

**Tesis Monográfica para optar al Título de
Ingeniero en Telecomunicaciones**

Título

**“Ampliación de cobertura Indoor mediante la Implementación de
Femtoceldas para la tecnología WCDMA en 850 y 1900 MHz en
Metrocentro”.**

Autores:

- Br. Ligia Karina Urroz Carcahe 2014-01081
- Br. Osmar Eliud Treminio Arellano 2010-35241

Tutor:

MSc.Ing. Ernesto José Lira Rocha

Managua, Abril 2019

Acrónimos

WCDMA:	Wideband Code Division Multiple Access
UMTS:	Universal Mobile Telecommunication System
Site Survey:	Evaluación de Sitio
INDOOR:	Se refiere al interior de las edificaciones
OUTDOOR:	Se refiere al exterior de las edificaciones
KPI:	Key Performance Indicators
RSCP	Received Signal Code Power
EC/NO	Es la relación entre la energía de chip y el ruido.
Tx POWER	Es el nivel de potencia que necesita transmitir el terminal para realizar una llamada
DL :	Enlace Descendente
UL	Enlace Ascendente
DAS:	Sistema distribuido de antenas
Walk test:	Técnica de toma de medidas o parámetros
FAP:	Femtocell access point
CSG:	Closed Subscriber Group
RAN:	The Radio Access Network
UE:	User equipment
RNC:	The radio network controller
RNS:	Radio network sub-system
VLR:	Visitor Location Register
HLR:	Home Location Register

Índice de Figuras

Figure 1: The two principle types of WCDMA frequency allocation: FDD and TDD	8
Figura 2: The spread WCDMA signal is transmitted in frames of 10 ms.	9
Figura 3: Example of three UMTS macro sites with three sectors each; all cells are using the same RF channel, but different scrambling codes	9
Figura 4: The load profile for the cell defines whether the coverage is DL or UL limited	10
Figure 5: In the outdoor environment the RF channel is multipath.	11
Figura 6: UMTS UTRAN and core network	12
Figura 7: Typical femtocell and macrocell scenario	18
Figure 8: Flat architecture for femtocells integrating into mobile networks	21
Figura 9: Estructura 3G	24
Figura 10: Indicadores de Niveles Ec/No	24
Figura 11: Representacion de la variacion usando TE	25
Figura 12: Representacion de la variacion usando TM	25
Figura 13: Curvas de atenuacion relativa, Modelo de propagacion Okumura	29
Figura 14: Equipos para mediciones de cobertura celular	32

INDICE DE CONTENIDO

I. Introducción	1
II. Antecedentes	3
III. Justificación	4
IV. Objetivos del Estudio.....	5
4.1. Objetivo General	5
4.2. Objetivo Especifico	5
V. Marco Teórico	6
5.1 The UMTS Radio Features	6
5.1.1 The WCDMA RF Carrier	6
5.1.2 Frequency Reuse on UMTS.....	7
5.1.3 UL and DL Load	8
5.1.4.1 UMTS Handovers.....	8
5.2 UMTS and Multipath Propagation.....	9
5.2.4 The UMTS Network Elements.....	10
5.3 Indoor Radio Planning	10
5.3.1 Why is In-building Coverage Important?	11
5.3.2 Indoor Coverage from the Macro Layer	12
5.4 The Basics of Indoor RF Planning.....	12
5.5 Distributed Antenna Systems	13
5.5.1 What Type of Distributed Antenna System is Best?	14
5.6 What is a Femtocell?	14
5.6.1 What is Included in a Femtocell Access Point.....	16
5.6.2 Why is Femtocell Important	17
5.7 The Indoor Planning Procedure	17
5.7.1 The RF Planning Part of the Process	17
5.8 The Site Survey	18
5.9 Access Network Architecture	19
VI. Metodología de la investigación.....	20
VII. Sistema celular 3G.....	22
VIII. Análisis de resultado escenario Indoor 850 MHz y 1900Mhz	29
8.1 Herramientas de Planificación y Optimización	29
8.2 Planteamiento del Problema	29

8.3	Drive Test	30
IX.	Análisis y comparación de las mediciones de campo indoor en WCDMA.	34
X.	Conclusiones	42
XI.	Bibliografía	43
XII.	Anexos.....	44

I. Introducción

Los cambios cada vez más frecuentes en los últimos años hacen que las redes *outdoor* se vean desfavorecidas ante el crecimiento de las ciudades. Muchas soluciones se han planteado para frenar este problema, pero la que ha evolucionado y está siendo aplicada cada vez más es la solución *Indoor*.

Surge como una opción de despliegue de red para interiores como: edificios, centros comerciales, aeropuertos, estadios, etc. Su futuro es prometedor debido a que la tendencia en despliegue de redes es tener cada vez más estaciones de menor área de cobertura con la finalidad de concentrar los recursos en pequeñas áreas; para con ello asegurar mayor velocidad y calidad de servicio.

El presente trabajo de tesis consiste en la implementación de Femtoceldas para la tecnología WCDMA en 850 y 1900 MHz en ambiente Indoor para el centro comercial Metrocentro con los objetivos de mejorar la cobertura celular y aumentar la velocidad de acceso a internet móvil; con ello, se busca ofrecer un mejor servicio móvil dentro de las instalaciones.

Para dicha implementación primeramente se realizara un Site Survey que involucra la selección del área de instalación y mediciones Indoor con el software Tems Investigations, además se postprocesaran las mediciones con el software Tems Discovery para analizar los KPI siguientes (RSCP, Ec/No y Scrambling code y Throughput), Posterior a su instalación se realizara la comprobación del mejoramiento de cobertura mediante drive test post en la zona elegida y que los resultados finales del diseño sean los deseados.

El desarrollo del presente trabajo monográfico conlleva una breve descripción teórica de la tecnología 3G-WCDMA, redes INDOOR, tecnología y desarrollo de FEMTOCELLS y como se evaluará el problema de baja cobertura en el centro comercial Metrocentro alcances y consideraciones de ingeniería para el desarrollo de la misma. Además se incluyen los resultados de estudio de las mediciones e implementación.

Ubicación del sitio de estudio e implementación



II. Antecedentes

En el año 2007 se funda el Femto Fórum en Barcelona, con el propósito de estandarizar las Femtoceldas y el análisis de un despliegue a nivel mundial, a lo cual se unen cerca de 100 empresas de telecomunicaciones ofertando hardware y software. [3]

Normalmente a una Femtoceldas se lo ve como un punto de acceso WIFI, pero es conocido como FAP, con la diferencia de que una Femtoceldas contiene RNC o BSC en el caso de GSM, [1], cumpliendo las mismas funciones de una típica BS.

El país pionero en el despliegue de las Femtoceldas en Latinoamérica es Brasil bajo la compañía TIM, misma que firmó un acuerdo con la empresa francesa Alcatel Lucent. El despliegue esta pronosticado para entrar en funcionamiento una vez finalizado el mundial del año 2014. TIM integrará Femtoceldas a su red 3G, la cual concentra su mayor base de usuarios. Durante un período de tres años, para apoyar en la entrega de una solución rentable para mejorar la cobertura y la capacidad para sus suscriptores. [3], [4]. Las Femtoceldas en la actualidad se acoplan al mercado de mayores usuarios, actualmente la tecnología 3G es la que predomina, por lo que tiene una tendencia a abarcar a los usuarios al implementación y uso de LTE.

En el Centro de Documentación de la Facultad de Electrotecnia y Computación, no se encontraron temas sobre Femtoceldas, solo se encontró el siguiente trabajo monográfico que tienen cierta relación (capítulos sobre ambiente Outdoor –to –Indoor):

En el cual el profesor PhD. Marvin Sánchez de la Universidad Nacional de Ingeniera de Nicaragua presento como tutor del trabajo monográfico **Análisis de la Radio propagación para un escenario Outdoor-to-Indoor en las Bandas 850 MHz y 2100 MHz** analiza las características de radio propagación dentro de un entorno Outdoor-to-Indoor para un edificio de cinco pisos ubicado en el campus central (Recinto Universitario Simón Bolívar) este análisis se fundamenta en la comparación de mediciones reales y los resultados adquiridos mediante la implementación de la herramienta software Wireless Insite®, la cual implementa la técnica de disparo y rebote de rayos (Shooting and Bouncing Ray) como método de predicción.

III. Justificación

Con el desarrollo del siguiente trabajo sobre Ampliación de cobertura Indoor mediante la Implementación de Femtoceldas para la tecnología WCDMA en 850 y 1900 MHZ, se pueden beneficiar de dicha propuesta los ingenieros, los estudiantes, las empresas de servicio y personas particulares. Debido a que se realizaran procedimientos para trabajos de recolección de datos para complementar el proceso de enseñanza aprendizaje en los estudiantes de la carrera de Ingeniería en telecomunicaciones.

Se obtendrán beneficios para nuevas empresas de servicios de los operadores móviles, gracias a la implementación del estudio donde al mismo tiempo se debe utilizar una metodología ya homologada, mejora de la competitividad, mejora de la Imagen corporativa. Aumento de la seguridad del personal y usuarios finales. Reducción en los costos de estudio.

La metodología será novedosa ya que se pretende instruir al encargado del estudio sobre el uso de las herramientas y equipos para el fin del estudio, además generará recomendaciones que pueden tomarse en la implementación de cualquier escenario de estudio.

IV. Objetivos del Estudio

4.1. Objetivo General

- Realizar un estudio para ampliación de cobertura Indoor mediante la Implementación de Femtoceldas para la tecnología WCDMA en 850 y 1900 MHZ en Metrocentro.

4.2 Objetivo Especifico

- Planificar una visita al sitio (Site Survey) para medir los niveles de la calidad de la señal identificar el lugar donde se instalará la Femtoceldas.
- Realizar Walk test Indoor post para ver los niveles de la señal RSCP, la calidad de la señal EcNo y el Throughput en WCDMA.
- Analizar los niveles de la señal RSCP, la calidad de la señal EcNo el Throughput en WCDMA mediante el postproceso de los logfile recolectados en el drive test Indoor.
- Mejorar la cobertura y aumentar la velocidad de acceso con el objetivo de mejorar el servicio.

