

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

SISTEMA DISTRIBUIDO DE ANTENAS (DAS) – SOLUCION IN-BUILDING MULTIOPERADOR CAMPUS UADE

Fabroni, Matias Francisco – LU1011060

Ingeniería en Telecomunicaciones

Neri, Damian Alija – LU1012257

Ingeniería en Telecomunicaciones

Tutor:

Ing. Bruno, Marcelo, Globo Group SA

Co-Tutor:

Ing. Tropeano, Francisco, Fundación UADE

Diciembre 10, 2018



**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño e implementación de un sistema de mejora de cobertura de telefonía móvil para edificios.

La alta demanda de servicios de datos y voz es creciente, día a día se suman más servicios sobre la red global de internet, siendo los teléfonos móviles hoy el principal medio de acceso. Esta demanda es creciente y por lo tanto es mandatorio disponer de una red móvil accesible, veloz y de alta disponibilidad.

Hoy en día, los operadores móviles deben dar cobertura celular tanto en la calle como en interiores, siendo una problemática común que en interiores la cobertura y calidad del servicio se vea empobrecida. Para solucionar esta problemática una solución posible es la instalación de sistemas irradiantes de antenas dentro de oficinas, casas o edificios. En espacios públicos con grandes volúmenes de personas donde se comparten dentro de un mismo espacio físico usuarios de diferentes operadores (ej. Shoppings, Estadios o Universidades), cada operador deberá instalar su propio sistema irradiante. Si por X cantidad de operadores, se necesitan Y cantidad de sistemas irradiantes, se estarían mal gastando recursos que podrían ser optimizados si son correctamente administrados.

Proponemos para esta problemática un tipo de solución de cobertura llamada iDAS (In-building Distributed Antenna System) con un único sistema irradiante de antenas, simplificando tareas de mantenimiento, gestión, minimizando intervenciones e interferencias, mejorando la accesibilidad y calidad de servicio.

En particular para este desarrollo se tomará como caso testigo el Campus principal de la Universidad Argentina de la Empresa. Se analizará ediliciamente y se hará una propuesta técnica en consecuencia, con el objeto de realizar la mejor propuesta de optimización de cobertura para maximizar la experiencia de usuario y utilidades del operador.

La innovación de este proyecto reside en un modelo de negocios óptimo, con altísima reducción de costos por operador en un marco comercial aun no desarrollado, poco explorado y prácticamente nulo en nuestro en país.

El desarrollo de este documento contendrá un estudio profundo de ingeniería para evaluar la factibilidad técnica y el modelo comercial del negocio a desarrollar para determinar la viabilidad del proyecto. Se analizará la conveniencia de la solución para los stakeholders involucrados, operadores móviles, implementadores, propietarios y usuarios.

ABSTRACT

The objective of this project is the design and implementation of a mobile telephone coverage improvement system for buildings.

The high demand for data and voice services is increasing, day by day more services are added over the global internet network, with mobile phones being the main means of access today. This demand is growing and therefore it is mandatory to have an accessible, fast and resilient mobile network.

Today, mobile operators must provide cellular coverage both on outdoor and indoor environments, have a common problem that indoor coverage and quality of service is impoverished. To solve this problem, a possible solution is the installation of irradiating antenna systems inside offices, houses or buildings. In high demand and public sectors where different users (i.e. Shoppings, Stadiums or Universities) share the same physical space, each operator must install their own irradiating system. If for X number of operators, Y amount of irradiating systems is needed, it would be bad spending resources that could be optimized if they are properly managed.

We propose for this problem a type of coverage solution called iDAS (In-building Distributed Antenna System) with a single radiating antenna system, simplifying maintenance tasks, management, minimizing interventions and interference, improving accessibility and quality of service.

For this development, the main campus of the Universidad Argentina de la Empresa will be taken as a witness case. It will be analyzed the building and environment conditions and a technical proposal will be made accordingly, to make the best proposal of optimization of coverage to maximize the user experience and utilities of the operator.

The innovation of this project lies in an optimal business model, with very high cost reduction per operator in a commercial framework that has not yet been developed, little explored and just starting to be deployed in our country.

The development of this document will contain an in-depth engineering study to evaluate the technical feasibility and the business model of the business to be developed to determine the feasibility of the project. The aim is analyze the suitability of the solution for the stakeholders involved, mobile operators, implementers, owners and users.

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a todo el cuerpo directivo de la Universidad y en particular del departamento de Ingeniería que nos ha dado un enorme apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

En segundo lugar, agradecer a todo el cuerpo de profesores de la cátedra de Ingeniería en Telecomunicaciones que nos acompañó y nos aportó su punto de vista para enriquecer el contenido de esta Tesis.

En tercer lugar, agradecer a nuestra familia que nos ha dado su continuo apoyo en los momentos en los que las responsabilidades hacían difícil darle continuidad a este trabajo.

Además, agradecer a todos nuestros compañeros de curso que siempre hicieron amena el transcurso de las materias cursadas.

Finalmente, a nuestros hijos que nos dieron la fuerza para seguir adelante y tomar la responsabilidad de finalizar este trabajo.

Matías Fabroni

Damian Neri

Índice de Contenidos

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA.....	1
.....	1
SISTEMA DISTRIBUIDO DE ANTENAS (DAS) – SOLUCION IN-BUILDING	
MULTIOPERADOR CAMPUS UADE	1
Fabroni, Matias Francisco – LU1011060.....	1
Ingeniería en Telecomunicaciones	1
Neri, Damian Alija – LU1012257	1
Ingeniería en Telecomunicaciones	1
CAPITULO I.....	13
1.1 Introducción.....	13
1.2 Situación Problemática	14
1.3 Solución/Objetivos	15
1.4 Alcance	16
1.5 Stakeholders.....	16
CAPITULO II.....	18
2. Antecedentes	18
2.1 Arte Previo.....	18
2.2 Estado del Arte	20
CAPITULO III	24
3.1 Marco Regulatorio	24
CAPITULO IV	30
4. Desarrollo del Proyecto Técnico	30
4.1 Supuestos y premisas.....	30
4.2 Introducción sistema multioperador (DAS)	31
4.2.1 Componentes pasivos	34
4.2.1.1 Cable Coaxial:	34
4.2.1.2 Splitter:	34
4.2.1.3 Acopladores Direccionales:.....	36
4.2.1.4 Atenuadores:.....	37
4.2.2 Componentes Activos	38
4.2.2.1 Main Unit (MU):	39
4.2.2.2 Expansion Unit (EU):.....	39
4.2.2.3 Remote Unit (RU):.....	39
4.2.2.4 Base-station Interface Unit:	39
4.2.2.5 Optic Distribution Unit (ODU):.....	43
4.2.2.6 High-Power Remote Unit (HROU):	45
4.2.2.7 DAS Management System.....	48
4.3 Infraestructura del lugar	48
4.4 Estado de la cobertura actual.....	52
CAPITULO V	89
5 Análisis Financiero.....	89
5.1 Análisis FODA	89
5.2 Modelo de Negocio	90
5.2.1 Modelo desarrollado por las Operadoras Móviles	90
5.2.2 Modelo Desarrollado por el Propietario del Edificio	91

5.2.3 Modelo Desarrollado por un Tercero o Neutral Host.....	91
5.3 Costos	92
5.4 Inversión Inicial y Financiación	95
5.5 Ingresos	95
5.6 Ganancia Estimada	96
5.7 Indicadores Financieros.....	98
5.7.1 VAN – Valor Acumulado Neto	98
5.7.2 - TIR – Tasa Interna de Retorno.....	98
5.7.3 <i>Payback</i> – Repago.....	100
CAPITULO VI.....	102
6. Conclusiones	102
Desafíos a futuro	103
Bibliografía.....	104
ANEXO A	105
Análisis de Enacom de Líneas Móviles en Argentina.....	105
Market Share Por Operador.....	105
Cotización de Referencia de Materiales y mano de Obra	106
ANEXO B	107
Plots de Cobertura	107

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representación de Sistema DAS básico	21
Figura 2: Esquema típico de un Sistema DAS básico.....	31
Figura 3: Sistema DAS pasivo vs DAS activo.....	32
Figura 4: Dibujo de splitters de 2, 3 y 4 puertos	35
Figura 5: Ejemplo de cálculo de potencias en un splitter.....	36
Figura 6: Dibujo de un acoplador direccional o Tap. (1) Puerto Entrada. (2) Puerto de Salida “No atenuado”. (3) Puerto de Salida Atenuado.....	36
Figura 7: Ejemplo de distribución de splitter y taps.	37
Figura 8: Ilustración de Atenuador	38
Figura 9: Esquema estándar de un sistema DAS activo genérico.	38
Figura 10: Vista frontal de BIU Solid.....	40
Figura 11: Vista frontal en perspectiva de BIU y dimensiones.....	41
Figura 12: Vista posterior de BIU con sus interfaces de conexión.....	41
Figura 13: Arreglo de atenuadores o “DAS Tray” vs MDBU Solid.....	42
Figura 14: Representación de MCPU.....	42
Figura 15: Representación de MCDU.....	43
Figura 16: Representación de la vista frontal y posterior de ODU.....	43
Figura 17: Representación de la vista frontal, posterior y perspectiva del módulo óptico.....	44
Figura 18: Representación real de una conexión entre BIU y ODU.....	44
Figura 19: Representación de Remota Solid High Power.....	45
Figura 20: Representación de Remote Power Supply Unit Common.....	46
Figura 21: Representación de módulo ROPTIC.....	46
Figura 22: Representación de módulo RCPU.....	47
Figura 23: Representación de módulo HRDU.....	47
Figura 24: Esquema de conexión interno entre HRDU. CU (Coupler Unit) representa el combinador. CPL es un puerto de prueba y ANT es la salida.....	47

Figura 25: Vista frontal y posterior de sistema DMS.	48
Figura 26: Mapa de ubicación de UADE.	49
Figura 27: Plano de primer piso del Campus UADE.	50
Figura 28: Captura de pantalla de software Walktour.	52
Figura 29: Cantidad de sectores vs Capacidad Máxima.	66
Figura 30: Captura de pantalla de las propiedades del concreto pesado en Ibwave.	68
Figura 31: Captura de pantalla de las propiedades del concreto liviano en Ibwave.	69
Figura 32: Captura de pantalla de las propiedades del vidrio en Ibwave.	69
Figura 33: Vista en planta del piso 1 con materiales asignados.	70
Figura 34: Vista en tres dimensiones del piso 1 creado en Ibwave.	71
Figura 35: Archivo provisto por Solid para Argentina.	71
Figura 36: Captura de pantalla en Ibwave de los componentes Solid importados.	72
Figura 37: Ejemplo de patrón de radiación de antena omni genérica en Ibwave.	73
Figura 38: Captura de pantalla del diseño en Ibwave para planta baja, piso 1 y 2.	75
Figura 39: Captura de pantalla del vista en planta de Ibwave para el piso 1.	76
Figura 40: Vista en detalle de la interconexión de las radio bases con el DAS.	77
Figura 41: Detalle de sistemas a instalar por operadora.	78
Figura 42: Representación de rayos utilizados en Fast Ray Tracing.	80
Figura 43: Predicción de cobertura Claro AWS RSRP.	81
Figura 44: Predicción de cobertura Claro AWS RSRQ.	82
Figura 45: Predicción de cobertura Claro AWS Best Server.	83
Figura 46: Predicción de cobertura Movistar 850 RSCP.	83
Figura 47: Predicción de cobertura Movistar 850 Ec/Io.	84
Figura 48: Predicción de cobertura Movistar 850 Best Server.	85
Figura 49: Listado de materiales del proyecto.	87
Figura 50: Representación de Valor Actual Neto.	99
Tabla 1: Diferencias DAS pasivo vs DAS activo.	32
Tabla 2: Tabla de atenuaciones entre puertos para Taps.	37
Tabla 3: Tabla de canales UARFCN.	53
Tabla 4: Tabla de canales EARFCN.	53
Tabla 5: Tabla referencial de parámetros de cobertura.	55
Tabla 6: Relevamiento de cobertura Movistar.	55
Tabla 7: Relevamiento de cobertura Personal.	56
Tabla 8: Relevamiento de cobertura Claro.	56
Tabla 9: Población UADE.	59
Tabla 10: Distribución por turnos de la población en UADE.	59
Tabla 11: Distribución según Market Share.	60
Tabla 12: Distribución de tráfico por tipo de usuario.	60
Tabla 13: Carga máxima por operadora.	60
Tabla 14: Canales necesarios por operador para GOS 2%.	61
Tabla 15: Canales 3G necesarios para cumplir con el tráfico de voz exigido.	61
Tabla 16: Espectro y canales 3G disponibles.	62
Tabla 17: Distribución de usuarios de datos por Market Share.	62
Tabla 18: Espectro y canales LTE disponibles.	63
Tabla 19: Resource Blocks definidos según 3GPP.	63
Tabla 20: MCS según 3GPP tabla 7.1.7.1-1 “3GPP ETSI TS 136 213 V12.4.0 (2015-02)”.	64
Tabla 21: Capacidad de transferencia de datos por canal LTE.	65
Tabla 22: Configuración espectral por sector y operador.	65
Tabla 23: Capacidad de transferencia de datos por canal LTE.	66
Tabla 24: Calculo de transferencia máxima por usuario con un 6% de simultaneidad.	67
Tabla 25: Sectorización del campus.	74
Tabla 26: Distribución de potencias en remotas.	78
Tabla 27: Link Budget Ibwave para ANT13-P1.	79

Tabla 28: Calculo de potencia a 9m de la antena ANT13-P1.	80
Tabla 29: Compliant report extraído de Ibwave para Claro AWS LTE.	86
Tabla 30 Hardware Activo\.....	93
Tabla 31 Hardware Pasivo	93
Tabla 32 Misceláneos	94
Tabla 33 Costo Total de Materiales	94
Tabla 34 Costo de Materiales y Mano de Obra.....	94
Tabla 35 Simulación de Préstamo.....	95
Tabla 36 Market Share por Operador	96
Tabla 37 - Flujos de Caja de Proyecto	97
Tabla 38 Tasa Interna de Retorno.....	99

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

1.1 Introducción

Desde que a principios del siglo XX comenzaron a desarrollarse las primeras comunicaciones radioeléctricas, desde entonces el desarrollo y evolución de las telecomunicaciones ha sido exponencial. Ese crecimiento ha sido impulsado por un hombre nacido para vivir en sociedad y estar en constante interacción con las personas que desea. Las telecomunicaciones le han permitido a la humanidad experimentar una nueva forma de comunicación no presencial que le permite mantenerse en contacto con sus seres queridos, colegas o colaboradores mientras se encuentra de viaje, en el trabajo, etc. Esto ha permitido que la sociedad evolucione, se encuentre más informada, sea más productiva, y las personas tomen mejores decisiones. Esta evolución comunicativa ha avanzado al punto tal de que cada persona pueda acceder a poseer un teléfono en su bolsillo, totalmente portátil y comunicarse con otra en cualquier rincón del mundo. Ya no es necesario esperar a llegar al trabajo o a casa para acceder a un dispositivo como una computadora personal para conectarse a internet o establecer una llamada desde un teléfono fijo. Esta necesidad del hombre de vivir en sociedad ha promovido el constante desarrollo de nuevas plataformas y generadores de contenidos como los blogs, redes sociales e internet en general. Miles de millones de personas se conectan diariamente para estar informados sobre lo que sucede alrededor del mundo y compartir sus propias vivencias y experiencias. Las comunicaciones fluyen, es posible disponer en todo lugar y en cualquier momento información instantánea. La generación de contenido avanza precipitosamente y los proveedores de servicios deben adecuar sus redes para poder cumplir con las expectativas de sus clientes.

Esto ha impulsado que en los últimos años las velocidades de las comunicaciones aumenten abismalmente. Las telcos deben mantenerse actualizadas con tecnologías innovadoras de vanguardia. La red mayormente desarrollada es internet y los móviles o smartphones se ha convertido hoy en el principal medio de acceso a la misma. Las personas trabajan y se comunican cotidianamente con sus teléfonos desde sus casas, en la calle, o en una oficina en el trabajo. Resulta importante destacar que aproximadamente el 70% de las

comunicaciones se generan en interiores. Por lo tanto, la cobertura móvil debe alcanzar estos ambientes.

1.2 Situación Problemática

Típicamente el despliegue de red de una operadora móvil es a través de antenas en torres o terrazas a la intemperie o en el exterior, para lograr alcanzar un ambiente cerrado las señales deben refractarse a través de paredes, ventanas, muebles o cualquier otro elemento entre el móvil y la antena emisora. Los centros urbanos crecen y evolucionan, estos obstáculos dificultan las comunicaciones y la cantidad de móviles en aumento agotan la capacidad.

Una posible solución sería aumentar la cantidad de antenas desplegadas, pero muchas veces esto es problemático porque no es posible adquirir permisos municipales o encontrar propietarios dispuestos a instalar antenas en su domicilio. Otra posibilidad sería aumentar las potencias de las celdas, pero las celdas próximas podrían interferirse además de incrementar el costo del hardware, además se aumenta la cobertura, pero no la capacidad, también se podría incurrir en problemas regulatorios por exposiciones radioeléctricas peligrosas.

Más allá de los desafíos tecnológicos que presenta poder brindar cobertura de comunicaciones inalámbricas como se detalla en este trabajo, también es importante detenerse en la problemática que se presenta en el caso particular que estamos analizando, el Campus Universitario, para entender como la tecnología es un habilitador para atraer nuevos alumnos, mejorar la calidad educativa y estimular la innovación en los programas de enseñanza.

Actualmente muchas de las universidades más reconocidas del mundo como Harvard u Oxford, entre otras, han adaptado tanto el desarrollo de las carreras como su contenido a lo que se denomina “Marketing de las Universidades”, donde la interacción con los alumnos a través de plataformas digitales, el relacionamiento institucional a través de redes sociales y el desarrollo de contenido digital pensado para las necesidades de cada grupo de alumnos son los principales motores para atraer y retener alumnos.

Sin perjuicio de que el presente trabajo se enfoque en el desarrollo tecnológico para poder brindar una plataforma de conectividad inalámbrica segura e igualitaria para los

proveedores de comunicaciones, es muy importante este punto ya que esta plataforma podrá ayudar en el desarrollo y distribución de contenidos digitales e interacción a través de plataformas sociales para que la Universidad pueda exponer sus diferenciales competitivos frente a otras instituciones de formación superior.

1.3 Solución/Objetivos

La optima solución sobre ambientes interiores, es el despliegue de equipamiento de telefonía móvil (radios y antenas) dentro de los edificios y a baja potencia. Sobre todo, en edificios muy grandes y de alta concurrencia que proveen grandes retornos a las empresas por el tráfico que generan, además de tener un impacto muy significativo sobre el rendimiento de la red. Esto permite maximizar la cobertura, ampliar la capacidad de transmisión de datos y mejorar la accesibilidad de las comunicaciones. En el caso de edificios altamente concurridos con usuarios dispersos de diferentes operadoras, cada empresa debería implementar su solución indoor. Los ejemplos más comunes serian Shoppings, Campus Universitarios, Estadios, Hospitales y eventos en general. Pues esto, significa multiplicar la cantidad de cables, antenas, contratos y mantenimiento por la cantidad de operadoras. Las soluciones indoor multioperador simplifican este problema, ya que permiten una solución abierta a todos los operados y tecnologías, reducir el mantenimiento e intervención, contratos únicos a largo plazo, reducción de costos y mejorar el servicio.

Nuestra solución iDAS tiene como objetivo satisfacer tanto las necesidades del usuario final como las del operador. Los sistemas iDAS brindan soluciones de cobertura donde la red macro de telefonía móvil no pueden penetrar por distintos motivos, ya sea por la infraestructura del edificio (muros, ventanas, espejos, columnas, etc.), lejanía de las celdas con el edificio, imposibilidad legal para el montaje de antenas o por falta de capacidad de la red. Las soluciones iDAS son diseñadas y ajustadas específicamente a la infraestructura del lugar donde se requiere dar cobertura.

iDAS permite acercar la señal al móvil optimizando la calidad de la misma permitiendo al usuario final mejorar su experiencia en redes sociales, streaming de video, acceso a los contenidos en la nube, etc.

1.4 Alcance

El alcance del proyecto implicará el relevamiento, ingeniería y propuesta comercial para el desarrollo de una solución iDAS multioperador. Se analizará exclusivamente la prefactibilidad Técnica-Económica de una solución de largo plazo para la cobertura de telefonía móvil en el interior del Campus Urbano de la Universidad Argentina de la Empresa (UADE) y a la congestión externa de los operadores, focalizado sobre las tecnologías 3G y 4G en las bandas 850/1900/AWS. Será diseñada para los tres operadores actuales de telefonía móvil en Argentina. Se evaluarán los modelos de negocios posibles para el desarrollo del proyecto.

1.5 Stakeholders

Operador Móvil: Es un beneficiario directo de la implementación de la solución, mejorará las estadísticas de acceso, podrá crecer en cantidad de clientes, facturación e imagen.

Universidad: Aquí se implementará la solución, y por lo tanto será beneficiada no solo por el rendimiento final, sino por que podrá arrendar el espacio físico que ocupe y obtener beneficios tanto técnicos en la comunicación como comerciales.

Desarrollador: Es el desarrollador o instalador de la solución, obtendrá beneficios por el diseño de ingeniería e implementación de la solución.

Usuarios: Es el consumidor final del servicio de telefonía móvil, quien demanda el servicio y de su satisfacción dependerá el éxito del proyecto.

CAPITULO II

ANTECEDENTES

CAPITULO II

2. Antecedentes

2.1 Arte Previo

Las tecnologías inalámbricas han tenido un gran auge y desarrollo en estos últimos años, sobresaliendo entre ellas la telefonía celular, que desde sus inicios a finales de los años setenta ha revolucionado enormemente las actividades que realizamos diariamente. Los teléfonos celulares se han convertido en una herramienta primordial para la gente común y de negocios, las hace sentir más seguras y las hace más productivas.

El índice de penetración de la telefonía móvil en Argentina ya ha superado con creces el 100% llegando a alcanzar 60 millones de líneas de telefonía móvil activas, es decir aproximadamente, 1,5 aparatos per cápita de acuerdo con datos del INDEC. Estos datos permiten estimar en nuestro país un volumen de más de 50 millones de teléfonos móviles considerando los datos de población censada.

La evolución de las comunicaciones móviles se ha desarrollado desde mediados del siglo XX. Este desarrollo se ha producido tanto en el número de usuarios que lo utilizan como en los equipos utilizados, que permiten cada vez una mayor cobertura y proporcionan un mayor número de servicios.

Como resultado de la evolución lógica de los diferentes sistemas de telecomunicaciones inalámbricas, surge entonces el reto de la convivencia entre ellos y no basta la interacción independiente de los mismos con la Red Telefónica Pública Conmutada. Así que se incrementan las exigencias de aspectos como personalización, globalización, movilidad sin transiciones, cubrimiento interior y exterior, capacidad, flexibilidad, funcionalidad e interoperabilidad, entre otros" surgiendo de esta forma un mayor énfasis en el concepto de "servicios", En el que pierden protagonismo los sistemas y las tecnologías, para dar respuesta a las demandas de los usuarios, cada vez más exigentes en cuanto a soluciones rápidas y nuevos servicios de valor agregado La telefonía inalámbrica se ha ido convirtiendo desde la década de los años noventa en algo cotidiano, en una relación comercial, en donde las empresas que brindan el servicio siempre

tratan de traer a nuestros mercados, nuevos y modernos productos que se usan actualmente, y que les permitan ganar más clientes y sobre todo mantenerlos dentro de su nómina de clientes.

