se desarrolló a partir de las propuestas de algunas compañías de telecomunicaciones como Fujitsu, NEC y Panasonic, además de los trabajos realizados en el proyecto FRAMES/FMA2.

El nivel físico adoptado para en enlace ascendente fue prácticamente idéntico al propuesto en FRAMES, mientras que para el enlace descendente se utilizaron otras propuestas de las compañías de telecomunicaciones.

WCDMA [8] se define como un sistema de banda ancha mediante acceso múltiple por división de código mediante secuencia directa. Es decir, una señal de banda estrecha, se multiplica en el emisor por una secuencia pseudo - aleatoria de banda ancha, con lo que resulta una señal de banda ancha. Si esta señal se multiplica en el receptor por la misma secuencia se recupera la señal original, pero si se hace por otra secuencia se produce solamente un ruido aleatorio. La limitación del sistema viene dado por la interferencia, es decir, cuando la suma de las interferencias provocadas por las demás señales no dejan recuperar la original

W-CDMA es la tecnología móvil inalámbrica destinada a sustituir a GSM y su método de acceso TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo). Con ello se pretende aumentar las tasas de transmisión de datos y ofrecer velocidades mucho más altas en dispositivos portátiles, como teléfonos móviles aunque no es exclusivo de ellos, que las obtenidas hasta el momento.

1.4.1.- Principales características técnicas

En el sistema UMTS se emplea WCDMA. Veamos sus principales características.

- WCDMA es un sistema de acceso múltiple por división de código de secuencia directa (DS-SS-SSA). La señal de información es ensanchada con una secuencia pseudoaleatoria formada por bits (a los que llamaremos chips) con una tasa de 3.84 Mcps.
- El ancho de banda por portadora se aproxima a los 5 MHz.
- Las tasas binarias que soporta son muy variables. Cada usuario hace uso de una trama de 10 ms, en la que la tasa binaria permanece constante. El sistema debe de tener un sistema de control de la capacidad que está siendo utilizada, con el fin de maximizar el *throughput* de la red.
- No necesita que sus estaciones base estén sincronizadas. El sistema IS-95 (2ª G), necesitaba de una señal GPS para sincronizar sus estaciones base lo que dificultaba el uso de micro y picoceldas.
- Emplea detección coherente tanto en el uplink como en el downlink, basada en el uso de símbolos piloto o piloto común.
- Está preparado para el uso de métodos que favorezcan la recepción como detección multiusuario o el uso de antenas adaptativas inteligentes (los receptores Rake son un ejemplo). Esto permite mejorar el funcionamiento del sistema en cuanto a capacidad y/o cobertura.

- Tiene dos modos básicos de operación: FDD y TDD.
- El interfaz está preparado para funcionar en conjunción con redes GSM.
- Integración en la capa física de diferentes velocidades de transmisión con una sola portadora.
- Factor de reuso de frecuencias igual a la unidad.

La gran flexibilidad de la capa física de WCDMA hizo que esta propuesta de acceso radio recibiera un gran apoyo por parte de todos los comités técnicos.

1.4.2.- Conceptos Básicos

1.4.2. a.- Ensanchado y desensanchado

Se conocen como sistemas de espectro ensanchado SS (Spread Spectrum) [9] aquellos en los que el ancho de banda de las señales transmitidas es mucho mayor que el mismo necesario para transportar la información. En este proceso de ensanchamiento interviene una secuencia denominada código, secuencia de ensanchamiento o firma, que es independiente de la señal de información. Para recuperar esta última en el receptor es necesario conocer la secuencia código utilizada. El interés de los sistemas de espectro ensanchado reside en que a cambio de esa mayor ocupación espectral se consiguen importantes ventajas respecto a los sistemas convencionales.

El acceso CDMA se basa en la utilización de técnicas de SS. Las señales se transmiten simultáneamente en la misma frecuencia portadora, y pueden separarse en el receptor gracias a las propiedades derivadas del ensanchamiento espectral. Las ventajas del acceso CDMA en sistemas móviles celulares respecto a las técnicas clásicas FDMA o TDMA se derivan de la mejor adaptación de las señales de espectro ensanchado a este tipo de entornos.

Existen varios tipos de técnicas de espectro ensanchado, que dan lugar a otras variantes de CDMA:

- Técnicas de saltos de frecuencia FH (Frequency Hopping) en las que la frecuencia de la portadora cambia con el tiempo según un patrón establecido.
- Técnicas de saltos de tiempo TH (Time Hopping) en las que se varía el intervalo de transmisión dentro de una estructura de trama temporal.
- Técnicas de secuencia directa DS (Direct Sequence) basadas en la multiplicación de la secuencia de bits original por una secuencia digital (chips) de velocidad mucho mayor.
- Técnicas multiportadora MC (Multicarrier) en las que a partir de cada símbolo se genera un conjunto de chips, cada uno de los cuales modula una subportadora de frecuencia diferente.

La modalidad de secuencia directa es la más utilizada en sistemas de comunicaciones móviles CDMA, y constituye la base de los métodos de acceso WCDMA.

Ventajas de las técnicas de espectro ensanchado.

Mediante las técnicas de espectro ensanchado se ocupa un ancho de banda mucho mayor que el estrictamente necesario, lo cual, en principio, no es deseable, dada la escasez del espectro radioeléctrico. El interés de los sistemas de espectro ensanchado reside en que a cambio de esa mayor ocupación espectral se logra una serie de ventajas respecto a los sistemas convencionales.

1.4.2. b.- Efecto multicamino y el receptor RAKE

La propagación radio en sistemas móviles terrestres está caracterizada por la existencia de múltiples reflexiones, difracciones y atenuación de la energía de la señal. [9]

Todos estos efectos son causados por obstáculos naturales y edificios, produciendo la denominada propagación multicamino o multitrayecto. La propagación multicamino produce dos efectos importantes sobre las señales:

- La señal llegará al receptor con retardos temporales distintos, dependiendo del trayecto que siga.
- Dado un cierto retardo temporal, hay varios trayectos, muy similares en distancia, que puede recorrer la señal, produciendo un cambio de fase sobre la misma. Esto se traduce en una posible suma destructiva de las componentes multicamino.

En un canal multicamino, como lo es el canal móvil, la señal transmitida incide en numerosos obstáculos, los cuales producen alteraciones a la señal original, de modo que el receptor recibe varias copias de la señal original con distintos retardos y niveles medios de potencia. Si estas señales llegan separadas al menos la duración de un chip del código el receptor puede distinguirlos. En este momento, desde el punto de vista multicamino, estas señales retardadas pueden ser consideradas como interferencia y por tanto suprimidas en el proceso de 'desensanchado'. Sin embargo se puede conseguir un beneficio aún mayor si en vez de descartar estas copias se las combina utilizando el receptor RAKE, ya que la forma de onda de W-CDMA facilita la utilización de la diversidad multicamino.

El receptor RAKE consiste en un banco de correladores, cada uno de los cuales recibe una señal multicamino. Después de 'desensanchar' la señal con los correladores, ésta es combinada usando, por ejemplo, un combinador de máximo ratio.

La mejora se obtiene debido a que el "*fading*" o desvanecimiento sufrido por cada una de las señales multicamino es independiente del resto, ya que han seguido distinto camino desde el transmisor y el receptor. La siguiente figura ilustra el principio del receptor RAKE.

Después de ensancharse y modularse la señal transmitida pasa a través de un canal multicamino, el cual se puede modelar como una etapa de retardo y un atenuador, independientes para cada uno de los caminos que siga la señal. El receptor RAKE tiene una rama, también llamada "*finger*" para cada uno de esos caminos. En cada rama, la señal recibida es correlada por un código ensanchador, el cual está alineado en el tiempo con el retardo de la señal multicamino. Después de desensanchar las señales, éstas son amplificadas y combinadas.

Debido al movimiento del móvil, el "*scattering*" del entorno varía y con él los retardos y atenuaciones del canal. Por ello es necesario medir los parámetros del canal y modificar las ramas del receptor RAKE si los cambios son significativos.

Cambios de pequeña escala (menores que un chip de duración) son tomados en cuenta por un bucle de seguimiento de código, el cual sigue el retardo de cada una de las señales multicamino. [9]

1.4.2. c.- Control de potencia

Para evitar que ningún terminal móvil, pueda dejar fuera de servicio a una celda debido a su proximidad a la estación base, se utiliza lo que conocemos por control de potencia. La misión principal de este proceso es conseguir que las señales recibidas en la estación base, procedentes de cada móvil, tengan aproximadamente el mismo nivel. [9]

Frente al control de potencia en lazo abierto utilizado por sistemas como el IS-95, WCDMA utiliza un control de potencia en lazo cerrado de alta velocidad. El método utilizado consiste en:

- Para cada móvil, la estación base obtiene la S/I en recepción.
- Compara este valor con una S/I modelo, que llamaremos S/I_{target}
- Si el valor recibido es menor que el esperado, le indica al terminal móvil que tiene que aumentar su potencia. En caso contrario, le indica al móvil que reduzca su potencia de transmisión.

Este proceso se ejecuta con una frecuencia de 1.5 KHz. El funcionamiento del control de potencia en lazo abierto consiste en la estimación de las pérdidas de propagación en el canal, por parte del terminal móvil. En función de esta estimación el terminal emite con mayor o menor potencia. El principal problema de este método es que al estar tan separados en la frecuencia el UL y el DL, la correlación es casi nula.

Este hecho nos impide suponer que las pérdidas en el downlink (que son las que mide el móvil), serán las mismas que las del uplink (que son las que se deben corregir con el control de potencia). Aun así, el control de potencia en lazo abierto se utiliza en WCDMA en el inicio de las conexiones, para obtener una estimación inicial, pasando en ese momento a utilizar el control de potencia en lazo cerrado.

Existe otro control de potencia en WCDMA, que es el llamado control de potencia en lazo externo. Este control se realiza entre la RNC y la estación base.

Su misión es la de obtener la S/I_{target} , en función de parámetros de calidad que suelen ser FER (Frame Error Rate) o BER (Bit Error Rate). [9]

1.4.2.d.- Mecanismos de Handover

UMTS - UTRA está destinado a usuarios móviles, que pueden desplazarse mientras están transmitiendo y recibiendo información. Dado que es un sistema celular, en multitud de ocasiones el abonado que está haciendo uso de la red cambiará de localización y por tanto, de célula. Estos cambios de célula se denominan traspaso o Handover. [9]

Durante un handover, los enlaces radio y las conexiones han de ser cambiados desde la célula o sector actual hasta la célula o sector destino. Se han de liberar todos los recursos empleados en la célula antigua y han de reservarse los mismos en la célula destino, de forma que no se interrumpan las posibles comunicaciones activas por parte del abonado. La utilización de técnicas de espectro ensanchado tiene dos peculiaridades. En primer lugar, hace que todas las células empleen todas las frecuencias disponibles, por lo que un usuario puede estar monitorizando una célula adyacente mientras se comunica a través de otra célula. En segundo lugar, el área de cobertura de las células es variable y está delimitada por la interferencia y por el número de usuarios. Este efecto, el cell-Breathing o respiración celular, puede provocar el cambio de célula incluso si el usuario no se desplaza. Este caso se da cuando un usuario que se encuentra cerca del límite de cobertura de la célula accede a la Red en situaciones de baja carga de tráfico. Si el número de usuarios de la célula aumenta o se incrementan los requerimientos de tráfico de los abonados, la célula disminuirá su tamaño. El efecto es el mismo que si el abonado se fuese alejando de la estación base, llegando a ser necesario un *handover* o cambio de célula.

UMTS permite realizar cambios entre células que empleen el mismo método de acceso, entre células que usen UTRA-TDD y UTRA-FDD e incluso entre células GSM y células UMTS. En este último caso, si el destino es una célula GSM, no es posible mantener la totalidad de los servicios, siendo conservados los que pueda satisfacer la red GSM. Existen tres tipos distintos de Handover en UTRA son: Soft Handover, Softer Handover y Hard Handover.

- **Soft Handover**

En el Soft Handover, el terminal móvil está en el área de cobertura de dos o más estaciones base. Como todas emplean la misma portadora, el terminal puede monitorizar sus códigos. Cuando ha de producirse el cambio de célula, permanece durante un tiempo conectado a las dos o más estaciones base a la vez.

El principal propósito del soft handover es hacer uso de la macrodiversidad, que evita situaciones como los desvanecimientos de la señal. Al estar conectado a más de una estación base, el terminal se asegura caminos alternativos para las comunicaciones.

- **Softer Handover**

Como caso particular del Soft Handover, El Softer Handover se da cuando el cambio se produce entre dos sectores de la misma estación base.

- **Hard Handover**

Si que el terminal realiza un handover que implique un cambio en la frecuencia empleada o una adquisición de códigos se denomina Hard Handover. Este tipo de handover se da principalmente cuando en la célula destino no emplea la misma técnica de acceso que la célula origen o pertenece a otra red distinta.

1.5.- Relación entre UMTS Y WCDMA

UMTS es un sistema en donde se encuentra el estándar WCDMA. [5]

Se podría decir que sólo WCDMA es una parte del sistema UMTS, es decir es sólo la interfaz aérea de UMTS.

UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access) es una parte de la interface de radio de UMTS.

La interfaz aérea en UMTS tiene un soporte flexible de servicios mezclados, servicios de velocidad variable, y un eficiente modo de paquetes. Hay que destacar que la interfaz entre el UE y la red UTRAN es la tecnología WCDMA, es decir, la conexión entre el equipo de usuario y la red de acceso de radio para UMTS es mediante la tecnología WCDMA. [5]

UTRAN es la red de radio acceso diseñada especialmente para UMTS.

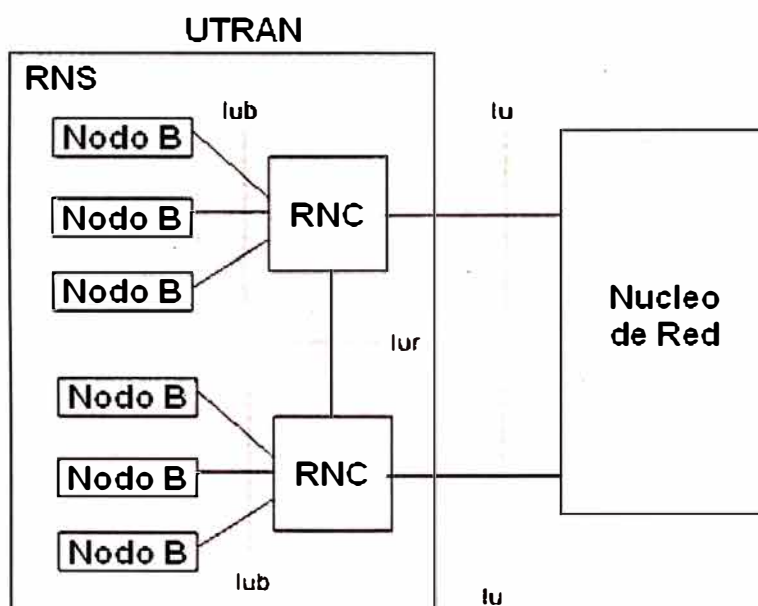


Fig. 1.8 Arquitectura de UTRAN
Fuente: Descripción General de UMTS.

Sus fronteras son la interfaz lu al núcleo de red y la interfaz Uu (interfaz de radio) al equipo de usuario (UE).

El principal parámetro de WCDMA es la capa física. WCDMA soporta dos modos básicos de operación: Frecuency Division Duplex (FDD) y Time Division Duplex (TDD). En el modo FDD, la frecuencia portadora de 5 Mhz ya sea para el Uplink o para el downlink. En el modo TDD sólo los 5 Mhz se comparten en tiempo entre el uplink y el downlink.

UTRAN consiste de RNCs (Radio Network Controllers) y Nodo Bs (Base Stations). Ambos elementos forman un RNS (Radio Network Subsystem).

La interfaz interna de UTRAN incluye lub e lur. Donde lub conecta el nodo B al RNC y el lur es un enlace entre 2 RNCs. [9]

1.6.- Elementos que conforman una estación base celular

El Nodo B.

Para este caso usaremos la Estación Base WCDMA Flexi Nokia, una estación base pequeña, modular y de gran capacidad. Diseñada sobre una plataforma completamente nueva, la Nokia Flexi WCDMA Base Station permite al operador hacer un uso más eficiente de sus estaciones base, ya que reducen los costos hasta en un 70 por ciento.

El Modulo de Sistema Flexi contiene las funcionalidades control de telecomunicaciones, operación y mantenimiento de sistema, aplicación de banda base, transmisión y distribución de energía.