V. Marco Teórico

5.1 The UMTS Radio Features

Compared with GSM, the UMTS radio interface is totally different, and can take some time and effort for the hard-core GSM radio planner to understand. Actually it is not complicated at all; if you just focus on the important main parameters it is easy to understand and plan indoor UMTS radio systems. There are in principle two different types of WCDMA – WCDMA-TDD and WCDMA-FDD (as shown in Figure 1). [1]

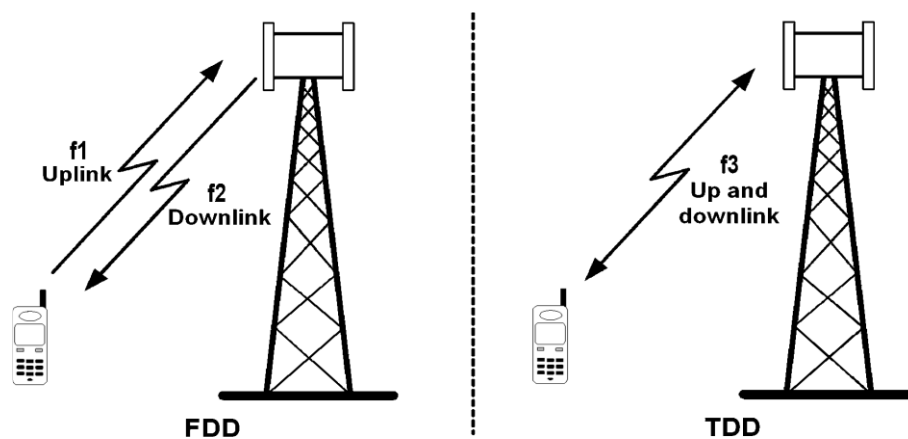


Figure 1: The two principle types of WCDMA frequency allocation: FDD and TDD

5.1.1 The WCDMA RF Carrier

El The bandwidth of the UMTS carrier (as shown in Figure 2.16) is about 5MHz (4.75 MHz), and is divided into 3.84 Mcps. The chips are the raw information rate on the channel, or the carrier' if you like. Each user is assigned a specific power according to the service requirement and path loss to that particular user. The more user traffic there is, the more power will be transmitted and the higher the amplitude of the UMTS carrier will be (as shown in Figure). [1]

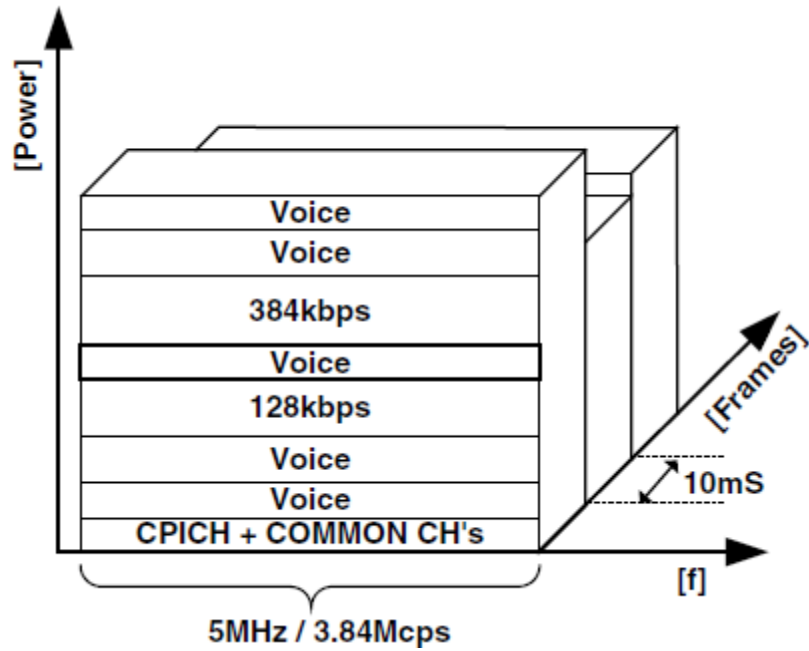


Figure 2: The spread WCDMA signal is transmitted in frames of 10 ms, enabling service on demand every 10 ms. One user in a voice session can get a higher data rate assigned in the next frame

5.1.2 Frequency Reuse on UMTS

The cells in the UMTS system are operating on the same frequency (as shown in Figure 2.19), using a frequency reuse of 1. UMTS cells are separated only by the use of different primary scrambling codes; this is the ‘master key’ for the codes in that particular cell. [1]

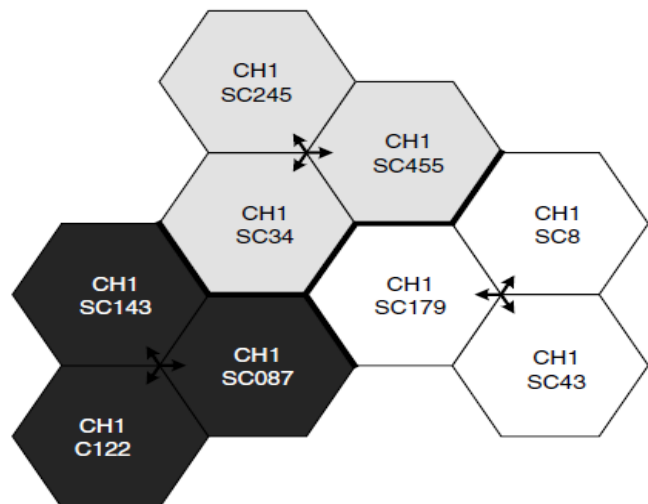


Figure 3: Example of three UMTS macro sites with three sectors each; all cells are using the same RF channel, but different scrambling codes

5.1.3 UL and DL Load

UMTS is noise-limited on the uplink and power-limited on the downlink. In a typical cell the link tends to be noise-limited during light traffic load, and power-limited when the traffic load rises (as shown in Figure).

The service profile of traffic generated by the users in the cell will also affect the balance of the cell between being downlink- or uplink-limited. Typical data users will use higher downlink data speed, for downloads, etc. The base station's capabilities with regards to processing power, power resources and receiver sensitivity also play a role, but the principle is that the same cell can be both uplink and downlink-limited depending of the load profile. [1]

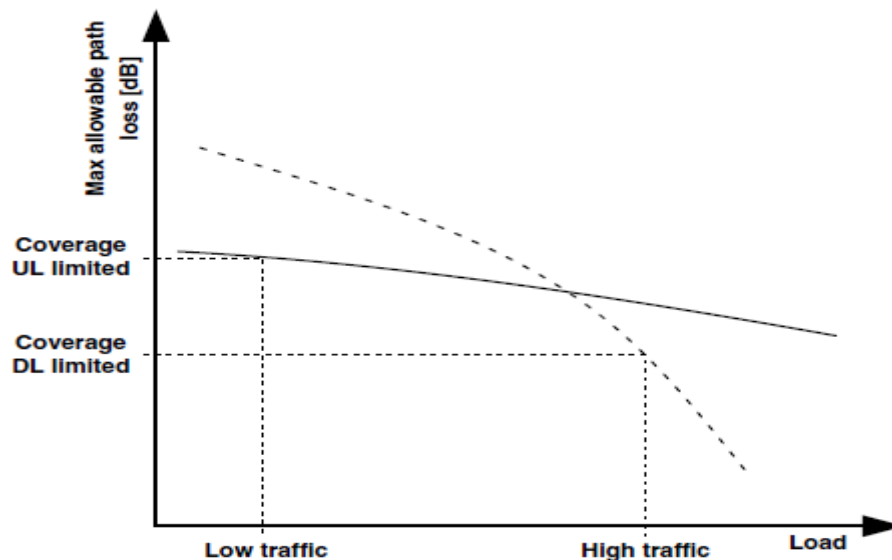


Figure 4: The load profile for the cell defines whether the coverage is DL or UL limited

5.1.4.1 UMTS Handovers

There are several handover scenarios in UMTS. The type of handover is dependent on whether the handover is within the same node B, different node B, different UMTS frequencies or even system handover to and from GSM and DCS. As we know, UMTS uses the same frequency for all the cells and the only possible way for a mobile station to hand over from one cell to another is to be connected with both cells in the area where both cells are at equal levels. [1]

Typically, a handover in UMTS involves two or three cells. This handover function and algorithm is totally different compared with GSM handover zones. [1]

5.2 UMTS and Multipath Propagation

Ideally the radio channel path should be direct, in line-of-sight (LOS), with no reflections or obstructions between the base station and the mobile. However, in the real world, especially in cities and urban environments, most RF signals reaching the receiver will have been reflected or diffracted by the clutter of the buildings. Typically only a small portion of the RF signal will be the direct signal from the base station; the main signal will derive from reflections. This is called multipath, and the environment creates multipath fading due to the phase shifts and different delays of the signals amplifying and canceling each other. This is the main source for orthogonality degradation, especially when serving indoor mobile users from the macro network. [1]

An example of the fading environment with reflections can be seen in Figure 2.34, where T1 is the direct signal, and T2/T3 are the reflected and delayed signals.