La irrupción de la telefonía móvil digital y su rápida adopción en multitud de dispositivos electrónicos provocó que la ITU se movilizara para la creación de un estándar de requisitos mínimos que los servicios móviles deberían prestar bajo el concepto de “Telefonía Móvil de 3ra Generación” (3G). En el año 2000 son lanzados los servicios 3G al mundo por primera vez.

A posterior, en la década 2010 el 4G produjo una revolución con el desarrollo del LTE que en términos de los servicios se pueden brindar servicios como video en tiempo real, comunicaciones por video y hasta ver programas de televisión ya que permite llegar a velocidades de transmisión de 100 Mbps.

Con el paso del tiempo, la necesidad de estar cada vez más comunicados se hizo mayor, por lo que empresas y fabricantes relacionados al mundo de la telefonía se encuentran en una constante búsqueda por evolucionar y ofrecer cada vez mejores equipos y servicios.

Uno de los grandes impulsores de la evolución de las redes móviles han sido los fabricantes de dispositivos de usuarios que al ir incorporando nuevos servicios y mayores demandas de recursos hicieron que las redes tuvieran que desarrollar nuevas estrategias para hacer frente a estas nuevas necesidades.

Por ejemplo, comparando el rendimiento de las redes 3G y 4G podemos concluir que una descarga de datos de 20MB podría tardar 25 segundos en una red 4G contra 3 minutos en 3G. Cargar una imagen o foto circunstancial desde un celular en una red social en una red 4G tardaría aproximadamente 1 segundo contra 25 segundos en 3G. Si un usuario de la red móvil puede escuchar a su artista favorito en su celular en la Universidad o puede hacer streaming de video desde cualquier punto, hace que se incremente exponencialmente el uso de las redes móviles. Las diferencias entre la tercera y cuarta generación son enormes, el uso exhaustivo y alto rendimiento de las nuevas redes exigen altos estándares de servicio.

Por lo antes expuesto es que se presentan grandes desafíos en términos de como satisfacer las demandas de los usuarios que cada día adoptan nuevos servicios que hacen un uso intensivo de los recursos y obligan a los proveedores de tecnología a desarrollar nuevas estrategias para

dar más y mejor cobertura en ambientes cerrados cuando antes estaba limitado a comunicaciones primariamente móviles exteriores.

2.2 Estado del Arte

Una vez planteado el desafío que tienen los proveedores de comunicaciones móviles para dar cada vez más y mejor cobertura, tenemos que pensar de qué manera podemos hacer esto de manera inteligente ya que cuando pensamos en dar cobertura de varios proveedores en un sitio determinado, como la Universidad, tenemos que duplicar la infraestructura para cada uno de estos proveedores. Esto hace en muchos casos inviable la planificación, instalación y operación de estas redes.

En estos sitios como la Universidad a su vez trae varios conflictos a la institución ya que, al tener un público mayormente joven, la necesidad de estar conectados hace que los alumnos hasta se levanten de las clases para moverse a un sitio donde tengan cobertura.

Para sortear estas dificultades algunas Universidades han implementado sistemas distribuidos de antenas (DAS – Distributed Antenna Systems) como el que desarrollaremos en las siguientes secciones de la presente que permiten compartir la infraestructura de las redes móviles entre uno o más operadores reduciendo la necesidad de instalar equipamiento dentro del campus de la Universidad.

Estos sistemas permiten a la Universidad dar servicios a los alumnos para que puedan acceder a contenido en la nube, hacer video conferencias, etc. Haciendo que esto sea un diferencial que los alumnos tienen en cuenta a la hora de elegir donde cursar sus estudios Universitarios. Pero también integrar otros servicios tendientes a proteger a los alumnos permitiendo tener la posibilidad de realizar llamadas de emergencia desde cualquier punto como el ascensor y de comunicarse en casos de emergencia al personal de seguridad de la Universidad.

Esencialmente un DAS es un sistema distribuido de antenas para dar servicio inalámbrico dentro de un área determinada, en este caso el Campus de la Universidad. Los sistemas DAS

pueden admitir múltiples operadoras y plataformas multi-servicios como son 3G/4G utilizando la misma infraestructura física, como vemos en el siguiente esquema:

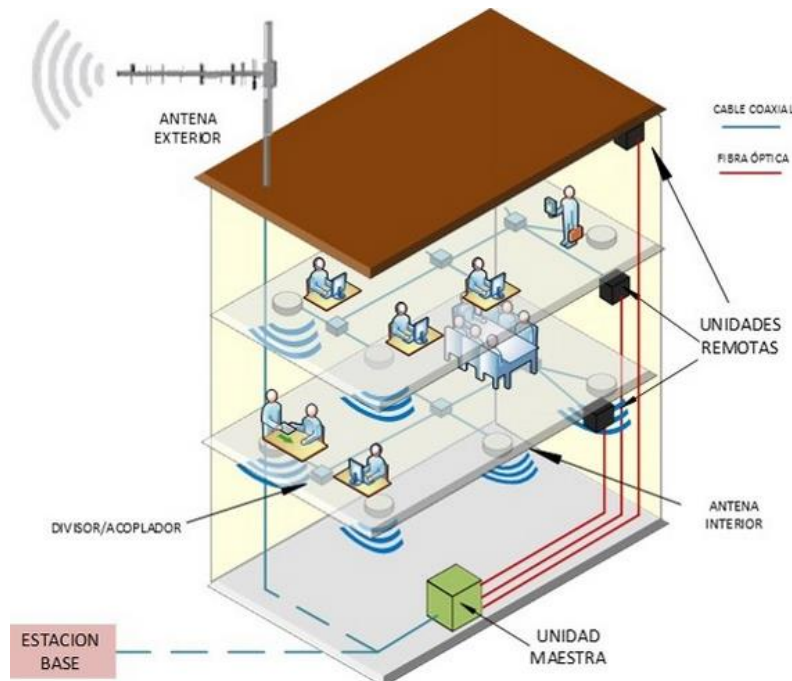


Figura 1: Representación de Sistema DAS básico

Como puede observarse en el esquema anterior al compartir la infraestructura inalámbrica utilizada se logra mejorar el servicio de los operadores dentro de un área de cobertura concreta ya que todos podrán brindar cobertura dentro del campus donde haya una antena instalada ya que estas no pertenecen a un operador y se comparte entre todos los operadores disponibles.

Para finalizar debemos destacar además que estos sistemas pueden ser tanto en el interior de un edificio (aulas, laboratorios, biblioteca, etc.) o un entorno exterior (campus universitarios, áreas comunes para estudiantes).

Se estima que a partir del año 2020 en adelante empiecen a desarrollarse e implementarse con mayor velocidad la tecnología móvil 5G (5ta generación) que permitirá alcanzar velocidades de conexión entre 10 y 100 veces mayores que las conseguidas actualmente con la tecnología 4G o de 4ta generación.

Al permitir esta tecnología mayores velocidades, aplicaciones como el video en tiempo real y las aplicaciones que requieran grandes tasas de transferencia de datos no tendrán más

estas limitantes de conectividad. Además, la posibilidad de desarrollar sistemas con altas tasas de transferencia y baja latencia permitirán conectar y transferir en tiempo real datos de los sistemas de operación como el aire acondicionado, sistemas eléctricos, video vigilancia, entre otros.

El sistema DAS propuesto en el presente trabajo podrá adaptarse a nuevas tecnologías con el solo recambio o agregado de módulos específicos de comunicaciones. Esto se debe a que todo el sistema de repetición y amplificación de señal es compatible con las bandas de frecuencia y operación que se prevé que utilizaran nuevas tecnologías. Esto permite una protección de la inversión frente al desarrollo de nuevas tecnologías, maximizando la vida útil de los sistemas desarrollados.

CAPITULO III

MARCO TÉCNICO LEGAL

CAPITULO III

3.1 Marco Regulatorio

El corriente proyecto involucra distintos aspectos regulatorios y legales que se analizaran en mayor profundidad en este capítulo.

El Sistema DAS al estar alojado dentro del edificio de Fundación UADE implica la generación de un contrato de locación por el desarrollador para su implementación y explotación. La empresa encargada de la implementación deberá ser una empresa que ha de cumplir con las normas legales para la ejecución de obras, seguros y de seguridad e higiene exigida para la actividad. A su vez, el desarrollador del negocio y propietario de la infraestructura motivo de la implementación de un sistema de telecomunicaciones debe de cumplir con la ley vigente de telecomunicaciones y disponer de una licencia para la operación del sistema.

Por otro lado, las operadoras dispondrán de la instalación de sus radio-bases que se interconectaran con el DAS e irradiaran en el espectro radioeléctrico en las bandas de telefonía móvil, para ello las mismas deben de disponer de las asignaciones de espectro radioeléctrico correspondientes del ente regulatorio.

En el marco de la Ley Argentina Digital (Ley 27.078) que regula las Telecomunicaciones en la Nación Argentina para la explotación la empresa desarrolladora del proyecto y explotará económicamente el DAS deberá requerir de una Licencia Única de Servicios de Telecomunicaciones. Según la misma la prestación de los servicios es independiente de la tecnología o medios utilizados para ofrecerlos. El Prestador podrá seleccionar libremente la tecnología y la arquitectura de red que considere más adecuada para la eficiente prestación del servicio.

La Licencia Única de Servicios de Telecomunicaciones habilita a la prestación al público de servicios de telecomunicaciones móviles, alámbricos o inalámbricos. El Ente Nacional de Comunicaciones (ENACOM) es el organismo competente para el otorgamiento de la licencia. Las licencias de telecomunicaciones otorgadas tienen las siguientes características:

Alcance nacional

Sin límite de tiempo (no tienen vencimiento),

Se entregan a requerimiento del interesado,

Su otorgamiento es independiente de los medios requeridos para la prestación del servicio, manteniendo la neutralidad tecnológica.

Todo prestador de servicios de telecomunicaciones está obligado al pago de la Tasa de Control Fiscalización y Verificación, que se encuentra normada en la Resolución N.º 1835 CNT/95. Dicha tasa surge por la aplicación del MEDIO POR CIENTO (0,50%) sobre el total de ingresos que se obtengan por los servicios prestados, neto de impuestos y tasas que los graven, gastos de interconexión y otras deducciones admitidas en la normativa mencionada y se aplicará desde concedida la licencia o la efectiva prestación del servicio (lo que fuera anterior).

En adición, el prestador está obligado a efectuar el aporte de inversión equivalente al UNO POR CIENTO (1%) de la totalidad de sus ingresos devengados por la prestación de los servicios, neto de impuestos y tasas que los graven y demás deducciones admitidas.

Para la obtención de la licencia se deberá presentar según lo exigido en el Decreto 764/00 al cual se suscribe la ley 27.078:

1. Nota de solicitud de Licencia Única y Registro de Servicio/s.
2. Planillas de Datos del Solicitante (Formulario F2)
3. Carpeta Jurídica
4. Carpeta Técnica
5. Carpeta Económica

Según la norma si la prestación del servicio de telecomunicaciones al público requiere el uso de frecuencias del espectro radioeléctrico como elemento constitutivo del servicio a brindar,

el Prestador deberá tramitar, ante la Autoridad de Aplicación, el otorgamiento de la correspondiente autorización y/o permiso de uso de frecuencias del espectro radioeléctrico, de conformidad con lo estipulado en el Reglamento General de Administración, Gestión y Control del Espectro Radioeléctrico vigente y en la demás normativa aplicable. En este caso, el sistema DAS al tratarse de un sistema repetidor de antenas y no generar la fuente de ninguna señal, quienes deberán disponer del permiso serán las operadoras.

La implementación del proyecto sucederá en un periodo de tiempo limitado. Por lo tanto, se recomienda que el desarrollador del negocio para la instalación contrate a un tercero y no emplee recursos humanos propios.

Para implementar este proyecto lo debe hacer una organización o empresa legal que respalde su ejercicio en el marco del Código de Comercio Argentino.

El prestador del servicio de implementación deberá tomar y mantener seguros suficientes aplicables a la ejecución de las obras en una compañía de reconocida solvencia. El prestador deberá acreditar la constitución de los seguros de modo que se encuentren vigentes al momento de inicio de las obras y trabajos.

La contratación de los seguros antes mencionados no eximirá en todo o en parte de la responsabilidad asumida por el Prestador en virtud de la presente Contrato y de las leyes aplicables. En consecuencia, el Prestador será responsable por el incumplimiento de las aseguradoras a sus obligaciones y por toda consecuencia no cubierta por los seguros contratados, incluyendo sin limitación los deducibles a cargo del asegurado y/o cualquier franquicia aplicable, asumiendo el Prestador esta obligación en forma plena y liberando a nuestra empresa de toda responsabilidad, y comprometiéndose a mantenerla indemne de todas y cualesquiera de tales consecuencias.

La contratista o prestador del servicio de implementación deberá disponer:

A. Seguro de responsabilidad civil. Debe contratar un seguro de responsabilidad civil que cubra la responsabilidad civil derivada de la realización de las Obras y Trabajos u otros, ya sea por daños corporales y/o materiales, que se produzcan con motivo o en ocasión de la ejecución de las Obras y Trabajos, ya fuese en el Sitio donde se desarrolla la Obra y Trabajos o en la

vecindad inmediata, o en otro sitio pero realizando trabajos o tareas por un monto mínimo de USD 1.000.000 (Un millón de dólares de Estados Unidos de América). Al contratar este seguro, deberá incluirse como condición particular la “Cláusula de Contratistas y/o Subcontratistas.

B. Seguro contra todo riesgo de accidente de trabajo. El Prestador deberá contratar un seguro de riesgos del trabajo con cláusula de no repetición, en los términos de la Ley N°24.557, respecto de todo el personal afectado a la Obra y Trabajos (incluyéndose el personal del Prestador y/o de eventuales subcontratistas) firmada por la Aseguradora de Riesgos (ART).

C. Accidentes Personales. Asimismo, el Prestador deberá asegurar a todo proveedor, consultor, inspector, o supervisor a su cargo, profesional o personal autónomo o monotributista que preste cualquier tipo de servicios para el cumplimiento del objeto del presente Contrato con cobertura por accidentes personales que pudieran sucederse en la Obra y Trabajos. Deberán incluirse las siguientes coberturas y cláusulas adicionales con sus correspondientes sumas aseguradas mínimas aceptadas:

I) Muerte: \$ 1.500.000.

II) Incapacidad Total y Parcial Permanente: \$ 500.000.

III) Incapacidad Total y Parcial Temporaria: \$ 500.000.

IV) Gastos de Internación / Farmacia: \$ 30.000.-

Ámbito de Cobertura: Horario de Trabajo + Adicional In Itinere. Inclusión de cobertura para trabajos en altura.

D. Seguro colectivo de vida obligatorio. (dec. 1567/74) donde figure la nómina del personal amparado) y el pertinente recibo de pago. Según el Decreto 1567/74, la totalidad del personal del oferente cualquiera sea su cargo o función, deberá estar amparado por este seguro.

E. Copia del Programa de Seguridad e Higiene completo y aprobado por la Aseguradora de Riesgos (ART). Acorde lo establecido y según corresponda: Resolución S.R.T. 35/98; Resolución S.R.T. 51/97.

F. Constancia de capacitación firmado en conformidad. En materia de Higiene, Seguridad y Riesgos existentes para el personal empleado.

G. Constancia de entrega de ropa de trabajo, elementos y equipos de protección personal (EPP).

CAPITULO IV

DESARROLLO TECNICO

CAPITULO IV

4. Desarrollo del Proyecto Técnico

4.1 Supuestos y premisas

En el presente capítulo se detalla el desarrollo técnico para la comprensión y diseño final de la solución.

Se divide el apartado en introducción a los sistemas tipo DAS para luego dar a lugar a las distintas etapas de la ingeniería:

- Infraestructura del lugar
- Estado de la cobertura actual
- Análisis de tráfico y capacidad
- Diseño de la solución
- Predicciones de cobertura
- Listado de materiales

La superficie del campus UADE es de aproximadamente 12000 m². Si tomamos en cuenta todos los edificios y su cantidad de pisos estamos tratando de una superficie de cobertura a cubrir muy grande. Tratándose de un proyecto académico y con el objeto de simplificar el diseño se simula únicamente la cobertura en primer piso, luego se proyecta hacia el resto de las plantas para estimar la dimensión total del proyecto y materiales.

Según conversaciones que hemos mantenido con los operadores, las bandas de operación utilizadas para cobertura indoor al presente son AWS y PCS para LTE, PCS y 850 para WCDMA. Por lo tanto, el diseño se acotará a dichas bandas, no obstante, se considera equipamiento que permitirá escalabilidad y agregado de nuevas bandas y tecnologías a futuro.

La ingeniería de diseño para el campus completo es demasiado extensa y repetitiva. Si bien el cálculo completo se encuentra realizado, los autores de este documento se reservan su presentación completa. Dicha información superaría el foco del presente por lo que se consideró incluir solo la porción representativa del mismo para el desarrollo de los conceptos

aquí aplicados. Durante el desarrollo se detalla el proceso completo, pero acotado a tecnologías y bandas específicas.

4.2 Introducción sistema multioperador (DAS)

DAS refieren a las siglas en Ingles de Distributed Antenna System, en español Sistema Distribuido de Antenas, básicamente consiste en una fuente de señal de radiofrecuencia, típicamente una radio base, equipos de Amplificación del tipo BDA (Bidirectional Amplifier) o pico celda que distribuye a través de un sistema cables y/o derivadores, esa señal en varias antenas. Esta distribución es tanto en downlink (bajada) o uplink (subida).

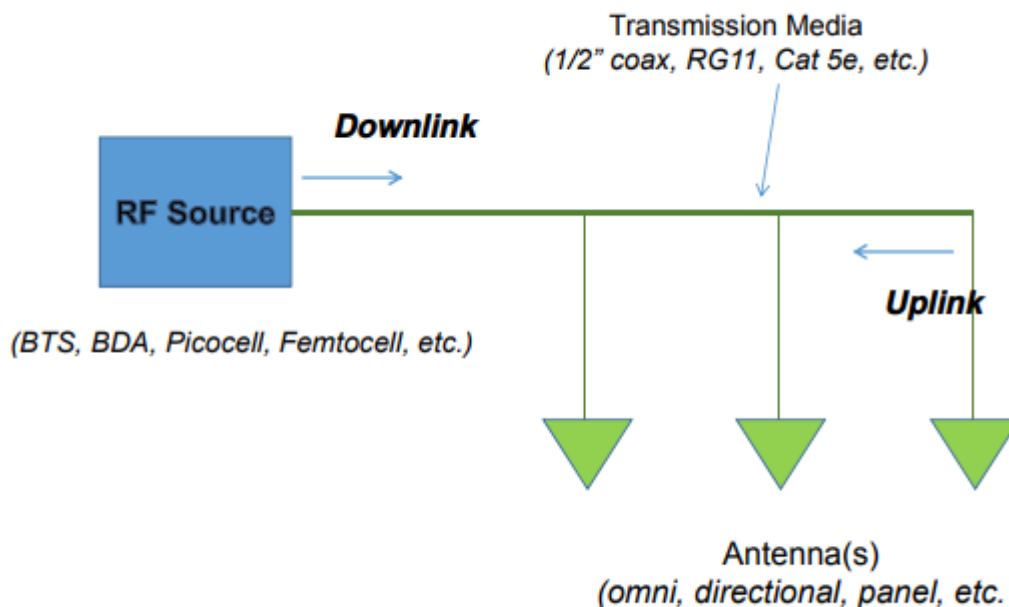


Figura 2: Esquema típico de un Sistema DAS básico.

Básicamente estos sistemas se pueden diferenciar en dos tipos, sistemas das pasivos o activos. El sistema das activo a diferencia del pasivo posee componentes activos intermedios que amplifican la señal permitiendo mayor cobertura y escalabilidad. En cambio, en el sistema DAS pasivo, la potencia que emitirá una antena depende de la pérdida de todos los componentes pasivos anteriores a la misma.

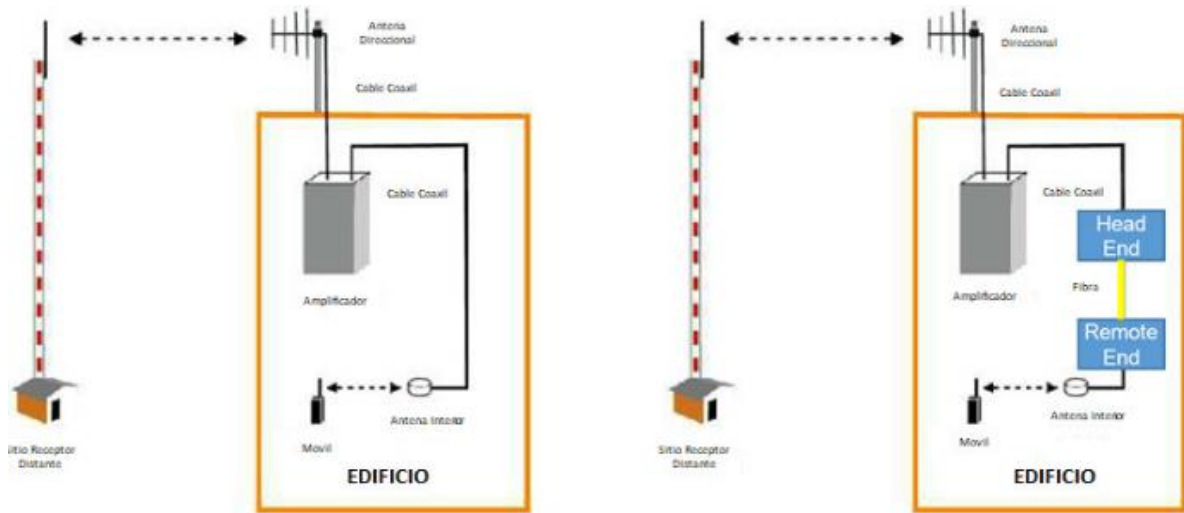


Figura 3: Sistema DAS pasivo vs DAS activo.

Para los sistemas das pasivos la planificación es relativamente sencilla, siendo el factor más importante para tener en cuenta el cálculo de la pérdida de los cables y componentes intermedios como splitters o derivadores que determinaran y limitaran el alcance de la solución. Los sistemas DAS activos requieren un cálculo más complejo, pero son más versátiles y escalables. En ambos casos, se debe realizar una correcta planificación de la potencia que irradiaran las antenas que se utilizan para dar cobertura en cada zona en particular.

DAS PASIVO	DAS ACTIVO
La potencia final en una antena está sujeta a la potencia emitida exclusivamente por la fuente que es afectada por la atenuación de todos los componentes pasivos del sistema	La fuente de señal es amplificada por varios amplificadores distribuidos en serie o cascada.
La señal es transportada típicamente por cobre.	La señal es transportada por fibra óptica y por cobre únicamente en su etapa final.
Cobertura para ambientes pequeños.	Cobertura para grandes campus o edificios.
El factor limitante de la potencia de la señal son los cables coaxiales, splitters y taps.	El ruido generado por los componentes pasivos, y los amplificadores son el factor limitante del sistema.

Tabla 1: Diferencias DAS pasivo vs DAS activo.

