

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS FÍSICAS Y
FORMALES
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



MODELO DE IMPLEMENTACION DE UNA RED INALAMBRICA CARRIER
CLASS MULTI-SERVICIOS REDUNDANTE PARA UNA RED
CORPORATIVA MINERA

Tesis presentada por los bachilleres
CONTRERAS CERVANTES, GIORGIO
DEL CARPIO CARRERA, ALESSANDRO

Para optar el título profesional de:
INGENIERO DE SISTEMAS

AREQUIPA – PERÚ
2014

PRESENTACIÓN

Sr. Director del Programa Profesional de Ingeniería de Sistemas
Sres. Miembros del Jurado Examinador de Tesis

De conformidad con las disposiciones del reglamento de grados y títulos del programa profesional de Ingeniería de Sistemas, remitimos a vuestra consideración el estudio de investigación titulado “MODELO DE IMPLEMENTACION DE UNA RED INALAMBRICA CARRIER CLASS MULTI-SERVICIOS REDUNDANTE PARA UNA RED CORPORATIVA MINERA ”, el mismo que de ser aprobado nos permitirá optar por el título profesional de Ingeniero de Sistemas.

Arequipa, noviembre del 2014

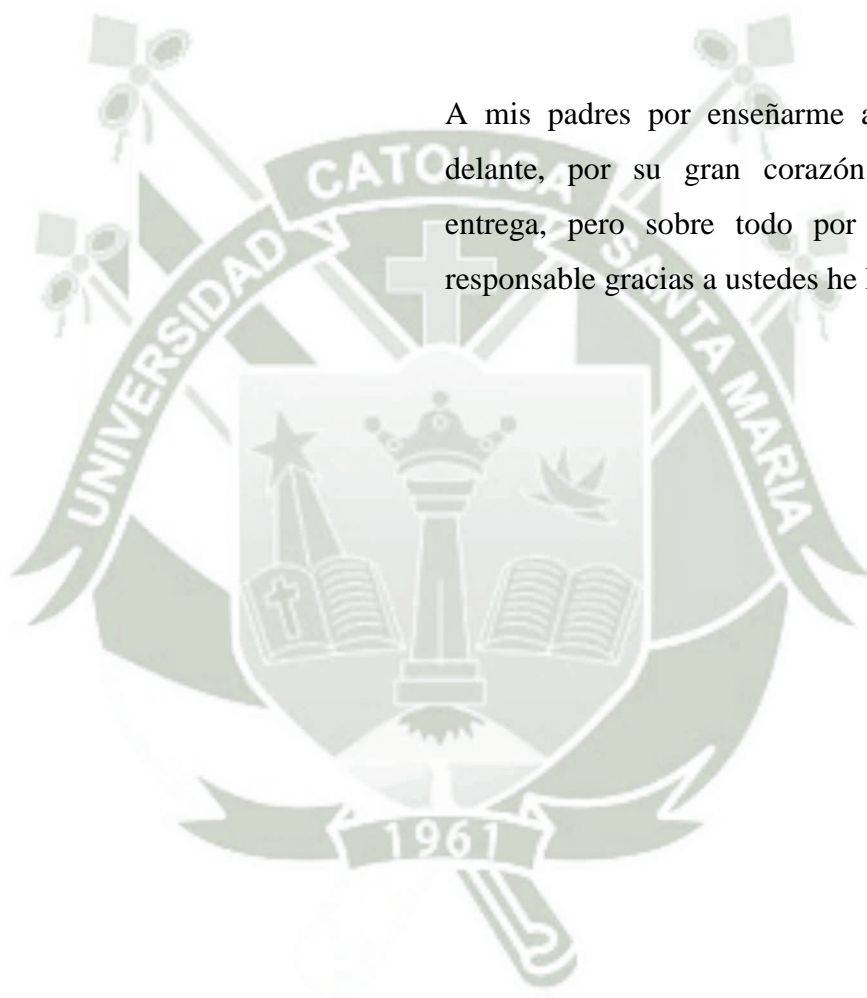
Giorgio Contreras Cervantes

Alessandro Del Carpio Carrera

DEDICATORIA

A Dios por haberme ayudado a levantarme de mis fracasos, por aprender de ellos y principalmente por permitirme realizar el sueño más importante de mi vida.

A mis padres por enseñarme a luchar hacia adelante, por su gran corazón y capacidad de entrega, pero sobre todo por enseñarme a ser responsable gracias a ustedes he llegado a la meta.



AGRADECIMIENTOS

A mis padres y familiares porque con sus principios y valores nos incentivan a ser mejores cada día.

A mis docentes porque con sus enseñanzas y consejos nos formaron para ser profesionales capaces de superar nuestras metas.

A nuestros amigos por la amistad y confianza entregada.



**“No temas ni te asustes, porque contigo está Yavé,
tu Dios, adondequiera que vayas”**

Josue 1,9



ÍNDICE

PRESENTACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPITULO 1	
PLANTEAMIENTO TEÓRICO	19
1.1. TITULO	19
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	19
1.3. JUSTIFICACIÓN	19
1.4. OBJETIVOS	20
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.5. HIPÓTESIS	20
1.6. VARIABLES E INDICADORES	20
1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	20
1.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE	21
1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES	21
1.7.1. ALCANCES	21
1.7.2. LIMITACIONES	21
1.8. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	22
1.8.1. TESIS 1	22
1.8.2. TESIS 2	23
1.8.3. CASO DE ÉXITO 1	23
1.8.4. CASO DE ÉXITO 2	24
1.8.5. DISCUSIÓN	25

2.5.1.1. CONTROL DE FLOTA.....	42
2.5.1.2. GESTIÓN DE NEUMÁTICOS	43
2.5.1.3. MONITOREO SIGNOS VITALES.....	43
2.5.1.4. SISTEMA DE ALTA PRECISIÓN	44
2.6. CALIDAD DE SERVICIO.....	45
2.6.1. CALIDAD DE SERVICIO EN RED DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES	45
2.6.2. PRIORIDAD TIPO DE TRÁFICO	46
2.6.3. MEDIDA DE LA CALIDAD DE SERVICIO.....	46
2.6.4. NORMATIVA TÉCNICA	47
2.7. TECNOLOGÍA CARRIER CLASS.....	48
2.7.1. REQUERIMIENTOS DE CARRIER CLASS	50
2.7.1.1. ALTA DISPONIBILIDAD 99,999%	50
2.7.1.2. ALTO RENDIMIENTO	51
2.7.1.3. CALIDAD DE SERVICIO	51
2.7.1.4. ESCALABILIDAD	51
2.7.1.5. SEGURIDAD.....	51
2.8. SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE COBERTURA-ICS TELECOM	53
2.8.1. MODELO DIGITAL DEL TERRENO.....	54
2.8.2. CARTOGRAFÍA RASTER.....	55
CAPITULO III	
PROPUESTA DEL MODELO.....	56
3.1. CRITERIOS DE DISEÑO.....	56
3.2. DIMENSIONAMIENTO	57
3.3. PLAN DE FRECUENCIAS-CANALIZACIÓN.....	57
3.4. DISEÑO DE LA RED	62
3.4.1. LOCALIZACIÓN	63
3.4.2. TOPOLOGÍA	65
3.4.3. SIMULACIÓN DE COBERTURA TEÓRICA:	67
3.4.3.1 MODELOS DE PROPAGACIÓN.....	68
3.4.3.2 TABLA DE NIVELES DE SEÑAL	70

3.4.3.3	COBERTURA SITIO FIJO EX GPS.....	70
3.4.3.4	COBERTURA SITIO CERRO 3.....	71
3.4.3.5	COBERTURA SITIO FIJO CERRO CHUNTACALLA.....	71
3.4.3.6	COBERTURA DE SITIOS FIJOS.....	72
3.4.3.7	COBERTURA SITIOS SEMI MOVILES.....	73
3.4.3.8	COBERTURA GLOBAL.....	74
3.4.4	DISEÑO DE CALIDAD DE SERVICIO.....	74
3.4.5	DISEÑO DE NIVELES DE SEGURIDAD.....	75
3.4.6	BENEFICIOS.....	76
3.4.6.1	BENEFICIOS ECONÓMICOS.....	76
3.4.6.2	ALGUNOS DE LOS SISTEMAS POSIBLES DE CONECTAR.....	77
3.5.	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TECNOLOGÍA.....	80
3.5.1.	CARACTERÍSTICAS GLOBALES.....	80
3.5.2.	CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS.....	81
3.6.	SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN Y MONITOREO.....	83
3.6.1	MONITOREO DE EQUIPOS:.....	84
3.7	FASES DEL TRABAJO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO.....	86
 CAPITULO IV		
	PRUEBAS Y VALIDACIÓN DEL MODELO.....	87
4.1.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN.....	87
4.1.1.	COBERTURA.....	87
4.1.2.	DISPONIBILIDAD.....	87
4.1.3.	TIPO Y CONSUMO DE ANCHO DE BANDA.....	88
4.1.4.	NIVEL DE SEÑAL RUIDO.....	88
4.2.	PRUEBAS.....	89
4.2.1.	COBERTURA.....	89
4.2.1.1.	PRUEBA DE COBERTURA REAL.....	89
4.2.2.	DISPONIBILIDAD.....	91
4.2.2.1.	INFRAESTRUCTURA FIJA.....	91
4.2.2.2.	CELL EXTENDER.....	92

4.2.3. TIPO Y CONSUMO DE ANCHO DE BANDA.....	92
4.2.3.1. TRÁFICO DE DATOS	92
4.2.3.2. CONSUMO DE ANCHO DE BANDA GENERAL.....	93
4.2.4. NIVEL DE SEÑAL RUIDO	93
CONCLUSIONES.....	95
RECOMENDACIONES.....	96
BIBLIOGRAFÍA	97
ANEXOS 1 - GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	100



ÍNDICE DE FIGURAS

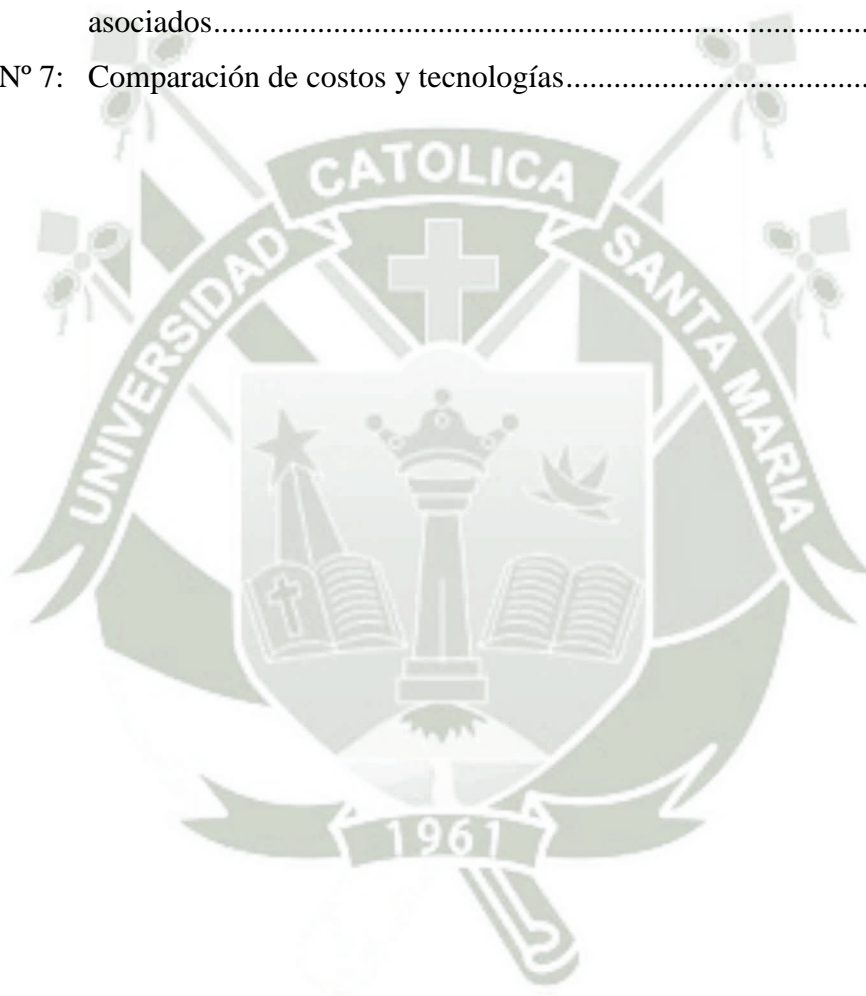
FIGURA N° 1:	Distribución de equipos en asiento Minero Arirahua	32
FIGURA N° 2:	Evolución de redes cableadas y inalámbricas	33
FIGURA N° 3:	Gráficos de barras	43
FIGURA N° 4:	Modelo digital del terreno de 10 metros de resolución	54
FIGURA N° 5:	Modelo digital en 3D del terreno de 10 metros de resolución	55
FIGURA N° 6:	Escenario ideal para canalización de frecuencias en 2.4Ghz	58
FIGURA N° 7:	Escenario real para canalización de frecuencias en 2.4Ghz	59
FIGURA N° 8:	Escenario real para canalización de frecuencias 2.4Ghz	61
FIGURA N° 9:	Zona de interferencia	61
FIGURA N° 10:	Imagen de la mina modelo	64
FIGURA N° 11:	Topología	65
FIGURA N° 12:	Parametrización del modelo de propagación	69
FIGURA N° 13:	Mapa de Calor SNR	70
FIGURA N° 14:	Cobertura de Sitio fijo EX-GPS	70
FIGURA N° 15:	Cobertura de Sitio fijo Cerro 3	71
FIGURA N° 16:	Cobertura de Sitio fijo Cerro Chuntacalla	71
FIGURA N° 17:	Cobertura compuesta de Sitios fijos	72
FIGURA N° 18:	Cobertura de Sitio fijo Semi móviles	73
FIGURA N° 19:	Cobertura compuesta de Sitio Semi Móviles	73
FIGURA N° 20:	Cobertura compuesta global	74
FIGURA N° 21:	Red Multiservicio – Conectividad con diferentes Sistemas Operacionales	77
FIGURA N° 22:	Sistemas Operacionales en Mina	80
FIGURA N° 23:	Ejemplos de antenas Sectoriales	82
FIGURA N° 24:	Tipos de equipos Inalámbricos	83
FIGURA N° 25:	Monitoreo de Equipos 1	85
FIGURA N° 26:	Monitoreo de Equipos 2	85
FIGURA N° 27:	Pruebas de Cobertura	89
FIGURA N° 28:	Equipos de Comunicación y Antenas	90