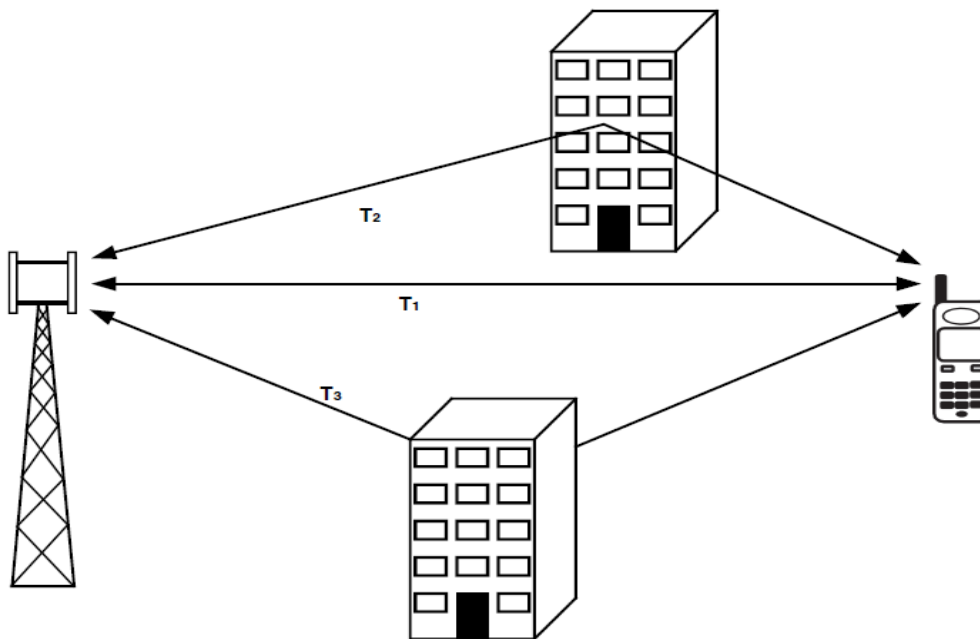


Figure 5: In the outdoor environment the RF channel is multipath, having more than one signal path between the mobile and the base station. The signal phase and amplitude of these signals will not be correlated

5.2.4 The UMTS Network Elements

This is a short introduction to the elements of the UTRAN (UMTS terrestrial radio access network) and the key elements of the core network (as shown in Figure 2.37). This book is not intended as a detailed training book about the UTRAN and core network, but it is important that the indoor radio planner understands the general principles of the total network, especially regarding the UTRAN. [1]

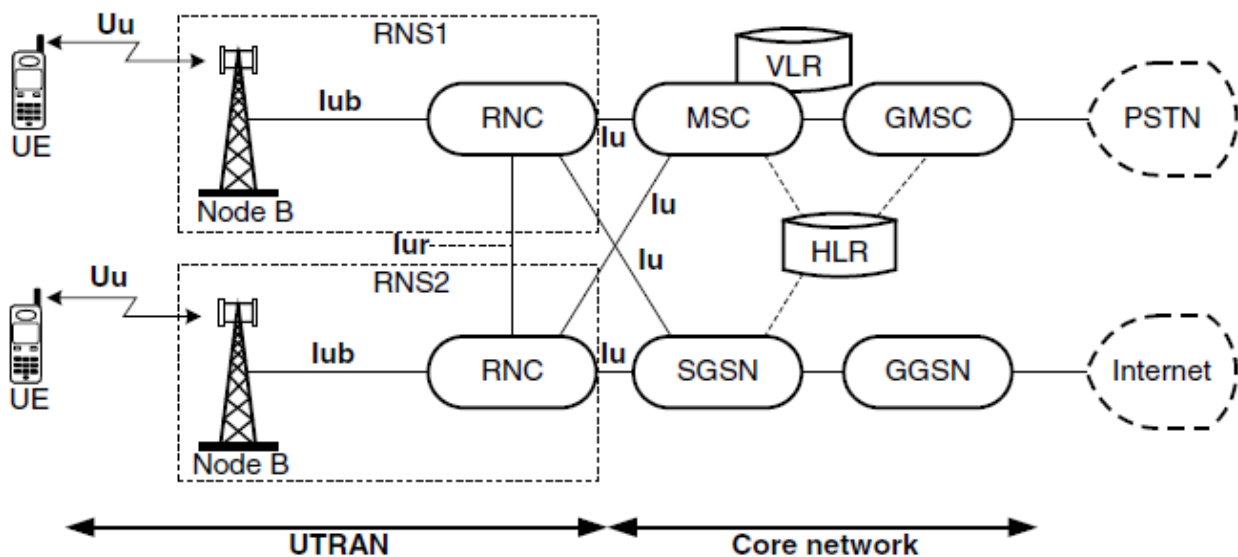


Figura 6: UMTS UTRAN and core network

5.3 Indoor Radio Planning

There are numerous challenges, both from a business and a technical perspective, when designing and implementing indoor coverage solutions. Indoor radio planners carry a major responsibility for the overall business case and performance of the network. In many countries 80% of users are inside buildings, and providing high-performance indoor coverage, especially on higher data rates, is a challenge. [1]

It is much more than a technical challenge; the business case must also be evaluated, as well as future-proofing of the solutions implemented, among other considerations. As an indoor radio planner, it is important not to focus only on the technical challenge ahead, but to look a few steps ahead. [1]

5.3.1 Why is In-building Coverage Important?

There are many reasons for the mobile operator, both technical and commercial, for providing sufficient in-building coverage. The technical motivations are typical; lack of coverage, improvement of service quality, need for more capacity, need for higher data rates and to offload the existing macro network. In 3G (UMTS) networks, the need to offload the existing macro network is an especially important parameter. The need for higher-speed data rates inside buildings also plays an important factor. It is evident that you will need dedicated in-building (IB) solutions to provide high-speed data service on UMTS and especially when deploying HSDPA/HSUPA high-speed data services. [1]

This book will focus mainly on the technical part of the evaluation, and design of IB solutions. However, even the most hardcore technical RF design engineer must realize that the main driver for any mobile network operator must be to increase the revenue factor. The purpose is to maximize the revenue of the network and to lower the production cost of the traffic. The cost of producing a call minute (CM) is a crucial factor for the mobile operator, and so is the production cost per Mb of data transmitted in the network. [1]

- Commercial and Technical Evaluation
- The Main Part of the Mobile Traffic is Indoors
- Some 70–80% of Mobile Traffic is Inside Buildings
- Indoor Solutions Can Make a Great Business Case
- Business Evaluation
- Coverage Levels/Cost Level
- Evaluate the Value of the Proposed Solution

5.3.2 Indoor Coverage from the Macro Layer

Why not just use the macro coverage to provide the needed indoor coverage? When designing a cellular network, especially in the first phase of rollout, many radio designers initially try to cover as many buildings from the macro layer as possible. This is despite knowing that most of the traffic originates from inside buildings. [1]

To some extent, and in certain areas, this strategy makes sense. In many cases you are able to provide reasonably good overall indoor coverage from the macro base stations, but it is a fine balance and a compromise. In a typical suburban environment you need to rely on a very tight macro grid with an inter-site distance of no more than 1–2 km, depending on the services that are offered. In urban environments the inter-site distance can be down to 300–500 m to provide the deep indoor penetration needed for GSM and UMTS. In many cases even this tight a site grid is not sufficient to provide the higher-data-rate EDGE coverage on GSM, and is not sufficient for providing higher data rates on UMTS (64–384 kps). On UMTS especially, HSPA will be a major concern, when covering from the outside network into the buildings. [1]

5.4 The Basics of Indoor RF Planning

No matter what the radio service, whether it is GSM, UMTS, HSPA or other technologies, there are some basic design guidelines one must apply in order to design a high-performing indoor coverage solution. [1]

- Isolation is the Key
- Tinted Windows Will Help Isolation
- The ‘High-rise Problem’
- Radio Service Quality
- Indoor RF Design Levels
- The Zone Planning Concept

5.5 Distributed Antenna Systems

you need to distribute a uniform dominant signal inside the building, from the indoor cell, using indoor antennas in order to provide sufficient coverage and dominance. In order to do so you must split the signal from the indoor base station to several antennas throughout the inside of the building. Ideally these antenna points should operate roughly at the same power level, and have the same loss/noise figure on the uplink to the serving base station. The motivation for the uniformly distributed coverage level for all antennas in the building is the fact that all the antennas will operate on the same cell, controlled by the same parameter setting. In practice passive DAS will often not provide a uniform design to all antennas; you might have one antenna with 10 dB loss from the base station, and in the same cell an antenna with 45 dB loss back to the base station, and the actual parameter setting for handover control etc. on the base station might not be able to cater for both scenarios. Therefore uniform performance throughout the distributed antenna system is a key parameter in order to optimize the performance of the indoor coverage system. [1]

The idea of DAS is to split the transmitted power between separated antenna elements. For example, these antennas can be located on different floors of a building to provide homogeneous coverage. The idea of such a system can be found at the beginning of the 1980s and the first paper about indoor distributed antenna systems was proposed by Saleh in 1987. He proposed replacing an antenna radiating at a high power, with multiple small antennas using low power to cover the same area. DAS will much improve the efficiency of the network, if both the overlap between the coverage areas of the different antennas is reduced, and the coverage areas of the antennas fit as much as possible to the shape of the building. The task of the Indoor Planning Engineer is to try to make coverage as homogeneous as possible. Different DAS systems have been proposed on the market. Passive DAS use passive elements to make the output signal of the base station go to different antennas. Later, more advanced DAS systems have been developed, based on active components making the performances of the system better, and making the installation easier. [2]

5.5.1 What Type of Distributed Antenna System is Best?

There are many different approaches to how you can design an indoor coverage system with uniformly distributed coverage level; passive distribution, active distribution, hybrid solutions, repeaters or even distributed Pico cells in the building. Each of these approaches have their pros and cons, all depending on the project at hand. One design approach could be perfect for one project, but a very bad choice for the next project – it all depends on the building, and the design requirements for the current project, and the future needs in the building. [1]

Seen purely from a radio planning perspective you should ideally select the system that can give the most downlink power at the antenna points and the least noise load and loss on the uplink of the base station, and at the same time provide uniform coverage and good isolation to the macro network. [1]

On top of the radio planning requirement, other parameters like installation time and costs, surveillance and upgradeability play a significant role. In practice the service requirements and the link budget will dictate how much loss and noise you can afford and still accommodate the service level inside the building you are designing for. [1]

5.6 What is a Femtocell?

A femtocell is a kind of wireless Access point radiating only a relatively low power that is just enough to cover a typical residential home or small office space (femtocell class1). Unlike a Wi-Fi Access Point, the femtocell operates in a licensed spectrum that belongs to one of the licensed mobile operators and has to be connected to that particular network, via a typical backhaul connection provided to the location – this could typically be standard internet DSL transmission – in order to be operational. [1]

Femtocells are normally quite limited in capacity and support only a limited number of voice users and normally have only a relatively limited data bandwidth. However, femtocells are evolving quickly and will soon be available with more data support, and

quite possibly combine multiple mobile broadband access technologies within the same unit, for example Wi-Fi with GSM, UMTS or LTE, etc. [1]

Bringing a low cost base station, with somewhat limited RF performance, into a household with multiple transmitting devices, such as Wi-Fi access points, DECT base stations, etc could cause some concern in terms of receiver blocking caused by these other transmitting devices which are in close proximity to the femtocell and are quite possibly transmitting within a nearby RF spectrum. [1]