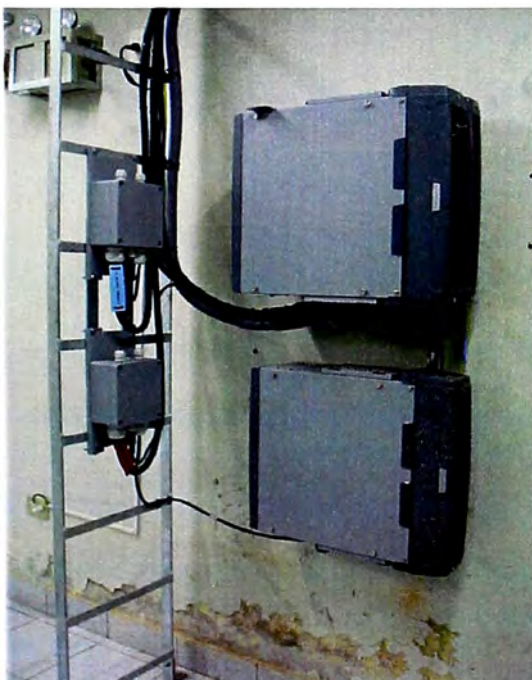


Fig.1.9: Nodo B de Nokia Flexi WCDMA.
Instalada en la EBC Luyo
Fuente: Elaboración propia



Fig.1.10: Nodo B de Nokia Flexi WCDMA.
Instalada en la EBC Bertolotto
Fuente: Elaboración propia

El equipo de transmisión y sistema radiante



Fig.1.11 Equipo de transmisión en Sala celular de una EBC en Lima.
Fuente: Elaboración propia

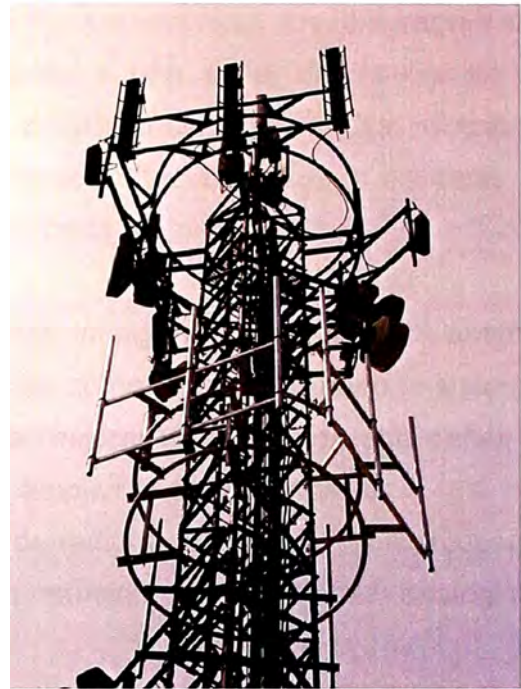


Fig.1.12 Torre celular lista para instalar las antenas UMTS.
Fuente: Elaboración propia

El sistema de Energía y Aterramiento.

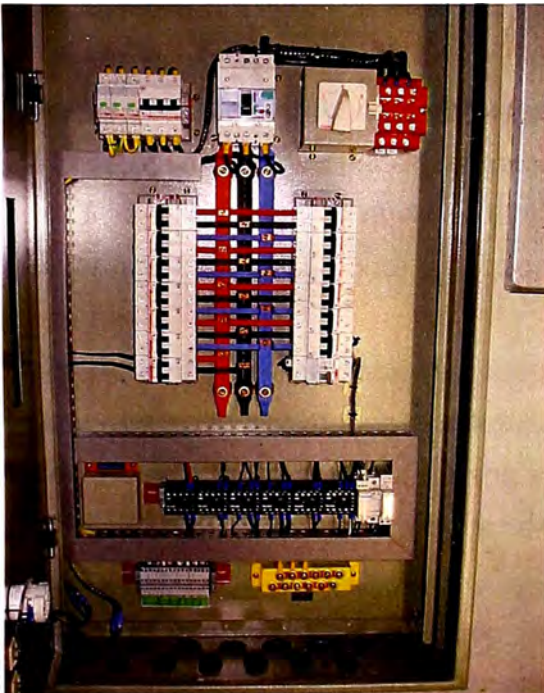


Fig.1.13 Tablero eléctrico nuevo para alimentar Nodo B de Nokia Flexi WCDMA.
Fuente: Elaboración propia

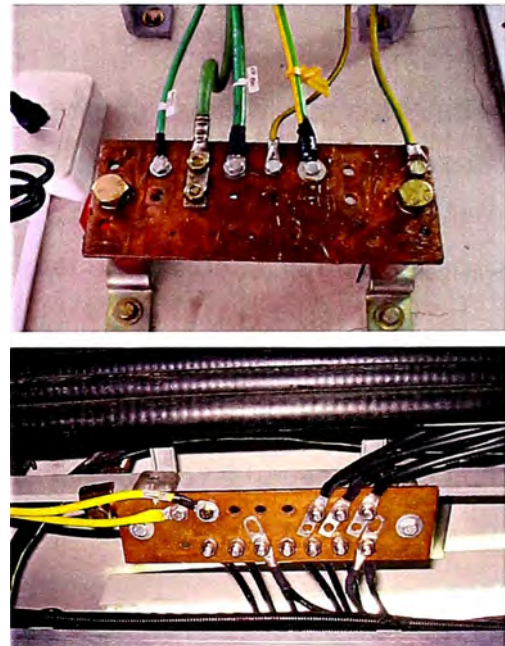


Fig.1.14 Barra de tierra en sala y barra de tierra de Antena.
Fuente: Elaboración propia

1.7.- Antenas Inteligentes

Una antena inteligente es la combinación de un arreglo de antenas (arrays) con una unidad de Procesamiento Digital de Señales (DSP) que optimiza los diagramas de transmisión y recepción dinámicamente en respuesta a una señal de interés en el entorno. Es aquella que, en vez de disponer de un diagrama de radiación fija, es capaz de generar o seleccionar haces muy directivos enfocados hacia el usuario deseado, e incluso adaptarse a las condiciones radioeléctricas en cada momento. [10]

1.7.1.- Principio de funcionamiento

El principio básico de funcionamiento de las antenas inteligentes es que cada antena recibe una señal separada y definida. Dependiendo de cómo está configurado el sistema inalámbrico, el receptor puede usar una señal para mejorar la calidad de otra señal, o podría combinar los datos de señales múltiples para ampliar el ancho de banda.

La señal que reciben las antenas es una señal de radiofrecuencia (RF) sin procesar. Esta RF se encamina inicialmente a circuitos que la manejan como una señal analógica, tal como un radio.

Algunos dispositivos con antenas inteligentes aplican sus conceptos inteligentes en esta etapa analógica. Después del procesamiento inicial, la RF se convierte en una señal digital que luego se envía al dispositivo host como una cadena de datos. La mayoría de los dispositivos que usan las antenas inteligentes aplican sus conceptos inteligentes en éstas en conjunto con circuitos digitales.

En cuanto a los cambios debidos a la introducción de las antenas inteligentes en un sistema de telefonía móvil, por ejemplo, se supondrá una reducción en el número de estaciones base necesaria para dar cobertura a una zona de servicio y un aumento en el número de usuarios que puede atenderse. Por otro lado, es necesario definir y cuantificar un conjunto de parámetros que caracterizan las prestaciones de la antena inteligente en diferentes entornos para poder seleccionar el esquema de conformación más apropiado en cada caso.

Las Antenas Inteligentes, se diferencian de las antenas convencionales ya que pueden trabajar de dos modos distintos los que se describen brevemente a continuación:

- **Modo omnidireccional:** La antena en este modo funciona exactamente igual que las antenas convencionales es decir, emite señal con la misma intensidad hacia todas direcciones.
- **Modo direccional:** En este modo, la antena emite señal en una sola dirección y con un cierto ángulo de apertura. La consecuencia de transmitir en este modo se traduce en un mayor alcance hacia la dirección donde emite la antena debido a que ésta concentra todo su espectro de potencia en un rango de obertura mucho menor. [11]

1.7.2.- Tipos de Alcances

Según en el modo en que trabaje la antena, su alcance será uno u otro. Si la antena trabaja en modo direccional su alcance será mucho mayor que si lo hace en modo omnidireccional ya que, en este caso, concentra toda su potencia en un rango menor. Definimos zona, como la región donde se encuentran todos los usuarios. Esta zona se divide en dos subzonas. [11]

- Subzona Broadcast. Esta zona se corresponde con el rango de alcance de la antena en modo omnidireccional.
- Subzona Beamforming. Esta zona está dividida en n beams. Un beam se define como el rango de alcance de la antena en modo direccional para un cierto ángulo de apertura. Según el ángulo de apertura que se utilice habrá más o menos beams.

Las antenas inteligentes son aquellas que poseen la capacidad de ajustar su diagrama de radiación de forma predefinida.

El sistema funciona de tal forma que cuando el usuario se desplaza, se modifica la dirección del lóbulo para que se mueva con él.

1.7.3.- Tipos de antenas Inteligentes

La señal que reciben las antenas es una señal de radiofrecuencia sin procesar, que en principio es tratada como una señal analógica y luego se digitaliza para ser procesada por el Procesador Digital de Señales (DSP). De acuerdo al algoritmo de procesamiento de la señal, se consiguen entre otros, los siguientes tres tipos de sistemas de antenas inteligentes:

Haz Conmutado. (Switched Beam)

Haz de Seguimiento. (Scaninig)

Haz Adaptativo.

1.7.3. a. Haz Conmutado

Es la configuración más simple de Antenas Inteligentes. El sistema genera varios haces a ángulos prefijados que se van conmutando secuencialmente dando como resultando un barrido discreto de la zona de cobertura en posiciones angulares fijas.

En cada posición discreta del haz se activa el sistema de recepción para detectar la posible existencia de señales.

En caso de recibir señal, el sistema guarda información correspondiente a la posición del haz (ángulo + identificación de usuario) y se establece la comunicación con el usuario en un intervalo de tiempo.

Después de este intervalo se conmuta al siguiente haz para detectar la existencia de otros posibles usuarios hasta llegar al límite angular de la zona de cobertura. Este proceso se repite permanentemente en el tiempo. [11]

1.7.3. b. Haz de Seguimiento

Este sistema es un poco más complejo que el anterior. Está conformado por un arreglo de antenas con una red de excitación que permite controlar electrónicamente las fases de las corrientes de excitación que llegan a los elementos del arreglo para modificar la dirección del haz convenientemente y establecer comunicación con el usuario respectivo.

A diferencia del sistema de haz conmutado, el sistema haz de seguimiento ejecuta algoritmos DoA (Direction of Arrival) para identificar la dirección de arribo de las señales de los usuarios.

Otra diferencia es que los cambios de fase para en el sistema conmutado se realizan a ángulos fijos, es decir corresponden a ángulos prefijado en el sistema y en el sistema de Haz de seguimiento el posicionamiento del haz tiene mayor resolución angular. [11]

1.7.3. c. Haz Adaptativo

La técnica de haz adaptativo constituye el máximo nivel de inteligencia que se podría dar a un sistema de antenas. En este sistema, las salidas de cada elemento del arreglo de antenas se ponderan con un factor de peso cuyo valor se asigna dinámicamente para conformar un diagrama de radiación que presente el haz principal hacia la posición del usuario deseado y los haces o lóbulos secundarios hacia las direcciones de las componentes de multirrayecto de la señal deseada y mínimos o nulos de radiación en las direcciones de las fuentes de interferencia.

Esta técnica requiere el uso de algoritmos (DoA) tanto para la detección de las señales de arribo e interferentes como para la optimización de los pesos que conforman el haz

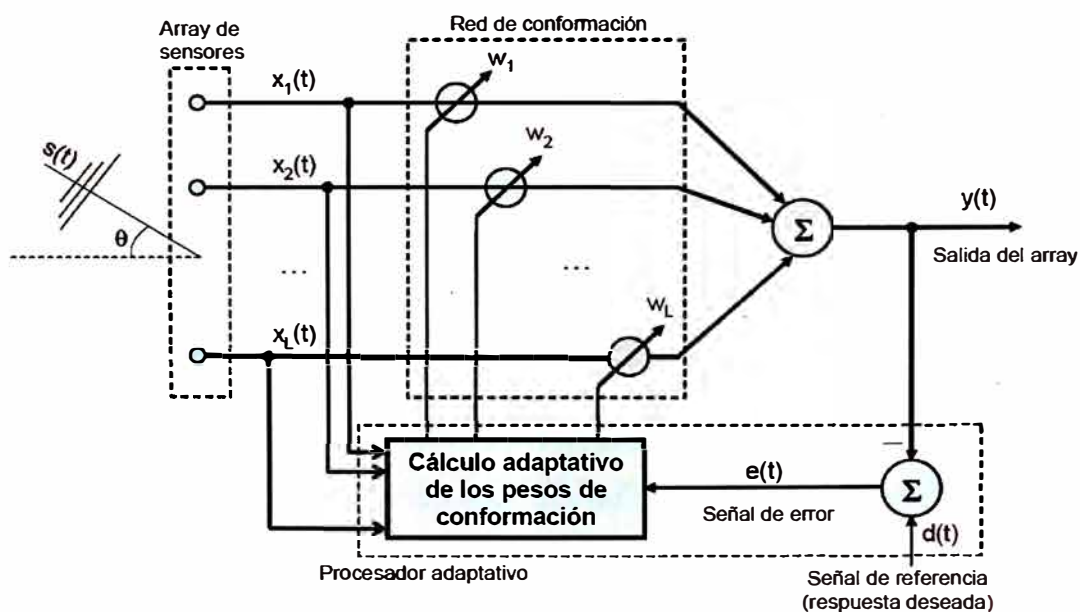


Fig. 1.15 Esquema básico de una antena inteligente de arreglo adaptativo.

Fuente: Estudio sobre las Prestaciones de Antenas Inteligentes en Sistemas de Comunicaciones Móviles

Como se muestra en la Figura 1.15, una antena inteligente está formada por un conjunto de elementos radiantes; alimentados por unos coeficientes o pesos de conformación, que sintetizan un diagrama de radiación de acuerdo con un determinado criterio de optimización. El algoritmo de conformación es el encargado de calcular este vector de pesos, y pueden ser de diferentes tipos.

Los arreglos de antenas consideran que una señal deseada y una señal de interferencia llegan a partir de diferentes direcciones. Los lóbulos de radiación de un arreglo son configurados para adecuar requisitos de señales combinadas, viniendo de elementos diferentes. El vector de peso W_i , mostrado en la figura, es el responsable para el ajuste y actualización de las fases de los elementos del arreglo.

Este arreglo es un sistema en que los elementos de la antena pueden adaptar sus patrones de radiación a cualquier cambio en su ambiente. Para alcanzar esto, el sistema utiliza una variedad de nuevos algoritmos de procesamiento de la señal para localizar con eficacia las señales de interés para de ésta forma reducir al mínimo, dinámicamente, la interferencia, y de maximizar la recepción prevista de la señal.

Las figuras siguientes son un ejemplo de sistemas de arreglo adaptativos, que proporciona aumento óptimo del lóbulo de radicación hacia la señal de interés, mientras que simultáneamente identifica las señales que interfieren para reducirlas al mínimo.



Fig.1.16 Antena Inteligente
Arreglo lineal Fuente: Semi-Smart Antenna
Technology Project

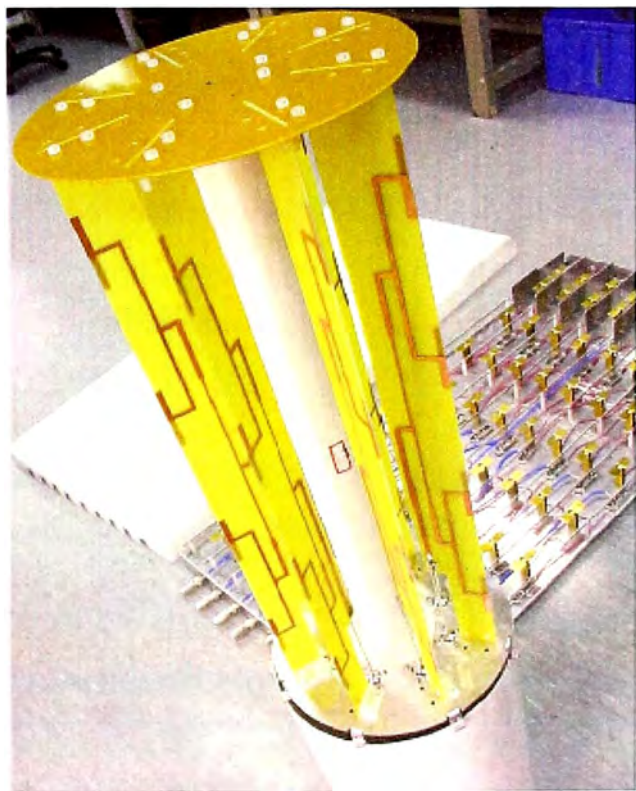


Fig.1.17 Antena Inteligente
Arreglo Circular. Fuente: Semi-Smart Antenna
Technology Project

Aumentando la complejidad del procesamiento de señales del arreglo es posible alcanzar un desempeño más elevado que los sistemas de haz conmutado. Con el auxilio de algoritmos de control, es posible estimar la dirección de llegada de la señal, DoA, y también optimizar los pesos de los elementos, suprimiendo así las interferencias y concentrando la radiación en una dirección hacia el usuario.

MUSIC o ESPRIT son ejemplos de algoritmos para la determinación de DoA en arreglos, por otro lado, LMS y RLS son algoritmos eficientes para la estimación de los pesos de las señales de llegada en el arreglo. Con estos algoritmos el lóbulo puede ser estrechado, con eso mejorar el reuso de frecuencia en una célula, rechazar la interferencia y maximizar la relación señal a ruido (S/N).

Un factor importante para los arreglos adaptantes en sistemas inalámbricos es su funcionamiento en ambientes multidireccionales y de línea de vista (LOS). En un ambiente LOS, para enlazar las señales de recepción deseadas e interferencia nula, se genera un patrón de radiación en el arreglo de antena que tenga una lóbulo principal en la dirección de la señal deseada y nulo hacia las fuentes interferentes.

