

PRESENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE RED CELULAR INDOOR

Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de

Movistar dentro de las instalaciones de la empresa

Centurylink- Telepuerto

Presentado por:

Mónica Liliana García Ortegón

Jonhy Alberto Montaña Boada

Fabio Alexander Victorino Andrade

Proyecto para optar al título de:

Especialista en Gerencia de Proyectos de Ingeniería de Telecomunicaciones

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones

Especialización en Gerencia de Proyectos de Ingeniería de Telecomunicaciones

Bogotá, Colombia.

2019

PRESENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE RED CELULAR INDOOR

Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de

Movistar dentro de las instalaciones de la empresa

Centurylink- Telepuerto

Presentado por:

Mónica Liliana García Ortegón

Jonhy Alberto Montaña Boada

Fabio Alexander Victorino Andrade

Proyecto para optar al título de:

Especialista en Gerencia de Proyectos de Ingeniería de Telecomunicaciones

Director:

Carlos Enrique Montenegro Narváez

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería de Telecomunicaciones

Especialización en Gerencia de proyectos de Ingeniería de Telecomunicaciones

Bogotá D.C.

2019

PRESENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE RED CELULAR INDOOR

RESUMEN

Con la llegada de 5G, la necesidad de contar con altos niveles de calidad en las conexiones móviles celulares se ha vuelto un factor vital que determina el éxito comercial y económico de los operadores de telefonía para mantener sus niveles óptimos de rentabilidad y es por esta razón que están forzados a repensar su negocio para solucionar inconvenientes aislados de cobertura y calidad, en lugares donde no les es rentable desplegar soluciones de alto costo y con fuerte impacto social.

El presente trabajo aborda esta problemática y desarrolla un proyecto de una solución Indoor de telefonía móvil para Movistar, el cual demuestra que es posible que los operadores puedan ofrecer soluciones de bajo costo, de fácil implementación y acoplados a su modelo de negocio actual, con las que puedan solucionar de forma sencilla problemas puntuales de cobertura en zonas y predios donde la calidad de señal es deficiente.

La primera parte del trabajo argumenta el problema de calidad de señal móvil 3G que sufren los usuarios de Movistar ubicados en la oficina de CenturyLink de Telepuerto Suba, mediante la realización de encuestas y mediciones técnicas, para validar el nivel de afectación de la cobertura y calidad de señal sobre este predio, todo encasillado dentro de los marcos legales y sociales tratados en el punto 5.

Posteriormente en el punto 6, mediante la aplicación de la metodología TOGAF, se aborda la estructura organizacional actual de Movistar, desde su misión, visión estratégica, pasando por sus objetivos estratégicos, y hasta llegar a sus modelos de arquitecturas de negocio, de sistemas de información y, su arquitectura tecnológica actual, con el fin de que en el punto 7 se estudie las diferentes soluciones Indoor más usadas a nivel mundial y poder determinar cuál es la mejor solución tecnológica a nivel técnico, social y económico.

PRESENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE RED CELULAR INDOOR

En el punto 7 del trabajo, además se describe la arquitectura de alto nivel del diseño final de Femtoceldas propuesto y su respectivo GAP, así como toda la planeación realizada para implementar la solución, utilizando metodología ADM.

En el punto 8 del trabajo, se detalla el gobierno de la implementación de la arquitectura deseada para Movistar, se describe la estrategia y táctica que se va a usar para cumplir con el objetivo de mejora de la red móvil celular y que este alineado con la identidad corporativa de Movistar.

Finalmente, en el punto 9 se mencionan los puntos clave que se deben gestionar durante el proyecto con el fin de dar cumplimiento a todos los requerimientos o pasos ya definidos con el cliente y permitir que exista una coexistencia y complemento de la arquitectura de red deseada con la arquitectura actual de Movistar.

Palabras clave: Calidad, Cobertura, UMTS, Macrocelas, Indoor, Femtoceldas, Capacidad, Servicio móvil, Tecnología 3G.

PRESENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE RED CELULAR INDOOR

ABSTRACT

With the arrival of 5G, the need to have high levels of quality in mobile cellular connections has become a vital factor that determines the commercial and economic success of telephony operators to maintain their optimum levels of profitability and it is for this reason that reason they are forced to rethink their business to solve isolated problems of coverage and quality, in places where it is not profitable to deploy high-cost solutions with strong social impact.

The present work addresses this problem and develops a project of an indoor mobile telephony solution for Movistar, which shows that it is possible that operators can offer low cost solutions, easy to implement and coupled with their current business model, with the that can solve in a simple way specific problems of coverage in areas and properties where signal quality is poor.

The first part of the paper argues the problem of quality of 3G mobile signal suffered by Movistar users located in the office of CenturyLink of Telepuerto Suba, by conducting surveys and technical measurements, to validate the level of impact of coverage and quality of signal on this property, all typecast within the legal and social frameworks treated in chapter 5.

Subsequently, in chapter 6, through the application of the TOGAF methodology, Movistar's current organizational structure is addressed, from its mission, strategic vision, through its strategic objectives, and up to its models of business architectures, systems of information and, its current technological architecture, so that in point 7 it is studied the different Indoor solutions most used worldwide and to determine which is the best technological solution at a technical, social and economic level.

In chapter 7 of the paper, we also describe the high level architecture of the proposed final Femtocell design and its respective GAP, as well as all the planning carried out to implement the solution, using ADM methodology.

PRESENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE RED CELULAR INDOOR

In chapter 8 of the paper, the governance of the implementation of the desired architecture for Movistar is detailed, the strategy and tactics that will be used to fulfill the objective of improving the cellular mobile network and which is aligned with the Movistar's corporate identity.

Finally, chapter 9 mentions the key points that must be managed during the project in order to comply with all the requirements or steps already defined with the client and allow a coexistence and complement of the desired network architecture with current network architecture of Movistar.

Key Words: Quality, Coverage, UMTS, Macrocell, Indoor, Femtocell, Capacity, Mobile Service, 3G Technology.

PRESENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE RED CELULAR INDOOR

Contenido

1.	Introducción	1
2.	Planteamiento del problema	4
2.1	Pregunta problema.....	11
3.	Justificación.....	12
4.	Objetivos	15
4.1	Objetivo general	15
4.2	Objetivos Específicos	15
5.	Marco	16
5.1	Marco Legal.....	16
5.1.1	Entes Regulatorios Del Espectro Radioeléctrico.	16
5.1.2	Normativa Técnica.....	18
5.2	Marco Social.....	19
6.	Situación actual de la arquitectura empresarial de Movistar – AS IS	23
6.1	Identidad Corporativa de Telefónica Movistar.....	23
6.1.1	Quien es Telefónica Movistar Colombia.	23
6.1.2	Misión de Movistar.	23
6.1.3	Visión de Movistar.....	24
6.1.4	Objetivos Corporativos de Movistar.	24

PRESENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE RED CELULAR INDOOR

6.2 Visión de Arquitectura	25
6.2.1 Alcance (SOW) de Movistar.....	26
6.3 Arquitectura del negocio de Movistar	28
6.4 Arquitectura de sistemas de información (Datos y Aplicación).....	30
6.5 Arquitectura Tecnológica	33
7. Arquitectura empresarial deseada para Movistar – TO BE.....	35
7.1 Oportunidades y descripción de la Solución	36
7.1.1 Solución celular con femtoceldas para Telepuerto Suba	46
7.2 Planificación de la Solución	50
7.2.1 Análisis GAP	50
7.2.2 Análisis de Riesgos.....	51
7.3 Requerimientos del proyecto	53
7.3.1 Lista de Equipos y Herramientas	53
7.3.2 Recurso Humano.....	56
7.4 Cronograma del Proyecto	58
7.5 Propuesta Económica	65
7.5.1 Costos de Herramientas, Equipos y Licenciamiento.	65
7.5.2 Costos de Recurso Humano.....	66
7.5.3 Costos totales operacionales.	67

PRESENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE RED CELULAR INDOOR

7.5.4 Gastos Operacionales.....	67
7.5.5 Financiamiento del proyecto.....	68
7.5.6 Evaluación Financiera.....	68
7.6 Costo/Beneficio de la solución Indoor para Movistar	71
8. Gobierno de la Implementación	72
8.1 Estrategia	72
8.2 Táctica	72
8.3 Smart.....	72
9. Gestión de la Arquitectura	74
10. Conclusiones	76
11. Glosario	80
Bibliografía	85

PRESENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE RED CELULAR INDOOR

Lista de Figuras

Figura 1. Cobertura actual del servicio 3G Movistar para la zona de Calatrava Suba.....	6
Figura 2. Comportamiento de accesos por suscripción a Internet fijo y móvil.....	12
Figura 3. Cobertura antena outdoor para una edificación	13
Figura 4. Visión de arquitectura de Movistar - SOW	25
Figura 5. Arquitectura de negocio de Movistar	27
Figura 6. Arquitectura de sistemas de información (datos y aplicación) de Movistar.....	30
Figura 7. Arquitectura tecnológica Movistar	31
Figura 8. Ubicación geográfica Nodos B Movistar que dan servicio 3G a Telepuerto Suba ..	32
Figura 9. Esquema de una HetNet.....	34
Figura 10. Solución indoor con repetidores	36
Figura 11. Solución RF Indoor.....	38
Figura 12. Solución con Femtoceldas	39
Figura 13. Solución celular propuesta con femtoceldas para Telepuerto Suba	44
Figura 14. Distribución de Femtoceldas en el 1er piso de Telepuerto Suba.....	46
Figura 15. Distribución de Femtoceldas en el 2do piso de Telepuerto Suba	47
Figura 16. Organigrama del proyecto	55
Figura 17. Escala de tiempo de duración del proyecto	56
Figura 18. Diagrama de Gantt.....	60
Figura 19. Visión de Arquitectura de Movistar- SMART	71
Figura 20. Gestión de Arquitectura.....	73

PRESENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE RED CELULAR INDOOR

Lista de Tablas

Tabla 1. Mediciones de cobertura y calidad de señal 3G en Telepuerto SUBA.....	8
Tabla 2. Plan corporativo ofrecido por Movistar a Centurylink	31
Tabla 3. Comparación entre diferentes técnicas de cobertura Indoor	43
Tabla 4. Análisis GAP.....	50
Tabla 5. Lista de Equipos y Herramientas	53
Tabla 6. Recurso Humano asignado al proyecto.....	56
Tabla 7. Actividades a Desarrollar para la ejecución del proyecto.....	59
Tabla 8. Costos de herramientas, equipos y licenciamiento	65
Tabla 9. Costos de Recurso Humano	66
Tabla 10. Costo total operacional.....	67
Tabla 11. Gastos Operacionales	67
Tabla 12. Costos financieros del proyecto	68
Tabla 13. Evaluación Financiera.....	69

1. Introducción

El presente trabajo de proyecto abarca el proceso completo de estudio, selección y planeación de una solución indoor, que permitirá solucionar los problemas de calidad, interferencia y cobertura que presenta el Telepuerto de la empresa CenturyLink, ubicado en el sector de Calatrava – Suba, en la ciudad de Bogotá D.C.

El Telepuerto de la empresa CenturyLink es una edificación ubicada en el cerro de Suba conocido como Calatrava, el cual tiene problemas de cobertura, interferencia y calidad en el servicio de telefonía Móvil, generando como consecuencia que los trabajadores, proveedores, clientes y demás población flotante que frecuenta este predio tengan problemas para hacer uso de sus teléfonos móviles, generándoles de esta manera dificultades para comunicarse y al final molestias e inconformidad en el servicio, afectando las relaciones laborales y comerciales de esta empresa.

Conociendo la problemática, se generó el interés de identificar mediante datos estadísticos cuál era el porcentaje de inconformidad de este servicio en las personas que trabajan o frecuentan el Telepuerto, con el fin de identificar si se hacía necesario buscar soluciones. El resultado sorprendió al evidenciarse que había un número alto de problemas de recepción y emisión de llamadas, casos constantes de interferencias, voz entrecortada o robotizada, mensajes de TE LLAMÉ y necesidades de desplazamiento de las personas a lugares donde consigan mejor recepción de señal, por lo que casi por unanimidad esta población pide que se dé una solución a la problemática de calidad del servicio de telefonía celular en dicho lugar.

PRESENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE RED CELULAR INDOOR

Con base en los resultados de quejas e inconformidad obtenidos, se realizó una valoración técnica cuantitativa a través del uso de equipos y software especial, de los niveles de calidad e interferencia del Telepuerto de CenturyLink, encontrándose problemas de interferencias por la conjugación de irradiación de varias estaciones base hacia el mismo lugar, degradando de esta manera la cobertura y generando altos grados de interferencia y mala calidad, lo cual es incrementado por los problemas de saturación de la señal 3G al interior de la edificación del Telepuerto.

Con base en el problema encontrado, el presente trabajo de proyecto se basa en la metodología TOGAF para estudiar el modelo de negocio actual de Movistar en torno a su servicio de telefonía móvil celular, identificando su misión, visión, objetivos estratégicos y sus arquitecturas actuales de negocio, datos y aplicaciones y su arquitectura tecnológica actual, con el fin de analizar cómo se afectarían sus estructuras de negocio y tecnológica al momento de integrar la solución propuesta a su modelo organizacional.

Posteriormente, en el trabajo se hará una comparación entre la solución tradicional outdoor que vienen usando los operadores de telefonía Móvil, en relación con las soluciones indoor que se han hecho muy populares en el mercado, para posteriormente centrarse en el análisis comparativo de los tres tipos de soluciones indoor más usados a nivel mundial y establecer los argumentos técnicos, sociales, económicos y de diseño que respalden la mejor solución tecnológica que se debe proponer para solucionar los problemas de calidad de servicio 3G, presentados en el Telepuerto de CenturyLink en Suba.

PRESENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE RED CELULAR INDOOR

Una vez argumentada la solución indoor seleccionada, se describirá la arquitectura tecnológica nueva a proponer, la cual se integra perfectamente a la arquitectura actual de telefonía móvil de Movistar y se utiliza la metodología PMI para identificar Inicio, alcance (PWB), interesados, organigrama, riesgos, costos, cronograma, recursos físicos y recursos humanos que el proyecto requiere para poderlo llevar a feliz término.

Al final, el trabajo concluye aspectos como el GAP del proyecto (qué se tiene actualmente y cuál es el resultado final) los costos-beneficios del proyecto, la arquitectura de la solución (cómo queda integrada la solución propuesta la arquitectura de Movistar) y las conclusiones a las que se llega, una vez finalizado el proyecto.

2. Planteamiento del problema

Si bien es cierto que las redes de telefonía móvil vienen evolucionando a un ritmo vertiginoso, aumentando cada vez más las velocidades de transferencia de datos y ganando cobertura, también es cierto que hay lugares geográficos en donde los usuarios se quejan del pésimo servicio de los operadores de telefonía móvil. Es el caso de la sede Telepuerto Suba de la empresa CenturyLink S.A. ubicada en la Avenida Calle 127 # 87-51 Calatrava, en donde, de acuerdo con una encuesta realizada a 118 personas (ver Anexo A. Encuesta de Percepción de las Comunicaciones Móviles en CenturyLink Telepuerto Suba), compuestas por colaboradores, proveedores y clientes que la frecuentan en un día laboral, se encuentra que:

- Del 100% de los encuestados, el 86,4% tienen líneas corporativas de Movistar.
- Del 100% de los encuestados, el 58,5% perciben mala calidad en el servicio de telefonía.
- Del 100% de los encuestados, el 37,3% perciben calidad regular.

Al ahondar en los problemas percibidos por las personas encuestadas, se encuentran 8 problemáticas que a continuación se describen:

- Del 100% de los encuestados, el 89,8% perciben mal servicio, principalmente en llamadas telefónicas.
- Del 100% de los encuestados, el 74,6% perciben interrupciones en las llamadas.
- Del 100% de los encuestados, el 93,2% manifiestan haber perdido o dejado de recibir llamadas importantes durante su estadía en la sede.

- Del 100% de los encuestados, el 85% han tenido inconvenientes y disgustos en la compañía por no haber hecho o atendido llamadas a tiempo.
- Del 100% de los encuestados, el 50% han percibido problemas de corte de llamadas que su interlocutor no escucha correctamente y/o ruidos e interferencias durante la comunicación.
- Del 100% de los encuestados, el 99,2% manifiestan que deben desplazarse de su puesto para buscar un lugar donde obtengan mejor señal para poderse comunicar a través de su celular.
- Del 100% de los encuestados, el 96,6% percibe que la señal de su celular disminuye cuando se encuentran dentro de las instalaciones.
- Del 100% de los encuestados, el 94,9% indican que han recibido mensajes de TE LLAMÉ (llamadas perdidas) en horas en la cuales estuvieron dentro de la sede Telepuerto.

Por otro lado, la zona de Calatrava en la cual se encuentra la sede Telepuerto de CenturyLink, está ubicada en una zona montañosa, rodeada por árboles y edificaciones que afectan la propagación de frentes de onda celular. Si bien, al revisar en la plataforma web de Movistar Colombia la cobertura de recepción de la red celular 3G en esta zona (ver

Figura 1. Cobertura actual del servicio 3G Movistar para la zona de Calatrava *Suba*) se encuentra que la cobertura de la señal, representada por los niveles RSCP en dbm, es considerada por MOVISTAR como “Excelente” y “buena” la realidad es que al realizar pruebas de medición de cobertura de señal 3G, a través de niveles de RSCP en todos los puntos internos de la sede de Telepuerto SUBA mediante el uso la herramienta de medición pocket SSA RF Signal Tracker, se evidencia todo lo contrario, tal como se muestra en la

Tabla 1. Mediciones de cobertura y calidad de señal 3G en Telepuerto *SUBA*, columna “Avg RSCP 3G (dbm)”.

Figura 1. Cobertura actual del servicio 3G Movistar para la zona de Calatrava Suba

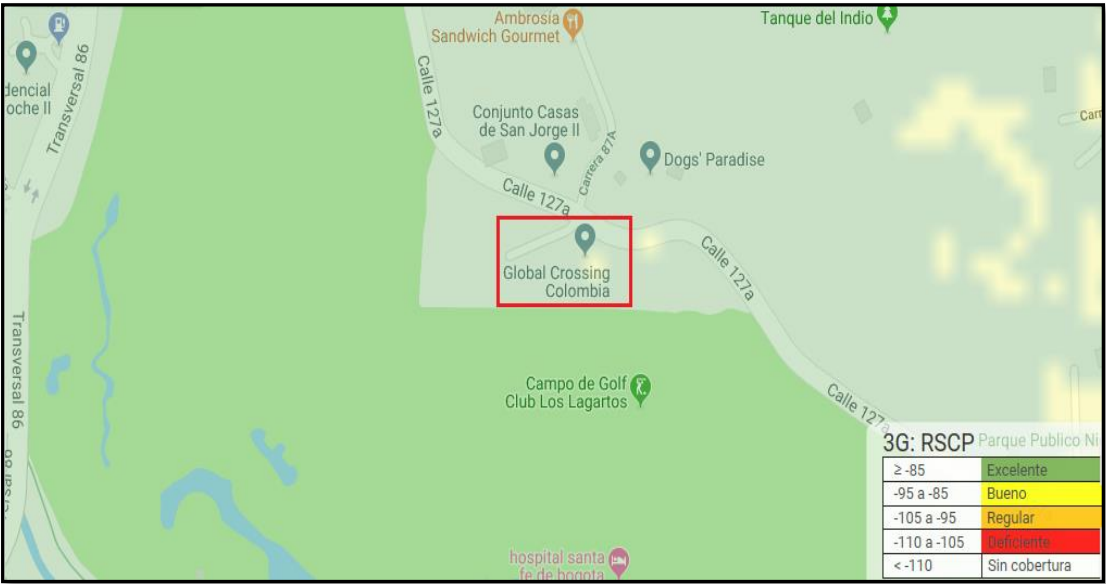


Figura 1. El mapa de cobertura de servicio 3G de Movistar muestra que los niveles de RSCP en la zona de Calatrava Suba cuenta con una cobertura de la señal considerada como “Excelente” y “buena”, incluyendo el cuadro donde se resaltan los terrenos donde queda el Telepuerto de CenturyLink. Adaptado del portal web de Movistar Colombia, sección cobertura-tecnología.

Tabla 1. Mediciones de cobertura y calidad de señal 3G en Telepuerto SUBA

TELEPUERTO SUBA CENTURYLINK					
Ambientes de la Empresa	Piso/Zona	Avg RSCP 3G (dbm)	RNC- CELLID	EC/IO 3G (dB)	Calidad Percibida llamada saliente de 1 min
Recepción1	1	-118	716-54207	-20	Regular
Data center sótano	1	-120	716-54204	-20	Deficiente
Delivery provisioning	1	-121	716-54204	-20	Regular
Baños	1	-124	716-54204	-20	Deficiente
Sala de monitoreo y pasillo	1	-128	716-54204	-20	Deficiente
Assurance	2	-110	716-54207	-20	Deficiente
Operaciones FSO	2	-112	102-54427	-20	Regular
Planta Externa FSO	2	-114	102-54427	-20	Regular
Sala de reuniones	2	-114	716-54201	-20	Regular
Recepción2	2	-117	102-54207	-20	Regular
Planning	2	-123	716-54207	-20	Regular
Sistemas	2	-125	716-54207	-20	Deficiente
Terceros y Delivery	2	-125	716-54204	-20	Deficiente
Cafeteria ppal	Exterior	-103	716-54207	-20	Buena
Patio principal	Exterior	-105	102-54427	-20	Buena
Zona Social Carpa	Exterior	-108	716-54207	-20	Buena
Porteria	Exterior	-109	716-54207	-20	Buena
Cocina	Exterior	-117	716-54207	-20	Regular
Zona parqueaderos	Exterior	-118	716-54207	-20	Buena
Promedio		-116		-20	

Nota: Pruebas de experiencia de usuario y resultados de mediciones de RSCP y EC/IO al realizar llamadas de 1 minuto en diferentes ambientes al interior de Telepuerto Suba. Elaboración propia. García M, Montaña J, Victorino F, "Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink- Telepuerto", Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

Al revisar las mediciones hechas con el software de medición SSA RF Signal Tracker en un smartphone con SIMCARD de Movistar (Ver Anexo B. Pruebas de Medición de cobertura y Calidad de Señal 3G en Telepuerto Suba) se evidencia que el promedio del nivel de señal RSCP en áreas internas de la compañía, está alrededor de los -119,3 dBm durante una llamada de un (1) minuto, valor que es demasiado alto, superando los rangos de ≥ -85 dBm (considerado como Cobertura Excelente) y de -95dBm a -85 dBm (considerado como Buena Cobertura), lo que indica

que efectivamente hay degradación de señal al no recibirse en el interior la misma calidad de señal, en comparación a las mediciones obtenidas a nivel externo (outdoor), donde se obtuvieron mediciones promedio de -110dBm que son un poco mejores a las obtenidas a nivel interno (indoor).