FIGURA N° 29: Prueba de cobertura real	91
FIGURA N° 30: Disponibilidad infraestructura fija.....	91
FIGURA N° 31: Disponibilidad cell extenders	92
FIGURA N° 32: Tráfico de datos	92
FIGURA N° 33: Consumo ancho de Banda	93
FIGURA N° 34: Nivel señal ruido por sectores	94



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Redes wireless usadas en minería.....	34
Tabla N° 2: Características redes wireless en minería	35
Tabla N° 3: Relación Canal – Modulación	38
Tabla N° 4: Evolución de Estándar 802.16.....	39
Tabla N° 5: Comparación de tecnologías inalámbricas	40
Tabla N° 6: Disponibilidad de servicio "nueves" y los tiempos de inactividad asociados.....	50
Tabla N° 7: Comparación de costos y tecnologías.....	76



ÍNDICE DE ESQUEMAS

ESQUEMA N° 1: Funciones de WIMAX	36
--	----



RESUMEN

El área de telecomunicaciones actualmente juega un rol principal para todas las industrias, incluida la industria de la minería a pequeña o gran escala y alcanzando a todas las áreas dentro de estas, las áreas administrativas, áreas industriales e inclusive las áreas de operaciones mina, entre otras.

El trabajo desarrollado a continuación trata de optimizar justamente los sistemas de comunicación en el área de operaciones mina, en donde se realizan distintas operaciones para la extracción de mineral de forma planificada, ordenada y principalmente con mucha seguridad.

Para optimizar el sistema de comunicación se debe cumplir con ser una solución para las dificultades actuales y futuras de las redes de comunicaciones en la minería mundial, debiendo ser un sistema de comunicaciones multiservicios, robusto y eficiente, capaz de transmitir los datos desde los diferentes equipos de operación minera hasta las redes de datos centrales de manera segura y constante, junto con la capacidad de soportar adicionalmente aplicaciones y servicios a gran escala, como lo son voz, video y datos con movilidad en los diferentes lugares y equipos de los recintos mineros.

ABSTRACT

The telecommunications department is currently taking a very important role for all industries including small or big mining industry and reach to all areas within these, such as administrative, industrial and mine areas, between others.

The following work is talking about how can be optimized the communication systems of the mine operations area, where they do several works in a planned, ordered and secure way for the mineral extraction.

To optimize the communication system must be met to be a solution to the current difficulties and future communications networks in the world mining, must be a multi-communication system, robust and efficient, capable of transmitting data from the different teams mining operation to central data networks safely and steadily, along with the ability to support additional applications and services on a large scale, such as voice, video and data mobility in different locations and equipment of mining sites.

INTRODUCCIÓN

La minería a tajo abierto a nivel mundial, actualmente, ha estado trabajando arduamente en optimizar la operación de extracción de mineral a través de los departamentos informáticos, comunicaciones y de automatización minera, con la implementación de diferentes tecnologías que operan en tiempo real. Para ello, se ha estado utilizando equipamiento especial sobre los equipos mineros, los cuales se comunican con aplicaciones especializadas ubicadas en servidores, con el objetivo de mejorar y hacer más eficiente la operación minera. Hoy en día, existen sistemas de comunicaciones en 400 MHz, 800 MHz, 900 MHz y 2.4 GHz, estándares y no estándares que operan paralelamente, pero con soluciones robustas y otros estándares, abren un mundo de nuevas aplicaciones y usos en un entorno integrado.

El sistema de comunicaciones propuesto debe cumplir con ser una solución para las dificultades actuales y futuras de las redes de comunicaciones en la minería mundial, debiendo ser un sistema de comunicaciones multiservicios (único para muchas aplicaciones), robusto y eficiente, capaz de transmitir los datos desde los diferentes equipos de operación minera hasta las redes de datos centrales de manera segura y constante, junto con la capacidad de soportar adicionalmente aplicaciones y servicios a gran escala, como lo son voz, video y datos con movilidad en los diferentes lugares y equipos de los recintos mineros.

El modelo propuesto se ha instalado en compañías mineras, teniendo como concepto fundamental ser una plataforma de comunicaciones inalámbricas carrier class, la cual posee una arquitectura que permite soportar adecuadamente la capacidad de comunicar los diferentes equipos instalados sobre la flota minera o en puntos fijos dispersos dentro de la zona minera, con los servidores respectivos de los diferentes sistemas de operación crítica en tiempo real, junto con la capacidad de transmitir voz, video y datos, en lugares fijos y equipos móviles.

En el primer capítulo, se muestra el planteamiento del problema, y la posible alternativa de soluciones.

En el segundo capítulo, se expone el marco teórico de todo el proyecto indicando temas relacionados a las redes inalámbricas (WIFI, WIMAX) y una breve explicación del ámbito en donde se desarrolla el proyecto.

En el tercer capítulo, se indica el modelo de red inalámbrica multiservicios tipo carrier class redundante orientada a una red corporativa minera.

En el cuarto capítulo, se explica la validación del modelo, que incluyen las distintas pruebas que se realizan en base a los indicadores expuestos.

Finalmente se expondrá las conclusiones a las que se llegan y las recomendaciones propuestas.



CAPITULO 1

PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. TITULO

Modelo de implementación de una red inalámbrica carrier class multiservicios para una red corporativa minera.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El área de operaciones mina a nivel mundial, requiere de plataformas de comunicaciones que permitan asegurar la operación de diferentes sistemas tecnológicos online, dando así la posibilidad de operar con sistemas que permiten optimizar los niveles operacionales y aumentar la seguridad de las personas y de los equipos.

Dado lo anterior, han existido varios intentos de plataformas de comunicaciones que intentaron dar dicho servicio, llegando a ser solo plataformas que permitían la conexión de 1 o 2 sistemas debido a la poca capacidad que ofrecen, dejando en manos del usuario la iniciativa y/o creatividad para la conexión de sistemas operacionales.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Dado que el modelo de la red multiservicio propuesta, planea permitir la operación de diferentes sistemas tecnológicos para la operación minera con robustez, escalabilidad y gran tráfico de paquetes en el aire; gracias a este modelo obtendremos la posibilidad de conectar una mayor cantidad de sistemas de mina y de esta forma optimizar la operación lo que resultara en aumento de productividad de equipamiento y optimización de tiempos.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Proponer un modelo de red inalámbrica que soporte las necesidades actuales de las operaciones en mina a tajo abierto.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Crear una red inalámbrica multiservicios
- Dar capacidad de transferencia de datos en tiempo real entre los equipos
- Acceso a la red de comunicación desde cualquier parte del tajo.

1.5. HIPÓTESIS

Dado que en la actual minería se ha presentado problemas de conectividad en zonas rurales de constante cambio tales como: operación mina en el tajo abierto, pad de lixiviación, estaciones eléctricas, pozos de bombeo de agua, equipamiento geológico entre otras , las cuales son de vital importancia para monitorear, controlar y evaluar diferentes parámetros. Es posible brindar dicha conectividad requerida con un modelo de implementación de red inalámbrica tipo carrier class adecuada, haciendo uso del estándar 802.16d en los asientos mineros.

1.6. VARIABLES E INDICADORES

1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Comunicación inalámbrica carrier class
Indicadores
 - Soporte de servicios a gran escala
 - Robusto
- Multiservicios redundante
Indicadores
 - Autónomo

- Estándar 802.16D

Indicadores

- Movilidad
- Tiempo real
- Seguridad

1.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Modelo de implementación

Indicadores

- Diseño de cobertura
- Robusto
- Eficiente
- Fiabilidad
- Calidad y servicio
- Estabilidad
- Seguridad
- Tolerancia a fallos

1.7. ALCANCES Y LIMITACIONES

1.7.1. ALCANCES

- Redes del estándar 802.16d
- Orientado para asientos mineros

1.7.2. LIMITACIONES

- No se realizará la configuración ni implementación física de la red inalámbrica.
- No se realizará una evaluación sobre los servidores a usar en este tipo de modelo.
- No se profundizará en sistemas de información utilizados para la administración ni monitoreo del modelo de red.

1.8. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.8.1. TESIS 1

Tema: Propuesta de un modelo de distribución del servicio de internet usando Wimax en la provincia de Arequipa

- Autores
 - Deza Paredes Pamela Ángela
 - Guerra Arana Christian Walter
- Objetivos
 - Obtener una cobertura del 90 a 95% del área en estudio, con respecto a las áreas pobladas.
 - Realizar el análisis de la orografía de la provincia de Arequipa para la localización de las antenas.
- Conclusiones
 - Al colocar las antenas y analizar los resultados obtenidos con radio móvil la cobertura que se alcanza cubre totalmente las expectativas que teníamos llegando a casi a todas las áreas pobladas de la provincia de Arequipa.
 - Para la instalación de una red utilizando la tecnología WIMAX se debe de contar con un análisis minucioso de la orografía del territorio así como de los aspectos regulatorios a cumplir y equipos a utilizar para su implementación debido a que la provincia de Arequipa tiene un territorio accidentado.
- Análisis
 - Los dato obtenidos en la tecnología utilizada nos muestran un gran robustez y escabilidad en la Tecnología WIMAX, no obstante esta fue diseñada para una ciudad, lo que nos lleva hacer un análisis mas profundo en temas de cobertura para el caso de una minera.

1.8.2. TESIS 2

Tema: Modelo de seguridad para realizar comunicaciones con el estándar IEEE 802.1b/g utilizando la distribución Wifislax.

- Autor
 - Esquicha , Jose
- Objetivos
 - Realizar la evaluación y verificación de las radiaciones electromagnéticas, la red WLAN y la seguridad del cliente.
 - Realizar la evaluación que se deben tomar en la implementación de la red WLAN.
- Conclusiones
 - Realizando una evaluación y verificación de las radiaciones electromagnéticas y la red WLAN, se permitirá conocer la seguridad y vulnerabilidad con que cuenta nuestra red WLAN.
 - Tomando en consideración todos los factores que ocasionan un incorrecto enlace inalámbrico al comienzo de la implementación, se ahorraría dinero y tiempo.
- Análisis
 - Del tema anterior podemos rescatar para analizar los diferentes temas de seguridad en el espectro; si bien es cierto; solo se toman referencias en 2.5GHz; es muy conveniente analizar esta seguridad y encriptación de las diferentes frecuencias dependiendo de la criticidad de la información que se trasmita.

1.8.3. CASO DE ÉXITO 1

Tema: Implementación de solución de Automatización y Monitoreo de la operación Dewatering en Collahuasi.

- Cliente: Compañía Minera Doña Ines de Collahuasi
- Autor: Empresa Protab S.A.
- Pais: Chile

- Desafío: Automatizar la operación del sistema de desagüe de la mina, ayudando a mejorar la estabilidad geotécnica del tajo y la seguridad de los trabajadores.
- Solución: Se implementa “Automatización y Monitoreo de la operación Dewatering”, que permite realizar seguimiento y control en tiempo real del desagüe de pozos, y transmitir datos críticos a través de la red inalámbrica.
- Resultado:
 - Automatización y control remoto del funcionamiento de las bombas de extracción de desagüe de los pozos.
 - Disponibilidad en tiempo real del estado de los pozos y señales.
 - Disminución del riesgo geotécnico de la mina.
 - Aumenta la seguridad de los trabajadores en el área de operaciones.
 - Disminución del tiempo de detección de fallas de 4 a menos de 1 día.

1.8.4. CASO DE ÉXITO

Tema: Red Inalámbrica para conectar un sistema de gestión de flota.

- Cliente: Unidad Minera Isla Riesco
- Autor: Protab S.A.
- País: Chile
- Desafío: Implementar el sistema de control y gestión de flota, cubriendo un área de 40Km² y conectando la flota móvil de 122 vehículos.
- Solución: Se implementó una red inalámbrica multiservicios, conectando la flota móvil a través de equipamiento móvil inalámbrico.

- Resultado: La implementación del sistema se materializó sin afectar la operación de la flota, ofreciendo conectividad a los vehículos en su operación.