Bajo estas condiciones, con el número de los elementos mucho mayor que el número de señales que llegan al arreglo, es más fácil expresar la respuesta del arreglo en términos de un pequeño número de ángulos de llegada (es decir DoA).

Las técnicas que determinan la dirección de la señal han determinado un funcionamiento bastante mejorado para éste tipo de arreglos.

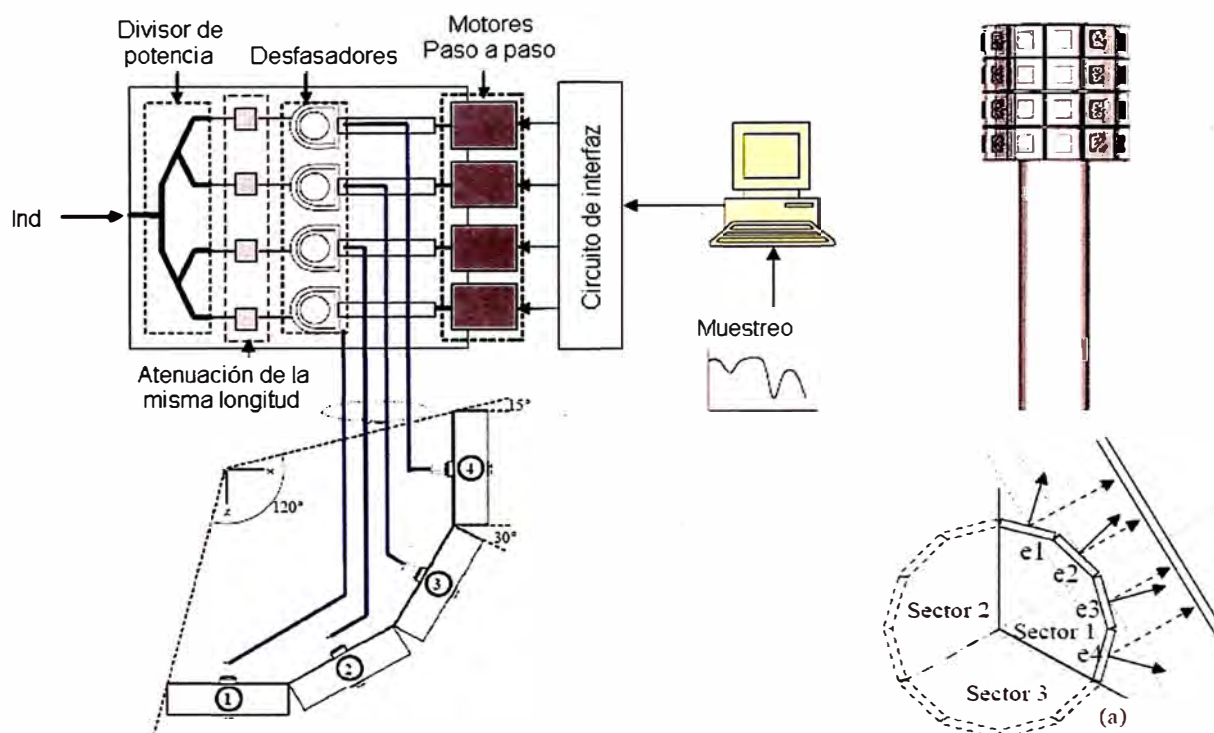


Fig. 1.18: Diagrama de prototipo de Antena Inteligente de arreglo circular
Fuente: Semi-Smart Antenna Technology Project

1.7.4.- Ventajas

Las características de las antenas inteligentes de tener unos haces de radiación con una mayor directividad (es decir, mayor ganancia y mayor selectividad angular), hace pensar en las siguientes ventajas potenciales de estos sistemas:

- Incremento de la zona de cobertura. Dado que la ganancia es mayor que en el caso de antenas omnidireccionales o sectorizadas, para igual potencia de transmisión, la señal se podrá recibir a una mayor distancia. Este hecho podría permitir reducir el número de estaciones base necesaria para cubrir una zona, siempre y cuando no sea el tráfico el factor limitante.
- Reducción de la potencia de transmisión. La mayor ganancia de la antena permite incrementar la sensibilidad, esto haría que las especificaciones de potencia utilizadas sean más flexibles y económicas.
- Reducción de la propagación multitrayecto. Debido a la menor dispersión angular de la potencia radiada, se reduce el número de trayectorias que debe seguir la señal antes de llegar al receptor.
- Reducción del nivel de interferencia. La mejor selectividad espacial de la antena permitirá al receptor discriminar las señales de usuarios interferentes a favor de la señal del usuario deseado. Con esta característica se mejora notablemente la relación C/I (relación portadora a interferencia), lo cual presenta dos consecuencias fundamentales:
 - Una mejora en la C/I implica directamente una mejora en la tasa de error, lo que hace que la calidad del servicio aumente.
 - La reducción de la C/I puede explotarse directa o indirectamente para aumentar la capacidad del sistema.
- Mejora de la seguridad. Gracias a que la transmisión es direccional, hay una probabilidad muy baja de que un equipo ajeno intercepte la comunicación, a menos de que se sitúe en la misma dirección en la que apunta la antena. Además sería posible una ubicación precisa de usuarios que realizan un uso fraudulento de los servicios ofertados por la red.
- Introducción de nuevos servicios. Puesto que se puede identificar la posición de los usuarios, se podrían implementar servicios como radiolocalización, tarifación geográfica, publicidad de servicios cercanos, información en lugares turísticos, entre otros.
- La implantación de las antenas inteligentes en una red de comunicaciones móviles se limita, en principio, a las estaciones base, debido a que necesariamente se deben emplear sistemas radiantes de mayor tamaño (arreglo de varios elementos).

1.7.5.- Desventajas

- Mayor complejidad de los transceptores. En comparación con los sistemas SISO convencionales, los sistemas de antenas inteligentes son mucho más complejos y difíciles de diseñar, ya que es necesario el diseño e implementación de una cadena transmisión/recepción independiente para cada elemento del arreglo de antenas y todas ellas deben estar balanceadas y calibradas en tiempo real.
- Mayor complejidad de los procedimientos de gestión. El hecho de que exista un haz de radiación enfocado hacia cada usuario, implica que las funciones de red deben revisarse, en particular, las que afectan la gestión de recursos radio y a la gestión de movilidad. Algunos de los procesos que pueden afectarse son los de selección y reelección de celda, establecimiento de conexiones, etc.
- Cambios en los métodos de planificación. La introducción de un sistema de antena inteligente implicará tener muy en cuenta sus características, a la hora de realizar la planificación de la red. Se debe contar entre otros aspectos con el aumento del alcance, la eliminación de las fuentes de interferencia y el seguimiento angular de los usuarios.
- Tamaño físico. Para que una antena inteligente obtenga una ganancia razonable, es necesario un arreglo de antenas con varios elementos. Típicamente se han sugerido arreglos que consisten de seis a diez elementos, los mismos que deberán estar separados horizontalmente al aire libre para ambientes móviles.

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS EN EL DISEÑO DE ESTACIONES BASE NODO B CON ANTENAS INTELIGENTES

El crecimiento continuado del número de usuarios en los sistemas de comunicaciones móviles ha provocado una necesidad cada vez mayor de incrementar su capacidad.

Esto produce ciertos inconvenientes en las comunicaciones móviles, como las llamadas Interrumpidas, problemas de cobertura y las bajas velocidades de datos.

Para este incremento de capacidad se requiere una modificación en el dimensionamiento de la red celular, un cambio en la infraestructura interna de la estación base para la instalación de la tecnología requerida, así como el aumento del número de estaciones base necesarias para dar cobertura a zonas sin servicio.

Pero para realizar estas modificaciones nos encontramos con los siguientes problemas:

2.1.- Problema 1: Falta de espacio para instalar equipo Nodo B.

Esto se debe a que en la Estación Base Celular coexisten distintas tecnologías y su infraestructura no esta diseñada para soportar todas ellas.

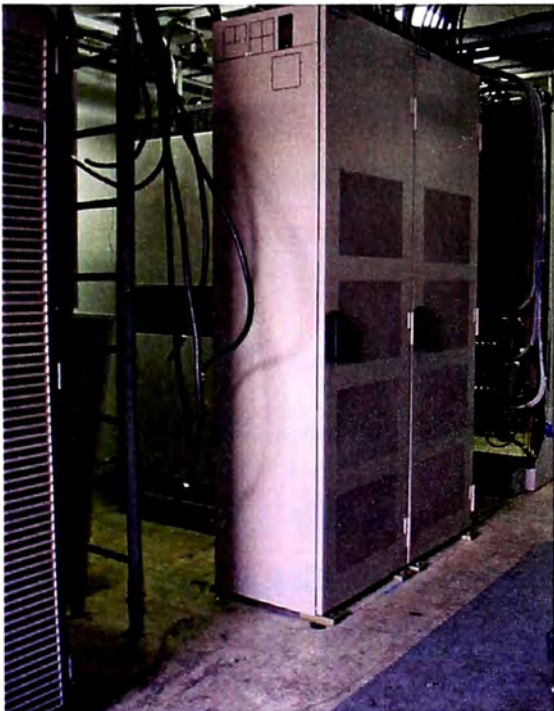


Fig.2.1 Sala celular de una EBC en Lima, no tienen espacio para instalar equipos Nodo B.
Fuente: Elaboración propia



Fig.2.2 Torre celular donde no hay espacio para instalar más antenas.
Fuente: Elaboración propia

2.2.- Problema 2: Se construyen edificios altos cercanos a la EBC.

El crecimiento poblacional en la ciudad de Lima, conlleva a construir conjuntos habitacionales o edificios con cierta altura, sin ninguna planificación o control sobre ellos. Los edificios reducen la calidad de la señal celular entre el teléfono móvil y la torre celular.

Las paredes de concreto o metal con las que se construyen las casas, oficinas o edificios obstruyen las señales celulares dificultando las llamadas.



Fig.2.3 EBC Lavalle, edificio que se construye y que produce obstrucción de la señal de una de las antenas instaladas.

Fuente: Elaboración Propia

2.3.- Problema 3: Estaciones Base Celular instaladas a baja altura.

Algunas Estaciones Base Celular existentes tienen las antenas instaladas a muy baja altura teniendo como consecuencia problemas de cobertura.



Fig.2.4 EBC Diego Ferrer con antenas instaladas a una altura menor a la deseada.

Fuente: Elaboración Propia



Fig.2.5 EBC Manzanos con antenas instaladas a una altura menor a la deseada.

Fuente: Elaboración Propia

2.4.- Problema 4: Imposibilidad de incrementar capacidad en algunas EBC.

Algunas EBC están ubicadas en Helipuertos de Hoteles de lujo, o sobre las azoteas de Entidades del Estado, Edificios Empresariales, por tener estratégicamente buena altura pero, ya no permiten la instalación de nueva tecnología, porque no hay un acuerdo entre el operador y la administración entrante o porque ya venció el Contrato de arrendamiento.



Fig.2.6 EBC Lavalle con antenas instaladas en la azotea.
Fuente: Elaboración Propia



Fig.2.7 EBC Shell con antenas instaladas en la parte lateral del edificio.
Fuente: Elaboración Propia

2.5.- Problema 5: Incremento de lugares de alta concentración de personas.

Con el incremento de zonas con alta concentración de personas ya sean nuevos Centros comerciales, Hipermercados, Cines, Entidades publicas o Privadas, Hoteles, etc. en Lima metropolitana, provoca que las EBC adyacentes a ellos, no cubran la capacidad de tráfico de la zona.



Fig.2.8 Lugar de comida rápida en Megaplaza.
Fuente: Elaboración Propia

2.6.- Problema 6: Rechazo de la población a la implementación de una nueva EBC en su zona.

En algunas zonas especialmente en los conos la población no permite la implementación de una nueva EBC, además la estación mas próxima esta alejada de la zona. Cuanto más alejado se encuentre de una torre celular, más débil será la señal. La distancia es una razón importante para limitar las comunicaciones celulares.



Fig.2.9 Protesta contra la instalación de una antena.
Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO III SOLUCION DE PROBLEMAS EN EL DISEÑO DE ESTACIONES BASE NODO B

3.1.- Solución 1: Falta de espacio para instalar equipo Nodo B

Algunas EBC tienen poco espacio para equipo Nodo B debido a que en la Estación Base Celular coexisten distintas tecnologías y su infraestructura no esta diseñada para soportar todas ellas.

Para solucionar este problema el Operador Cliente optó por:

3.1.1.- Optimizar el espacio con las siguientes posibles soluciones

Posibles soluciones en INDOOR

Prioridad 1

Gabinete FCIA

Se instalara en medio de la sala, así como en sitios que tenga espacio hacia pared y espacio para abrir la puerta del gabinete. Si no es así, se deberá desmontar los equipos que estén apagados. Los ovps se instalarán en una escalerilla vertical a instalar a un costado del gabinete, con sus platinas respectivas



Fig. 3.1 Sala celular de la EBC Barrios Altos en Lima donde se instalo Gabinete FCIA.
Fuente: Elaboración Propia

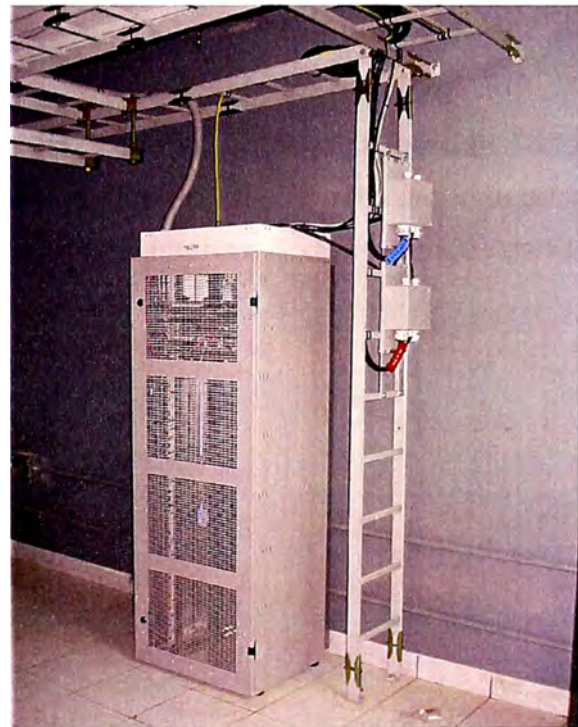


Fig. 3.2 Sala celular de la EBC Millán en Lima donde se instalo Gabinete FCIA.
Fuente: Elaboración Propia

Prioridad 2

Solución en pared

Esta solución se da si no hay espacio para instalar gabinetes, aun si se dan de baja equipos de otra Tecnología. Para el caso de instalación de módulos en pared, como máximo se pueden instalar dos módulos por plinth anclado en la pared. Por lo anterior se requieren 2 plinths; uno para la instalación del system module principal, y power module y el segundo (debajo del anterior) para la instalación de system module extensión. Una vez anclados los plinths y aterrados se procederá a la instalación de los módulos uno sobre otro.



Fig. 3.3 Sala celular de la EBC Luyo
Fuente: Elaboración Propia



Fig. 3.4 Sala celular de la EBC Maurtua.
Fuente: Elaboración Propia

Prioridad 3

Solución en piso.

Orden de instalación de módulos en solución stack (solución no distribuida): Todos los módulos del nodo b instalados "juntos". Se da cuando no hay manera de proteger la fibra óptica en su recorrido hacia la torre donde están las antenas. Todos los módulos van instalados juntos y de allí salen los feeders hacia las antenas.



Fig.3.5 Sala celular de la EBC Bertolotto.
Fuente: Elaboración Propia

Orden de instalación de módulos en solución distribuida (feederless): Los módulos de RF instalados cerca de las antenas.

Este caso, se instala el system module principal, y power module en piso y de allí sale la fibra óptica hacia la torre donde están los RF module Dual y el RF module Single y de ahí hacia las antenas



Fig. 3.6 Sala celular de la EBC Chorrillos.
Fuente: Elaboración Propia



Fig. 3.7 Sala celular de la EBC Magnolias.
Fuente: Elaboración Propia

Posibles soluciones en OUTDOOR

Prioridad 1

Gabinete FCOA

Se instalara en lugares donde su infraestructura son abiertas o a la intemperie y soporte estas condiciones.



Fig. 3.8 Sala celular de la EBC Huacho.
Fuente: Elaboración Propia



Fig. 3.9 Sala celular de la EBC Campiña.
Fuente: Elaboración Propia

Prioridad 2

Solución en pared. (En pared sólida o sobre estructura metálica o sobre drywall)

Se anclarán los 2 plinths en forma vertical con ambas caras frontales a uno de los costados. Se debe cumplir con los requerimientos de espacios libres para los módulos tal que se permita la instalación, posteriores tareas de Operación y Mantenimiento y accesos laterales.



Fig. 3.10 Sala celular de la EBC Estadio.
Fuente: Elaboración Propia



Fig. 3.11 Sala celular de la EBC Felicia.
Fuente: Elaboración Propia

Prioridad 3

Solución en Pedestal o Mástil arriostrado.