Estas pruebas realizadas en Telepuerto Suba fueron complementadas con las mediciones de EC/IO, que representan la proporción de energía de la señal 3G dentro de la duración de un chip del canal piloto en la densidad espectral de ruido + interferencia, comúnmente utilizadas para evaluar el estado de la energía por la interferencia (TelecomHall ES, 2011), mediciones que se muestran en la

Tabla 1. Mediciones de cobertura y calidad de señal 3G en Telepuerto *SUBA*, columna “EC/IO 3G (dB)”. En los resultados obtenidos, se evidencian valores de -20dB los cuales están fuera de los niveles de aceptación, teniendo en cuenta que el marco de referencia de medición para considerar un ambiente sin interferencias debe ser de 0 dB para escenarios sin tráfico cursado por la celda en servicio y hasta -10dB como valor razonable a considerar como bueno, cuando hay tráfico de voz o datos en curso sobre la celda en servicio.

Con los datos anteriores, se logra concluir que en el Telepuerto de CenturyLink en Suba sí hay altos niveles de interferencia relacionados al dominio de muchas celdas que le prestan cobertura a la zona de Telepuerto, con niveles RSCP bastante similares, lo cual genera degradación del EC/IO al haber muchas celdas sirviéndole a los equipos móviles de la zona. Como el valor de EC/IO fluctúa llega a momentos donde puede ser demasiado bajo, haciendo que se comience a tener efectos de llamadas perdidas, o que no se pueda establecer llamadas. (TelecomHall ES, 2011)

Por otro lado, los resultados obtenidos con las llamadas salientes con duración de un (1) minuto muestran que, a nivel interno de la sede, de 14 ubicaciones internas medidas, en ninguna se reporta buena calidad en las llamadas en comparación a las ubicaciones medidas a nivel externo, en donde de 5 ubicaciones medidas solo en 2 de estas se reporta calidad regular. De igual manera, es importante denotar que ninguna de las áreas medidas, tanto a nivel interno como externo, fue excelente.

Con base en las evidencias anteriormente mostradas, se puede concluir que los fenómenos de interferencia y falta de cobertura interna, actualmente existentes en el Telepuerto de SUBA, están generando afectaciones en la calidad de las llamadas y como consecuencia a esto, se genera el riesgo que los usuarios vean otras opciones para comunicarse (usar teléfonos fijos, cambiar de operador, entre otros), buscando obtener una mejora en el servicio, generándose de esta manera incrementos en el Churn (Tasa de cancelación de suscripciones) e importantes pérdidas para los operadores móviles.

Finalmente, al analizar la situación del lado de los operadores móviles, se encuentra que en los escenarios donde deben solucionar problemas como el descrito en el presente trabajo, a fin de mantener a los clientes satisfechos y evitar el Churn, los operadores 3G prefieren en muchas ocasiones dejar las redes tal como están y arriesgarse a perder clientes, antes que mejorar la capacidad de sus redes implementando nuevas estaciones base con macroceldas, ya que esto:

- Les genera altos costos de adquisición e instalación de equipos.

- Dificultad de conseguir terrenos.
- Roces con sectores sociales ya que los propietarios, por el temor a sufrir afectaciones de salud por las radiaciones electromagnéticas, no permiten el uso de sus propiedades para la instalación de antenas.
- Dificultades al momento de solicitar permisos y licencias de espectro al gobierno, cuyos requisitos son muy exigentes y requieren altos costos económicos.

2.1 Pregunta problema

¿Cuál es la solución tecnológica “indoor” más adecuada que permita una mayor cobertura y garantizar una mejor calidad del servicio de voz 3G del operador Móvil Movistar experimentados por los empleados e invitados de CenturyLink en la sede Telepuerto Suba?

3. Justificación

Las redes móviles actualmente se han posicionado como el medio de comunicación más utilizado en Colombia, pues de acuerdo al *boletín trimestral de las TIC* del segundo trimestre del 2018 (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2018, pág. 35) hay 62'912.914 abonados, en comparación a los 45,5 millones de personas que Colombia tiene como población total, según los datos preliminares arrojados por el DANE en el censo realizado en el 2018 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, 2019), lo que explica por qué actualmente un gran número de personas cuentan con al menos un celular propio, incluso dos. Debido a esto, la cobertura y calidad de señal se ha vuelto un componente imprescindible y de mucha importancia, en especial en áreas cerradas (casas, apartamentos, establecimientos, oficinas, etc.), teniendo en cuenta el actual desplazamiento de las tecnologías de conexión fija por las tecnologías móviles, tal como lo muestra la gráfica de comportamiento de accesos por suscripción a internet fijo y móvil del boletín trimestral de las TIC del segundo trimestre del 2018 (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2018, pág. 15). (Ver Figura 2. Comportamiento de accesos por suscripción a Internet fijo y móvil).

Figura 2. Comportamiento de accesos por suscripción a Internet fijo y móvil

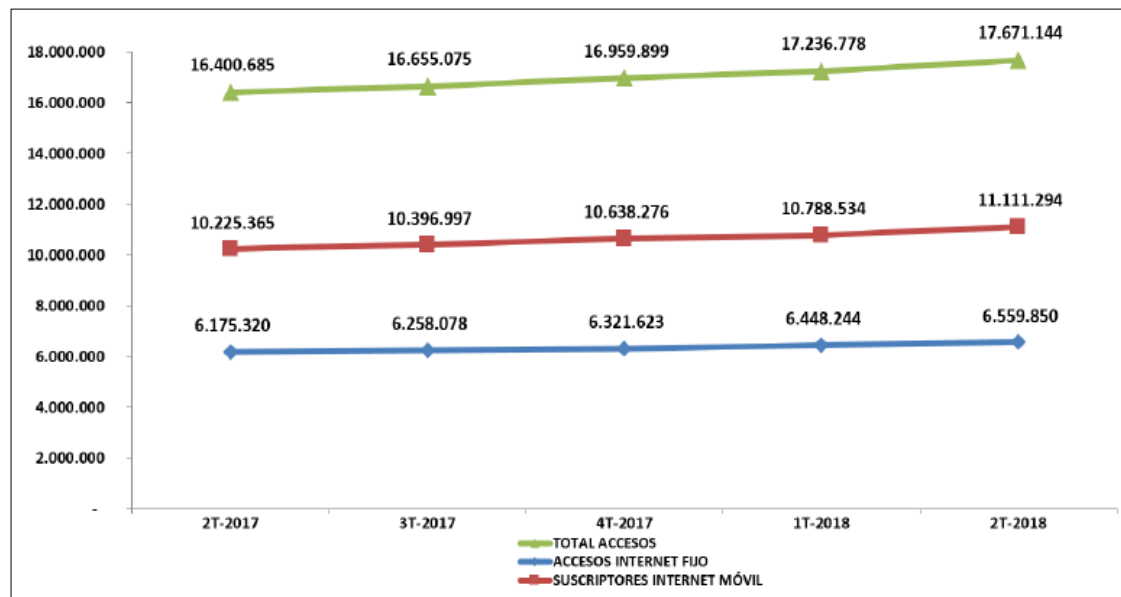


Figura 2. Recuperado de “SUSCRIPTORES A INTERNET FIJO Y MÓVIL” por Ministerio de Tecnologías de la Información y Las Comunicaciones 2018, *Boletín trimestral de las TIC, Cifras Segundo Trimestre de 2018*, p.15.

Los usuarios ya no solo desean tener cobertura en ambientes abiertos, sino que esperan tener servicio móvil en cualquier sitio como en sus hogares, oficinas, centros comerciales y lugares de esparcimiento. Actualmente se sigue prestando cobertura a interiores con macroceldas (ver Figura 3. Cobertura antena outdoor para una edificación, donde se representa cómo se proporciona la cobertura celular al interior de una edificación por medio de una Macrocela). Las paredes de las edificaciones, dependiendo de las propiedades de su material, atenuarán más o menos la señal. Este tipo de solución con antenas externas no es suficiente para lograr las altas demandas de tráfico de voz y datos, por lo que es necesario buscar diferentes soluciones tecnológicas que permitan optimizar los servicios que ofrecen los operadores móviles.

Figura 3. Cobertura antenna outdoor para una edificación

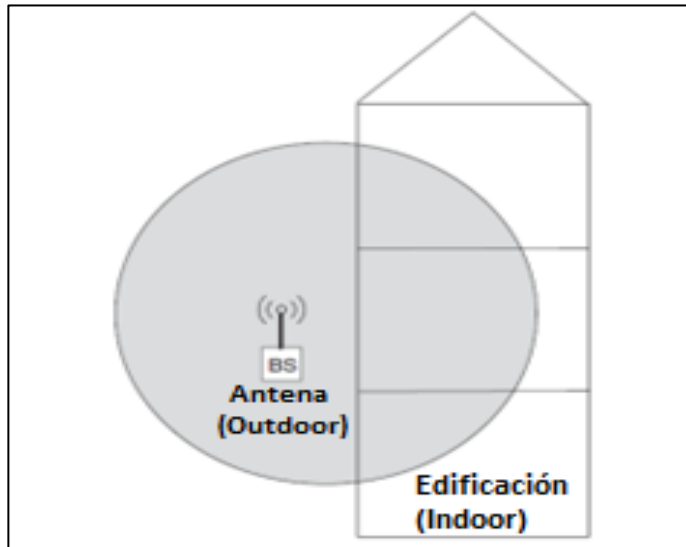


Figura 3. Adaptado de “Outdoor Cells,” por Zhang Jie & de la Roche Guillaume, 2010, *Femtocells Technologies and Deployment: Indoor Coverage Techniques*, 48, p. 329. Copyright 2010 por John Wiley & Sons Ltd.

Con base en lo anterior y teniendo en cuenta el grado de inconformidad de las personas encuestadas, se hace necesario buscar una solución que permita mitigar los problemas de calidad, señal débil, caída de llamadas y demás sintomatologías presentadas en la descripción del problema. Para este efecto, el presente trabajo explora las soluciones de cobertura indoor más eficaces y usadas a nivel mundial, que pueden mitigar los problemas de pérdida de señal en lugares con áreas de superficie definidas, que no interfieren en las zonas de cobertura exterior, que respetan la reglamentación de espectro electromagnético colombiano y que pueden ser usadas por operadores de telefonía móvil, como extensión de su red central.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Presentar la propuesta de solución de red celular “indoor” para remediar los problemas de disponibilidad, cobertura y mejorar la calidad del servicio de voz de los usuarios móviles de Movistar que permanecen o visitan la oficina de CenturyLink ubicada en Telepuerto Suba, basados en el marco de referencia TOGAF con metodología ADM.

4.2 Objetivos Específicos

- ✓ Identificar las principales problemáticas del servicio de voz móvil del Operador Movistar en las instalaciones de CenturyLink, Telepuerto Suba.
- ✓ Diseñar una red celular en CenturyLink con el fin de mejorar la cobertura y disponibilidad de la red celular de Movistar.
- ✓ Estimar recursos y costos para la planeación y ejecución de la solución de red celular “indoor”.
- ✓ Entregar una propuesta técnica que satisfaga las necesidades actuales del mercado de telefonía móvil y que sea soportada por la identidad y políticas de Movistar.

5. Marco

5.1 Marco Legal

5.1.1 Entes Regulatorios Del Espectro Radioeléctrico.

Existen organizaciones internacionales y nacionales encargadas de formular, recomendar, vigilar y controlar las radiaciones clasificadas dentro del espectro radioeléctrico para una mayor tranquilidad de las personas y revisar que se cumpla con los parámetros establecidos y en caso de no cumplirse puedan sancionar a la persona o entidad infractora.

Dentro de las organizaciones internacionales se encuentran tres importantes que investigan y velan por el cumplimiento de la legislación de cada país, en favor del bienestar de la salud humana: la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), la Comisión Internacional para la Protección de las Radiaciones No Ionizantes y la Organización Mundial de la Salud (OMS).

En el caso de Colombia la Agencia Nacional del Espectro (ANE) es la entidad que se encarga de planear estratégicamente el uso del espectro radioeléctrico, así como su vigilancia y control en todo el territorio nacional colombiano (MinTic, 2019). La ANE expidió la resolución 774 del 27 de diciembre de 2018 “por la cual se adoptan los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos, se reglamentan las condiciones que deben reunir las estaciones radioeléctricas para cumplirlos y se dictan disposiciones relacionadas con el despliegue de antenas de radiocomunicaciones” (Agencia Nacional del Espectro, Resolución 774 de 2018, 2019).

De acuerdo con la plataforma de la ANE para la medición de antenas:

La Agencia Nacional del Espectro ha desarrollado e implementado una solución eficaz y abierta a todo público para monitorizar en línea los niveles de campos electromagnéticos producidos por las antenas de telecomunicaciones a lo largo del territorio nacional, como estrategia innovadora para dar una respuesta clara a la creciente problemática social por la instalación de infraestructura de telecomunicaciones en el país (Agencia Nacional del Espectro, s.f.).

Otra de las entidades que regulan los servicios móviles en Colombia es la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC), que de acuerdo al documento *El Rol del Despliegue de Infraestructura y Otras Políticas en la Región*, realizado por los miembros de 4G Américas (2016), señalan que:

Dadas las condiciones normativas al despliegue de infraestructura establecidas por las normas locales, el Gobierno Nacional incluyó una norma en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) que establece a la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) como ente encargado de velar por el despliegue de la infraestructura de redes de telecomunicaciones en todas las entidades territoriales (departamentos, distritos, municipios y territorios indígenas). (p. 13).

Según lo estipulado por la Ley 1.753 que aprueba al PND, las autoridades de todos los órdenes territoriales deben identificar los “obstáculos que restrinjan, limiten o impidan el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones, necesaria para el ejercicio y goce de los derechos

constitucionales y procederá a adoptar las medidas y acciones que considere idóneas para removerlos” (Congreso de la República, 2015. p. 91).

Asimismo, el artículo 193 de la Ley 1.753 determina:

Parágrafo 3°. Los elementos de transmisión y recepción que hacen parte de la infraestructura de los proveedores de las redes y servicios de telecomunicaciones, tales como picoceldas, o microceldas, que por sus características en dimensión y peso puedan ser instaladas sin la necesidad de obra civil para su soporte, estarán autorizadas para ser instaladas sin mediar licencia de autorización de uso del suelo, siempre y cuando respeten la reglamentación en la materia expedida por la Agencia Nacional del Espectro (ANE) y la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) (Congreso de la República, 2015. p. 92).

5.1.2 Normativa Técnica

Las redes indoor son radio bases de potencia reducida que trabajan en el espectro asignado a los operadores móviles dependiendo el uso espectral de cada país. En el caso de Movistar Colombia, como lo muestra el Documento de Consulta Pública de MINTIC para el *Proceso de selección objetiva para asignación de espectro radioeléctrico en las bandas 700 MHz (Dividendo Digital), 900 MHz, 1.900 MHz y 2.500 MHz para servicios móviles terrestres* (MINTIC, 2015) las bandas de frecuencia asignadas son: La banda 5 (850MHz) (p.21) y banda 2 (1900MHz) (p.22).

El operador móvil, para certificar el cumplimiento de las condiciones de su licencia, no puede perder el control de las antenas indoor. En el caso de Movistar, este operador debe asegurar que una antena indoor no emplea espectro asignado a un operador diferente que el originario.

Las redes indoor 3G funcionan bajo el sistema UMTS estandarizado por la 3GPP (3rd Generation Partnership Project), entidad que integra varios organismos que estandarizan el desarrollo y toda la evolución de las especificaciones técnicas del estándar WCDMA de IMT-2000. Este estándar técnico sirve como base del sistema UMTS a nivel mundial.

El objetivo principal del 3GPP es la elaboración de especificaciones del sistema UMTS, pero esta entidad no realiza la definición de las normas finales que están a cargo de los pertinentes organismos de estandarización, aunque las recomendaciones del 3GPP suelen ser adoptadas y normalizadas por dichos organismos (Julca Herrera, 2013).

5.2 Marco Social

Como lo sugiere la guía de MINSALUD para la *gestión de las DTS en la promoción de la salud relacionada con la exposición a los campos electromagnéticos generados por la telefonía móvil* (Ministerio de Salud y Protección Social, 2015) hoy en día existe una profunda evolución tecnológica en el campo de las telecomunicaciones, tanto que ahora es posible comunicarse a cualquier lado del mundo a través de internet sin necesidad de los tradicionales indicativos de larga distancia, o comunicarse desde cualquier lugar a través de una llamada por el teléfono móvil. Estas llamadas se logran con la instalación de grandes estructuras como las estaciones base de telefonía

celular las cuales, como consecuencia de su aumento en el territorio nacional, están generando un sensación de intranquilidad y desconfianza en la comunidad en general, ante el mito urbano de las supuestas consecuencias negativas que genera en la salud a causa de los campos electromagnéticos que estas estaciones emiten, lo cual en algunas ocasiones ha desencadenado problemas con la comunidad, demandas, e incluso protestas, por lo que ha sido prioritario establecer medidas de socialización a la comunidad para contextualizarlos de la verdad científica (p.13).

Como apoyo científico, en el año 2015 el Ministerio de Salud y Protección Social y, la Organización Panamericana de la Salud elaboraron una guía relacionada con la exposición de los campos electromagnéticos generados por la telefonía móvil, en donde se responden preguntas sobre los campos electromagnéticos generados por las antenas celulares, su impacto real en la salud, el marco normativo nacional y las medidas de promoción y prevención que pueden ser aplicadas (Ministerio de Salud y Protección Social, 2015, pág. 13). Una de las preguntas que se resuelve en esta guía y que más preocupa a la sociedad en general, es si la radiación de las antenas de telefonía celular puede causar cáncer. El documento se apoya en los casos de estudio de (Elliot P, 2010) y (Deltour I, 2012), quienes indican que no hay pruebas concluyentes que confirmen que las radiofrecuencias de la red de telefonía móvil (tanto de antenas como de teléfonos móviles) causan daños en el ADN y por consiguiente generan cáncer (Ministerio de Salud y Protección Social, 2015, pág. 37).

Por otro lado, en relación con este tema la Organización Mundial de la Salud (OMS), a través de IARC, publicó el Boletín de prensa No. 208 en mayo 31 de 2011 titulado IARC, el cual clasifica los campos electromagnéticos como posiblemente carcinogénicos y en el que reporta:

“La OMS y la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer (IARC) han clasificado los campos electromagnéticos como posiblemente carcinogénico para los humanos (grupo 2B)” como los emitidos por los dispositivos de comunicación inalámbrica. Esta conclusión fue dada tras la reunión de 31 científicos expertos de 14 países, en donde la clasificación 2B indica que “hay evidencias limitadas de carcinogenicidad en seres humanos y evidencias insuficientes de carcinogenicidad en animales de experimentación” (Ministerio de Salud y Protección Social, 2015). (Ver Anexo C. Clasificación Usada por la IARC para Evaluación de Sustancias Relacionadas con Cáncer).

Teniendo en cuenta las posiciones mencionadas anteriormente, se considera que impedir la instalación de antenas celulares por el miedo a que cause un efecto nocivo para la salud, no puede ser excusa para frenar la evolución tecnológica. En el caso del Telepuerto CenturyLink, al estar los colaboradores más sensibilizados con los temas tecnológicos, ven en este tipo de redes celulares un beneficio para mejorar la calidad y la eficiencia que tanto necesitan en el servicio de las comunicaciones móviles. No permitir que en este lugar se instale este tipo de soluciones es relegar al personal que labora en el Telepuerto a que continúe experimentando un mal servicio por el que seguirán reclamando.

Como solución a lo anterior, en los países del primer mundo cada vez más se están instalando antenas pequeñas en vez de estaciones grandes, lo cual reduce la radiofrecuencia, dado que entre

más pequeñas sean las antenas, más baja es la potencia que se requiere para surtir señal y por consiguiente menor la emisión de cada teléfono celular.

6. Situación actual de la arquitectura empresarial de Movistar – AS IS

6.1 Identidad Corporativa de Telefónica Movistar

6.1.1 Quien es Telefónica Movistar Colombia.

Razón social: Colombia Telecomunicaciones S.A. E.S.P.

El “Informe De Gestión Responsable 2016” (Colombia Telecomunicaciones S.A. E.S.P, 2016) define que “Colombia Telecomunicaciones S.A. ESP es una empresa de capital mixto, con una participación en el capital 32,5% por parte de la Nación y un 67,5% por parte de Telefónica S.A. y sus afiliadas. El capital social de la Compañía está compuesto por 1.454.870.040 acciones ordinarias, con un valor nominal de COP 1.00 cada una.” (p. 10).

Telefónica tiene presencia en Colombia desde el año 2004. Esta compañía de origen español inició con actividades en el mercado móvil, tras la adquisición de la operación celular de Bellsouth en el país. Posteriormente, en el año 2006, Telefónica adquirió el control y la gestión de Telecom Colombia. Telefónica Movistar proporciona hoy en el país servicios de telecomunicaciones de voz, banda ancha y televisión de pago (Telefonica, 2018).

6.1.2 Misión de Movistar.

El informe ejecutivo del plan de Ventas del área de Mercadeo y Publicidad de MOVISTAR del año 2014 (Movistar, 2014) define la misión de Movistar:

Brindar a través de sus productos y servicios en el sector de las telecomunicaciones la óptima satisfacción a sus distribuidores y clientes.

Sustentados por una empresa económicamente prospera comprometida con el desarrollo de su personal y de la sociedad donde se ubica. (p. 3)

6.1.3 Visión de Movistar.

El informe ejecutivo del plan de Ventas del área de Mercadeo y Publicidad de MOVISTAR del año 2014 (Movistar, 2014) define la misión de Movistar:

“Situarse como altos líderes en el mercado de telecomunicaciones, a través de su producto, servicio, calidad e innovación. Teniendo como meta la satisfacción de sus clientes. Siempre guiados por una actitud ética y honesta. Su personal es calificado y ha sido inculcado con la directriz de prestar servicios de alta calidad. (p. 3).

6.1.4 Objetivos Corporativos de Movistar.

De acuerdo con la plataforma corporativa de telefónica Movistar (Telefonica, Hitos y Objetivos, s.f.) los siguientes objetivos son los que este operador plantea:

- Situar a los clientes en el centro de la transformación
- Potenciar los principios como base de un negocio responsable
- Impulsar el talento y la diversidad en los equipos
- Contribuir al progreso respetando los derechos humanos
- Fomentar la confianza de los clientes en lo digital
- Impulsar la sostenibilidad en la cadena de suministro

- Promover la ecoeficiencia y la economía circular
- Ayudar a frenar el cambio climático
- Comercializar servicios con impacto positivo en la sociedad.

6.2 Visión de Arquitectura

Con el gran éxito de los teléfonos inteligentes y de la banda ancha, Movistar debe estar siempre preparado a cualquier cambio que demanden sus usuarios. Este operador móvil, al tener como meta la satisfacción de todos sus clientes y una prestación de servicios de alta calidad, deben estar en constante actualización tecnológica y continuar invirtiendo en investigación, desarrollo e innovación para afrontar los retos relacionados al incremento exponencial y constante del tráfico de datos móviles y, por otro lado, a los vinculados con el despliegue de infraestructura móvil.