Tradicionalmente, los sistemas de antenas distribuidas pasivas se han utilizado ampliamente en la tecnología 2G por muchos años. Por lo tanto, naturalmente muchos planificadores de radio verán esto como la primera opción cuando diseñan cobertura en interiores para sistemas 3G / 4G.

Sin embargo, es un hecho que, para 3G y especialmente para 4G, los sistemas DAS activos proporcionan mejor rendimiento y logran mayores tasas de transferencia de datos. El principal efecto degradante de los sistemas pasivos son las altas pérdidas, degradando el nivel de potencia las antenas y aumentando el ruido de la estación base.

Otro punto por tener en cuenta con los sistemas de antenas distribuidas pasivas es la falta de gestión. Si un cable es desconectado o al presentarse alguna falla no tenemos posibilidad de detectarlo de manera que en entornos donde los servicios de comunicación se vuelven críticos, los sistemas DAS pasivos no son la mejor opción.

Por los motivos anteriormente mencionados, el sistema DAS elegido para esta solución ha sido un sistema activo.

A continuación, se detallan y describen los componentes que formaran parte de la solución.

4.2.1 Componentes pasivos

4.2.1.1 Cable Coaxial:

Es el principal medio utilizado para la interconexión en sistemas pasivos y el factor para tener en cuenta sobre este elemento dentro de los cálculos de red es la pérdida de potencia en el cable. La pérdida de un cable se determina en función de la frecuencia de trabajo y la distancia. Un factor importante a la hora de determinar la pérdida típica del cable coaxial es su diámetro, donde a mayor diámetro menor pérdida. Esto trae un problema asociado que es que hace más compleja la instalación a medida que aumenta su diámetro por lo que a veces es conveniente diseñar sistemas con cableado más fácil de instalar, pero con mayor pérdida. En conclusión, deben tenerse en cuenta ambos factores durante el análisis para entender mejor la relación costo-beneficio.

El cálculo de pérdida de cable viene dado por la ecuación:

$$L = d \times Lc$$

Donde:

L es la pérdida del cable en dB.

d es la longitud en metros del cable.

Lc es la atenuación definida por el fabricante en dB/m según la banda de trabajo.

4.2.1.2 Splitter:

Los splitters son divisores o derivadores. Típicamente son los dispositivos pasivos más utilizados en un sistema DAS. Esencialmente su función es dividir la señal que está siendo recibida en dos o más puertos de manera simétrica. Esta división es válida tanto para uplink como downlink.

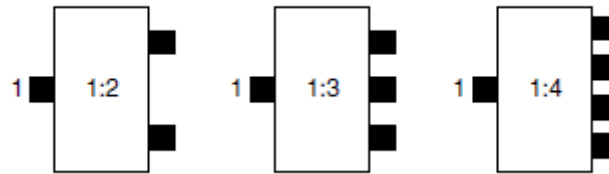


Figura 4: Dibujo de splitters de 2, 3 y 4 puertos

La pérdida de un splitter viene dada por la ecuación:

$$L_s = 10 \times \log(nP) + L_i$$

Donde:

L_s es la pérdida del splitter en dB.

nP es el número de puertos.

L_i es la pérdida por inserción del dispositivo en dB.

Aquí se muestra un ejemplo de cálculo de la potencia de salida (P_{out}) para un splitter de 3 vías con pérdida de inserción de 0.1dB donde ingresan 10dBm de potencia de entrada (P_{in}).

$$L_s = 10 \times \log(nP) + L_i$$

$$L_s = 10 \times \log(3) + 0,1$$

$$L_s = 4,87dB$$

$$P_{out} = P_{in} - L_s$$

$$P_{out} = 10dBm - 4,87dB$$

$$P_{out} = 5,13dBm$$

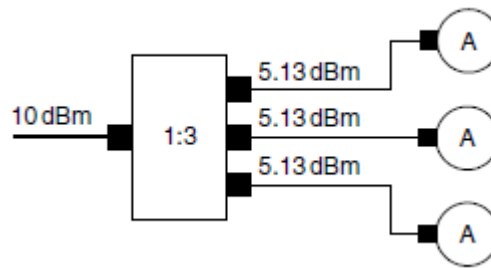


Figura 5: Ejemplo de cálculo de potencias en un splitter.

4.2.1.3 Acopladores Direccionales:

En el caso anterior tenemos que un splitter divide la señal en 2 o más veces, pero siempre la potencia se distribuye en partes iguales. En el caso de los acopladores direccionales tenemos que cada una de las salidas tiene una distribución de la potencia distinta a la otra. Es un dispositivo asimétrico.

Los acopladores direccionales son muy útiles ya que permiten hacer instalaciones donde existe un tendido principal de cableado y distribuir la potencia a lo largo del recorrido en distintas antenas sin perder demasiada potencia sobre el tendido principal.

Normalmente a estos dispositivos también se los conoce también como “TAP”.

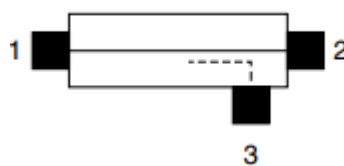


Figura 6: Dibujo de un acoplador direccional o Tap. (1) Puerto Entrada. (2) Puerto de Salida “No atenuado”. (3) Puerto de Salida Atenuado.

La siguiente tabla resume las atenuaciones entre puertos típicos para 3 modelos de taps.

Tipo (Perdida Puerto 1-2/ Perdida Puerto 1-3)	Perdida puerto 1-2	Perdida puerto 1-3
TAP 1/7	1dB	7dB
TAP 0.5/10	0.5dB	10.5dB
TAP 0.1/15	0.1dB	15.1dB

Tabla 2: Tabla de atenuaciones entre puertos para Taps.

Como puede apreciarse cuanto mayor es la pérdida sobre el puerto atenuado, menor es la pérdida por el puerto directo.

En el siguiente ejemplo se ilustra una combinación de Taps con un splitter de 2 vías y las respectivas potencias en cada puerto.

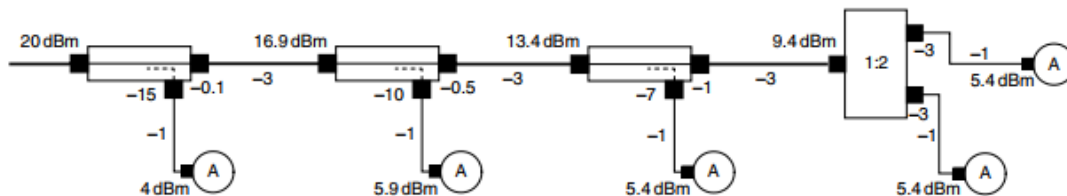


Figura 7: Ejemplo de distribución de splitter y taps.

4.2.1.4 Atenuadores:

Los atenuadores son muy importantes dentro de un esquema DAS, ya que permiten equalizar las señales de las radios bases en la entrada al sistema. El valor del atenuador depende de su construcción y capacidad de disipación térmica. Valores típicos son 1, 2, 3, 6 10, 12, 18, 20 y 30 dB. Normalmente cuando se trabaja con altas potencias, los mismos deberán respetar una característica especial, que sean de bajo PIM (Passive Intermodutacion o Intermodulación Pasiva).



Figura 8: Ilustración de Atenuador

4.2.2 Componentes Activos

Para comprender el funcionamiento de la solución es importante entender que es cada componente del sistema DAS activo. En primer lugar, explicaremos cada ítem individualmente, de manera conceptual y genérica, para luego dar un mayor detalle en base al fabricante elegido para el diseño.

Esquema genérico de un Sistema DAS activo:

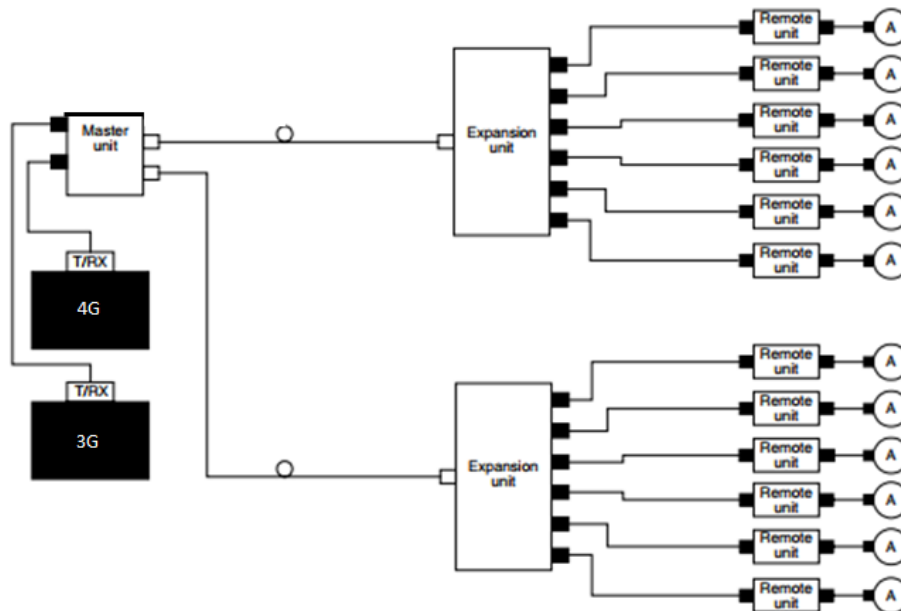


Figura 9: Esquema estándar de un sistema DAS activo genérico.

4.2.2.1 Main Unit (MU):

Este dispositivo conecta la radio base del operador (BTS) y distribuye la señal hacia las unidades de expansión (EU). La MU es el corazón del sistema, aquí es donde se genera y calibran las señales para ser combinadas y transmitidas a los demás repetidores.

4.2.2.2 Expansion Unit (EU):

La unidad de expansión (EU) típicamente distribuye a través de fibra óptica las señales recibidas y combinadas por la Main Unit (MU) hacia las unidades remotas (RU) distribuidas en el campus. La EU convierte las señales eléctricas recibidas de la MU en señales lumínicas transmitidas a través de fibra óptica hacia las unidades remotas (RU).

4.2.2.3 Remote Unit (RU):

La unidad remota (RU) es el componente que se instala más cercano a la antena para minimizar las perdidas, potenciar las señales y brindar un enlace óptimo. Las señales ópticas son convertidas nuevamente en señales radioeléctricas y amplificadas para irradiarse en forma de ondas electromagnéticas a través de un sistema irradiante pasivo hasta la antena.

Se han explicado de forma genérica los componentes fundamentales del sistema das, a continuación, se explicarán en detalle equipos concretos con los cuales se hará el diseño.

Para el desarrollo de este proyecto, tras una exhaustiva búsqueda de hardware, la firma Solid nos ha dado su aprobación para la utilización de sus productos para realizar el diseño de ingeniería.

4.2.2.4 Base-station Interface Unit:

Dentro del esquema presentado con anterioridad este equipo representaría la “Main Unit”. Es la interfaz entre el operador y sistema DAS. Posee la capacidad de soportar hasta 4 bandas, en este caso usaremos las bandas 850, PCS y AWS quedando disponibilidad para agregar una cuarta en un futuro. Cada banda se trabaja con un módulo independiente que posee un filtro y arreglo de atenuadores internos específicos para cada entrada por banda. Una ventaja muy importante de este tipo de máster unit de Solid es que minimizan la necesidad de atenuadores de alta potencia externos.

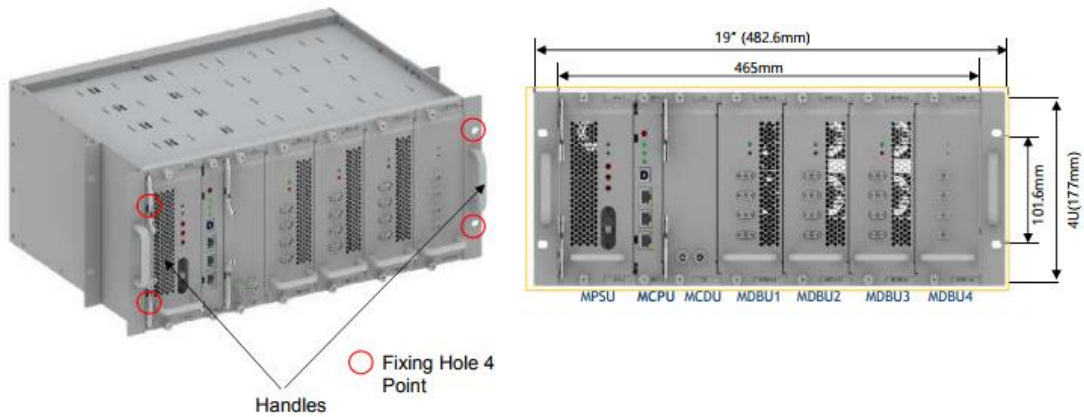


Figura 11: Vista frontal en perspectiva de BIU y dimensiones.

Según lo relevado y consultado a los operadores Claro, Telecom y Movistar los 3 utilizan radio bases con conexiones de salida de RF dúplex. Esto significa que tanto uplink como downlink se transmiten por un mismo conector y cable.

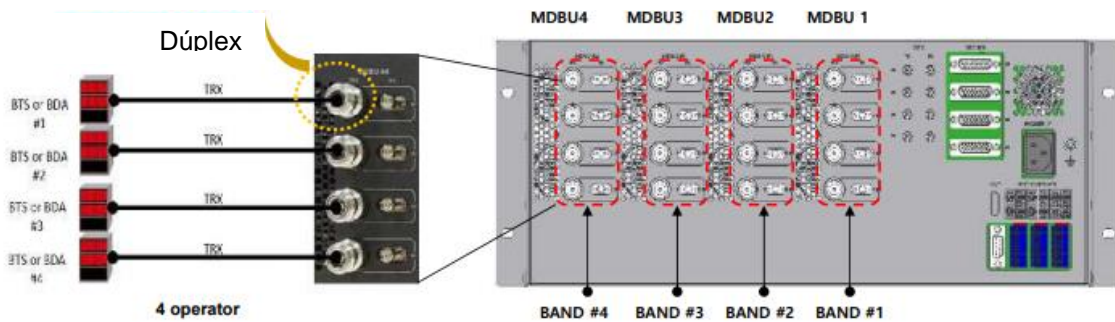


Figura 12: Vista posterior de BIU con sus interfaces de conexión.

Cada unidad MDBU soporta hasta cuatro entradas con conectores tipo N. Las señales recibidas y transmitidas por estas interfaces pueden ser monitoreadas y atenuadas en línea por software.

La máster Solid (BIU) a diferencia de otras marcas posee la característica que cada entrada permite una recepción de potencia de hasta 20W, lo cual evita tener que utilizar atenuadores o POI (Point Of Interface) externos. Esta es una ventaja importante porque un arreglo de atenuadores o POI ocuparía un espacio considerable.

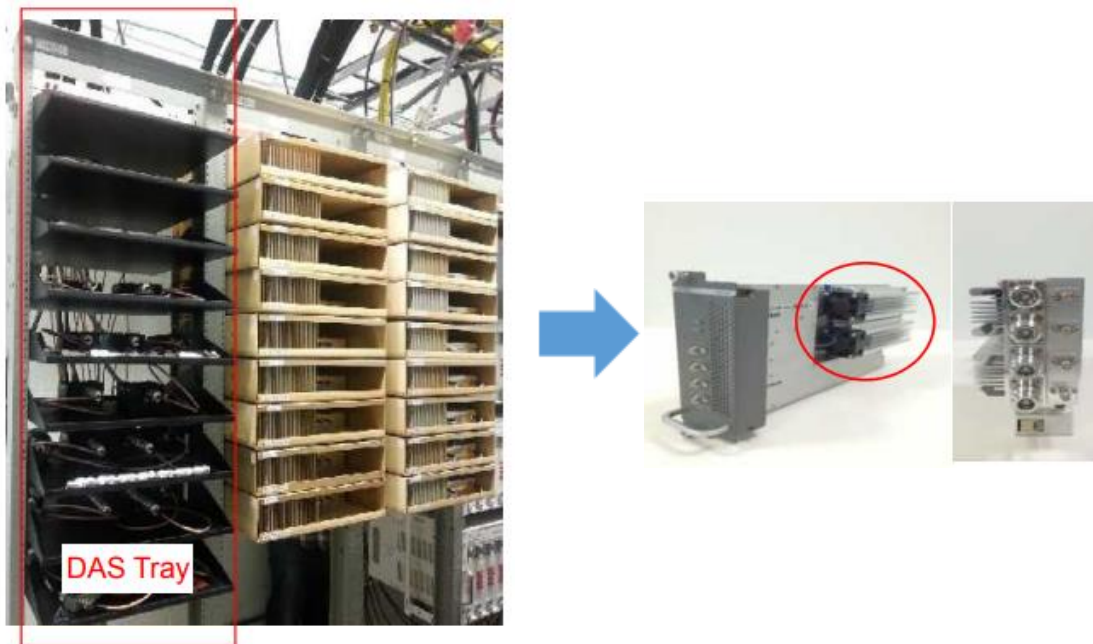


Figura 13: Arreglo de atenuadores o “DAS Tray” vs MDBU Solid.

El módulo Main Central Processor Unit (MCPU) provee el control de estado y monitoreo del sistema. Posee una interfaz Ethernet para acceder al sistema, soporta SNMP y una interfaz Web GUI. Además, tiene incorporado 4 salidas y 3 entradas de contactos secos para alarmas.

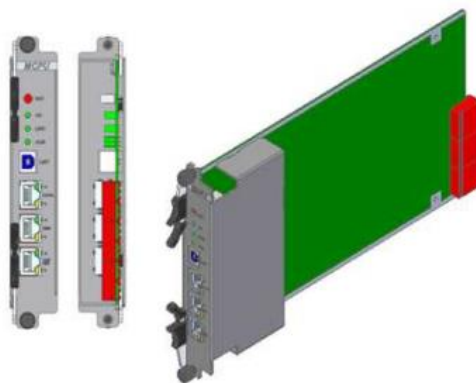


Figura 14: Representación de MCPU.

La energía es provista a la BIU a través del módulo Main Power Supply Unit (MPSU). Soporta una entrada de 220v Corriente Alterna. El consumo nominal según el fabricante es de 400W.

El combinador Main Combiner/Divider Unit (MCDU) combina y divide todas las señales de uplink y downlink respectivamente para ser transmitidas a través de la ODU.

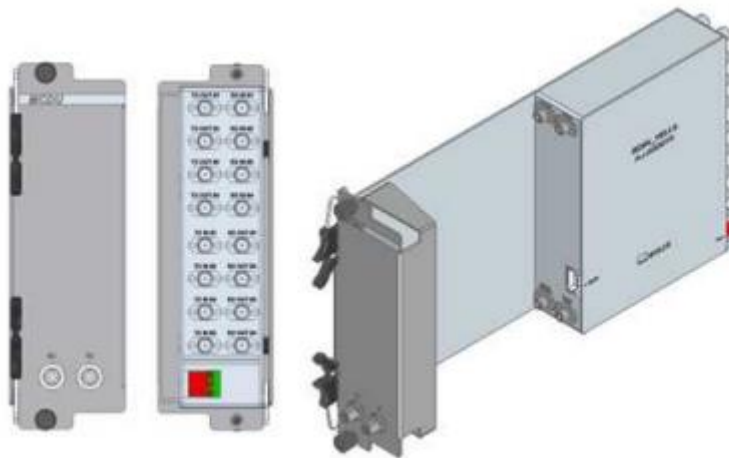


Figura 15: Representación de MCDU.

4.2.2.5 Optic Distribution Unit (ODU):

Este dispositivo convierte las señales de radiofrecuencia recibidas a través de la MCDU en señales ópticas para ser transmitidas a los remotos a través de fibra óptica.

Normalmente es instalada en el mismo rack próximo a la BIU, ocupa una unidad de rack en uno de 19". Pesa tan solo 4kg y consume 30W. Cada BIU soporta hasta 4 ODUs.

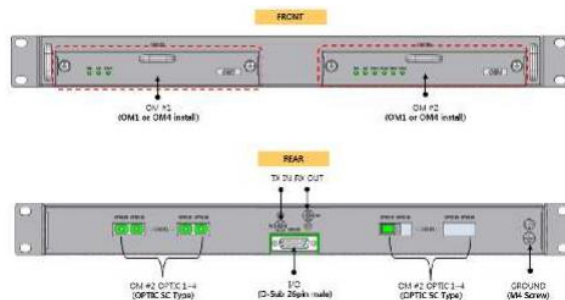


Figura 16: Representación de la vista frontal y posterior de ODU.

Cada ODU a su vez soporta hasta 2 módulos ópticos (OM) con 4 interfaces para conectar un cable de fibra óptica con conectores SC/APC.



Figura 17: Representación de la vista frontal, posterior y perspectiva del módulo óptico.

A continuación, se muestra como es físicamente la interconexión entre la BIU y una ODU. Se puede apreciar 2 cables azules con interfaces SMA, uno para uplink y otro para downlink. El cable gris es una conexión serial para el monitoreo y control de ambos equipos.

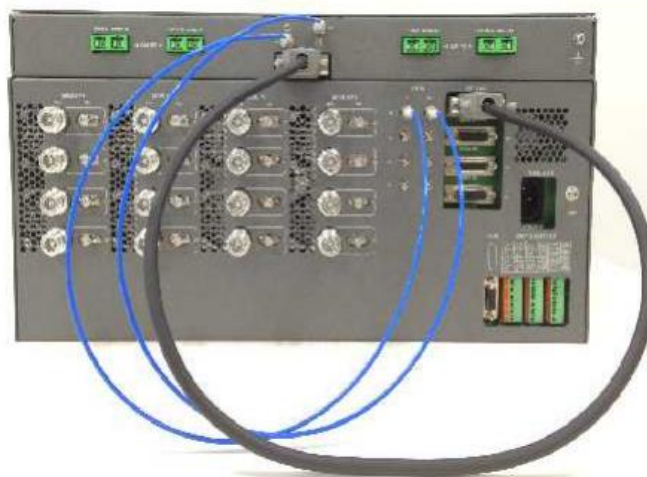


Figura 18: Representación real de una conexión entre BIU y ODU.

4.2.2.6 High-Power Remote Unit (HROU):

Solid ofrece un tipo de unidad remota de radiofrecuencia de alta potencia de 20 Watts. Cada unidad remota es multi-banda y multi-tecnología. Puede ser montada tanto en pared como en rack. Sus dimensiones son 220 x 910 x 224.5 mm, pesa 32kg y posee un consumo máximo de 250W. El chasis cumple con las normas IP66, compatible para instalar en outdoor.

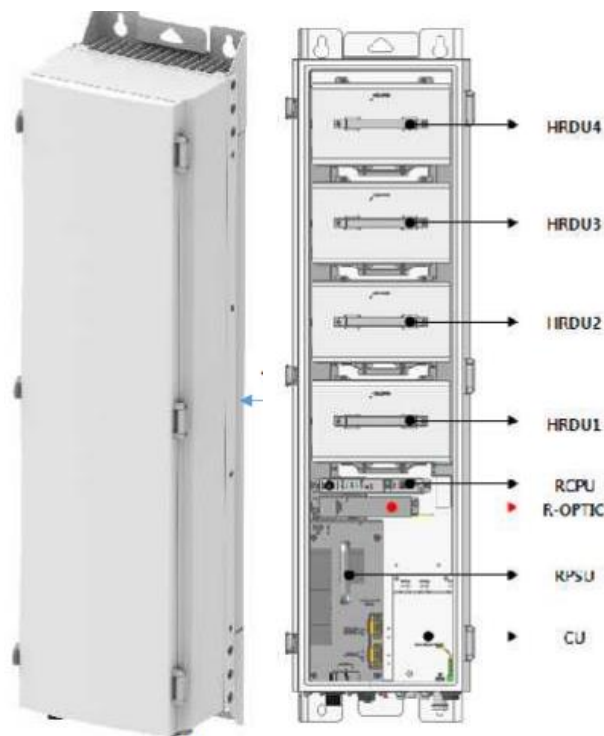


Figura 19: Representación de Remota Solid High Power.