Therefore, it is important for the mobile operator to test and verify the performance of the femtocells thoroughly when qualifying and selecting vendors and suppliers of femtocells. Femtocells (class 1) should not be considered as a replacement for high capacity indoor DAS solutions but rather to provide indoor coverage and capacity in private houses and small offices – typically less than 200 m² and with a handful or fewer numbers of users. However, the future will bring femtocells with more capability and functionality, and power and capacity. These are some of the key attributes of a femtocell: [1]

- Dedicated capacity, limited coverage
- Good dominance
- Operates on a licensed spectrum
- Self installed by the user
- Automatic control and configuration
- Low production cost for the mobile operator and good quality for the users
- Backhaul over the internet
- Location tracking

Femtocells, also known as ‘home base station’, are cellular network access points that connect standard mobile devices to a mobile operator’s network using residential DSL, cable broadband connections, optical fibres or wireless last-mile technologies. [2]

5.6.1 What is Included in a Femtocell Access Point

The femtocell unit incorporates the functionality of a typical base station (Node-B in UMTS). A femtocell unit looks like a WiFi access point, see Figure 1.1. However, it also contains RNC (Radio Network Controller; in the case of GSM, BSC) and all the core network elements. Thus, it does not require a cellular core network, requiring only a data connection to the DSL or cable to the Internet, through which it is then connected to the mobile operator's core network, see Figure. [2]

In this book, we use femtocell access point (FAP) to stand for the femtocell unit that contains base station and core network functionalities, and use femtocell to refer to the service area covered by the FAP. A FAP looks like a WiFi access point (WAP). However, inside, they are fundamentally different. WAP implements WiFi technologies such as IEEE 802.11b, 802.11g, and 802.11n. FAP implements cellular technologies such as GSM/GPRS/EDGE, UMTS/HSPA/LTE and mobile WiMAX (IEEE 802.16e). A comprehensive comparison of WiFi and cellular technologies is beyond the scope of this chapter. [2]

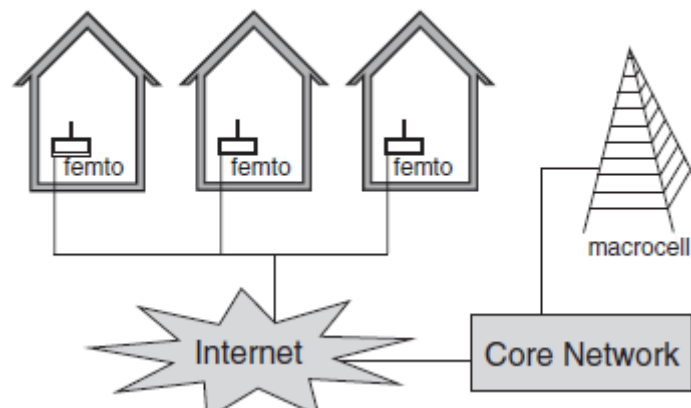


Figura 7: Typical femtocell and macrocell scenario

5.6.2 Why is Femtocell Important

Femtocell is very important for the following reasons:

- It can provide indoor coverage for places where macrocells cannot.
- It can offload traffic from the macrocell layer and improve macrocell capacity (in the case of using macrocells to provide indoor coverage, more power from the base station will be needed to compensate for high penetration loss, resulting in a decrease in macrocell capacity).
- Assume that good isolation (hence, the signal leakage from indoor to outdoor will be small) can be achieved, the addition of a femtocell layer will significantly improve the total network capacity by reusing radio spectrum indoors.
- . etc. [2]

5.7 The Indoor Planning Procedure

Operators need a well-structured procedure to evaluate the business case and implementation process of indoor solutions. Often the need for an indoor coverage solution in a particular building is initiated by the sales and marketing department of the operator responsible for that particular area or customer. The procedure must include all aspects of the process, in order to make it visible for all working within the operator: how, why and when an indoor DAS is to be implemented; who is responsible for what part of the process; what documents are needed; and the general workflow of the process. [1]

5.7.1 The RF Planning Part of the Process

The RF planner uses the input from sales to make a draft design. Often this draft design can be done by an experienced radio planner without doing a site visit. This of course depends on the quality and detail of the input, the size of the solution and the experience of the RF planner. The RF planner provides the following output: [1]

-
- Floor plans with suggested placement of antennas and equipment.
 - Diagram of the DAS.
 - Equipment list.
 - Estimated implementation costs.
 - Estimated project time.

5.8 The Site Survey

Prior to the site survey, the RF planner has done a draft design, using a link budget tool, RF propagation simulation and experience. To do the final design, the RF planner uses the draft design as a basis for a site survey, and adjusts the draft design according to the results of the site survey. [1]

The purpose of the site visit is to:

- Get the solution approved by the building owner.
- Collect information regarding equipment rooms, installation challenges cable ducts, etc.
- Take necessary photographs for the installation team, and for the RF planner.
- Take photographs of rooftop 'line-of-sight' possibilities to other sites, if microwave transmission is to be used. [1]

Participating in the site visit should be:

The RF planner

- The RF planner is the project manager.
- After the survey, the RF planner will provide the final design to be approved by the building owner, and used by the installer.
- The RF planner might need to take measurements of the existing coverage provided by the macro layer.
- The RF planner also might need to do RF survey measurements inside the building, to verify the draft design.

The installer

- The installer is responsible for the implementation.
- He will provide 'as-built' documentation after implementation. [1]

5.9 Access Network Architecture

Femtocells promise improved indoor coverage and increased throughput for mobile data services while off-loading traffic from expensive macro radio access networks onto the low cost public Internet. While the mobile industry holds high hopes for femtocells, a number of key technical challenges must first be addressed before the femtocell market can see significant commercial success. One such challenge is to define and standardize an approach for integrating femtocells back into mobile core service networks, i.e. device-to-core network connectivity. The Radio Access Network (RAN) in use today comprises hundreds of base stations connected to a single Radio Network or Base Station Controller (RNC/BSC). The interface is Iub running the Asynchronous Transfer Mode (ATM) protocol over dedicated leased lines. Unlike macro 3G RAN, femtocell access networks require operators to integrate hundreds of thousands of low-capacity home base stations that can be moved, added, and changed by end users at any time, all connected over the unsecured and untrusted public Internet. This raises a number of important issues:

- Is it scalable?
- Is it secure?
- Is it standardized?

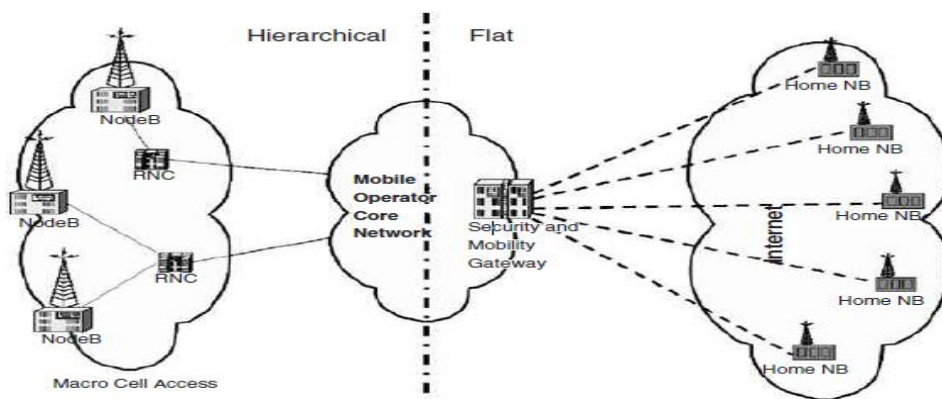


Figure 8: Flat architecture for femtocells integrating into mobile networks

VI. Metodología de la investigación

La metodología que se utilizará para este estudio es la recolección de información de campo e investigación cuantitativa.

De campo porque se recaudará información en el lugar o sitio (*technical site survey*) de los niveles y calidad de la señal a demás la velocidad de descarga para la tecnología 3g en el centro comercial de metrocentro.

El Modelo propuesto a seguir es un elemento que se destaca en esta metodología, su carácter participativo e inclusivo, puesto que recupera las percepciones de todos los actores (Ingenieros, técnicos, usuarios en general, etc).

En primer lugar, se realizará una búsqueda bibliográfica acerca de temas y libros referentes a FEMTOCELDAS y WCDMA.

Para el desarrollo del presente proyecto se tendrán en cuenta los siguientes pasos a seguir en el orden establecido, esta planificación del trabajo ayuda a tener un orden de tareas y asegura el éxito del proyecto si se cumplen.

- Coordinar con el área administrativa de Metrocentro una visita guiada al establecimiento.
- Realizar un TSS (*technical site survey*) el cual nos permitirá seleccionar el área adecuada para instalar las Femtoceldas.
- Realizar Drive Test Indoor previo con el software Teme Investigations para evaluar los KPI (RSCP, ECNO,PSC Y THROUGHPUT) para 3G, esto se hará realizando las siguientes mediciones, llamada corta de 30 segundo y una descarga vía FTP de 500 MB para evaluar los niveles, calidad y velocidad de Datos reportados por el móvil.
- Una vez obtenido todos los datos con el desarrollo del TSS, se deben post-procesar los logs (archivos de mediciones) con el software Teme Discovery para analizar los niveles, calidad y velocidad de datos en el interior de Metrocentro.
- Con la información extraída al post-procesar los logs de las mediciones pre se debe evaluar el problema de cobertura en el interior de Metrocentro teniendo

énfasis en aquellas zonas con peor cobertura a ser mejoradas con el desarrollo del proyecto mediante la instalación de Femtoceldas.

- Instalaciones de dos femtoceldas en el interior de metrocentro el cual mejorara los niveles, Calidad y velocidad de descarga en 3g.
- Drive test indoor posterior el cual comprobara el mejoramiento de calidad y nivel de señal en 3g mediante la implementación de femtoceldas.

Las fuentes utilizadas para la recolección de información necesarias para el desarrollo del trabajo son los que se describen a continuación:

1. Fuentes primarias

- a.** Libros, revistas especializadas, foros, web de empresa de seguridad electrónico e Internet, softwares como Tera Discovery y Tera Investigations, Google Earth, Mapinfo así como estudios anteriores sobre el tema, los mismos que ayudarán al análisis del proyecto que se presentara con la metodología.

Finalizada la fase de campo se completará el periodo de recepción, ordenamiento, procesamiento y análisis de la información primaria y secundaria, así como la redacción preliminar de los resultados del diseño del sistema: donde se definirá la arquitectura de hardware y software para satisfacer los requerimientos. Toda la información recopilada una vez analizada servirá para la elaboración del reporte final de la propuesta.