Para el caso de instalación de módulos en mástil, como máximo se pueden instalar dos módulos por plinth. Para la fijación en mástil se utilizaran abrazaderas. Por lo anterior se requieren 2 plinths; uno para la instalación del system module principal, y power module y el segundo (debajo del anterior) para la instalación de system module extensión. Se instalarán los 2 plinths espalda - espalda con las partes frontales mirando hacia el mismo lado ò uno debajo del otro también mirando hacia el mismo lado según lo que indique el TSS.



Fig. 3.12 Sala celular de la EBC Huacho.
Fuente: Elaboración Propia

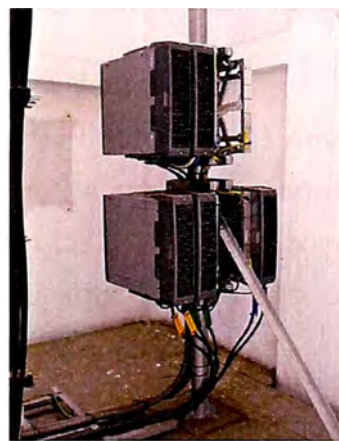


Fig. 3.13 Sala celular de la EBC Campiña.
Fuente: Elaboración Propia

3.1.2.- Requerimiento de Energía Eléctrica.-

Posibles soluciones

Prioridad 1

INDOOR: INSTALACIÓN EN SALA. SUMINISTRO DE+ 48 VDC.

Se requiere la presencia de un breaker de 63 Amp en Rack Eltek (Rectificador GSM) según el TSS, disponible para el suministro de energía del equipo 3G. Lo anterior significa que el switch del breaker debe estar en OFF sin cable conectado a él, que haya posición disponible en barra común (Rectificador GSM) que esté con el rotulo UMTS o 3G que se encuentre fijo (correctamente instalado).

Instalar el cable de DC +48 VDC. Lo anterior significa que se instalarán 02 cables, uno de color rojo y uno de color negro los cuales son de calibre 4 AWG ò 25mm². Instalar los cables desde el Rectificador GSM hasta la entrada del POWER MODULE. Los cables en todo el recorrido desde el rectificador GSM hasta la entrada del POWER MODULE deben instalarse con tubo corrugado plástico. Colocar prensaestopas en los extremos del tubo corrugado.

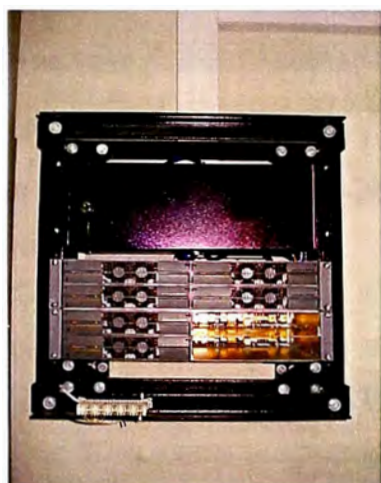


Fig. 3.14 Rack Eltek.
Fuente: Elaboración Propia



Fig. 3.15 Eltek con Breaker para UMTS
Fuente: Elaboración Propia

Prioridad 2

INDOOR: INSTALACIÓN EN SALA. SUMINISTRO DE+ 24 VDC.

Se requiere la presencia de un breaker (en Rectificador ò PDB) de 63 Amp (o de 60 Amp en el caso de disyuntor) disponible para el suministro de energía del equipo 3G. Lo anterior significa que el switch del breaker debe estar en OFF sin cable conectado a él que haya posición disponible en barra común (en Rectificador ò PDB) que esté con el rotulo UMTS o 3G que se encuentre fijo (correctamente instalado).

Instalar el cable de DC +24 VDC

Lo anterior significa que se instalarán 02 cables, uno de color rojo y uno de color negro los cuales son de calibre 4 AWG ò 25mm².

Instalar los cables desde el Rectificador ò PDB hasta la entrada del POWER MODULE. Los cables en todo el recorrido desde el Rectificador ò PDB hasta la entrada del POWER MODULE deben instalarse con tubo corrugado plástico. Colocar prensaestopas en los extremos del tubo corrugado.

Como los módulos del equipo 3G requieren de - 48 VDC de energía entonces para este caso el POWER MODULE a instalar es el FPDA (Flexi Power DC/DC Converter) el cual es un CONVERTIDOR +24 VDC/ - 48 VDC.

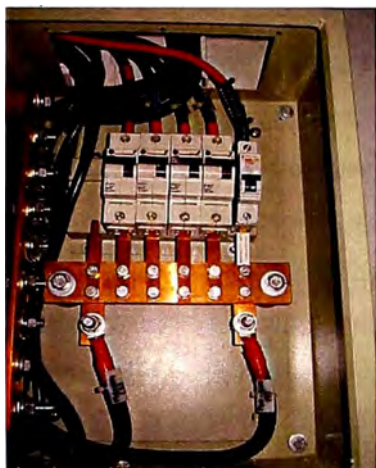


Fig. 3.16 PDB con Breaker para UMTS
Fuente: Elaboración Propia



Fig. 3.17 Rectificador con Breaker para UMTS
Fuente: Elaboración Propia

Posibles soluciones en OUTDOOR

Prioridad 1

OUTDOOR: INSTALACIÓN DE SUMINISTRO DE+ 48 VDC.

Instalar el cable de DC +48 VDC. Instalar los 02 cables chupón uno de color azul y uno de color negro desde el Gabinete GSM denominado Service 1 que cuenta con breakers de 80 A. hasta la entrada del POWER MODULE. Los cables en todo el recorrido desde el rectificador GSM hasta la entrada del POWER MODULE deben instalarse con tubo corrugado metálico. Colocar prensaestopas en los extremos del tubo corrugado metálico.



Fig. 3.18 Rectificador GSM BS241
Fuente: Elaboración Propia

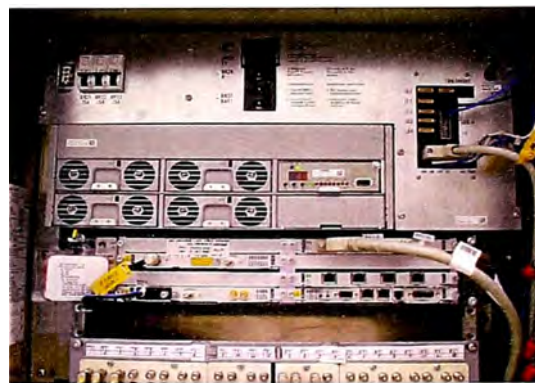


Fig. 3.19 Rectificador GSM BS241-B
Fuente: Elaboración Propia

Prioridad 2

Se requiere la presencia de un breaker de 63 Amp en Tablero eléctrico según el TSS, disponible para el suministro de energía del equipo 3G. Lo anterior significa que el switch del breaker debe estar en OFF sin cable conectado a él que haya posición disponible en barra común (en Tablero eléctrico) que esté con el rotulo UMTS o 3G que se encuentre fijo (correctamente instalado)

Instalar el cable de AC 220 V. Se instalarán 02 cables, uno de color rojo y uno de color negro los cuales son de calibre 4 AWG ò 25mm². Instalar los cables desde el Tablero eléctrico hasta la entrada del POWER MODULE

Los cables en todo el recorrido desde el Tablero eléctrico hasta la entrada del POWER MODULE deben instalarse con tubo corrugado metálico. Colocar prensaestopas en los extremos del tubo corrugado.

Además se debe considerar que se usara un modulo 3G FPMA (AC/DC) que aumentaría en ancho la solución 3G a pared.

En ambos casos un punto de aterramiento con un Ohmiaje no mayor a 5 Ohm.

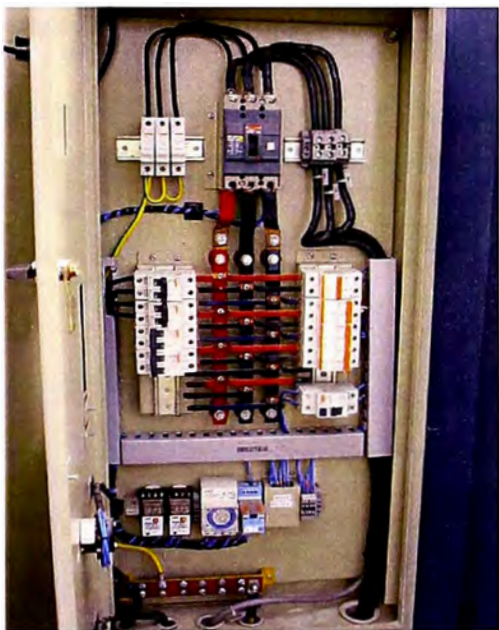


Fig. 3.20. Breaker de 63 Amperios en Tablero eléctrico
Fuente: Elaboración Propia



Fig. 3.21. Modulo 3G FPMA (AC/DC) en solución a pared
Fuente: Elaboración Propia

Instalación de cable de tierra:

INDOOR: Instalación en sala

El cable de tierra principal que aterriza el plinth del equipo 3G se instalará fijándose en sus extremos al punto de aterramiento principal del plinth y a un agujero disponible (libre) en la barra de tierra indicada en el TSS. Se debe verificar que la barra anterior se encuentre aterrada.

Para las conexiones tanto en el plinth como en la barra se debe utilizar terminales de ojo adecuados, es decir la entrada del cable del terminal debe ser del tamaño adecuado y las dimensiones de los ojos de los terminales en los extremos del cable deben ser iguales a los agujeros en el plinth y en la barra de tierra.

Crimpar con herramienta adecuada los terminales de conexión y colocar manga termocontraíble. no encintar los terminales de conexión.

El cable de tierra a utilizar tanto para aterrizar el plinth del SYSTEM MODULE como los plinths de los RF MODULES tiene un calibre de 4AWG ò 25mm² para todos los casos.

OUTDOOR: Instalación en plataforma o loza.

Lo anteriormente indicado aplica para la instalación del cable de tierra para este caso salvo que en los sites OUTDOOR el cable de tierra se conectara al punto de aterramiento principal del RACK OUTDOOR FCOA. Este rack se instalará en los sites OUTDOOR el cual albergará bancos de baterías, módulos rectificadores (suministro de energía AC) y los módulos propios del equipo 3G.

El cable de tierra ingresará por la entrada de cables ubicada en la esquina inferior delantera izquierda del rack FCOA.

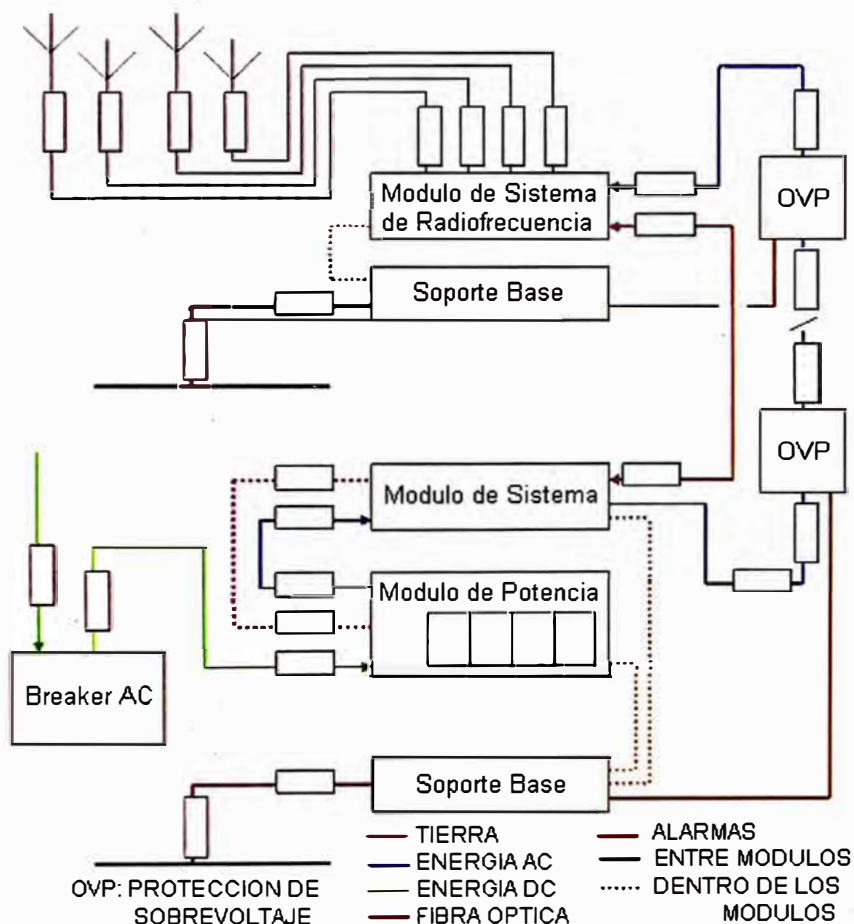


Fig. 3.22 Esquema de conexionado del Nodo B.
Fuente: Flexi WCDMA BTS Modules Cabling esp.

3.1.3.- Requerimiento para la Transmisión.-

El modulo de transmisión que es parte del equipamiento del NODO B es del tipo FTJA el cual posee 04 puertos coaxiales (E1/T1/JT1), 02 puertos Ethernet (10/100 Mbps) y un puerto Gigabit ethernet, disponible en el futuro.

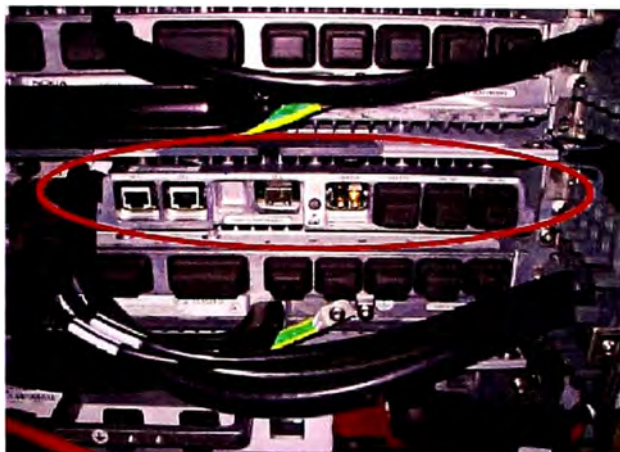


Fig. 3.23. Módulo de transmisión

Fuente: Manual de instalación de Flexi WCDMA BTS Nodo B

Por lo anterior los cables de transmisión que viene con el NODO B son 04 E1s coaxiales y 02 cables ethernet. UTP CAT 5E.

Se identifica la regleta de E1s donde se instalarán los 04 E1s coaxiales del equipo 3G (NODO B).

Confirmar con el operador de transmisiones, la designación de la regleta para los E1s del NODO B y las posiciones de dichos E1s (04) en la regleta.

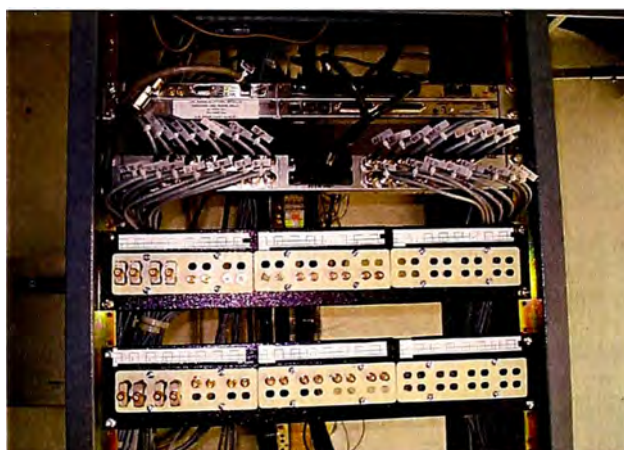


Fig. 3.24 Equipo de transmisión con posiciones libres.

Fuente: Elaboración propia

Vienen con el equipo 04 E1s coaxiales flex2 y 02 cables Ethernet UTP. Los E1s coaxiales vienen en uno de sus extremos con conectores SMB hembra elaborados de fabrica mientras que los cables Ethernet viene en sus extremos con conectores RJ45 (con conexionado EIA/TIA 568 B) elaborados de fabrica. Dichos cables tiene una longitud de 15 mts.

Si el recorrido de los cables de transmisión (del NODO B hasta la regleta) supera los 15 mts. Se deberá elaborar nuevos cables con la dimensión necesaria.

Se instalarán los 04 E1s coaxiales flex 2 y los 02 cables Ethernet. Por lo anterior se debe elaborar los conectores en los otros extremos de los cables.

Para el caso de los E1s coaxiales, dependiendo de los tipos de E1s disponibles que se tengan en el site, se utilizarán conectores BNC o conectores SIEMENS HEMBRA para cable coaxial flex2 para la elaboración de los cables de transmisión. Los conectores deben estar ajustados (caso conectores SIEMENS HEMBRA) o bien crimpados con su manga termocontraible (caso conectores BNC).



Fig. 3.25 Módulo con 4 puertos coaxiales, 2 puertos Ethernet y un puerto Gigabit ethernet
Fuente: Elaboración Propia



Fig. 3.26 Instalación de 4 E1s coaxiales flex 2 en el módulo de transmisión
Fuente: Elaboración Propia

Para el caso de los cables Ethernet se utilizarán conectores RJ 45 apantallados similares a los conectores de fabrica, se requiere además de las capuchas de protección para estos conectores. Se debe confeccionar cables Ethernet directos.

Una vez elaborados tanto los cables de transmisión coaxiales como los Ethernet se procederá a la prueba de dichos cables.