Las unidades remotas se encuentran compuestas por los siguientes componentes o módulos:

- RCPU (Remote Central Processor Unit).
- RPSU (Remote Power Supply Unit Common).
- HRDU (High power Remote Drive RF Unit).
- ROPTIC (Remote Optic).
- Chassis tipo IP66.

El módulo RPSU es la fuente de energía del equipo, alimenta la RCPU, HRDU y ROPTIC. Posee un interruptor para el encendido/apagado del equipo, y leds para ver el estado y alarmas.

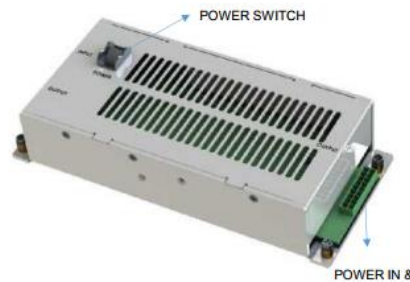


Figura 20: Representación de Remote Power Supply Unit Common.

La remota posee un módulo óptico (ROPTIC), que convierte la energía lumínica recibida por la ODU en señales eléctricas y viceversa. Soporta de 136Mhz a 2600Mhz. Posee un pequeño amplificador para compensar las pérdidas de atenuación del cableado óptico.



Figura 21: Representación de módulo ROPTIC.

El módulo RCPU, es el controlador lógico de la remota, se puede acceder al mismo a través de una interfaz Ethernet y por acceso WEB realizar la configuración deseada. Desde cualquier unidad remota se puede acceder al resto del sistema.



Figura 22: Representación de módulo RCPU.

Los módulos HRDU son los amplificadores del sistema, cada remota soporta hasta 4 unidades. Para el caso de este proyecto se utilizan 3, (850, PCS y AWS).

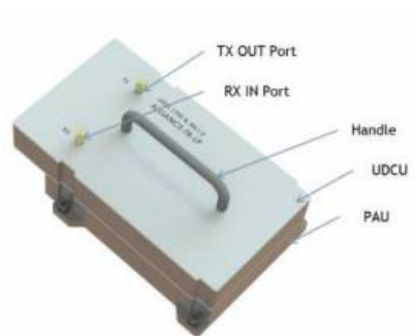


Figura 23: Representación de módulo HRDU.

Cada remota posee una única salida de radiofrecuencia con conectores tipo DIN 7/16 por los cuales salen combinadas las señales de los 3 módulos amplificadores (HRDU). Esto es posible gracias a que internamente posee un combinador para las bandas a utilizar.

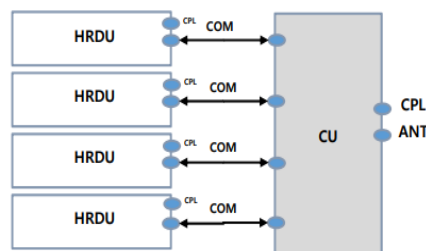


Figura 24: Esquema de conexión interno entre HRDU. CU (Coupler Unit) representa el combinador. CPL es un puerto de prueba y ANT es la salida.

4.2.2.7 DAS Management System

Se trata del DMS-2000 que es un gestor para el monitoreo y control del sistema DAS de manera íntegra y completa. Permite acceder tanto a la BIU como, la ODU y las ROUs. Es decir, permite visualizar las potencias de las remotas, enlaces ópticos, etc.

Soporta SNMP, lo que permite enviar estados o eventos al NOC del operador. Utiliza el protocolo TCP/IP para la comunicación y puede accederse mediante una visualización WEB a través de una conexión HTTPS. Las alarmas son transmitidas en SNMPv3.



Figura 25: Vista frontal y posterior de sistema DMS.

4.3 Infraestructura del lugar

En primer lugar, ubicaremos al Campus UADE. El mismo se encuentra en la calle Lima entre Independencia y Chile en la Ciudad de Buenos Aires, ocupa casi toda la manzana. Posee dos entradas y salidas principales sobre la calle Lima, una hacia la calle Independencia (Edificio Lima 3 y otra hacia la calle Chile (Edificio Lima 1).

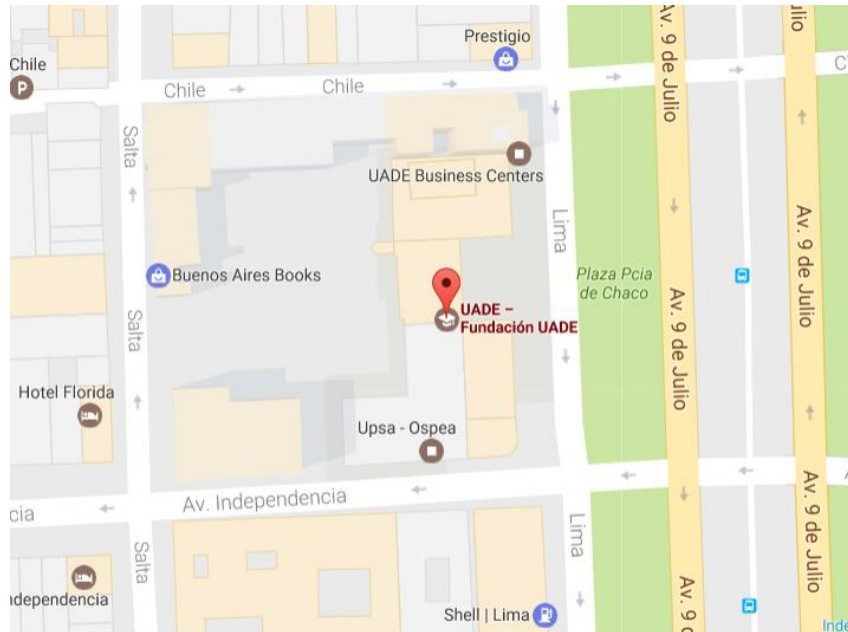


Figura 26: Mapa de ubicación de UADE.

El Campus Urbano se divide en diferentes sectores definidos por la Universidad, donde tenemos tres secciones principales sobre la calle Lima, tres secciones sobre la calle Chile y los edificios de Independencia, UADE Virtual, Residencia, y UADE Labs y el edificio sobre la calle Salta.

Como paso inicial para el posterior cálculo de cobertura realizado y estimación de materiales del proyecto se debió hacer un relevamiento o TSS en sitio tomando medidas y se confecciono el siguiente plano que demarca los edificios del campus.

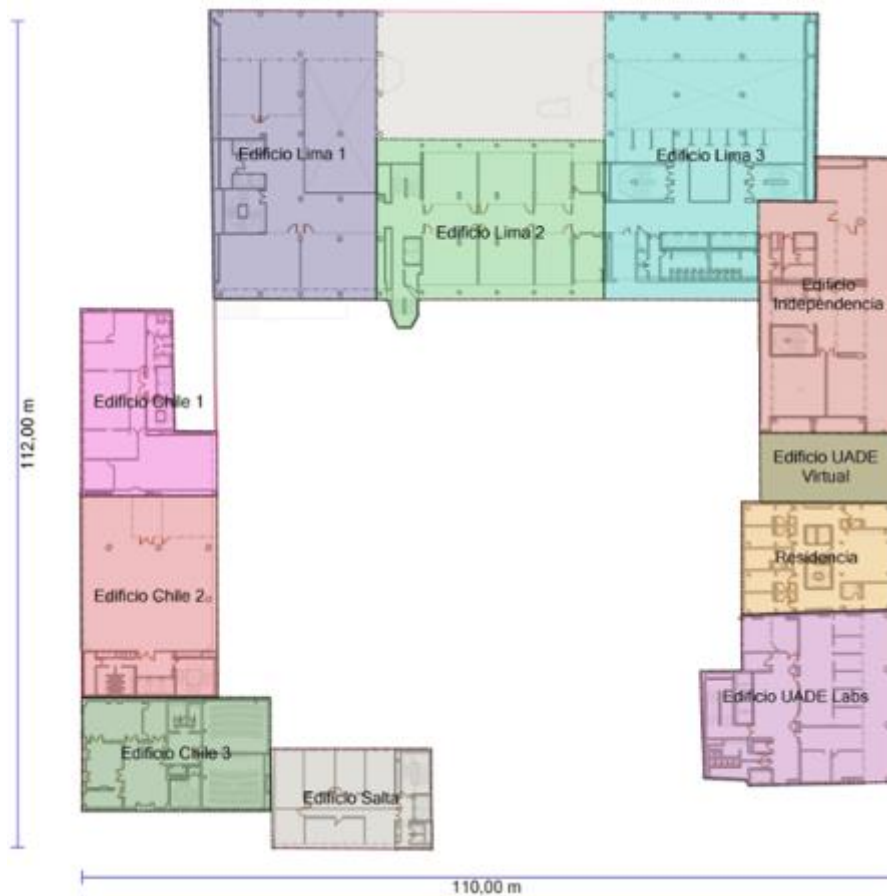


Figura 27: Plano de primer piso del Campus UADE.

A continuación, se detalla la cantidad de pisos por edificio.

- Edificio Lima 1: 11 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 7mo Piso)
- Edificio Lima 2: 9 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 5to Piso)
- Edificio Lima 3: 13 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 9no Piso)
- Edificio Chile 1: 13 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 9no Piso)
- Edificio Chile 2: 13 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 9no Piso)
- Edificio Chile 3: 8 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 4to Piso)
- Edificio Salta: 9 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 5to Piso)
- Edificio Independencia: 15 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 11vo Piso)
- Edificio UADE Virtual: 15 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 11vo Piso)
- Edificio Residencia: 15 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 11vo Piso)
- Edificio UADE Labs: 15 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 11vo Piso)

Se relevaron materiales de construcción, infraestructura para el cableado, posible ubicación de antenas y equipamiento.

Al tratarse de un campus moderno, que por ejemplo posee una infraestructura para WIFI y conexión de red fija en todas las aulas se encuentra a priori, preparado para la instalación de un sistema DAS ya que posee bandejas de circulación de cableados por pasillos comunes y acceso a los cielo-rasos de oficinas y aulas.

Básicamente el edificio se encuentra vidriado hacia el exterior en sus zonas visibles de calle y hacia el patio principal interno. Con el objeto de simplificar la simulación se clasificaron tres tipos de materiales de construcción del campus, concreto pesado para el muro exterior, concreto liviano o yeso para las paredes internas y vidrio para ventanas.

Según lo relevado y con el objeto de facilitar la implementación y la escalabilidad del proyecto a futuro se utilizará para el cableado e instalación de antenas los pasillos y áreas comunes, montantes para la ubicación de los equipos ya que estos son los sectores donde existen bandejas y cañerías para cableados existentes de otros servicios como WIFI.

Todos estos datos recogidos implicaron un gran trabajo y dedicación en campo, son vitales para las construcciones de las predicciones de cobertura presentes en este trabajo.

4.4 Estado de la cobertura actual

Previo al diseño de la topología de instalación debimos realizar un “Site Survey” o relevamiento de cobertura para todos los operadores. Se realizaron mediciones puntuales, una por edificio para cada operador, por tecnología y banda. Se utilizó para ello un teléfono especial con un software específico para este tipo de mediciones que permite acceder a la información de radio del chipset del dispositivo. El teléfono utilizado fue un Samsung Galaxy Note 4 con software Dingli Walktour.

Para dicha tarea se tomaron capturas de pantalla en puntos específicos como el siguiente:

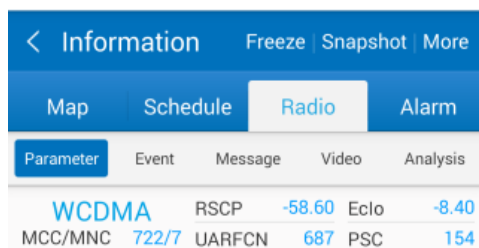


Figura 28: Captura de pantalla de software Walktour.

El procedimiento para obtener la información ha sido el siguiente:

- Seleccionar la tecnología de trabajo WCDMA o LTE.
- Chequear la conexión al operador mediante el MNC (Main Network Code).
- Verificar la señal de cobertura mediante RSCP para WCDMA y RSRP para LTE.
- Verificar la calidad de la señal mediante Ec/Io para WCDMA y RSCP para LTE.
- Bloquear bandas para realizar la medición, la misma se verifica a través del UARFCN en WCDMA y EARFCN en LTE.

Para tener una mejor interpretación de los valores se detallan a continuación cuales son los valores referenciales que debieron ser identificados para tomar la cobertura.

Los códigos MCC/MNC son designados por la International Mobile Subscriber Identity (IMSI) que permite identificar un dispositivo de manera única. El Main Country Code

(MCC) es un código standard que identifica el país de la red. El número “722” indica que se trata de Argentina. El Main Network Code (MNC) es un código asignado para cada operadora, en nuestro país se encuentra identificados de la siguiente manera:

- Movistar: 7
- Claro: 310
- Personal: 34

Para poder hacer la medición por operador debimos cambiar el chip del teléfono asociado a cada operadora y chequear que haya cambiado el MNC. Una vez realizada dicha tarea se procede a identificar y bloquear la banda de medición y tecnología. El teléfono utilizado para la medición posee una función específica que permite bloquear la tecnología (WCDMA o LTE) y la banda de medición (AWS, PCS o 850).

Bloqueada la tecnología y banda realizamos un chequeo prestando atención al parámetro UARFCN (UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number) en WCDMA y el EARFCN (Evolved-UTRA Absolute Radio Frequency Number) en LTE. Ambos básicamente identifican el “canal” de transmisión. La siguiente tabla indica el rango de canal para las bandas.

Banda	UARFCN Inicio	UARFCN Fin
850 (B5)	4357	4458
1900 PCS (B2)	9662	9938

Tabla 3: Tabla de canales UARFCN.

Banda	EARFCN Inicio	EARFCN Fin
AWS-1 (B4)	1950	2399

Tabla 4: Tabla de canales EARFCN.

Identificada la tecnología y banda de medición procedimos a registrar los datos de cobertura.

Para LTE los parámetros de cobertura capturados y de interés son RSRP y RSRQ. En el caso de WCDMA, RSCP y EC/IO.

Brevemente explicaremos el significado de estos parámetros.

RSCP: Received Signal Code Power, indica la potencia de señal de recibida en el canal de UMTS específicamente de un “spreading code” que se corresponde con la radio base con la cual se encuentra establecida la comunicación. Es utilizada como indicador de nivel de señal, referencia para control de potencia, toma de decisiones de handover y cálculo de señal.

EC/IO: Es la relación existente entre la energía de un chip (bit código) y el nivel de interferencia. Es un parámetro variable en función del tráfico, ya que se considera como interferencia cualquier señal transmitida ajena a la comunicación entre el móvil y la celda. Básicamente este parámetro define la calidad del enlace digital.

RSRP: Reference Signals Received Power. Es el promedio de la potencia de referencia transmitida dentro de un Resource Block LTE. En resumen, es la potencia promedio de señal de referencia recibida de una celda. Al igual que el RSCP es utilizada como indicador de nivel de señal, referencia para control de potencia, toma de decisiones de handover y cálculo de señal.

RSRQ: Reference Signal Received Quality. Al igual que el EC/IO indica la calidad de la señal recibida para la comunicación digital. Es la relación existente entre la señal de referencia (RSRP) y el total de la señal recibida dentro del canal (RSSI). Por lo tanto, este parámetro está afectado por la cantidad de usuarios conectados, ruido e interferencia.

Los valores referenciales para calificar la cobertura y calidad de señal son los siguientes. Esta calificación fue consultada con las áreas de Ingeniería de Redes de Acceso de distintas operadoras.

	RSRP	RSRQ	RSCP	EC/IO
Excelente	> -80dBm	> -5dB	> -70dBm	> -6dB
Bueno	Entre -80dBm y -90dBm	Entre -10dB y -5dB	Entre -70dBm y -85dBm	Entre -6dB y -10dB
Regular	Entre -90dBm y -100dBm	Entre -15dB y -10dB	Entre -85dBm y -95dBm	Entre -10dB y -12dB
Malo	< -100dBm	< -15dB	< -95dBm	< -12dB

Tabla 5: Tabla referencial de parámetros de cobertura.

Con el objeto de simplificar el análisis se tomaron valores referenciales uno por edificio sobre el primer piso. Según el proceso descrito anteriormente estos fueron los valores obtenidos:

MOVISTAR	LTE AWS		UMTS 850		UMTS PCS	
Edificio	RSRP (dBm)	RSRQ (dB)	RSCP (dBm)	EC/IO (dB)	RSCP (dBm)	EC/IO (dB)
Lima 1	-80	-8	-94	-11	-77	-13
Lima 2	-92	-9	-94	-10	-84	-11
Lima 3	-100	-12	-82	-11	-88	-13
Independencia	-100	-10	-77	-11	-92	-12
UADE Virtual	-98	-9	-81	-12	-93	-10
Residencia	-88	-14	-89	-11	-88	-12
UADE Labs	-92	-11	-87	-13	-89	-11
Salta	-101	-13	-91	-11	-76	-13
Chile 3	-95	-11	-94	-10	-90	-10
Chile 2	-101	-8	-89	-13	-89	-12
Chile 1	-93	-11	-91	-13	-77	-14

Tabla 6: Relevamiento de cobertura Movistar.

PERSONAL	LTE AWS		UMTS 850		UMTS 1900	
	RSRP (dBm)	RSRQ (dB)	RSCP (dBm)	EC/IO (dB)	RSCP (dBm)	EC/IO (dB)
Lima 1	-102	-14	-87	-10	-87	-12
Lima 2	-92	-13	-93	-13	-86	-12
Lima 3	-96	-12	-83	-13	-79	-14
Independencia	-92	-13	-95	-13	-91	-13
UADE Virtual	-102	-7	-93	-13	-83	-11
Residencia	-87	-7	-94	-11	-88	-10
UADE Labs	-104	-8	-93	-13	-86	-14
Salta	-94	-11	-79	-12	-81	-14
Chile 3	-101	-10	-82	-13	-94	-13
Chile 2	-82	-13	-92	-11	-91	-13
Chile 1	-82	-12	-93	-13	-90	-12

Tabla 7: Relevamiento de cobertura Personal.

Tabla 8: Relevamiento de cobertura Claro.

CLARO	LTE AWS		UMTS 1900	
	RSRP (dBm)	RSRQ (dB)	RSCP (dBm)	EC/IO (dB)
Lima 1	-92	-8	-77	-10
Lima 2	-102	-7	-88	-11
Lima 3	-97	-8	-87	-11
Independencia	-101	-11	-94	-13
UADE Virtual	-98	-10	-92	-13
Residencia	-91	-8	-89	-13
UADE Labs	-93	-9	-76	-11
Salta	-95	-13	-86	-11
Chile 3	-94	-10	-91	-10
Chile 2	-102	-13	-78	-11
Chile 1	-98	-12	-84	-10

De las tablas puede concluirse que el estado de cobertura es regular, en algunos casos mala o muy mala cobertura, no permitiendo así máximos niveles de throughput y calidad de servicio.

4.5. Análisis de tráfico y capacidad

En las secciones precedentes hemos revisado la arquitectura de la solución propuesta, realizamos un relevamiento del sitio y verificamos los niveles de señal con los que nos encontramos para cada operadora.

A continuación, lo que debemos desarrollar es el análisis de la capacidad del equipamiento a instalar por los operadores en función de la demanda de servicios y cobertura de los usuarios que estarán conectándose.

4.5.1 Tráfico de Voz

Una de las cuestiones más importantes para las soluciones DAS es definir cuál será la capacidad de voz y datos para el sistema. El tráfico de es crítico, algunos servicios de datos podrían ser más lentos pero las conversaciones de voz tienen que fluir y mantenerse en tiempo real. Para este análisis introduciremos a continuación el concepto de Erlang.

Agner Krarup Erlang nació en Dinamarca en 1878. Fue un pionero en la teoría de análisis de tráfico de telecomunicaciones y propuso una fórmula para calcular el porcentaje de usuarios que tendrán que esperar para realizar una llamada. Su análisis permite calcular cuántas líneas se necesitan para un número específico de usuarios y con qué disponibilidad. El público su estudio en 1909 llamado “Teoría de Probabilidades y Conversaciones Telefónicas”, su estudio y fórmula es aceptada y reconocida como un estándar en todo el mundo para el cálculo de cargas de tráfico. La unidad de medida para medir la carga de tráfico telefónica lleva su nombre, “Erlang”.

Un Erlang es una unidad de medida que describe el volumen de tráfico total en una hora para una celda específica. En este apartado se mostrará un ejemplo para lograr un entendimiento del concepto de Erlang y su utilización, así luego detallar el cálculo real sobre este proyecto.

Si un grupo de 20 usuarios hace 60 llamadas en una hora, y cada llamada tiene una duración de 3 minutos en promedio podemos calcular el tráfico en Erlangs.

$$\begin{aligned} \text{Total de minutos de trafico en una hora} &= \text{duración por numero de llamadas} \\ 3\text{min} \times 60 &= 180\text{min} \end{aligned}$$

Como se mencionaba anteriormente, un erlang se define como el tráfico (medido en minutos) por hora. Por lo tanto:

$$\frac{180 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 3E$$

Conociendo el número de usuarios que en este caso son 20, también se puede calcular la carga por usuario.

$$\frac{3E}{20} = 0.115E = 150 \text{ mE por usuario}$$

Esta carga promedio por usuario puede multiplicarse por la cantidad de usuarios en un edificio y así calcular la capacidad de la celda necesaria. Si hubiera 350 usuarios en un edificio:

$$\text{Capacidad de celda} = 350 * 150\text{mE} = 52,5E$$

Teniendo la capacidad de la celda es necesario calcular cuántos canales serán necesarios para cierto nivel de servicio. Esto se conoce como GOS (Grade of Service) que es definido como el porcentaje de las llamadas que son rechazadas. Por ejemplo, si un usuario hace 100 llamadas y una es rechazada el GOS será de un 1%.

La cantidad de tráfico en Erlang, la calidad de servicios (GOS) y cantidad de canales están definidas por una distribución standard en la tabla de Erlang B.

A continuación, se explicará cómo realizar el cálculo específico para este proyecto.

En primer lugar, se estiman la cantidad de usuarios en la Universidad. Según la información recogida por el portal Universia, UADE cuenta con 1456 profesores y 19254 alumnos. Estimamos 1000 personas más entre empleados y personal externo. De esta manera, se confecciono la siguiente tabla que resumen la población total que aproximadamente circula en el Campus UADE.

Identificación	Cantidad	Porcentaje
Profesores	1456	7%
Alumnos	19254	89%
Otros	1000	4%
Total	21710	100%

Tabla 9: Población UADE

La Universidad posee 3 turnos, mañana, tarde y noche. Asumiremos una distribución de 42%, 20% y 38% respectivamente. Se considera un austero factor de 30% de ausencias.

Turno	Porcentaje	Cantidad	Ajuste ausencias
Mañana	42%	9118	6383
Tarde	20%	4342	3039
Noche	38%	8250	5775

Tabla 10: Distribución por turnos de la población en UADE.

