

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA**

**“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS QUE
OFRECEN LAS FEMTOCELAS DENTRO DE UNA RED
MULTISERVICIOS 3G DE TELEFONÍA MÓVIL”**

ROBERTO ANDRÉS ROCA ROJAS

SANGOLQUÍ - ECUADOR

2012

CERTIFICACIÓN

Por medio de la presente certificamos que el proyecto de grado, previo a la obtención del título en Ingeniería Electrónica, titulado “**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS QUE OFRECEN LAS FEMTOCELDAS DENTRO DE UNA RED MULTISERVICIOS 3G DE TELEFONÍA MÓVIL**”, fue desarrollado en su totalidad por el señor: ROBERTO ANDRÉS ROCA ROJAS.

ATENTAMENTE,

Ing. Darwin Aguilar

DIRECTOR

Ing. Freddy Acosta

CODIRECTOR

RESUMEN

El presente proyecto busca la evaluación de las características y ventajas que ofrecen las femtoceldas dentro de una red multiservicios 3g de telefonía móvil, como una solución innovadora y de última tecnología. Su desarrollo se llevará a cabo evaluando con toda la documentación respectiva el sistema y valorando los resultados obtenidos.

Se podrá observar detalladamente la teoría en general sobre las Femtoceldas o Small-Cells.

Se investigarán las características de las Femtoceldas Alcatel-Lucent; sus ventajas, arquitectura, rango de frecuencias de trabajo, así como también los posibles escenarios de instalación y despliegue de las mismas.

Adicionalmente se analizarán los servicios que se pueden implementar con las Femtoceldas Alcatel-Lucent.

DEDICATORIA

Quiero dedicar todo este proyecto y toda mi carrera de Ingeniería a mi Familia, A mi Padre y a mi Madre que son la cabeza del hogar y el ejemplo vivo a seguir, gracias a todo su amor, esfuerzo y sacrificio estoy acá, a mis Hermanitos Juanpi y Emily que siempre han estado conmigo apoyándome y cuidándome, a mi flaca bella que con su amor incondicional ha estado conmigo siempre y en todo lado, finalmente agradezco también a todas las personas que aportaron en mi vida.

Para todos ustedes con mucho amor.

R³

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero agradecer a Dios Padre Todopoderoso por sus bendiciones.

Quiero agradecer de forma especial a mi Papi y a mi Mami porque siempre están y han estado en todo y para todo conmigo, por todo su amor, sacrificio y apoyo incondicional que siempre me han brindado.

Quiero agradecer también de forma especial a mis ñaños Juanpi y Emily porque más que hermanos son mis mejores amigos, por todo su apoyo y ayuda.

A mis Tutores y Maestros, Director y Co – Director de tesis, por todo su apoyo, enseñanzas y por hacer de la ESPE una de las mejores Escuelas Politécnicas de nuestro Ecuador.

A la multinacional Alcatel – Lucent del Ecuador por acogerme desde que inicié profesionalmente, además por toda las y enseñanzas experiencia adquiridas para llegar a ser un buen Ingeniero y Jefe.

ROBERTO ANDRÉS ROCA ROJAS

PROLOGO

Para contribuir a garantizar la calidad de las comunicaciones en lugares como interiores del hogar digital, edificios inteligentes o zonas públicas como centros comerciales e incluso en zonas rurales en los que la cobertura móvil no es óptima, la industria ha desarrollado unas estaciones base en miniatura (Small-Cells o femtoceldas) que complementan eficientemente la función de las estaciones bases convencionales.

Para todo esto, Alcatel-Lucent ha desarrollado una familia de Small-Cells que suministran capacidad de red dedicada a hogares digitales, empresas y puntos de conexión inalámbrica (WiFi) en ciudades, de forma eficiente y efectiva en costos.

Estas pequeñas celdas se han convertido en el aliado perfecto de los operadores de telecomunicaciones que, por razones de costos y de agilidad en el despliegue en comparación con la instalación de nuevas estaciones base convencionales, prefieren este complemento para gestionar adecuadamente el creciente volumen de tráfico de voz y datos que fluye por sus infraestructuras 3G.

CAPÍTULO 1: En este capítulo se describe la introducción al presente proyecto.

CAPÍTULO 2: Este capítulo trata en general sobre los aspectos básicos y conceptos generales de las femtoceldas, así como también describe los distintos tipos de tecnologías que éstas usan.

CAPÍTULO 3: En el siguiente capítulo se describirán las femtoceldas Alcatel-Lucent, así como también la arquitectura básica que manejan estos equipos y su interacción en las redes de 2G y 3G, se tratará también sobre las posibles limitaciones con este tipo de equipos.

CAPÍTULO 4: En este capítulo se trata sobre los tres tipos de soluciones y los servicios que ofrecen las femtoceldas Alcatel-Lucent.

CAPÍTULO 5: Finalmente en éste capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se ha llegado tras la finalización de toda la investigación del proyecto.

ANEXOS: En ésta parte se muestran los brochures de los equipos Alcatel-Lucent, White Papers y documentación de apoyo para complemento final del presente trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
PRÓLOGO.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIII
GLOSARIO.....	XIV

ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDOS	x
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II	5
FEMTOCELDAS O SMALL CELLS	5
2.1 Breve reseña histórica	5
2.2 La cobertura en sitios interiores	6
2.3 Qué son las Femtoceldas?	9
2.4 Aspectos básicos ventajas y características de las femtoceldas	10
2.5 La necesidad de usar Femtoceldas.....	11
CAPÍTULO III	13
FEMTOCELDAS ALCATEL-LUCENT	13
3.1 Descripción de las Femtoceldas Alcatel-Lucent	13
3.2 Modelos de Femtoceldas Alcatel-Lucent	14
3.2.1 Aspectos básicos de las Femtoceldas Alcatel-Lucent.....	16
3.3 Características Generales de las Femtoceldas Alcatel-Lucent	17
3.4 Características específicas para aplicaciones públicas y empresariales	20
3.4.5 Interfaces de conexión.....	22
3.4.6 LEDs Indicadores	23
3.5 Arquitectura básica de una red Femto.....	23

CAPÍTULO IV	27
SERVICIOS Y SOLUCIONES QUE OFRECEN LAS FEMTOCELDAS ALCATEL-LUCENT.....	27
4.1 Solución Home-Cell 9361	27
4.1.1 Beneficios.....	28
4.1.2 Características principales	28
4.1.3 Posible esquema de conexión Home-Cell	33
4.2 Solución Enterprise-Cell 9362.....	35
4.2.1 Beneficios.....	36
4.2.2 Características principales	36
4.2.3 Posible esquema de conexión Enterprise-Cell	39
4.3 Solución Metro-Cell	40
4.3.1 Metro-Cell Indoor 9363	40
4.3.3 Metro-Cell Outdoor 9364	43
4.3.5 Posible esquema de conexión Metro-Cells Indoor Outdoor	46
4.3.6 Cuadro comparativo de los 4 tipos de soluciones de Femtoceldas Alcatel-Lucent	47
CAPÍTULO V	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
5.1 CONCLUSIONES:	49
5.2 RECOMENDACIONES:	50

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3.1. Interfaces de Conexión de las Small-Cells Alcatel-Lucent.....	22
TABLA 3.2. Descripción de LEDs de las Small-Cells Alcatel-Lucent.....	23
TABLA 4.1. Interfaz Ethernet Home-Cell 9361.....	31
TABLA 4.2. Bandas de Frecuencia de operación Home-Cell 9361.....	32
TABLA 4.3. Parámetros de Radio Home-Cell 9361.....	33
TABLA 4.4. Resumen de las características de las Enterprise-Cell 9362.....	39
TABLA 4.5. Resumen de las características de las Metro-Cell indoor 9363.....	43
TABLA 4.6. Resumen de las características de las Metro-Cell outdoor 9364.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1.- La necesidad de conectividad en cualquier lugar.....	1
FIGURA 1.2.- Soluciones en cuanto a Femtoceldas Alcatel-Lucent.....	3
FIGURA 1.3.- La Industria ha cobrado impulso con el éxito de los datos para móviles.....	3
FIGURA 2.1. Perspectiva general de una red móvil con femtoceldas.....	8
FIGURA 2.2. Pronóstico del mercado global de Femtoceldas.....	10
FIGURA 3.1. Home-Cell 9361 V2 1900-850MHz Alcatel-Lucent.....	14
FIGURA 3.2. Enterprise-Cell 9362 1900-850MHz Alcatel-Lucent.....	14
FIGURA 3.3. Metro-Cell Indoor 9363 1900-850MHz Alcatel-Lucent.....	15
FIGURA 3.4. Metro-Cell Outdoor 9364 1900-850MHz Alcatel-Lucent.....	15
FIGURA 3.5. Arquitectura básica de una red Femto Alcatel-Lucent.....	24
FIGURA 3.6. Funcionamiento de la Femtocelda Alcatel-Lucent.....	24
FIGURA 4.1. Vista Frontal de la Home-Cell 9361 V2 1900-850MHz Alcatel-Lucent.....	29
FIGURA 4.2. Vista Posterior de la Home-Cell 9361 V2 1900-850MHz Alcatel-Lucent.....	30
FIGURA 4.3. Integración de la Home-Cell 9361 Alcatel-Lucent en la Red UMTS.....	34
FIGURA 4.4. Vista Frontal de la Enterprise-Cell 9362 1900-850MHz Alcatel-Lucent.....	37
FIGURA 4.5. Vista Posterior de la Enterprise-Cell 9362 1900-850MHz Alcatel-Lucent.....	38
FIGURA 4.6. Integración de la Enterprise-Cell 9362 Alcatel-Lucent en la Red UMTS.....	40
FIGURA 4.7. Vista Frontal de la Metro-Cell indoor 9363 1900-850MHz Alcatel-Lucent.....	42
FIGURA 4.8. Vista Inferior de la Metro-Cell indoor 9363 1900-850MHz Alcatel-Lucent.....	42
FIGURA 4.9. Vista Frontal de la Metro-Cell outdoor 9364 1900-850MHz Alcatel-Lucent.....	45
FIGURA 4.10. Vista Inferior de la Metro-Cell outdoor 9364 1900-850MHz Alcatel-Lucent.....	46
FIGURA 4.11. Integración de las Metro-Cells Indoor 9363 y Outdoor 9364 Alcatel-Lucent en la Red UMTS.....	47