En un documento realizado por los miembros de 4G Américas (2016) mencionan que:

Para los operadores, la construcción, ampliación y optimización de sus redes móviles van requiriendo del despliegue de nuevos emplazamientos y antenas para proveer cobertura geográfica y tomar una visión holística sobre sus recursos de espectro y, al mismo tiempo, balancear sus inversiones sobre todas las tecnologías. De esta manera, pueden hacer el mejor uso de los recursos para maximizar la experiencia del usuario a través de redes 2G, 3G y 4G, e ir proyectando las próximas redes de 5G. (p. 24).

6.2.1 Alcance (SOW) de Movistar.

- ✓ Situar a los clientes en el centro de la transformación:

El “**Informe De Gestión Responsable 2016**” (Colombia Telecomunicaciones S.A. E.S.P, 2016) define que “El objetivo de Telefónica Movistar es lograr conectar a los colombianos con calidad, siempre, en cualquier lugar y desde cualquier dispositivo, para que puedan descubrir un mundo de posibilidades infinitas” (p. 26). (Ver Figura 4. Visión de arquitectura de Movistar - SOW).

Figura 4. Visión de arquitectura de Movistar - SOW

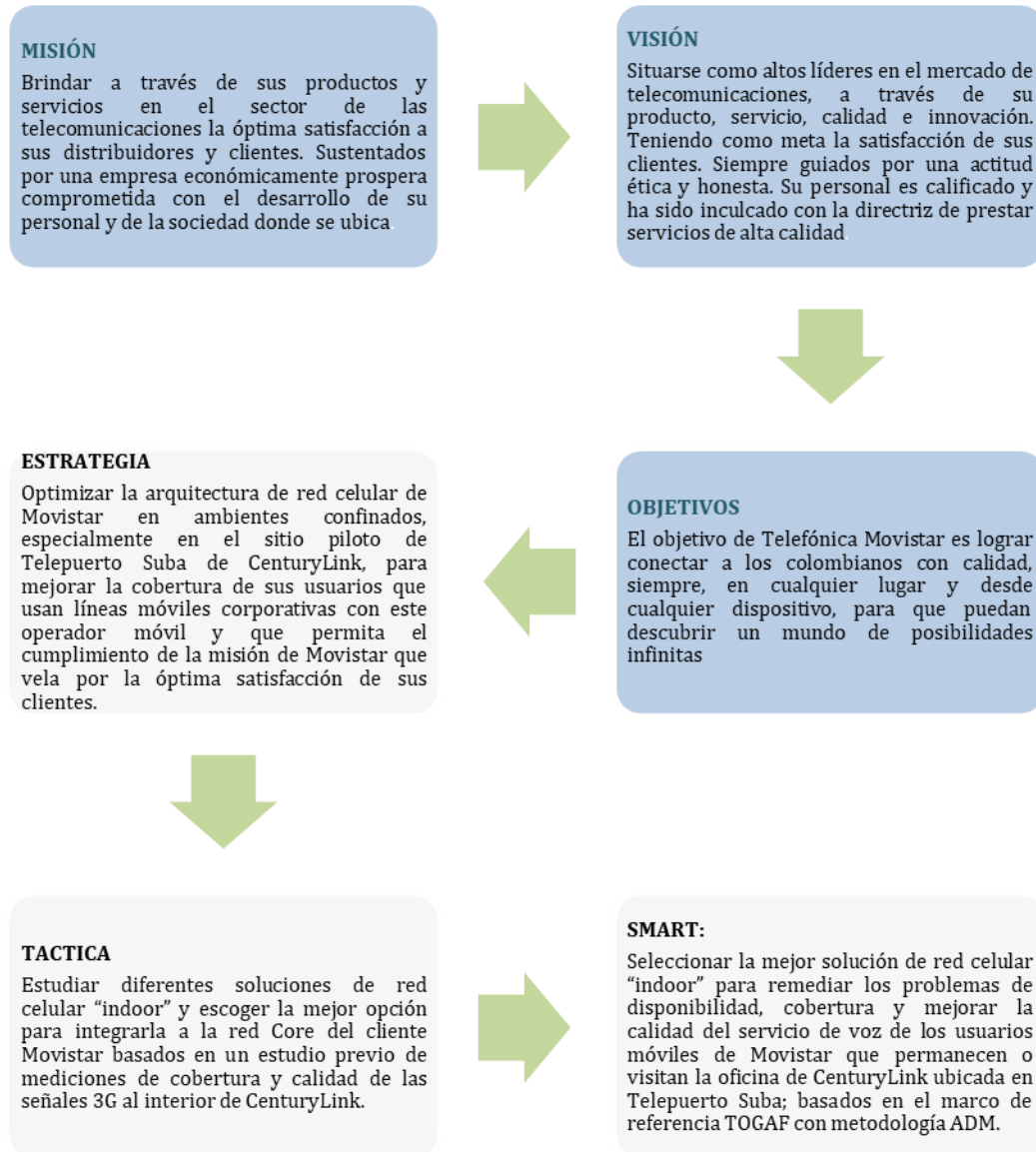


Figura 4. Esquema con el objetivo (SOW) de Movistar Colombia basado en la identidad corporativa de la compañía. Elaboración propia. García M, Montaña J, Victorino F, *Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink- Telepuerto*, Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, facultad de ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

6.3 Arquitectura del negocio de Movistar

El negocio de servicios de telefonía Móvil de Movistar opera bajo la interacción del modelo estratégico de “cuatro plataformas” que Movistar diseñó desde el año 2014 y que se encuentra descrito en el “Informe De Gestión Responsable 2016” (Colombia Telecomunicaciones S.A. E.S.P, 2016. p. 13), el cual es complementado táctica y operativamente con su modelo de cadena de valor, definido por Christian Franco (Franco García, 2015) como “un conjunto de actividades que le permiten a Movistar cumplir con su misión y representan el núcleo de su negocio” (p. 41).

El modelo de cuatro plataformas sintetiza las cuatro estrategias claves en la que se basa Movistar para generar rentabilidad en su negocio y que comprende sus “activos físicos”, sus “sistemas de TI”, sus “Productos y Servicios” y su modelo de “Inteligencia cognitiva” (ver Figura 5. Arquitectura de negocio de *Movistar*). Por otro lado, la cadena de valor de Movistar está compuesta por una serie de actividades primarias, las cuales Christian Franco (Franco García, 2015) indica que “están involucradas tanto en la creación del producto de Telefonía Móvil, como en la prestación del servicio” y son respaldadas por actividades de apoyo que “permiten que se ejecuten las actividades primarias” (p. 41).

Las actividades primarias de la cadena de valor resumen la infraestructura de Movistar y los procesos de “Recursos Humanos”, “desarrollo tecnológico” y “adquisiciones”, mientras que las actividades de Apoyo resumen los procesos de “logística de entrada”, “operación”, “logística de salida”, “comercialización y ventas” y, los “servicios de Postventa” (ver Figura 5. Arquitectura de negocio de *Movistar*).

Figura 5. Arquitectura de negocio de Movistar

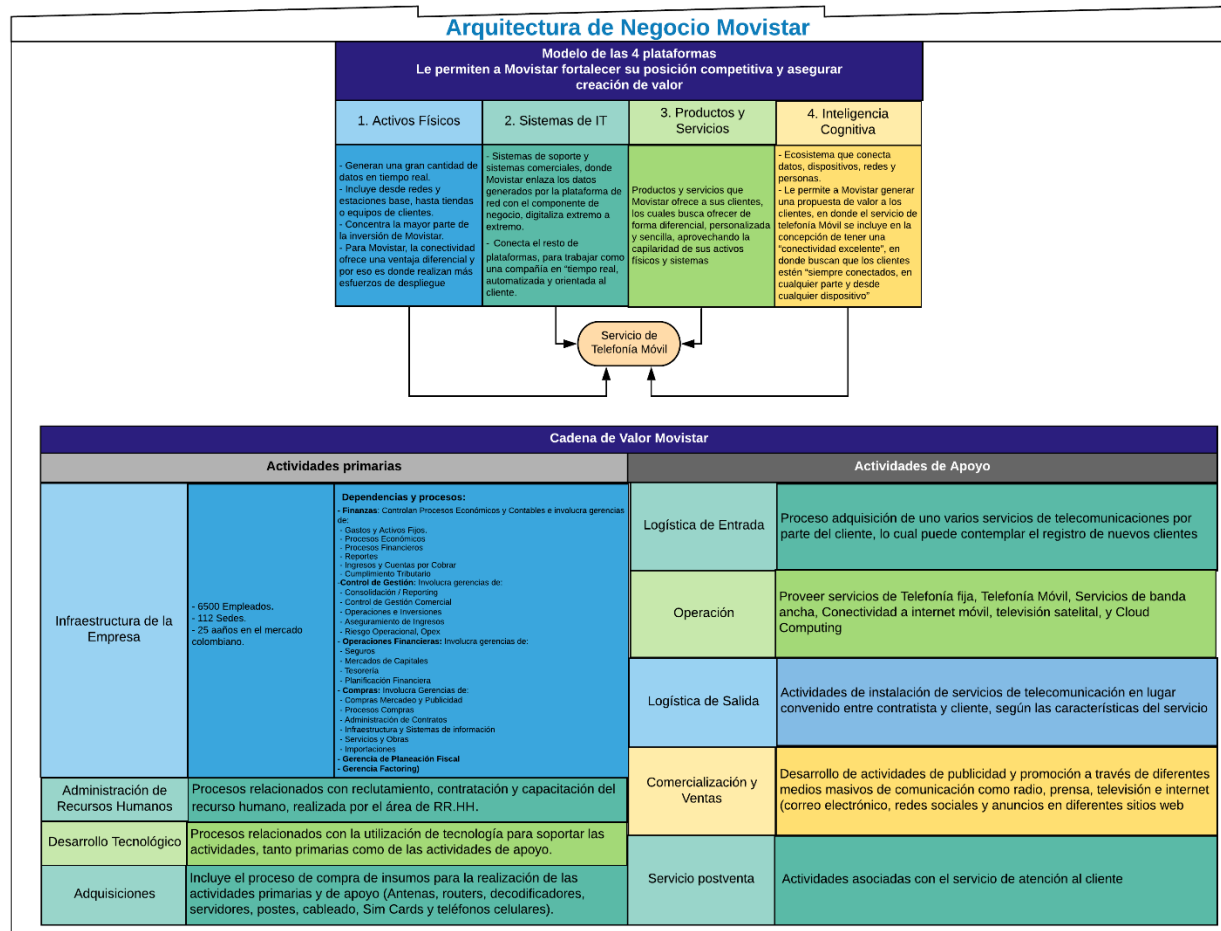


Figura 5. Arquitectura de negocio de Movistar, el cual está compuesto de su modelo de 4 Plataformas, el cual es implementado con el modelo de cadena de valor, el cual es un conjunto de actividades que le permiten a Movistar cumplir con su misión y representan el núcleo de su negocio. Adaptado de "Informe de Gestión Responsable 2016", por Colombia Telecomunicaciones S.A. ESP, 2016, Bogotá D.C. Adaptado de "Propuesta de Rediseño de procesos de Negocio de la Compañía de Tecnologías de la Información y la Comunicación Telefónica Colombia: Proceso de Gestión de Cambios Tecnológicos", por Franco García, 2015, trabajo de grado, Universidad católica de Colombia, facultad de ingeniería - programa de ingeniería de sistemas, Bogotá D.C.

6.4 Arquitectura de sistemas de información (Datos y Aplicación)

A continuación, se describen los datos y sistemas de información utilizados por Movistar para operar su modelo de negocio de Telefonía móvil de tercera Generación (3G) basado en infraestructura UMTS, la cual como se evidencia en la página web de Movistar esta red “permite navegar con velocidades de hasta 1.4 Mbps” (Movistar, s.f.).

Cobertura: para el sector de Calatrava, lugar donde se encuentra el Telepuerto de CenturyLink, el nivel de cobertura de señal tiene un 80% en valores RSCP por debajo de los -85dBm, valor que es considerado como “Cobertura Excelente” y un 20% en valores RSCP entre los -85 y -95dBm, valores considerados por Movistar como “Buena cobertura”, tal como lo muestra Movistar (ver Figura 1. Cobertura actual del servicio 3G Movistar para la zona de Calatrava Suba) en su portal web de cobertura.

Datos Comerciales: a nivel de usuarios, de acuerdo con la investigación realizada con el área de TI de CenturyLink, esta compañía tiene contratadas 249 líneas corporativas, que le representan a Movistar un ingreso mensual de COP \$34'.000.000, cada una con un plan corporativo que tiene las características mencionadas en la Tabla 2. Plan corporativo ofrecido por Movistar a Centurylink.

Tabla 2. Plan corporativo ofrecido por Movistar a Centurylink

Cargo Mensual:	\$ 134.900
Datos incluidos	7 GB
Min. incluidos todo destino	Ilimitados a todo destino
SMS incluidos todo destino	3000
Larga distancia Internacional	Minutos ilimitados a: - Canadá - USA - Puerto Rico
Consumidos los 7GB:	- WhatsApp solo mensajería - Line - Facebook - Twitter sin streaming - Waze - Correo Electrónico - Office 365 Correo - Outlook - Exchange - Yahoo - Gmail - Hotmail - Simbra - Mi Movistar club con 20Gb de almacenamiento.

Nota: Se describen las características de servicios con las que cuenta el plan corporativo de telefonía Móvil, que tiene contratado la empresa Centurylink con MOVISTAR. Obtenido de “Entrevista con Área de TI CenturyLink”, Elaborado por “Garcia M, Montaña J, Victorino F”, *Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink- Telepuerto*, Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, facultad de ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

Datos de Servicio: de acuerdo con la encuesta realizada (ver Anexo A. Encuesta de percepción de las comunicaciones móviles en CenturyLink Telepuerto Suba) de las 249 líneas corporativas, 102 líneas realizan y reciben llamadas la mayor parte del tiempo en el Telepuerto de CenturyLink en Suba, lo que corresponde al 40,96% de funcionarios directos de CenturyLink en Colombia.

Sistemas de Información: La plataforma UMTS de Movistar posee dos grandes componentes con los que opera su servicio de telefonía Móvil en 3G: la red de Telecomunicaciones, la cual es por donde se transportan las llamadas y, la red de gestión, la cual es la que se encarga de operaciones como facturación, tarificación, registro y definición de perfiles de servicios y datos de los usuarios, entre otros. Esta información se aloja principalmente en su Sistema OSS (Operations Support System), el cual es una base de datos donde Movistar hace tracking del inventario, activos y aprovisionamiento de su infraestructura de red y, su BSS (Bussiness Support System), el cual es una base de datos que se encarga de interactuar con la base de datos de usuarios (CRM – Customer Relationship management) y otros procesos como ordenes de aprovisionamiento, facturación y pagos, tal como los describe Christian Franco en los componentes de desarrollo tecnológico de la cadena de valor de Movistar (Franco García, 2015. p. 44). El proceso de este flujo de información es como se describe en la Figura 6. Arquitectura de sistemas de información (datos y aplicación) de Movistar

Figura 6. Arquitectura de sistemas de información (datos y aplicación) de Movistar

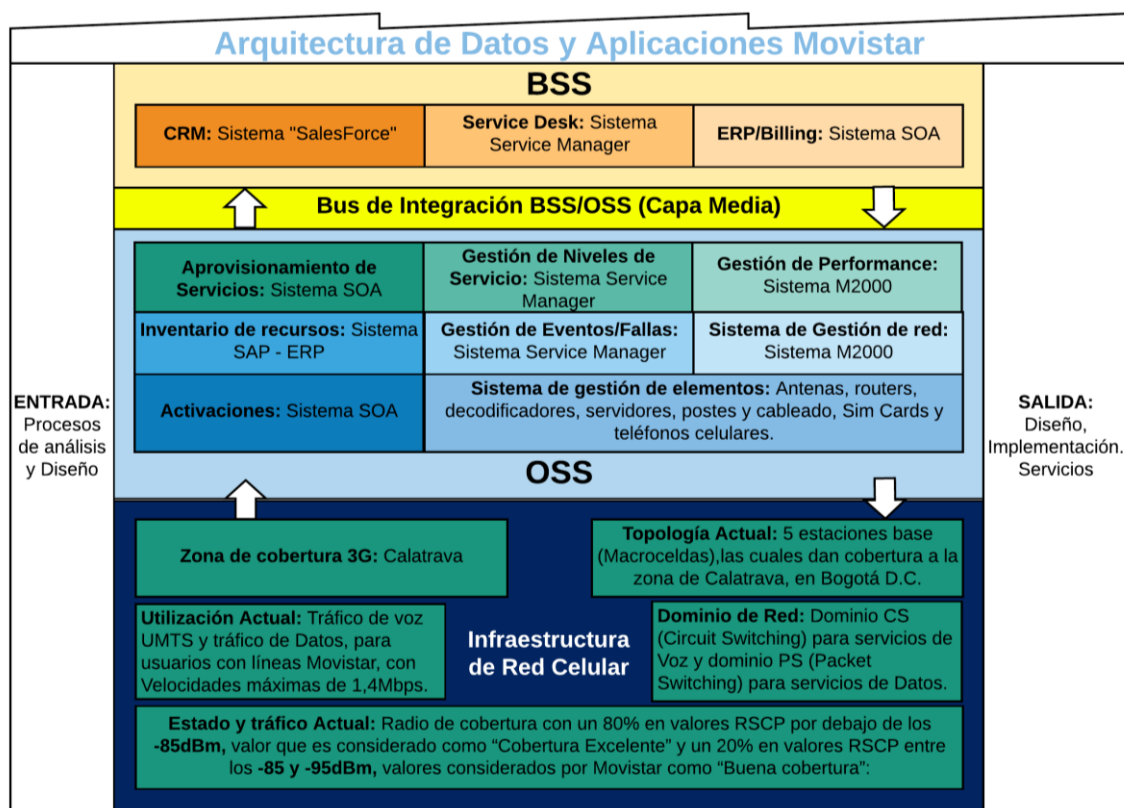


Figura 6. Arquitectura de Sistemas de Información (Datos y Aplicación) Movistar, el cual muestra los sistemas de Información que componen el BSS y el OSS de Movistar, con los cuales opera el servicio de Telefonía Móvil, así como su interacción con el estado actual de su infraestructura de Red de MOVISTAR en la zona de Calatrava. Adaptado de "Propuesta de Rediseño de procesos de Negocio de la Compañía de Tecnologías de la Información y la Comunicación Telefónica Colombia: Proceso de Gestión de Cambios Tecnológicos", por García F, 2015, trabajo de grado, Universidad católica de Colombia, facultad de ingeniería - programa de ingeniería de sistemas, Bogotá D.C.

6.5 Arquitectura Tecnológica

A continuación, se describe la infraestructura física utilizada por Movistar para operar su servicio de Telefonía Móvil Celular, en sincronía con sus modelos de negocio, datos y aplicaciones y basado en su infraestructura UMTS, característica de la Tercera Generación de las tecnologías móviles (3G). Teniendo en cuenta la definición y composición de una red UMTS, definida por Natalia Díaz (Díaz Rodriguez , 2011) y descritas en el Anexo D. Definición y composición general de una red UMTS 3G, la Infraestructura Tecnológica de Movistar, concebida para los servicios de Telefonía Celular en 3G es la que aparece en la *Figura 7. Arquitectura tecnológica Movistar.*

Figura 7. Arquitectura tecnológica Movistar

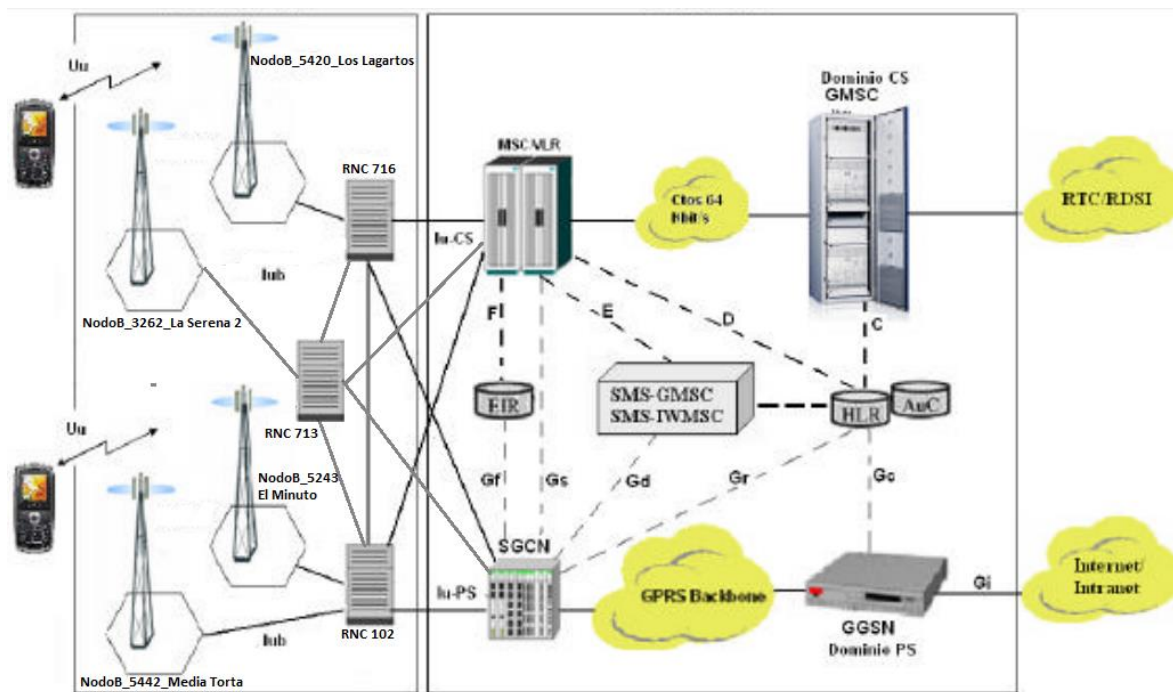


Figura 7. La arquitectura Tecnológica Movistar, la cual se basa en la tecnología UMTS, para el sitio Geográfico de Calatrava, está compuesta por 5 NodosB que irradian a nivel de acceso al Telepuerto de CentruLink, nodos que se encuentran centralizados en 3 RNCs, los cuales se conectan a la infraestructura CORE, donde se encuentran los componentes de conmutación de telefonía y empaquetamiento de datos. Adaptado de “LA TECNOLOGÍA 3G: UMTS”, por Díaz N, 2015, *Diseño de una red de transmisión de acceso UMTS (UTRAN) con Radio Mobile*, 2, p.13. Copyright 2015 por la Universidad de Sevilla.

Por otro lado, a nivel de red de Acceso, el Telepuerto de CenturyLink actualmente está siendo irradiado por cinco (5) Nodos B (Macroceldas) (ver Figura 8. Ubicación geográfica Nodos B Movistar que dan servicio 3G a Telepuerto Suba), de los cuales, se encuentra que los Nodos “Los Lagartos” y “El Minuto2” tienen doble celda irradiando, mientras que el Nodo “La Media Torta” alcanza a irradiar al Telepuerto desde una distancia de 12,85 Km, lo cual se considera como un evento atípico, dada la distancia desde donde se encuentra que está irradiando.