Para el análisis de capacidad de tráfico debe tomarse siempre el peor caso, así realizar los cálculos con máxima carga y asegurar un óptimo funcionamiento del sistema. En consecuencia, se asumirán y realizarán los cálculos para 6383 personas simultáneas en el campus.

Siendo este un sistema multi-operador debemos dividir la cantidad de usuarios en 3 grupos, uno por operador según el “Market Share” correspondiente. La fuente de los porcentajes de Market Share ha sido el portal Statista.

Operador	Market Share	Cantidad
Claro	37%	3374
Movistar	32%	2918
Personal	31%	2827

Tabla 11: Distribución según Market Share.

Teniendo estos datos ahora debemos estimar la carga de tráfico por usuario, tratándose de una Universidad donde típicamente lo usuarios debieran estar en clase y no realizando llamadas, asumiremos diferentes cargas típicas de distintos tipos de usuarios tomando como referencia la tabla 6.2 del libro “Indoor Radio Planning Guide”, la cual se basa en estudios análisis de tráfico pasados.

Tipo de usuario	mErlangs	Distribución de usuarios		Erlangs totales
Usuario extremo	200	4%	255	51,06
Usuario intensivo	100	6%	383	38,30
Usuario de oficina	50	10%	638	31,91
Usuario estándar	20	80%	5106	102,12
Totales		100%	6383	223,40

Tabla 12: Distribución de tráfico por tipo de usuario.

Combinando los resultados obtenidos en la Tablas precedentes, es posible calcular el tráfico estimado a máxima carga por operadora.

	Distribución Erlang por market share
Claro	82,66
Movistar	71,49
Personal	69,25

Tabla 13: Carga máxima por operadora.

Finalmente procedemos a definir la cantidad de canales necesarios para la comunicación de voz. Para ello, en este caso definimos un GOS del 2%. Según la tabla Erlang B podemos concluir:

	Distribución Erlang por market share	Canales necesarios
Claro	82,66	107
Movistar	71,49	94
Personal	69,25	91

Tabla 14: Canales necesarios por operador para GOS 2%.

La cuestión ahora es como alcanzar esta cantidad de canales de voz. Definimos que el tráfico de datos será a través de 4G y todo el tráfico de voz pasara por la red 3G. Es esta el criterio que hoy están usando las operadoras móviles. Típicamente una portadora de una celda 3G con una carga del 67% destinada a voz puede soportar hasta 39 canales de voz de 12.2kbps. Esto significa según la tabla Erlang B que se corresponden con 33.6 Erlangs. La siguiente tabla determina la cantidad de canales 3G necesarios para cumplir con dicho tráfico. El cálculo nace simplemente de la relación entre la cantidad de canales necesarios y la capacidad máxima de una portadora 3G.

	Calculo de canales necesarios	Canales necesarios
Claro	2,7	3,0
Movistar	2,4	3,0
Personal	2,3	3,0

Tabla 15: Canales 3G necesarios para cumplir con el tráfico de voz exigido.

Debemos conocer la disponibilidad de ancho de banda para cada operadora para disponer de canales 3G. En la siguiente tabla se detalla cual es el espectro disponible en la actualidad en las bandas B2 y B5 que son las utilizadas para el servicio de 3G.

Operador	PCS - B2 (Nro. canales)	850 - B5 (Nro. canales)
Movistar	10Mhz (2)	15Mhz (2)
Claro	20Mhz (4)	0Mhz (0)
Personal	10Mhz (2)	5Mhz (1)

Tabla 16: Espectro y canales 3G disponibles.

Puede concluirse entonces que con la cantidad de espectro de canales 3G disponibles, no tenemos un limitante para el servicio de voz.

4.5.2 Tráfico de datos

El campus UADE posee una amplia red de cobertura WIFI con alcance a todas las aulas y oficinas. El comportamiento típico para quien desea hacer un uso de datos es conectarse a la red WIFI generando una descarga u “offloading” sobre el sistema de cobertura móvil. Se estima que un 50% de los usuarios se conectan a una red de este tipo. Por lo tanto, de los 6383 usuarios conectados se asume que 3191 utilizaran la red datos móviles.

Por consiguiente, la distribución por market share para datos queda dada de la siguiente manera:

Operadora	Cantidad de usuarios de datos
Claro	1181
Movistar	1021
Personal	989

Tabla 17: Distribución de usuarios de datos por Market Share.

Para calcular la capacidad de datos de nuestro sistema primero analizaremos la capacidad del espectro radioeléctrico actual y capacidad de tráfico de los canales LTE.

Operador	PCS - B2 (Nro. canales)	AWS - B4 (Nro. canales)	2600 - B7 (Nro. canales)	700 - B28 (Nro. canales)
Movistar	10Mhz (1)	10Mhz (1)	15Mhz (1)	10Mhz (1)
Claro	20Mhz (1)	10Mhz (1)	15Mhz (1)	15Mhz (1)
Personal	10Mhz (1)	15Mhz (1)	20Mhz (1)	10Mhz (1)

Tabla 18: Espectro y canales LTE disponibles.

Con el objeto de calcular la capacidad de tráfico de una celda LTE debemos identificar cuantos Resource Blocks (RB) están disponibles en el ancho de banda del canal LTE. Esta información viene definida por las especificaciones 3GPP. Pueden identificarse en la siguiente tabla:

	Channel bandwidth, MHz					
	1.4	3	5	10	15	20
Number of Resource Blocks	6	15	25	50	75	100

Tabla 19: Resource Blocks definidos según 3GPP.

En este proyecto tanto Movistar como Claro disponen canales de 10Mhz o 50 RB y Telecom 15 MB o 75 RB, una capacidad sustancialmente mayor. Se utilizarán estos datos más adelante durante el desarrollo del análisis de capacidad.

Las condiciones de radio y calidad de señal afectan al nivel de transferencia o throughput, cuanto mejores sea la calidad de la señal, la modulación y esquema de codificación será más sofisticada y por consiguiente aumentara la capacidad de tráfico.

Para lograr un mejor entendimiento del funcionamiento a continuación se detallará cual es el proceso.

El móvil mide el nivel de señal e inferencia y envía un parámetro llamado CQI (Channel Quality Indicator) a la radio base o eNB, de esa manera la radio base procede a seleccionar el MCS (Modulation and Coding Scheme) más alto según las condiciones de radio. La relación entre que CQI y el MCS es definida por cada fabricante.

Definido el MCS se puede determinar el Transport Block Size (TBS) que son los bits que pueden ser transportados en un bloque de información LTE en un Transmission Time Interval (TTI) de 1ms. Esto se encuentra definido por el 3GPP según la siguiente tabla:

MCS Index	Modulation Order	TBS Index
I_{MCS}	Q_m	I_{TBS}
0	2	0
1	2	1
2	2	2
3	2	3
4	2	4
5	2	5
6	2	6
7	2	7
8	2	8
9	2	9
10	4	9
11	4	10
12	4	11
13	4	12
14	4	13
15	4	14
16	4	15
17	6	15
18	6	16
19	6	17
20	6	18
21	6	19
22	6	20
23	6	21
24	6	22
25	6	23
26	6	24
27	6	25
28	6	26

Tabla 20: MCS según 3GPP tabla 7.1.7.1-1 “3GPP ETSI TS 136 213 V12.4.0 (2015-02)”.

La selección de modulación seleccionada por el móvil y el eNB para la comunicación es relativa, variable dependiendo del fabricante y confidencial. En nuestro caso, debido a que en nuestro objetivo de diseño es lograr una óptima cobertura y calidad de señal estimaremos que el móvil se comunica con la celda bajo un MCS de 28 que significa un TBS Índice de 26.

Con esta información es posible determinar la cantidad de bits transmitidos por TBS a partir de la tabla 7.1.7.2.1-1 definida por el 3GPP en el documento “TS 136 213 - V12.3.0 - LTE – ETSI”.

A partir de la misma resumimos en la siguiente tabla la capacidad de transmisión de datos en función del ancho de banda del canal LTE.

Ancho de banda	RSBs	TBS(Bits/ms)	Maxima capacidad SISO (Mbits/s)
5 Mhz	25	18336	18,34
10Mhz	50	36696	36,70
15Mhz	75	55056	55,06
20Mhz	100	75376	75,38

Tabla 21: Capacidad de transferencia de datos por canal LTE.

Las bandas de LTE B28 (700Mhz) y B7 (2600Mhz), no son consideradas en este análisis ya que ningún operador del mercado en la actualidad utiliza este espectro para despliegue de cobertura indoor. Estas bandas podrán ser utilizadas en el futuro sobre el sistema ya que queda disponible una banda adicional .

Según información consultada a los operadores móviles, el despliegue de cobertura indoor se realiza en las bandas B4, B2 y B5 con el máximo de portadoras disponibles priorizando LTE sobre 3G. Esto significa, que hoy para el ancho de banda disponible de 3G en la banda B2(1900) se implementara un canal de LTE en preferencia de un canal 3G.

A partir de dicha información puede calcularse la capacidad por sector del sistema asumiendo la configuración definida en la Tabla Anterior.

	B4	B2
Claro	1 Canal LTE 10Mhz	1 Canal LTE 10Mhz
Movistar	1 Canal LTE 10Mhz	1 Canal LTE 10Mhz
Personal	1 Canal LTE 15Mhz	1 Canal LTE 10Mhz

Tabla 22: Configuración espectral por sector y operador.

Con los datos obtenidos es posible calcular la capacidad de tráfico para la configuración definida en la siguiente tabla.

	B4 (Mbps)	B2 (Mbps)
Claro	36,70	36,70
Movistar	36,70	36,70
Personal	55,056	36,70
Total	128,45	110,09

Tabla 23: Capacidad de transferencia de datos por canal LTE.

Según la tabla 23, sumando la capacidad de tráfico de datos total por operador de las bandas B4 y B2 el sistema tiene una capacidad máxima por sector de 238,54Mbps.

La siguiente grafica muestra la capacidad máxima del sistema en Mbps en función de la cantidad de sectores a implementar. Se observa que la cantidad de sectores es directamente proporcional con la capacidad.

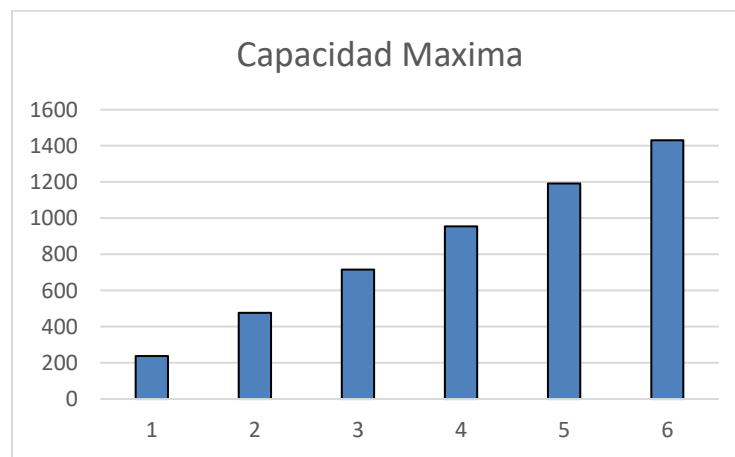


Figura 29: Cantidad de sectores vs Capacidad Máxima.

Para este proyecto, se asume la implementación de 3 sectores a instalar por operadora, permitiendo así una capacidad máxima de 715Mbps. Esta es típicamente, la configuración más

normal en azoteas o mono postes. El criterio de las áreas de sectorización se detalla en el desarrollo del diseño de ingeniería.

A modo referencial, es posible calcular cual será la transferencia máxima para una determinada tasa de simultaneidad de usuarios transfiriendo a máxima demanda. La tabla 24 ilustra este cálculo.

	Distribucion de usuarios	Usuarios por sector	Usuarios por canal	Usuarios simultáneos	Throughput estimado por usuario (Mbps)
Claro	1181	394	197	12	6,22
Movistar	1021	340	170	10	7,19
Personal	989	330	165	10	9,27

Tabla 24: Calculo de transferencia máxima por usuario con un 6% de simultaneidad.

El throughput por usuario calculado se condice con los KPIs estándar de servicio LTE según lo consultado a distintas operadoras móviles.

La capacidad del sistema puede ampliarse y escalarse a futuro agregando mayor cantidad de sectores, bandas o canales migrando 3G a 4G.

4.6 Diseño de ingeniería

Para el diseño de ingeniería se ha elegido el software Ibwave, considerado el standard del mercado y el más indicado para la realización de diseños indoor de cobertura móvil.

Ibwave permite realizar predicciones de cobertura precisas de sistemas DAS indoor multi tecnología y multi operador. Posee una amplia base de datos para diseñar el sistema y también permite la modelización de edificios a partir de fotos o planos ya existentes, asignar materiales y caracterizar la atenuación de esos materiales.

Utilizaremos los siguientes módulos del software Ibwave:

- Ibwave Design: Permite el diseño de la infraestructura y renderizado del edificio y diagramas de instalación con los componentes reales del sistema simulados (hardware activo y pasivo).

- **Ibwave Propagation:** Este módulo habilita el cálculo de link-budget de la cobertura y la predicción de la misma en dos o tres dimensiones.

Para dar inicio al diseño en primer lugar tomamos el plano aproximado del primer piso que se ha importado al sistema de Ibwave. Tal como se mencionó anteriormente se trabajará sobre el primer piso como modelo.

Una vez seleccionado el plano en Ibwave se procede a la selección de las áreas de cobertura.

En segundo lugar se deben asignar los materiales, donde se utilizaran solo tres tipos, concreto liviano o “light”, concreto tipo mediano o “medium” y vidrio.

Como puede apreciarse en las capturas de pantalla, cada tipo de material tiene sus propiedades de conductividad, atenuacion y respuesta en frecuencia en distintas bandas.

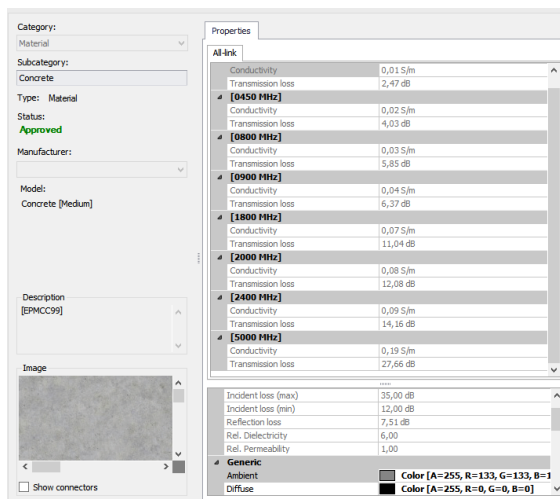


Figura 30: Captura de pantalla de las propiedades del concreto pesado en Ibwave.

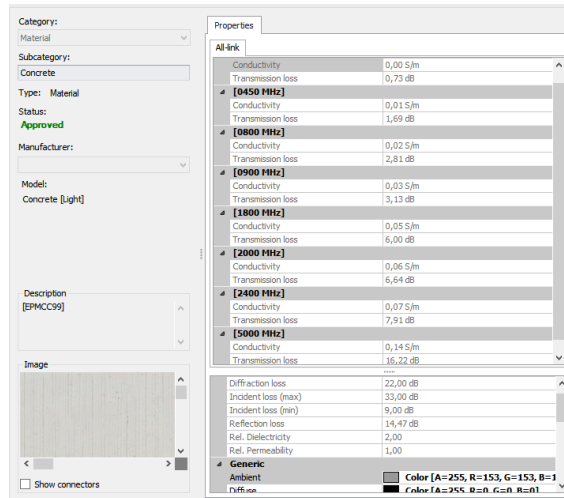


Figura 31: Captura de pantalla de las propiedades del concreto liviano en Ibwave.

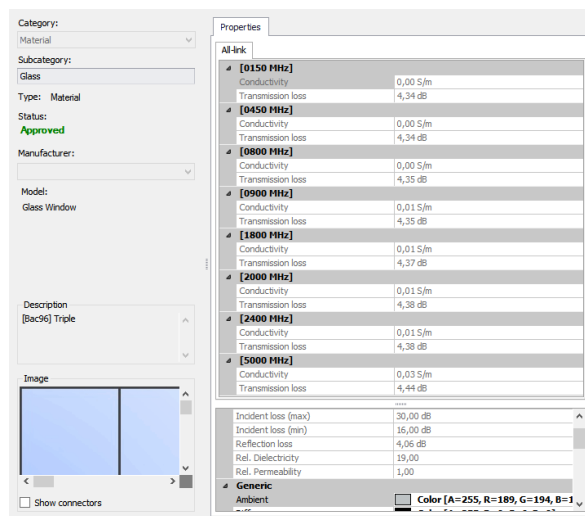


Figura 32: Captura de pantalla de las propiedades del vidrio en Ibwave

Con todos los elementos del plano cargados se asignó una altura promedio de 3 mts a los elementos constructivos, y podemos proceder a ver el plano completo y su renderizado 3D.



Figura 33: Vista en planta del piso 1 con materiales asignados.

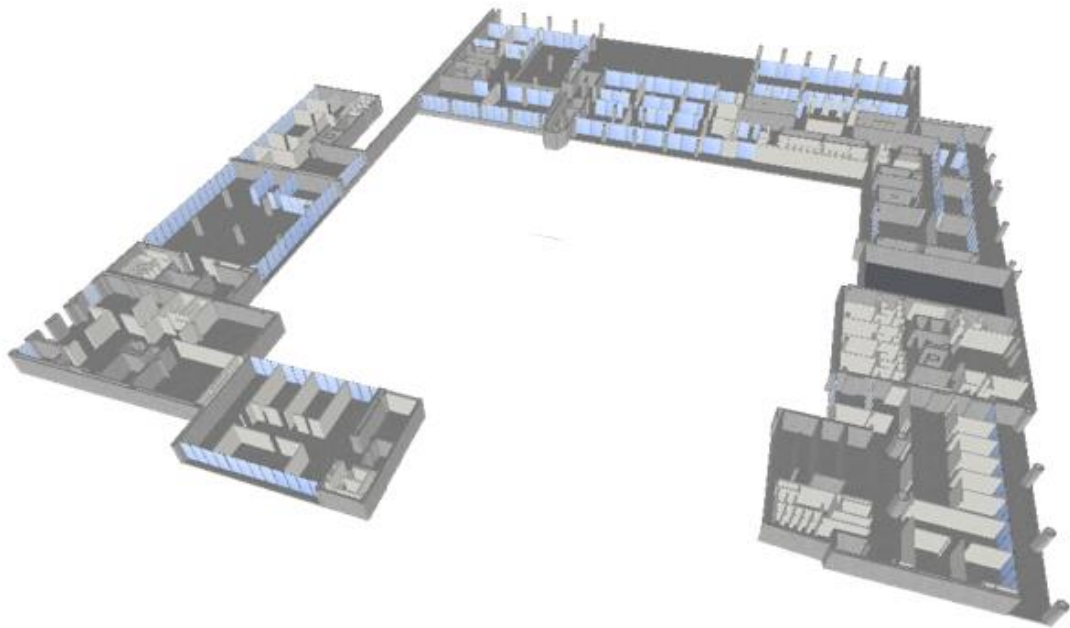


Figura 34: Vista en tres dimensiones del piso 1 creado en Ibwave.

El próximo paso es la importación de los archivos (.vex) que poseen la estructura y caracterización de los componentes activos y pasivos del sistema así también como los diagramas de propagación de las antenas.

Para el trabajo con el hardware activo la compañía Solid ha facilitado y autorizado el uso de sus archivos. Para el trabajo con los splitters, taps y antenas se utilizan los modelos estándar provistos por la base de datos de Ibwave.

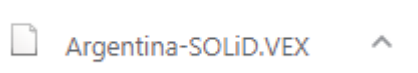


Figura 35: Archivo provisto por Solid para Argentina.

Los componentes provistos por Solid cargados en Ibwave pueden verse en la plantilla de Design Plan de la siguiente manera:

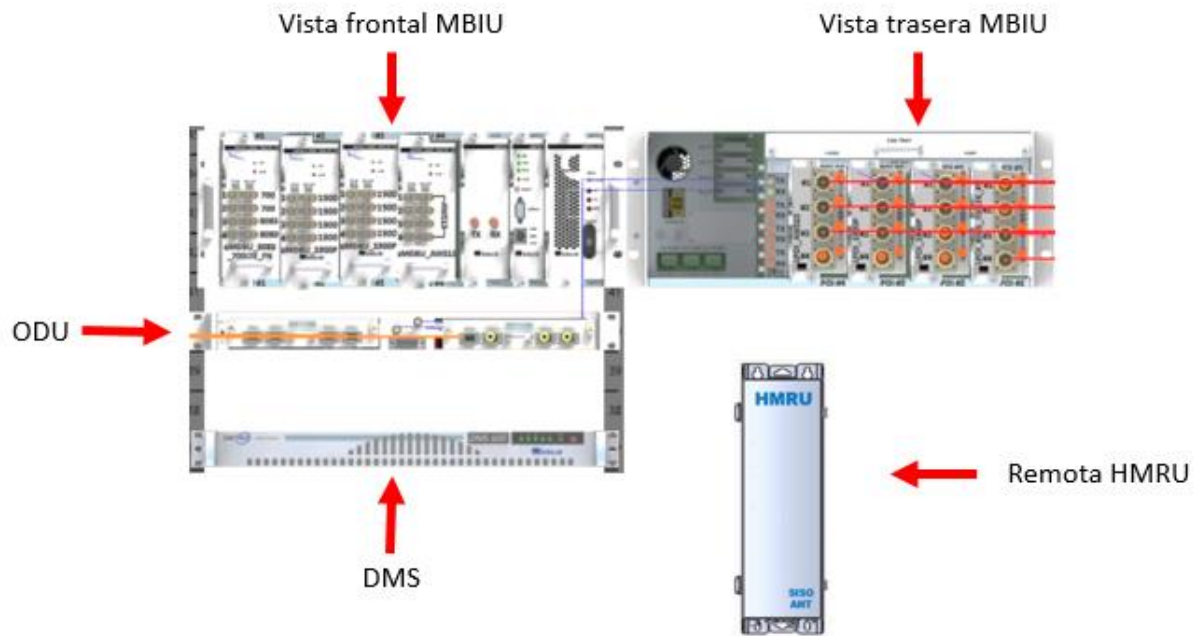


Figura 36: Captura de pantalla en Ibwave de los componentes Solid importados.