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. BROCHURE: Alcatel-Lucent Small Cell Solution.....	52
ANEXO 2. BROCHURE: Alcatel-Lucent 9360 Small Cell Solution for the Home.....	63
ANEXO 3. BROCHURE: Alcatel-Lucent 9360 Small Cell Solution for the Enterprise.....	72
ANEXO 4. DATASHEET: Alcatel-Lucent 9363 Metro Cell Indoor V2 - 1900/850MHz For the American Market.....	83
ANEXO 5. DATASHEET: Alcatel-Lucent 9364 Metro Cell Outdoor V2 - 2100MHz For the European Market.....	86
ANEXO 6. OVERVIEW: The business case for residential small cells as part of a High Leverage Network.....	89
ANEXO 7. STRATEGIC WHITE PAPER: Metro Cells a cost-effective option for meeting growing capacity demands.....	94
ANEXO 8. FEATURE PLANNING GUIDE BCR 2.2: Base Station Router Femto.....	105

GLOSARIO

3GPP: Third Generation Partnership Project

AAA: Authorisation, Authentication and Accounting

AC/DC: Alternative Current / Direct Current

ACL: Access Control List

ACS: Auto Configuration Server

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line

ADSL2+: Enhanced ADSL

ALSMS: Alcatel-Lucent Security Management System

BCH: Broadcast Channel

BCR: BSR Cluster Release

BPG: BSR Packet Gateway

BRR: Block Resource Request

BRRC: Block Resource Request Component

BRRM: Block Resource Request Module

BSG: BSR Signalling Gateway

BSR: Base Station Router

BSR-CP: BSR - Call Processing

BVG: BSR Voice Gateway

CAPEX: Capital Expenditure

CN: Core Network

CPE: Customer Premises Equipment

CPLD: Complex Programming Logic Device

CS: Circuit Switched

CSM: Customer Support Manager

CSR: Customer Service Representative

DCH: Dedicated Channel

DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

DL: Downlink

DNS: Domain Name Server

DoS: Denial of Services

DPCCH: Dedicated Physical Control CHannel

DSL: Digital Subscriber Line

EDCH: Enhanced Dedicated CHannel

FACH: Forward Access CHannel

FAL: Femto Adaptation Layer

fBSR: femto Base Station Router

FDD: Frequency Division Duplex

FTP: File Transfer Protocol

FTTH: Fiber To The Home

FTTU: Fiber To The User

FXS: Foreign eXchange Subscriber

GGSN: Gateway GPRS Support Node

GPRS: General Packet Radio Service

GSM: Global System for Mobile communications

H-BSR: Home- Base Station Router

HDM: Home Device Manager

HDMS: Home Device Management System

HGW: Home Gateway

HLR: Home Location Register

HS-DSCH: High Speed Downlink Shared Channel

HSDPA: High Speed Downlink Packet Access

HSPA: High Speed Packet Access

HSUPA: High Speed Uplink Packet Access

IMS: IP Multimedia Subsystem

IMSI: International Mobile Subscriber Identity

IP: Internet Protocol

IPSec: IP Security

IRP: Information Routing Protocol

ISP: Internet service provider

ITU: International Telecommunications Union

IUCC: USIM Integrated Circuit Card

LAC: Location Area Code

LAN: Local Area Network

LDAP: Lightweight Directory Access Protocol

MIB: Model Information Base

MIP: Mobile Internet Protocol

MNC: Mobile Network Code

MNO: Mobile Network Operator

MSC: Mobile Switching Centre

MSIN: Mobile Subscriber Identification Number

MSISDN: Mobile Station ISDN Number

MTP: Managed Transport Network

NAT: Network Access Translation

NE: Network Element

NOC: National Operations Centre

NSP: Network Service Platform

NTP: Network Time Protocol

OAM: Operation, Administration and Maintenance

OLCS: OnLine Customer Support

OPEX: Operational Expenditure

PBX: Private Branch eXchange

PCH: Paging CHannel

PDP: Packet Data Protocol

PPP: Point to Point Protocol

PRACH: Physical Random Access CHannel

PS: Packet Switch

PSC: Primary Scrambling Code

PSTN: Public switched telephone network

QOS: Quality of Service

RAC: Routing Area Code

RACH: Random Access CHannel

RANAP: Radio Access Network Application Part

RB: Radio Bearer

REALM: Requirements/Execution Availability Logistics Module

RF: Radio Frequency

RFC: Request For Comments

RNC: Radio Network Controller

ROC: Regional Operations Centre

RPC: Remote Protocol Call

RRC: Radio Resource Control

RSSI: Received Signal Strength Indicator

RTP: Real-Time Transport Protocol

SAM: Service Aware Manager

SCTP: Stream Control Transmission Protocol

SDM: Software and Database Manager

SFTP: Secure File Transfer Protocol

SGSN: Serving GPRS Support Node

SGW: Signalling Gateway

SIR: Signal to Interference Radio

SMC: Service Management Client

SMG: System Management Solutions

SNMP: Simple Network Management Protocol

SPI: Security Parameter Index

SRD: System Requirements Documents

TCP: Transmission Control Protocol

TEP: Tunnel End Point

TMSI: Temporary Mobile Subscriber Identity

TR-069: Technical Report Number 69 (ASDLWold)

TSSI: Transmitted Signal Strength Indicator

TT: Trouble ticketing

UDP: User Datagram Protocol

UE: User Equipment (Terminal)

UEMeas: User Equipment Measurement

UI: User Interface

UL: Uplink

UMTS: Universal Mobile Terrestrial System

URL: Uniform Resource Locator

USIM: Universal Subscriber Identity Module

UTRAN: Umts Terrestrial Radio Access Network

VoIP: Voice over IP

VPC: Virtual Private Channel

VPN: Virtual Private Network

W-CDMA. Wideband Code Division Multiple Access

WAN: Wide Area Network

WLAN: Wide Local Area Network

WMS: W-CDMA Managment System

WMS for Small Cell: Wireless Management System for Small Cell

WNMS: W-CDMA Network Managment System

WPS: Wireless Provisioning System

WS: Web Services

WSDL: Web Services Description Language

XML: eXtended Markup Language

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La introducción de nuevos dispositivos inalámbricos como: smartphones, netbooks y tablets PC, ha transformado el patrón de consumo de los servicios de telecomunicaciones, el cual, ha sido el causante de la explosión del incremento del uso de las redes de banda ancha móvil de los operadores, que deben responder a la demanda de sus clientes con nuevos tipos de servicios multimedia en cualquier momento y en cualquier lugar, incluso dentro de los edificios y hogares.



Figura 1.1.- La necesidad de conectividad en cualquier lugar [H].

Si bien es cierto, los operadores mejoran constantemente la capacidad de sus redes para acomodarlas a los constantes incrementos de tráfico, la realidad demuestra que las tradicionales arquitecturas de red serán incapaces de gestionar, eficiente y económicamente, el creciente tráfico extra de datos que fluirá por ellas.

Incluso con la incorporación de nuevos emplazamientos radio será difícil garantizar la cobertura al creciente colectivo de usuarios de servicios de datos que compiten por el mismo espectro, una realidad que limita la calidad del servicio en tales localizaciones [1].

Con el fin de garantizar la calidad de las comunicaciones, los operadores de telecomunicaciones recurren al uso de Small-Cells o femtoceldas, pequeñas estaciones base que sirven de complemento a las estaciones base convencionales y que son el más innovador exponente de la convergencia fijo-móvil en las redes de acceso [2].

Para contribuir a garantizar la calidad de las comunicaciones en lugares como interiores del hogar digital, edificios inteligentes o zonas públicas como centros comerciales e incluso en zonas rurales en los que la cobertura móvil no es óptima, la industria ha desarrollado unas estaciones base en miniatura (Small-Cells o femtoceldas) que complementan eficientemente la función de las estaciones bases convencionales.

Para todo esto, Alcatel-Lucent ha desarrollado una familia de Small-Cells que suministran capacidad de red dedicada a hogares digitales,

empresas y puntos de conexión inalámbrica (WiFi) en ciudades, de forma eficiente y efectiva en costos.



Figura 1.2.- Soluciones en cuanto a Femtoceldas Alcatel-Lucent [H].

Estas pequeñas celdas se han convertido en el aliado perfecto de los operadores de telecomunicaciones que, por razones de costos y de agilidad en el despliegue en comparación con la instalación de nuevas estaciones base convencionales, prefieren este complemento para gestionar adecuadamente el creciente volumen de tráfico de voz y datos que fluye por sus infraestructuras 3G.

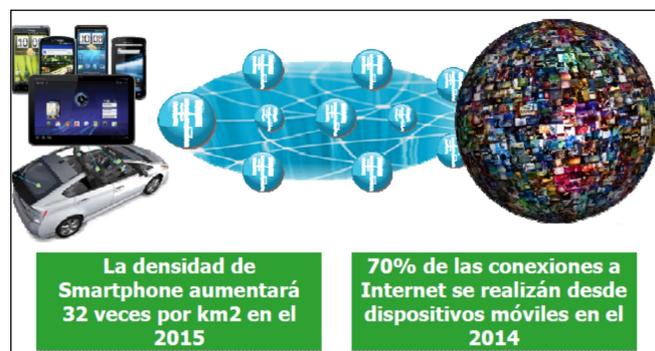


Figura 1.3.- La Industria ha cobrado impulso con el éxito de los datos para móviles [H].

Cabe recalcar que el presente proyecto busca la evaluación de las características y ventajas que ofrecen las femtoceldas dentro de una red multiservicios 3g de telefonía móvil, como una solución innovadora y de última tecnología. Su desarrollo se llevará a cabo evaluando el sistema y valorando los resultados obtenidos, así como también:

- Se va a investigar la información general sobre las femtoceldas o Small-Cells.
- También se va a investigar sobre las características de las femtoceldas; sus ventajas, arquitectura, escenarios espectrales y aspectos económicos.
- Evaluar las características y ventajas de las Femtoceldas Alcatel-Lucent.
- Finalmente se van a analizar los servicios que se pueden implementar con las Femtoceldas Alcatel-Lucent.