VII. Sistema celular 3G

Debido al crecimiento y desarrollo de las aplicaciones móviles, el apareamiento de nuevos servicios y teléfonos más avanzados, se requiere de un acceso rápido que soporte altas transmisiones de información y mayor velocidad de navegación.

Para este propósito se ha desarrollado el estándar denominado UMTS (Servicios Universales de Telecomunicaciones Móviles) basado en la tecnología W-CDMA.

➤ UMTS

El sistema UMTS (Servicios Universales de Telecomunicaciones Móviles), también conocido como telefonía móvil de tercera generación, permite la utilización de varios servicios simultáneamente, haciendo posible el uso de aplicaciones en tiempo real y que van más allá de una llamada de voz común.

De este modo, los usuarios tienen acceso a servicios como descargas de cualquier aplicación o información, correo electrónico, redes sociales, compras en línea, entre otros.

➤ W-CDMA

Acceso Múltiple por División de Código de Ancho de Banda, el canal de frecuencia se divide en diferentes secuencias de código por cada usuario sobre un ancho de banda más robusto, es decir los usuarios transmiten simultáneamente sobre el mismo canal y son identificados mediante la asignación de un código.

Esta técnica opera de dos modos:

-
- WCDMA: FDD (Frequency Division Duplexing), emplean dos bandas distintas de frecuencias por cada usuario. La banda de subida encargada de transportar el tráfico desde la estación de base hacia el teléfono móvil y la banda de bajada encargada de transportar el tráfico desde el teléfono móvil hacia la estación base.
 - TD/CDMA: TDD (Time División Duplexing), emplean un mismo canal para operación de las bandas de subida y bajada, por medio ranuras o intervalos de tiempo.

Elementos de la Red 3G

Se encuentra representado por tres grandes bloques los que se mencionarán a continuación:

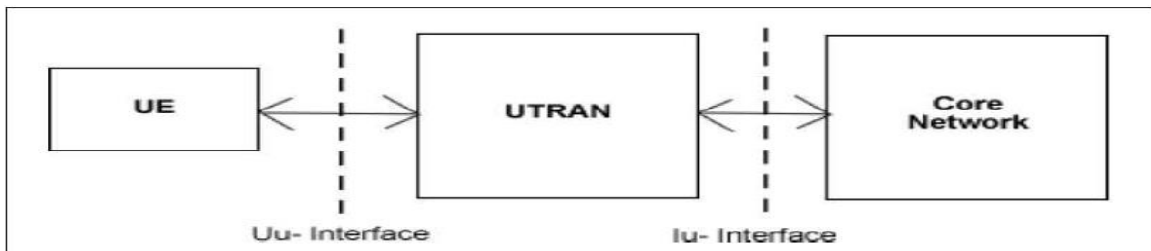
Core Network (Núcleo de Red): es la parte importante encargada del control, señalización, tráfico y transporte de la información, basada en la conmutación de circuitos denominada MSC y conmutación de paquetes denominada SGSN, que en conjunto se conectan a otras redes.

RAN O UNTRAN (Red de Acceso de Radio): contiene al Nodo B o estación base, el cual provee la interfaz de radio, y el RNC (Radio Network Controller) maneja los recursos de radio, el transporte del tráfico y a su vez establece la comunicación con el Núcleo de Red.

Terminales Móviles (UE): conocido como teléfono móvil el cual contiene la información suscriptora del usuario.

Estructura 3G

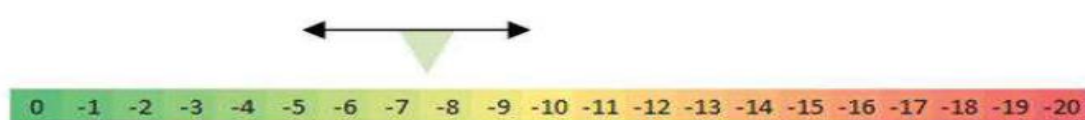
Esta estructura se encuentra representada mediante bloques como se puede observar en la figura 9:



Estructura UMTS.
Tomado de UMTSForum, s.f.

Parámetros Básicos WCDMA

- ✓ E_c/N_0 : es la energía por chip (E_c) recibida por el canal piloto, dividida por la densidad de ruido espectral (N_0), expresada en dB (Decibelios) como se puede apreciar en la figura 10



Indicador de niveles E_c/N_0 .
Tomado de TelecomHall, s.f.

- ✓ RSCP: significa código de señal recibida de energía, en otras palabras, significa la energía recibida del canal piloto de una celda con el código de aleatorización específico.
- ✓ RSSI: indica la intensidad de la señal recibida en el teléfono móvil.

Elementos de la Radio Base o Nodo B

La radio base o estación celular también denominada por sus siglas en inglés como BTS (Base Station Transceiver) para 2G y Nodo B considerado en 3G, es el elemento de la red celular encargado de manejar los recursos de radio frecuencia, para establecer la comunicación de la red celular con el teléfono móvil.

La radio base está conformada por cuatro grandes componentes como son:

-
- Equipos de Radio Frecuencia: constituyen todas las unidades que en conjunto trabajan en el procesamiento, transmisión y recepción de la señal, además de ejecutar el proceso de comunicación con la BSC.
 - Equipo de Radio Enlace: es el encargado de establecer la comunicación con la BSC, con el fin de enrutar el tráfico.
 - Equipos de Energía: son todas las unidades de alimentación y protección eléctrica.
 - Sistema Radiante: constituyen las antenas, combinadores, diplexores y las tarjetas transmisoras/receptoras.

Antenas

Las antenas celulares son un elemento muy importante de la radio base, irradian la señal de radio frecuencia en varias direcciones, sin embargo, son conductores pasivos, es decir no generan potencia o amplifican la señal transmitida.

Las antenas al irradiar presentan una característica muy importante denominada ganancia, esta se define como la ganancia de potencia en la dirección de máxima radiación y su unidad de medida es en dB (Decibelios).

Este componente además tiene la capacidad de modificar el lóbulo de radiación para limitar el área de cobertura y así reducir las interferencias con otras celdas vecinas, para esto, se lo realiza mediante mecanismos propios como son:

- Tilt Eléctrico (TE): este mecanismo se encuentra en la parte baja de la antena y sirve para modificar el lóbulo de radiación de tal manera que este se reduce como se puede observar en la figura 11.



Tilt eléctrico



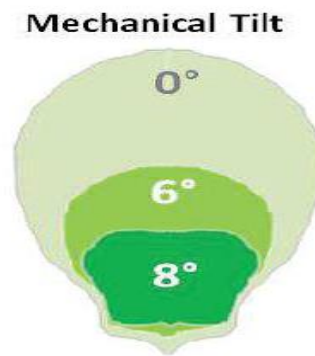
Lóbulo de radiación

Representación de la Variación usando TE.
Tomado de TelecomHall, s.f.

- Tilt Mecánico (TM): permite modificar la posición de la antena, tanto arriba (uptilt) como hacia abajo (downtilt) por medio de errajes, de modo que aplicando un downtilt el lóbulo sufre un ensanchamiento, como se puede apreciar en la figura 12.



Tilt mecánico



Lóbulo de radiación

Representación de la Variación usando TM.
Tomado de TelecomHall, s.f.

Propagación

Se denomina propagación, a la interfaz de radio o al medio en que las señales viajan (espacio libre), estas señales (ondas electromagnéticas), son transmitidas libremente haciendo posible la comunicación entre el teléfono móvil y la red celular.

Estas señales propagadas son generadas por las estaciones celulares, desde el punto de vista emisor y como equipo receptor los teléfonos móviles, sobre una misma banda de frecuencia, atraviesan por uno o más trayectos dando lugar a un conjunto de fenómenos físicos tales como:

- Refracción: al momento de atravesar uno o varios medios experimenta un cambio de velocidad.
- Reflexión: ocurre cuando en la trayectoria existe un obstáculo el cual produce una desviación o cambio de trayectoria.
- Atenuación: ocurre debido a reflexiones del terreno.
- Desvanecimiento: ocurre cuando la onda viaja por múltiples trayectorias.
- Absorción: dada por el tipo de entorno o medio que se encuentre atravesando.

Por lo que no en todos los lugares tenemos el mismo nivel de señal, además el crecimiento de abonados, las obstrucciones del tipo geográfico u obstrucciones dentro del mismo entorno urbano afectan la calidad de servicio.

Las estaciones celulares por medio de las antenas y equipos de radio frecuencia irradian de forma controlada, dando cobertura sobre un área determinada, según el diseño de red de cada operadora telefónica, de tal manera que predecir el comportamiento es necesario hacer uso de los modelos de propagación los cuales facilitaran visualizar la zona de influencia que tiene cada estación celular.

Modelos de Propagación

Para predecir la forma de propagación existen varios estudios que permiten hacer un modelado en ambientes externos, como son los siguientes:

- Modelo Okumura
- Modelo Okumura-Hata
- Modelo Walfisch-Bertoni
- Modelo Walfisch-Ikegami

Estos modelos permiten crear las posibles áreas cubiertas por la estación celular, bajo ciertas condiciones y dependiendo del modelo que se requiera, además, hay que considerar otros aspectos que intervienen como son la altura a la que se encuentran las antenas, tilt mecánico, tilt eléctrico, tipo de entorno y las pérdidas en el sistema.