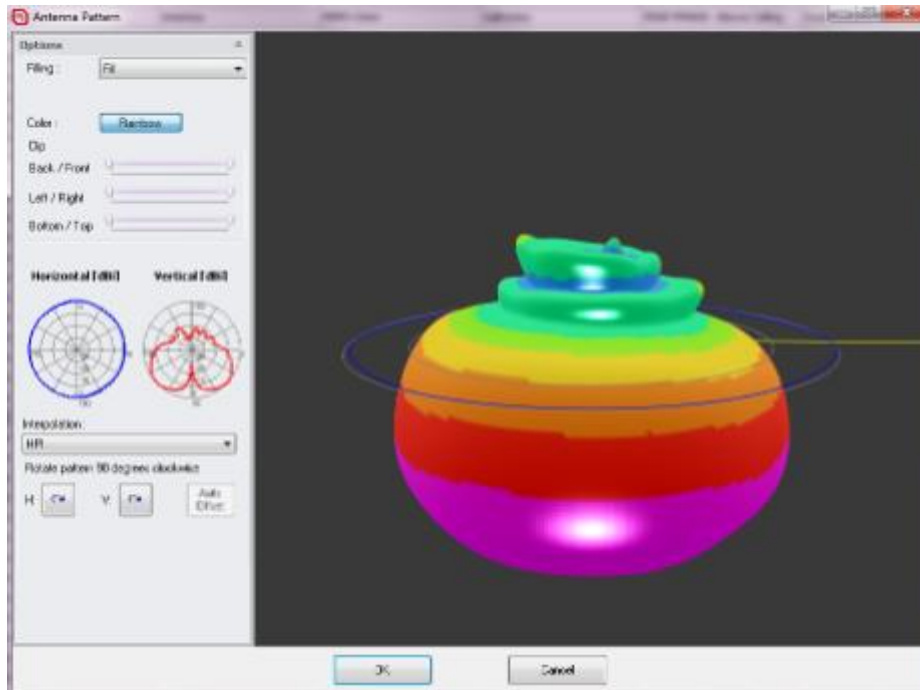


Figura 37: Ejemplo de patrón de radiación de antena omni genérica en Ibwave.

Según lo definido en el apartado anterior, para lograr una mayor capacidad transferencia de datos es necesario implementar 3 sectores.

Se propone la siguiente distribución considerando ediliciamente la construcción del campus, la interconexión entre edificios para el ruteo de cables y la cantidad de personas estimadas que habitan cada edificio.

Siendo el edificio más concurrido por los alumnos se propone un sector exclusivo para los 3 edificios sobre la calle Lima. El segundo sector dedicado a los 4 edificios sobre la calle Independencia, considerando que no son tan concurridos como Lima y la Residencia es de concurrencia baja o nula durante horarios de clases. Por último, el 3er sector para los 4 edificios sobre la calle Chile y Salta que contienen fundamentalmente oficinas de la universidad y la biblioteca.

La distribución se resume en el siguiente cuadro:

Edificio	Sector
Edificio Lima 1: 11 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 7mo Piso)	1
Edificio Lima 2: 9 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 5to Piso)	1
Edificio Lima 3: 13 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 9no Piso)	1
Edificio Independencia: 15 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 11vo Piso)	2
Edificio UADE Virtual: 15 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 11vo Piso)	2
Edificio Residencia: 15 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 11vo Piso)	2
Edificio UADE Labs: 15 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 11vo Piso)	2
Edificio Chile 1: 13 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 9no Piso)	3
Edificio Chile 2: 13 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 9no Piso)	3
Edificio Chile 3: 8 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 4to Piso)	3
Edificio Salta: 9 Pisos (Desde 3er subsuelo hasta 5to Piso)	3

Tabla 25: Sectorización del campus

Del relevamiento se concluye que se colocaran antenas sobre pasillos y áreas comunes, los equipos en montantes para facilitar el ruteo de cables y pasos entre pisos.

Cada remota alimenta 3 pisos de manera simétrica a través un splitter de 3 vías, de esa manera la potencia por piso es la misma para toda la distribución. Luego se utilizan splitters de 2 o 3 vías y taps de 6 o 10db estratégicamente distribuidos para lograr una señal lo más homogénea posible.

Bajo los criterios anteriormente mencionados se realizó el diagrama de instalación que pueden apreciarse en las figuras 38 y 39.

Cada dispositivo lleva un nombre, para los elementos pasivos la nomenclatura es la siguiente:

Derivadores: ANT##-PX

Antenas: SPT##-PX

Representa el número del dispositivo y X se refiere al Piso. Por ejemplo, “ANT13-P1”.

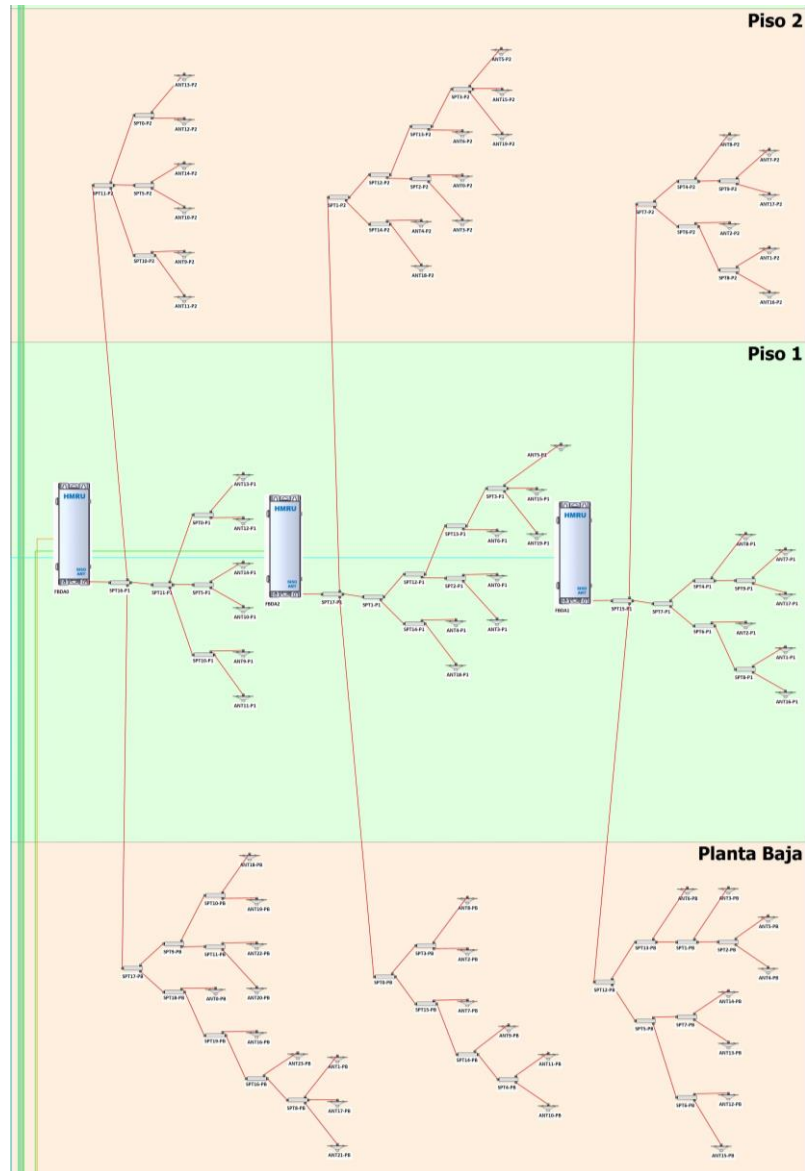


Figura 38: Captura de pantalla del diseño en Ibwave para planta baja, piso 1 y 2.



Figura 39: Captura de pantalla del vista en planta de Ibwave para el piso 1.

A partir del diseño realizado para el piso 1 se hizo una proyección en función de la cantidad de pisos sobre el resto del campus.

El diseño estima una cantidad de 15 remotas necesarias para un óptimo rendimiento, 5 remotas por sector. Esto significa que se necesitan 3 BIU y 3 ODU.

En la siguiente imagen se puede apreciar como seria la distribución en el rack según el diseño en Ibwave y la conexión con las radio bases de los operadores al DAS.

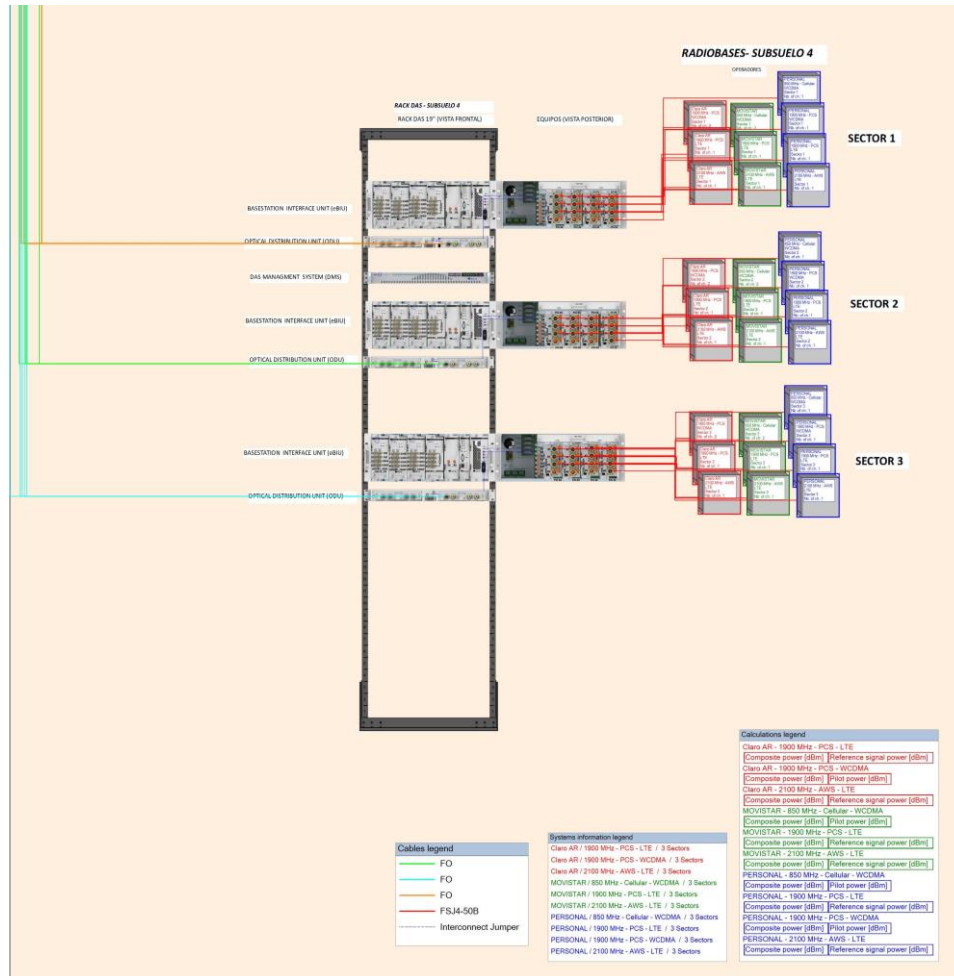


Figura 40: Vista en detalle de la interconexión de las radio bases con el DAS.

En el recuadro inferior derecho se obtienen las referencias de cada señal conectada al sistema DAS que se simulara. Cada recuadro representa un equipo con su tecnología y banda, además se hace referencia a la cantidad de canales.

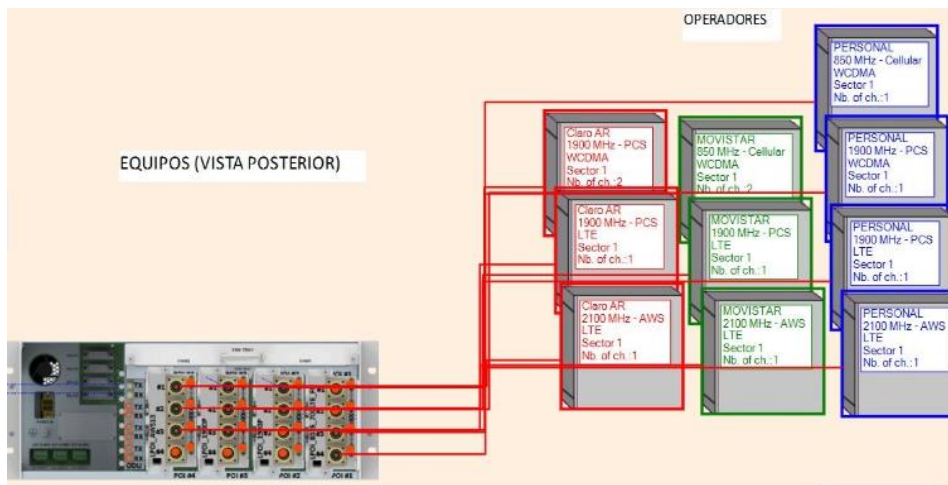


Figura 41: Detalle de sistemas a instalar por operadora.

Todo el equipamiento 3G se encuentra seteado para el diseño con una potencia de 43dBm de potencia compuesta y 33dBm de potencia piloto (CPICH). Todo el equipamiento 4G se encuentra seteado con 43 dBm de potencia compuesta y 15dBm de potencia de RS (Reference Signal). En caso de que en una implementación real estas potencias varíen, el sistema de Solid posee un control automático de ganancia para ajustar las atenuaciones en base a la potencia requerida o seteada en la salida de las remotas. Las potencias se distribuyen equitativamente para cada tecnología por operador dentro de la misma banda. El siguiente cuadro resume como es la distribución de potencias en la salida de cada remota:

BANDA AWS		BANDA 1900		BANDA 850	
Movistar LTE	38,3dBm	Movistar LTE	36dBm	Movistar WCDMA (Ch 1)	37dBm
Claro LTE	38,3dBm	Claro LTE	36dBm	Movistar WCDMA (Ch 2)	37dBm
Personal LTE	38,3dBm	Claro WCDMA (Ch 1)	33dBm	Claro WCDMA	X
		Claro WCDMA (Ch 2)	33dBm	Personal WCDMA	40dBm
		Personal LTE	36dBm		
		Personal UMTS	36dBm		

Tabla 26: Distribución de potencias en remotas.

4.7 Predicciones de Cobertura

Colocados cada componente antena, splitter o remota en su lugar, debido a que el plano se encuentra a escala, el sistema calcula automáticamente las longitudes de los cables y la atenuación de cada sistema en base a la banda de trabajo y respuesta en frecuencia de los dispositivos.

El sistema permite calcular automáticamente la señal que recibirá un móvil a una determinada distancia y la potencia recibida en cada dispositivo intermedio. A continuación, se muestra un ejemplo de la información obtenida del software Ibwave para una antena específica.

ID	Modelo	Longitud (m)	Gain/loss (dB)	2100 MHz - AWS - LTE - Sector 1 (dBm)
----	--------	--------------	----------------	---------------------------------------

ANT13-P1

BTS1 (2100 MHz - AWS - LTE - Sector 1)	-	-	0,00	43,00
CBL5	FSJ4-50B	3,00	-0,85	42,15
FTR2	LPOI_AWS13	-	-10,00	32,15
FTR5	eMDBU_AWS13	-	-6,02	26,13
CBL67	FO	41,54	0,00	26,13
FBDA0	TR_HMRU	-	12,10	38,23
CBL231	FSJ4-50B	3,00	-0,85	37,38
SPT16-P1	3-Way	-	-4,77	32,61
CBL221	FSJ4-50B	4,09	-1,05	31,56
SPT11-P1	3-Way	-	-4,77	26,79
CBL60	FSJ4-50B	1,82	-0,63	26,16
SPT0-P1	2-Way	-	-3,00	23,16
CBL55	FSJ4-50B	18,53	-3,74	19,42

Tabla 27: Link Budget Ibwave para ANT13-P1

ID	Modelo	Longitud (m)	2100 MHz - AWS - LTE - Sector 1	
			Gain/loss (dB)	(dBm)
MS signal range [m]	-	-	9,23	-
MS RSSI [dBm]	-	-	-60,23	-
ANT13-P1 (dBi)	Omni	-	2,00	21,42

Tabla 28: Calculo de potencia a 9m de la antena ANT13-P1.

El sistema Ibwave puede utilizar 3 métodos para la realización de las predicciones de cobertura:

- Cost 231. Es el método más común y utilizado para simular cobertura Wireless. No requiere un cálculo complejo por lo que es más rápido de calcular. Tampoco tiene en cuenta las reflexiones y difracciones, calcula las señales con rayo directo.
- VPLE (Variable Path Loss Equation). Es un método de muy rápido cálculo, no tiene precisiones, utiliza también el rayo directo para el cálculo. Más comúnmente usado para hacer predicciones rápidas por ejemplo desde un celular.
 - Fast Ray Tracing: Es el método elegido para este proyecto. Siendo el más complejo de todos, con un alto requerimiento de poder de cómputo realiza el cálculo utilizando el camino directo del rayo, señales reflejadas y difractadas.

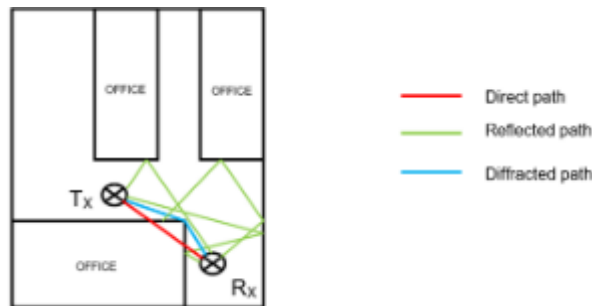


Figura 42: Representación de rayos utilizados en Fast Ray Tracing

Con todos los elementos interconectados podemos presentar los plots de predicciones de cobertura.

A continuación, se muestran algunos de los plots de cobertura generados.

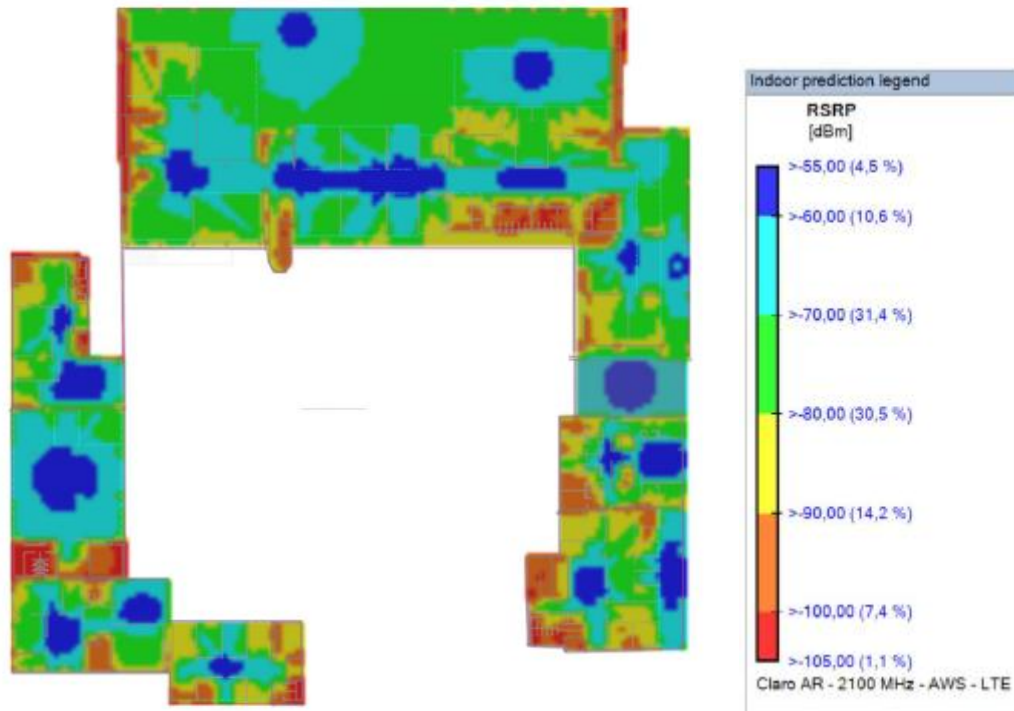


Figura 43: Predicción de cobertura Claro AWS RSRP

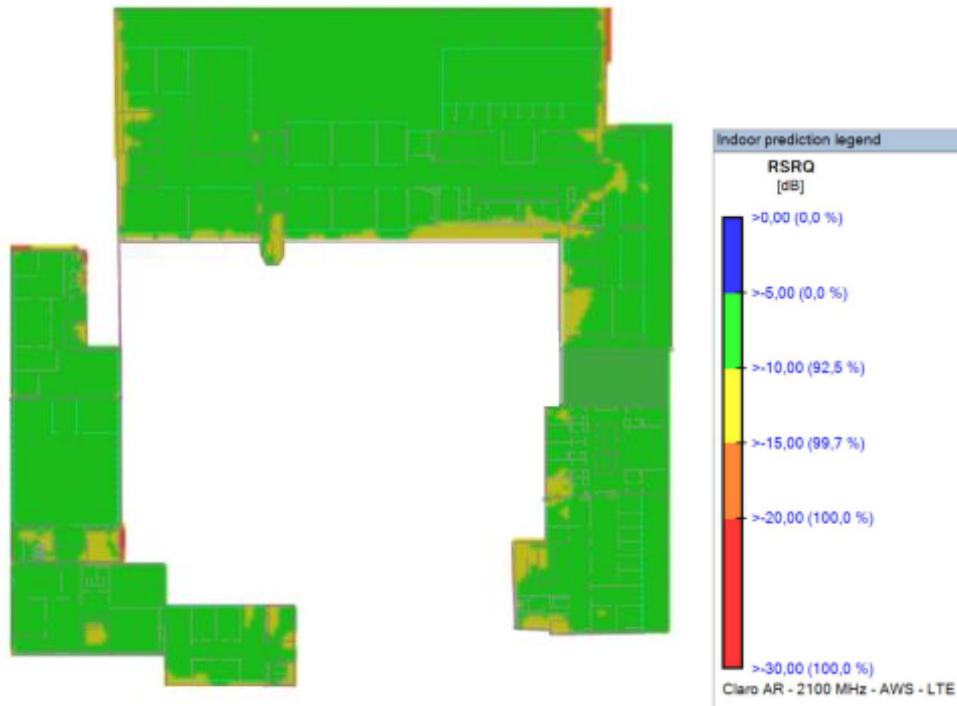


Figura 44: Predicción de cobertura Claro AWS RSRQ.

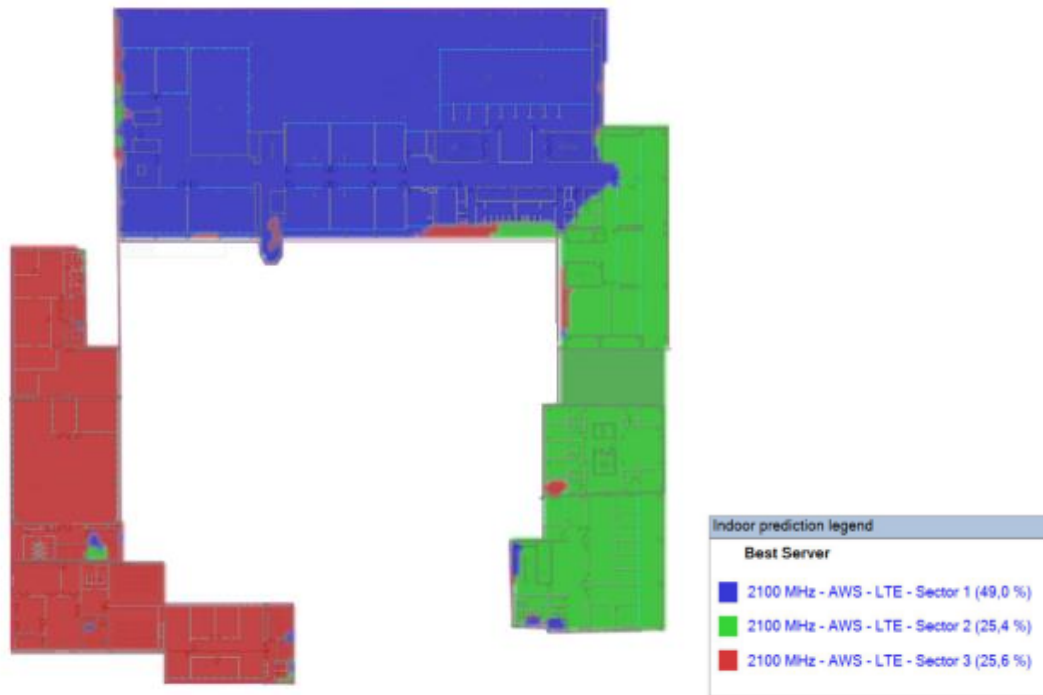


Figura 45: Predicción de cobertura Claro AWS Best Server.