CAPÍTULO II

FEMTOCELDAS O SMALL CELLS

Este capítulo trata en general sobre los aspectos básicos y conceptos generales de las femtoceldas, así como también describe los distintos tipos de tecnologías que éstas usan.

2.1 Breve reseña histórica

El concepto de estación base doméstica, fue estudiado por primera vez por los laboratorios Bell de Alcatel-Lucent en 1999.

En el 2002 Motorola anunció la primera estación base doméstica basada en 3G.

Sin embargo, no fue hasta el año 2005 que el concepto de estación base doméstica empezó a ganar mucha aceptación, por lo que en el 2006, se acogió el término de femtoceldas.

En diciembre del 2008, el foro incluye más de 100 equipos de telecomunicaciones y proveedores de software, operadores móviles, proveedores de contenidos y empresas con grandes posibilidades de crecimiento.

En este mismo año el HNB (Home Nodo B) y el HeNB (Home eNodo B) se introdujeron por primera vez en la 3GPP Release 8, señalando que ésta se había convertido en una red inalámbrica convencional de acceso.

Actualmente, la puesta en marcha de redes LTE, incluye el despliegue de macroceldas para ambiente outdoor y femtoceldas para la parte indoor.

2.2 La cobertura en sitios interiores

La cobertura se refiere al área geográfica que cubre una estación de telecomunicaciones específica.

Las estaciones transmisoras y las distintas compañías de telecomunicaciones generan varios mapas de cobertura, lo cuales indican a sus usuarios el área en la cual ofrecen sus servicios.

En las redes de telefonía móvil, aproximadamente las dos terceras partes de llamadas de voz y más del 90% de los servicios datos ocurren en el interior, es decir dentro de edificios, casas, oficinas, centros comerciales, etc.

Es de extrema importancia para las operadoras de telefonía móvil proveer una buena cobertura en interiores, no solo para voz sino también para video y servicios de datos de alta velocidad que ahora se están convirtiendo en algo muy importante.

Sin embargo algunas encuestas y estudios muestran que el 45% de los hogares y el 30% de las empresas, experimentan el problema de la deficiente cobertura en sitios interiores.

Una buena cobertura en sitios interiores y calidad de servicio generan más ingresos para los operadores móviles, también aumenta la lealtad de sus subscriptores y reducen el ¹churn [1], por otro lado, la deficiente cobertura genera todo lo opuesto.

Por lo tanto, proveer de una buena cobertura en sitios interiores para servicios de alta velocidad de datos, es un gran reto para los operadores de telefonía móvil.

Un enfoque típico para ofrecer cobertura es el uso de las macroceldas al aire libre, pero, esto tiene una serie de inconvenientes como por ejemplo:

- Es demasiado costoso proveer cobertura indoor usando radiobases externas, en UMTS por ejemplo un usuario indoor requiere un mayor consumo de energía de la estación base con el fin de superar las altas pérdidas por penetración, esto dará como resultado menos energía para ser utilizada por otros usuarios, lo cual va a llevar a reducir el throughput de la celda, por lo tanto el costo por Mb usando conexiones externas será más alto y más caro que usar soluciones indoor.
- Una red de alta capacidad necesita mayor número de estaciones base en varios sitios, la adquisición de este tipo de soluciones se ha vuelto bastante difícil en zonas densamente pobladas.

¹ CHURN: Es el porcentaje de los clientes que cancelan su servicio cada mes.

- Es menos probable que una red de alta capacidad con despliegue de macroceldas sea construida, debido a la interferencia y el mayor gasto de estaciones base para atender a usuarios indoor.
- Cada vez la planificación y optimización de las redes móviles con macroceldas se convierten en un gran desafío, por ejemplo en redes como GSM/GPRS/EDGE hay que tomar en cuenta la planificación de frecuencias, en redes CDMA se tiene lo que es la planificación de zonas con soft-handover, etc.
- El desempeño de una red por ejemplo el throughput en zonas indoor es algo que no se puede garantizar en la mayoría de veces con macroceldas, a fin de lograr mayores velocidades de datos es necesario el aumento de esquemas de modulación y codificación. Los altos esquemas de codificación y modulación en HSDPA, WiMAX y LTE requieren mejores condiciones de canal, lo cual solo se va lograr cerca de las macroceldas.

Soluciones como DAS (Sistemas Distribuidos de Antenas) y picoceldas, se convierten en proposiciones atractivas y viables de negocio en puntos conflictivos como: grandes centros de negocio, edificios de oficinas y centros comerciales.

Por consiguiente, las soluciones de tipo indoor como las femtoceldas, mejorarán la cobertura interior en edificios, liberarán el tráfico de las macroceldas existentes, aumentarán la calidad de servicio y facilitará servicios con altas tasas de transmisión de datos debido a la mejora en los enlaces de radio.

En UMTS con soluciones indoor, la ortogonalidad puede ser mejorada, lo cual va a permitir un throughput más alto. En HSPA/LTE o WiMAX, las

condiciones de canal permitirán mejores esquemas de modulación y codificación.

Recientemente, el desarrollo de las femtoceldas ofrece una buena oportunidad para soluciones indoor de bajo costo para tales escenarios. A diferencia de picoceldas el despliegue de las femtoceldas es realizado por los usuarios.

2.3 Qué son las Femtoceldas?

Las Femtoceldas o también llamadas ‘estaciones base domésticas’, son puntos de acceso a la red de telefonía móvil, las cuales interconectan los dispositivos móviles estándar con una operadora de telefonía móvil usando una conexión residencial DSL, conexiones de cable de banda ancha, conexiones de fibra óptica; o también pueden conectarse a tecnologías inalámbricas de última milla.

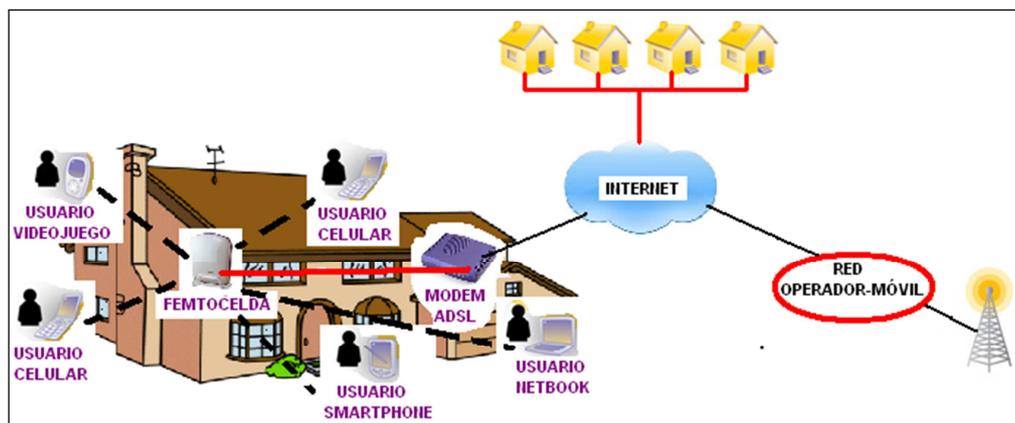


Figura 2.1.- Perspectiva general de una red móvil con femtoceldas [A].

Ofrecen una cobertura significativamente mejor en los hogares, oficinas pequeñas y grandes, al aire libre y en espacios públicos (hot-spots metro y rural). Esto significa una señal más fuerte y de mejor calidad de voz, además de una mejora en los datos de descarga y velocidades de carga.

Cabe recalcar también que las Femtoceldas permiten facilitar una nueva generación de servicios móviles, los cuales, aprovechan la capacidad de la tecnología para detectar la presencia y conectarse e interactuar con las redes domésticas.

2.4 Aspectos básicos ventajas y características de las femtoceldas

Las Femtoceldas son dispositivos que van a ser instalados por los usuarios dentro de sus propios hogares, por lo que este tipo de solución va a asegurar una buena cobertura para los abonados.

Esto no aumenta solamente la cobertura, sino también el número de celdas y por lo tanto aumentará la capacidad de la red del operador móvil.

Desde el punto de vista del operador las femtoceldas, no solo son una solución eficaz para aumentar la cobertura en interiores, también es una solución barata porque a la final los usuarios terminan pagando por las mismas.

La alternativa a este tipo de solución sería aumentar el número de macroceldas outdoor, lo cual implica altos costos al operador de la red móvil.

2.5 La necesidad de usar Femtoceldas

Se espera un gran despliegue de femtoceldas a partir del 2012 ver figura 2.2, a continuación las razones por las cuales este pequeño dispositivo es importante:



Figura 2.2.- Pronóstico del mercado global de Femtoceldas [A]

- La adición de una capa de femtoceldas a la red móvil de macroceldas, mejorará significativamente la capacidad total de la red mediante la reutilización del espectro en ambientes indoor.
- Existe actualmente una mayor y creciente demanda de velocidades de datos, debido a la alta pérdida de penetración, los servicios de alta velocidad de datos no se pueden ser proporcionados para interiores, esto se debe a que la alta velocidad de datos requiere de un enlace de RF de alto rendimiento, gracias al HSDPA presente en las femtoceldas estos servicios de alta velocidad de datos son posibles.
- Las femtoceldas pueden proporcionar un ahorro significativo de energía a los terminales de usuario (smartphones, tablets, etc), la pérdida por trayectoria en sitios interiores a través de las

femtoceldas, es mucho menor que con las macroceldas exteriores, de igual forma la potencia requerida de transmisión desde el terminal de usuario hacia las femtoceldas es mucho menor. La duración de la batería es un parámetro muy importante para el uso de servicios de datos de alta velocidad.