Figura 8. Ubicación geográfica Nodos B Movistar que dan servicio 3G a Telepuerto Suba

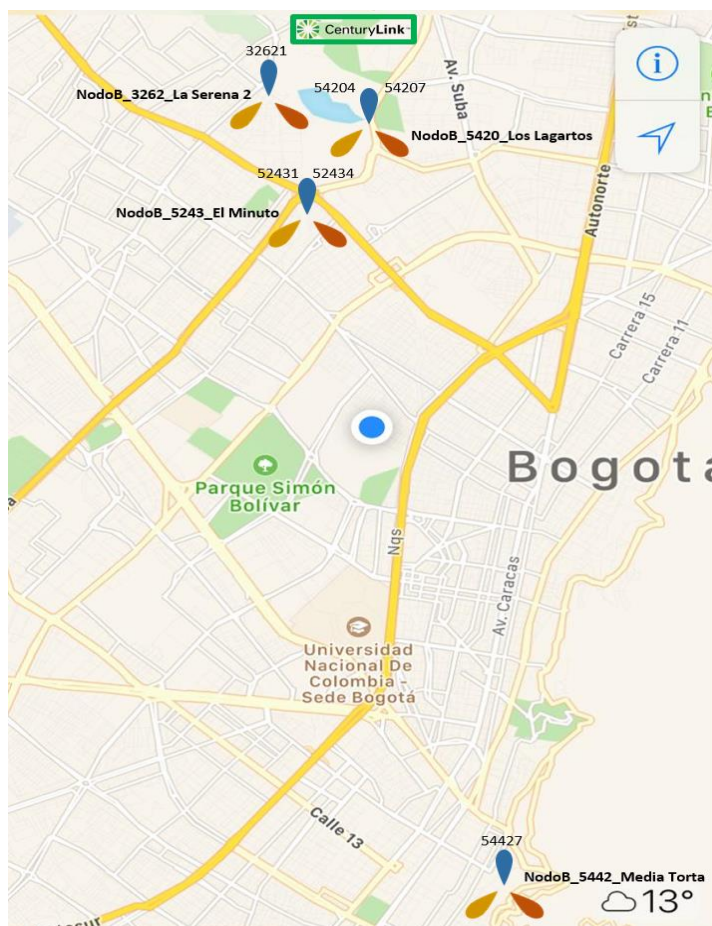


Figura 8. La ubicación geográfica de los NodosB de Movistar, que irradian al Telepuerto Suba, se encuentran principalmente en zonas aledañas al Telepuerto (Barrio el Minuto, Barrio La Serena y club los Lagartos), mientras que hay un quinto nodo irradiando (La Media torta) desde una distancia de 12,85 km del Telepuerto. Adaptado de “Mapa Bogotá D.C.”, por Google Maps, 2019.

7. Arquitectura empresarial deseada para Movistar – TO BE

Movistar debe seguir invirtiendo en nuevas tecnologías que aporten maneras más eficientes de transportar y controlar el tráfico de cualquier clase de dispositivo y que mejoren la experiencia de sus usuarios en cualquier lugar donde se encuentren, tanto en ambientes abiertos, como confinados. Para este fin, y de acuerdo a lo expuesto por los miembros de 4G Américas (4G Americas, 2016) en su documento llamado *El Rol del Despliegue de Infraestructura y Otras Políticas en la Región*, ellos exponen que para mejorar la experiencia de usuario a través de las redes 2G, 3G y 4G y con proyecciones a las próximas redes de 5G se debe considerar:

Avances en las tecnologías de radio mejorando la eficiencia espectral, el uso de nuevos espectros de frecuencias, y principalmente la densificación de las redes, que buscan reutilizar el espectro disponible con las tecnologías de radio actuales. Es así como la forma clave para mejorar el rendimiento de la red implica una combinación de la mejora y la densificación de la capa de las macro celdas para cobertura y capacidad en general y de la adición de las denominadas pequeñas celdas (small cells) que estén integradas en lugares estratégicos. Así pues, se ve que se está evolucionando hacia lo que se denomina como “Redes Heterogéneas (HetNet)”. (p. 25). (Ver Figura 9. Esquema de una *HetNet*)

Este enfoque propuesto por los miembros de 4G Americas lograría mejorar la eficiencia espectral mediante una reutilización del espectro ya utilizado por las macroceldas y, a través de técnicas de reducción de interferencia y la coordinación entre las capas macro y small cells, la capacidad de la red puede ser mucho mejor. Esto da una visión de que las redes heterogéneas

constituyen un medio interesante para expandir la capacidad de la red móvil. (Huidobro J. M., 2013)

Figura 9. Esquema de una HetNet

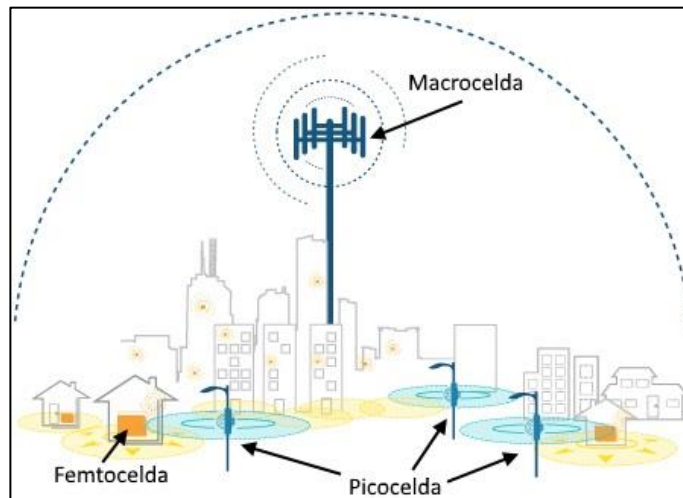


Figura 9. El esquema de una HetNet (Red Heterogénea) concibe mejorar la cobertura de una zona, mediante la distribución coordinada de Macroceldas y Small Cells, ubicadas en lugares estratégicos. Recuperado de: <https://iie.fing.edu.uy/proyectos/esopo/redes-heterogeneas/>, 2019.

7.1 Oportunidades y descripción de la Solución

Movistar actualmente en Colombia y puntualmente en Bogotá tiene una arquitectura de red móvil bastante amplia que ha sido desplegada y planificada desde el 2004, pero esto no quiere decir que mantendrá los parámetros iniciales para los cuales fue diseñada, pues pueden generarse cambios que afecten la cobertura, capacidad y rendimiento, tales como la aparición de nuevas edificaciones, árboles, y estructuras, así como también cambios en las funcionalidades de los sistemas de telecomunicaciones pre-existentes. Por ello, se necesitan hacer reajustes a los nuevos requerimientos, con lo cual es necesario hacer un monitoreo constante y una optimización de red, lo cual se convierte en una gran oportunidad para que proveedores de tecnología y empresas del

sector de las telecomunicaciones unan fuerzas para desplegar nuevos sistemas tecnológicos que permitan optimizar las redes actuales de los operadores móviles y con una visión hacia la implementación de 5G en Colombia.

Para solucionar los problemas de calidad de señal, como los presentados en el Telepuerto de CenturyLink en Suba, la cobertura en interiores se puede ampliar con diferentes métodos, como los son aumentar la potencia de la señal exterior al agregar más macroceldas, o retransmitir la señal exterior dentro del edificio mediante el uso de repetidores. Sin embargo, estas soluciones no son óptimas porque realmente no optimizan la cobertura interior, sino que solo extienden los efectos de la cobertura exterior dentro de los edificios. Por ejemplo, las macro celdas usualmente presentan problemas para proporcionar servicios de irradiación interna, ya que normalmente no alcanzan a cubrir el 100% de las áreas al tener poca penetración en áreas cerradas, generándose pérdida de señal.

El aumento de la cobertura interior mediante la optimización de la red exterior, a través de la agregación de más celdas, o del incremento de la potencia de salida de las celdas existentes, o a través del uso de repetidores para redirigir la señal dentro de los edificios, fue hasta hace poco las únicas soluciones dado a que ya alcanzaron los límites máximos y ahora los operadores tienen que buscar nuevos enfoques como lo son las soluciones indoor propuestas, de las cuales hoy en día en el mercado de las telecomunicaciones existen varias soluciones, como lo son las redes RF de interiores, los repetidores y las femtoceldas.

A continuación, se describen 3 diferentes soluciones para la problemática que se presenta en la sede del Telepuerto de CenturyLink en Suba y en general para cualquier lugar confinado, con condiciones similares en el que se experimente mal servicio de la red móvil 3G.

Solución de Repetidores: Maricela Alzamora describe esta solución en su trabajo de grado (2016), de la siguiente manera:

Esta solución surge debido a que la macrocelda muchas veces no puede brindar la cobertura esperada al interior. Por ello, debido a la atenuación de las paredes de los edificios, surge la idea de utilizar un componente que pueda amplificar la señal y enviarla a través del aire dentro de la edificación con la finalidad de poder aumentar la cobertura de radio. El repetidor va a ser utilizado de manera que retransmita la señal en el interior. (p. 15). (Ver Figura 10. Solución indoor con repetidores).

Figura 10. Solución indoor con repetidores

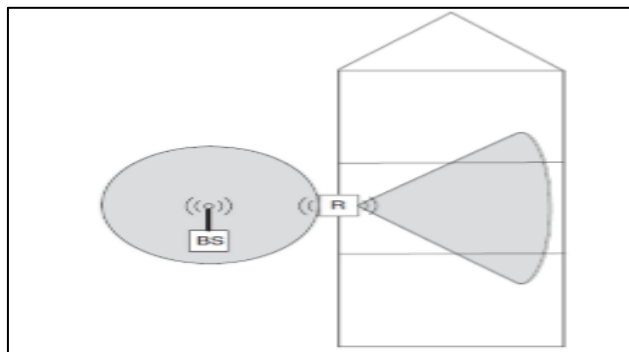


Figura 10. Una solución indoor con repetidores permite amplificar la señal y enviarla a través del aire dentro de una edificación con el fin de aumentar la cobertura de radio. Adaptado de “Outdoor Cells,” por Zhang Jie & de la Roche Guillaume, 2010, *Femtocells Technologies and Deployment: Indoor Coverage Techniques*, 36, p. 329. Copyright 2010 por John Wiley & Sons Ltd.

Redes RF de Interiores: Maricela Alzamora describe esta solución en su trabajo de grado (2016), de la siguiente manera:

Esta solución cuenta con un Nodo B que irradia potencia a través de un sistema de pequeñas antenas de baja potencia, denominado DAS (Sistema Distribuido de antenas) y que se pueden ubicar en diferentes pisos de una edificación para proveer cobertura homogénea. La solución cuenta con una BBU (Unidad de banda Base) encargada de convertir a banda base la señal entrante de las antenas y además posee funciones de señalización y control (ver

Figura 11. Solución RF *Indoor*). La potencia de la BBU va a través de una fibra óptica o un cable coaxial y es dividida a través de splitters, encargados de distribuirla a todo el sistema DAS. Antes de que se realice la división se pasa por una RRU (Remote Radio Unit) que ajusta la frecuencia que se envía la BBU a la frecuencia del operador. Cada RRU definirá un sector de cobertura y soporta 18 antenas, lo que hace que a nivel de experiencia de usuario un equipo móvil en movimiento no sabrá que hay múltiples antenas, mientras esté bajo cobertura de una RRU, sólo hasta cuando pasa a la cobertura de otra RRU, momento en el que habrá handover. (p. 16)

Figura 11. Solución RF Indoor

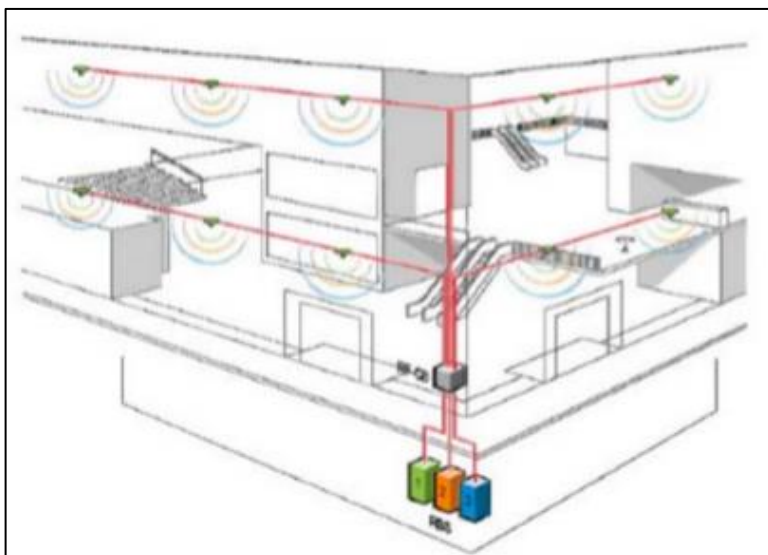


Figura 11. Una solución RF está compuesta por antenas DAS que se colocan de diferentes pisos de un edificio, para dar cobertura homogénea y que están conectadas a un NodoB. Recuperado de “Redes RF de Interiores” por Alzamora M, 2016, *Diseño e Implementación de una Red Indoor basada en Femtoceldas para una Agencia de Viajes en Miraflores*, 17, p. 8.

Solución con Femtoceldas: Las femtoceldas son estaciones base de baja potencia basadas en las tecnologías móviles, que ofrecen cobertura y capacidad en ambientes internos como empresas y hogares. Las femtoceldas permiten a los usuarios acceder a servicios de voz y datos a través de una conexión de Internet banda ancha, administrada por el operador móvil. Para información referente a la arquitectura de Femtoceldas, ver Anexo E. Arquitectura de redes con femtoceldas.

Maricela Alzamora describe esta solución en su trabajo de grado (2016), de la siguiente manera:

Este tipo de solución indoor funciona como una pequeña estación base dentro de una edificación. Las femtoceldas tienen un enfoque similar a los puntos de acceso

de una red Wi-Fi y son conectadas directamente a internet (ver Figura 12. Solución con Femtoceldas), haciendo que todas las comunicaciones que van a la red del operador viajen a través de internet. En cuanto a capacidad, las femtoceldas cubren un área más pequeña y una menor cantidad de usuarios. Dentro de la red de las femtoceldas, los usuarios se conectan al aire libre a la macrocelda y cuando se encuentran dentro de la edificación se realiza Handover, conectándose nuevamente a la femtocelda, lo cual asegura una comunicación fluida para el usuario final, obteniéndose una cobertura máxima. (p. 17)

Figura 12. Solución con Femtoceldas

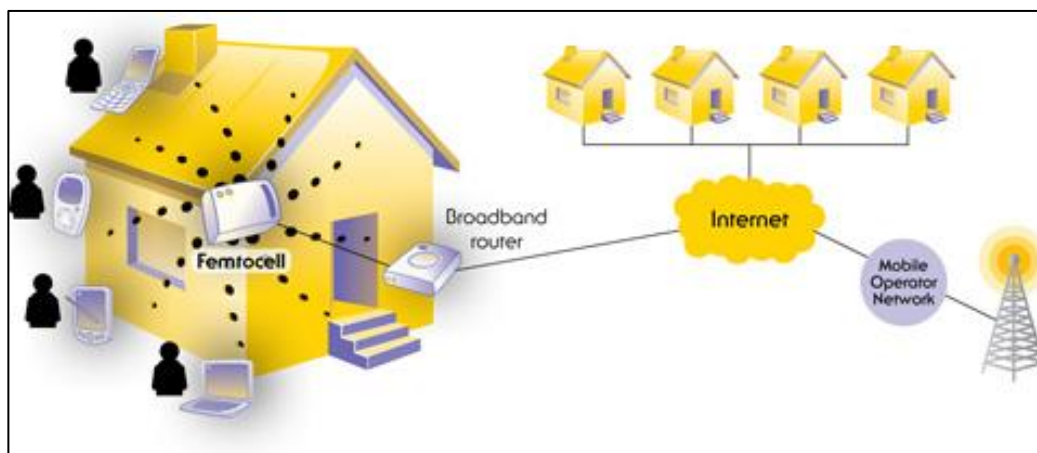


Figura 12. Una Solución con Femtoceldas consiste en una serie de estaciones base de baja potencia, distribuidas dentro de un lugar cerrado, que le permiten a los usuarios acceder a servicios tanto de voz como de datos a través de una conexión de Internet banda ancha, administrada por el operador móvil. Recuperado de “Solution 1: small cells” por Ahmed Elsherif, Wei-Peng Chen, Akira Ito & Zhi Ding, 2013, Adaptive small cell access of licensed and unlicensed bands, 3, p. 18, Copyright 2013 Fujitsu Laboratories of America, Inc.

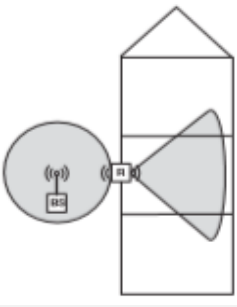
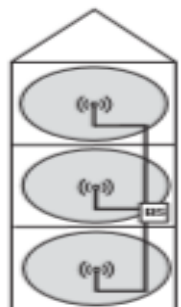
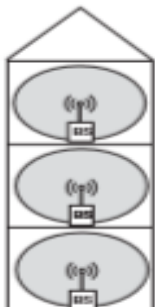
En los últimos años, las tres soluciones mencionadas anteriormente han comenzado a ser el enfoque común de los operadores para superar los problemas de cobertura en interiores. Se ha demostrado con éxito que estas tecnologías aumentan la cobertura en grandes lugares públicos o

empresas. En consecuencia, las soluciones indoor están representando un enorme mercado potencial para los operadores, quienes necesitan una solución que cumpla con los siguientes requisitos:

- Una solución que cubra áreas pequeñas
- Una solución de baja capacidad
- Una solución instalada y mantenida a un precio bajo

Para la implementación de una red celular indoor es necesario realizar una correcta elección del tipo de solución tecnológica y su planificación debe darse en función de las necesidades de calidad de servicio de la telefonía móvil de Movistar en el Telepuerto de CenturyLink en Suba. La Tabla 3. Comparación entre diferentes técnicas de cobertura Indoor, muestra un contraste entre las 3 soluciones indoor presentadas, con el fin de identificar qué puntos a favor y en contra presentan cada una y de esta manera poder elegir la mejor opción a nivel técnico y financiero.

Tabla 3. Comparación entre diferentes técnicas de cobertura Indoor

Características	  		
	Repetidores	DAS	Femtoceldas
Costo de hardware	Bajo	Alto	Medio
Costos de instalación	Bajo	Alto	Medio
Costos de mantenimiento	Bajo	Alto	Bajo
Complejidad de instalación de la solución	Media	Bajo	Muy bajo
Potencia de radiación	Bajo	Bajo	Muy bajo
Mejora problemas de cobertura	SI	SI	SI
Alcance de la señal móvil	Medio	Alto	Bajo
Mejora problemas de capacidad de red	NO	SI	SI
Dependencia de Macrocelas	SI	NO	NO
Adaptativa a la red móvil	NO	SI	SI
Tipo de Backhaul	RF	FO / MW	ADSL / SDSL
Gestión remota	NO	SI	SI
Gestión de interferencias con nodos externos	NO	SI	SI
Consumo de energía	Bajo	Alto	Medio
Servicios agregados	NO	SI	SI
Controladores de acceso propios	NO	SI	SI
Mercado objetivo	Clientes - individuos	Empresas	Empresas

Nota: Esta tabla compara las tres técnicas de cobertura Indoor propuestas, mostrando sus fortalezas y debilidades a nivel técnico, de servicios y económico. Elaboración propia. García M, Montañó J, Victorino F, "Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink-Telepuerto", Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

Para hacer un análisis de las tres soluciones Indoor propuestas, se tomaron en cuenta las características más relevantes para solucionar el problema de calidad en el Telepuerto de CenturyLink en Suba, como los son:

- **Características a nivel Técnico:** (*Complejidad de instalación, Mejora de problemas de cobertura, Dependencia de Macroceldas, Generación de interferencias con nodos externos, Controladores de acceso propios, Adaptativa a la red móvil*). De las tres soluciones, las Femtoceldas garantizan mejorar los problemas de cobertura como las otras dos soluciones, pero con un nivel muy bajo de complejidad de instalación, al estar conectadas por cable UTP, lo cual simplifica labores civiles. Así mismo, no dependen de las Macroceldas de las estaciones base y además permiten realizarles una gestión de Interferencia con los nodos externos (tanto con macroceldas como con sus femtoceldas vecinas), cuya administración de nodos es totalmente independiente y su adaptabilidad permite que se integre de forma sencilla a la red de Movistar.
- **Características a nivel Social (aspectos más relevantes para la aceptación por parte del usuario final):** (*Potencia de radiación, Alcance de la señal móvil, Servicios agregados, Mercado objetivo*). De las tres soluciones, la solución de Femtoceldas puede ser la más aceptada por los usuarios finales, ya que de las tres es la que menor nivel de radiación genera, lo que disminuye las probabilidades de reclamaciones por parte de la sociedad. Por otro lado, como tienen bajos niveles de alcance de señal móvil, esto garantiza que sea una solución 100% dedicada para el Telepuerto de CenturyLink, perfecto para un mercado objetivo empresarial.

- **Características a nivel Económico:** (*Costo de hardware, Costos de instalación, Costos de mantenimiento*). Si bien las Femtoceldas no son económicas de adquirir o de instalar (CAPEX), su costo de mantenimiento sí es bajo (OPEX), lo cual le permitiría a MOVISTAR recuperar la inversión en un mediano plazo.
- **Características a nivel de Diseño:** (*Mejora problemas de capacidad de red, Tipo de Backhaul (Conexión entre red de acceso y red CORE), Gestión remota, Consumo de energía*). Las Femtoceldas se convierten en un complemento de las Macrocelas, ya que al entrar a operar le permitirían a Movistar liberar carga de sus estaciones base outdoor, mejorando así la capacidad, lo cual compensa el consumo de energía medio que requieren. Adicionalmente su integración a una red CORE es la más sencilla de las tres soluciones, teniendo en cuenta que utiliza canales de banda ancha existentes, a través de la cual Movistar puede realizar gestión remota. Las femtoceldas permiten brindar cobertura interior a distancias menores, permitiendo de esta manera solucionar los problemas de saturación del espectro de frecuencia, típicos de las redes 3G.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, las femtoceldas son la solución que mejor cumple los requisitos que buscan los operadores de telefonía celular, al ser soluciones eficientes para entornos cerrados, ya que al ser ubicadas estratégicamente el número de celdas aumentará la capacidad potencial del sistema y la potencia de la señal interior mejora, generando un enfoque óptimo tanto para los usuarios finales como para los operadores.

7.1.1 Solución celular con femtoceldas para Telepuerto Suba

Con base en el análisis realizado anteriormente, se propone la instalación de una solución indoor con Femtoceldas en la sede de Telepuerto Suba de la empresa CenturyLink, el diagrama de red se puede ver en la Figura 13. Solución celular propuesta con femtoceldas para Telepuerto Suba.