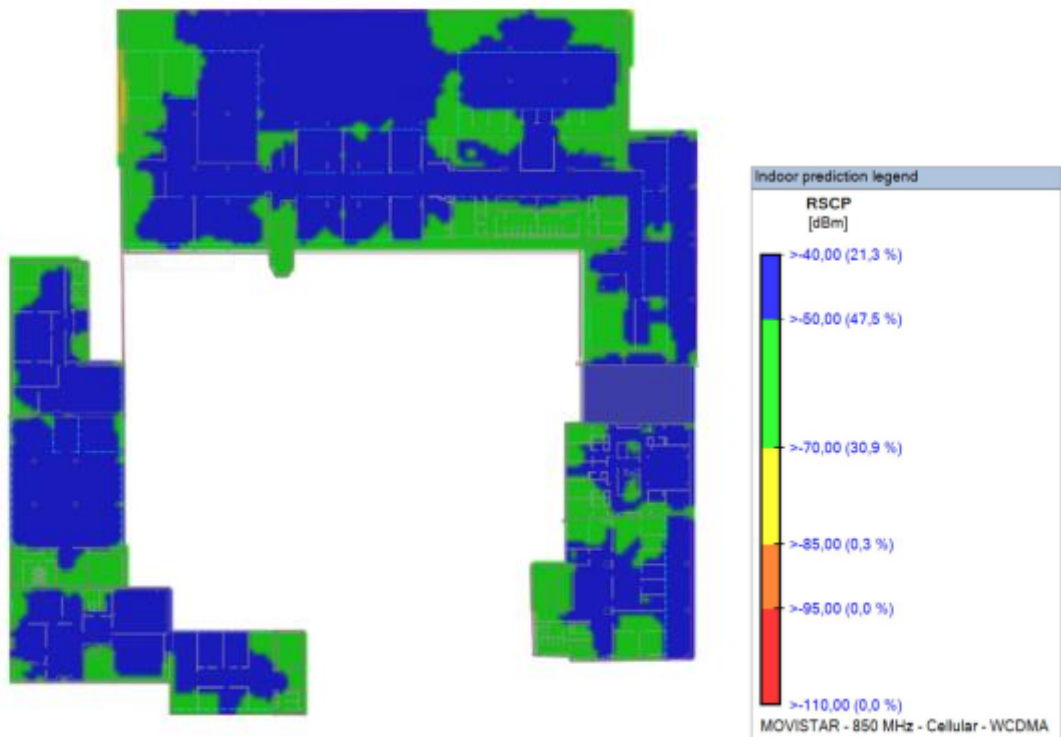


Figura 46: Predicción de cobertura Movistar 850 RSCP.

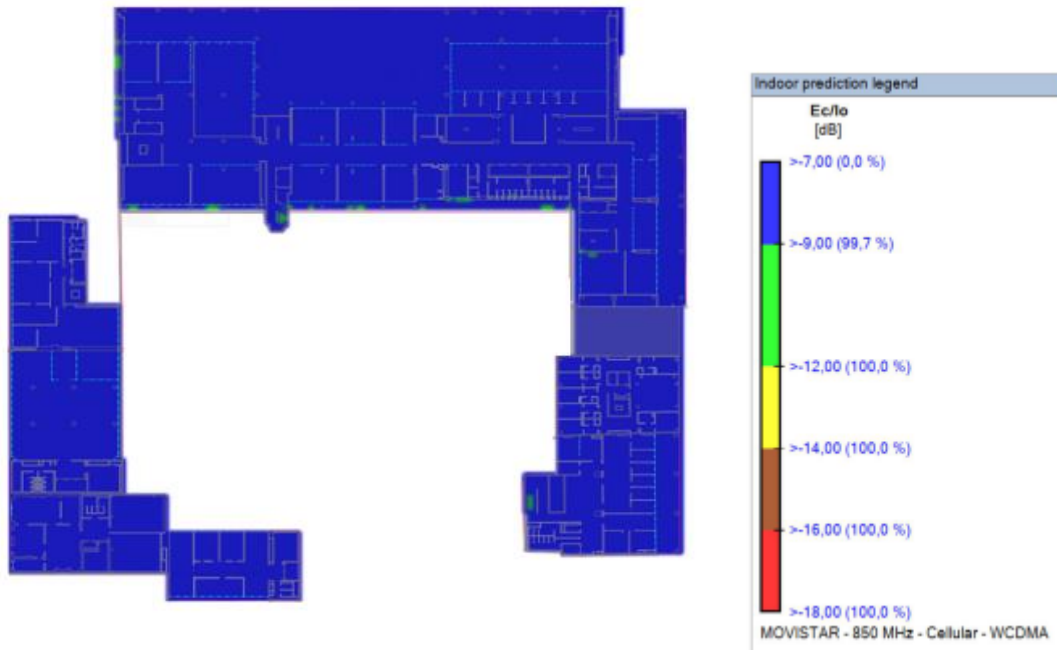


Figura 47: Predicción de cobertura Movistar 850 Ec/Io.



Figura 48: Predicción de cobertura Movistar 850 Best Server.

La ingeniería tiene un nivel de cumplimiento de KPI mínimo para un determinado porcentaje de la superficie que es definido en el software y utilizado como referencia para el diseño, como por ejemplo para el posicionamiento de las antenas.

Todas las predicciones cumplen con los KPIs requeridos.

A continuación, podemos ver un ejemplo del reporte de compliance de IBwave con el estándar de KPI exigido, en este para la operadora Claro en la banda de AWS.

Compliance Report

Claro AR - 2100 MHz - AWS - LTE

Dominance over macro			Min 10,00 dB	
			Target: 95,0 %	
Total area (Sq. m)			Result (%)	Compliant
Building 1	Piso 1	6352,62	96,7	Yes
Handoff			Min 10,00 dB	
			Target: 90,0 %	
Total area (Sq. m)			Result (%)	Compliant
Building 1	Piso 1	6352,62	91,8	Yes
LTE RSRP			Min -82,00 dBm	
			Target: 85,0 %	
Total area (Sq. m)			Result (%)	Compliant
Building 1	Piso 1	6352,62	89,32	Yes
LTE RSRQ			Min -10,00 dB	
			Target: 90,0 %	
Total area (Sq. m)			Result (%)	Compliant
Building 1	Piso 1	6352,62	92,5	Yes

Tabla 29: Compliant report extraído de Ibwave para Claro AWS LTE.

4.7 Listado de Materiales

El sistema de Ibwave permite generar automáticamente un listado de los materiales necesarios para la instalación siempre que hayan sido cargados en el software. A partir del diagrama de instalación se realizó el computo.

De allí se extraen el listado de materiales activos y pasivos. Se añaden de manera manual los materiales misceláneos realizando una estimación por la envergadura de la instalación.

Familia	Tipo	Marca	Modelo	Descripción	Unidad	Cantidad
Activo	DAS	SOLiD	TR_HMRU_C_AC_L70AC85P19AWS12	ALLIANCE-TR High power Main Remote Unit Common(4-band)	u	15
Activo	DAS	SOLiD	TR_HRDU_850C	ALLIANCE-TR HRDU module for 850 Cellular	u	3
Activo	DAS	SOLiD	TR_HRDU_1900P	ALLIANCE-TR HRDU module for 1900 PCS	u	3
Activo	DAS	SOLiD	TR_HRDU_AWS13	ALLIANCE-TR HRDU module for 2100 AWS	u	3
Activo	DAS	SOLiD	TR_ODU_C_	ALLIANCE-TR Optical Distribution Unit Chassis	u	3
Activo	DAS	SOLiD	TR_ODU/OEU_O M4	ALLIANCE-TR 4 port Optic Module	u	3
Activo	DAS	SOLiD	TR_MBIU_C_AC_	ALLIANCE-TR Master Base station Interface Unit Chassis	u	3
Activo	DAS	SOLiD	TR_MDBU_1900P	ALLIANCE-TR MDBU unit for 1900 PCS	u	3
Activo	DAS	SOLiD	TR_MDBU_AWS13	ALLIANCE-TR MDBU unit for AWS	u	3
Activo	DAS	SOLiD	TR_MDBU_850C	ALLIANCE-TR MDBU unit for 850 Cellular	u	3
Activo	DAS	SOLiD	DMS_2000	ALLIANCE-TR DAS Management System	u	1
Pasivos	Cable	Generico	Generico	Omnidirectional Sour-Building Antenna	u	259
Pasivos	Cable	Generico	Generico	50 ohms - 1/2" coaxial cable - foam dielectric	m	5343
Pasivos	Connector	Generico	Generico	Generic N-Male Coaxial Connector	u	964
Pasivos	Connector	Generico	Generico	Generic DIN-Male Coaxial Connector	u	24
Pasivos	Splitter	Generico	Generico	3-Way Splitter / Combiner - 0-6000 MHz	u	33
Pasivos	Splitter	Generico	Generico	2-Way Splitter / Combiner - 0-6000 MHz	u	107
Pasivos	Splitter	Generico	Generico	10 dB Directional Coupler	u	4
Pasivos	Splitter	Generico	Generico	6 dB Directional Coupler	u	58
Miscelaneos	Adecuacion	Generico	Generico	Bandeja Portacables 150mm	m	100
Miscelaneos	Adecuacion	Generico	Generico	Grampas para fijacion de coaxil de 1/2"	u	500
Miscelaneos	Adecuacion	Generico	Generico	Pasamuro a realizar	u	10
Miscelaneos	Adecuacion	Generico	Generico	Precintos Plasticos 100x2,5mm x Bolsa	u	50
Miscelaneos	Adecuacion	Generico	Generico	Gabinete 19" 40u outdoor con ventilación forzada	u	1
Miscelaneos	DAS	Generico	Generico	Switch netGear ProSAFE® 16 port Gigabit Ethernet	u	1
Miscelaneos	Electricidad	Generico	Generico	Cable Sintenax 3x4mm2	m	300
Miscelaneos	Electricidad	Generico	Generico	Caja Plastica 8M odulos DIN c/Puerta IP40	u	1
Miscelaneos	Electricidad	Generico	Generico	Caja Plastica 4M odulos DIN c/Puerta IP40	u	15
Miscelaneos	Electricidad	Generico	Generico	Cinta Aisladora x20m Negra	u	20
Miscelaneos	Electricidad	Generico	Generico	Interruptor Termomagneticos 2x25A	u	15
Miscelaneos	Electricidad	Generico	Generico	Interruptor Termomagnetico 2x32A	u	4
Miscelaneos	Electricidad	Generico	Generico	Interruptor Termomagnetico 2x63A	u	1
Miscelaneos	Electricidad	Generico	Generico	Pletina de Cu incluye tornillos y 6 agujeros roscados 3/8" para conexión y fijacion	u	1
Miscelaneos	Electricidad	Generico	Generico	TRU AC	u	1
Miscelaneos	Fibra	Generico	Generico	Fibra Optica	m	994
Miscelaneos	Fibra	Generico	Generico	Pachera FO SC/APC rackeable 19" x 12ports	u	2
Miscelaneos	Fibra	Generico	Generico	Patchcords FO SC/APC x 3m	u	30
Miscelaneos	Fibra	Generico	Generico	Rosetas FO SC/APC x 2Puertos	u	6

Figura 49: Listado de materiales del proyecto.

CAPITULO V

ANALISIS FINANCIERO

CAPITULO V

5 Análisis Financiero

Este apartado busca realizar un análisis de costos y rentabilidad del proyecto para así poder evaluar el modelo de negocio.

5.1 Análisis FODA

El análisis FODA es una herramienta que permite hacer una revisión de los factores internos y externos del proyecto mediante una matriz doble entrada donde a nivel horizontal se analizan los factores positivos y negativos que puedan tener incidencia en el proyecto. Por otro lado, en la columna vertical se visualizan los factores internos y a su vez controlables dentro del proyecto, y también los factores no controlables o externos.

Dentro de esta matriz relevan los siguientes puntos que dan nombre a la herramienta, “Fortalezas”, “Oportunidades”, “Debilidades” y “Amenazas”.

Factores Internos (Controlables)	Factores Externos (No Controlables)
<p>Fortalezas (+)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tecnología de vanguardia. • Gestión remota y monitoreo línea con el NOC. • Centralización de servicios móviles sobre una única plataforma. • Único sistema de mantenimiento. • No requiere conocimientos muy específicos para instalación física. • Bajo mantenimiento. 	<p>Oportunidades (+)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escalabilidad hacia nueva infraestructura en el campus. • Integración de nuevas tecnologías o servicios de telecomunicaciones móviles. • Posibilidad de sumar un 4to o 5to operador del mercado. • Nicho de mercado poco explotado.

Debilidades (-)	Amenazas (-)
<ul style="list-style-type: none"> • Dependencia de subcontratación para tareas de operación y mantenimiento. • Desconocimiento de la tecnología en el mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contexto económico, bajo financiamiento para el despliegue. • Copia de modelo negocio por parte de los proveedores. • Desinterés del propietario del edificio. • Cambios regulatorios.

Según el análisis FODA comprendemos la necesidad de tomar acciones para mitigar factores de riesgos tanto internos como externos para el desarrollo del proyecto.

Es importante expandir el conocimiento de la tecnología en el mercado, para ello consideramos oportuno una alianza con el fabricante del hardware para realizar workshops para mostrar los detalles tecnológicos, ventajas y casos de uso del sistema para las 3 operadoras móviles. También una o varias presentaciones a las autoridades de la Universidad de la tecnología y oportunidades económicas para incentivar su implementación.

5.2 Modelo de Negocio

Dentro de los modelos de negocios que se pueden implementar para este proyecto existen varias alternativas de acuerdo con quien es el dueño de la infraestructura, quien corre con los riesgos del proyecto, quien hace la implementación y diseño, entre otros factores. Se explican las posibilidades y motivos por el cual consideramos la mejor opción.

5.2.1 Modelo desarrollado por las Operadoras Móviles

El primer modelo está basado en un desarrollo completo por una alianza entre los operadores móviles, donde una o varios se ponen de acuerdo para la operación, adquisición del equipamiento y comparten la infraestructura con otras empresas del mercado a través de una

tasa mensual o canje entre sí. Este modelo tiene un costo inicial alto para el operador y depende enteramente de la rentabilidad que tenga el operador sobre el Campus de la UADE.

Cada operadora tiene aproximadamente un tercio del mercado móvil nacional, por lo que a ninguna le convendría más que a otro hacer esta inversión en función de la tasa de retorno promedio por usuario (ARPU por sus siglas en Ingles). Este modelo tiene como ventaja para la Universidad puede arrendar la locación de los equipos las empresas móviles y generar un ingreso fijo mensual sin ninguna inversión, verse beneficiado sus empleados y alumnos por el servicio. UADE podría negarse a cobrar un canon mensual y tener como beneficio únicamente el servicio. Una importante complicación de este modelo de negocio es que la negociación entre operadoras es altamente compleja.

5.2.2 Modelo Desarrollado por el Propietario del Edificio

El segundo modelo es uno en el cual la Universidad se encarga del diseño, implementación y operación de los sistemas que se desplegaran dentro del Campus de acuerdo con lo analizado en el Capítulo IV del presente trabajo.

Esto le permite a la Universidad arrendar la infraestructura a los proveedores de servicios por un ingreso fijo mensual.

De cualquier manera, no creemos que este modelo sea el recomendable ya que se requiere una inversión inicial muy alta por parte de la Universidad, que corre con todos los riesgos asociados no siendo función primordial de la Universidad este tipo de operaciones. Además, deberá tener personal capacitado que pueda hacer el diseño e implementación de la solución y negociar con los proveedores las tasas de arrendamiento. Esto significa contratar personal capacitado y hacerse responsable del mantenimiento y operación de un sistema que no es el foco del rol de Fundación UADE.

5.2.3 Modelo Desarrollado por un Tercero o Neutral Host.

Este modelo de negocio añade un tercer jugador en el desarrollo del proyecto. El llamado “Neutral Host”, básicamente consiste en una empresa que será propietaria del DAS y

se hará responsable del diseño de ingeniería, implementación y mantenimiento. Esta compañía deberá firmar un acuerdo con la Universidad para la locación del equipamiento y comprometerse al pago de un alquiler por los espacios utilizados. Para lograr la rentabilidad del negocio, a su vez el Neutral Host firmara contratos de servicios por la interconexión de las Operadoras Móviles del mercado al sistema.

Este modelo de negocio tiene como principales ventajas:

- La gestión, implementación y mantenimiento puede ser llevada a cabo por una empresa especializada en el rubro con personal calificado.
- El operador móvil no debe desenvolver grandes cantidades de dinero de presupuesto de CAPEX sino de OPEX como si se tratara del alquiler de un terreno para un mono poste o una terraza. Esto le permite reservar CAPEX para otras implementaciones.
- La Universidad se ve beneficiada en varios puntos muy importantes como la mejora del servicio telefónico y datos implicando así también un offloading a la inversa, de la cobertura móvil al WIFI reduciendo su despliegue. El otro punto fundamental es el beneficio económico por el cobro de un alquiler.

Del análisis desarrollado hemos determinado que el modelo de negocio que elegimos dentro del alcance de este proyecto es el de Desarrollador Independiente o “Neutral Host”. Este modelo de negocio puede aplicarse a una empresa nueva o existente como ser las conocidas en el mercado de las telecomunicaciones como “torreras”.

Consideramos como mejor opción para este modelo de negocio la tercerización de la mano de obra, implementación y puesta en marcha del servicio para así poder concentrar los recursos propios en la gestión del proyecto y del desarrollo del negocio.

5.3 Costos

Los costos del proyecto están asociados principalmente a los materiales (hardware activo, pasivos y misceláneos), servicio de implementación y mantenimiento.

En primer lugar, para desarrollar los costos de materiales, se solicitó cotización a proveedores locales con precios nacionalizados ya que los materiales de radiofrecuencia y el hardware activo son necesariamente importados.

Hardware Activo:

Familia	Marca	Modelo	Descripcion	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Activo	SOLiD	TR_HMRU_C_AC	ALLIANCE-TR High power Main Remote Unit Common(4-band)	15	USD 6.336,00	USD 95.040,00
Activo	SOLiD	TR_HRDU_850C	ALLIANCE-TR HRDU module for 850 Cellular	3	USD 1.698,40	USD 5.095,20
Activo	SOLiD	TR_HRDU_1900P	ALLIANCE-TR HRDU module for 1900 PCS	3	USD 1.698,40	USD 5.095,20
Activo	SOLiD	TR_HRDU_AWS13	ALLIANCE-TR HRDU module for 2100 AWS	3	USD 1.698,40	USD 5.095,20
Activo	SOLiD	TR_ODU_C_	ALLIANCE-TR Optical Distribution Unit Chassis	3	USD 482,24	USD 1.446,72
Activo	SOLiD	TR_ODU/OEU_OM4	ALLIANCE-TR 4 port Optic Module	3	USD 1.569,92	USD 4.709,76
Activo	SOLiD	TR_MBIU_C_AC_	ALLIANCE-TR Master Base station Interface Unit Chassis	3	USD 1.946,56	USD 5.839,68
Activo	SOLiD	TR_MDBU_1900P	ALLIANCE-TR MDBU unit for 1900 PCS	3	USD 1.460,80	USD 4.382,40
Activo	SOLiD	TR_MDBU_AWS13	ALLIANCE-TR MDBU unit for AWS	3	USD 1.460,80	USD 4.382,40
Activo	SOLiD	TR_MDBU_850C	ALLIANCE-TR MDBU unit for 850 Cellular	3	USD 1.460,80	USD 4.382,40
Activo	SOLiD	DMS_2000	ALLIANCE-TR DAS Management System	1	USD 4.392,96	USD 4.392,96
						USD 139.861,92

Tabla 30 Hardware Activo\

Hardware Pasivo:

Familia	Tipo	Descripcion	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Pasivos	Cable	Omnidirectional Sour-Building Antenna	u	259	USD 33,00	USD 8.547,00
Pasivos	Cable	50 ohms - 1/2" coaxial cable - foam dielectric	m	5343	USD 1,13	USD 6.010,88
Pasivos	Connector	Generic N-Male Coaxial Connector	u	964	USD 1,38	USD 1.325,50
Pasivos	Connector	Generic DIN-Male Coaxial Connector	u	24	USD 1,38	USD 33,00
Pasivos	Splitter	3-Way Splitter / Combiner - 0-6000 MHz	u	33	USD 13,25	USD 437,25
Pasivos	Splitter	2-Way Splitter / Combiner - 0-6000 MHz	u	107	USD 11,25	USD 1.203,75
Pasivos	Splitter	10 dB Directional Coupler	u	4	USD 4,20	USD 16,80
Pasivos	Splitter	6 dB Directional Coupler	u	58	USD 3,75	USD 217,50
						USD 17.791,68

Tabla 31 Hardware Pasivo

Misceláneos:

Familia	Tipo	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
Miscelaneos	Adecuacion	Bandeja Portacables 50mm	m	100	\$ 250,00	\$ 25.000,00
Miscelaneos	Adecuacion	Grampas para fijacion de coaxil de 1/2"	u	500	\$ 25,00	\$ 12.500,00
Miscelaneos	Adecuacion	Pasamuro a realizar	u	10	\$ 1.500,00	\$ 15.000,00
Miscelaneos	Adecuacion	Precintos Plasticos 100x2,5mm x Bolsa	u	50	\$ 100,00	\$ 5.000,00
Miscelaneos	Adecuacion	Gabinete 19" 40u outdoor con ventilación forzada	u	1	\$ 25.200,00	\$ 25.200,00
Miscelaneos	DAS	Switch netGear ProSAFE® 16 port Gigabit Ethernet	u	1	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00
Miscelaneos	Electricidad	Cable Sintenax 3x4mm2	m	300	\$ 95,00	\$ 28.500,00
Miscelaneos	Electricidad	Caja Plastica 8Modulos DIN c/Puerta IP40	u	1	\$ 350,00	\$ 350,00
Miscelaneos	Electricidad	Caja Plastica 4Modulos DIN c/Puerta IP40	u	15	\$ 550,00	\$ 8.250,00
Miscelaneos	Electricidad	Interruptor Termomagneticos 2x25A	u	15	\$ 350,00	\$ 5.250,00
Miscelaneos	Electricidad	Interruptor Termomagneticos 2x32A	u	4	\$ 220,00	\$ 880,00
Miscelaneos	Electricidad	Interruptor Termomagneticos 2x63A	u	1	\$ 400,00	\$ 400,00
Miscelaneos	Electricidad	TRU AC	u	1	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
Miscelaneos	Fibra	Fibra Optica	m	2145	\$ 73,50	\$ 157.657,50
Miscelaneos	Fibra	Pachera FO SC/APC rackeable 19" x 12ports	u	2	\$ 2.730,00	\$ 5.460,00
Miscelaneos	Fibra	Patchcords FO SC/APC x 3m	u	30	\$ 105,00	\$ 3.150,00
Miscelaneos	Fibra	Rosetas FO SC/APCx2Puertos	u	15	\$ 420,00	\$ 6.300,00
						\$ 320.897,50

Tabla 32 Misceláneos

Se asume para el cálculo del costo total una cotización del dólar contra el peso argentino a \$40.