Para el caso de los E1s coaxiales se realizarán por lo menos las pruebas de continuidad y corto circuito en todos y cada uno de los cables (en total 8).

Para el caso de los cables Ethernet se realizarán todas las pruebas necesarias que verifiquen que el cable es de categoría 5E (que certifique que el cable es capaz de transportar datos a una velocidad de 100 Mbps). Tales pruebas se deben realizar con Cable Tester apropiado.

Luego que las pruebas hayan resultado exitosas se instalarán los cables de transmisión desde el equipo 3G hasta el DDF designado. Se instalaran los 04 E1s coaxiales formando un solo grupo en todo el recorrido hasta antes de la regleta en donde el exceso de cable se agrupara por E1s y se ordenará cada E1 (cable TX/cable RX) en forma de rollo.

Las posiciones de los E1s coaxiales en la regleta debe corresponderse con las posiciones que tienen estos en el módulo de transmisión, así el primer E1 en el módulo de transmisión ocupará la menor posición designada en la regleta y así sucesivamente.

Los 2 cables Ethernet se instalarán juntos en recorrido igual que los 04 E1s y al lado de ellos.

En el último tramo del recorrido los cables Ethernet se ordenarán en dos rollos y se instalarán y fijarán a la escalerilla horizontal superior cercana a la regleta de transmisiones.

Fijar con cintillos cada uno de los cables de transmisión (coaxiales y ethernet) en las uñas de la tapa lateral del SYSTEM MODULE antes de la salida de estos hacia la regleta para evitar que los conectores se tiren al jalar de los cables desde el exterior del equipo.

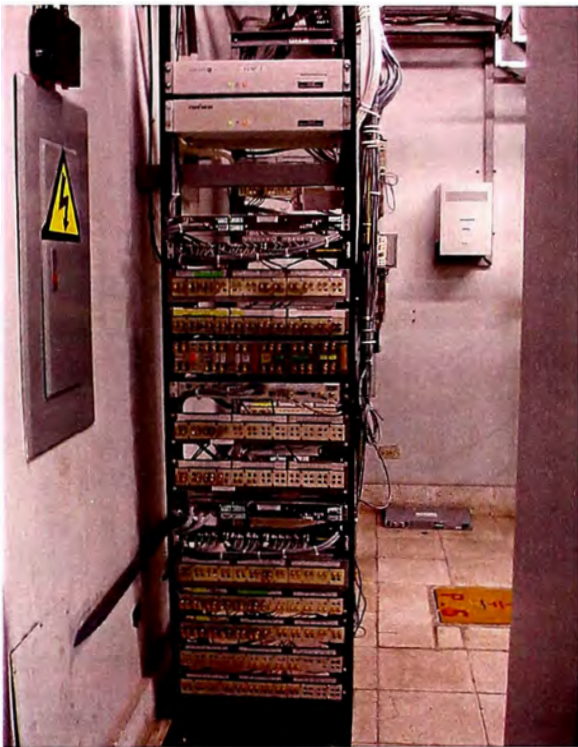


Fig. 3.27 Equipo de Transmisión
Fuente: Elaboración Propia



Fig. 3.28 Equipo de Microondas
Fuente: Elaboración Propia

3.1.4.- Requerimientos para el sistema radiante

En esta sección se describe los requerimientos para el montaje de antenas especificados para garantizar los estándares de aislamiento entre sistemas y las condiciones apropiadas para la diversidad de espacio en donde esta aplique.

Para la implementación de la red UMTS se dispondrá de la infraestructura de la red existente: espacios en torre, bandejas porta cables, espacio en cuartos de equipos. Todo esto manteniendo al mínimo el impacto sobre los sistemas que existen durante las etapas de implementación, puesta en servicio y optimización de la red.

• Requerimientos para la instalación de antenas UMTS

El aislamiento entre sistemas debe ser mantenido en un valor mínimo de 30 dB según recomendación de la ETSI, con el fin de mantener la intermodulación y el bloqueo por saturación bajo control.

A continuación se especifican las consideraciones de separación entre las antenas de UMTS y las antenas existentes de otras tecnologías para garantizar estos parámetros considerando este valor de aislamiento de 30 dB.

La separación mínima horizontal entre las antenas de UMTS y GSM / TDMA / CDMA es de 1.00 m y la separación mínima vertical entre las antenas es de 0.2 m.

Todo esto se realizara para los tres sectores:

Separación Horizontal

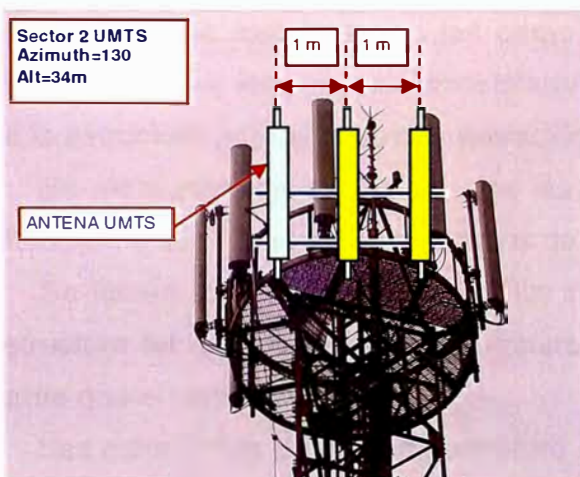


Fig. 3.29 Separación horizontal de las antenas en la EBC Calle 18.
Fuente: Elaboración Propia

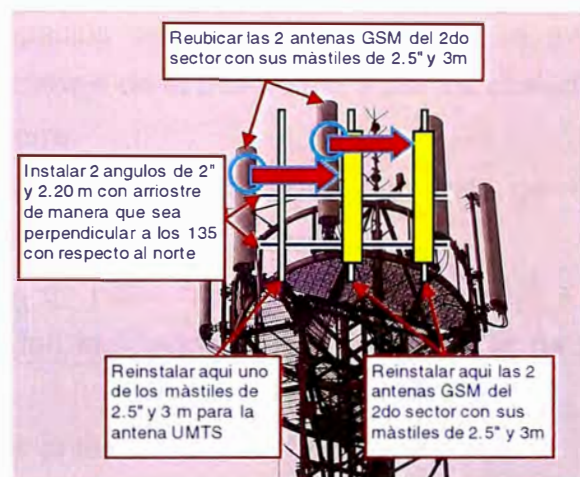


Fig. 3.30 Adecuación de mástiles para UMTS en la EBC Calle 18.
Fuente: Elaboración Propia

Separación Vertical

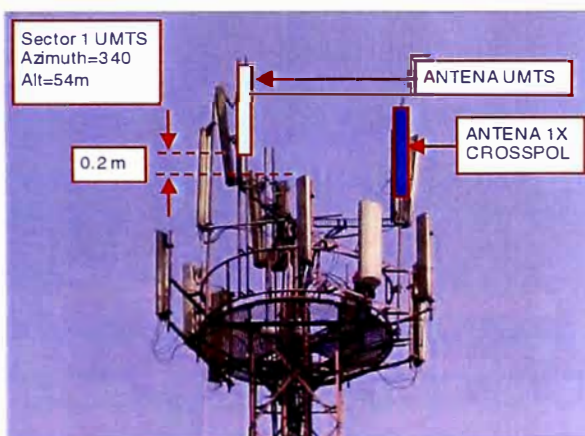


Fig. 3.31 Separación vertical de las antenas en la EBC Cáceres.
Fuente: Elaboración Propia



Fig. 3.32 Adecuación de mástiles para UMTS en la EBC Cáceres.
Fuente: Elaboración Propia

Las antenas en cada sector se deben instalar en las ubicaciones y soportes indicados en el TSS correspondiente a la EBC. Se debe verificar previamente que dichos soportes tengan un diámetro externo mínimo de 2.5" y una altura mínima de 3.00 mts.

Para la instalación de la antena en soporte o mástil se deber armar e instalar las abrazaderas al soporte según la hoja de instrucciones correspondiente para la correcta fijación de la antena al soporte. Ajustar todas las tuercas y contratuercas.

Para instalar la antena a la inclinación mecánica requerida se debe utilizar un inclinómetro. Verificar que el soporte correspondiente se encuentre vertical. Fijar la inclinación eléctrica de la antena según lo requerido. Instalar las antenas en los sectores según el orden creciente de sus números de serie.

Orientar la antena al azimuth requerido.

- **Instalación de jumpers**

Los jumpers se instalaran en las caras y espacios de la estructura tal que se evite pisarlos, es decir los jumpers se instalaran por debajo de la plataforma y por los costados de la estructura para el caso de instalación en torre.

Se instalarán los cables tal que las curvas que presente en su recorrido del RF MODULE a la antena no tengan radios de curvatura menor a: 254 mm.

Se fijaran los jumpers (con cintillos negros de nylon que soporten intemperie) a la estructura tal que se instalen lo jumpers queden instalados lo mas fijos posible de tal forma que el viento no los mueva.

Las conexiones de los jumpers tanto en las antenas como en los RF MODULEs se ajustaran al torque de 25 N.m



Fig. 3.33 Jumpers conectado en los RF MODULES
Fuente: Elaboración Propia



Fig. 3.34 Jumpers conectado a la antena están vulcanizados
Fuente: Elaboración Propia

Las conexiones de los jumpers con la antena se vulcanizaran completamente y los extremos de los vulcanizados se fijaran con cintillos para sellarlos completamente.

Las conexiones de los jumpers en los conectores de antena del RF MODULE se encintaran completamente luego de realizada la aceptación del equipo y su sistema radiante.

Cada una de las antenas poseen dos conectores uno con polarización de $+45^\circ$ y el otro con polarización de -45° , mientras que cada módulo de RF tiene dos conectores de antena, un conector tiene la función de TX/RX y el otro tiene función de RX Div. En cada sector el primer jumper debe conectar el puerto TX/RX del moduló de RF con el puerto $+45^\circ$ de la antena y el segundo jumper debe conectar el puerto RX Div del moduló de RF con el puerto -45° de la antena.

- **Conexión del sistema radiante a los RF MODULES.**

Asociación de sectores con los RF MODULES.

RF MODULE DUAL: Este modulo cuenta con dos módulos de RF. Cada modulo de RF tiene un conector de de transmisión/recepción (TX/RX) y un conector de diversidad de recepción (RX Div).

Por lo tanto RF MODULE DUAL se asocia a dos sectores

Si las antenas a utilizar en cada sector son de Polarización Cruzada (CROSSPOL, es decir tiene dos conectores de antena uno con polarizacion de $+45^\circ$ y el otro con polarización de -45°) entonces RF MODULE DUAL se conecta a dos antenas crosspol.

RF MODULE SINGLE: Este modulo cuenta con un modulo de RF. El modulo de RF tiene un conector de de transmisión/recepción (TX/RX) y un conector de diversidad de recepción (RX Div).

Por lo tanto RF MODULE SINGLE se asocia a un sector.

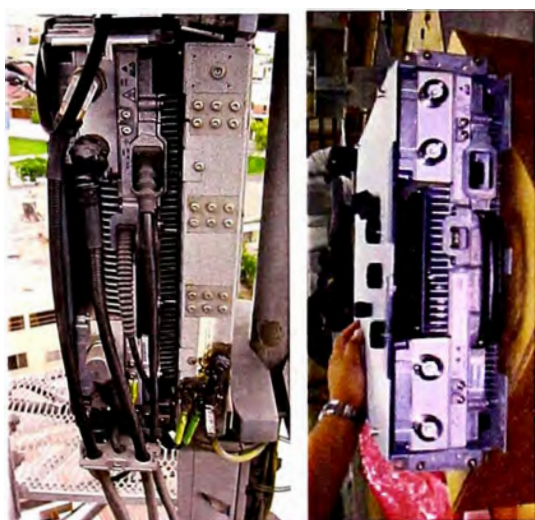


Fig. 3.35 RF MODULE DUAL.
Fuente: Elaboración Propia

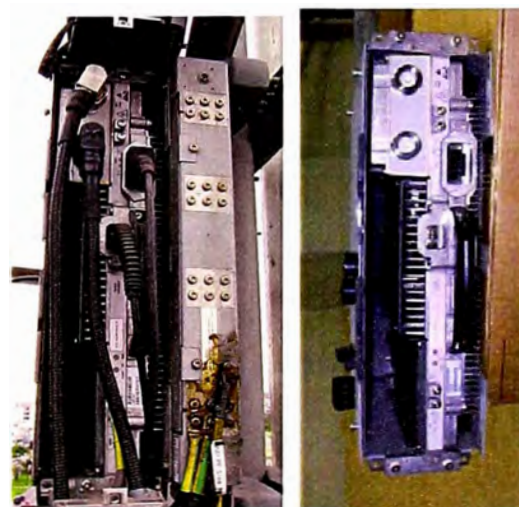


Fig. 3.36 RF MODULE SINGLE
Fuente: Elaboración Propia

- **Conexión para la comunicación. (conexión de los cables de fibra óptica.)**

La comunicación entre el SYSTEM MODULE PRINCIPAL con el SYSTEM MODULE EXTENSION requiere la conexión de dos cables de fibra óptica entre ellos.

La comunicación entre el SYSTEM MODULE PRINCIPAL con un MODULO DE RF (ya sea RF DUAL o RF SINGLE) requiere de la conexión de un cable de fibra óptica entre ellos. Los cables de Fibra óptica vienen elaborados de fabrica y tienen una longitud estándar de 2.00 mts. Estos cables no se recortan y una vez conectados se deben fijar las capuchas de protección a los puertos de conexión y se deben ordenar de la siguiente manera:

- **Módulos de RF instalados cerca de las antenas. solución distribuida (Feederless).**

En esta solución los SYSTEM MODULE se instalan cerca uno del otro.

En esta solución de instalación los módulos de RF se instalan cerca de las antenas por lo general distanciados del SYSTEM MODULE. Para la comunicación entre el RF MODULE (ya sea SINGLE o DUAL) y el SYSTEM MODULE PRINCIPAL el cable de FO que viene de fabrica en cada RF MODULE no se utilizara por lo corto de su longitud pero si se utilizaran los transceivers correspondientes. Se requiere de un cable de FO de una longitud adecuada para la conexión entre los módulos distantes.

El cable de FO para la conexión del RF MODULE con el SYSTEM MODULE en solución distribuida viene elaborado de fabrica en longitudes de 50 mts, 75 y 100 mts.

Como el cable de fibra óptica al igual que el cable de DC para la solución distribuida (feederless) parte del SYSTEM MODULE principal y termina en el RF MODULE entonces ambos cables que conforman el par de cables necesarios para el funcionamiento del RF MODULE tendrán el mismo recorrido.

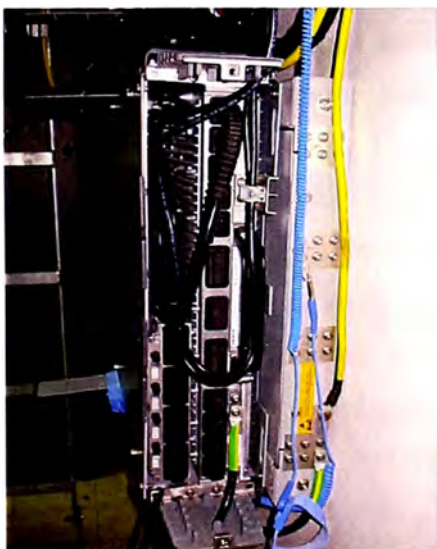


Fig. 3.37 Conexión de la fibra óptica
Fuente: Elaboración Propia



Fig. 3.38 Recorrido de la fibra óptica
Fuente: Elaboración Propia

3.2.- Solución 2: Se construyen edificios altos cercanos a la EBC

Para solucionar este inconveniente se realiza un replanteo en la EBC para modificar los azimuths de las antenas sectoriales y/o los tilt mecánico y eléctrico según las necesidades.

3.3.- Solución 3: Estaciones Base Celular instaladas a baja altura

Para solucionar este problema el operador opto por lo siguiente:

- a).- Ampliar la altura de las torres existentes, o en su defecto instalar nuevas torres altas, solo si la zona es NO Contingente.
- b).- Por presupuesto el operador opto por instalar mástiles más largos con arriostre sobre la plataforma siempre y cuando la estructura base de la torre soporte los pesos de las antenas a instalar así como de los contratistas que darán mantenimiento a las mismas.



Fig. 3.39 Ampliación de torres con mástiles.
Fuente: Elaboración Propia



Fig. 3.40 Ampliación de torres con mástiles.
Fuente: Elaboración Propia

3.4.- Solución 4: Imposibilidad de incrementar capacidad en algunas EBC

El Operador opto por instalar nuevas EBCs con equipos de menor capacidad de transmisión y menor costo como son las uBTS ó nanoBTS cercanos a la primera EBC para cubrir los niveles de tráfico y cobertura que se requieren.

3.5.- Solución 5: Incremento de lugares de alta concentración de personas

La rápida y espontánea aparición de lugares de alta densidad poblacional como son los centros comerciales, hospitales, cines, etc. ha provocado que las llamadas se vean interrumpidas o no se tenga cobertura. Ante esto el operador se vio en la necesidad de instalar dentro de las instalaciones de dichos lugares, equipos de menor capacidad, como son las uBTS ó nanoBTS, usando para ello antena panel en lugares donde no llega la señal en especial en los sótanos donde se ha comprobado la falta de comunicación inalámbrica.