- Como las femtoceldas solamente tienen que estar encendidas cuando el usuario está en casa o dentro de su oficina, su uso es mucho más “verde” y amigable con el planeta comparado con las actuales macroceldas, el consumo de energía de las radio bases celulares generan una cantidad considerable de OPEX

CAPÍTULO III

FEMTOCELDAS ALCATEL-LUCENT

En el siguiente capítulo se describirán las femtoceldas Alcatel-Lucent, así como también la arquitectura básica que manejan estos equipos y su interacción en las redes de 2G y 3G, trataremos también sobre las posibles limitaciones con este tipo de equipos.

3.1 Descripción de las Femtoceldas Alcatel-Lucent

Una Small Cell o Femtocelda Alcatel-Lucent es un punto de acceso de baja potencia el cual opera en banda licenciada, su función principal es conectar dispositivos móviles estándar como Smartphone, Tablets, Netbooks, etc. a la red móvil 3G/LTE de un determinado operador, utilizando una conexión de banda ancha ADSL disponible en el hogar, la oficina así como también en áreas públicas indoor o outdoor.

3.2 Modelos de Femtoceldas Alcatel-Lucent

En general se tiene seis modelos de soluciones principales de Femtoceldas:

- Residencial, tiene capacidad para 8 usuarios, con una potencia de radiación de 20/100mW y acceso HSPA+.



Figura 3.1.- Home-Cell 9361 V2 1900-850MHz Alcatel-Lucent [B].

- Empresas, capacidad para 16 usuarios, con una potencia de radiación de 100-250mW y acceso Rx Div HSPA+.



Figura 3.2.- Enterprise-Cell 9362 1900-850MHz Alcatel-Lucent [C].

- Metro Indoor, capacidad para 16 usuarios, con una potencia de radiación de 2x250mW y acceso Rx Div HSPA+.



Figura 3.3.- Metro-Cell Indoor 9363 1900-850MHz Alcatel-Lucent [D].

- Metro Outdoor, capacidad para 32 usuarios, con una potencia de radiación de 2x1W, adicionalmente para el acceso se maneja con MIMO Rx Div y HSPA+.



Figura 3.4.- Metro-Cell Outdoor 9364 1900-850MHz Alcatel-Lucent [E].

En el siguiente capítulo se tratará específicamente y se profundizarán los temas sobre cada uno de estos modelos de Femtoceldas.

Todas las soluciones anteriores son basadas sobre una arquitectura IP plana, que ofrece varias funciones de la red WCDMA tradicional dentro del dispositivo.

Los elementos de la solución permiten una interconexión escalable entre la red W-CDMA sobre las interfaces estandarizadas existentes 3GPP.

Un monitoreo en tiempo real del backhaul del ancho de banda permite tomar una acción apropiada en caso de una congestión en el backhaul, la información de calidad de servicio es considerada cuando se admite una nueva llamada, una vez admitida la nueva llamada se redirecciona a la red macro o finalmente es rechazada.

Adicionalmente las femtoceldas dentro de la red móvil benefician lo siguiente:

- Mejoran la cobertura y la capacidad disminuyendo el CAPEX y OPEX.
- Baja latencia
- Fácil implementación
- Fácil evolución a IP, IMS y LTE
- Mejora de cobertura y calidad de voz, además alta velocidad de datos en dispositivos móviles 3G.
- Comunicaciones menos costosas, específicamente tarifas de hogar para todas las comunicaciones establecidas ya sea desde casa o desde la oficina.
- Simplificación y comodidad.

3.2.1 Aspectos básicos de las Femtoceldas Alcatel-Lucent

Las femtoceldas Alcatel-Lucent incluyen las siguientes características:

- Modelo de acceso abierto

- Administración de grupos de femtoceldas, el número de grupos viene definido de acuerdo a la configuración de equipos que se esté usando.
- Capacidad de 4, 8, 16 y 32 llamadas de voz y datos
- Movilidad entre femtoceldas

3.3 Características Generales de las Femtoceldas Alcatel-Lucent

Este tipo de dispositivos nos ofrecen las siguientes características y facilidades:

3.3.1 Instalación fácil y sencilla

Las Femtoceldas son dispositivos pequeños, livianos, compactos los cuales son de fácil instalación y además no requieren de una configuración avanzada.

El usuario final solamente tiene que encender y conectar la femtocelda en el modem DSL que tenga en casa, todos los demás aspectos de configuración como por ejemplo la conexión IP y la obtención de los parámetros iniciales son automáticos.

3.3.2 WCDMA compatible con equipos del usuario final

Las femtoceldas permiten a los equipos del usuario final utilizar WCDMA para el acceso en sus casas u oficinas sin interrupciones con respecto a la red de macroceldas del operador móvil.

3.3.3 Interfaz Ethernet

Las femtoceldas ofrecen el estándar de conexión 10/100BASE-T, para el transporte IP a través de un equipo externo DSL.

3.3.4 Generación de Tonos

Las femtoceldas generan un tipo de tono especial durante una llamada de voz, para que el usuario tenga conocimiento de que está conectado a la red móvil del operador a través de una Femtocelda Alcatel-Lucent y se le cobrará el rubro correspondiente.

3.3.5 Soporte de llamadas de emergencia

Las femtoceldas permiten el acceso público en caso de realizar llamadas de emergencia, además tienen preferencia sobre los demás servicios.

En este escenario la lista de control de acceso ACL es ignorada, la llamada de emergencia se adelanta a una llamada ya existente que no sea de emergencia. Si alguna macrocelda está disponible el equipo del usuario se conecta a esta, en el caso que no exista cobertura el equipo móvil entra en estado de "únicamente llamadas de emergencia" y empieza a buscar la macrocelda e incluso la femtocelda más apropiada para establecer la comunicación.

3.3.6 Auto-optimización

Las femtoceldas monitorean las macroceldas de la red móvil a su alrededor, éstas cambian su codificación primaria hasta 32 códigos provistos en la configuración inicial ajustando su potencia de transmisión para evitar interferencias. Los niveles de potencia son periódicamente monitoreados y optimizados, para una máxima cobertura y capacidad, evitando interferencias con las femtoceldas y macroceldas de alrededor.

3.3.7 Seguridad

Las femtoceldas incluyen parámetros de seguridad como:

- Interfaz segura por aire
- Verificación de la identidad de los equipos de usuario.
- Autenticación de usuarios.
- Respuesta a solicitudes de autenticación de usuarios no registrados.
- Protección de integridad de datos.
- Encriptación de a cuerdo al estándar ²3GPP.
- Incluye un firewall para protección contra ataques maliciosos.
- Comunicación segura para gestión a través de SSH, SFTP mediante SCMS.

² 3GPP: 3rd Generation Partnership Project es una colaboración de grupos de asociaciones que producen especificaciones técnicas de sistemas móviles de 3ra Generación basados en la evolución de las redes GSM.

3.3.8 Eficacia de Funcionamiento

Las femtoceldas soportan dos tipos de monitoreo de desempeño, listas y alarmas en tiempo real, los cuales mejoran el funcionamiento de la red de femtoceldas.

3.3.9 Bloqueo por ubicación geográfica

Permite al operador de la red móvil, controlar el uso de la femtocelda en países no autorizados.

3.3.10 Calidad de Servicio QoS adecuada

Identifica el Link Ethernet asociado a la femtocelda para aplicar la calidad de servicio adecuada.

3.4 Características específicas para aplicaciones públicas y empresariales

Existen cuatro características principales que diferencian las Femtoceldas Residenciales de las femtoceldas Empresariales y Metroceldas indoor y outdoor:

3.4.1 Grupos de Small-Cells

El grupo de Small-Cells o Femtoceldas Residenciales es usado para pequeñas, medianas empresas o áreas públicas, donde una sola

Small-Cell no es suficiente para cubrir un sector determinado, es decir que la cobertura viene dada por un grupo de Small-Cells.

3.4.2 Handover entre Small-Cells conmutación de circuitos

El handover de llamadas de voz mediante conmutación de circuitos es posible entre Small-Cells vecinas dentro de un mismo grupo.

3.4.3 Listas de Acceso abiertas

El operador móvil puede hacer uso de las Small-Cells para ofrecer cobertura en puntos de acceso definidos y así ofrecer acceso similar al que provee la red macro, sin tener que dar acceso a todas las Small-Cells.

3.4.4 Capacidad de hasta 32 llamadas de voz

La capacidad de llamadas en las Small-Cells vienen definidas por las siguientes combinaciones:

- 32 llamadas simultáneas por conmutación de circuitos.
- 16 llamadas simultáneas por conmutación de paquetes.
- Hasta 16 llamadas simultáneas combinadas entre conmutación de paquetes y circuitos, adicionalmente se puede completar con llamadas de voz por conmutación de circuitos, hasta llegar al número máximo de 32 usuarios.

Las Small-Cells para soluciones metro vienen equipadas con dos antenas que reciben la misma señal para incrementar la sensibilidad del link de subida del receptor. Además, estos dispositivos tienen la posibilidad de localizar la dirección del origen de la señal, cancelando la energía de señales que vienen de otras direcciones, esto permite mejorar la calidad de recepción.

3.4.5 Interfaces de conexión

Las Small-Cells soportan interfaces lógicas y una simple interfaz física a través de la cual se conecta a la red de transporte IP por una interfaz troncal.

Tabla 3.1.- Interfaces de Conexión de las Small-Cells Alcatel-Lucent [F]

INTERFACES SOPORTADAS	DESCRIPCION	TIPO DE INTERFAZ	COMENTARIOS
Interfaz de Aire (Uu)	Interfaz WCDMA que obedece al estándar 3GPP para estaciones base de área local TS25.104	Lógica	
Interfaz troncal (Interfaz hacia el Router DSL)	Estándar 10/100 BASE-T Ethernet	Física	
BSG Gateway Estación Base	Interfaz propietaria ALU. Interfaz de mantenimiento del Gateway entre la Small-Cell ALU y el equipo ALU 9365 BSR Gateway	Lógica	El BSG incluye las funcionalidades de un directorio HLR, registro y localización de los terminales de usuario y registro de las Small-Cells
IuCS	Interfaz propietaria ALU que se ubica entre la Small-Cell y la BSG/BVG.	Lógica	Esta interfaz es basada en IP y sus mensajes son IPSec encriptados.
IuPS	Esta interfaz es entre la Small-Cell, BSG y BPG	Lógica	Esta interfaz es basada en IP y sus mensajes son IPSec encriptados.