	Total en Dolares	Total en Pesos
Hardware Activo	USD 139.861,92	\$ 5.594.476,80
Hardware Pasivo	USD 17.791,68	\$ 711.667,00
Miscelaneos	USD 0,00	\$ 320.897,50
Costo total		\$ 6.627.041,30

Tabla 33 Costo Total de Materiales

El servicio de implementación se costó por **\$1.500.000** (Pesos Argentinos) contemplando la instalación de hardware activo, pasivo, misceláneos, provisión de materiales menores como bulonería, adaptadores, terminales, soportes, entre otros, e incluye la puesta en marcha con una medición tipo Walktest para verificar la cobertura indoor en todas las tecnologías y bandas de la solución.

A partir de la información indicada en la siguiente tabla se detalla el costo total de la implementación del sistema.

Materiales	\$ 6.627.041,30
Implementacion	\$ 1.500.000,00
Otros	\$ 406.352,07
Costo total	\$ 8.533.393,37

Tabla 34 Costo de Materiales y Mano de Obra

El concepto “Otros” se refiere a materiales originalmente no contemplados, alquiler de plataformas de elevación, viáticos o cualquier otro gasto no previsto.

5.4 Inversión Inicial y Financiación

La inversión inicial para poder poner operativo el proyecto y desarrollar la infraestructura tiene un costo estimado total de \$ **8.533.393,37 (Pesos Argentinos)** de acuerdo con lo expuesto anteriormente en los ítems relacionados con el análisis de costos del presente documento.

Para el análisis de este modelo se toma como supuesto la disponibilidad total de los fondos para afrontar esta inversión a través de la capitalización de activos por un total de hasta 230.000 USD (Dólares americanos). Esto a una tasa de cambio de aproximadamente \$40 Pesos Argentinos por Dólar Americano otorga una disponibilidad líquida de \$ **9.200.000,00 (Pesos Argentinos)**.

Se hicieron estudios de factibilidad para la financiación de la inversión inicial a través del análisis del costo de oportunidad de tomar créditos flexibles otorgados a través de bancos de fomento a las Pymes como el Banco de Inversión y Comercio Exterior (BICE) dependiente del Ministerio de Producción de la República Argentina, pero dada la situación macro-económica actual tomar un crédito de estas características con tasas expresadas a través del CFTEA superiores al 50% hace que los flujos positivos de caja durante el desarrollo total del proyecto no sean suficientes para cubrir los costos de la financiación y que los indicadores financieros hagan viables la inversión. A continuación, se muestra un ejercicio a modo referencial para ejemplificar este punto:

BICE		Capital	Intereses	Costo Total
CFTEA	53,85%	\$ 8.533.393,37	\$ 22.976.161,64	\$ 31.509.555,00
Plazo (Años)	5			

Tabla 35 Simulación de Préstamo

5.5 Ingresos

El ARPU, como se ha definido anteriormente, es un indicador del ingreso promedio por línea móvil. Lo consideramos un buen parámetro para evaluar la viabilidad e interés de este negocio para las operadoras móviles y así ver atractivo este proyecto comercialmente.

Considerando el Market Share y usuarios que circulan en el Campus UADE detallados en la Tabla XX se obtienen los siguientes ingresos promedios por operadora.

Operador	Market Share	Cantidad de Usuarios	Ingresos mensuales
Claro	37%	8033	\$ 1.510.147,60
Movistar	32%	6947	\$ 1.306.073,60
Personal	31%	6730	\$ 1.265.258,80
		Total	\$ 4.081.480,00

Tabla 36 Market Share por Operador

Por el Campus UADE transitan usuarios que asisten diariamente y hacen uso de la red en ese espacio que generan un ingreso mensual a las operadoras móviles por **\$4.081.480,00**. El valor de ARPU es promedio en la Argentina. Puede considerarse que el ingreso promedio del usuario promedio que asiste a UADE podría ser mayor que el promedio nacional debido a varios factores entre los que podemos enumerar el mayor poder adquisitivo promedio de las personas que asisten a la universidad frente a grupos de personas en otros ámbitos (vía Publica, Espacios Abiertos, Transporte Publico), la composición demográfica predominante de jóvenes que en general tienen abonos superiores ya que la demandas de consumo de datos es mayor, entre otros.

Siendo de interés el proyecto para una operadora móvil deberá desenvolver de su presupuesto operativo (Opex) un monto anual por la interconexión al sistema DAS. Este importe es el que consideramos como parte de un abono que deberán aportar las operadoras y son la base de ingresos para el análisis de sustentabilidad del presente proyecto. En esta línea es que creemos considerable que el costo de interconexión al sistema de antenas distribuido no puede ser menor al 10% del ARPU por operador, ya que asumiendo este costo el operador se desliga de tasas de arrendamiento, mantenimiento, riesgo civil, operación.

5.6 Ganancia Estimada

Para el cálculo de la ganancia estimada se analizarán los flujos existentes por un periodo de 120 meses, como se muestra a continuación:

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingreso Anual	\$ 4.897.776,00	\$ 4.897.776,00	\$ 4.897.776,00	\$ 4.897.776,00	\$ 4.897.776,00
Mantenimiento	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00
Alquiler	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00
Egresos Anuales	\$ 648.000,00	\$ 648.000,00	\$ 648.000,00	\$ 648.000,00	\$ 648.000,00
EBITDA	\$ 4.249.776,00	\$ 4.249.776,00	\$ 4.249.776,00	\$ 4.249.776,00	\$ 4.249.776,00
Inversion Inicial	\$ 8.533.393,37	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
EBIT	\$ -4.283.617,37	\$ 4.249.776,00	\$ 4.249.776,00	\$ 4.249.776,00	\$ 4.249.776,00
Impuestos (25%)	\$ 1.224.444,00	\$ 1.224.444,00	\$ 1.224.444,00	\$ 1.224.444,00	\$ 1.224.444,00
EBI	\$ -5.508.061,37	\$ 3.025.332,00	\$ 3.025.332,00	\$ 3.025.332,00	\$ 3.025.332,00
Flujo de Caja	\$ -5.508.061,37	\$ -2.482.729,37	\$ 542.602,64	\$ 3.567.934,64	\$ 6.593.266,64

	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingreso Anual	\$ 4.897.776,00	\$ 4.897.776,00	\$ 4.897.776,00	\$ 4.897.776,00	\$ 4.897.776,00
Mantenimiento	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00
Alquiler	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00	\$ 600.000,00
Egresos Anuales	\$ 648.000,00	\$ 648.000,00	\$ 648.000,00	\$ 648.000,00	\$ 648.000,00
EBITDA	\$ 4.249.776,00	\$ 4.249.776,00	\$ 4.249.776,00	\$ 4.249.776,00	\$ 4.249.776,00
Inversion Inicial	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
EBIT	\$ 4.249.776,00	\$ 4.249.776,00	\$ 4.249.776,00	\$ 4.249.776,00	\$ 4.249.776,00
Impuestos (25%)	\$ 1.224.444,00	\$ 1.224.444,00	\$ 1.224.444,00	\$ 1.224.444,00	\$ 1.224.444,00
EBI	\$ 3.025.332,00	\$ 3.025.332,00	\$ 3.025.332,00	\$ 3.025.332,00	\$ 3.025.332,00
Flujo de Caja	\$ 9.618.598,64	\$ 12.643.930,64	\$ 15.669.262,64	\$ 18.694.594,64	\$ 21.719.926,64

Tabla 37 - Flujos de Caja de Proyecto

Para poder determinar una correcta valorización de estos parámetros a continuación detallaremos cual es el criterio utilizado para cada uno de los flujos.

Inversión Inicial – se toma el total de costos fijos detallados en las secciones precedentes del presente documento.

Ingreso Anual – En base al análisis de contratos de locación para servicios similares se tomó un costo de arrendamiento del 10% del ARPU mensual por operadora.

Mantenimiento – Se consideraron materiales de repuesto, revisiones trimestrales de la infraestructura y mantenimientos puntuales que pudieran surgir.

Alquiler – Se tomo como referencia valores de alquileres equivalentes a los costos de mantenimiento de la infraestructura edilicia y servicios públicos asociados. En este punto se

debe destacar que para la Universidad no está planteado como una fuente de ingresos adicionales, sino como una herramienta que les de valor agregado y sea un diferencial competitivo para retener a los alumnos y captar potencialmente nuevos asistentes.

5.7 Indicadores Financieros

5.7.1 VAN – Valor Acumulado Neto

El VAN indica el monto de dinero acumulado a lo largo de la vida útil del proyecto, descontada la inversión inicial, que en nuestro caso es de **\$ 2.268.564,44**

El interés en nuestro caso es nulo, ya que no necesitamos de fuentes externas para financiarnos. Mas allá de este punto no debemos perder de vista el costo de oportunidad de nuestro capital invertido, utilizando una tasa de descuento equivalente a lo que dejaríamos de obtener por no dedicar nuestros fondos a otra inversión alternativa.

Bajo nuestra consideración, la rentabilidad de la inversión que estamos evaluando debe igualar, como mínimo, la más alta rentabilidad que obtendríamos con nuestro dinero en otra inversión con una duración similar. Para este caso y considerando las variables macroeconómicas de contorno en Argentina creemos que el mejor parámetro para poder hacer este análisis es utilizar la tasa de descuento equivalente al rendimiento de un plazo fijo de tasa fija en pesos de aproximadamente 25% que es un promedio de lo que actualmente otorgan los principales bancos del país.

Finalmente, en este análisis no contemplamos costos de amortización ya que solo trabajamos con materias primas que tienen una vida útil equivalente al tiempo total de desarrollo de este proyecto y no es relevante para este análisis hacer la amortización de estos materiales.

5.7.2 - TIR – Tasa Interna de Retorno

La tasa interna de retorno se define como el valor que hace que el valor acumulado neto (VAN) se haga 0, o sea, la tasa de retorno de nuestra inversión. Para calcularla, establecimos

una serie de tasas de corte y vimos para cual el VAN se hace cero como se muestra en la siguiente figura:

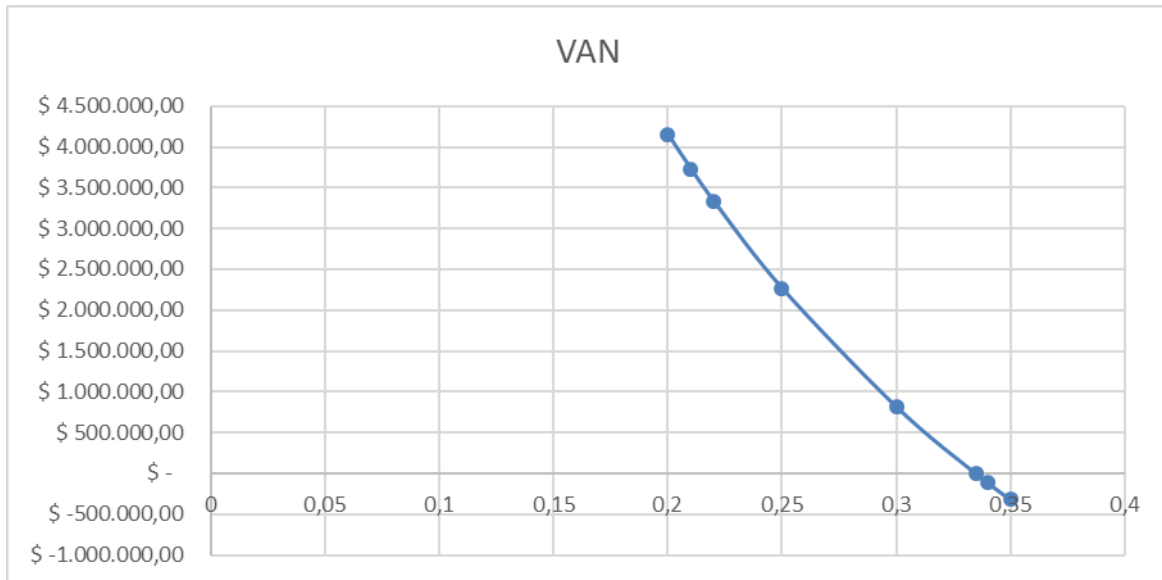


Figura 50: Representación de Valor Actual Neto

Si observamos la tasa de Corte para que el VAN se haga cero vemos que es ligeramente superior a la tasa de descuento utilizada para el cálculo del VAN, como se detalla a continuación:

TIR	VAN
0,2	\$ 4.150.226,59
0,21	\$ 3.731.538,42
0,22	\$ 3.335.541,74
0,25	\$ 2.268.564,44
0,3	\$ 819.540,01
0,3348	\$ 0,01
0,34	\$ -112.059,16
0,35	\$ -319.487,52

Tabla 38 Tasa Interna de Retorno

5.7.3 Payback – Repago

El periodo de repago se define como el tiempo de proyecto en que tardo en recuperar la inversión efectuada. Con una tasa de corte del 25%, la cual considera el costo de capital de nuestra inversión, obtenemos un periodo de repago de 24 meses. O sea, partir del 3er periodo de balances vamos a poder recuperar el capital invertido.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

CAPITULO VI

6. Conclusiones

Para poder construir estas conclusiones debemos tener en cuenta varios vectores de análisis que se fueron exponiendo y desarrollando a lo largo de este trabajo, pero que nos gustaría resaltar para poder construir un flujo de evaluación que nos acerque a conclusiones razonables.

Por un lado, el factor de avance tecnológico que se detalla en los primeros capítulos de este trabajo, donde las nuevas necesidades estuvieron motorizadas principalmente a partir de cambios de hábitos y consumos de los usuarios digitales, haciendo que la demanda de tecnología y conectividad tuviera un aumento exponencial a lo largo del tiempo. En muchos casos llegando a ser un factor determinante en la toma de decisiones de los consumidores en decisiones tan importantes como en qué Universidad Estudiar, a veces pesando más este factor que las referencias propias de la Institución o el contenido de las cátedras.

Por otro lado, la necesidad de escalar la tecnología celular, otorgando mayor cobertura y mayor capacidad de usuarios activos simultáneamente hace que tengamos que pensar y desarrollar esquemas de conectividad colapsados que optimicen los requerimientos de espacio y consumo energético para maximizar los retornos a los operadores móviles de manera que aceleren las inversiones para dar mayor cobertura. Además, se logró determinar que, con esta integración, no sólo se logra un beneficio económico, sino que se logran, también, beneficios en materia de conectividad y capacidad de brindar nuevos servicios a los usuarios.

Desde el punto de vista técnico y legal, el proyecto es viable ya que se encuadra dentro de las regulaciones existentes.

En el análisis técnico desarrollado en el capítulo IV, mostramos que la solución tecnológica planteada es perfectamente aplicable, reduce los componentes requeridos y permite a la Universidad posicionarse como una Institución moderna, tecnológica e innovadora.

Descubrimos que el modelo de “Neutral Host” en el que basamos el desarrollo del capítulo de factibilidad económica nos aportaba las siguientes ventajas:

- El operador móvil no debe desenvolver grandes cantidades de dinero de presupuesto como si se tratara del alquiler de un terreno para un mono poste o una terraza.
- La Universidad se ve beneficiada con la mejora del servicio telefónico y datos haciendo que no haya tanta necesidad de dar cobertura Wifi.

Finalmente, desde el punto de vista económico y financiero analizamos y determinamos que es completamente factible poder desarrollar este proyecto ya que tiene una tasa de retorno alta producto de la alta densidad de usuarios presentes en la Universidad. Si bien la inversión inicial es considerable, permite una aceleración en las utilidades a partir del tercer año de operación.

Desafíos a futuro

Parte de los desafíos que evaluamos a futuro están principalmente basados en la actualización tecnológica que sucede en este tipo de soluciones dado por la evolución de las necesidades de los usuarios y los avances en los estándares de comunicación.

Por un lado, los dispositivos de usuarios han evolucionado de manera exponencial permitiendo consumir nuevos servicios como streaming de video, comunicaciones en tiempo real, aplicaciones sociales, entre otros. Esto hace que las capacidades aquí planteadas puedan llegar a ser revisadas en un futuro mediano ya que variaría los requerimientos para los cálculos de capacidad de voz y datos.

Por otro lado, la evolución de la tecnología con lo que suponemos que es la futura aceleración de la tecnología 5G hará que los sistemas de comunicación deban converger a estas nuevas soluciones. Cuando esta necesidad este presente, el equipamiento propuesto en este trabajo es capaz de operar en las nuevas bandas de 5G, solo deberemos tener en cuenta la actualización de los equipos principales para adicionar estas bandas de operación.

Finalmente, uno de los desafíos que vemos a largo plazo es el comportamiento de los usuarios que como hemos visto al analizar cómo ha sido en la última década con la irrupción de los dispositivos móviles, puede ser que nos encontremos con necesidades futuras de los usuarios que no contemplen la infraestructura que hemos propuesto.

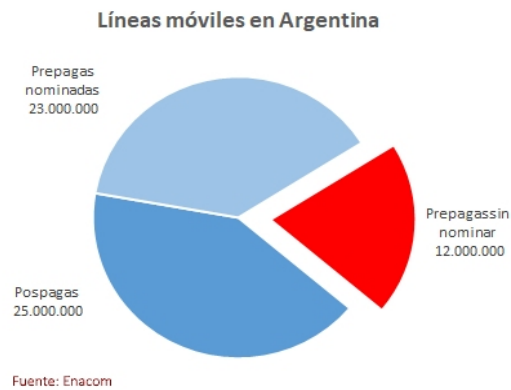
Bibliografía

- MALONEY, Timothy. *Electrónica industrial moderna*. 5ª. Ed. México: Pearson Educación, 2006. 1000 p. ISBN 970-26-0669-1.
- TOLSTRUP, Molsten. *Indoor Radio Planning: A Practical Guide for 2G, 3G and 4G*, Third Edition. 2015 John Wiley & Sons, Ltd.
- INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION [En Línea].
<https://www.itu.int/es/Pages/default.aspx>
- ALBORNOZ, José Manuel. *Radio enlaces digitales*. Editorial Académica Española, 2013
- 3rd Generation Partnership Project [En Línea]. <http://www.3gpp.org/>
- BAASAN, Soyola. *DAS 101 Distributed Antenna System: A Basic Guide to In-Building Wireless Infrastructure*.
- European Telecommunications Standards Institute [En Línea].
<https://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/mobile/4g>
- 5G Américas [En Línea]. <http://www.5gamericas.org/es/>
- Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica [En Línea]. <https://www.ieee.org/>
- Estadísticas del Banco Mundial [En Línea].
<https://datos.bancomundial.org/indicador/IT.CEL.SETS.P2>
- Ente Nacional de Comunicaciones [En Línea]. <https://www.enacom.gob.ar/>

ANEXO A

Análisis de Enacom de Líneas Móviles en Argentina

En consecuencia, quedaron unos 12 M de líneas si nominar, lo que **lleva ahora al total de líneas activas (y nominadas) a 48 M, o un 21% menos que los 62 M que había a principios de año.**



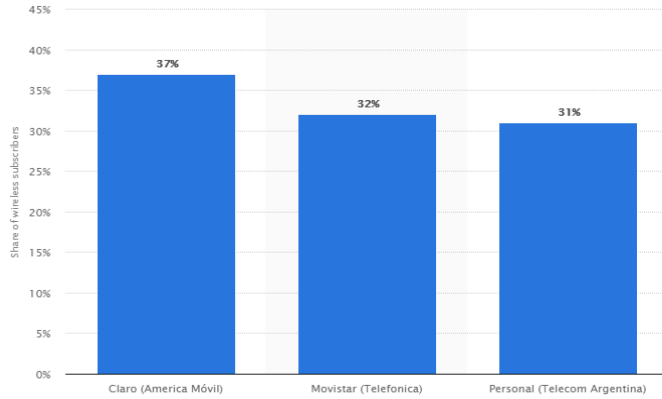
Con el nuevo número de líneas activas, **la penetración del servicio baja drásticamente de un 140% a un 111%**, no obstante lo cual sigue siendo un valor interesante.

Pero también **habrá un impacto positivo en el ARPU**, o ingreso promedio por línea, que es un buen indicador de la salud del negocio. Con las cifras del año pasado (los 62 M), el ARPU fue de \$ 148 mensuales. Considerando las cifras "purgadas" (los 48 M), el ARPU hubiera sido de \$ 188, un 27% más. Un diferencia no menor.

Como consecuencia de esta purga, la relación ahora entre líneas prepagas y pospagas es 48 a 52%, **dando por tierra con la creencia habitual de que el mercado argentino era eminente prepago.** Otro dato: la penetración de las líneas 4G es ahora de alrededor del 50%. En definitiva, mejoraron todos los números que cuentan.

Market Share Por Operador

Leading wireless operators in Argentina in 4th quarter 2017, by market share



DOWNLOAD SETTINGS SHARE

PNG PDF XLS PPT

DESCRIPTION SOURCE MORE INFORMATION

The statistic shows leading wireless operators in Argentina in the fourth quarter of 2017, by market share. In the presented period, Claro, owned by America Movil, held a 37 percent share of wireless subscribers in Argentina.

Argentina mobile market share - additional information

Argentina has the second highest mobile phone user penetration rate in Latin America, only behind Chile. In 2014, nearly 70 percent of the population used a mobile phone. About 73 percent of the population in Argentina used a mobile phone in the first three months of 2018.

Cotización de Referencia de Materiales y mano de obra

Productos

Atte: Equipo Comercial


Objeto: Equipamiento para Sistema distribuido UADE

Empresa: CIS GROUP LA
Fecha: Noviembre 2018

ITEM	DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM DE PAGO	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
A	Cableado Estructurado				
A1	Materiales (Activos, Pasivos)	un	1	USD 157.653,00	USD 157.653,00
A2	Materiales Miscelaneos*	un	1	\$ 320.897,50	\$ 320.897,50
A2	Mano de obra (Incluye Certificación y planimetría)	un	1	\$ 1.500.000,00	\$ 1.500.000,00

Descripcion	Unidad	Cantidad
Bandeja Portacables 50mm	m	100
Grampas para fijacion de coaxil de 1/2"	u	500
Pasamuro a realizar	u	10
Precintos Plasticos 100x2,5mm x Bolsa	u	50
Gabinete 19" 40u outdoor con ventilación forzada	u	1
Switch netGear ProSAFE® 16 port Gigabit Ethernet	u	1
Cable Santenax 3x4mm2	m	300
Caja Plastica 8Modulos DIN c/Puerta IP40	u	1
Caja Plastica 4Modulos DIN c/Puerta IP40	u	15
Interruptor Termomagnético 2x25A	u	15
Interruptor Termomagnético 2x32A	u	4
Interruptor Termomagnético 2x63A	u	1
TRU AC	u	1
Fibra Optica	m	2145

SUB-TOTAL NETO	Pesos	\$ 1.820.897,50
	Dolares	USD 157.653,00
TOTAL		



CISGROUP
INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES

▶ **Estamos Conectados**

NOTAS

- 1 Los Precios Unitarios están expresados en Dolares Estadounidenses.
- 2 Forma de Pago: 30 días fecha de factura.
- 3 Validez de la oferta: 15 días.
- 4 Lugar: Ciudad Autónoma de Buenos Aires
- 5 Los precios cotizados serán respetados exclusivamente por esta oferta, y no serán garantizados para futuros pedidos.

ANEXO B

Plots de Cobertura