Modelo Okumura

Este modelo es usado para predicciones en ambientes externos urbanos, sobre terrenos regulares, por lo que es adaptable a este estudio, y está basado en curvas de atenuación relativa al espacio libre, y además este modelo es aplicable con las siguientes consideraciones:

- Frecuencias entre 100MHz y 3000MHz.
- Distancias entre 1Km y 100Km

Donde la atenuación por trayectoria está definida por la siguiente ecuación:

$$L[dB] = L_f + A_{mu}(f, d) - G(h_{tx}) - G(h_{rx}) - G_{AREA}$$

Dónde:

L: Atenuación por trayectoria espacio libre

Lf: Atenuación espacio libre

Amu(f, d): Atenuación relativa promedio (curvas)

G(htx): Ganancia de la antena de transmisión con altura htx

G(hrx): Ganancia de la antena de recepción con altura hrx

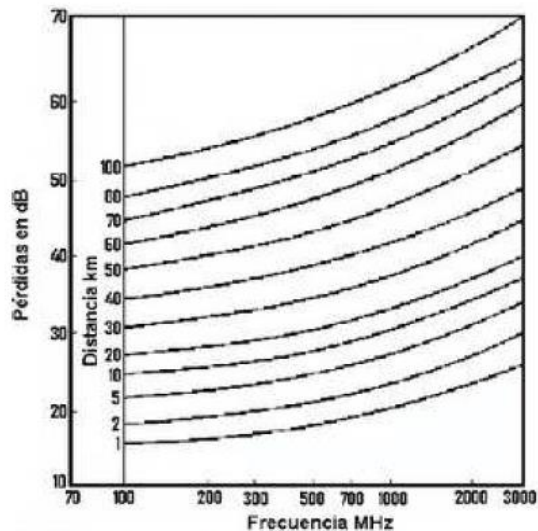
GAREA: Ganancia debido al tipo de ambiente

Tomado de Ávila, 2013.

Curvas de atenuación relativa

Okumura determina un conjunto de curvas por medio de mediciones sobre zonas urbanas de relieve regular, en función de la distancia entre el transmisor y el receptor, la frecuencia en la que se propagan, del tipo de antenas omnidireccionales y verticales, la altura de la misma y los diferentes tipos de trayectos.

Es considerado uno de los más simples y empíricos pero que el más utilizado por la precisión de cálculo por pérdidas en el trayecto. A continuación, se hace referencia de las mediciones de Okumura en la figura 13.



Curvas de atenuación relativa, Modelo de propagación Okumura.
Tomado de Avila, 2013.

VIII. Análisis de resultado escenario Indoor 850 MHz y 1900Mhz

8.1 Herramientas de Planificación y Optimización

Actualmente existen varias herramientas de planificación y optimización de para las redes móviles, las cuales facilitan la planificación de la red, una de las facilidades que brinda este tipo de herramientas es la de realizar predicciones de cobertura que servirán para el posterior análisis.

8.2 Planteamiento del Problema

La verificación de las falencias de la red se realiza por medio de la aplicación de varios procesos, uno de ellos es la técnica denominada Drive Test la cual facilita detectar los problemas de calidad y cobertura. Los resultados son presentados de forma gráfica en función de rangos establecidos por criterios de radio frecuencia, además se puede identificar los puntos geográficos que se encuentran con niveles mínimos y que incumplen con las normas de calidad establecidas por el operador móvil

8.3 Drive Test

Es una técnica de medición que permite ver la calidad de la red móvil, esta consiste en censar continuamente los niveles de señal que son recibidos por el teléfono celular.

Las mediciones son realizadas sobre un automóvil el cual se moviliza con los equipos de medición, recolectando la información a una velocidad máxima de 40 Km/h sugerida por las normas de medición emitidas por el operador móvil, con la finalidad de recolectar la mayor cantidad de muestras que permitan, al momento del procesamiento, obtener reportes para analizar y emitir criterios con el objeto de mejorar el rendimiento de la red móvil.

Para la realización del drive test fue necesario un vehículo con el cual nos trasladarnos hasta el centro comercial, luego encendemos la laptop y ejecutamos el software Tems Investigations, a la PC conectamos un hub, al hub se conecta el GPS y los dos terminales móviles que contienen sin card con datos y saldo para ejecutar las pruebas llamada y descarga, luego cargamos una cellfile en extensión XML que es un archivo que contiene valores de parámetros lógicos y físicos de la red a evaluar y por ultimo tomamos una foto de los planos del centro comercial o dibujamos un croquí similar a la forma del centro comercial para luego ser importada en tems y georeferencia con las coordenadas del local para poder realizar las mediciones dentro del local, luego ejecutamos los script y damos play e iniciamos a desplazarnos por todo el centro comercial.

Equipos para Mediciones de Cobertura

Para el desarrollo de las mediciones intervienen los siguientes equipos:

- i. Computadora portátil
- ii. Software TEMS INVESTIGATION
- iii. GPS
- iv. Terminales móviles con procesadores Qualcomm

➤ **Computadora Portátil**

Es el equipo encargado de almacenar y procesar la información recolectada en las mediciones. Entre las características básicas sugeridas por los fabricantes del software de optimización tenemos:

- Sistema operativo Windows 7, Windows Vista, o Windows XP
- Capacidad de 256 Mb en RAM
- Procesador Pentium IV
- 40 Gb de espacio libre en disco duro

➤ **Tems Investigation**

Es el software que se instala en la computadora portátil, el cual permite probar las redes móviles escaneando los canales que se establecen al momento de la comunicación entre el teléfono móvil y la radio base.

La medición se desarrolla mediante rutinas que consisten en la configuración de intervalos de tiempo en que la llamada es establecida, el intervalo de accesos a la red de datos y el escaneo de los niveles de señal.

Este software permite medir las siguientes tecnologías:

- GSM/GPRS/EGPRS
- WCDMA/HSPA/HSPA+
- LTE
- TD-SCDMA
- CdmaOne/cdma2000/EV-DO. (Manual del Usuario Tems Investigation 11.0, 2010. p 1)

Tems Investigation combina la recolección de datos, con el análisis en tiempo real y el post-procesado de la información, de tal manera que se dividen en dos aplicaciones:

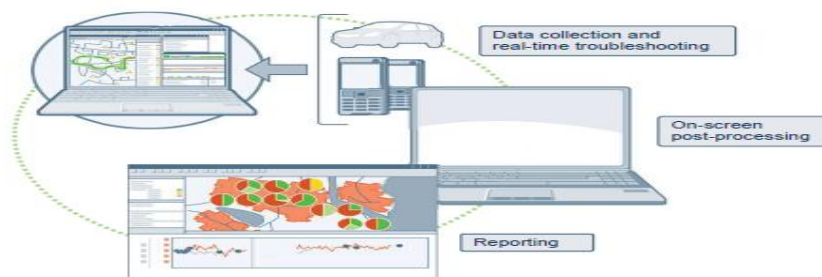
- Data Collection
- Route Analysis

Data Collection

Es la aplicación del Tera Investigation que funciona conjuntamente con los terminales móviles y el GPS, es la encargada de recolectar la información de la red, y almacenada en archivos con la extensión .TXT llamados logfiles, que luego serán procesados para el respectivo análisis.

Route Analysis

Este módulo es el complemento del software de medición, que permite analizar los archivos anteriormente mencionados para ser visualizados en mapas, plots o diagramas lineales del recorrido realizado mostrando los eventos y niveles de potencia en cada posición geográfica tal como se observa en la figura 14:



Equipos para Mediciones de Cobertura Celular.
Tomado de Manual del Usuario Tera Investigation 11.0 Technical Product Description, 2010, p.66.

➤ GPS

Sus siglas significan Sistema de Posicionamiento Global, permite obtener la posición actual; su funcionamiento en conjunto con los terminales móviles traza la ruta que se encuentra midiendo.

8.4 PostProceso.

El postproceso es una actividad que se realiza luego de realizar un drive test donde se analizan los distintos eventos positivos y negativos del comportamiento de la red, los eventos pueden ser Drop Call, Bloc Call, Sobrepropagación, overshooting, Call Setup, Handover Fail, Intra Frequency Handover Fail, vecinas no declaradas, niveles de RSCP, EcNo, Bler, CQI, Servidoras, Throughput en el DL y UL entre otros.

Para el post-proceso se requiere de una herramienta de análisis como Actiz Analyzer, Netimazer DMA, Prove Agilent, Teme Discovery entre otras. Para realizar el análisis de los logfiles de extensión trp generados por la herramienta de DT TEMS INVESTIGATIONS utilizamos el software TEMS DISCOVERY, el post-proceso nos proporciona visualmente el comportamiento y estado de la red con resultados porcentuales de los distintos parámetros de RF que se evalúan en la red. En este caso nosotros solo post-procesamos los niveles de RSCP, EcNo y Throughput en la tecnología WCDMA.

Para hacer un post-proceso WCDMA con la herramienta Teme Discovery se necesitan los siguientes requerimientos:

1. Poseer Logs en extensión trp generados con la herramienta de DT Teme Investigation.
2. Computadora con sistema operativo de 64 Bits con Windows 7 profesional, con recursos mínimos de procesador core I5 y 8 GB de memoria RAM.
3. Poseer el software Teme Discovery.
4. Tener conocimientos de post-procesamiento y de la herramienta Teme Discovery.

IX. Análisis y comparación de las mediciones de campo indoor en WCDMA.

4.1 Introducción.

En este capítulo se realizará un análisis y comparación de los KPI de las mediciones indoor previas con las mediciones indoor posteriores a la instalación de las fentoceldas en la tecnología WCDMA. El análisis de los KPI del drive test indoor atreves de una única etapa:

- Etapa 1: Análisis mediante postproceso de los logfile para la tecnología WCDMA 850 y 1900 MHz.

4.2 Postproceso del drive test en WCDMA.

El postproceso de los logfile se basó en comparar y analizar los niveles de señal, calidad de la señal, servidoras y velocidades en el canal de descarga para wcdma del DT previo con el DT posterior a la instalación de fentoceldas.

Para postprocesar los logfile se necesito la cellfile que es el archivo que tiene la parametrización de todos los sitios que pertenecen a la red wcdma, luego importamos los croquis del primer y segundo piso de metrocentro que fueron hechos en extensión punto .tab y georeferenciados al área de interés como se apreciara en la figura 15 y 16.

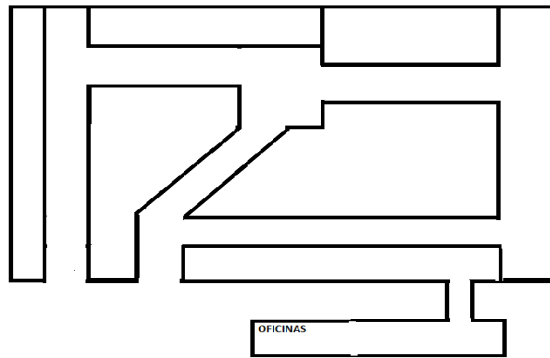


Figura 15. Coquí primer piso metrocentro. Elaboración propia.