3.4.6 LEDs Indicadores

En el lado frontal lateral del dispositivo se encuentran tres leds los cuales proveen la información del estado de la Small-Cell, la siguiente tabla nos muestra la descripción de cada uno de ellos:

Tabla 3.2.- Descripción de LEDs de las Small-Cells Alcatel-Lucent [F].

STATUS DEL DISPOSITIVO	DEFINICION DE LEDS		
	POWER	SYSTEM	PHONE/DEVICE
ENCENDIDO ON	OFF	OFF	OFF
APAGADO OFF	ON	ON/OFF	ON/OFF
EN SERVICIO	ON	ON	ON/OFF
INICIO EN CURSO	ON	INTERMITENTE	OFF
AUTO-CONFIGURACIÓN, AUTO-OPTIMIZACIÓN EN CURSO (SIN SERVICIO)	ON	INTERMITENTE	OFF
FUERA DE SERVICIO, requiere intervención del Operador móvil	ON	OFF	OFF
USUARIOS ACTIVOS	ON	ON	ON
SIN USUARIOS ACTIVOS	ON	ON	OFF
NÚMERO MAXIMO DE USUARIOS ACTIVOS	ON	ON	INTERMITENTE
FALLA SERIA DE HARDWARE	INTERMITENTE	OFF	OFF

3.5 Arquitectura básica de una red Femto

En general la arquitectura de las femtoceldas Alcatel-Lucent viene dada por los siguientes elementos:

- Un alto número de puntos de acceso 3G como las femtoceldas Home-Cells, Enterprise-Cells, Metro-Cells indoor y outdoor
- Un conjunto de elementos del clúster de la red para abastecer los la funcionalidad de los gateways.
- Un set completo de elementos del core de la red para la conexión hacia el estándar 3G del core de la red a través de las interfaces lu-CS / lu-PS.
- Un sistema de gestión con los siguientes elementos:
 - Un HDM o Home Device Manager Alcatel-Lucent.
 - Un WMS 9353 o Wireless Management System Alcatel-lucent.
 - Opcionalmente un WPS 9352 o Wireless Provisioning System Alcatel-Lucent.

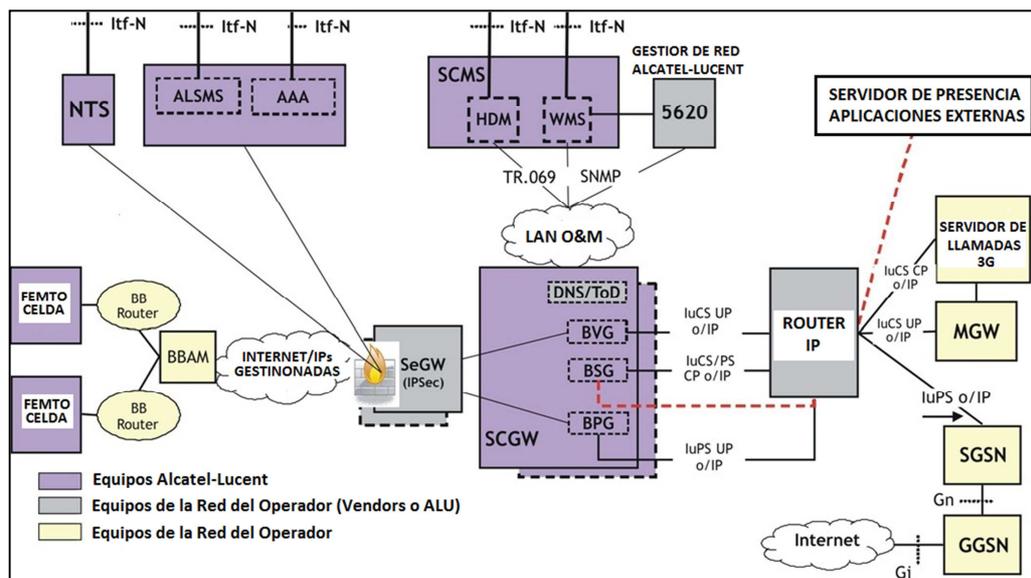


Figura 3.5.- Arquitectura básica de una red Femto Alcatel-Lucent [G].

Las femtoceldas Alcatel-Lucent combinan las funciones tradicionales de la RNC y de los Nodos B las cuales están representadas en la figura 3.6.

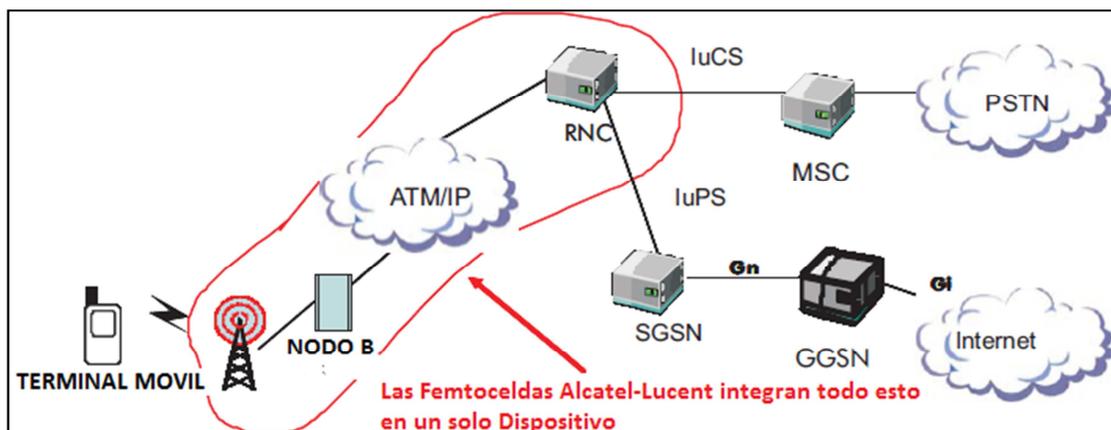


Figura 3.6.- Funcionamiento de la Femtocelda Alcatel-Lucent [G].

Las femtoceldas están diseñadas para soportar alrededor de 32 usuarios activos aproximadamente 3GPP bajo la versión 99 DCH (servicios de conmutación de paquetes y circuitos), además soporta usuarios 3GPP versión 4 HSDPA con servicios de datos con W-CDMA en las bandas: 850, 1900 y 2100 MHz.

Los usuarios dentro del hogar están limitados con el número de 16 terminales móviles que pueden ser registrados y autorizados para el uso de las Home Cell, los usuarios definidos se mantienen en una ACL dentro de la home cell, la cual es usada para permitir el acceso solamente a terminales móviles registrados y así poder establecerse la comunicación.

La Lista de Control de Acceso (ACL) puede ser actualizada por su propietario o por el operador de la red móvil, esto también puede ser desactivado por el operador para permitir el acceso público.

Las Home Cell poseen una potencia radiación de hasta 20mW, lo cual es suficiente para brindar cobertura dentro de una casa, aproximadamente tiene un radio de celda de 30m, aunque esto va a depender del tipo de construcción

del edificio, así como también dependerá de donde se ubique la femtocelda y de las condiciones de RF.

Cabe mencionar también que para femtoceldas de tipo empresarial, metroceldas indoor y outdoor; el operador puede incrementar el nivel de potencia de transmisión de RF hasta 250mW, usando el sistema de Alcatel-Lucent Sistema de Gestión de Small-Cells (SCMS) por sus siglas en inglés, esto es también una parte del proveedor de datos.

CAPÍTULO IV

SERVICIOS Y SOLUCIONES QUE OFRECEN LAS FEMTOCELDAS ALCATEL-LUCENT

En el presente capítulo trataremos sobre los tres tipos de soluciones y los servicios que nos van a ofrecer las femtoceldas Alcatel-Lucent.

4.1 Solución Home-Cell 9361

La solución Home-Cell fue desarrollada para responder a la demanda creciente de soluciones, para abordar de forma eficiente el mercado residencial tanto fijo como móvil.

Este pequeño dispositivo combina las funcionalidades de un nodo B 3G y de una RNC, tiene capacidad de 4 canales para conectar hasta 4 dispositivos móviles, cada conexión soporta simultáneamente sesiones de voz y datos. El tráfico es dirigido a través de la red IP estándar.

Varios elementos de la red son incluidos en la solución para permitir interconexiones de alta escalabilidad entre la red existente UMTS y las interfaces estandarizadas 3GPP.

Cabe mencionar que este tipo de solución fue diseñada para una sencilla instalación y fácil uso.

4.1.1 Beneficios

Las Home-Cells proveen de nuevos recursos para aplicaciones de conectividad móvil desde el hogar, gracias su cobertura mejorada.

Estos dispositivos permiten al operador móvil ofrecer varios tipos de paquetes de servicios, con esto se pretende aumentar el número de suscriptores con un mejor servicio.

Cabe recalcar también que los usuarios serán capaces de usar aplicaciones que demandan gran ancho de banda, en tiempo real y a un precio competitivo, como por ejemplo: contenido generado por el usuario, redes sociales, juegos en línea, servicios de localización, monitoreo remoto, etc.

4.1.2 Características principales

- **Características Externas**

La Home-Cell 9361 cuenta con una cubierta exterior plástica resistente, con un diseño moderno propio de Alcatel-Lucent, con un adaptador de corriente AC/DC como se muestra en la figura 4.1.



Figura 4.1.- Vista Frontal de la Home-Cell 9361 V2 1900-850MHz Alcatel-Lucent [B].

Además, este diseño puede ser personalizado, siguiendo las especificaciones del cliente, en este caso del operador móvil. Esto incluye las siguientes posibilidades:

- Color de la línea, logotipo, la presentación y el manual de usuario.
- Puede añadirse un segundo puerto Ethernet.
- Opciones de autenticación como: cripto-memoria, certificado digital o lector de tarjetas ³USIM.

³ USIM: (Universal Subscriber Identity Module) o Módulo de Identificación del Abonado, almacena la información de abonado para su identificación en la red y otras informaciones como mensajes de texto.
Fuente: Wikipedia, <http://es.wikipedia.org/wiki/USIM>



Figura 4.2.- Vista Posterior de la Home-Cell 9361 V2 1900-850MHz Alcatel-Lucent [B].