Figura 13. Solución celular propuesta con femtoceldas para Telepuerto Suba

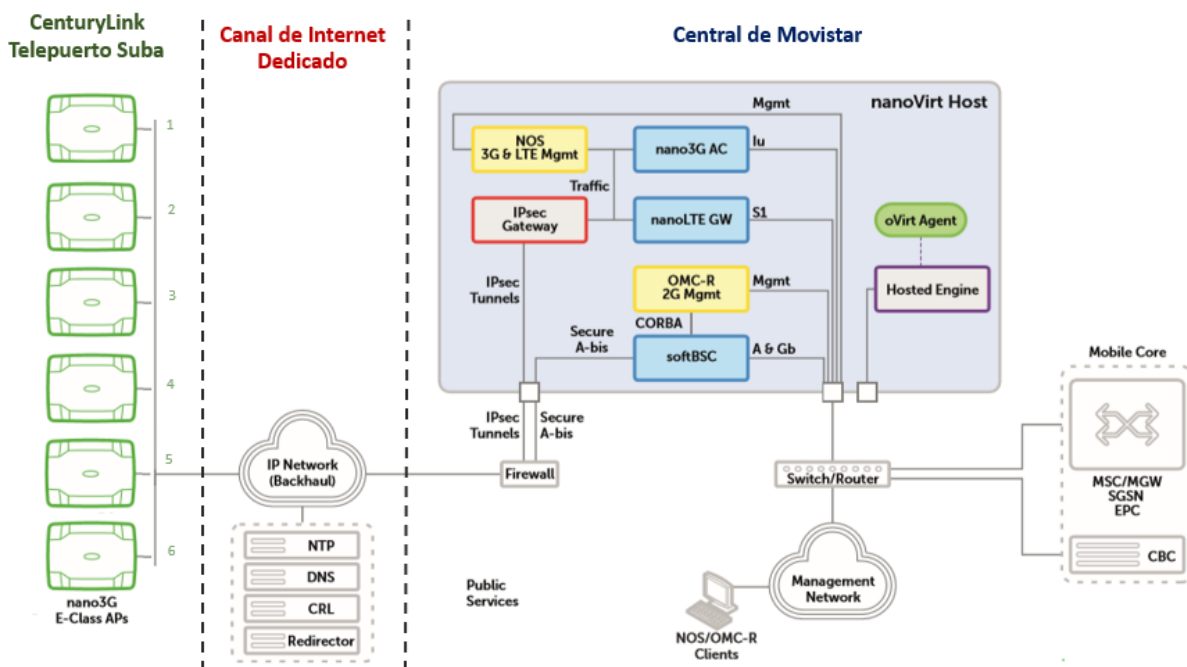


Figura 13. La solución celular con femtoceldas, propuesta para el Telepuerto Centurylink Suba concibe la instalación de 6 femtoceldas distribuidas estratégicamente en las instalaciones del telepuerto y van conectadas a la red CORE de MOVISTAR, a través de un túnel IPsec por un canal Internet Dedicado. Elaboración propia. García M, Montaña J, Victorino F, "Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink- Telepuerto", Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

La solución celular propuesta, consta de un módulo de administración y control centralizado de femtoceldas marca Nano Virt, este módulo es virtualizado y se configura en un servidor DELL ubicado en la central de Movistar. El despliegue de las Femtoceldas consta en redirigir los servicios

móviles a través del canal dedicado de internet de CenturyLink, servicios que irán empaquetados por un Túnel IPSec hasta un Gateway de seguridad, ubicado en la central móvil de Movistar. El Nano Virt 3G usa un controlador de acceso de red 3G (Nano 3G AC), el cual funciona como agregador de tráfico, conduciendo y concentrando la data desde las Femtoceldas hacia la red CORE de Movistar y adicionalmente tiene un sistema de orquestación de red (NOS 3G Mgm), el cual es el gestor de fallas y performance. (Ver Anexo F. Datasheet de Controladora y Gestor 3G Virtualizado).

Por otro lado, la ubicación de las 6 Femtoceldas en las instalaciones del Telepuerto de CenturyLink en Suba se realizará como aparece en la Figura 14. Distribución de Femtoceldas en el 1er piso de Telepuerto Suba, y en la Figura 15. Distribución de Femtoceldas en el 2do piso de Telepuerto Suba. El diseño de distribución de las femtoceldas fue realizado, teniendo en cuenta los puntos más deficientes en cobertura y calidad de señal, obtenidos de los resultados de las mediciones de RSCP y EC/IO y en función de la concurrencia de usuarios, de forma que la capacidad máxima de usuarios que cubre un equipo de estos no supere el máximo tolerado de 32 terminales móviles por Femtocelda. (Ver Anexo G. Datasheet de Femtoceldas).

Figura 14. Distribución de Femtoceldas en el 1er piso de Telepuerto Suba

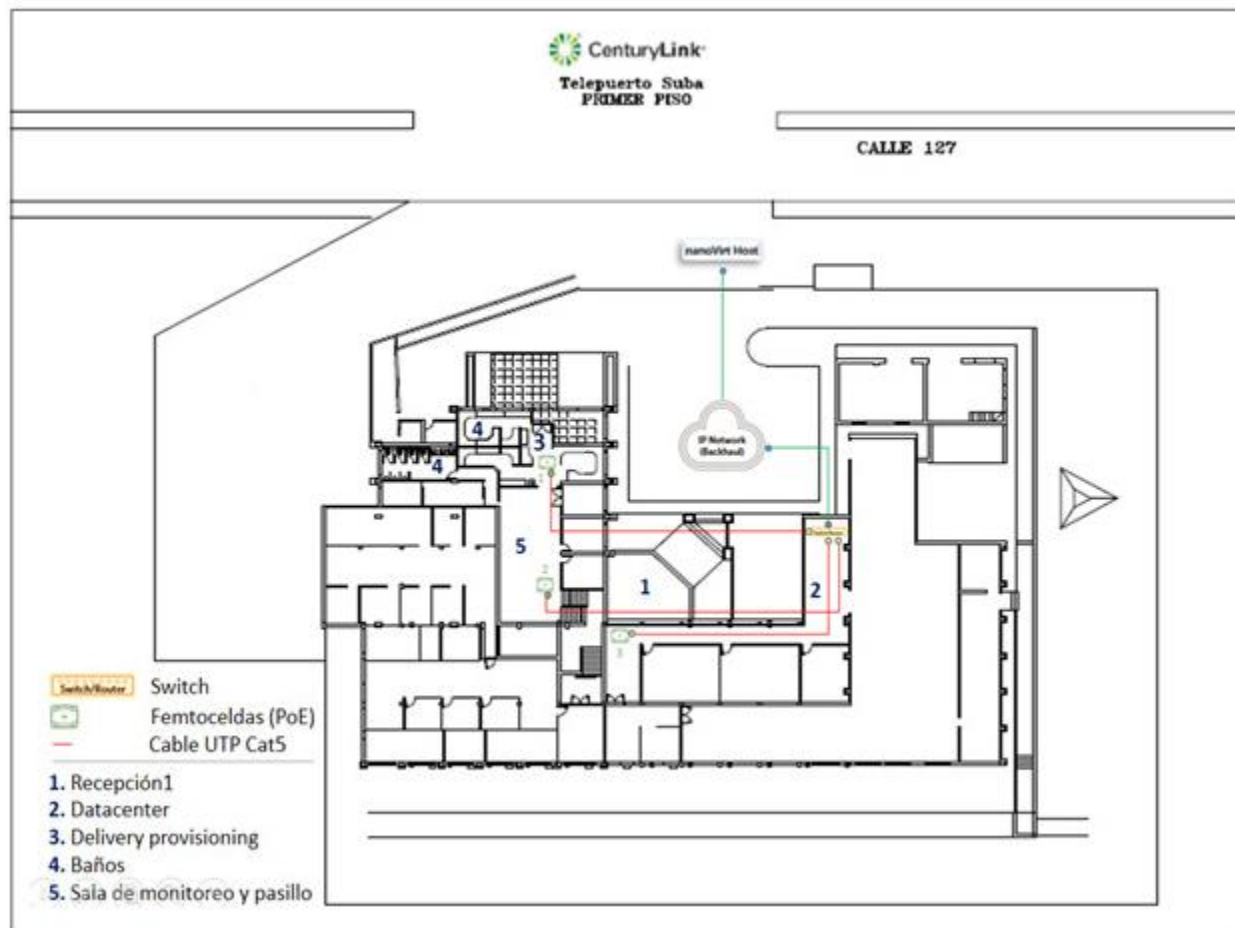


Figura 14. La Distribución de Femtoceldas en el Primer Piso del Telepuerto de CenturyLink en Suba fue realizada teniendo en cuenta los puntos más deficientes en cobertura y calidad de señal, obtenidos de los resultados de las mediciones de RSCP y EC/IO y en función de la concurrencia de usuarios. Elaboración propia. García M, Montaña J, Victorino F, "Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa CenturyLink- Telepuerto", Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019

Figura 15. Distribución de Femtoceldas en el 2do piso de Telepuerto Suba

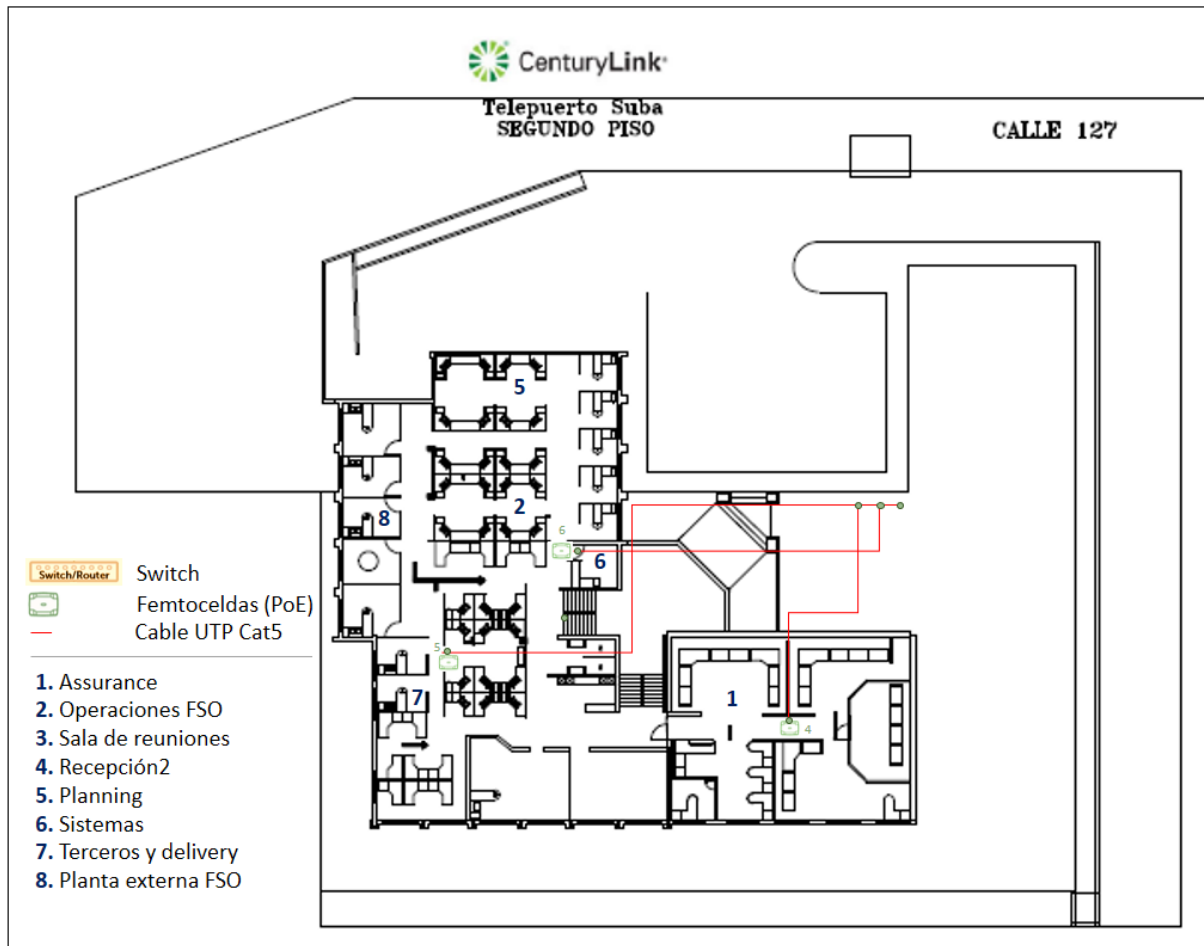


Figura 15. La Distribución de Femtoceldas en el Segundo Piso del Telepuerto de CenturyLink en Suba fue realizada teniendo en cuenta los puntos más deficientes en cobertura y calidad de señal, obtenidos de los resultados de las mediciones de RSCP y EC/IO y en función de la concurrencia de usuarios. Elaboración propia. García M, Montañó J, Victorino F, " Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa CenturyLink- Telepuerto", Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019

7.2 Planificación de la Solución

En la planificación de este proyecto se deben analizar riesgos técnicos, validar cómo va a ser la interacción entre las femtoceldas con las macroceldas, ajustes en el control de potencias, validación de objetivo de coberturas, validación de la gestión de equipos, estimación de requerimientos del proyecto, control de tiempos y evaluación financiera. Una correcta planificación en conjunto con Movistar ayudará a reducir costos en la operación, mejorar el desempeño de la red 3G en Telepuerto Suba y dar cumplimiento al SMART.

7.2.1 Análisis GAP

Tabla 4. Análisis GAP

ANÁLISIS GAP		TO - BE										
		Equipo de Usuario (Terminal Móvil)	FemtoCeldas (HNB)	Controladora HNB GW	BackHole ADSL	Firewall IPSec	Core de Datos (PS)	Core de Voz (Cs)	Equipos AAA	Equipos de Tarificación	Licencia de Espectro 850MHz /900 MHz	Servicios de Voz y Datos
AS-IS	Equipo de Usuario (Terminal Móvil)	X										
	MacroCeldas (Nodo B)											
	Controladora RNC											
	BackHole Fibra Optica / Microondas											
	Core de Datos (PS)						X					
	Core de Voz (Cs)							X				
	Equipos AAA								X			
	Equipos de Tarificación									X		
	Licencia de Espectro 850MHz /900 MHz										X	
	Servicios de Voz y Datos											X
NUEVO			X	X	X	X						

Nota: En el análisis GAP se hace un comparativo de los elementos actuales de la red de Movistar aplicados a los servicios de telefonía móvil prestados a CenturyLink, en contraste a los elementos de los que se dispondrá para la solución de Femtoceldas. Algunos de los elementos de la red actual se seguirán utilizando en la solución de Femtoceldas y otros serán agregados, sin afectar ni sustituir los elementos de la red actual, por el contrario esta solución celular busca complementar los sistemas actuales al ser una solución complementaria. Elaborado por “Garcia M, Montaña J, Victorino F”, Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink- Telepuerto, Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, facultad de ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

7.2.2 Análisis de Riesgos.

Algunos de los principales interrogantes que surgen al iniciar este proyecto de soluciones Indoor y que son necesarios mitigar son:

- ✓ **Interferencias.** Como lo menciona Marta Anaya de Paz (2005), una solución con femtoceldas debe convivir con multitud de dispositivos, redes WiFi, macroceldas y otras femtoceldas, por lo que para garantizar el buen funcionamiento de estos dispositivos se hace vital realizar gestión de interferencias (p. 17). Por otro lado, como las femtoceldas están diseñadas para que los puntos de acceso sean instalados en cualquier localización interior, es imposible “realizar una planificación previa que permita realizar una gestión de interferencias basada en la reutilización de frecuencias como ocurre en las redes celulares clásicas”, por lo que es necesario realizar un estudio conciso de la gestión de interferencias en el Telepuerto de CenturyLink en Suba, antes de proceder con la instalación” (p. 12).
- ✓ **Adaptación de la red IP.** Como lo menciona Marta Anaya de Paz (2005) otro de los obstáculos que surge al utilizar redes IP, como medio de transmisión en la solución celular indoor de Femtoceldas, es la necesidad de que la red IP deba ofrecer una calidad de servicio equiparable a la ofrecida por las femtoceldas”, por lo que para la solución del Telepuerto de CenturyLink se dispone de un canal dedicado de Internet, de gran ancho de banda, que permita que los servicios de voz y datos convivan por el mismo canal sin problemas de saturación y, en caso que surja una limitante en el ancho de banda del canal se utilice la

solución planteada por Marta Anaya de Paz (2005) de priorizar el tráfico de la red de femtoceldas, so pena de afrontar problemas de neutralidad de red” (p. 12).

- ✓ **Producto reciente en el mercado de las telecomunicaciones.** Teniendo en cuenta que las femtoceldas son un producto que lleva poco tiempo en el mercado global y que esto conlleva a unos costos de publicidad de la solución y de la puesta en marcha, se debe trabajar en alianza con Movistar para impulsar este tipo de soluciones Indoor en mercados potenciales como empresas, oficinas, locales y otros ambientes confinados en los que haya mal servicio de voz y datos 3G.

7.3 Requerimientos del proyecto

7.3.1 Lista de Equipos y Herramientas

Tabla 5. Lista de Equipos y Herramientas

Tipo	Elemento	Cantidad	Uom	Descripción	Imagen
Insumo	Cable UTP	1	MT	Cable De Red Utp Categoría 5 Interior Aleación 60/40 305mts	
Herramienta	Celulares	2	UN	Celular Xiaomi Redmi Note 6 Pro Cámara Frontal 20mpx 64gb	
Insumo	Conector RJ45	1	UN	Conector de red rj45 cat5e x 100 unidades	
Herramienta	Elementos de protección personal	4	UN	Kit de elementos de protección personal casco, guantes, botas de seguridad	

Equipo	Femtoceldas E24 AP Band 2/5	6	UN	E24 hardware and 16-channel AP SW - Band 2/5	
Software	IBWAVE	1	UN	Software de diseño soluciones Indoor	
Equipo	Inclino metro	2	UN	Inclinómetro Transportador Nivel Digital Medidor Angulo	
Herramienta	Kit de Herramientas	2	UN	Taladro Percutor 1/2, martillo 12oz, alicate, pinzas punta larga, bisturi, llaves	
Herramienta	Laptop Dell	4	UN	Dell Latitude E7450 I5-5300u 2.3ghz 8gb Ddr3 256gb Ssd Tarjeta Grafica Nvidia 840m Windows 10 Pro	
Software	NanoVirt licenses	1		Licencias permanentes para plataforma Virtual de control y operación de las Femtoceldas E24 AP	

Herramienta	Ponchadora RJ45	2	UN	Ponchadora de cables, para cortar y ponchar conectores RJ45, RJ12 y RJ11	
Equipo	PowerEdge R730 Rack Server	1	UN	Dell R730 Server with minimum Dual Intel Xeon E5 v4, 4x32GB RAM, 4x600GB HDs. 8-off 1GbE BASET.	
Software	Tems pocket campo (Licencia)	1	UN	Software de medición de radiofrecuencia para ambientes indoor	
Equipo	Tester de Patch cord	2	UN	Tester Para Cables Rj45 Y Rj11 Para Verificar Cortes En Redes	

Nota: En la tabla se relaciona la cantidad de equipos y herramientas que se utilizaran durante la ejecución del proyecto. Elaboración propia. García M, Montañó J, Victorino F,” Solución *indoor* para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink-Telepuerto”, Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

7.3.2 Recurso Humano.

Tabla 6. Recurso Humano asignado al proyecto

Cargo	Salario Básico COP	Total Prestaciones COP	Suma Total Salario + Prestaciones Mes COP
Gerente de proyecto	\$7.000.000	\$3.034.710	\$ 10.034.710
Account Manager para Movistar	\$10.000.000	\$5.185.300	\$ 15.185.300
Project Controller	\$3.500.000	\$1.342.460	\$ 4.842.460
Coordinador de soluciones Indoor	\$8.000.000	\$3.468.240	\$ 11.468.240
Ingeniero de diseño	\$6.000.000	\$2.301.360	\$ 4.601.360
Técnico de TSS e implementación I	\$2.300.000	\$882.188	\$ 3.182.188
Técnico de TSS e implementación II	\$2.300.000	\$882.188	\$ 3.182.188
Técnico de TSS e implementación III	\$2.300.000	\$882.188	\$ 3.182.188
Técnico de TSS e implementación IV	\$2.300.000	\$882.188	\$ 3.182.188
Ingeniero de Wireless	\$5.500.000	\$2.109.580	\$ 7.609.580

Nota: Esta tabla representa el salario total mensual por recurso humano, el cual es calculado de la suma del salario básico más las prestaciones de ley. Este costo total mensual por cargo será la base para calcular el valor por hora trabajada y poder determinar el costo real que representa cada recurso asignado al proyecto. Elaboración propia. García M, Montaña J, Victorino F, "Solución *indoor* para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink- Telepuerto", Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019

Los perfiles de los cargos que se asignaran para este proyecto, se relacionan en un documento aparte. (Ver Anexo H.