3.6.- Solución 6: Rechazo de la población a la implementación de una nueva EBC en su zona

En algunas zonas donde se planea implementar una EBC, ya sean casas familiares edificios, hostales, etc., son radicalmente rechazadas llegando al extremo de agredir al mismo propietario que arrienda parte de su propiedad por los pobladores de la zona. Ellos manifiestan que dicha antena conlleva, a enfermedades cerebrales como el Cáncer entre otros males, que se producen como resultado de las irradiaciones que emite.

También otro motivo que impide la implementación son las trabas burocráticas de los municipios en no dar la licencia del caso por problema de ornato. En estos casos el Operador se ha visto forzado a denominar la zona CONTINGENTE y a realizar la implementación sin levantar sospechas, usando para ello Mimetizados que cubren los equipos y las antenas, camufladas con el color de la fachada del local o usando tanques de agua.



Fig. 3.41 Casa con mimetizado en azotea.
Fuente: Elaboración Propia



Fig. 3.42 Antenas dentro del mimetizado.
Fuente: Elaboración Propia

Ningún estudio científico hasta la fecha ha demostrado que la presencia de antenas de telefonía móvil y el uso de celulares provoquen efectos nocivos en la salud, por lo que todas las versiones sobre el particular son sólo mitos.



Fig. 3.43 Casa con tanque mimetizado.
Fuente: Elaboración Propia



Fig. 3.44 Antenas dentro de tanque de agua.
Fuente: Elaboración Propia

3.7.- Antenas Inteligentes con Aplicación a UMTS

Las comunicaciones celulares ha llegado masivamente a todo tipo de usuario en la última década con la aparición de dos tecnologías muy importantes: El CDMA y GSM. A la vez otra tecnología también importante, que ha ido madurando son las antenas inteligentes que combinado con hoy poderosos procesadores de bajo costo, está destinado a convertirse en un parte importante del paisaje celular durante la próxima década. [15]

Las redes celulares se componen de estaciones base separadas geográficamente conectado a una red básica, cada estación base sirve a un área llamada celda y en algunos sistemas, las celdas se dividen en sectores.

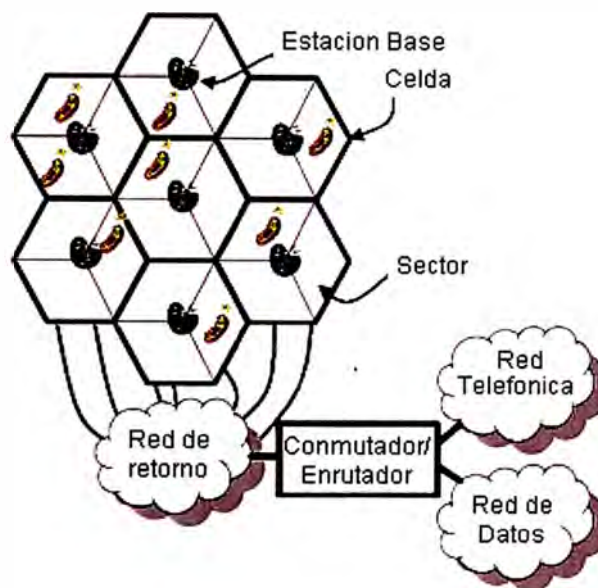


Fig. 3.45 Red celular compuesta de estaciones base separadas
Fuente: IntelliCell®: A Fully Adaptive Approach to Smart Antennas [15]

En una red celular convencional, una sola antena de estación base define los parámetros de la celda y es el centro de toda la comunicación radiada. Esto comprende tanto la transmisión y recepción del tráfico de voz y datos que genera beneficios, por ejemplo: la difusión de los parámetros más significativos relacionados con el sistema que permite operar la información de red que todo terminal móvil en uso dentro de la celda debe recibir continuamente y de forma simultánea. Entre la información relacionada con el sistema se encuentran: las frecuencias en uso, salto de frecuencia, la identidad de celda, niveles de potencia máxima, etc. En lugar de inundar la celda con información radiada de un solo origen, las antenas inteligentes llenan la celda con varios haces estrechos de señales (típicamente cuatro u ocho). Una consecuencia inmediata de esta nueva tecnología y que debe tomarse en cuenta para el diseño de estas antenas, es que debe aplicarse una estrategia de enlace descendente distinta; es decir, deben usarse datos más complejos para la transmisión desde la estación base a los terminales móviles en la celda. [15]

Esto se debe a que el sistema precisa saber:

- Qué dirección de haz llega a qué terminales móviles; y
- Cómo puede enviar simultáneamente información del sistema a cada terminal móvil.

Existen numerosas arquitecturas de sistema para antenas adaptativas, incluyendo sistemas de antena separados para el enlace ascendente y descendente. Entre las principales se mencionan tres enfoques, las cuales parecen ofrecer la relación mas apropiada entre prestaciones del nivel de sistema de antenas inteligentes, complejidad y costo de implementación.

- Arquitectura de haz múltiple o conmutado con una red de formación de haz pasiva;
- Haces conmutados intercalados en el enlace descendente; y
- Haces plenamente gobernables.

La solución de formación de haz pasiva es la menos compleja. Debido a que la dirección de llegada puede identificar el mejor haz de enlace ascendente, no se precisa coherencia de fase en el enlace ascendente o descendente.

La segunda solución, demanda haces de enlace descendente adicionales; forma haces de distinta manera en el enlace ascendente y descendente.

En el primero, el número de haces está limitado por el número de ramales de receptor. La dirección de llegada se calcula a partir de la información del enlace ascendente. Dicha información (algoritmo de estimación de llegada DoA) luego se emplea para seleccionar un haz de un conjunto mayor de haces de enlace descendente.

La solución completamente gobernable exige un transmisor individual para cada elemento de antena y coherencia de los ramales de los lados de recepción y transmisión. La ventaja principal de esta solución es que la formación de haz en el enlace descendente no se limita a un conjunto de haces o formas de haz fijas.

Además, esta solución tiene posibilidades de reducir la interferencia en el enlace descendente mediante puesta a cero ("nulling"); es decir, formando el haz con ganancia reducida hacia terminales móviles co-canal interferidos.

- **Proceso en el Enlace Ascendente**

En este proceso se asume que la antena inteligente es utilizada sólo en la estación base. Cada terminal radio remoto transmite usando antenas omnidireccionales, mientras que se deja a la estación base separar selectivamente las señales deseadas de la interferencia. Las señales son combinadas para que a la salida del arreglo se pueda obtener un mejor rendimiento. Un algoritmo adaptable controla los pesos según los objetivos predefinidos; para un sistema de haz conmutado, éstos podrían ser, principalmente, la máxima ganancia; para un sistema de arreglo adaptativo, otros factores podrían recibir igual consideración.

- **Proceso en el Enlace Descendente**

La tarea de transmitir de una manera selectiva es la principal manera para diferenciar entre el haz conmutado y el sistema de arreglo adaptativo.

Los sistemas de haz conmutado se comunican con los usuarios pudiendo cambiar entre los modelos direccionales definidos, las señales fuertes. En comparación, los arreglos adaptativos entienden mejor las señales de RF y transmiten de manera selectiva. Conceptualmente, todo esto funciona como en el modelo simple que se muestra en la Figura 3.46.

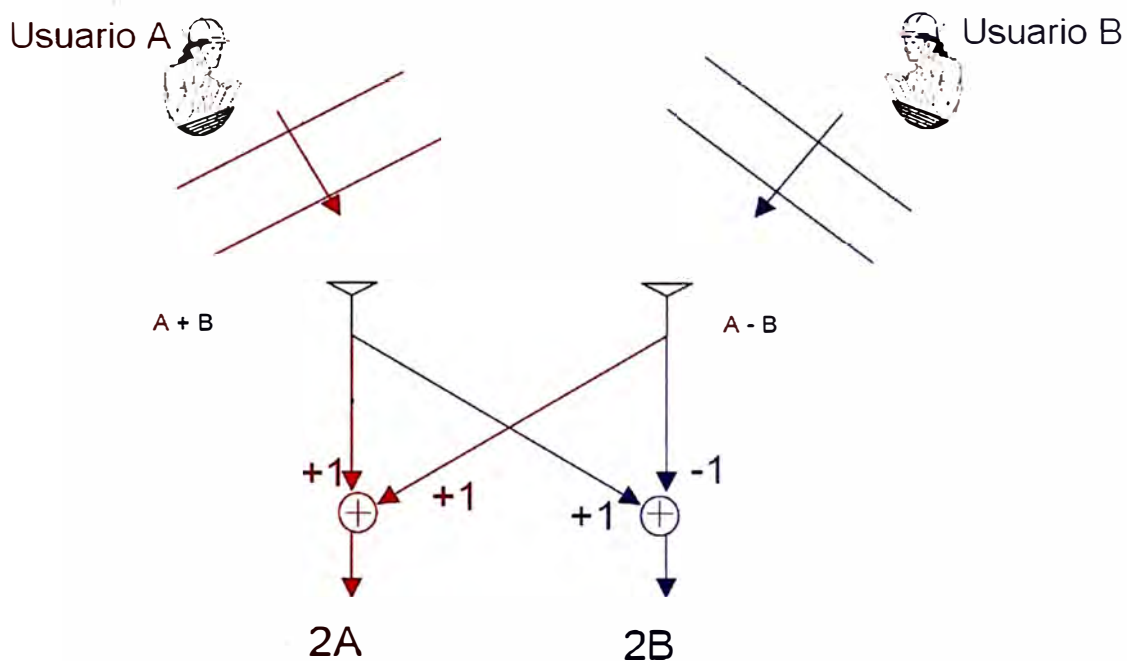


Fig. 3.46 Modelo Simple de antenas. Las señales de los usuarios llegan con diferentes fases relativas y amplitudes a la matriz. Los pesos se aplican para extraer las señales de los usuarios en particular. Fuente: IntelliCell®: A Fully Adaptive Approach to Smart Antenas [15]

Un ejemplo sencillo es de dos antenas de una estación base que intentan comunicar a dos usuarios, el usuario A y el usuario B, en el mismo canal. [15]

Luego, dado que las señales de estos usuarios viajan a lo largo de diferentes rutas de acceso a la estación base, entonces llegan a las siguientes combinaciones en la agrupación de antenas:

Usuario una señal en la estación base: (+ A + A)

El usuario B de señal en la estación base: (+ B,-B)

Note la diferencia en estas "firmas": Las señales del usuario A llegan en fase entre las dos antenas y las señales del usuario B llegan fuera de fase entre las dos antenas. Estas "Firmas" se refieren comúnmente como "armas espaciales."

En un mundo de verdadera aplicación, estas firmas son vectores en un complejo de dimensiones espacio-N, donde N es el número de antenas. [15]

Estas señales llegan juntos a la estación base y se combinan para convertirse en:

La estación base de señal recibida: (+ A + B, + A - B)

Ahora, simplemente, para que la estación base pueda extraer al usuario A, de las interferencias causadas por el usuario B, simplemente añade las dos señales con factores de peso (1,1):

Usuario A: (1, 1) (+ A + B, + A - B) = (+ A + B) + (+ A-B) = 2A

Y lo mismo para el usuario B, el vector de pesos (1, -1) se utiliza:

Usuario B: (1, -1) (+ A + B, + A - B) = (+ A + B) - (+ A-B) = 2B

En cada caso, el uso de un vector de peso adecuado, la estación base es capaz de extraer y separar las señales de usuario A y usuario B el uno del otro al mismo tiempo proporcionando ganancia para cada uno.

En un sistema de antenas convencionales, este simple proceso hubiera sido imposible, y la estación base es incapaz de descifrar las dos señales. Una estación base con una sola antena recibiría la siguiente señal:

Antena individual de señal recibida = (+ A + B)

Y la estación base se queda con un revoltijo confuso de señales del usuario A y del usuario B mezcladas entre sí.

Por supuesto, en el mundo real de las implementaciones, hay múltiples complicaciones que deben manejar: Hay más canales para los usuarios que descifrar, hay varias fuentes de interferencias, hay muchas antenas más, los niveles de señal y las fases varía en los la matriz, y así sucesivamente. [15]

Actualmente la mayor parte de las estaciones base celular utilizan antenas simples (de haz fijo). Dichas antenas suelen realizarse en tecnología microstrip.

3.8.- Antena inteligente de tipo Adaptativo

Las antenas adaptativas son un paso más en las tecnologías de antenas inteligentes. El control del diagrama de radiación se hace por medio de un algoritmo adaptativo que pretende minimizar una señal de error generada a partir de una referencia en el receptor de la estación base. Para ello, es necesario definir un modelo de canal que tenga en cuenta todas las características del canal. El modelo de señal utilizado es el presentado en la figura, donde se considera dispersión temporal y angular. El vector de señales recibidas en cada elemento del array procedente de N usuarios con Ntaps multitrayectos puede expresarse como: [11]

$$Y(t) = \sum_{i=1}^N \sum_{l=1}^{N_{\text{taps}}} c(\phi_i + \Delta\phi_{il}) \alpha_{il} \exp(j2\pi\nu_i t) u_i(t - \tau_{il}) + N(t) \dots\dots\dots (3.1)$$

Donde α_{il} , τ_{il} y ν_i son la amplitud, retardo y frecuencia Doppler del trayecto l -ésimo, $u_i(t)$ es la señal de datos en banda base del usuario i -ésimo, y $N(t)$ es el ruido térmico; ϕ_i es el ángulo incidente en azimut del trayecto principal del usuario i -ésimo y $\Delta\phi_{il}$ es la dispersión azimutal respecto de ϕ_i ; la respuesta del array viene dada por el steering vector de cada uno de los M elementos.

$$c(\phi) = [1 \quad \dots \quad \exp(-j(M-1)\pi\sin\phi)]^T \dots\dots\dots (3.2)$$

La señal de referencia en el receptor se genera a partir de los códigos CDMA usados por los diferentes usuarios. Con esta señal obtendremos los pesos apropiados del array para reducir la interferencia recibida de usuarios no deseados y seguir a la señal deseada. Por tanto, se trata de un esquema de referencia temporal.

Se supondrá que cada usuario utiliza códigos OSVF (Orthogonal Variable Spreading Factor). Gracias a la ortogonalidad entre los códigos de los diferentes usuarios, puede generarse una señal de error $e(t)$ cuya potencia se minimizará con el procesado adaptativo.

Esta señal estará compuesta de la interferencia de otros usuarios y por ruido. Para cada usuario, se correrá la señal recibida con el código correspondiente, se filtra para eliminar la interferencia del resto de usuarios, y se vuelve a correlar la señal filtrada con el mismo código. Esta es la señal de referencia que luego se utilizará para obtener $e(t)$. El algoritmo genera un vector de pesos w , que minimizará la potencia del error $e(t)$ en un número de iteraciones dado, con lo que el haz se conformará adecuadamente para maximizar la relación señal frente a interferencias (SIR).[11]

3.8.1.- Conformación de Haz Adaptativo

Este sería el máximo nivel de inteligencia con que se podría dotar al sistema. En este caso, la salida de cada elemento del array se pondera con un factor de peso cuyo valor se asigna dinámicamente, de modo que se conforma el diagrama de radiación para maximizar algún parámetro de la señal (por ejemplo, la SINR).

De este modo, el diagrama sintetizado habitualmente presentará un lóbulo principal en la dirección del usuario deseado, lóbulos secundarios en las direcciones de las componentes multitrayecto (si se quieren procesar con un receptor Rake) y mínimos (e incluso nulos) de radiación en las direcciones de las fuentes de interferencia. [11]

No siempre será posible eliminar toda la interferencia, ya que el número de fuentes interferentes que se pueden suprimir está directamente relacionado con el número de elementos de la antena.