Entre otras características físicas de la Home-Cell se encuentran:

- Dimensiones (Alto x Ancho x Profundidad):
132x150x3.5mm.
- Peso: 300g.
- Cuenta con un adaptador de corriente de 110V AC/
12V DC.

- **Conectores**

Todos los conectores se encuentran en la parte posterior del dispositivo, y estos son:

- 1 Puerto Ethernet para conexión troncal, con conector 100 Base-T Eléctrico RJ-45, este tráfico obtendrá la prioridad más alta.
- 1 segundo puerto Ethernet 100 Base.T Eléctrico RJ-45 opcional, para la conexión de un dispositivo, por ejemplo, una computadora personal.
- 1 conector para el adaptador de corriente AC/DC.

Cuenta también con los siguientes interruptores:

- 1 Interruptor de encendido y apagado (ON/OFF).
- 1 Botón de Reset.

El modo Ethernet es negociado automáticamente, con los parámetros y valores indicados en la tabla 4.1.

Tabla 4.1.- Interfaz Ethernet Home-Cell 9361 [F].

PARÁMETROS	VALORES
Cableado Ethernet	MDI/MDI-X con autodetección
Half / Duplex	Configurado
Ethernet 10 / 100	Configurado
Medio de conexión a la interfaz	Par trenzado UTP Cat-5e
Tipo de Conector	RJ-45
Rango máximo	100m IEEE 802.3
Estándar	IEEE 802.3, IEEE 802-3u

- **Banda de Frecuencias**

Las bandas de frecuencia para operación UMTS (2100 MHz) y las funciones de escucha de la red vienen dadas en la tabla 4.2:

Tabla 4.2.- Bandas de Frecuencia de operación Home-Cell 9361 [F].

BANDA DE OPERACIÓN UMTS	BANDA DE FRECUENCIAS	FRECUENCIAS DE UPLINK (UL)	FRECUENCIAS DE DOWNLINK (DL)
I	1900MHz	1920-1780MHz	1910-1970MHz
BANDA DE OPERACIÓN PARA ESCUCHA DE LA RED	BANDA DE FRECUENCIAS	FRECUENCIAS DE UPLINK (UL)	FRECUENCIAS DE DOWNLINK (DL)
I	1900MHz	-	1910-1970MHz RED 3G
VIII	850MHz	-	875-910MHz REDES 2G Y 3G
III	1600MHz	-	1605-1680MHz RED 2G

- **Tipo de Antena**

Las Home-Cell poseen una antena integrada 2G/3G omnidireccional con una ganancia de -2dBi, la cual soporta:

- Máximo: 20mW (13dBm)
- Mínimo: 0.006mW (-22dBm)
- Pasos de 1dB, con una precisión de 0.5dB
- Rango de Control de 35dB.

La potencia de salida es controlada para optimizar la cobertura y evitar las interferencias.

- **Parámetros de Radio**

Las Home-Cell están diseñadas para seguir las especificaciones técnicas 25.104 dadas por la 3GPP:

Tabla 4.3.- Parámetros de Radio Home-Cell 9361 [F].

PARÁMETRO	VALOR	MARGEN TÍPICO
POTENCIA RADIADA EFECTIVA (ANTENA INTERNA)	PROMEDIO: +11.5dBm (Para todas las direcciones) MÁXIMO: +13.5dBm (Para una dirección determinada)	
Sensibilidad	-113dBm	6dBm
⁴ Factor de Ruido	10.5dB	
Rango Dinámico de Potencia total	19	1dB
Magnitud de Vector errado (EVM) QPSK	7.5%	
Magnitud de Vector errado (EVM) QAM	9%	
Razón de potencia perdida del canal adyacente (ACLR) 5MHz	52dBm	7
Razón de potencia perdida del canal adyacente (ACLR) 10MHz	60dB	10

- **Consumo de Energía**

El consumo de energía de las Home-Cell es menor a 9W, asumiendo que se las usa en toda su capacidad.

4.1.3 Posible esquema de conexión Home-Cell

Las Home-Cell siguen una evolución en cuanto a la arquitectura de red, la cual permite una arquitectura distribuida como la 4G en un ambiente 3G.

⁴ FACTOR DE RUIDO: Magnitud de ruido generado por un dispositivo electrónico, se obtiene dividiendo la relación señal ruido de entrada sobre la de salida.

Este tipo de dispositivos consolida la RNC y el Nodo B, y esto a su vez se conecta a la red IP pública como se puede observar en la figura 4.3

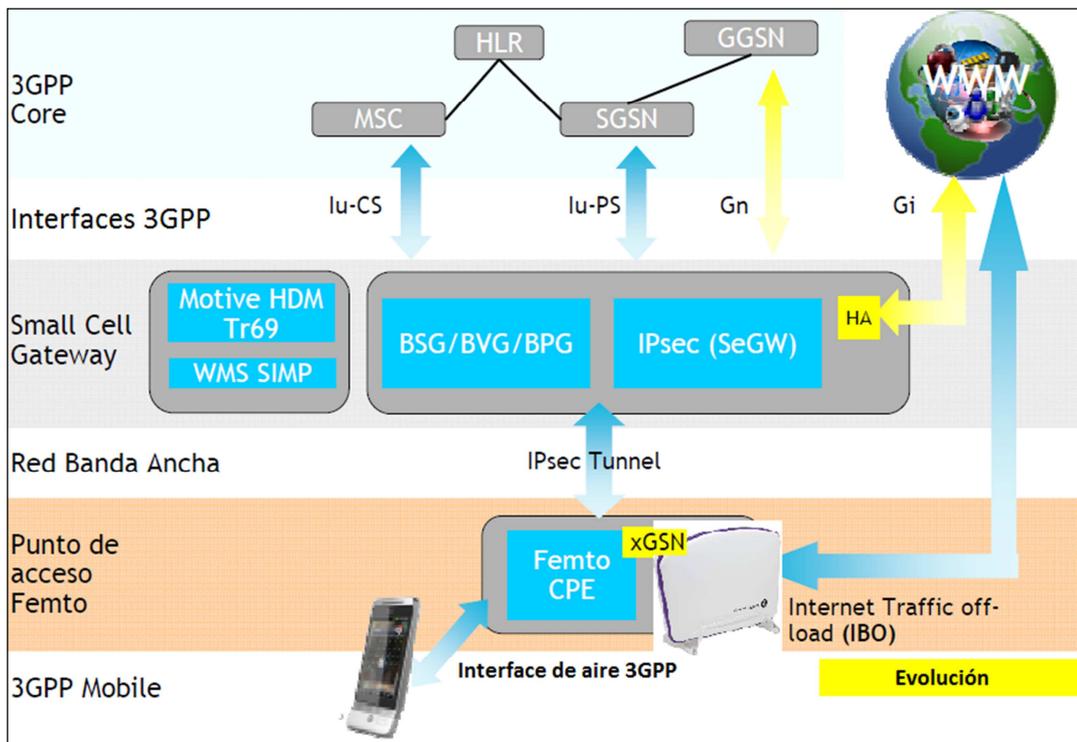


Figura 4.3.- Integración de la Home-Cell 9361 Alcatel-Lucent en la Red UMTS [A].

Utiliza interfaces 3GPP para conectarse tanto a los nodos existentes del Core de la Red Móvil, así como también ofrece al mismo tiempo la interfaz 3GPP aire.

La Home-Cell utiliza 3 Nodos Lógicos de apoyo (⁵BSG, ⁶BVG y ⁷BPG) para una fácil integración dentro de la red 3G. Cada nodo de apoyo está dimensionado para soportar un número muy extenso de Home-Cells,

⁵ BSG: Base Station Router Signaling Gateway

⁶ BVG: Base Station Router Voice Gateway

⁷ BPG: Base Station Router Packet Gateway

eliminando así la reconfiguración constante de la red móvil cada vez que se aumenta un nuevo dispositivo a la misma.

Como ya se mencionó anteriormente, la conexión troncal de la Home-Cell en el domicilio del usuario es IP a través de DSL.

El uso de IP para enlaces entre Nodos trae como consecuencia economía, ya que, para la conexión troncal usamos el internet, y por lo tanto es más barato y mucho más simple que implementar sobre enlaces basados en circuitos, que son usados en otras arquitecturas.

Este tipo de arquitectura se integra perfectamente a la red móvil 3GPP existente, incluyendo 3G MSC, SGSN y por lo tanto a las aplicaciones y portales a través de las interfaces estándar IuCS y IuPS.

4.2 Solución Enterprise-Cell 9362

Este tipo de solución está diseñado para extender y mejorar la cobertura WCDMA existente dentro las empresas u oficinas, de una forma menos costosa y más efectiva, mientras descarga el tráfico tanto de voz como de datos de la red macro del operador móvil

Además este tipo de dispositivo utiliza la tecnología ⁸SON, con lo cual el equipo entra en operación sin necesidad de intervenciones.

⁸ SON: Self-Organizing Network, Tecnología que rige a una red permitiendo su auto-configuración y auto-optimización para su buen desempeño en todo momento.

4.2.1 Beneficios

Las Enterprise-Cells ofrecen acceso de voz mediante WCDMA, y paquetes mediante HSDPA y HSUPA, a un bajo costo.

Estos dispositivos evitan requerimientos especiales de backhaul empresariales, solamente usan una conexión de internet banda ancha.

Además, la Enterprise-Cell puede escalar de un simple dispositivo a un grupo autónomo y auto-organizado de Femtoceldas, dentro de una red de cobertura mallada, para cubrir cualquier tipo de tamaño de empresa ya sea esta pequeña, mediana o grande.

Algo muy importante de este tipo de solución es que permite el desarrollo de servicios de valor agregado como: servicios innovadores basados en localización, presencia, calidad de servicio, etc.