Descripción de perfiles del Recurso Humano asignado al proyecto)

7.3. Organigrama del Proyecto

Figura 16. Organigrama del proyecto

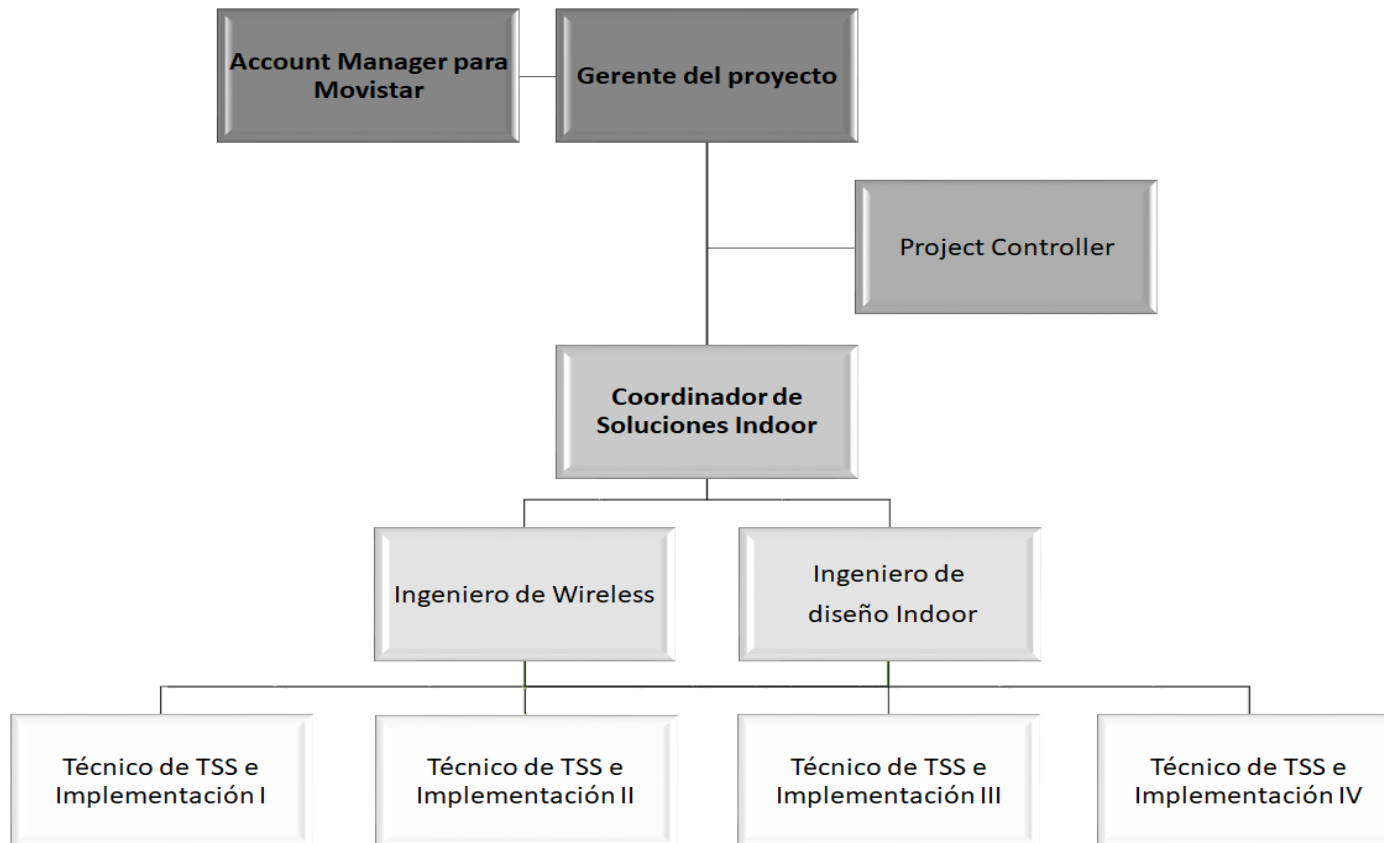


Figura 16. Se relaciona el organigrama con la jerarquía de todo el equipo humano que intervendrá en el proyecto. Elaboración propia. García M, Montaña J, Victorino F, "Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centuryink- Telepuerto", Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

7.4 Cronograma del Proyecto

Figura 17. Escala de tiempo de duración del proyecto

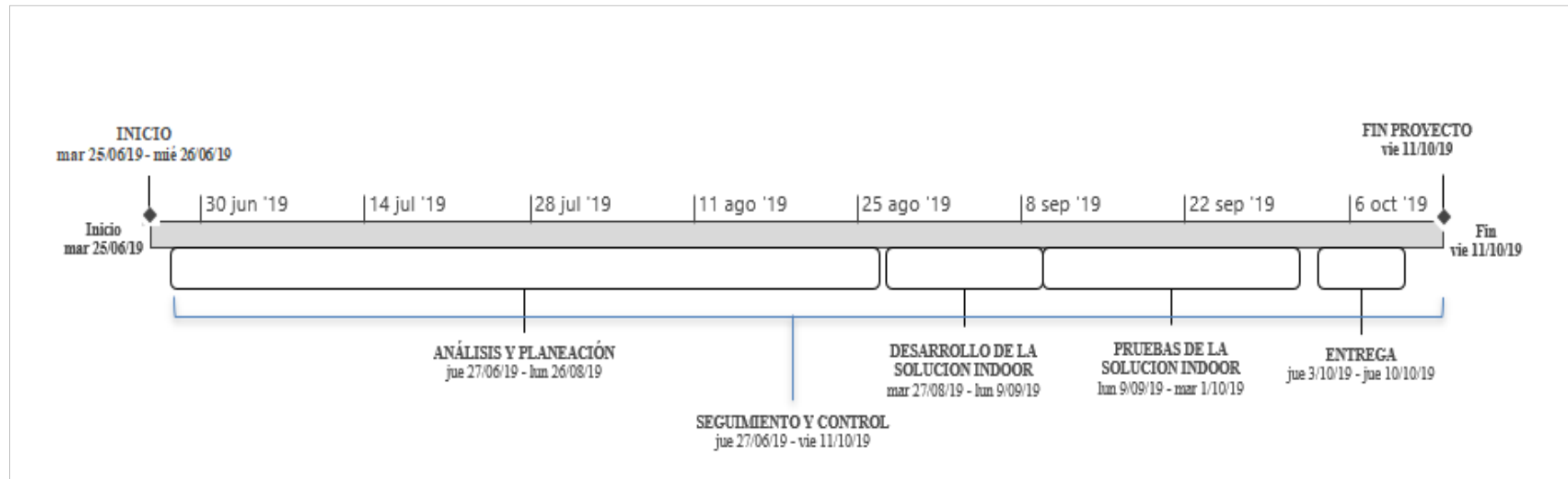


Figura 17. Se muestra la escala y visión general de la duración de actividades del proyecto, teniendo en cuenta el momento de inicio y finalización de las mismas. Elaboración propia. García M, Montaña J, Victorino F, “Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink- Telepuerto”, Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

Tabla 7. Actividades a Desarrollar para la ejecución del proyecto

Número de esquema	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Nombres de los recursos	Costo
1	SOLUCION INDOOR TELEPUERTO	79 días	mar 25/06/19	vie 11/10/19	Gerente de proyecto	\$ 204.921.208,4
1.1	INICIO	2 días	mar 25/06/19	mié 26/06/19		\$ 1.207.208,8
1.1.1	Identificar interesados del proyecto	1 día	mar 25/06/19	mar 25/06/19	Account Manager para Movistar	\$ 506.176,0
1.1.2	Creación y firma del Project Charter	1 día	mié 26/06/19	mié 26/06/19	Project controller; Account Manager para Movistar; Gerente de proyecto[10%]	\$ 701.032,8
1.2	ANÁLISIS Y PLANEACIÓN	43 días	jue 27/06/19	lun 26/08/19		\$ 10.084.240,0
1.2.1	Analizar la situación actual (AS IS) del cliente Movistar	4 días	jue 27/06/19	mar 2/07/19	Coordinador de soluciones Indoor	\$ 1.529.088,0
1.2.2	Definir el objetivo del negocio	2 días	mié 3/07/19	jue 4/07/19	Coordinador de soluciones Indoor	\$ 764.544,0
1.2.3	Desarrollar encuestas para identificar problemática en Telepuerto	3 días	vie 5/07/19	mar 9/07/19	Coordinador de soluciones Indoor	\$ 1.146.816,0
1.2.4	Creación y aprobación de la orden de trabajo	5 días	mié 10/07/19	mar 16/07/19	Coordinador de soluciones Indoor	\$ 1.911.360,0
1.2.5	Site Survey y medición de calidad y cobertura de servicio 3G en sitio	2 días	mié 17/07/19	jue 18/07/19	Técnico de TSS e implementación I ;Técnico de TSS e implementación II	\$ 424.288,0
1.2.6	Diseñar solución con Femtoceldas para Telepuerto Centurylink	2 días	vie 19/07/19	lun 22/07/19	Ingeniero de diseño	\$ 306.752,0
1.2.7	Identificar riesgos técnicos del proyecto	1 día	mar 23/07/19	mar 23/07/19	Coordinador de soluciones Indoor; Ingeniero de diseño	\$ 535.648,0
1.2.8	Estimar costos del proyecto	2 días	mié 24/07/19	jue 25/07/19	Coordinador de soluciones Indoor[50%]	\$ 573.408,0
1.2.9	Adquisición de equipos, licencias y herramientas	8 días	vie 26/07/19	mar 6/08/19	Project controller[50%]	\$ 645.632,0
1.2.10	Nacionalizar equipos de solución indoor	5 días	mié 7/08/19	mar 13/08/19	Project controller[50%]	\$ 403.520,0
1.2.11	Transporte y recepción de equipos en bodega	3 días	mié 14/08/19	vie 16/08/19	Coordinador de soluciones Indoor[50%]	\$ 764.544,0
1.2.12	Realizar Kick-off con los interesados de Movistar	1 día	vie 26/07/19	vie 26/07/19	Coordinador de soluciones Indoor[50%]	\$ 382.272,0

PRESENTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE RED CELULAR INDOOR

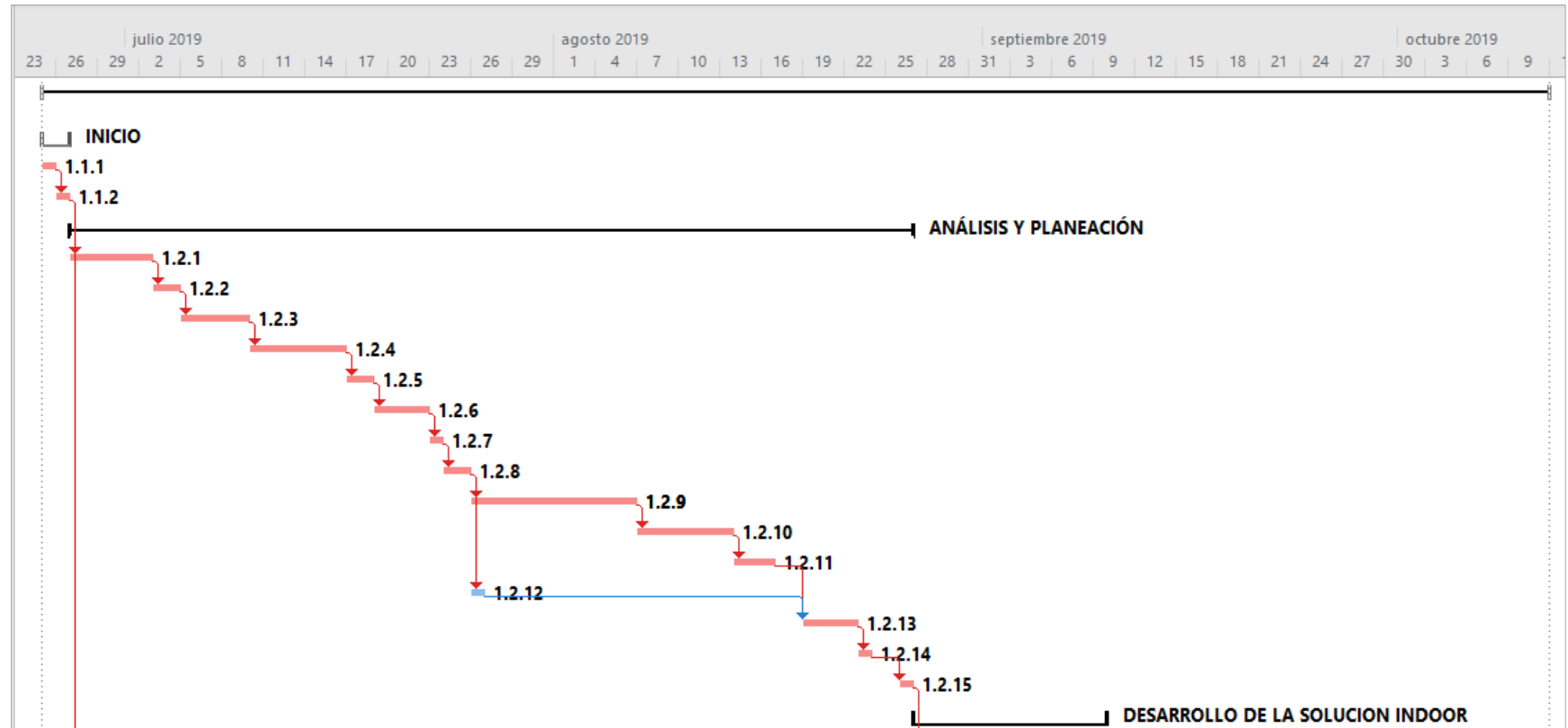
60

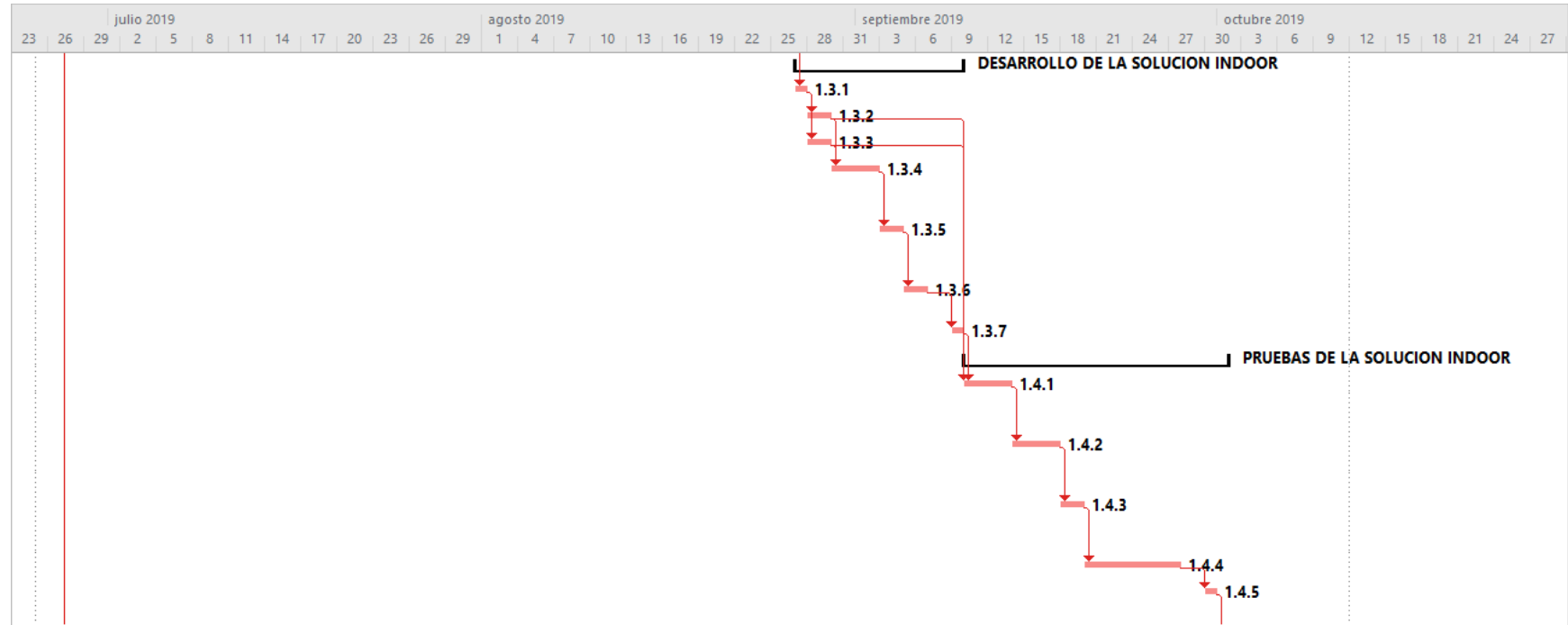
1.2.13	Solicitar permisos de acceso a Movistar y Telepuerto	4 días	lun 19/08/19	jue 22/08/19	Project controller[50%]	\$ 322.816,0
1.2.14	Site Survey central Movistar	1 día	vie 23/08/19	vie 23/08/19	Técnico de TSS e implementación III; Técnico de TSS e implementación IV	\$ 212.144,0
1.2.15	Entrega de reporte de planeación	1 día	lun 26/08/19	lun 26/08/19	Project controller	\$ 161.408,0
1.3	DESARROLLO DE LA SOLUCION INDOOR	10 días	mar 27/08/19	lun 9/09/19		\$ 2.696.784,0
1.3.1	Despachar equipos desde bodega a la central de Movistar y Telepuerto	1 día	mar 27/08/19	mar 27/08/19	Project controller[50%];Transporte de carga de equipos	\$ 280.704,0
1.3.2	Instalar Antenas Indoor en instalaciones de Telepuerto	2 días	mié 28/08/19	jue 29/08/19	Técnico de TSS e implementación I; Técnico de TSS e implementación II	\$ 424.288,0
1.3.3	Instalar controladora y gestor de antenas en central de Movistar	2 días	mié 28/08/19	jue 29/08/19	Técnico de TSS e implementación III; Técnico de TSS e implementación IV	\$ 424.288,0
1.3.4	Comisionar equipos de la solución Indoor (direccionamiento IP, Interfaces y tunel IPSec)	2 días	vie 30/08/19	lun 2/09/19	Ingeniero wireless[50%];Técnico de TSS e implementación I [50%];Técnico de TSS e implementación II[50%];Técnico de TSS e implementación III[50%];Técnico de TSS e implementación IV[50%]	\$ 677.936,0
1.3.5	Integración E2E desde Telepuerto a central de Movistar	2 días	lun 2/09/19	mié 4/09/19	Ingeniero wireless[50%];Técnico de TSS e implementación I [50%];Técnico de TSS e implementación II[50%];Técnico de TSS e implementación III[50%];Técnico de TSS e implementación IV[50%]	\$ 253.648,0
1.3.6	Activación de las Femtoceldas	2 días	jue 5/09/19	vie 6/09/19	Ingeniero wireless[50%]	\$ 253.648,0
1.3.7	Entrega de reporte de instalación al cliente Movistar	1 día	lun 9/09/19	lun 9/09/19	Coordinador de soluciones Indoor	\$ 382.272,0
1.4	PRUEBAS DE LA SOLUCION INDOOR	16 días	lun 9/09/19	mar 1/10/19		\$ 2.229.344,0
1.4.1	Pruebas de Hardware	4 días	lun 9/09/19	vie 13/09/19	Ingeniero wireless[25%];Técnico de TSS e implementación I [25%];Técnico de TSS e implementación II[25%];Técnico de TSS e implementación III[25%];Técnico de TSS e implementación IV[25%]	\$ 253.648,0

1.4.2	Pruebas funcionales de la solución	2 días	vie 13/09/19	mar 17/09/19	Ingeniero wireless[25%];Técnico de TSS e implementación I [25%];Técnico de TSS e implementación II[25%];Técnico de TSS e implementación III[25%];Técnico de TSS e implementación IV[25%]	\$ 126.824,0
1.4.3	Pruebas de seguridad de IPSec	2 días	mar 17/09/19	jue 19/09/19	Ingeniero wireless[25%];Técnico de TSS e implementación I [25%];Técnico de TSS e implementación II[25%];Técnico de TSS e implementación III[25%];Técnico de TSS e implementación IV[25%]	\$ 126.824,0
1.4.4	Monitoreo de KPIs de servicio de voz 3G	6 días	vie 20/09/19	vie 27/09/19	Ingeniero wireless[50%];Ingeniero de diseño[50%]	\$ 790.464,0
1.4.5	Medir calidad y cobertura de servicio 3G en Telepuerto	1 día	lun 30/09/19	lun 30/09/19	Ingeniero wireless; Técnico de TSS e implementación I ;Técnico de TSS e implementación II; Técnico de TSS e implementación III; Técnico de TSS e implementación IV	\$ 677.936,0
1.4.6	Entrega de documentación de protocolo de pruebas	1 día	mar 1/10/19	mar 1/10/19	Ingeniero wireless	\$ 253.648,0
1.5	PUESTA EN MARCHA DE LA SOLUCIÓN	1 día	mié 2/10/19	mié 2/10/19		\$ 382.272,0
1.5.1	Puesta en marcha de la solución	1 día	mié 2/10/19	mié 2/10/19	Coordinador de soluciones Indoor	\$ 382.272,0
1.6	ENTREGA	6 días	jue 3/10/19	jue 10/10/19		\$ 3.670.193,6
1.6.1	Entrega de solución al cliente Movistar - Centurylink	2 días	jue 3/10/19	vie 4/10/19	Coordinador de soluciones Indoor;Account Manager para Movistar	\$ 1.776.896,0
1.6.2	Capacitación al personal de Movistar	2 días	lun 7/10/19	mar 8/10/19	Ingeniero de diseño; Ingeniero wireless	\$ 814.048,0
1.6.3	Firma del acta de finalización del proyecto	2 días	mié 9/10/19	jue 10/10/19	Gerente de proyecto[10%];Account Manager para Movistar	\$ 1.079.249,6
1.7	SEGUIMIENTO Y CONTROL	77 días	jue 27/06/19	vie 11/10/19	Project controller[25%]	\$ 3.107.104,0
1.8	FIN PROYECTO	0 días	vie 11/10/19	vie 11/10/19	Gerente de proyecto	\$ 0,0

Nota: Se relaciona la planificación del proyecto; Actividades en cada fase, la distribución de los tiempos de duración y recursos responsables de su ejecución. Elaboración propia. García M, Montaña J, Victorino F, “Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink- Telepuerto”, Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

Figura 18. Diagrama de Gantt





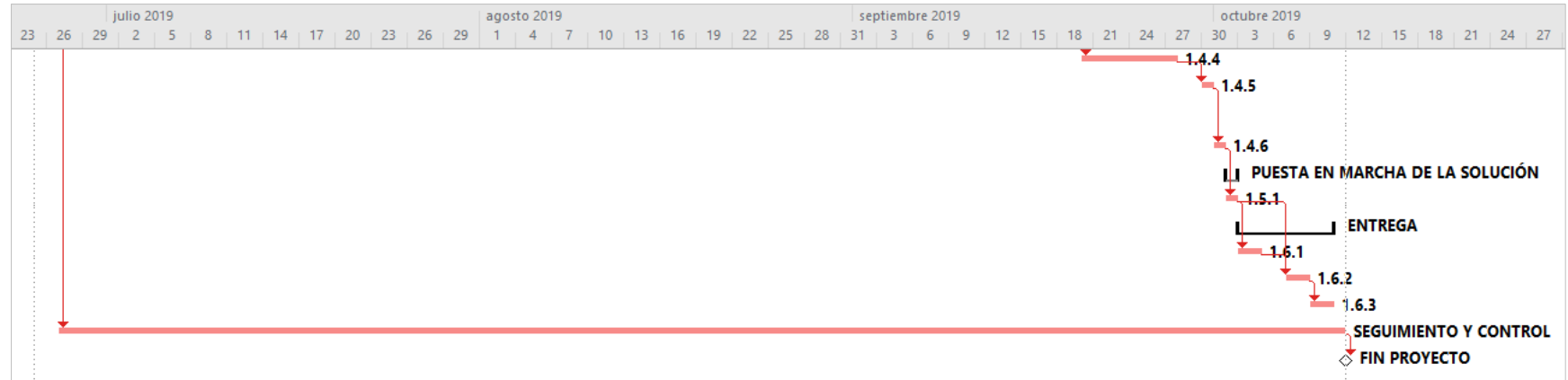


Figura 18. Se relaciona el diagrama de Gantt con la ruta crítica y numero de esquema de cada tarea. Elaboración propia. García M, Montañó J, Victorino F, “Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink- Telepuerto”, Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