Fig. 3.47. Situación real de comunicación con terminal móvil.
Fuente: Antenas inteligentes y su desempeño en redes Gireles [11]

Esta técnica requiere el uso de complicados algoritmos, tanto para la detección de las señales deseada e interferente como para la optimización de los pesos que conforman el haz. Estos algoritmos suelen conllevar una gran carga computacional, mientras que deben procesarse en tiempo real, por lo que suponen una seria limitación. [11]

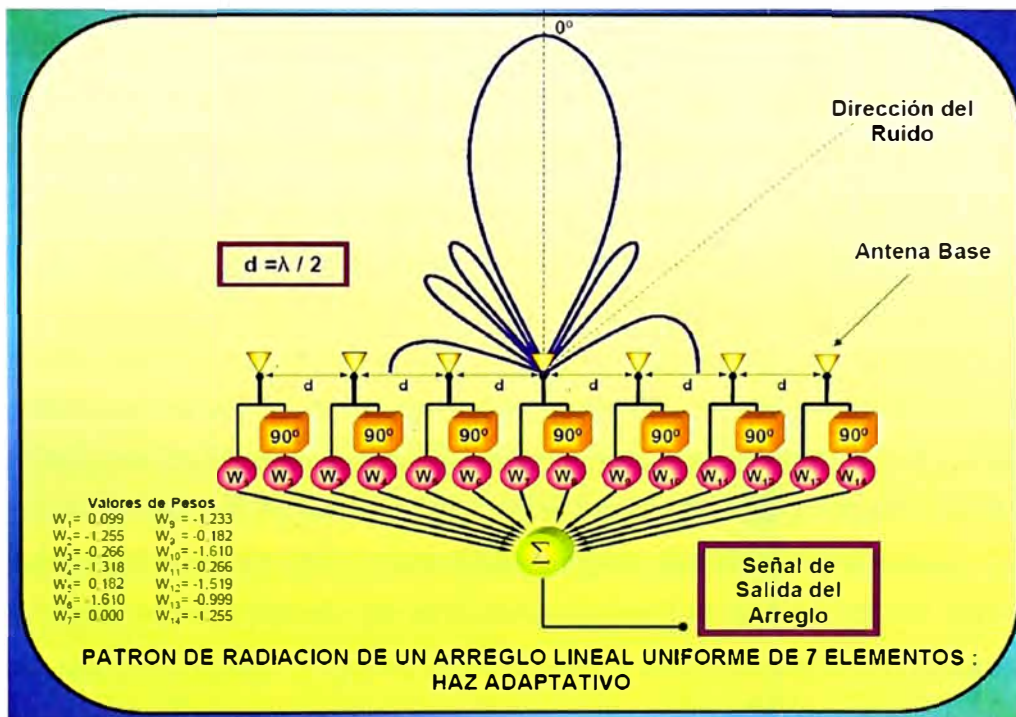


Fig. 3.48. Patrón de radiación en arreglo de siete elementos
Fuente: Antenas inteligentes y su desempeño en redes Gireles [11]

3.9.- Estructura básica de antena inteligente basada en el Nodo B

Un sistema de antena inteligente se compone de una serie de múltiples elementos antena y transceptores con avanzados algoritmos de procesamiento de señales digitales. En lugar de un haz fijo de una antena tradicional, la antena inteligente puede generar dinámicamente múltiples haz, cada uno de ellos señalando a un terminal móvil en particular, y el haz puede adaptarse a seguir una terminal móvil de manera inteligente. En lado de Rx del Nodo B, la formación de haz es espacialmente selectiva de Rx (enlace ascendente) y puede en gran medida reducir la interferencia co-canal de los terminales móviles en diferentes lugares, por lo tanto aumentar la sensibilidad Rx y su capacidad. Puede ser eficaz agregando componentes múltiples para combatir el desvanecimiento del multitrayecto. En el lado de Tx del Nodo B, la formación de haz también es espacialmente selectiva de Tx (enlace descendente) y puede reducir considerablemente la interferencia de co-canal de otros terminales móviles, ahorrando la potencia de salida requerida y dar lugar a mayores capacidades. [16]

- **Estructura de la antena inteligente**

En términos generales, una antena inteligente basada en el nodo B debe ser la que se muestra en la Figura 3.49. Una antena inteligente es un arreglo compuesto de N elementos antena, N cables alimentadores relacionados y N transmisores-receptores en la parte de RF. Mediante el uso de los convertidores A/D o D/A en la banda base analógica (ABB), las señales analógicas de Rx y Tx, se interconectan a la banda base digital (DBB) sobre la parte mas rápida del bus de datos. [16]

- **Principio básico de funcionamiento**

En la figura 3.49, el nodo B está equipado con antenas inteligentes y un procesador digital de señales (DSP) en la banda base digital (DBB). Cuando una señal proviene de un equipo móvil dentro de la cobertura del nodo B, cada elemento antena y el receptor RF, captara dicha señal. Debido a la diferente ubicación de los distintos elementos antena, la fase de la señal de Rx será diferente. En caso de propagación por múltitrayectos, cada trayecto vendrá de diferentes direcciones con diferente amplitud y retardo. Entonces, la señal de Rx de cada elemento antena mostrara diferente fase y amplitud. Después de terminado el proceso en la parte de RF y en el convertidor A/D en la banda base analógica, la señal de Rx digitalizada con la información de la fase y la amplitud se enviará al DSP en la banda base digital. En un sistema celular CDMA, hay muchos equipos móviles trabajando simultáneamente. Las señales de Rx serán la suma de las señales (incluyendo la trayectoria principal y los múltitrayectos), procedentes de todos los equipos móviles activos dentro de la celda y las interferencias procedentes de las celdas cercanas. [16]

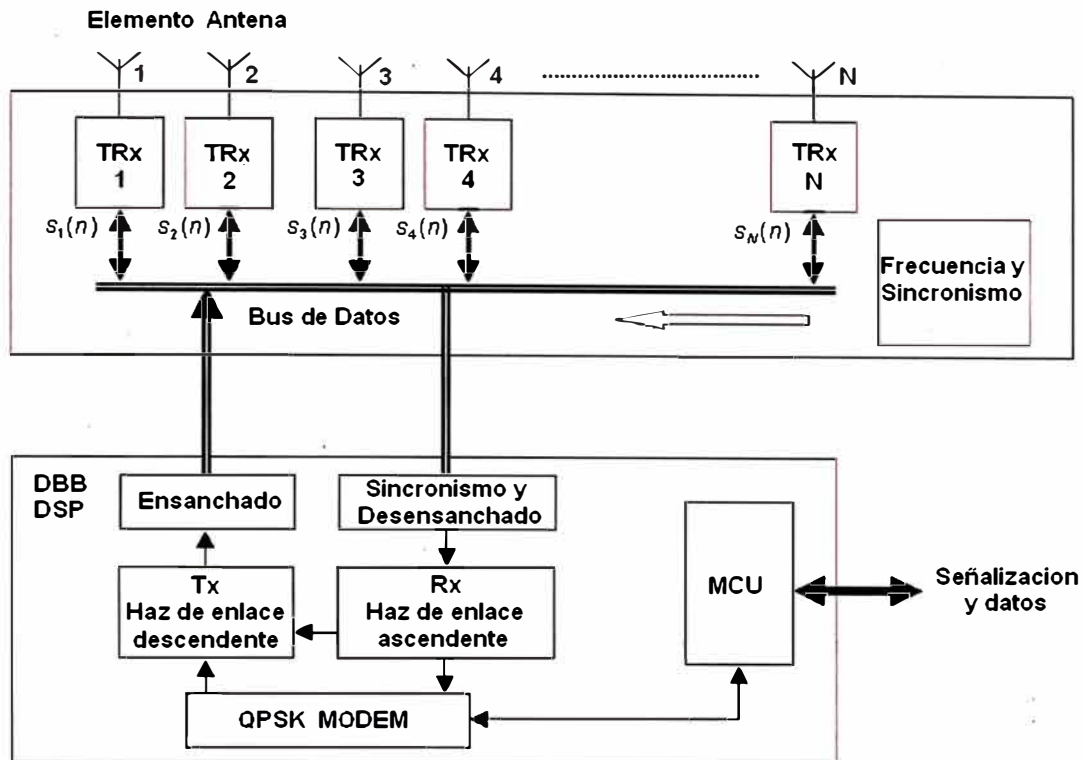


Figura 3.49. Antena inteligente basada en la estructura del nodo B
Fuente: Smart Antenna Technology [16]

Luego vemos que la salida del i -ésimo receptor es $s_i(n)$ en el momento n .

Después de desensancharse, se puede obtener los datos de Rx de cada código de canal como $x_{ji}(l)$ para el l -ésimo símbolo, donde j es el código del j -ésimo canal.

El propósito de la antena inteligente en el enlace ascendente es encontrar la mejor relación $\frac{E_b}{I_0}$, después de la combinación, La señal del l -ésimo símbolo en el código del j -ésimo canal se denota como $X_j(l)$, luego:

$$X_j(l) = \sum_{i=1}^N x_{ji}(l)w_{ij}(l) \dots\dots\dots (3.3)$$

En donde W es la matriz de formación de haz de enlace ascendente con elemento $w_{ij}(l)$.

Muchos algoritmos de formación de haz se pueden encontrar en artículos publicados: MUSIC o ESPRIT son algunos de ellos.

Teóricamente, en la formación de haz del enlace ascendente se pueden sumar todas las señales útiles, mientras se cancelan todas las interferencias por trayectoria múltiple.

El siguiente paso de la antena inteligente es darse cuenta de la formación de haz del enlace descendente. La señal Tx del código j -ésimo canal se denota como $Y_j(l)$ para el l -ésimo símbolo.

Dejamos que el Terminal móvil obtenga la mejor relación $\frac{E_b}{I_0}$, entonces se obtiene de:

$$y_{ij}(l) = \sum_{i=1}^N Y_j(l)u_{ji}(l) \dots\dots\dots (3.4)$$

En donde $y_{ij}(l)$ es la señal de TX en la i-esima antena del l-esimo símbolo en el código del j-esimo; canal U es la matriz de formación de haz de enlace descendente con elemento $u_{ji}(l)$

- **TDD y FDD**

Hay dos modos de duplexacion en IMT2000 RTT: TDD y FDD. [16]

El entorno de propagación de la onda es muy complejo, y está estrechamente relacionado con la frecuencia de trabajo y el tiempo cuando el terminal móvil está en movimiento. Como mencionamos anteriormente, la formación de haz de enlace descendente siempre va seguida por la formación de haz de enlace ascendente. Es muy importante alcanzar rápidamente la formación de haz para capturar la variación del tiempo en la red móvil.

En el sistema TDD, el enlace ascendente y descendente son operados con la misma frecuencia pero con franjas de tiempos diferentes. Esto hace posible usar directamente los resultados de la formación de haz de enlace ascendente (W en la ecuación (3.3)) a la formación de haz de enlace descendente (U en la ecuación (3.4)), debido a la actuación simétrica en la onda de propagación.

En el modo FDD, las diferentes frecuencias portadoras entre el enlace descendente y ascendente en resultados diferentes entornos de propagación de ondas. Teóricamente, para el sistema FDD, no existe un modelo práctico que puede ser usado para prever la propagación del enlace descendente en un entorno real. Lo que uno solo puede hacer es proporcionar un haz de lápiz para que el enlace descendente se centre en la dirección de la terminal móvil. [16]

3.9.1.- Formación de haz

- **La combinación de máxima energía**

Como se muestra en la Figura 2, los arreglos más prácticos utilizados en la antena inteligente es el arreglo circular o lineal. [16]

El arreglo circular es conveniente para el diseño de celdas omnidireccionales mientras que el arreglo lineal es adecuado para el diseño de celdas sectoriales (180° o 120°)

En el arreglo circular vemos que el conjunto se compone de N elementos de antena, donde el primer elemento de antena se encuentra en la posición (R, 0), y el k-esimo

elemento de antena se encuentra en posición $(R \cos\left(\frac{2k\pi}{N}\right), R \sin\left(\frac{2k\pi}{N}\right))$ en orden circular. [16]

En el arreglo lineal el primer elemento de antena (de referencia) se encuentra en la posición de $(0, 0)$, y el k-esimo elemento de antena se encuentra en la posición $(kd, 0)$ en disposición lineal. [16]

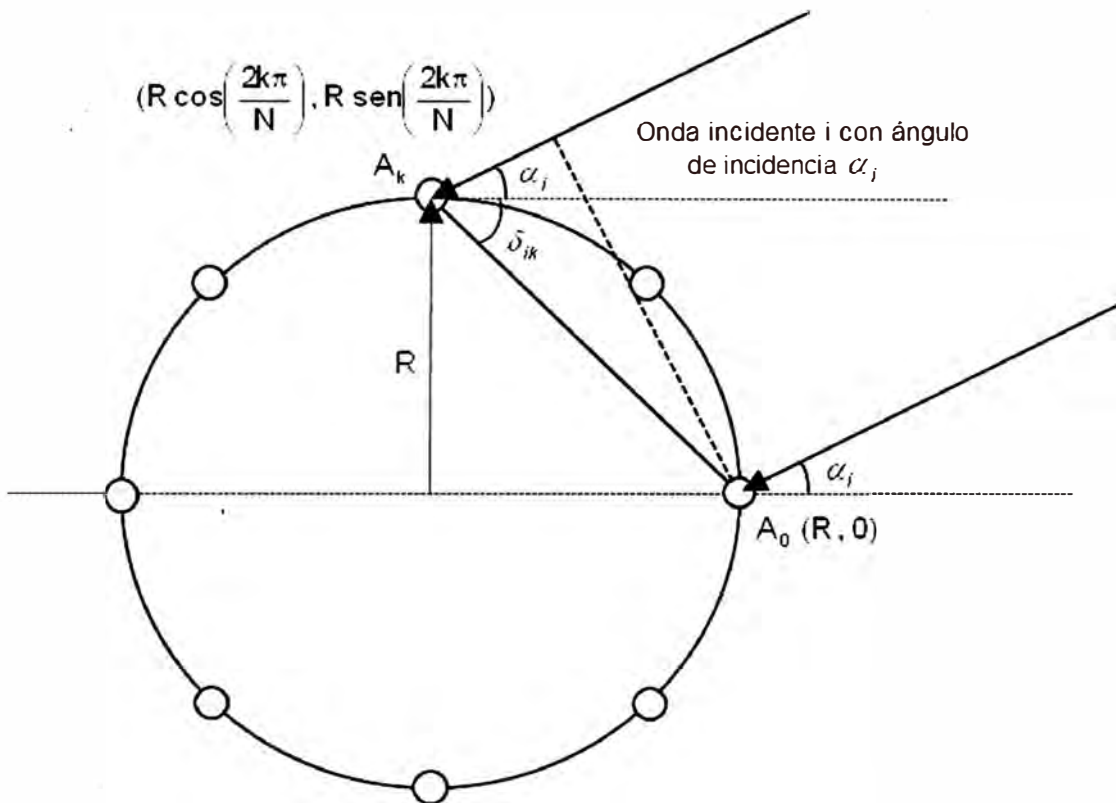


Figura 3.50. Ilustración geométrica de antenas en arreglo circular
Fuente: Smart Antenna Technology [16]

Entonces, cuando una onda incidente i de dirección α_i , para el arreglo circular, la distancia diferencial óptica (D_{ik}) entre el primer y el k-esimo elemento de antena será:

$$D_{ik} = R \cos \delta_{ik} \left[2 \left(1 - \cos \frac{2k\pi}{N} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (3.5)$$

Donde:

R es el radio del arreglo circular;

K=1, 2, 3....., N -1;

N es el número total de elemento de antena.

La onda incidente viene de la dirección α_i como se muestra en la Figura 3.50, y

$$\delta_{ik} = \alpha_i + \pi \left(\frac{1}{2} - \frac{k}{N} \right)$$

Para el arreglo lineal, la distancia diferencial óptica será:

$$D_{ik} = K \cdot d \cos \alpha_i \dots\dots\dots(3.6)$$

Donde:

d es la distancia entre los elementos de antena adyacentes.

Onda incidente i con ángulo de incidencia α_i

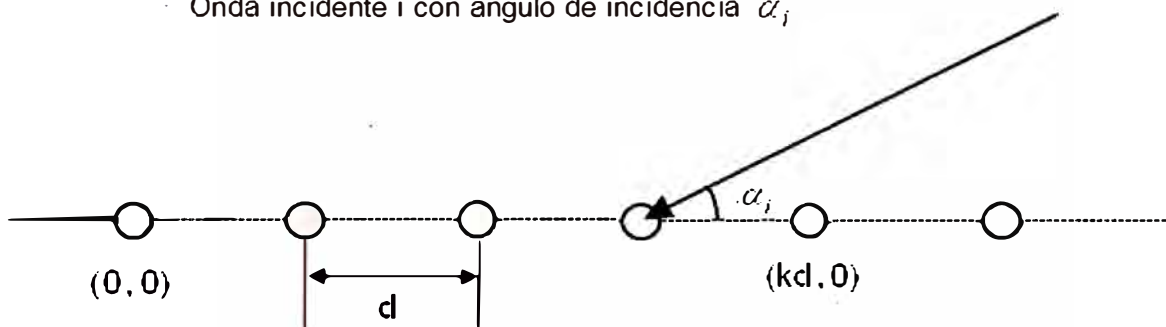


Figura 3.50. Ilustración geométrica de antenas en arreglo circular
Fuente: Smart Antenna Technology [16]

$S_{kj}(n)$ como la señal de Rx del k -ésimo elemento de antena desde el i -ésimo hasta el j -ésimo terminal móvil, entonces:

$$S_{kj}(n) = \sum_i a_{ji}(n) \exp[-j(\omega\tau_{ji} + \varphi_{kji})] \dots\dots\dots(3.7)$$

para el n -ésimo muestreo.

donde:

$a_{ji}(n)$ es la amplitud del i -ésimo hasta el j -ésimo terminal móvil.

τ_{ji} es el tiempo de retardo del i -ésimo hasta el j -ésimo terminal móvil.

φ_{kji} es la diferencia de fases entre el k -ésimo elemento y el elemento de referencia para el i -ésimo hasta el j -ésimo terminal móvil.

$$\varphi_{jik} = \frac{2\pi D_{jik}}{\lambda}$$

Y D_{jik} es la distancia diferencial óptica entre el primer y el k -ésimo elemento antena para el i -ésimo hasta el j -ésimo terminal móvil.

ω es la frecuencia angular y λ es la longitud de onda.

Vamos a designar $S_k(n)$ como la salida total de los k -ésimo receptores en DBB, entonces:

$$S_k(n) = \sum_j S_{kj}(n) \dots\dots\dots(3.8)$$

para el n -ésimo muestreo.

Después de desensancharse en el procesador de DBB, los datos relativos a cada canal de código se obtienen como x_{jk} del símbolo l .

El objetivo de la antena inteligente en el enlace ascendente es encontrar la mejor relación $\frac{E_b}{I_0}$, para la señal de Rx en el DBB.