1.8.5. DISCUSIÓN

De los antecedentes investigativos evaluados podemos darnos cuenta que una parte importante de los temas; es la posibilidad de tener acceso; ya sea en ambientes rurales como en empresas privadas como la minera. Lo cual nos lleva a diseñar adecuadamente las redes inalámbricas debido a la geografía con que se cuenta en las diferentes zonas mineras.

En este caso evaluaremos la importancia de generar una gran red inalámbrica en un ambiente minero donde resulta un tema crítico, pudiendo impactar a la producción de una mina; realizaremos la evaluación bajo la tecnología de Wimax ya que la prestación en distancia que nos ofrece esta tecnología es primordial en un ambiente minero.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. REDES INALÁMBRICAS

El término red inalámbrica (wireless network) en inglés es un término que se utiliza para designar la conexión de nodos sin necesidad de una conexión física (cables), ésta se da por medio de ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se realizan a través de puertos.

Una de sus principales ventajas es notable en los costos, ya que se elimina todo el cable ethernet y conexiones físicas entre nodos, pero también tiene una desventaja considerable ya que para este tipo de red se debe de tener una seguridad mucho más exigente y robusta para evitar a los intrusos.

En la actualidad las redes inalámbricas son una de las tecnologías más prometedoras.[ENG01]

2.1.1. TIPOS DE REDES INALÁMBRICAS

Según su cobertura, se pueden clasificar en diferentes tipos [ERM01]:

2.1.1.1. WIRELESS PERSONAL AREA NETWORK

En este tipo de red de cobertura personal, existen tecnologías basadas en HomeRF (estándar para conectar todos los teléfonos móviles de la casa y los ordenadores mediante un aparato central); Bluetooth (protocolo que sigue la especificación IEEE 802.15.1); ZigBee (basado en la especificación IEEE 802.15.4 y utilizado en aplicaciones como la domótica, que requieren comunicaciones seguras con tasas bajas de transmisión de datos y maximización de la vida útil de sus baterías, bajo consumo); RFID (sistema remoto de almacenamiento y recuperación de datos con el propósito de transmitir la identidad de un objeto

(similar a un número de serie único) mediante ondas de radio.
[BRO01]

2.1.1.2. WIRELESS LOCAL AREA NETWORK

En las redes de área local podemos encontrar tecnologías inalámbricas basadas en HiperLAN (del inglés, High Performance Radio LAN), un estándar del grupo ETSI, o tecnologías basadas en Wi-Fi, que siguen el estándar IEEE 802.11 con diferentes variantes.

2.1.1.3. WIRELESS METROPOLITAN AREA NETWORK

Para redes de área metropolitana se encuentran tecnologías basadas en WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access, es decir, interoperabilidad mundial para acceso con microondas), un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.16. WiMAX es un protocolo parecido a Wi-Fi, pero con más cobertura y ancho de banda. También podemos encontrar otros sistemas de comunicación como LMDS (Local Multipoint Distribution Service).

2.1.1.4. WIRELESS WIDE AREA NETWORK

En estas redes encontramos tecnologías como UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), utilizada con los teléfonos móviles de tercera generación (3G) y sucesora de la tecnología GSM (para móviles 2G), o también la tecnología digital para móviles GPRS (General Packet Radio Service).

2.1.2. CARACTERÍSTICAS DE REDES INALÁMBRICAS

Según el rango de frecuencias utilizado para transmitir, el medio de transmisión pueden ser las ondas de radio, las microondas terrestres o por

satélite, y los infrarrojos, por ejemplo. Dependiendo del medio, la red inalámbrica tendrá unas características u otras [GRA01].

2.1.2.1. ONDAS DE RADIO

Las ondas electromagnéticas son omnidireccionales, así que no son necesarias las antenas parabólicas. La transmisión no es sensible a las atenuaciones producidas por la lluvia ya que se opera en frecuencias no demasiado elevadas. En este rango se encuentran las bandas desde la ELF que va de 3 a 30 Hz, hasta la banda UHF que va de los 300 a los 3000 MHz, es decir, comprende el espectro radioeléctrico de 30 - 3000000 [UIT01].

2.1.2.2. MICROONDAS TERRESTRES

Se utilizan antenas parabólicas con un diámetro aproximado de unos tres metros. Tienen una cobertura de kilómetros, pero con el inconveniente de que el emisor y el receptor deben estar perfectamente alineados. Por eso, se acostumbran a utilizar en enlaces punto a punto en distancias cortas. En este caso, la atenuación producida por la lluvia es más importante ya que se opera a una frecuencia más elevada. Las microondas comprenden las frecuencias desde 1 hasta 300 GHz [MAR01].

2.1.2.3. MICROONDAS POR SATÉLITE

Se hacen enlaces entre dos o más estaciones terrestres que se denominan estaciones base. El satélite recibe la señal (denominada señal ascendente) en una banda de frecuencia, la amplifica y la retransmite en otra banda (señal descendente). Cada satélite opera en unas bandas concretas. Las fronteras entre las frecuencias de las microondas, tanto terrestres como por satélite, con los infrarrojos y las ondas de radio de alta frecuencia se mezclan bastante, así que pueden haber

interferencias con las comunicaciones en determinadas frecuencias [MOS01].

2.1.2.4. INFRARROJOS

Se enlazan transmisores y receptores que modulan la luz infrarroja no coherente. Deben estar alineados directamente o con una reflexión en una superficie. No pueden atravesar las paredes. Los infrarrojos van desde 300 GHz hasta 384 THz [GRA01].

2.2. REDES INALÁMBRICAS PARA MINERÍA

2.2.1. MINAS SUBTERRÁNEAS

El principal problema que encontramos en una mina subterránea es transmitir radialmente a través de la piedra, por las condiciones geológicas en donde en su mayoría las minas extraen metales tipo piedra, las cuales generan rebote de la señal y la pérdida de potencia en el trayecto del túnel. Como por ejemplo cuando se circula por un túnel la pérdida de la señal de celular, ya que ninguna frecuencia puede penetrar la roca.

Por lo que se ideó extender un cable a lo largo del túnel donde se requiere cobertura. Este fue creado en 1950 y el método de transmisión de radio por medio de cable coaxial que tomó el nombre de **Leaky Feeder** (Alimentador en las grietas).

En la actualidad la tecnología informática ha ganado gran terreno tanto en el control de operaciones, como en las comunicaciones y la seguridad. Por lo tanto un sistema actual no solo debe ofrecer transmisión de voz, sino también de datos y video que es actualmente más importante.

Por lo que se dieron las siguientes soluciones:

- **Sistema Cable Antena**

Su característica principal es que es un cable coaxial sin blindaje el cual permite radiar hasta 30 metros en promedio desde el cable hasta el radio con línea de vista, este alcance varía según el fabricante y las condiciones del túnel.

Esta tecnología pertenece al tipo CATV o tele de paga y permite tener capacidad de transmisión de datos, para conectar a su red cualquier dispositivo ethernet, como son ordenadores dentro de la mina, cámaras IP, automatización de bombas y ventiladores basados en ethernet, TAGS para localización de equipo y personal [ROA01].

- **Solución híbrida con Fibra Óptica**

Mezclar Leaky Feeder con fibra óptica, para lograr velocidad de datos superiores, conocida como tecnología HFC o "Hybrid Fibre Coaxial" ("Híbrido de Fibra y Coaxial")

La ventaja es que podemos usar una infraestructura más robusta basada en tecnología ethernet, como la mencionada anteriormente y para operaciones de maquinaria automatizada o a control remoto, que es muy delicado en este aspecto tener fallas en anchos de banda o insuficiencia de transmisión de datos, ya que las interrupciones crearían problemas en el control remoto y alguna aplicación ethernet crítica, con velocidades que van desde los 100 Mbps hasta los 10000 Mbps de transmisión bidireccional.

El desafío con este sistema es el costo de la fibra óptica para mantenimientos, reubicaciones y reparaciones, ya que en este tipo de industria se realizan constantes cambios en el terreno lo que trae cambios constantes en su infraestructura, por lo cual se requiere personal capacitado para estas reparaciones, a diferencia del cable coaxial que es más fácil de reparar, y por lo tanto el personal de mantenimiento no requiere una gran capacitación. [ANT01]

- **Sistema DAS**

Este es un concepto basado directamente en la tecnología CATV, la misma que ocupa la televisión de paga, esta se basa en la premisa de usar el cable coaxial con blindaje convencional, para transmitir haciendo uso de la tecnología DAS (sistemas de antenas distribuidas), esto es montar antenas especialmente diseñadas con una distribución conveniente donde se requiera la cobertura. [DUR01].

2.2.2. MINAS A TAJO ABIERTO

2.2.2.1. CASOS DE ÉXITO

2.2.2.1.1. MINAS ARIRAHUA (AREQUIPA – PERÚ)

Plataforma inalámbrica con capacidad de tráfico de data, voz y video bajo protocolo TCP/IP para brindar una cobertura total del campamento y zona de trabajo minero Arirahua (MINARSA).

Minas Arirahua S.A. posee una plataforma inalámbrica con equipos estaciones base, las cuales logran su conectividad mediante un backbone inalámbrico que opera en la banda de 5.8GHz. Los locales ubicados dentro del campo minero obtienen los servicios de data IP y VoIP mediante la instalación in situ de una estación base (repetidor) o con equipos de última milla para conectarse a la plataforma inalámbrica.

La plataforma inalámbrica además de brindar conectividad entre las redes LAN de sus áreas administrativas, distribuye la señal de internet satelital [NET01].

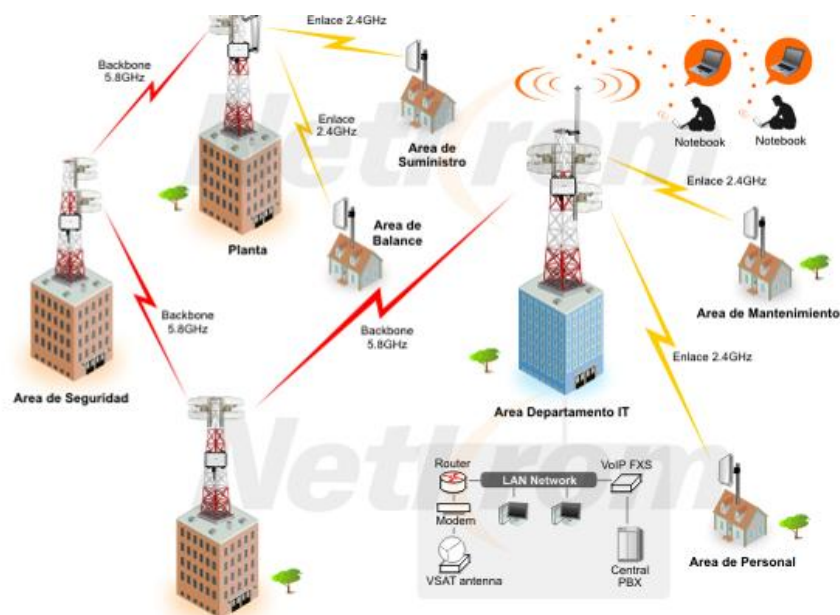


FIGURA N° 1 Distribución de equipos en asiento Minero Arirahua

Fuente: http://www.netkrom.com/es/success_stories_arequipa.php?id=peru

2.2.2.1.2. MINERA MICHILLA (ANTOFAGASTA - CHILE)

La minera Michilla, parte del Holding Antofagasta Minerals junto a las mineras Pelambres y Tesoro, debía aumentar el ancho de banda para el transporte de las imágenes de sus cámaras de video vigilancia. Este proyecto se sumaba a otras implementaciones que buscaban satisfacer las exigentes y cambiantes necesidades de comunicaciones de un yacimiento minero y sus dependencias. [CIS07]

2.3. EVOLUCIÓN DE REDES INALÁMBRICAS PARA MINERÍA

A continuación se muestra la siguiente figura que representa la evolución de las redes tanto cableadas e inalámbricas [AGU01].