4.2.2 Características principales

- Dispositivo Plug and Play
- Arquitectura ⁹IP plana
- Puede formar redes de Femtoceldas.
- Interconexiones de alta escalabilidad con el Core UMTS existente sobre interfaces que trabajan con el estándar 3GPP.
- Capacidad de auto-optimización, con redes 2G y 3G, adicionalmente control de potencia para una óptima cobertura.
- Mecanismos de autenticación y seguridad.

⁹ Arquitectura IP Plana: A diferencia de la jerárquica este tipo de arquitectura permite identificar los dispositivos de la red de una manera más óptima usando nombres simbólicos, muy utilizado en los operadores de redes móviles.

- Conexión sin interferencias con la red macro existente.
- Soporta modos de acceso ya sean abiertos o cerrados.
- **Características Externas**

La Enterprise-Cell 9362 cuenta con una cubierta exterior plástica resistente, con un diseño moderno propio de Alcatel-Lucent, con un adaptador de corriente AC/DC como se muestra en la figura 4.4.



Figura 4.4.- Vista Frontal de la Enterprise-Cell 9362 1900-850MHz Alcatel-Lucent [C].

Como ya se mencionó en la anterior solución, este diseño puede ser personalizado, siguiendo las especificaciones del cliente, en este caso del operador móvil.



Figura 4.5.- Vista Posterior de la Enterprise-Cell 9362 1900-850MHz Alcatel-Lucent [C].

Entre otras características físicas de la Enterprise-Cell se encuentran:

- Dimensiones (Alto x Ancho x Profundidad): 155x167x42mm.
- Peso: 425g.

Cuenta con un adaptador de corriente de 110V AC/ 12V DC, cabe mencionar también que esta femtocelda soporta conexiones ¹⁰PoE.

En la tabla 4.4 se puede apreciar un resumen de las características:

¹⁰ PoE: Power over Ethernet, es una tecnología que incorpora alimentación eléctrica a una infraestructura LAN estándar.

Tabla 4.4.- Resumen de las características de las Enterprise-Cell 9362 [F].

FRECUENCIAS DE OPERACIÓN	POTENCIA DE SALIDA	CAPACIDAD DE USUARIOS	CARACTERÍSTICAS ADICIONALES
Banda de 1900 – 850 MHz para escucha de red 2G y 3G	Potencia máxima de transmisión: 250mW, 24dBm	16	<ul style="list-style-type: none"> • Opción de Antena Externa • Receptor GPS • Ganancia de la antena interna: -2dB. • Sensibilidad: -113dBm. • Consumo máximo de energía 20W

4.2.3 Posible esquema de conexión Enterprise-Cell

El tipo de esquema es muy similar al de la Home-Cell citado anteriormente.

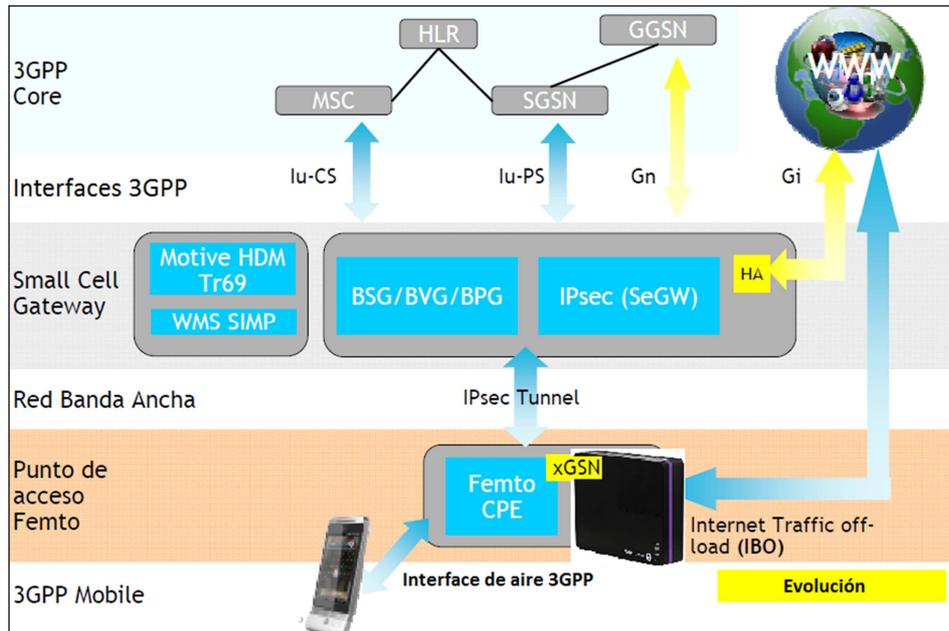


Figura 4.6.- Integración de la Enterprise-Cell 9362 Alcatel-Lucent en la Red UMTS [A].

4.3 Solución Metro-Cell

Dentro de este tipo de solución se tiene dos tipos de Femtoceldas, la Metro-Cell Indoor y la Metro-Cell Outdoor:

4.3.1 Metro-Cell Indoor 9363

La Metro-Cell 9363 de Alcatel-Lucent es un nodo de acceso inalámbrico para áreas públicas, ésta femtocelda, tal cual como las anteriores unifica las funcionalidades de la RNC y la del nodo B 3G en un solo dispositivo.

Este dispositivo puede ser desplegado por los operadores móviles, para proporcionar cobertura indoor mediante una capa transparente que sirve de complemento a la cobertura de las macroceldas.

En el caso de lugares privados como: cafeterías o restaurants, la Metro-Cell puede ser configurada por el operador para el acceso público o privado, dependiendo del lugar donde esté instalada.

4.3.2 Características principales

- Arquitectura IP Plana.
- Tecnología SON
- Simultáneo y continuo servicio de voz y datos.
- Movilidad ininterrumpida con respecto a la redes macro y femto
- Fácil despliegue e instalación

- Mejora la Calidad de Experiencia QoE del usuario, con una interfaz de aire de alta calidad, la cual provee alto rendimiento y alta calidad de voz y datos.
- **Características Externas**

La Metro-Cell indoor 9363 cuenta con una cubierta exterior metálica resistente, con un par de conectores en la parte superior para las antenas, como se muestra en la figuras 4.7. y 4.8



Figura 4.7.- Vista Frontal de la Metro-Cell indoor 9363 1900-850MHz Alcatel-Lucent [D].



Figura 4.8.- Vista Inferior de la Metro-Cell indoor 9363 1900-850MHz Alcatel-Lucent [D].

Entre otras características físicas de la Metro-Cell Indoor se encuentran:

- Dimensiones (Alto x Ancho x Profundidad): 241x241x53mm.
- Peso: <2Kg.

Cuenta con un adaptador de corriente de 48V DC, también soporta PoE.

En la tabla 4.5 se puede apreciar un resumen de las características:

Tabla 4.5.- Resumen de las características de las Metro-Cell indoor 9363 [F].

FRECUENCIAS DE OPERACIÓN	POTENCIA DE SALIDA	CAPACIDAD DE USUARIOS	CARACTERÍSTICAS ADICIONALES
Banda de 1900 – 850 MHz para escucha de red 2G y 3G	Potencia máxima de transmisión: 250mW, sensibilidad -107dBm, permitiendo una cobertura más amplia	Soporta 32 usuarios con velocidades HSDPA 14.4Mbps y HSUPA 5.7Mbps	<ul style="list-style-type: none"> • Sus antenas externas soportan la técnica de ¹¹diversidad espacial. • GPS asistido. • Instalación vertical, horizontal

¹¹ Diversidad Espacial: Técnica que emplea múltiples antenas con similares características, para permitir a varios usuarios compartir el espectro limitado evitando interferencias co-canal.

4.3.3 Metro-Cell Outdoor 9364

La Metro-Cell Outdoor 9364 de Alcatel-Lucent, es un equipo muy similar al anterior, su propósito es brindar cobertura dedicada en sitios públicos exteriores con alta penetración de usuarios como: estaciones de tren, paradas de bus, centros comerciales, parques, centros de entretenimiento al aire libre, etc. De la misma manera este tipo de femtoceldas sirven para extender y brindar cobertura en zonas rurales remotas, así como también sirven para rellenar “zonas muertas” dentro de la red macro de telefonía móvil existente.

4.3.4 Beneficios

- Agrupa la mayoría de características ya mencionadas en las anteriores femtoceldas.
- Equipo liviano, pequeño, soporta condiciones extremas al aire libre, puede ser instalado en paredes o mástiles.
- Tecnología SON
- Soporta un rango de cobertura de hasta 2Km, adicionalmente soporta movilidad de usuarios con velocidades de máximo 120Km/h.
- Ofrecen servicio de segmentación que permiten al operador de telefonía móvil, desplegar al aire libre puntos de acceso con Metro-Cells solo para un tipo de servicio específico, como por ejemplo tráfico de datos HSPA.

- Mejora la Calidad de Experiencia QoE del usuario, con una interfaz de aire de alta calidad, la cual provee alto rendimiento y alta calidad de voz y datos.
- Ofrecen movilidad ininterrumpida con transmisión simultánea de voz y datos de alta calidad, dentro de un grupo de femtoceldas y la red macro existente.
- **Características Externas**

La Metro-Cell outdoor 9364 posee un chasis seguro y resistente a la manipulación externa, cuenta además con alarma de sabotaje, como se muestra en la figuras 4.9. y 4.10



Figura 4.9.- Vista Frontal de la Metro-Cell outdoor 9364 1900-850MHz Alcatel-Lucent [E].



Figura 4.10.- Vista Inferior de la Metro-Cell outdoor 9364 1900-850MHz Alcatel-Lucent [E].

Entre otras características físicas de la Metro-Cell Outdoor se encuentran:

- Dimensiones (Alto x Ancho x Profundidad): 241x241x53mm.
- Peso: <2Kg.

La Metro-Cell outdoor 9364 es alimentada mediante -48V DC PoE, además puede soportar un power injector o adaptador externo PoE, con un consumo máximo energético de 25W.

En la tabla 4.6 se puede apreciar un resumen de las características:

Tabla 4.6.- Resumen de las características de las Metro-Cell outdoor 9364 [F].