7.5 Propuesta Económica

7.5.1 Costos de Herramientas, Equipos y Licenciamiento.

Tabla 8. Costos de herramientas, equipos y licenciamiento

Elemento	Qty	Valor Total del Elemento	Meses de Depreciación	Total Valor Depreciado x Mes	Depreciación x Hora	Duración Del Proyecto (Horas)	Costo Total durante el Proyecto
Cable UTP (350 Mts)	1	\$ 85.000	N/A	N/A	N/A	634	\$ 85.000
Celulares	2	\$ 1.158.000	12	\$ 96.500	\$ 402	634	\$ 254.064
Conector RJ45 (100 Und)	1	\$ 14.990	N/A	N/A	N/A	634	\$ 14.990
Elementos de protección personal	4	\$ 600.000	N/A	N/A	N/A	634	\$ 600.000
Femtoceldas E24 AP Band 2/5	6	\$ 27.702.000	N/A	N/A	N/A	634	\$ 27.702.000
Alquiler de Licenciamiento IBWAVE (3 meses)	1	\$ 21.000.000	N/A	N/A	N/A	634	\$ 21.000.000
Inclino metro	2	\$ 148.000	N/A	N/A	N/A	634	\$ 148.000
Kit de Herramientas	2	\$ 387.000	N/A	N/A	N/A	634	\$ 387.000
Laptop Dell	2	\$ 4.000.000	12	\$ 333.333	\$ 1.389	634	\$ 877.216
NanoVirt licenses	1	\$ 74.988.000	N/A	N/A	N/A	634	\$ 74.988.000
Ponchadora RJ45	2	\$ 34.000	N/A	N/A	N/A	634	\$ 34.000
PowerEdge R730 Rack Server	1	\$ 23.256.240	N/A	N/A	N/A	634	\$ 23.256.240
Tems pocket campo (Licencia)	1	\$ 750.000	N/A	N/A	N/A	634	\$ 750.000
Tester de Patch cord	2	\$ 23.000	N/A	N/A	N/A	634	\$ 23.000
COSTO TOTAL (COP)							\$ 150.119.510

Nota: Se relaciona el costo total de las herramientas, equipos y licenciamiento en COP durante el tiempo del proyecto. Dos de estos elementos debido a su uso y costo fueron depreciados a 12 meses y para los demás elementos sus costos fueron cargados a todo el proyecto. Elaboración propia. García M, Montaña J, Victorino F, “Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink- Telepuerto”, Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

7.5.2 Costos de Recurso Humano.

Tabla 9. Costos de Recurso Humano

Cargo	Cantidad	Suma Total Salario + Prestaciones Mes COP	Total Costo Salarial X Hora	Horas De Trabajo	Costo Total
Gerente de proyecto	1	\$ 10.034.710	\$ 41.811	634,4	\$ 26.524.898
Account Manager para Movistar	1	\$ 15.185.300	\$ 63.272,0	48,0	\$ 3.037.056
Project Controller	1	\$ 4.842.460	\$ 20.176,0	242,0	\$ 4.882.592
Coordinador de soluciones Indoor	1	\$ 11.468.240	\$ 47.784,0	188,0	\$ 8.983.392
Ingeniero de diseño	1	\$ 4.601.360	\$ 19.172,0	68,0	\$ 1.303.696
Técnico de TSS e implementación I	1	\$ 3.182.188	\$ 13.259,0	48,0	\$ 636.432
Técnico de TSS e implementación II	1	\$ 3.182.188	\$ 13.259,0	48,0	\$ 636.432
Técnico de TSS e implementación III	1	\$ 3.182.188	\$ 13.259,0	40,0	\$ 530.360
Técnico de TSS e implementación IV	1	\$ 3.182.188	\$ 13.259,0	40,0	\$ 530.360
Ingeniero de Wireless	1	\$ 7.609.580	\$ 31.706,0	80,0	\$ 2.536.480
COSTO TOTAL					\$ 49.601.698

Nota: Se relaciona el costo total de los recursos humanos que trabajaran directamente en este proyecto de acuerdo a las horas hombre planeadas para cada recurso. Elaboración propia. García M, Montaña J, Victorino F, "Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink- Telepuerto", Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

7.5.3 Costos totales operacionales.

Tabla 10. Costo total operacional

Costo Operacional	Costo Total
Herramientas, Equipos y Licenciamiento	\$ 150.119.510
Recurso Humano	\$ 49.601.698
Transporte de Carga y Logística	\$ 200.000
Pólizas	\$ 1.500.000
Imprevistos	\$ 3.500.000
COSTO TOTAL	\$ 204.921.208

Nota: Se detalla el costo total de venta que incluye todos los costos operacionales que están relacionados directamente al proyecto. Elaboración propia. García M, Montaña J, Victorino F, “Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink- Telepuerto”, Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

7.5.4 Gastos Operacionales.

Tabla 11. Gastos Operacionales

Concepto	Total
Servicio Energía Oficina	\$ 700.000
Servicio Agua Oficina	\$ 350.000
Papelería Oficina	\$ 525.000
Teléfono + Internet Oficina	\$ 2.100.000
Aseo Oficina	\$ 525.000
Gastos de Nomina Administrativos	\$ 10.800.000
COSTO TOTAL	\$ 15.000.000

Nota: Se mencionan los gastos operacionales totales asociados a la operación de la empresa durante el periodo de ejecución y facturación del proyecto. Elaboración propia. García M, Montaña J, Victorino F, “Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink- Telepuerto”, Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

7.5.5 Financiamiento del proyecto.

Actualmente la compañía tiene un presupuesto de \$ 150.000.000 millones de pesos para invertir en el proyecto, lo cual equivale al 73% del costo total operacional. Para poder cubrir con todos los costos operativos, costos financieros y gastos operacionales durante el transcurso del proyecto y, teniendo en cuenta que la modalidad de pago de Movistar es a 60 días, se va a sacar un préstamo de \$70.000.000 con un Banco, el cual está ofertando a una tasa del 1,8% efectiva mensual acordando pagos trimestrales a un año. (Ver tabla 12. Costos financieros del proyecto)

Tabla 12. Costos financieros del proyecto

N° CUOTAS TRIMESTRALES	CUOTA	INTERES	ABONO DE CAPITAL	SALDO
0				\$ 70.000.000
1	\$ 19.924.576	\$ 3.780.000	\$ 16.144.576	\$ 53.855.424
2	\$ 19.924.576	\$ 2.908.193	\$ 17.016.383	\$ 36.839.040
3	\$ 19.924.576	\$ 1.989.308	\$ 17.935.268	\$ 18.903.772
4	\$ 19.924.576	\$ 1.020.804	\$ 18.903.772	\$ -
TOTAL		\$ 9.698.305		
		INTERESES		

Nota: Se detallan los costos financieros para un préstamo de \$70.000.000 con una tasa de interés del 5,4% efectivo trimestral y pagos trimestrales durante un periodo de un año. Elaboración propia. García M, Montaña J, Victorino F, "Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink- Telepuerto", Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

7.5.6 Evaluación Financiera.

Los inversionistas de este proyecto esperan recibir una tasa de interés de oportunidad del 2% mensual sobre la inversión de \$150.000.000 millones de pesos, que equivale al 12% semestral teniendo en cuenta que la duración total del proyecto es de aproximadamente 6 meses incluyendo tiempo de planeación, ejecución y facturación del contrato. Este margen equivale a la utilidad Neta

que los inversionistas esperan recibir con respecto al capital a invertir. (Ver tabla 13. *Evaluación Financiera*)

Tabla 13. *Evaluación Financiera*

		Mes 1	Mes 2	Mes 3	MES 4	MES 5	MES 6
Ingresos operacionales	\$260.000.000						
Costo de ventas	\$204.921.208	\$151.619.510	\$21.000.000	\$21.000.000	\$11.301.698		
Utilidad bruta	\$55.078.792						
Gastos operacionales	\$15.000.000	\$2.500.000	\$2.500.000	\$2.500.000	\$2.500.000	\$2.500.000	\$2.500.000
Utilidad operacional	\$40.078.792						
gastos financieros	\$9.698.305			\$3.780.000			\$5.918.305
Utilidad antes de impuestos	\$30.380.487						
Impuestos de renta	\$10.633.171						
Utilidad liquida	\$19.747.317						
Pago de capital				\$16.144.576			\$53.855.423
Anticipo del cliente	12%			31.800.000			
Costos y gastos totales (SalidaFC)	\$240.252.683	\$154.119.510	\$23.500.000	\$43.424.576	\$13.801.698,00	\$2.500.000	\$62.273.728
ROE	2%						
FLUJO NETO DE CAJA	\$ 220.000.000	\$ 65.880.490	\$ 42.380.490	\$ 30.155.914	\$ 16.354.216	\$ 13.854.216	\$ 180.380.487
VNA	\$ 321.569.778	\$ 64.588.715	\$ 40.734.803	\$ 28.416.591	\$ 15.108.767	\$ 12.548.190	\$ 160.172.711
TIR	20,90%						

Nota: Tabla con evaluación financiera en la que se muestra el flujo neto de caja durante el periodo de ejecución de la solución, facturación y cierre del contrato, se muestra la Utilidad Neta, VNA y TIR para evaluar la rentabilidad del proyecto. Elaboración propia. García M, Montaña J, Victorino F, “Solución *indoor* para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink- Telepuerto”, Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

Los ingresos operacionales mencionados en la tabla 13. Evaluación financiera, hacen referencia al **precio de venta** de la Solución Indoor que se le presentara a Movistar por un valor de **\$ 260.000.000** antes de IVA, con este precio de venta la utilidad neta es de \$19.747.317 que en relación con la inversión inicial de \$150.000.000, el proyecto arroja un ROE (Utilidad Neta / Valor Inversión) del 13,16%, superior al 12% esperado por los inversionistas.

Se evaluó financieramente proponer un precio de venta inferior de \$ 255.000.000 dando una utilidad liquida de \$16.497.317 pero un ROE del 11%, el cual es inferior a la tasa de interés de oportunidad de los inversionistas del proyecto que es del 12% semestral.

El precio de venta incluye el costo de las 6 femtoceldas que serán instaladas en Telepuerto Suba, el módulo de control y gestión virtualizado (NanoVirt) que será configurado en un servidor DELL ubicado en la central de Movistar y todos los servicios de ingeniería que cubren el diseño, implementación y puesta en funcionamiento de la solución celular indoor con femtoceldas.

Adicional a lo mencionado del ROE y de la Utilidad Neta, es importante anotar que la VNA (Valor Neto Actual) dio positivo (\$ 321.569.778) y por lo tanto se cumple con la tasa de interés esperada por los inversionistas y, una TIR (Tasa Interna de Retorno) del 20,9 % lo cual representa flujos de caja positivos vs la inversión total.

7.6 Costo/Beneficio de la solución Indoor para Movistar

Costo / Beneficio Comercial: Con la inversión de la solución de Femtoceldas, Movistar se beneficia ya que, por una parte, disminuye el Churn evitando que clientes corporativos como CenturyLink cambien de operador como consecuencia de la prestación de un mal servicio. Adicionalmente esta solución le permitirá a Movistar fidelizar sus clientes y generar oportunidades de nuevos modelos de negocio, como los que se ven en Europa, donde atraen usuarios corporativos o particulares que estén interesados en servicios empaquetados y de valor agregado con soluciones de Femtoceldas (por ejemplo hacer llamadas gratis estando bajo cobertura de Femtoceldas) que les permita hacer uso de atractivos planes económicos y tarifas.

Costo / Beneficio Económico: La instalación de femtoceldas generan ahorro en CAPEX para los operadores móviles, ya que se evitan costos de instalación de nuevas estaciones base con macroceldas y ahorro en costos de instalación de redes de transmisión, ya que las Femtoceldas se integran al CORE del operador a través de conexiones ADSL ya existentes, ahorrándole al operador móvil altos costos de operación (OPEX) de su red de transmisión (backhaul) y en consumo eléctrico. De igual manera, al cursar más tráfico por la red móvil de Movistar, van a obtener un ingreso medio mensual por cliente (ARPU) mucho más alto.

Costo/Beneficio en Capacity Planning: Con el uso de femtoceldas se liberan recursos en las redes móviles, al disminuir el tráfico de las redes celulares externas, lo que incrementa la calidad de las comunicaciones de Movistar.

8. Gobierno de la Implementación

Para la implementación de la solución indoor con Femtoceldas, se dispone de un Gerente de Proyectos con disponibilidad del 100% a este proyecto con el fin de asegurar su éxito, haciendo que todo el equipo administrativo y técnico cumpla con la estrategia y objetivos propuestos a Movistar.

8.1 Estrategia

Optimizar la arquitectura de red celular de Movistar en ambientes confinados, especialmente en el sitio piloto de Telepuerto Suba de CenturyLink, para mejorar la cobertura de sus usuarios que usan líneas móviles corporativas con este operador móvil y que permita el cumplimiento de la misión de Movistar que vela por la óptima satisfacción de sus clientes.

8.2 Táctica

Estudiar diferentes soluciones de red celular “indoor” y escoger la mejor opción para integrarla a la red Core del cliente Movistar, basados en un estudio previo de mediciones de cobertura y calidad de las señales 3G al interior de CenturyLink.

8.3 Smart

Seleccionar la mejor solución de red celular “indoor” para remediar los problemas de disponibilidad, cobertura y mejorar la calidad del servicio de voz de los usuarios móviles de

Movistar que permanecen o visitan la oficina de CenturyLink ubicada en Telepuerto Suba, basados en el marco de referencia TOGAF, con metodología ADM.

Figura 19. Visión de Arquitectura de Movistar- SMART

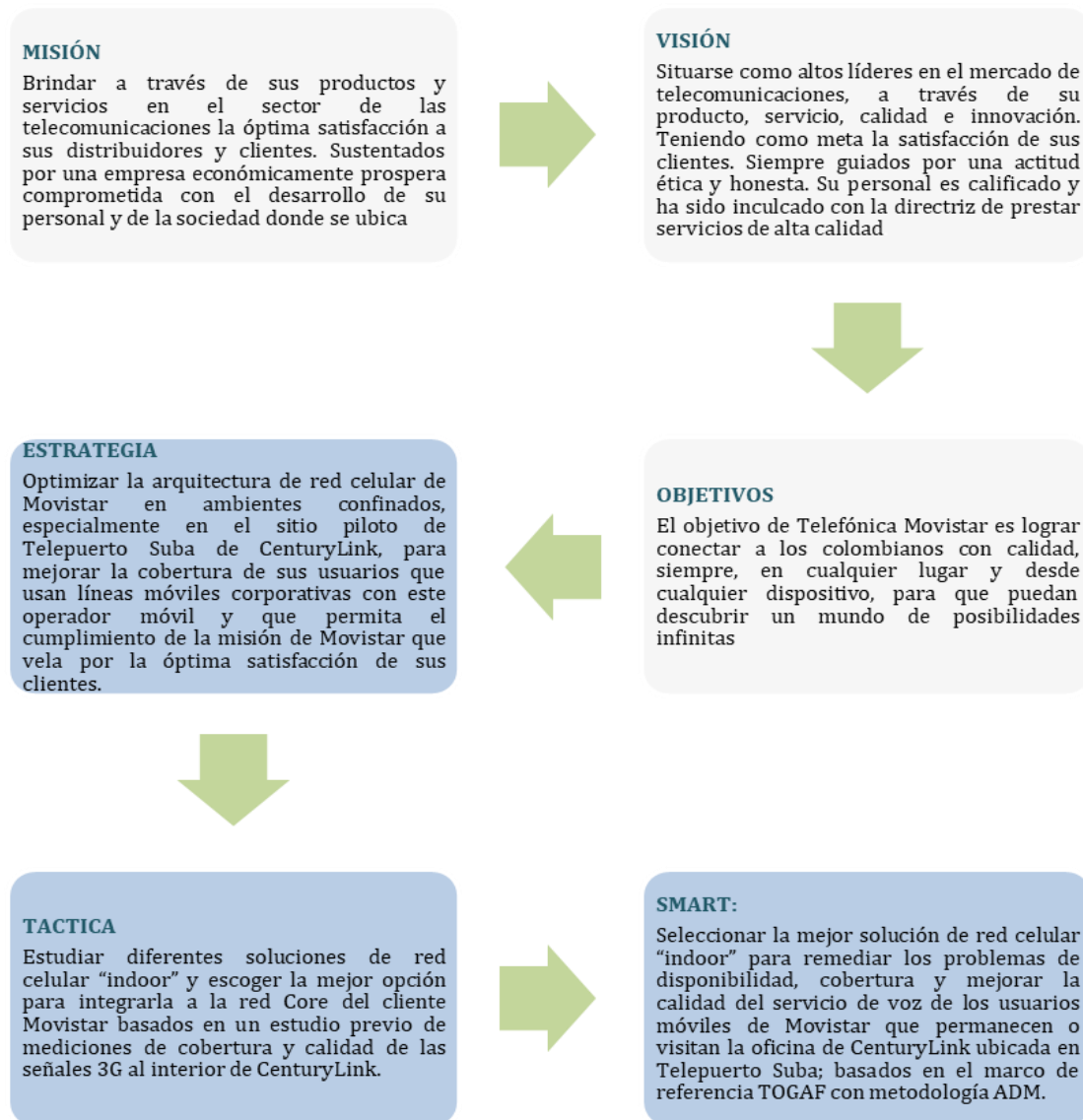


Figura 19. Flujo con la estrategia y táctica con la que se va a alcanzar el objetivo del proyecto (SMART). Elaboración propia. García M, Montaña J, Victorino F, *Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink- Telepuerto*, Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, facultad de ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

9. Gestión de la Arquitectura

Como se ha venido indicando, las femtoceldas son un punto de acceso para servicios de voz y datos conectados a un canal de Internet de banda ancha que se localiza en el interior de una localidad, sea una oficina, hogar o lugares confinados, para dar cobertura a esta zona donde los usuarios puedan usar su celular para realizar y recibir llamadas y gozar de todos los beneficios que tienen con su operador ya contratado.

En el caso de la oficina de CenturyLink ubicada en Telepuerto Suba, se espera que esta solución indoor con femtoceldas mejore los problemas presentados a nivel de cobertura y calidad de la señal 3G de Movistar al interior de la sede y aliviane la red actual de Macroceldas. Para esto es necesario que el Gerente del proyecto, junto a todo el equipo técnico, cumplan con los requerimientos o pasos ya definidos para la correcta implementación de la solución indoor y de todo el proyecto en general. Para esto, es necesario gestionar cada cambio de la solución para que exista una coexistencia y complemento de ambas arquitecturas de red móvil (Femtoceldas y Macroceldas). (Ver Figura 20. Gestión de Arquitectura)

Figura 20. Gestión de Arquitectura

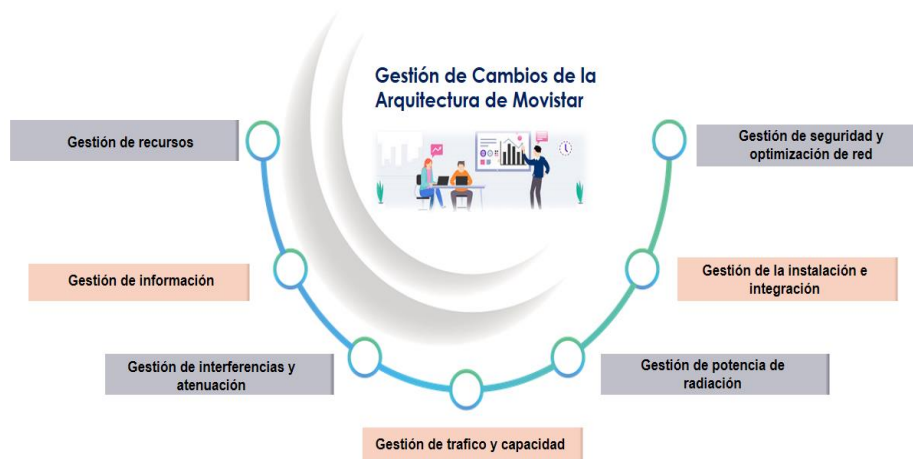


Figura 20. Diagrama con las fases de gestión de cambios de la arquitectura de Movistar. Elaboración propia. García M, Montaña J, Victorino F, *Solución indoor para optimizar el servicio de voz móvil de Movistar dentro de las instalaciones de la empresa Centurylink- Telepuerto*, Trabajo de Proyecto Dirigido, Universidad Santo Tomás, facultad de ingeniería - programa de Especialización en Gerencia de Proyectos de Telecomunicaciones, Bogotá D.C. 2019.

10. Conclusiones

El grado de madurez que hoy en día presentan las tecnologías 3G de los operadores móviles celulares del mundo han generado nuevas limitantes y problemas de cobertura y calidad en los servicios de voz y Datos, que han sabido ser bien aprovechadas por profesionales y compañías del sector en el mundo para transformarlas en nuevas oportunidades de negocio y crear nuevas soluciones indoor que hoy en día están siendo instaladas en diferentes tipos de edificios (empresas, hogares, centros comerciales, estadios, sistemas de transporte, etc.), buscando mitigarlos y al mismo tiempo liberando carga en la señal 3G y capacidad la red de las Macroceldas de los nodos externos.

El servicio de voz 3G del operador móvil Movistar en la sede de CenturyLink Telepuerto Suba se ha visto limitado debido a la alta interferencia presentada al interior de las instalaciones y a los malos niveles de cobertura de la señal móvil, por lo que se propone implementar una solución celular indoor, con el fin de dar solución a esta problemática.

Para poder determinar la viabilidad de la solución indoor a ofrecer, la metodología TOGAF permitió estudiar el modelo estratégico de negocio de Movistar Colombia, con el fin de analizar si sus arquitecturas de negocio, de datos y aplicación y su arquitectura tecnológica, podrían acomodarse para adicionarle un portafolio de negocio basado en soluciones indoor de telefonía celular. Se encontró que esta solución es perfectamente adaptable a la estructura organizacional de Movistar Colombia, mas ahora cuando sus soluciones se están orientando al individuo, abandonando la idea de ofrecer soluciones de tipo masivo.

En el presente trabajo se estudiaron y compararon 3 tecnologías de cobertura indoor, basándose en las ventajas técnicas, sociales, económicas y de diseño que cada solución presentaba, concluyéndose de esta manera que la solución basada en femtoceldas era la más acertada para ser implementada en Telepuerto Suba, dado su bajo costo, su flexibilidad de implementación y los altos niveles de cobertura en este tipo de ambientes y baja interferencia que presenta, dadas las dimensiones del lugar.

Se estudiaron los componentes de la solución y con base en esto, se analizó el caso de la sede de Telepuerto Suba, en la cual se tenía un conjunto de oficinas y lugares con problemas de cobertura (nivel RSCP > -85 dBm y EcNo > -10 dB) que impedían la comunicación de voz. Tras este análisis y con base en las pruebas e investigación técnica realizadas, se llegó a la conclusión de que la solución basada en femtoceldas permite solucionar los problemas identificados, de una manera rápida y eficaz y sin necesidad de usar otras soluciones como DAS, las cuales conllevan una inversión superior en tiempo y dinero.

La Ubicación de las femtoceldas en Telepuerto suba fue realizada a partir del diseño de distribución y análisis espectral, realizado para determinar cuáles son las zonas con mayor deficiencia en cobertura y calidad de señal, así como teniendo en cuenta la concurrencia de usuarios.