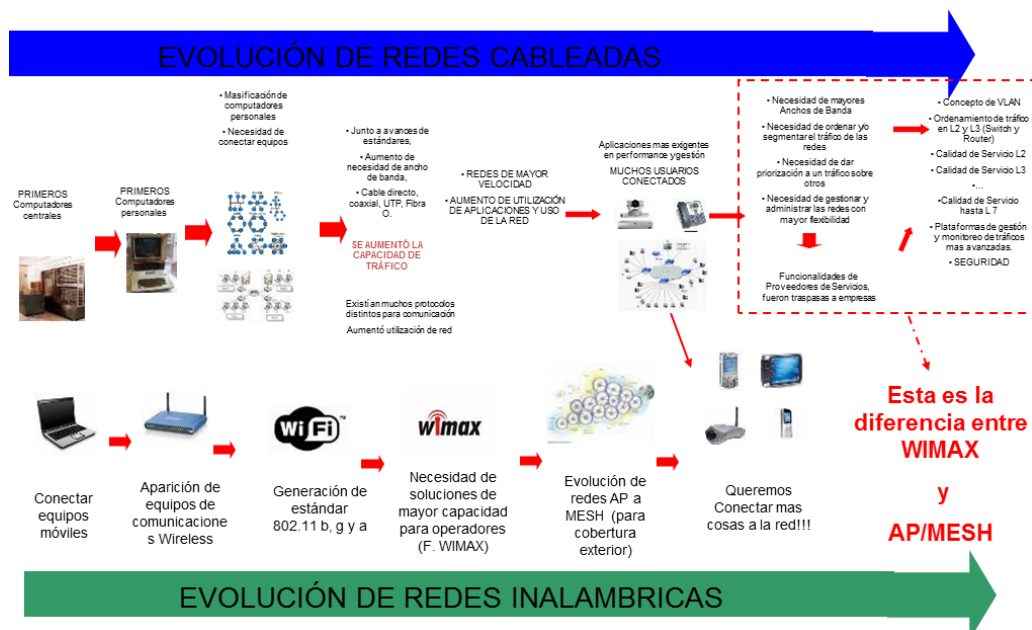


FIGURA N° 2 Evolución de redes cableadas y inalámbricas

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos/redesinalam/redesinalam.shtml>

La evolución de las redes cableadas como ya es común, fue evolucionando a través del tiempo debido a diversos requerimientos de la industria que son básicamente los siguientes:

- Mayores anchos de banda.
- Necesidad de ordenar y/o segmentar el tráfico de las redes.
- Necesidad de priorizar a un tráfico sobre otros.
- Necesidad de gestionar y administrar las redes.
- Concepto de VLAN
- Ordenamiento de tráfico en L2 y L3 (Switch y Router)
- Calidad de Servicio L2

- Calidad de Servicio L3
- Calidad de Servicio hasta L 7
- Plataformas de gestión y monitoreo de tráfico más avanzadas.
- Seguridad

Debido a que la operación de extracción de mineral a tajo abierto es sumamente crítica, y sufre cambios constantes en su geografía, requiere la utilización de redes inalámbricas robustas, las cuales han ido evolucionando de forma muy similar a la industria minera, empezando a usar diferentes redes como son:

Esto se llevó a minería	WIFI	MESH	MESH 2	WIMAX
Capacidad máxima	15 Mbps	54 Mbps	108 Mbps	800 Mbps
pps máximo	3000	4000	8000	600 mil
QoS	L 2	L 2	L 2	L2, L3, L4

Tabla N° 1: Redes wireless usadas en minería

Fuente: <http://repositorio.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/3345/1/004X668.pdf>

Aspectos funcionales	F. Wimax	Mesh inicial (1 radio)	Mesh nueva (doble radio)	Mesh y Wimax	red solo WIFI
Tipo de equipamiento	solo equipos Wimax	solo Mesh	solo Mesh	Wimax y Mesh	WIFI
Frecuencias de operación	5.4, 5.8 GHZ	2.4 GHZ	2.4 y 5 GHZ	2.4 y 5.4 GHZ	2.4 y 5.8 GHZ
Capacidad de tráfico de la red (hasta)	5.8 Ghz 500 Mbps 5.4 GHZ 800 Mbps	54 Mbps	108 Mbps	250 Mbps	2 Mbps
Paquetes por segundo	600 mil	1500	3000	20 a 150 mil	1500
Llamados simultáneos Voip	más de 1200	10 a 15	20 a 55	más de 100	3 a 4
Cámara CCTV IP simultáneas en la red	más de 100	3 a 4	4	10 a 15	1 o 2
Distancia link pto fijo LOS	30 KM	700 mt	700 mt	30 KM	1 km
Distancia link pto móvil LOS	4 KM	500 mt efectivo	500 mt efectivo	500 mt efectivo	500 mt efectivo
Cantidad de carros promedio por pit	4 a 6	10 a 12	10 a 12	10 a 12	12 a 15
Se pierde capacidad de la red en cada salto	NO	SI	SI	NO	Si
Puede soportar otras aplicaciones en la misma red, dado que ya tiene despacho?	SI	NO	NO	SI	NO
Proyectos exitosos mutiservicios conocidos	12	0	0		0
Requiere de otra red inalámbrica en el rajo	NO, esta red soporta todos los sistemas operacionales	si	si		si

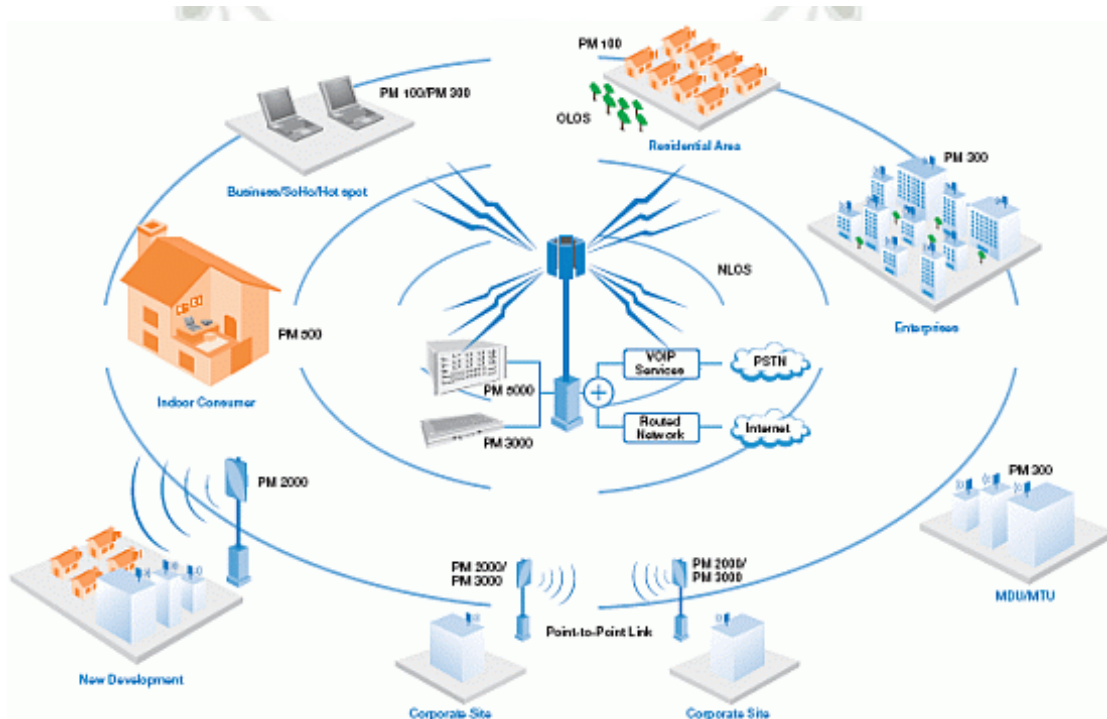
Tabla N° 2: Características redes wireless en minería

Fuente: [http://repositorio,utpl.edu.ec/bitstream/123456789/3345/1/004X668.pdf](http://repositorio.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/3345/1/004X668.pdf)

2.4. WIMAX

World Interoperability for Microwave Access-Interoperabilidad mundial para acceso por microondas, también conocida como IEEE802.16, es la tecnología estandarizada para redes de comunicación que permite el acceso inalámbrico de última milla. La tecnología **WIMAX**, además de representar una alternativa a las tecnologías de acceso de última milla fijas como el DSL y el cable, permite el acceso móvil de banda ancha.

A diferencia del estándar Wi-Fi, **WIMAX** se trata de una tecnología pensada en cubrir grandes distancias con un gran ancho de banda. [WIM01]



Esquema N° 1 Funciones de WIMAX

Fuente: <http://wikitel.info/wiki/wimax>

2.4.1. PERFILES DE LOS DISPOSITIVOS

2.4.1.1. ACCESO FIJO

El servicio se ofrece desde una estación, dentro de su radio hasta el usuario. En este perfil se consiguen velocidades cercanas a 70 Mbps con un ancho de banda de 20 MHz, este se comparte entre los usuarios de la célula.

2.4.1.2. MÓVIL (MOVILIDAD COMPLETA)

Permite al usuario desplazarse de una manera similar a GSM/UMTS, la tecnología **WIMAX** móvil todavía está en desarrollo para altas velocidades; no obstante es posible tener conectividad hasta 80 Km/h.

2.4.1.3. TECNOLOGÍA

Para lograr una interoperabilidad óptima, **WIMAX** funciona con una capa física y un control de acceso (MAC) similar y compatible con el estándar HyperMAN.

WIMAX presenta grandes ventajas con respecto a otras WAN, como el LMDS, tanto en la dimensión tecnológica como en el precio, puesto que los costes de las estaciones base son considerablemente más bajos para este nuevo sistema. Por otra parte, LMDS también se ha visto frenado por la falta de normas uniformes.

De la misma manera **WIMAX** es una tecnología que puede transmitir sin mucha latencia que es el problema de las tecnologías basadas en satélite, en las que las transmisiones de voz y vídeo se ven afectadas.

Además es una alternativa para ofrecer servicios de banda ancha a zonas donde el medio de transmisión físico (cobre, fibra óptica,

cable) es de difícil implantación, debido al coste o por la baja densidad de población como por ejemplo las zonas rurales, donde actualmente se instala la banda ancha por satélite.

Con **WIMAX** se puede transmitir hasta 100 Mbps en un rango de 50 kilómetros. El estándar 802.16 se concibió inicialmente para funcionar como una red WAN de transporte, sin embargo el estándar 802.16e permite que dispositivos móviles dotados de tarjetas **WIMAX** (como ordenadores portátiles, etc.) tengan acceso a la red dentro de las zonas de cobertura mediante el desarrollo de dos perfiles de dispositivos: acceso fijo y móvil en las frecuencias con licencia (2,3 y 2,5 GHz).

CANAL (MHZ)	TASA DE SÍMBOLOS (Baudios)	MODULACIÓN		
		QPSK	16-QAM	64-QAM
20	16	32 Mbps	64 Mbps	96 Mbps
25	20	40 Mbps	80 Mbps	120 Mbps
28	224	44,8 Mbps	89,6 Mbps	134,4 Mbps

Tabla N° 3: Relación Canal – Modulación

Fuente: <http://arantxa.ii.uam.es/~btaha/Master/Presentacion/Master2.ppt>

El estándar 802.16 fue diseñado para actuar en la banda de frecuencias de 10 a 66 GHz, mientras que la siguiente extensión del estándar, el 802.16a, actúa entre 2 y 11 GHz por lo que puede funcionar en bandas licenciadas y no licenciadas de acuerdo a la legislación peruana. [NUA01]

**2.4.1.4. EVOLUCIÓN DE LOS ESTÁNDARES IEEE 802.16 (A-F)
WIMAX**

802.16	Abril 2002	El IEEE publicó la versión definitiva del estándar, utiliza el espectro licenciado en el rango de 10 a 66 GHz con capacidad de hasta 134 Mbps de entre 3 y 10 Km (2 a 5 millas).
802.16a	Abril 2003	Fue el primer prototipo de esta tecnología, es una ampliación del estándar hacia bandas de 2 a 11 GHz con sistemas NLOS y LOS y los protocolos PTP y PTMP.
802.16b		Es una extensión diseñada para dar una mejor calidad de servicio al protocolo, el cual se centra en la banda de 5 a 6 GHz.
802.16c	Julio 2003	Permite la interoperabilidad entre sistemas específicos que trabajan en el ancho de banda de 10 a 66 GHz.
802.16d	Octubre 2004	Es una revisión del estándar 802.16 para añadir los perfiles aprobados por el WIMAX Fórum. Es la última versión del estándar. Permite amplificadores más baratos y diferentes esquemas de antenas inteligentes. Soporta tanto FDD como TDD, utiliza un rango de frecuencias entre 2 y 6 GHz, y permite una velocidad de transmisión hasta 15 Mbps. Este protocolo trata de mejorar la movilidad de WIMAX ya que permitirá a los usuarios seguir conectados en la red a una velocidad de hasta 150 Km/h.
802.16e	Diciembre 2005	También conocido como WIMAX móvil, permite que los clientes de tecnología móvil utilicen redes de área metropolitana inalámbricas. Banda ancha nómada para dispositivos portátiles (notebooks).
802.16f		Finalmente está el estándar 802.16f que representa el equivalente a las redes de mallas (Mesh Networks) de Wi-Fi, éste añade entre otras cosas el desplazamiento entre varios puntos de acceso (Roaming), permitiendo ampliar la cobertura de la red.

Tabla N° 4: Evolución de Estándar 802.16

Fuente: <http://wikitel.info/wiki/wimax>

2.4.1.5. COMPARATIVA DE TECNOLOGÍAS

	3G	WIFI	WIMAX	Mobile-Fi
Velocidad	2 Mbps	54 Mbps	100 Mbps	16 Mbps
Cobertura	<6Km	0,5 m	70 Km	
Espectro	Licenciada	Uso común	Ambas	Licenciada
Movilidad	Alta	Baja	Baja	Media alta
Precio	Alto	Medio	Medio-bajo	

Tabla N° 5: Comparación de tecnologías inalámbricas

Fuente: <http://wikitel.info/wiki/wimax>

2.4.2. WIMAX FORUM



El WiMAX Forum es una asociación sin ánimo de lucro formada por la industria para certificar y promocionar la compatibilidad e interoperabilidad de los productos inalámbricos de banda ancha basados en el estándar común IEEE 802.16e/ETSI HiperMAN, es como la Wi-Fi Alliance, la que se encarga de los estándares 802.11.

La meta del WiMAX Forum es acelerar la introducción de estos sistemas en el mercado.