FRECUENCIAS DE OPERACIÓN	POTENCIA DE SALIDA	CAPACIDAD DE USUARIOS	CARACTERÍSTICAS ADICIONALES
Banda de 1900 – 850 MHz UMTS y GSM	Potencia máxima de transmisión: 250mW, sensibilidad -107dBm, permitiendo una cobertura más amplia	Soporta 32 usuarios con velocidades HSDPA 21Mbps y HSUPA 5.7Mbps	<ul style="list-style-type: none"> • Sus antenas externas soportan la técnica de diversidad espacial. • GPS asistido. • Instalación en paredes o en mástiles

4.3.5 Posible esquema de conexión Metro-Cells Indoor Outdoor

El tipo de esquema es muy similar al de la Home-Cell citado anteriormente, con la diferencia de que este es un sistema útil tanto para interiores como exteriores:

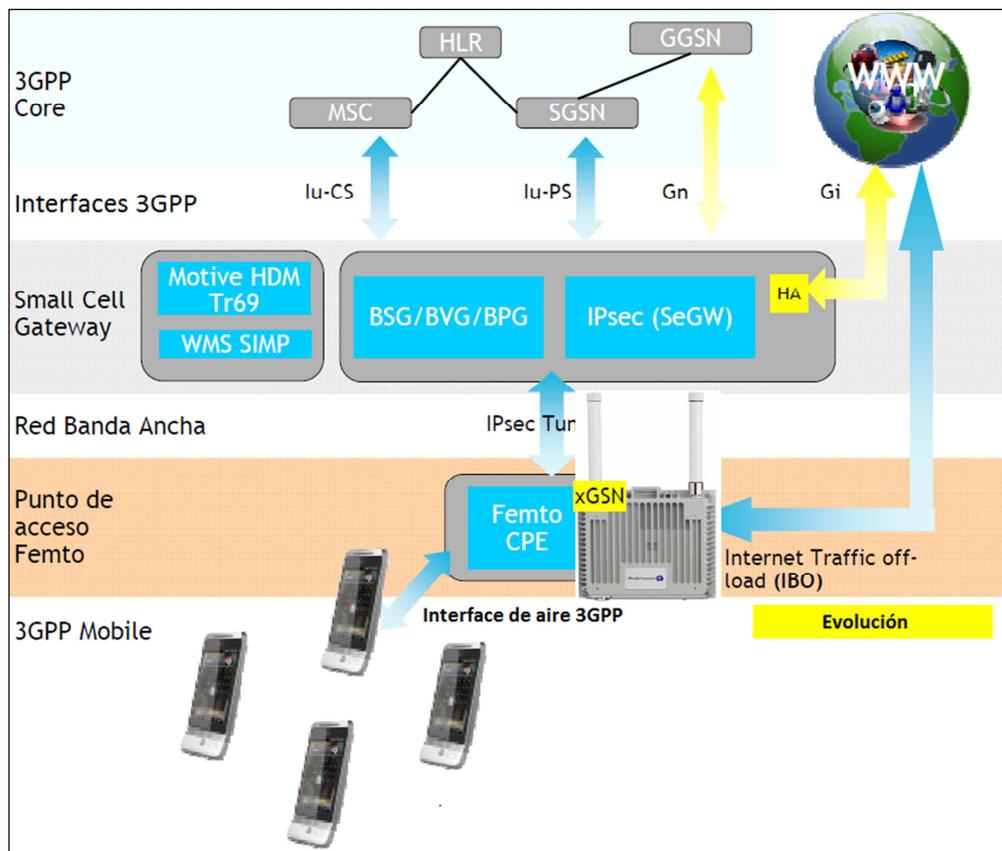


Figura 4.11.- Integración de las Metro-Cells Indoor 9363 y Outdoor 9364 Alcatel-Lucent en la Red UMTS [A].

4.3.6 Cuadro comparativo de los 4 tipos de soluciones de Femtoceldas Alcatel-Lucent

La siguiente tabla muestra una comparación entre las características y beneficios que ofrecen los 4 tipos de femtoceldas Alcatel-Lucent antes citados:

- HOME-CELL 9361
- ENTERPRISE-CELL 9362
- METRO-CELL INDOOR 9363
- METRO-CELL OUTDOOR 9364

Tabla 4.7.- Comparación de las características y beneficios de los 4 tipos de femtoceldas Alcatel-Lucent [A].

EQUIPO	CAP. U	P. R.	DISTANCI A DE C.	USO	PRECIO	TIPO DE ACCE SO	FREC. DE TRABAJO
HOME-CELL 9361	8 usuarios	20/100mW	<10m	INDOOR	\$200	HSPA+	1900-850MHz
ENTERPRISE-CELL 9362	16 usuarios	100/250mW	<10m	INDOOR	\$420	Rx Div HSPA+	1900-850MHz
METRO-CELL 9363	16 usuarios	100/250mW	<100m	INDOOR	\$850	Rx Div HSPA+	1900-850MHz
METRO-CELL 9364	32 usuarios	2x1W	<500m	OUTDOOR	\$930	MIMO Rx Div HSPA+	1900-850MHz

Como se puede notar en la tabla comparativa anterior las femtoceldas Alcatel-Lucent son de muy bajo costo en comparación con un despliegue de macroceldas, como se mencionó en capítulos anteriores las femtoceldas agrupan en un solo sistema a la parte del nodo B con su respectiva RNC, con lo cual se optimiza y se minimiza su precio.

Los rangos de trabajo en cuanto a frecuencias son los mismo para los 4 sistemas, gracias a esto no se tendrá dificultades el momento de desplegar una red femto con los 4 tipos de soluciones.

La capacidad de usuarios varía dependiendo del sistema, su rango va desde los 8 hasta los 32 usuarios en total, cabe mencionar que estos valores dependen del tipo de llamada que estén ejecutando los usuarios, ya sea esta de voz o de datos, adicionalmente se observa en la tabla el tipo de acceso con el cual se van a comunicar cada uno de los terminales de usuario, todos acceden con tecnología HSDPA+ en lugares donde nunca se imaginó este tipo de cobertura (garajes, estadios, edificios, túneles, hogares, etc).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES:

- Se evaluó las características y ventajas que ofrecen las femtoceldas dentro de una red multiservicios 3G de telefonía móvil, particularmente el estudio se lo llevó a cabo con equipos Alcatel-Lucent los cuales son pioneros en este tipo de aplicaciones a gran escala.
- Se investigó de varias fuentes, manuales y libros digitales información sobre las femtoceldas en general, así como también se investigó sobre sus características, ventajas, arquitectura, escenarios espectrales y aspectos económicos.
- Se evaluó comparativamente las características y ventajas de las femtoceldas Alcatel-Lucent, con lo cual se concluyó que estos equipos tienen el suficiente potencial para proporcionar acceso de alta calidad a la red móvil, a un bajo costo para usuarios dentro de

ambientes indoor y outdoor (edificios, centros comerciales, hogares, empresas, estadios, etc.).

- Con las Femtoceldas Alcatel-Lucent en redes de telefonía móvil se logrará optimizar la cobertura en sitios indoor (edificios, hogares) donde la cobertura 3G es bastante deficiente, adicionalmente se pretende descargar el tráfico de las macroceldas aledañas a las Femtoceldas.
- Se analizó sobre los distintos servicios y opciones que se pueden implementar con femtoceldas Alcatel-Lucent, enfocados a soluciones de tipo outdoor o indoor.
- Adicionalmente se evaluó económicamente los 4 tipos de soluciones, se llega a la conclusión de que a comparación de un despliegue macro el despliegue femto es muchísimo más económico y verde.
- Finalmente se concluye con la siguiente frase: “Pequeñas soluciones para grandes problemas”.

5.2 RECOMENDACIONES:

- Para futuros trabajos y posibles implementaciones se recomienda realizar pruebas piloto con varios escenarios reales, a fin de corroborar que las soluciones y características ofrecidas por Alcatel-Lucent son las mejores y más rentables.
- Se recomienda instalar la solución de femtoceldas adecuada dependiendo del escenario, ambiente y el tipo de carga de usuarios,

a fin de aprovechar al máximo éste tipo nuevo de tecnologías a nuestro alcance.

- Gracias a la implementación de Femtoceldas Alcatel-Lucent los operadores de telefonía móvil obtendrán soluciones a bajo costo, mientras se reducen las interferencias de RF, proporcionando QoS sobre el backhaul de la Red IP manteniendo la escalabilidad de la misma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [A] **EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS QUE OFRECEN LAS FEMTOCELDAS DENTRO DE UNA RED MULTISERVICIOS 3G DE TELEFONÍA MÓVIL**, Roberto Roca R, Octubre 2012.
- [B] **BROCHURE**: Alcatel-Lucent 9361 Small Cell Solution for the Home, 2011.
- [C] **BROCHURE**: Alcatel-Lucent 9362 Small Cell Solution for the Enterprise, 2011.
- [D] **DATASHEET**: Alcatel-Lucent 9363 Metro Cell Indoor V2 - 1900/850MHz For the American Market, 2011.
- [E] **DATASHEET**: Alcatel-Lucent 9364 Metro Cell Outdoor V2 - 2100MHz For the European Market, 2011.
- [F] **Operations, Administration, Maintenance and Provisioning BSR(Base Station Router)**, Alcatel-Lucent, Diciembre 2011.
- [G] **FEATURE PLANNING GUIDE BCR 2.2**: Base Station Router Femto, Febrero 2012.
- [H] **SMALL CELLS CNT-Ecuador**, Analí Contreras, Alcatel-Lucent Venezuela, Julio 2011.

- [1] **FEMTOCELDAS**: <http://es.wikitel.info/wiki/Femtocelda>, último acceso Agosto 2012.

- [2] **ALCATEL-LUCENT**: Small Cell Solution Overview, Product Marketing

ACTA DE ENTREGA

El presente proyecto de grado “EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS QUE OFRECEN LAS FEMTOCELDAS DENTRO DE UNA RED MULTISERVICIOS 3G DE TELEFONÍA MÓVIL.”, fue entregado al Departamento de Eléctrica y Electrónica y reposa en la Escuela Politécnica del Ejército desde:

Sangolquí, a _____

Elaborado por:

ROBERTO ROCA ROJAS

Autoridad:

ING. DARÍO DUQUE Msc