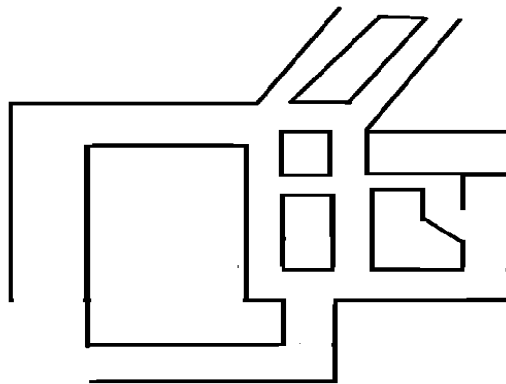


Figura 16. Coquí segundo piso metrocentro. Elaboración propia.

4.3 Postproceso del drive test primer piso Metrocentro.

➤ **Análisis y comparación del RSCP (Received Signal Code Power).**

Es la potencia recibida por código y es el que ayuda en gran medida a determinar las capacidades de cobertura de cada sector como lo muestra la figura 17.

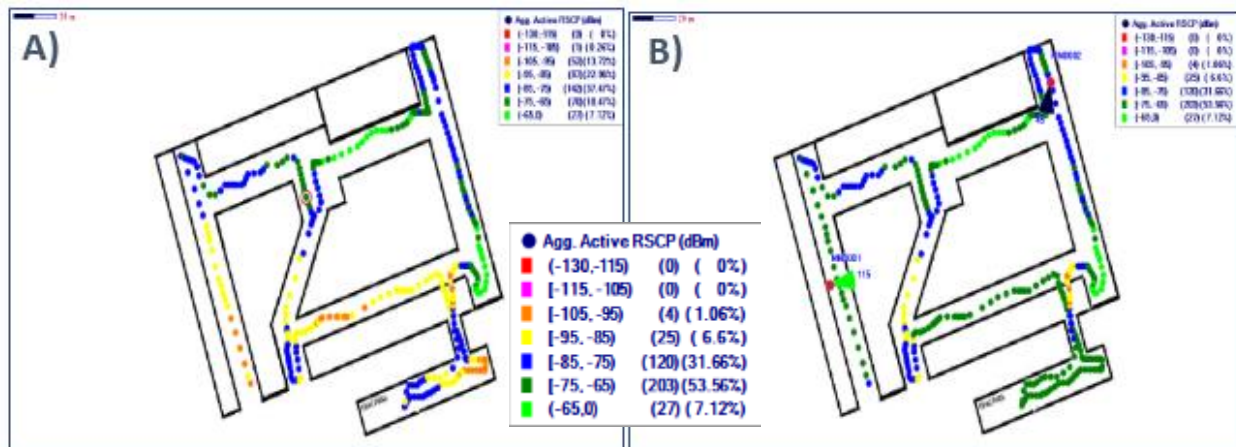


Figura 17. Comparación de RSCP: A) Drive Test previo. B) Drive Test Posterior.

Los niveles de señal (RSCP) promedio antes de la instalación de las fentoceldas eran de -81.6 dBm, después de la instalación de las 2 fentoceldas los niveles de señal mejoraron con un RSCP promedio de -75.6 dBm.

➤ **Análisis y comparación del Ec/No (Energy per chip over the noise).**

Es la medida de la calidad de la señal, es decir, es el nivel de ruido que recibe el terminal móvil, se trata que este valor este lo más cercano posible a 0 para que la llamada tenga buenos niveles de calidad. La figura 18 muestra los niveles de EcNo en dB del DT.

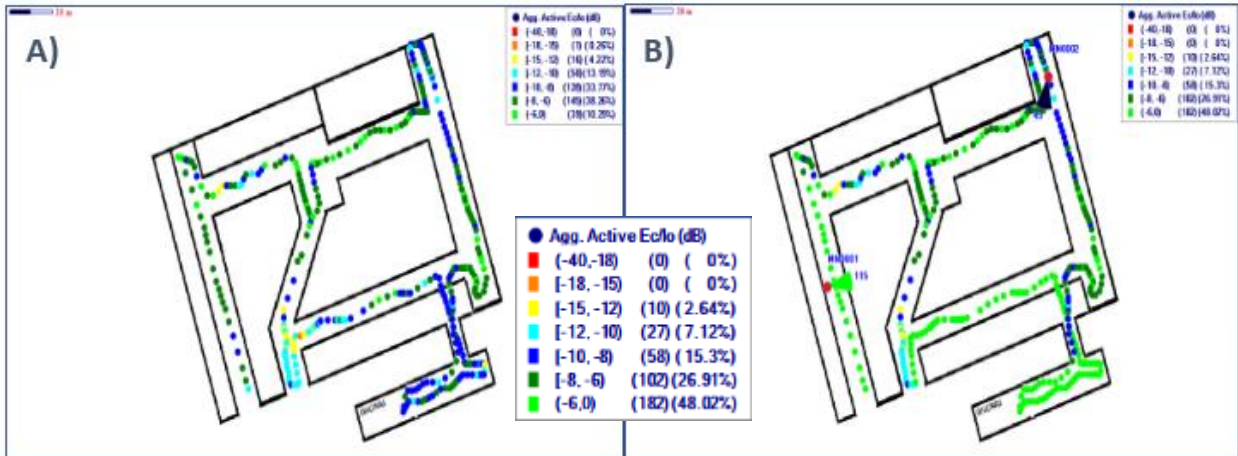


Figura 18. Comparacion de EcNo A) Drive Test previo. B) Drive Test Posterior.

Antes de la instalación de las fentoceldas la calidad de la señal (EcNo) promedio era de -8.3 dB, después de la instalación el EcNo promedio fue -6.3 dB.

➤ **Análisis de servidoras PSC (Primary Scrambling Code) .**

El PSC es el código utilizado para la identificación de cada uno de los sectores de un Nodo B. El número de PSC es limitado de 0 a 511 por lo tanto se hace rehusó de códigos. Dicho análisis se hace para eliminar la penetración de psc cercanos al área metrocentro y dejar como servidoras los psc integrados que fueron el 115 y el 45 en las 2 fentoceldas. La figura 19 muestra los psc del dt.

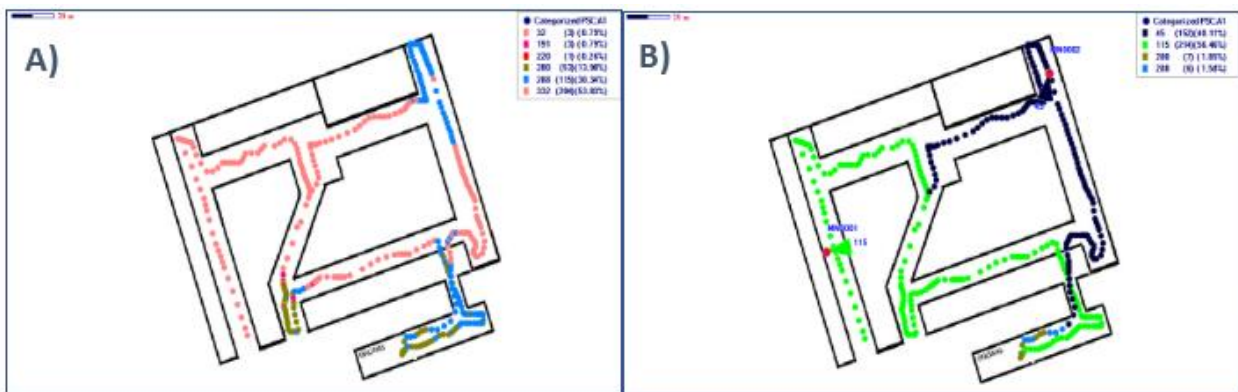


Figura 19. Comparacion de Servidoras. A) Drive Test previo. B) Drive Test Posterior.

Antes de la instalación de las dos fentoceldas existían psc servidoras como el psc 32,191,220,280,288 y 332 lo que provocaba bajos niveles de señal debido a la afectación por penetración luego que se instalaron las fentocendas en el interior de metrocentro solo existen las servidoras psc 45,115,280 y 288.

➤ **Análisis y comparación del Throughput.**

Es la medida de la velocidad de descarga o subida de datos en la red. Para dicho análisis se realizó una descarga vía ftp de un archivo de 500 MB. Las velocidades obtenidas se muestran a continuación en la figura 20.

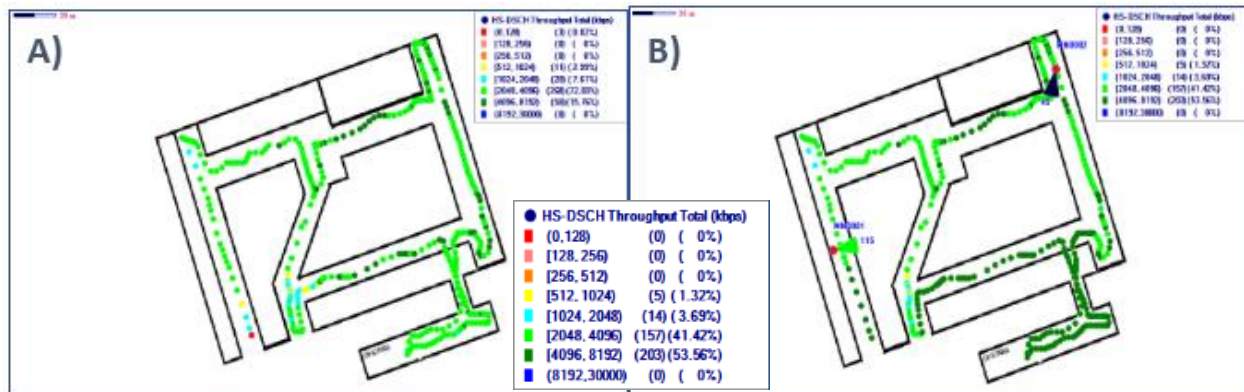


Figura 20. Comparación del Throughput en el Downlink. A) Drive Test previo. B) Drive Test Posterior.

Antes de la instalación de las fentoceldas la velocidad de descarga o Throughput promedio fue de 3364.8 Kbps con un throughput máximo de 5217.3 Kbps, después de la instalación el throughput promedio fue de 4644.1 Kbps con una velocidad máxima de descarga de 7500 Kbps.

4.4 Postproceso del drive test Segundo piso Metrocentro.

➤ **Análisis y comparación del RSCP (Received Signal Code Power).**

Los Niveles de señal presente en el segundo piso de metrocentro se puede apreciar en la figura 21.