Vamos a denotar la $x_j(l)$ como la salida de la antena inteligente para el l -ésimo símbolo del j -ésimo terminal móvil, entonces se puede obtener que:

$$X_j(l) = \sum_{k=1}^{N-1} x_{jk} w_{kj} \dots\dots\dots (3.9)$$

En donde W es la matriz de formación de haz de enlace ascendente con elemento w_{kj} .
Teniendo en cuenta el requisito de operación en tiempo real y el nivel actual de la microelectrónica, el algoritmo de combinación de máxima energía es usado en la formación de haz de la siguiente manera:

$$w_{kj} = x_{jk} \dots\dots\dots (3.10)$$

En el modo TDD, como se menciono anteriormente, se calcula el promedio de los datos de la formación de haz de enlace ascendente en 40 símbolos y utilizarlo como el haz de formación de enlace descendente en la matriz directamente.

**CAPITULO IV:
ANALISIS DE COSTOS LA RED UMTS**

Para planificar la red UMTS se aprovechará las instalaciones de la red actual, haciendo previsitas técnicas (TSS) y determinar la posibilidad de utilizar el emplazamiento para UMTS desde el punto de vista de RF e implementación. La parte de implementación estará a cargo la empresa proveedora de los equipos mientras que la parte de RF estará a cargo del Operador y ambas partes deberán plantear modificaciones a los locales con respecto a los criterios de diseño de radiofrecuencia convergiendo en el ahorro de costos y así agilizar el proceso de implementación y puesta en servicio, como son las adecuaciones de infraestructura y los procesos de adquisición de nuevos emplazamientos teniendo en cuenta la calidad de la red.

Los costos para la implementación de la Red UMTS los dividimos en partes:

4.1.- Costos por Equipos UMTS, Infraestructura y Materiales

La Tabla 4.1 refiere a los costos que se tuvo que realizar para implementar 115 Nodos en esta segunda fase en las diferentes EBCs, todos ubicados en el departamento de Lima. También se incluye los materiales de adecuaciones e instalación de parte del sistema UMTS dentro de las EBCs tales como estructura para anclaje, pernos, cables de energía y accesorios, etc.

Tabla 4.1 Costos por equipos UMTS, Infraestructura y materiales de instalación.
Fuente: Elaboración Propia

| EQUIPMENT and MATERIALS | ITEM | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO(\$) | PRECIO TOTAL(\$) |
|--------------------------------------|-------------|-----------------|----------------------------|-------------------------|
| Racks | Type | | | |
| Indoor | FCIA | 10 | 54,000.00 | 540,000.00 |
| Outdoor | FCOA | 25 | 60,000.00 | 1,500,000.00 |
| Indoor/Outdoor | Nodo B | 80 | 50,000.00 | 4,000,000.00 |
| ENERGY | | | | |
| Cables of Energy Transmission | | 115x10x2 | 3.12 x m. | 7,176.00 |
| Conectores Siemens Hembra | Para Flex5 | 115x8 | 4.00 | 3,600.00 |
| Accsesories | | 115 | 4.00 | 3,600.00 |
| SUB TOTAL : | | | | 2 058,376.00 |
| IGV (19%) : | | | | 391,091.44 |
| TOTAL 1 : | | | | 2 449,467.44 |

4.2.- Costos por Servicios de Implementación de la Red UMTS.

En la Tabla 4.2 se indican los costos por servicios prestados para la Implementación de la Red UMTS tales como empresas contratistas que realizaron el montaje de equipos, cableado de energía, de aterramientos, de la transmisión, del sistema de alarmas, del sistema radiante, etc.

También se contempla los costos por los servicios del personal interno de la empresa proveedora y su equipamiento de trabajo.

Tabla 4.2 Costos por servicio de Implementación de la Red UMTS.
Fuente: Elaboración Propia

| TIPO DE SERVICIO | ITEM | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO(\$) | PRECIO TOTAL(\$) |
|---------------------|----------------------------|----------|---------------------|-------------------|
| I&C | SUBCONTRATISTAS | | | |
| | Instalación de Racks | 115x2 | 300.00 | 69,000.00 |
| | Transporte e Izaje Rack | 115x2 | 180.00 | 41,400.00 |
| | Cuadrilla para Izaje Rack. | 115X2 | 91.11 | 20,955.30 |
| | PERSONAL | | | |
| | Comisioner Junior Node B | 5 | 1,500.20 | 7,501.00 |
| | Comisioner Senior Node B | 2 | 5,640.48 | 11,280.96 |
| | Soporte RC | 1 | 5,640.48 | 5,640.48 |
| | TOOLS | | | |
| | TEMS | 5 | 78.75 | 393.75 |
| | Costos menores | | 800.00 | 800.00 |
| Adecuaciones | | | | |
| | Adecuaciones EBC | 115 | 150.00 | 17,250.00 |
| PM | Logística | | | |
| | Almacenista | 2x5 | 700.00 | 7,000.00 |
| | Líder Logística | 1x5 | 4,224.00 | 21,120.00 |
| | Soporte Logística | 1x5 | 400.00 | 2,000.00 |
| | OFICINA | | | |
| | Líder Implementación | 1 | 6,964.48 | 6,964.48 |
| | Líder Adecuación | 1 | 6,964.48 | 6,964.48 |
| | Otros gastos | 5 | 101.14 | 505.70 |
| | | | | |
| SUB TOTAL : | | | | 218,775.85 |
| IGV (19%) : | | | | 41,567.41 |
| TOTAL 2 : | | | | 260,343.26 |

Finalmente se puede resumir el costo total para la implementación de la Red UMTS en la suma de:

$$\text{TOTAL 1} + \text{TOTAL 2} = \$ 2 449,467.44$$

4.3.- Tiempo de Ejecución del Proyecto

El Cliente requiere la implementación de la Red UMTS en Lima con 115 EBC en la banda 850Mhz. durante 3 meses para esta fase del proyecto, con el cual la red UMTS operará en COMERCIAL, prestando el servicio al público con los niveles de cobertura comprometidos al finalizar la segunda fase del proyecto, que a continuación se detallan:

4.3.1.- Diagrama de Tiempos:

Para la implementación de una EBC.

Tabla 4.2 Diagrama de tiempos para la implementación de una EBC.
Fuente: Elaboración Propia

| ACTIVIDADES | TIEMPO EN DIAS | | | | | | | |
|--|----------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| TSS | | | | | | | | |
| Adecuaciones de instalación del Nodo B | | | | | | | | |
| PISM | | | | | | | | |
| Instalación de equipos y sistema radiante | | | | | | | | |
| Comisionamiento, integración y puesta en servicio de la Nodo B | | | | | | | | |
| Aceptación de la EBC por el cliente | | | | | | | | |

Para la realización de estas actividades se necesita tener:

1 Ingeniero que realizaría el TSS, la supervisión de las adecuaciones y el PISM.

1 Ingeniero para la supervisión de la instalación del Nodo B, comisionamiento, integración, puesta en servicio y entrega al cliente de la EBC.

4 técnicos para realizar las adecuaciones y la instalación del Nodo B.

Para la implementación de las 115 EBCs.

Tabla 4.2 Diagrama de tiempos para la implementación de las 115 EBCs.
Fuente: Elaboración Propia

| ACTIVIDADES | TIEMPO EN MESES | | |
|--|-----------------|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| TSS | | | |
| Adecuaciones de instalación del Nodo B | | | |
| PISM | | | |
| Instalación de equipos y sistema radiante | | | |
| Comisionamiento, integración y puesta en servicio del Nodo B | | | |
| Aceptación de la EBC por el cliente | | | |

Para cumplir con los plazos comprometidos se dispuso:

6 Ingenieros incluido el PM del área encargados de los TSS, la supervisión de las adecuaciones y el PISM.

6 Ingenieros incluido el PM del área encargados de la supervisión de la instalación del Nodo B, comisionamiento, integración, puesta en servicio y entrega al cliente de la EBC.

35 cuadrillas (cada cuadrilla formada por 2 técnicos) para realizar las adecuaciones y la instalación del Nodo B.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar el trabajo de Implementación de la Red UMTS cumpliendo los plazos comprometidos por la empresa Provedora, llegamos a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- 1.- Para poder instalar los equipos UMTS finalmente se tuvo que desmontar los equipos que estaban apagados, reutilizando la infraestructura útil y realizando adecuaciones necesarias para los equipos 3G.
- 2.- En los lugares donde no había cobertura, se mejoro la calidad de la llamada, con la puesta en servicio de los Nodo B. (antes eran con interferencia o no había cobertura por lo tanto no se podía realizar llamadas).
- 3.- Al finalizar el plazo establecido de la entrega de las 115 EBCs en servicio comercial, se realizo el drive test correspondiente, por parte del área de planeamiento, observándose en el, los niveles de recepción y transmisión óptimos comprometidos con el cliente.
- 4.- En el desarrollo de las telecomunicaciones, los operadores de telefonía móvil han encontrado inconvenientes en la prestación de servicios debido al subdimensionamiento de las redes, provocando problemas de: capacidad, cobertura e interferencia. Una de las soluciones actuales son los Sistemas de Antenas Inteligentes, que propone el intercambio de tráfico fluido entre el terminal móvil (usuario) y estación base.
- 5.- A pesar del incremento en el número de usuarios, la interferencia entre celdas adyacentes no sería un problema, debido al enfoque y directividad de los haces radiados, por los algoritmos utilizados en la tecnología de antenas inteligentes, los cuales son flexibles y pueden ser programados de manera que las antenas enfoquen sus señales en determinadas zonas.
- 6.- El costo y complejidad asociado a la infraestructura telefónica y el cableado tradicional ha resultado un inconveniente en las comunicaciones y se espera en un futuro no muy lejano la implementación de esta tecnología, para lo cual las empresas que brindan el servicio se vean involucradas en el desarrollo de las mismas para el beneficio de todos los usuarios. La tecnología de antenas inteligentes es una solución de bajo costo para el Nodo B.

7.- Es necesario visitar las estaciones base en donde se prevé el diseño de la red para la toma de datos relevantes como coordenadas geográficas, alturas sobre el nivel del mar, y compararlas con programas especializados que permita verificar la congruencia entre ambos procedimientos, ya que es probable que exista variaciones y una estación base con cobertura no definida produce brechas entre celdas que determinarían en vacíos e interrupciones en la conexión a la red; o solapamiento entre las mismas celdas, que mermarían el alcance del sistema y no permitiría su desempeño total, provocando molestias en los clientes.

**ANEXO A
GLOSARIO**

GLOSARIO

| | |
|----------------|--|
| 2G | Segunda generación de Tecnologías móviles. |
| 3G | Tercera generación de Tecnologías móviles. |
| 3GPP | Third Generation Partnership Project |
| A/D | Analog to Digital (Conversor Analógico a Digital). |
| AuC | Centro de autenticación en una red GSM |
| BNC | Código de número B |
| BSC | Base Station Controller, controlador de estaciones base. |
| BSS | Base Station Subsystem, subsistemas de estaciones base. |
| BTS | Base Tranceiver Station, estación base transceptora. |
| BTSE | Base Tranceiver Station Equipment. |
| C/I | Relación de interferencia co-canal. |
| CDMA | Code Division Multiple Access, Acceso múltiple por división de código. |
| CDMA 1X | CDMA con alta velocidad de transmisión de voz y data. |
| D/A | Digital to Analog (Conversor Digital a Analógico) |
| DECT | Telefonía inalámbrica digital mejorada |
| DoA | Direction of Arrival (Algoritmo de estimación de llegada) |
| DSP | Procesamiento digital de señales |
| EDGE | Enhanced Data Rates for GSM Evolution, la evolución de los sistemas de telefonía móvil GSM. |
| EIR | Registro de identidades de equipos (IMEIs) en una red GSM |
| ETSI | European Telecommunications Standards Institute |
| FCIA | Flexi Cabinet for Indoor (Gabinete Flexi para Interior) |
| FCOA | Flexi Cabinet for Outdoor (Gabinete Flexi para Exterior) |
| FDD | Dúplex por división en frecuencia |
| FPMA | Modulo de Potencia Flexi |
| GMSC | Central de conmutación móvil (MSC) empleada como pasarela con otras redes de telefonía (móviles o no). |
| GPRS | Gestión y Provisión de Servicios de Red |
| GPS | Sistema mundial de determinación de posición |
| GSM | Sistema global de comunicaciones móviles. |
| HLR | Base de datos de gestión de usuarios móviles. |
| IMT | Nombre dado por ITU al conjunto de estándares de telecomunicaciones móviles de tercera generación |
| ISDN | Red digital de servicios integrados |
| LMS | Least Mean Squares |

| | |
|-----------------|--|
| LOS | Línea de vista, o visión directa, es una condición de funcionamiento en la que existe un trayecto directo libre de obstáculos entre el usuario y la estación base de un sistema inalámbrico. |
| MSC | Centro de conmutación móvil. |
| NMS | Sistema de gestión de red. |
| NSS | Network Switching Subsystem, sub sistema de conmutación de redes. |
| O&M | Operación y mantenimiento |
| PDA | Asistente digital personal |
| PSTN | Red telefónica pública conmutada |
| PISM | Pre Installation Site Meeting, supervisión previo a la instalación. |
| RDSI | Red Digital de Servicios Integrados |
| RF | Radio Frequency, radio frecuencia. |
| RSS | Radio Subsystem, sub sistema de radio móvil. |
| SGSN | Nodo para el control de la red GPRS. |
| TDMA | Time Division Multiplexing Acces, Acceso múltiple por división de tiempo |
| TSS | Thechnical Site Survey, estudio técnico de campo. |
| UIT | Unión Internacional de Telecomunicaciones |
| UMTS | Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles |
| UTP | Cable trenzado sin blindaje |
| UTRA-FDD | Red de acceso en la variante FDD del UMTS |
| UTRA-TDD | Red de acceso en la variante TDD del UMTS |
| UWC | Sistema de tercera generación basado en la evolución de Sistemas IS |
| UWCC | Organización que junto a la TIA promueve y estandariza el UWC |
| VHE | Entorno doméstico virtual. |
| VLR | Es una base de datos que contiene información de usuarios que no son abonados locales. |
| VOIP | Tecnología de transmisión de voz a través de redes IP |
| WAP | Protocolo para aplicaciones inalámbricas |
| WCDMA | Wideband Code Division Multiple Access, Acceso Múltiple de Banda Ancha por División de Código |

BIBLIOGRAFIA

- [1]: Mimo en comunicaciones móviles Cáp. 3 Pág. 110-112
<http://bieec.epn.edu.ec:8180/dspace/bitstream/123456789/1417/3/T11378%20CAP%20III.pdf>
- [2]: Hacia la tercera generación, Betsy Rojas.
Universidad Centro Occidental "Lisandro Alvarado"
http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No8/Betsy%20Rojas%5CBetsyRojas_3G.html
- [3]: Marco teórico conceptual Cáp. 3 Pág. 40-43
http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/monografias/ingenie/molina_nc/cap03.pdf
- [4] Sistema y telemática, revista de la facultad de ingeniería universidad Icesi, Pág. 32
http://bibliotecadigital.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/item/889/1/sistele4.pdf
- [5] Descripción de UMTS
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/lopez_g_j/capitulo2.pdf
- [6] Capitulo 1 Estructura de la red UMTS
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/fajardo_p_d/capitulo1.pdf
- [7] Capitulo 1 Introducción, motivaciones y objetivos
http://www.tdr.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0529101-075144//2CAPITOL1.pdf
- [8] Planificación, Diseño y Dimensionado de Redes Móviles Redes UMTS, Pág. 10
<http://www.tlmat.unican.es/siteadmin/submaterials/234.pdf>
- [9] Planificación de sistemas UMTS mediante sistemas de información geográfica
<http://dspace.upv.es/xmlui/bitstream/handle/10251/2902/tesisUPV1930.pdf?sequence=>
- [10] Cáp. 4 antenas inteligentes
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15/11/Capitulo4.pdf>
- [11] Antenas inteligentes y su desempeño en redes Wíreless
Síntesis Tecnológica. V.3 N° 2 (2007)
<http://mingaonline.uach.cl/pdf/sintec/v3n2/art05.pdf>
- [12] Estudio sobre las Prestaciones de Antenas Inteligentes en Sistemas de Comunicaciones Móviles de Tercera Generación (UMTS) 2004 E.T.S.I. de Telecomunicación, Madrid-ESPAÑA
<http://www.freelibros.com/2011/01/estudio-sobre-las-prestaciones-de-antenas-inteligentes-en-sistemas-de-comunicaciones-moviles-de-tercera-generacion-umts.html>
- [13] Final Report on Semi-Smart Antenna Technology Project, Julio 2006
Department of Electronic Engineering, Queen Mary, University of London Prof Clive Parini
<http://stakeholders.ofcom.org.uk/binaries/research/technology-research/finalb.pdf>

[14] Manual de instalación de Flexi WCDMA BTS Nodo B, 2008.

[15] IntelliCell[®] : A Fully Adaptive Approach to Smart Antennas
<http://www.arraycomm.com/docs/intellicell.pdf>

[16] Smart Antenna Technology
TSG-RAN Working Group 1 (Radio) meeting #5
Cheju, South Korea, June 1~4th, 1999
http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/wg1_r1/TSGR1_05/Docs/Pdf/r1-99623.pdf