Los productos WiMAX Forum Certified son interoperables y soportan los servicios de banda ancha fijos, nómadas, portátiles y móviles.

El Fórum se encarga de controlar con la ayuda de los prestadores de servicio y reguladores que los productos y sistemas certificados satisfagan las necesidades de los clientes y gobiernos adaptando y ampliando los estándares, para realizar esta tarea el WIMAX Fórum realiza congresos y exhibiciones para mostrar la tecnología de WIMAX (WIMAX Fórum Congress Events Series) [WIM01].

2.5. SISTEMA MINEROS

2.5.1. SISTEMA DE GESTIÓN Y CONTROL EN OPERACIONES MINA

Para el caso específico de la operación mina, esta evolución desde sistemas técnicos hacia un sistema de gestión operacional se puede apreciar del siguiente modo.

Inicialmente se contaba con un sistema de control de flota (carguío-transporte) que permitía llevar la contabilidad de vueltas/cargas por equipo, en términos de toneladas.

Para lograr lo anterior, gran parte de la información entregada al sistema era en forma manual: polvorazos, estados de equipos ingresados por operadores, rutas generadas por el despachador, etc.

En estos sistemas la reconciliación u obtención de índices de gestión se restringía a temas operacionales solamente: ton/hr-operativa, distribución de tiempos, ton/hr-efectiva y detalle de demoras.

Hoy en día el despachador requiere tener a la vista y controlar una serie de sistemas de apoyo a la operación, contando con datos tomados en forma automática y consistente.

En la actualidad son los sistemas de gestión de flota los llevan a cabo o integran diversas soluciones de apoyo a la operación minera, con la posibilidad de generar indicadores de desempeño en tiempo real, sin esfuerzos significativos. [DEL01]

2.5.1.1. CONTROL DE FLOTA

Esta es la herramienta principal de interacción con el sistema, permite el control de toda la operación de la mina desde un solo punto por parte del operador del despacho.

Es el módulo que permite el control total de la mina. Dirigida a despachadores y/o supervisor de turno. Con interfaces gráficas de usuario, se controla y monitorea los equipos en terreno. Genera información estadística y reportes de productividad en tiempo real orientada al turno que se encuentra activo. Permite configurar los parámetros de despacho, hacer ajuste de viajes y asignaciones de ubicaciones, equipos y material. Permite interactuar con los operadores en terreno. Mediante esta misma aplicación se pueden visualizar toda la información del turno en operación, al darle al respectivo usuario únicamente acceso de lectura.

Es la pantalla principal con la cual interactúa el despachador, permitiéndole controlar desde un equipo hasta toda la flota, incluyendo la posibilidad de obtener reportes de la operación.

La presentación de esta pantalla varía de proveedor en proveedor, sin embargo despliegan todas la misma información con distintos looks (en figura adjunta se visualiza la pantalla de Wenco).

[EYQ01]

2.5.1.2. GESTIÓN DE NEUMÁTICOS

Permite registrar la vida de cada neumático en un camión y desplegar el porcentaje del TKPH resultante, comparado con las recomendaciones del fabricante. Un gráfico de barras a color identifica los equipos con neumáticos con exceso de trabajo para tomar la acción preventiva. Esta es una valiosa herramienta para el control y gestión de neumáticos.

FIGURAS N° 3 GRAFICOS DE BARRAS

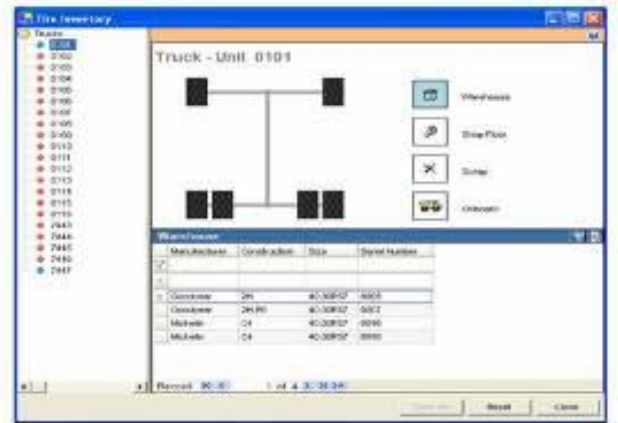
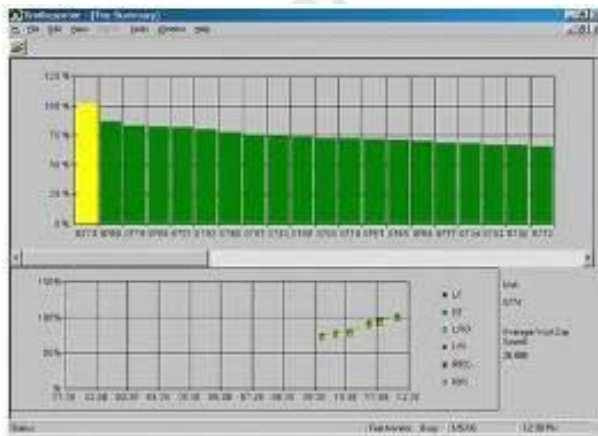


Gráfico de barras – Estado de llantas

Gráfico control de llantas

Fuente: <http://www.grupocadi.com/apllantas.html>

2.5.1.3. MONITOREO SIGNOS VITALES

Es una aplicación o módulo que se enfoca en la consulta de varios parámetros simultáneamente a los sistemas de signos vitales. Permite ver en tiempo real las alarmas, lectura de pesaje y otros parámetros operacionales, a través de las interfaces que posee con los sistemas de monitoreo de signos vitales y sensores a bordo de los equipos, por ejemplo: VIMS y DDEC.

Las interfaces desarrolladas con los sistemas VIMS, DDEC, STATEX III, PLM2, balanza dinámica Transcale, entre otros, además de reportar alarmas y el estado de los componentes, también facilita las lecturas de pesaje, que son registradas y grabadas en la base de datos para una mayor exactitud del tonelaje extraído. Las interfaces con VIMS y PLM2 proporcionan además mensajes de cambio de estado que también se procesan dentro del ciclo operativo automático (además de las lecturas de GPS). [AXU01]

2.5.1.4. SISTEMA DE ALTA PRECISIÓN

Un sistema de alta precisión satelital está orientado a asegurar la calidad de los datos y la operación en ciertas áreas de la operación minera, en el caso de un sistema de gestión operacional está orientado a apoyar el control de los equipos encargados del movimiento de materiales: palas, cargadores, motorgrader y bulldozer; y que tiene impacto en el resultado final de operación.

- Palas y cargadores: para estos equipos están orientados a identificar de manera fidedigna el material que se está cargando, de modo de reducir la dilución y ayudar al control de piso, esto último evita el tener que re perforar o rellenar.
- Motorgrader y bulldozer: su orientación principal es el control de piso, de modo de asegurar que se cumplen los diseños establecidos, especialmente botaderos, con un seguimiento de su operación.

Para obtener alta precisión satelital se utiliza el sistema de satélites denominado GPS. Las soluciones de alta precisión están orientadas a perforadoras y equipos de movimiento de tierra (palas, cargadores, bulldozer y wheeldozer)

- Movimiento de tierra: posee aplicaciones de alta precisión de GPS para equipos de carga como son palas, cargadores frontales, retroexcavadoras y equipos auxiliares como son el bulldózer y moto niveladoras.

2.6. CALIDAD DE SERVICIO

El concepto de **calidad de servicio** (o QoS) en telecomunicaciones puede tener, al menos, dos interpretaciones habituales. En primer lugar, se refiere a la capacidad de determinadas redes y servicios para admitir que se fije de antemano las condiciones en que se desarrollarán las comunicaciones (dedicación de recursos, capacidades de transmisión, etc.). En segundo lugar, se habla calidad de servicio como una serie de cualidades medibles de las redes y servicios de telecomunicaciones, como el tiempo que se tarda en realizar una llamada telefónica (desde que el usuario marca hasta que suena el teléfono en el otro extremo). [BRO02]

2.6.1. CALIDAD DE SERVICIO EN RED DE CONMUTACIÓN DE PAQUETES

En la primera acepción, la calidad de servicio se opone al “best effort”, cuyas prestaciones dependen de las condiciones de la red en cada momento. Típicamente, las redes y protocolos digitales que admiten QoS (Frame Relay, ATM, etc.) permiten controlar algunas de las perturbaciones más comunes en comunicaciones sobre redes de conmutación de paquetes:

- La pérdida de paquetes, debido a la imposibilidad de entregarlos a un receptor que tiene un buffer (cola de entrada) lleno, lo que puede obligar a la retransmisión de los paquetes perdidos.
- Retardo, debido a las esperas de los paquetes en distintos nodos de la red (colas) o, simplemente, al ruteado a través de un camino más largo que el directo para evitar congestiones.

- Jitter, que no es más que la llegada de una secuencia de paquetes con retardos dispares para cada uno de ellos, lo que perjudica gravemente a las comunicaciones ordenadas, como las secuencias de audio, por ejemplo.
- Llegada en desorden, causada por el rutado por distintos caminos de los paquetes de una secuencia, que sólo puede ser corregido por determinados protocolos de transmisión.
- Errores en la transmisión, que provocan la corrupción de los datos o la combinación errónea de paquetes.

En general, los distintos mecanismos de calidad de servicio se basan en la asignación de recursos mediante la priorización de los paquetes a enviar.

2.6.2. PRIORIDAD TIPO DE TRÁFICO

- 0 Best effort
- 1 Tareas de fondo
- 2 Estándar
- 3 Carga excelente (Crítico para el negocio)
- 4 Carga controlada (streams multimedia)
- 5 Video (medios interactivos que requieren menos de 100ms de latencia y de jitter)
- 6 Voz (voz interactiva, que requiere menos de 10ms de latencia y de jitter)
- 7 Tráfico reservado para el control de red

2.6.3. MEDIDA DE LA CALIDAD DE SERVICIO

La medida de la calidad de servicio en las telecomunicaciones se asocia generalmente a la satisfacción del cliente, a la percepción que éste tiene del servicio que se le presta. Sin embargo, se suele hablar de cuatro perspectivas de medición de la QoS, dos desde la perspectiva del operador y del usuario (calidad recibida y calidad percibida). Técnicamente, las medidas más relevantes son las de calidad proporcionada, ya que se pueden obtener a

partir de los datos obtenidos en los equipos de los propios operadores. En este contexto se desarrollan las medidas de calidad de servicio propuestas por el ETSI en la guía EG 202 057.

Entre las medidas habituales de calidad proporcionada se incluyen cuestiones como la disponibilidad de las redes, los tiempos que se tarda en realizar la comunicación o la velocidad y la tasa de errores en la descarga de un archivo con una conexión a Internet comercial. Además de éstas, también se consideran como aspectos clave para los usuarios los parámetros de calidad de servicio relacionados con la atención al cliente (tiempo de atención, existencia de sistemas automáticos de reconocimiento de voz en los centros de atención, etc.).

Desde el lado de la demanda, la medida de la calidad percibida resulta complicada por la componente subjetiva que tiene y requiere la elaboración de encuestas.

2.6.4. NORMATIVA TÉCNICA

ETSI EG 202 057 que está compuesta por cuatro documentos:

- EG 202 057-1 trata de las definiciones generales de parámetros de QoS y métodos de medida relacionados con el usuario que se pueden aplicar a cualquier servicio, así como de las definiciones generales de parámetros de QoS y métodos de medida relacionados con el usuario para los servicios de voz, datos y fax accesibles por medio de las redes de telecomunicaciones disponibles al público.
- EG 202 057-2 trata de las definiciones de parámetros de QoS y métodos de medida relacionados con el usuario para los servicios de voz, datos, fax y SMS accesibles por medio de las redes de telecomunicaciones

disponibles al público. Los parámetros de datos son para cuando se empleen modems de la serie V-9x, porque se trata del más común.

- EG 202 057-3 trata de las definiciones de parámetros de QoS y métodos de medida relacionados con el usuario para los servicios redes de telecomunicaciones públicas, terrenales, móviles (PLMN).
- EG 202 057-4 trata de las definiciones de parámetros de QoS y métodos de medida relacionados con el usuario para los servicios de acceso a Internet.

2.7. TECNOLOGÍA CARRIER CLASS

Dejando atrás la idea, que los sistemas de telecomunicación son solamente medios de transporte, es que surge la idea en que los sistemas de telecomunicación tomen realce y formen parte esencial de la plataforma de negocios integral y del rendimiento de las aplicaciones, lo que se traduce en mejorar los procesos de negocio y flujo de trabajo.

Para ello el servicio de comunicación debe permitir mayor ancho de banda y la capacidad de escalar junto con las necesidades del negocio, lo que será aún más crítico para las empresas que buscan aumentar la productividad sin aumentar los costos.

Este servicio es dado por redes que usen la tecnología Carrier-Class.

Clase Portadora en inglés Carrier-Class es la tecnología que permite crear una red muy potente que permite que las comunicaciones empresariales puedan maximizar su rendimiento y crear eficiencias en costes sin afectar principalmente la calidad y el servicio haciéndola muy fiable.

En telecomunicaciones el término Carrier Class es asociado al concepto de Disponibilidad 99.999%. Al aplicar este concepto a una red de datos es muy importante determinar cómo esta es definida y que diseño va usar dicha red.

Cuando se diseña una red y se construye su infraestructura, muchas áreas deben ser evaluadas para poder lograr una red de alta disponibilidad.