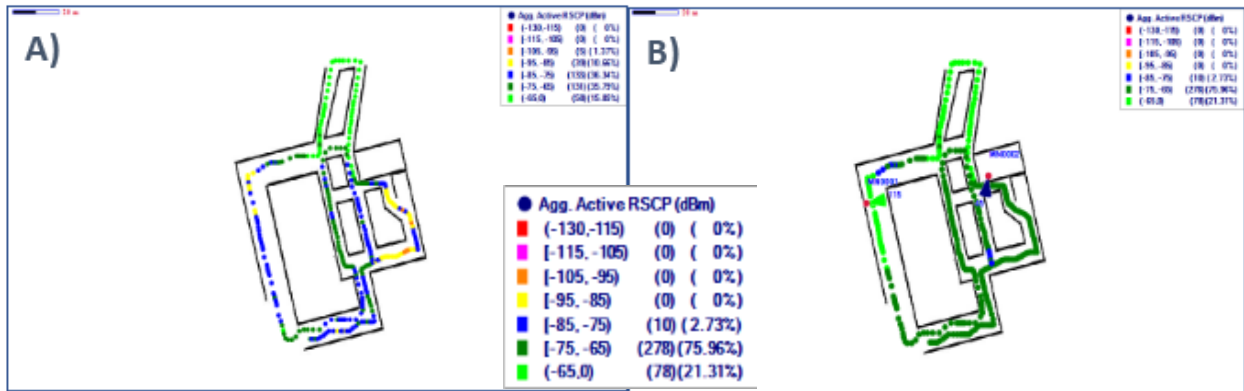


Figura 21. Comparación del RSCP segundo piso. A) Drive Test previo. B) Drive Test Posterior.

Los niveles de señal (RSCP) promedio antes de la instalación de las fentoceldas eran de -74 dBm, después de la instalación de las 2 fentoceldas los niveles, los niveles de señal mejoraron con un RSCP promedio de -67.8 dBm.

➤ **Análisis y comparación del Ec/No (Energy per chip over the noise).**

La calidad de la señal (EcNo) del DT indoor de Metrocentro se muestra en la figura 22.

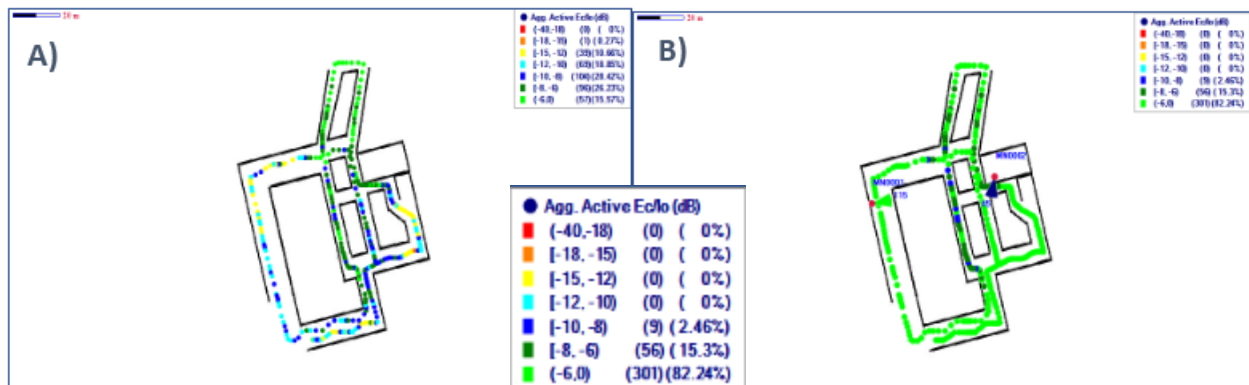


Figura 22. Comparación del EcNo segundo piso. A) Drive Test previo. B) Drive Test Posterior.

La calidad de la señal promedio antes de la instalación de las fentoceldas era de -8.8 dB, después de la instalación de las 2 fentoceldas la calidad de EcNo promedio mejoro a -5 dB.

➤ **Análisis de servidoras PSC (Primary Scrambling Code) .**

Las servidoras presentes en las mediciones del Dt indoor se podrán apreciar en la figura 23.

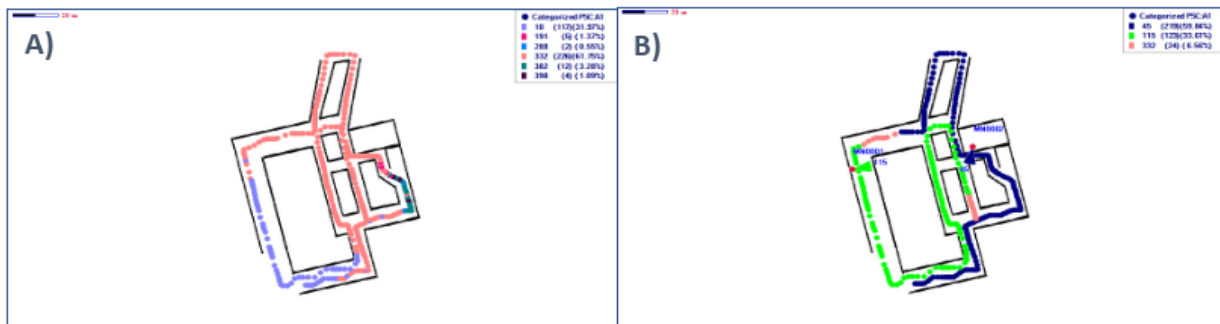


Figura 23. PSC servidores en el segundo piso. A) Drive Test previo. B) Drive Test Posterior.

Antes de la instalación de las dos fentoceldas existían psc servidoras como el psc 10,191,288,332,382 y 398 lo que provocaba bajos niveles de señal debido a la afectación por penetración luego que se instalaron las fentocendas en el interior de metrocentro solo existen las servidoras psc 45,115 332.

➤ **Análisis y comparación del Throughput.**

Las velocidades de descarga obtenidas en las mediciones se visualizarán en la figura 24.

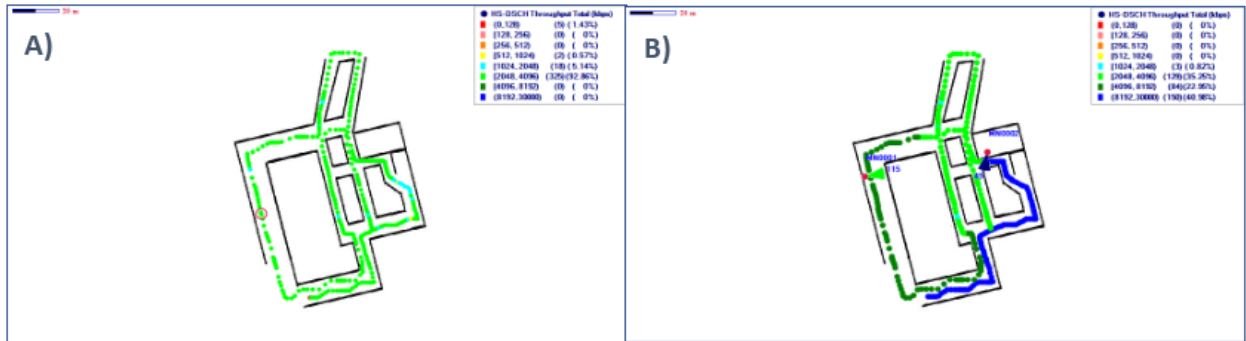


Figura 24. PSC Comparación de Throughput en el Downlink en el segundo piso. A) Drive Test previo. B) Drive Test Posterior.

Antes de la instalación de las fentoceldas la velocidad del Throughput promedia era de 2965.9 Kbps con un Throughput máximo de 4087.1 Kbps, después de la instalación la velocidad promedia del Throughput fue 4290.3 Kbps con una velocidad máxima de descarga de 8200 Kbps.

X. Conclusiones

- Se planifico una visita al sitio (Site Survey) para medir los niveles de la calidad de la señal identificar el lugar donde se instalará la Femtoceldas.
- Se realizo Walk test Indoor post para ver los niveles de la señal RSCP, la calidad de la señal EcNo y el Throughput en WCDMA.
- Se analizaron los niveles de la señal RSCP, la calidad de la señal EcNo el Throughput en WCDMA mediante el postproceso de los logfile recolectados en el drive test Indoor.
- Se logro comprobar que las femtoceldas son una alternativa para mejorar los niveles, calidad y velocidad de descarga en ambientes indoor de gran importancia como clientes vip y lugares recurrentes como lo es el centro comercial Metrocentro.

XI. Bibliografía

1. TOLSTRUP, Morten, 2011. *Indoor radio planning: a practical guide for GSM, DCS, UMTS, HSPA and LTE*. Segunda edición. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd.
2. Jie Zhang y Guillaume de la Rocha (2010), *Femtocells Technologies and Deployment*, John Wiley y Sons Ltd.
3. Alcatel-Lucent TIM. (2014, febrero) TIM cierra un acuerdo de femtoceldas con Alcatel-Lucent. [Online]. <https://www.prnewswire.com/news-releases/tim-cierra-un-acuerdo-de-femtoceldas-con-alcatel-lucent-247231801.html>
4. Anónimo. (2014, febrero) TIM Brasil alcanza acuerdo con Alcatel-Lucent. [Online]. <http://web6.bnamericas.com/es/noticias/tic/mwc-2014-tim-brasil-alcanza-acuerdo-con-alcatel-lucent?position=1&aut=true&idioma=es>
5. R. Rojas, *Evaluación de las características y ventajas que ofrecen las Femtoceldas dentro de una red multiservicios 3g de telefonía móvil. Escuela Politécnica del Ejército. Ecuador. 2013. Obtenido: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6198/1/AC-TEL-ESPE038896.pdf>*
6. Gocella, R (2009), metodología de la investigación. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/24321415/metodologia-TP-final>
7. Roberto Hernández Sampieri. *Metodología de la Investigación*. Editorial, MCGRAW HILL.
8. Avila, J. (2013). Modelo de Propagación Okamura. Recuperado 10 de Julio de 2018 <http://mdpropagacion.blogspot.com/2018/07/modelo-okamura.html>

XII. Anexos