Luego del estudio técnico y económico realizado en el presente trabajo, se considera que la implementación de una red indoor con femtoceldas es una solución viable para las optimizaciones

de cobertura celular indoor, con un área de alrededor de 120 metros cuadrados, con capacidad de hasta 32 usuarios simultáneos por femtocelda, con servicios de voz y/o datos.

Se concluye que el uso de femtoceldas es la mejor solución para mejorar y fortalecer la infraestructura de red de Movistar en el Telepuerto de CenturyLink en Suba, lo que permitirá mejorar considerablemente la emisión y recepción de llamadas para los usuarios que trabajan y visitan este lugar, así como servir de modelo de referencia para ser ofrecido a otras empresas u oficinas que presenten la misma problemática.

Se concluye adicionalmente que, si este tipo de soluciones que utilizan pequeñas celdas integradas de forma coordinada a una capa macro mejorada y densificada, se logra alcanzar un rendimiento superior de cobertura y calidad. Como resultado, a medida que las redes se vuelven más heterogéneas, ciertos mecanismos serán necesarios para asegurar una experiencia del usuario sin fisuras, con una red robusta y mayor capacidad de gestión.

En todo proyecto es muy importante realizar una evaluación financiera que incluya todos los costos y gastos operacionales del proyecto, junto a sus respectivos los costos financieros e impuestos de renta, ya que son los factores con los que se puede determinar la Utilidad Liquida y el Precio de Venta del proyecto, de forma que se pueda ver si el proyecto es rentable a partir de indicadores financieros como el ROE, VNA y la TIR.

El proyecto de solución Indoor con femtoceldas presentado en este trabajo es viable, ya que el precio de venta es de **\$ 260.000.000** dando una utilidad neta de \$19.747.317 que, en relación con

la inversión inicial de \$150.000.000, arroja un ROE del 13,16% superior al 12% esperado por los inversionistas. Así mismo el VNA, al ser positivo y la TIR del 20,9%, se puede concluir que se cumple con la tasa de interés esperada por los inversionistas.

11. Glosario

3GPP (Third Generation Partnership Project): Es una organización mundial de comunicaciones inalámbricas que desarrolla estándares o especificaciones, en colaboración para arquitecturas de radiocomunicaciones, redes centrales y servicios. (5G Americas, 2019).

ADM (Architecture Development Method): Es una herramienta probada y avalada para desarrollar arquitecturas. Este framework se basa en el desarrollo cíclico e iterativo de las definiciones de la arquitectura planteada, las cuales permiten modelar los procesos de la empresa de manera controlada, siempre respondiendo a los objetivos del negocio, manteniendo siempre que cada fase autoabastece a las demás para así certificar y garantizar que el modelo no tendrá inconsistencias al momento de su implementación. (Arizabaleta & Ávila, 2012).

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line): Tecnología de transmisión de ancho de banda que permite transportar comunicaciones de hasta 2 Mbit/s. (Telefónica S.A., Informe Anual 2002, 2002, pág. 76).

ARPU (Average Revenue Per User): Ingreso medio mensual por cliente y mes del negocio de telefonía móvil. Incluye ingresos por cuota de conexión, cuota de abono mensual, tráfico, ingresos de roaming saliente e ingresos de interconexión. (Telefónica S.A., Informe Anual 2002, 2002. p. 76).

BBU (Base Band unit): Es la unidad que realiza el procesamiento en banda base del nodo B, dejando la parte de RF a la RRU. (Fernández, 2010).

BACKHAUL (Red de retorno): Conexión entre computadoras u otros equipos de Telecomunicaciones, encargados de hacer circular la información. Los backhaul conectan redes de datos, redes de telefonía celular y constituyen una estructura fundamental de las redes de comunicación. Un backhaul es usado para interconectar redes entre sí utilizando diferentes tipos de tecnologías alámbricas o inalámbricas (Raguilar, 2012).

BSS (Business Support System): Es un sistema que apoya y gestiona información de varias funciones de telecomunicación como facturar, almacenamiento de datos, cuidado del cliente, administración de sistema, y cuentas por recibir. (PURC, 2001).

BTS (Base Transceiver Station): Las estaciones base de telefonía móvil son radios bidireccionales multicanal de baja potencia, es decir, emiten y reciben varias señales a la vez. Las Estaciones Base cubren un área de terreno conocido como “celda”. Las celdas son más grandes en terrenos llanos donde la señal no se ve interrumpida por obstáculos del terreno o edificios. Cuando una persona que está usando el móvil se traslada, la señal de radiofrecuencia pasa de una Estación Base a otra, permitiendo una comunicación continua. (GSMSPAIN, 1996 -2019).

CDMA (Code Division Multiple Access): Tipo de modulación usado principalmente en sistemas de telefonía móvil. (Telefónica S.A., Informe Anual 2002, 2002, pág. 76).

CHURN (Tasa de cancelación): Tasa de bajas en %, calculado como el número de bajas del período considerado entre el parque medio de dicho período. (Telefónica S.A., Informe Anual 2002, 2002, pág. 76).

HANDOVER: Se trata de la transferencia del servicio de una estación base a otra cuando la calidad del enlace es insuficiente. (Claver & Martinez, 2014).

HNB (Home Nodo B): El HNB o Home Node B se refiere al punto de acceso femtocelda. El HNB incorpora características de un Nodo B estándar. El equipo local del usuario se comporta como un nodo a través de la interfaz aérea (interfaz Uu) y esta se conecta a la red móvil a través de la red IP mediante la interfaz Iuh. El encargado de este traspaso es el HNB. (Oñate, 2014).

IMT 2000 (International Mobile Telecommunications-2000): Es el estándar global para la tercera generación de redes de comunicaciones inalámbricas 3G, definidas por un sistema de estándares de la Unión Internacional de Telecomunicaciones. IMT-2000 proporciona un marco para el acceso inalámbrico mundial uniendo los diversos sistemas de redes terrestres y satelitales. (Agencia Nacional del Espectro, Glosario, IMT, s.f.).

MACROCELDA: Radio de cobertura de 1.5 a 20 Km. Su aplicación fundamental es en carreteras y entornos rurales. (Escobar, 2010).

MICROCELDA: Radios de cobertura de 0.3 a 0.7 Km. Usadas para cubrir zonas determinadas de ciudades con elevada densidad de tráfico y penetración en interiores de edificios. (Escobar, 2010).

NODO B: Es la unidad de transmisión/recepción que permite la comunicación entre las radio celdas. Se encuentra en donde existe una BTS GSM para reducir los costos de implementación. (Guamán & Peñafiel, 2014).

OSS (Operations Support Systems): Es un sistema que procesa información de telecomunicaciones, la cual apoya varias funciones de administración como administración de red, control de inventario, mantenimiento, problema de reportaje de ticket, y provisión de servicio y vigilancia. (PURC, 2001).

RF: Radio Frequency: Frecuencias electromagnéticas de transmisión de radio. (PURC, 2001).

RRU (Remote Radio Unit): Es la unidad exterior responsable de la parte de radiofrecuencia que se conecta a las antenas, siendo necesario una RRU por sector. (Fernández, 2010).

RSCP (Receive 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. (Reyes, 2016).

RNC (Radio Network Controller): Es el elemento de la red responsable del control de los recursos radio bajo su dominio, es decir, de los nodos B conectados a él. Se encarga del control de carga y congestión de sus celdas y también ejecuta el control de admisión para nuevos usuarios. (Ccahuana, 2018).

SMALL CELLS: Son puntos de acceso de baja potencia los cuales operan en una banda licenciada para poder conectar dispositivos móviles estándar a la red móvil (3G/LTE) del operador, utilizando la conexión banda ancha disponible. (Vaca, 2015).

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System): Es una de las tecnologías usadas por los móviles de tercera generación (3G, también llamado W-CDMA), sucesora de GSM, debido a que la tecnología GSM propiamente dicha no podía seguir un camino evolutivo para llegar a brindar servicios considerados de Tercera Generación. (Agencia Nacional del Espectro, Glosario, UMTS, s.f.).

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access): (CDMA de Banda Ancha): Uno de los varios estándares propuestos para la tercera generación en inalámbricos. Esta tecnología es compatible con el GSM de la segunda generación. (PURC, 2001).

Bibliografía

Franco García, C. D. (2015). *Propuesta de Rediseño de procesos de Negocio de la Compañía de Tecnologías de la Información y la Comunicación Telefónica Colombia: Proceso de Gestión de Cambios Tecnológicos*. TRABAJO DE GRADO, UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, FACULTAD DE INGENIERÍA - PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS, Bogotá D.C. Recuperado el 25 de Mayo de 2019, de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2735/1/BPM%20-%20PROPUESTA%20DE%20REDISE%C3%91O%20DE%20PROCESOS%20DE%20NEGOCIO%20DE%20LA%20COMPA%C3%91%C3%8DA%20DE%20TECNOLOG%C3%8DAS%20DE%20LA%20INFORMACI%C3%93N%20Y%20LA%20COMUNICACI%C3%93N%20TELEF%C3%>

Zhang Jie & De la Roche Guillaume. (2010). *Femtocells Technologies and Deployment*.
University of Bedfordshire. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd. Recuperado el 22
de Junio de 2019

4G Americas. (01 de 2016). *Adopción Digital en Latinoamérica. El Rol del Despliegue de Infraestructura y Otras Políticas en la Región*. Recuperado el 15 de Junio de 2019, de http://www.5gamericas.org/files/6914/5255/6942/4G_Americas_White_Paper_-_Adopcion_digital_en_Latinoamerica_-_enero_2016.pdf

5G Americas. (2019). *Evolución de Tecnología 3GPP*. Recuperado el 15 de Junio de 2019, de <http://www.5gamericas.org/es/resources/technology-education/3gpp-technology-evolution/>

Agencia Nacional del Espectro. (02 de 01 de 2019). *Resolución 774 de 2018*. Recuperado el 10 de Mayo de 2019, de <https://www.ane.gov.co/index.php/informacion-de-interes/noticias/891-resolucion-774-de-2018>

Agencia Nacional del Espectro. (s.f.). *Glosario, IMT*. Recuperado el 15 de Junio de 2019, de Ane.gov.co: <https://www.ane.gov.co/index.php/informacion-de-interes/glosario>

Agencia Nacional del Espectro. (s.f.). *Glosario, UMTS*. Recuperado el 15 de Junio de 2019, de Ane.gov.co: <https://www.ane.gov.co/index.php/informacion-de-interes/glosario>

Agencia Nacional del Espectro. (s.f.). *Sistema de Monitoreo de Campos (SMC)*. Recuperado el 23 de Mayo de 2019, de <http://medicionantenas.ane.gov.co:82/#>

Ahmed, E., Peng Chen, W., Ito, A., & Din, Z. (12 de Junio de 2013). Adaptive small cell access of licensed and unlicensed bands. United States. Recuperado el 24 de Junio de 2019, de <https://www.fujitsu.com/ca/en/Images/Adaptive-Small-Cell-Access-of-Licensed-and-Unlicensed-Bands.pdf>

Americas, 5. (s.f.). *3GPP Technology Evolution*. Recuperado el 10 de Mayo de 2019, de <http://www.5gamerica.org/es/resources/technology-education/3gpp-technology-evolution/>

Anaya de Paz, M. (2005). *FEMTOCELDAS DE UMTS*. Tesis de Grado, Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Tecnología Electrónica y Comunicaciones, Madrid. Recuperado el 15 de Junio de 2019, de <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20120313MartaAnayaDePaz.pdf>

Arizabaleta, A., & Ávila, G. (2012). *ESPECIFICACIÓN DE UNA ARQUITECTURA EMPRESARIAL DE SOFTWARE UTILIZANDO EL FRAMEWORK TOGAF*.

Universidad EAN, Facultad de Ingeniería, Bogotá. Recuperado el 22 de Junio de 2019,

de

<https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/1622/AvilaGiovanny2012.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

BusinessCol.com. (s.f.). Obtenido de <http://businesscol.com/foros/index.php?topic=3809.0>

Ccahuana , J. (2018). *DISEÑO DE UNA RED MÓVIL COMPARTIDA PARA BRINDAR*

SERVICIOS DE TELEFONÍA MÓVIL EN ZONAS RURALES. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e ingeniería, Lima. Recuperado el 22 de 06 de 2019, de

http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13454/CCAHUANA_JAYME_JOYSI_JAEL_DISE%C3%91O_RED_MOVIL.pdf?sequence=1

Claver, M., & Martinez, J. (2014). *ANÁLISIS TÉCNICO-COMERCIAL, DE LA*

IMPLEMENTACIÓN DE ACCESOS WiFi COMO SOPORTE DE LAS REDES

MÓVILES. Universidad Argentina de la empresa, Facultad de Ingenieria y ciencias exactas. Recuperado el 15 de Junio de 2019, de

<https://repositorio.uade.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/2454/Claver.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Colombia Telecomunicaciones S.A. E.S.P. (2016). *Informe de Gestión Responsable 2016.*

Bogotá. Recuperado el 01 de Junio de 2019, de

<http://www.telefonica.co/documents/1285851/1328887/Informe+de+Gesti%C3%B3n+Responsable+2016+15032017+vl.pdf/49502b9c-cff5-4b6f-bdf4-b3bff42ecec8>

Comunicaciones. (31 de enero de 2010). *Relacion señal/Ruido y Funcion de Bessel y Regla de*

Carson. Recuperado el 15 de Mayo de 2019, de <http://comunicacion->

[unefa.blogspot.com/2010/01/funcion-de-bessel-y-regla-de-carson_3614.html](http://comunicacion-unefa.blogspot.com/2010/01/funcion-de-bessel-y-regla-de-carson_3614.html)

Congreso de la República. (09 de 06 de 2015). *Ley 1.753: Por La Cual Se Expide El Plan*

Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un Nuevo País”. Recuperado el 15 de Mayo de 2019, de

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Normograma/Ley%201753%20de%202015.pdf>

Deltour I, A. A. (23 de 03 de 2012). *Mobile Phone Use and Incidence of Glioma in the Nordic*

Countries 1979 - 2008. Recuperado el 25 de Mayo de 2019, de

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22249239>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (10 de 05 de 2019). *Censo*

Nacional de Poblacion y Vivenda 2018. Recuperado el 29 de Abril de 2019, de

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/cuantos-somos>

Diaz Rodriguez , N. S. (2011). *Diseño de una red de transmisión de acceso UMTS (UTRAN) con*

Radio Mobile. Recuperado el 14 de Junio de 2019, de Biblioteca de Ingeniería de la Universidad de Sevilla:

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11901/fichero/capitulo2.pdf>

Elliot P, T. M. (06 de 2010). *Mobile Phone Base Stations and Early Childhood Cancers:Case-*

Control Study. Recuperado el 05 de Junio de 2019, de <https://doi.org/10.1136/bmj.c3077>

Escobar, A. (2010). *ACCESO CELULAR EN ZONAS RURALES (CENTRO POBLADO*

LIMBANI) CON FEMTOCELDAS. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Lima. Recuperado el 15 de 06 de 2019, de

http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/9656/1/escobar_ca.pdf

Fernández, V. (2010). *“Ejemplo de diseño e implementación de una estación base GSM/UMTS”*.

Universidad Politecnica de Valencia, I.T. Telecomunicación (Sist. Electrónicos), Gandia.

Recuperado el 16 de 06 de 2019, de

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8972/memoria.pdf>

GSMSPAIN. (1996 -2019). *gsmspain.com: Definiciones*. Recuperado el 25 de Junio de 2019, de

<https://www.gsmspain.com/glosario/?palabra=BTS>

Guamán, P., & Peñafiel, A. (2014). *ANALISIS DE LA IMPLEMENTACION DE*

FEMTOCELDAS PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE UN OPERADOR MOVIL.

Universidad Politecnica Salesiana, Carrera de Ingenieria Electronica, Cuenca.

Recuperado el 15 de Junio de 2019, de

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8430/1/UPS-CT004938.pdf>

Huidobro, J. M. (06 de 2009). Femtoceldas, una Solución de Futuro. *Antena de*

Telecomunicación. Recuperado el 15 de Junio de 2019, de

https://www2.coitt.es/res/revistas/15_Telefonia_MN3.pdf

Huidobro, J. M. (11 de 2013). *Redes heterogéneas*. Recuperado el 15 de Junio de 2019, de

<https://www2.coitt.es/res/revistas/11a%20Redes.pdf>

Jayo, Maricela Alzamora. (2016). *Diseño e Implementación de una red Indoor Basada en*

femtoceldas para una Agencia de Viajes en Miraflores. Pontificia Universidad Católica

del Perú, Lima. Recuperado el 15 de Junio de 2019, de

<http://hdl.handle.net/20.500.12404/7055>

Julca Herrera, D. J. (2013). *DISEÑO DE UNA RED SINGLE RAN PARA LA PROVINCIA DE*

CHOTA EN EL DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA. Universidad Nacional de

Ingeniería, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Lima. Recuperado el 26 de

Mayo de 2019, de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1971/1/julca_hd.pdf

MARIOZAN92. (10 de Noviembre de 2015). *Arquitectura Empresarial*. Recuperado el 05 de

Junio de 2019, de Definición de Arquitectura y de Esquema de Arquitectura:

<https://chae201521701014974.wordpress.com/2015/11/10/esquema-de-ae-togaf/>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2015). *Guía para la gestión de las DTS en la*

promoción de la salud relacionada con la exposición a los campos electromagnéticos

generados por la telefonía móvil. Ministerio de Salud y Protección Social, Bogotá D.C.

Recuperado el 15 de Junio de 2019, de

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/gestion-dts-campos-electromagneticos-telefonía-movil.pdf>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2016). *Guía para la Gestión de las DTS en la*

Promoción de la Salud Relacionada con la Exposición de los Campos Electromagnéticos

Generados por la Telefonía Movil. Bogotá D.C. Recuperado el 26 de Mayo de 2019, de

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/gestion-dts-campos-electromagneticos-telefonía-movil.pdf>

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2018). *Boletín Trimestral*

de las TIC - Cifras Segundo trimestre de 2018. Bogotá D.C.: MINTIC. Recuperado el 10

de Mayo de 2019

MinTIC. (s.f.). Obtenido de CRC: <https://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-4033.html>

MINTIC. (2015). *Proceso de selección objetiva para asignación de espectro radioeléctrico en*

las bandas 700 MHz (Dividendo Digital), 900 MHz, 1.900 MHz y 2.500 MHz para

servicios móviles terrestres. Documento de consulta pública, Bogotá D.C. Recuperado el

25 de Junio de 2019, de [https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-](https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-9490_recurso_1.pdf)

[9490_recurso_1.pdf](https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-9490_recurso_1.pdf)

- MinTic. (11 de 01 de 2019). *Agencia Nacional del Espectro (ANE)*. Recuperado el 29 de Mayo de 2019, de <https://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-propertyvalue-6179.html>
- Movistar. (2014). *PLAN DE VENTAS MOVISTAR - INFORME EJECUTIVO*. Mercadeo y Publicidad, Bogotá D.C. Recuperado el 27 de Mayo de 2019, de https://issuu.com/davidcorhguisao/docs/informe_ejecutivo_plan_de_ventas_mo
- Movistar Colombia. (2019). *Cobertura y Calidad*. Recuperado el 12 de 04 de 2019, de <http://www.movistar.co/web/portal-col/atencion-cliente/cobertura-tecnologia>
- Movistar. (s.f.). *Conoce la cobertura fija de Movistar*. Recuperado el 15 de Junio de 2019, de http://atencionalcliente.movistar.co/Cobertura_Movistar/
- Munday, L. C. (30 de Dic de 2015). *La gestion por procesos*. Recuperado el 15 de 06 de 2019, de <https://gestionprocesosblog.wordpress.com/2015/12/30/arquitectura-empresarial/>
- Oñate, L. (2014). *Estudio e investigación de las Femto Celdas para aumentar la cobertura y capacidad de las redes móviles*. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación técnica para el desarrollo, Guayaquil. Recuperado el 25 de Junio de 2019, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1818/1/T-UCSG-PRE-TEC-ITEL-56.pdf>
- PURC. (2001). *TERMINOS TECNICOS DE TELECOMUNICACIONES*. Miami,EU. Recuperado el 22 de Junio de 2019, de http://bear.warrington.ufl.edu/centers/purc/docs/papers/sp_02.pdf
- Raguilar. (2012). *Scribd.com: Definiciones-Back-Haul-xPON-Etc*. Recuperado el 25 de Junio de 2019, de <https://es.scribd.com/doc/86417437/Definiciones-Back-Haul-xPON-Etc>
- Reyes, K. A. (2016). *Implementación de guías de laboratorio para realizar mediciones y análisis de eventos en la banda de 850 Mhz de la tecnología WCDMA*. Universidad

- Nacional de Ingenieria, Facultad de electrotecnia y computación, Managua. Recuperado el 15 de 06 de 2019, de <http://ribuni.uni.edu.ni/1274/1/80609.pdf>
- TelecomHall ES. (12 de 04 de 2011). *¿Qué es Ec/Io (y Eb/No)?* Recuperado el 19 de Abril de 2019, de <http://www.telecomhall.com/ES/que-es-ecio-y-ebno.aspx>
- Telefónica. (2016). *Informe Integrado 2016*. Madrid. Recuperado el 18 de Mayo de 2019, de https://www.telefonica.com/documents/153952/13347843/Informe_integrado_2016_capitulo5_es.pdf/4541392b-bfa3-4912-9f3b-beaca77cb032
- Telefonica. (2018). *Acerca de Telefonica*. Recuperado el 27 de Mayo de 2019, de https://www.telefonica.com/es/web/about_telefonica/donde_estamos/colombia
- Telefonica. (2018). *Pagina Web Telefonica: ¿Quienes Somos?* Recuperado el 17 de Mayo de 2019, de https://www.telefonica.com/es/web/about_telefonica/quienes_somos
- Telefonica. (s.f.). *Hitos y Objetivos*. Recuperado el 22 de 06 de 2019, de <https://www.telefonica.com/es/web/negocio-responsable/nuestros-compromisos/hitos-y-objetivos>
- Telefónica S.A. (2002). *Glosario, ARPU*. Recuperado el 15 de Junio de 2019, de https://www.telefonica.com/documents/153952/13347843/2002_glosario.pdf
- Telefónica S.A. (2002). *Informe Anual 2002*. Recuperado el 15 de Junio de 2019, de https://www.telefonica.com/documents/153952/13347843/2002_glosario.pdf
- Temas tecnologicos.com*. (s.f.). Obtenido de Redes Móviles: <https://www.temastecnologicos.com/redes-moviles/elementos/>
- Ulf, L. (2011). *“In-Building Mobile Coverage Systems and Deployment”*. Commscope. Recuperado el 10 de Junio de 2019

Vaca, J. A. (2015). *Evaluación de la tecnología Small Cells en una red de última generación*

3G/LTE. Universidad San Francisco de Quito, Quito. Recuperado el 15 de 06 de 2019, de

<https://core.ac.uk/download/pdf/147378604.pdf>