- Al nivel de dispositivos: Todos los componentes del sistema, incluyendo los procesadores de control deben ser redundantes, capaces de poder ser intercambiables en caliente, detectar errores y que estos sean transparentes para los usuarios.
- Al nivel de red: La topología de red y los enlaces deben ser redundantes y resistentes para garantizar que al existir falla en algún punto este no afectara a toda la red

La redundancia es la clave de redes Carrier-Class. Esto implica tener duplicidad de componentes, que por lo general corren en paralelo, que proporcionan copias de seguridad en caso de fallas o errores.

Intercambio en caliente se refiere a la acción de añadir, eliminar o reemplazar un componente mientras el dispositivo esté en funcionamiento.

Carga compartida permite que varios componentes corran al mismo tiempo, con la inteligencia para determinar cuál componente está disponible junto con algoritmos que determinan como la carga debe ser compartida.

Además los dispositivos utilizados, deben estar diseñados de acuerdo a normas físicas establecidas para equipos Carrier-grade, los cuales incluyen ser certificados por el Nuevo sistema de construcción de equipos (NEBS New Equipment Building System), el cual es un estricto conjunto de normas con numerosas pruebas, que fue desarrollado por Bellcore para cumplir con el rendimiento, la calidad, aspectos ambientales y de seguridad en entornos de soporte. [RAC01]

2.7.1. REQUERIMIENTOS DE CARRIER CLASS

2.7.1.1. ALTA DISPONIBILIDAD 99,999%

Los múltiples "nueves" se han utilizado durante muchos años en la industria de telecomunicaciones para describir la disponibilidad. Carrier-class es sinónimo de "cinco nueves", o 99,999% de disponibilidad, que asciende a unos cinco minutos tiempo de inactividad al año, un poco menos de un segundo por día. Por lo general, esta medida no incluye ningún tiempo de inactividad planificado para el mantenimiento programado y de actualizaciones. Dentro de estos tiempos de inactividad no están contemplados a su vez todos los dispositivos finales entre ellos los teléfonos y los dispositivos de usuario.

Disponibilidad	Tiempos de inactividad por Año
99.9999 %	32 segundos
99.999 %	5 minutos 15 segundos
99.99 %	52 minutos 36 segundos
99.9 %	8 horas 46 minutos
99 %	3 días 15 horas 40 minutos

Tabla N° 6: Disponibilidad de servicio "nueves" y los tiempos de inactividad asociados.

Fuente:

<http://conciencia colectiva en tecnologia.blogspot.com/2013/04/el-dilema-de-eso-que-significa-contar.html>

La manera más común para aumentar la fiabilidad es introducir redundancia, que implica un costo de compensación. Esto significa tener componentes redundantes trabajando en paralelo, por ejemplo componentes tipo "hot standby", los cuales se encuentran instalados en los equipos pero están en estado de espera listos para intervenir en presencia de alguna falla. O si un componente tiene una

disponibilidad del 99% y el objetivo es lograr 99.999%, abra que añadir dos componentes redundantes lo que hará que funcionen tres componentes en paralelo.

2.7.1.2. ALTO RENDIMIENTO

Factor fundamental para elegir entre uno y otro sistema de comunicación, en donde las demandas de rendimiento pueden influir a la capacidad de Operación en tiempo real de un Sistema, ya que la aplicación de grandes cargas puede destruir las respuestas en Tiempo Real.

Por lo que el sistema de comunicación de alto rendimiento debe ser capaz de enviar y recibir amplias cantidades de datos de manera continua desde cualquier ubicación dentro del Área establecida.

2.7.1.3. CALIDAD DE SERVICIO

Calidad de servicio es la capacidad de dar un buen servicio, para lo cual se usan tecnologías que garantizan la transmisión de cierta cantidad de datos en un tiempo dado comúnmente denominado “throughput “.Es especialmente importante para ciertas aplicaciones tales como la transmisión de video o voz.

2.7.1.4. ESCALABILIDAD

Capacidad del sistema de telecomunicación de cambiar su tamaño o configuración para adaptarse a las circunstancias cambiantes, lo cual requiere de tener la habilidad para extender el margen de operaciones sin perder calidad de los servicios ofrecidos.

2.7.1.5. SEGURIDAD

Seguridad es un factor fundamental para garantizar el funcionamiento estable de un servicio. Amenazas tales como

gusanos, virus, de denegación de servicio (DoS), y otras actividades maliciosas no debe degradar la red o la estabilidad del servicio. Para garantizar la estabilidad de la red, las estrategias que cubren diferentes áreas deben estar en el lugar:

- **Red de elemento de seguridad.-** Proporcionar una gran seguridad comienza en el nivel de nodo. Cada elemento de red debe prever una protección suficiente de sus propios recursos y servicios.
- **Red IP spoofing y protección.-** Proporcionar la infraestructura de seguridad incluye el bloqueo del acceso a una subred de uso interno, la protección y el bloqueo de suplantación de IP, protección DoS y seguimiento, y mucho más. IP spoofing, utilizando tanto marcas registradas y no-espacio de direcciones es el vehículo de transporte más común para las actividades maliciosas.
- **Control de plano.-** La operación de control de plano la protección protegida es imprescindible para garantizar un funcionamiento estable de toda la red. Esta protección incluye tanto internos como externos las políticas de protección, porque los ataques se originan desde los dos extremos.
- **Servicio de Habilitación de la protección-** Las políticas de seguridad específicas de la función puede ser una estrategia amenaza eficaces de mitigación. Si el acceso a los nodos o segmentos que son específicos del servicio puede ser controlado desde el resto de la red, un alto grado de protección es alcanzarse inmediatamente.

Seguridad convierte en una preocupación completamente diferente cuando una infraestructura basada en IP se utiliza para

proporcionar servicios prestados tradicionalmente en redes separadas. Redes TDM no eran inmunes a los ataques, pero la diferencia es que el conocimiento malicioso de atacar a las redes basadas en IP y los ejércitos está mucho más extendida. Sin embargo, la conciencia de la seguridad es también mucho mayor en la industria de propiedad intelectual en comparación con muchos de los vendedores tradicionales de los equipos de generaciones anteriores.

Conciencia debe elevarse con los proveedores de servicio, así, tanto en los riesgos y las soluciones para los problemas. Una red que de otra forma serían considerados de clase portadora fácilmente puede ser degradada a menos algo si la seguridad se vea comprometida.

2.8. SOFTWARE DE SIMULACIÓN DE COBERTURA-ICS TELECOM

ICS telecom es la herramienta indispensable para los ingenieros de planificación. Es capaz de modelar cualquier red de radio, cualquiera que sea su tamaño, desde la implantación local hasta la envergadura nacional.

ICS telecom puede utilizarse a todas las etapas de la adquisición y la explotación de una red, como, por ejemplo, para:

- La evaluación de tecnologías
- La modelización de proyecto
- Dimensionar infraestructuras
- La planificación de red
- La optimización del espectro
- Compartir datos de ingeniería
- La administración de sistema

- La optimización de red

Para la realización de los estudios de cobertura se deberá contar con unas bases de datos cartográficas adaptadas específicamente a la herramienta de planificación radioeléctrica. De esta manera, se genera:

- Modelo Digital del Terreno (D.T.M).
- Cartografía Raster

2.8.1. MODELO DIGITAL DEL TERRENO

Para la realización del estudio de cobertura de los diferentes sistemas se debe emplear un modelo digital del terreno con una resolución de aproximadamente de 5 a 10 metros. Esto implica que el programa de cálculo crea una matriz de puntos distanciados entre sí 10 metros y realiza un cálculo sobre cada uno de ellos. Mediante la utilización de estas cartografías de alta resolución se consiguen mejores correlaciones entre el cálculo teórico y los datos reales de medida.

En las siguientes imágenes se muestra el modelo digital del terreno utilizado para el cálculo.

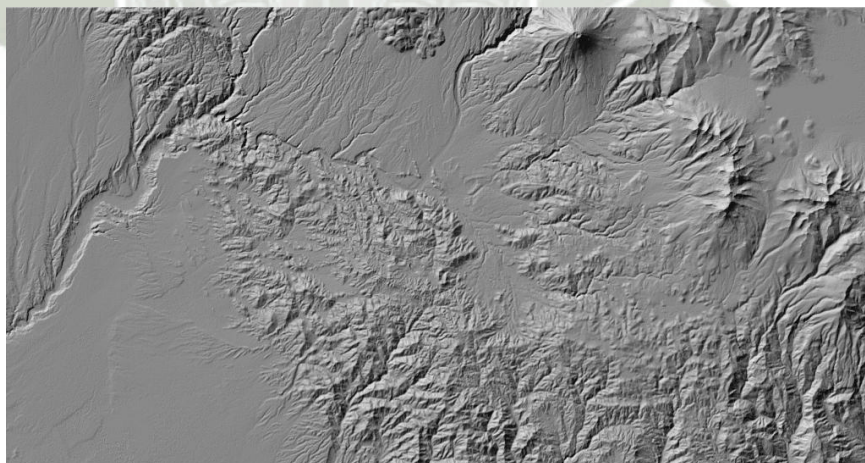


FIGURA N° 4: Modelo digital del terreno de 10 metros de resolución

Fuente: ICS Telecom Manual de Usuario

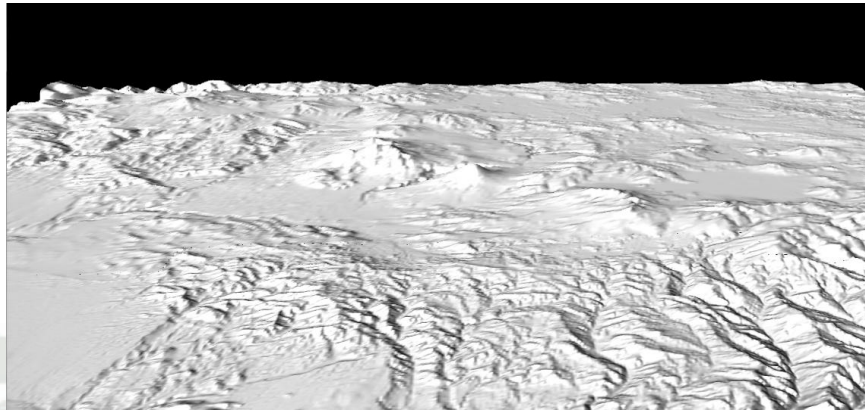


FIGURA N° 5: Modelo digital en 3D del terreno de 10 metros de resolución

Fuente: ICS Telecom Manual de Usuario

2.8.2. CARTOGRAFIA RASTER

Para la visualización de los resultados del estudio de cobertura se utiliza tanto una imagen raster de 15m como las imágenes de alta resolución obtenidas del programa Google Earth Pro.

Este tipo de imágenes incorporan una gran cantidad de información (vías de comunicación, edificios, toponimia, colores de relleno de cada uso del suelo...) lo que facilita la interpretación de los resultados del estudio.

CAPITULO III

PROPUESTA DEL MODELO

Dado la necesidad de contar con un sistema de comunicaciones robusto y eficiente, que sea capaz de transmitir los datos desde los diferentes equipos de operación minera hasta las redes de datos centrales de manera segura y constante, junto con la capacidad de soportar adicionalmente aplicaciones y servicios como lo son las voz, video y datos con movilidad en los diferentes lugares y equipos de los asientos mineros, la propuesta de modelo contempla el diseño de una red inalámbrica de la red ALVARION, empresa líder en sistemas de comunicaciones inalámbricas CARRIER CLASS a nivel mundial, lo cual nos permite estructurar una arquitectura que permita soportar adecuadamente la capacidad de comunicar los diferentes equipos instalados sobre la flota minera con los servidores respectivos de los diferentes sistemas de operación crítica en tiempo real, junto con la capacidad de transmitir voz, video y datos en lugares fijos y equipos móviles.

La ventaja de aprovechar la potencialidad de una arquitectura como ésta, es la de enfocar el negocio de operación minera y optimizarlo por medio del uso de plataformas de la información.

La tecnología seleccionada opera actualmente en la banda de los 5 GHZ (4.9, 5.2, 5.4 o 5.8 Ghz), implementando una arquitectura punto a multi punto, en este caso utilizaremos la frecuencia en 5.8Ghz, por tratarse de una banda no licencia en nuestro país.

3.1 CRITERIOS DE DISEÑO

El diseño lógico del modelo de la red propuesto está dividido principalmente en tres componentes importantes para lograr una buena arquitectura; estos son:

- Sitios Fijos (Celdas de acceso): Ubicadas en zonas Estratégicas determinadas luego de un análisis de cobertura teórico, las cuales tienen línea de vista con la

mayor parte del área a cubrir y sirven básicamente para, hacer el enlace con las Estaciones Semi-móviles y móviles .

- Estaciones Semi - móviles: Las cuales se enlazan con las celdas de acceso y sirven para extender la cobertura en determinados sectores de baja cobertura debido a la geografía de una minera. Estas estaciones son autónomas y pueden ser reubicadas de acuerdo a las necesidades de la cobertura.
- Móviles: Equipos instalados en los clientes (maquinaria pesada, equipos auxiliares, etc.) para poder enlazarse con la celda más cercana o con mejor línea de vista.

3.2 DIMENSIONAMIENTO

Para un correcto dimensionamiento debemos tomar en cuenta los siguientes factores:

- Cobertura: Que se tenga posibilidad de conectividad, esto implica que tenga la señal de manera tal que permita la conectividad. Esto es física y se mide numéricamente.

Para lo cual debemos de:

- Definir la zona de cobertura
- Definición de sitios fijos
- Definición de sitios Semi móviles
- Simulación teórica

3.3 PLAN DE FRECUENCIAS – CANALIZACIÓN

Para diseñar un plan de frecuencias óptimo, es necesario tener en cuenta que las redes de comunicaciones, hasta hoy han utilizado la banda de 2.4 GHZ para operar, dando de esta manera una conectividad del tipo WIFI.

Si bien las redes iniciales en minas pequeñas operan de una manera adecuada, a medida la operación minera crecía se generaba la necesidad por factores geográficos aumentar la cantidad de puntos de generación de cobertura o

puntos de repetición, lo que aumenta la cantidad de equipos transmitiendo en la frecuencia de 2.4 GHZ.

La frecuencia de 2.4 GHZ posee solo 3 canales de operación que no se traslapen, es decir 3 canales que si transmiten al mismo tiempo, utiliza un espectro distinto y la señal va por vías distintas de comunicaciones.

El ancho de espectro es de 70 MHZ en la banda autorizada en el país, por lo cual considerando que las tecnologías utilizan 20 MHZ de espectro, la posibilidad de transmitir máxima es de 3 canales.

Lo anterior quiere decir que si utiliza 5.8 o 2.4 GHZ en 20 MHZ de canalización, dependiendo de la cantidad de repetidores es la cantidad de interferencia que se tendrá en el mismo canal.

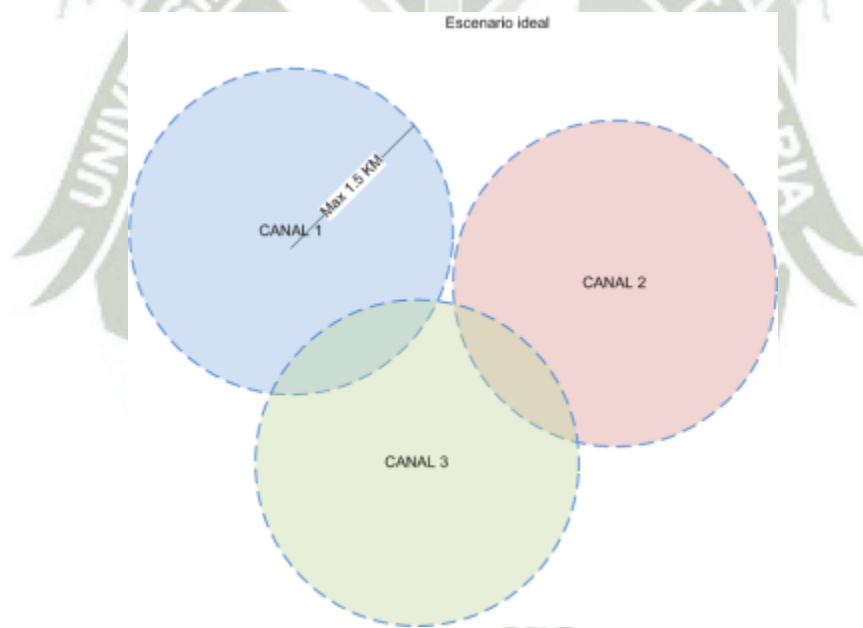


FIGURA N° 6: Escenario ideal para canalización de frecuencias en 2.4Ghz

Fuente: Elaboración propia

La figura anterior demuestra el escenario ideal de la tecnología WIFI en espacio abierto donde NO hay re utilización de canales, sin embargo producto de factores geométricos y geográficos, es necesario implementar más repetidores para asegurar que la posibilidad de conexión llegue a todos los lugares donde se requiere.

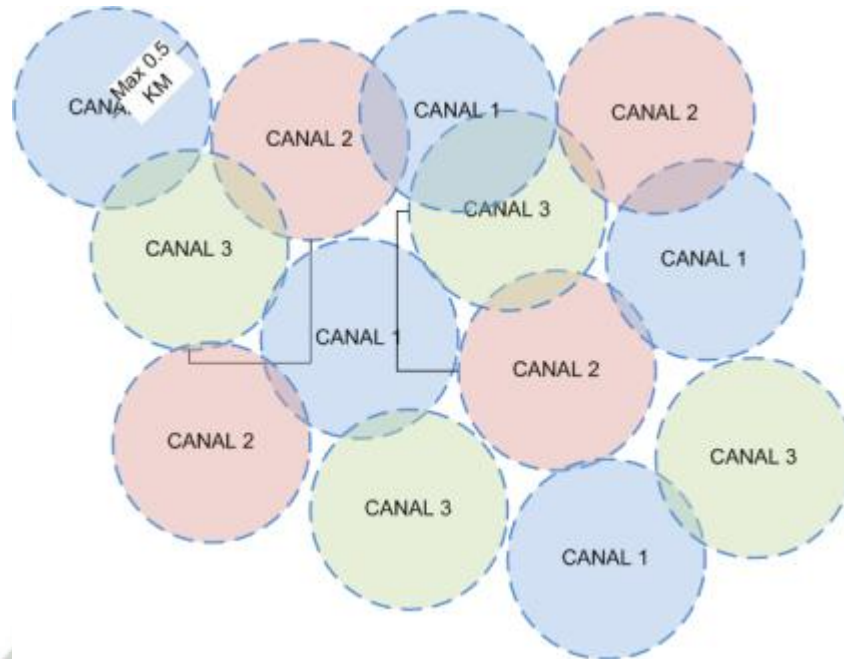


FIGURA N° 7: Escenario real para canalización de frecuencias en 2.4Ghz

Fuente: Elaboración propia

Con el aumento de otros puntos de acceso en el mismo canal, se produce interferencia en el mismo canal, lo que produce necesario mantener 20 db de aislación entre dos equipos que generan cobertura en un mismo canal, provocando 2 factores importantes:

- **Disminución de radio de cobertura:** dado que aumenta el ruido de piso en el canal, para asegurar la aislación adecuada a nivel de SNR en el punto a conectar, el radio de cobertura disminuye notoriamente a menos de 500 metros de conexión sin redundancia.

El radio de cobertura es afectado por lo siguiente:

Para que un enlace de comunicaciones pueda operar adecuadamente con una comunicación efectiva, se requieren de 2 aspectos importantes:

- Nivel de recepción de señal: medida en dB. El nivel de recepción de señal, está asociado al tipo de antenas utilizado y la distancia de conectividad.
- Nivel de ruido en el canal: aislación, para que la comunicación pueda ser efectiva, el equipo de comunicaciones receptor, debe escuchar adecuadamente al emisor, sin ruido que lo moleste. Ruido es otro equipo de comunicaciones emitiendo señal en el mismo canal al mismo tiempo.

Para que una comunicación sea efectiva, el enlace debe tener una recepción de señal a lo menos de -83 dBm, y que en el mismo canal NO exista interferencia (otra señal) en a lo menos 12 a 15 dB de cercanía, es decir:

Si la señal de recepción principal (primaria) llega a -80 dB, la siguiente señal (secundaria) no puede ser superior a -95 dBm. Si la señal es mayor a eso, contaminara a la señal primaria.

Esto refleja que los equipos de comunicaciones pueden contaminar hasta más de 10 km.

Por lo tanto, si evaluamos nuevamente una arquitectura con uso de canales de 2.4 GHZ (usando los 3 canales):

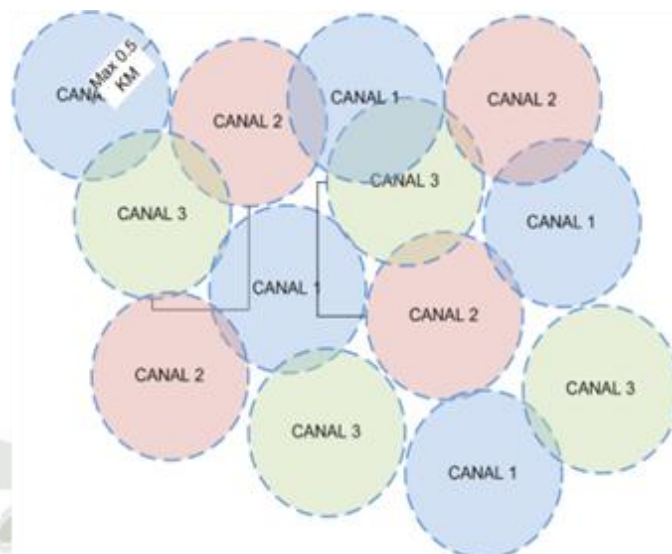


FIGURA N° 8: Escenario real para canalización de frecuencias 2.4Ghz

Fuente: Elaboración propia

Si a este diagrama le agregamos a los AP de canal 1, la zona donde se produce interferencia:

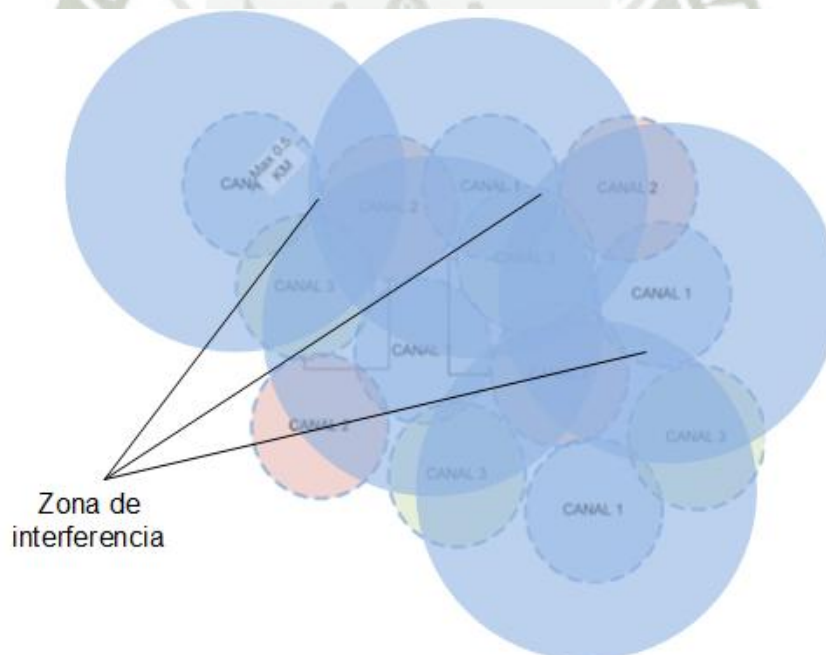


FIGURA N° 9: Zona de interferencia

Fuente: Elaboración propia

La zona de interferencia es la zona donde el punto de acceso tiene un nivel de señal potente, sin embargo se recibe la señal de otro punto de acceso en el mismo canal con una potencia que afecta la operación interfiriendo. Adicionalmente en cada canal se debe analizar lo mismo y luego estudiar el impacto global de la red.

Es por este motivo que la elección de la frecuencia para el siguiente modelo está basada en 5Ghz; dado que esta frecuencia tiene una mayor amplitud de canales con lo que eliminaremos la interferencia entre los diferentes puntos de acceso.

3.4 DISEÑO DE LA RED

Para lograr un buen diseño del modelo de la red inalámbrica; debemos de seguir ciertos pasos; no obstante debemos identificar las zonas necesarias que requieren cobertura; en este caso puntual ya que el modelo está orientado a una minera, las zonas requeridas son las de producción donde los diferentes sistemas tienen la necesidad de enviar su información a servidores centrales para que luego esta información sea utilizada con el fin de optimizar la producción.

Los pasos que debemos seguir son:

- Localización; en este punto se deben localizar las posibles ubicaciones de los diferentes sitios, fijos y semi móviles.
- Topología; de acuerdo a la localización de los diferentes puntos, realizamos una topología de red.
- Simulación de cobertura teórica: una vez ubicados los puntos fijos, se realiza una simulación teórica para obtener la cobertura deseada en las áreas de producción como lo mencionamos anteriormente.
- Niveles de Calidad de Servicio: Definitivamente debemos validar el tipo de calidad de servicio que tiene y podemos obtener gracias a la

tecnología con el fin de poder cumplir el objetivo de transmitir más servicios.

- Seguridad: toda información transmitida a través de una red debe contener un tipo de seguridad; más aún si este modelo está orientado a ser una red inalámbrica de una minera.

3.4.1 LOCALIZACIÓN

Como primera acción para realizar el diseño de la red; debemos tener la ubicación de los puntos posibles a usar en la minera; estos puntos deben ir de acuerdo al plan minero de toda mina, dado que el plan minero es el que determina los movimientos hacia futuro que se tendrá; es este caso mostramos una minera tipo a tajo abierto con una profundidad promedio de 500 a 600 metros.

Marcamos con un círculo las áreas de interés de una mina que son:

- Círculo rojo: zona de mina (Tajo)
- Círculo naranja: zona de botaderos
- Círculo Azul: Zona de chancado o transición y oficinas

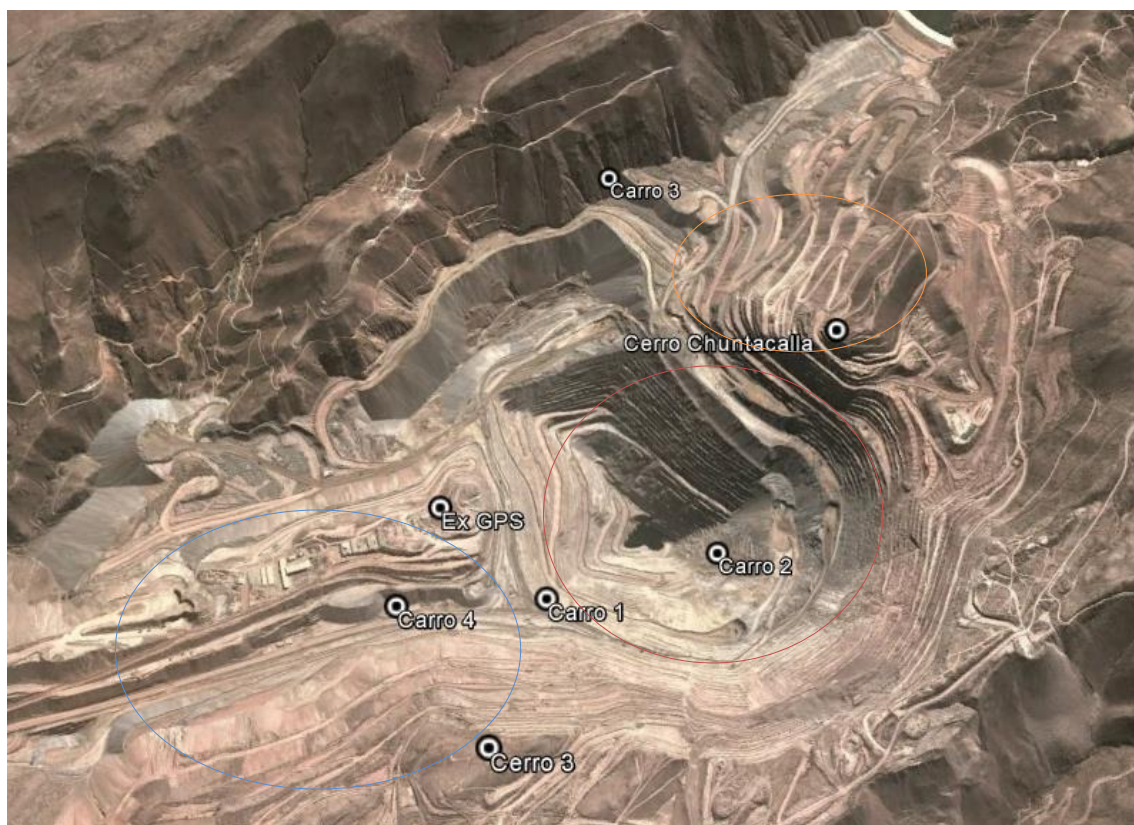


FIGURA N° 10: Imagen de la mina modelo

Fuente: Plano de Google Earth

Como observamos en la imagen; hemos seleccionado diferentes puntos de la mina modelo; puntos fijos generalmente estratégicos a los que llamaremos:

- Sitio Cerro Chuntacalla
- Sitio ExGPS
- Sitio Cerro 3

Puntos que en particular tienen alturas necesarias para cubrir gran parte de la mina; estos puntos no deben tener un movimiento más allá de 3 años de operación de la mina.

Dado que es necesario brindar una alta capacidad y disponibilidad de la red de acceso tipo Punto Multi Punto complementaremos la cobertura inalámbrica que brindaran dichos puntos con 4 repetidores semi móviles (carros) enumerados del 1 al 4 que se ubicaran principalmente para cubrir zonas de interés de la operación minera.

Estos puntos deben ser móviles ya que dado que la operación minera es dinámica es necesario poder mover estos puntos para cubrir nuevos sectores.

3.4.2 TOPOLOGÍA

El modelo de red, según lo anteriormente expuesto, se basará en una red de backhauling en 5.8Ghz, con tres sitios fijos que cada uno de estos contara con dos celdas de acceso encargados de soportar el tráfico de las celdas 5.8 Ghz.

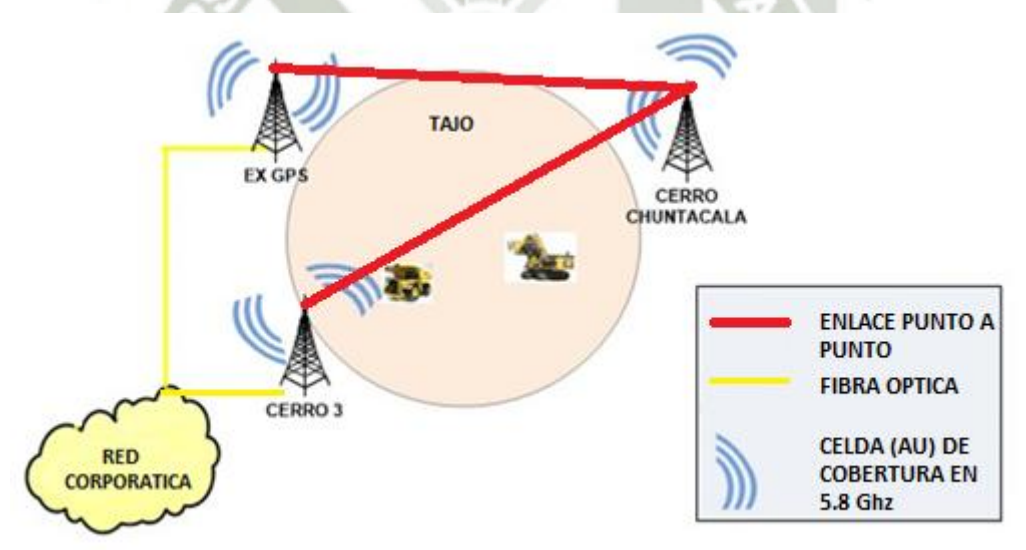


FIGURA N° 11: Topología

Fuente: Elaboración propia

Estos sitios contarán además con un enlace punto a punto de 100 Mbps para respaldar completamente su operación en caso de interrupción del servicio de Fibra Óptica o de sus elementos (switch intermedios, media converter, etc.)

A continuación describir el detalle de cada sitio.

- Sitio Cerro Chuntacalla: Se contará con dos celdas de acceso en este punto; además de contar un dos equipos para realizar dos enlaces punto a punto; el primero hacia Sitio Ex GPS y el segundo hacia sitio Cerro 3.
- Sitio ExGPS: Se contará con dos celdas de acceso en este punto; además de contar con un equipo para realizar un enlace punto a punto con sitio cerro Chuntacalla
- Sitio Cerro 3: Se contará con dos celdas de acceso en este punto; además de contar con un enlace punto a punto con sitio Cerro Chuntacalla.

De esta forma contamos con un anillo entre todos los sitios:

- El inicio mediante enlace de Fibra hacia la red corporativa de la minera en el punto Ex GPS para luego realizar un enlace punto a punto con el sitio Chuntacalla y este a su vez realizar un enlace punto a punto con Sitio Cerro 3 el cual a su vez cuenta con fibra óptica; lo cual hace que se genere un anillo y podamos obtener un red de backhaul redundada.

En cuanto a la generación de cobertura; este dado que existen los puntos y equipos definidos extenderemos un siguiente punto donde realizaremos la simulación de cobertura por cada uno de estos puntos.

3.4.3 SIMULACIÓN DE COBERTURA TEÓRICA

Los cálculos se realizaron con la herramienta I.C.S. Telecom, Versión 10.0., de la casa ATDI.

Este software de simulación radioeléctrica administra las capas cartográficas que se necesitan para realizar el cálculo (modelos digitales del terreno, imágenes ráster, capas de usos del suelo, capas de edificios, archivos vectoriales...). El sistema integra varios modelos de propagación lo que permite modelar el cálculo dentro del entorno, considerando la tecnología de radio requerida por el proyecto. El software también tiene en cuenta interacciones físicas como la curvatura terrestre y la atenuación climática, e incorpora atenuación lineal de ocupación del terreno.

Es posible, por ejemplo, definir hasta 20 tipos distintos de usos del suelo pudiendo obtener la mejor predicción de la propagación a través de edificios o árboles y la reflexión en el agua tanto en la simulación punto a punto como en la simulación de cobertura de área (punto a multipunto).

Para la realización del estudio debimos obtener los datos cartográficos adaptados específicamente a la herramienta de planificación radioeléctrica. De esta manera, a través de los siguientes ficheros se ha generado un modelo digital del área geográfica de la zona objeto de estudio:

- ✓ Modelo Digital del Terreno (D.T.M).
- ✓ Cartografía Raster
- ✓ Clutter de usos del Suelo
- ✓ Vectores

Mediante la utilización de las diferentes capas que gestiona el software se consiguen unos altos niveles de correlación entre el resultado teórico y los datos de campo.

3.4.3.1 MODELOS DE PROPAGACIÓN

El estudio se realizó teniendo en cuenta un radio de 2 Km alrededor de cada punto para los emplazamientos. Los cálculos están basados en diferente modelos de acuerdo a la tecnología por ejemplo:

- Red de Comunicaciones: Modelo de Propagación **ITU-R. 525 (A utilizar)**

Se considera el modelo de propagación ITU-R 525 el más adecuado a la hora de realizar cálculos de cobertura con un modelo digital de terreno de media resolución (30m)

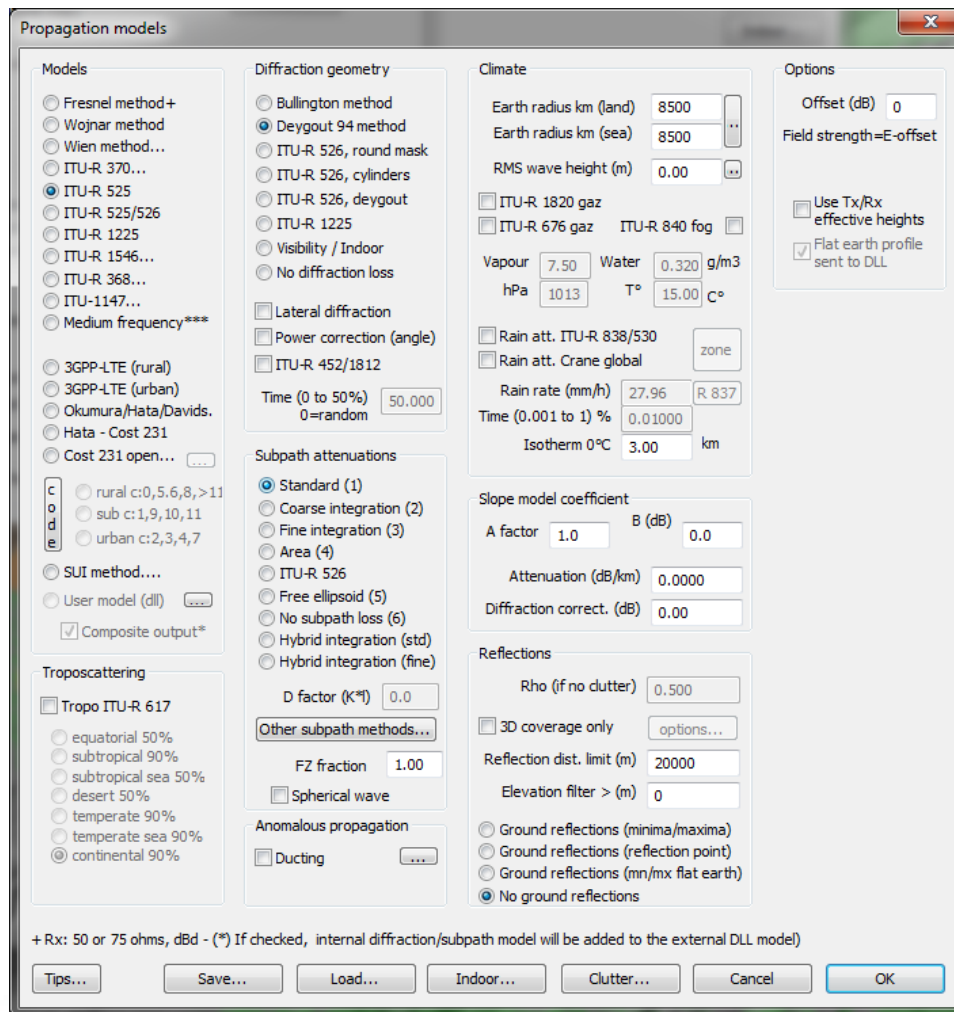


FIGURA N° 12: Parametrización del modelo de propagación

Fuente: ICS Telecom Software

3.4.3.2 TABLA DE NIVELES DE SEÑAL

A continuación se presenta la tabla de calor que determina el nivel de SNR para la simulación de cobertura teórica.

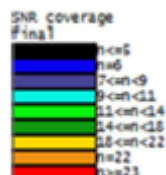


FIGURA N° 13: Mapa de Calor SNR

Fuente: ICS Telecom Software

Según la tabla, se determina que el nivel SNR óptimo para que exista conexión de mayor a 6 dB; es decir que en los lugares donde tengamos cobertura negra o sin color no existir conectividad.

3.4.3.3 COBERTURA SITIO FIJO EX GPS

A continuación se muestra la cobertura del sitio fijo:

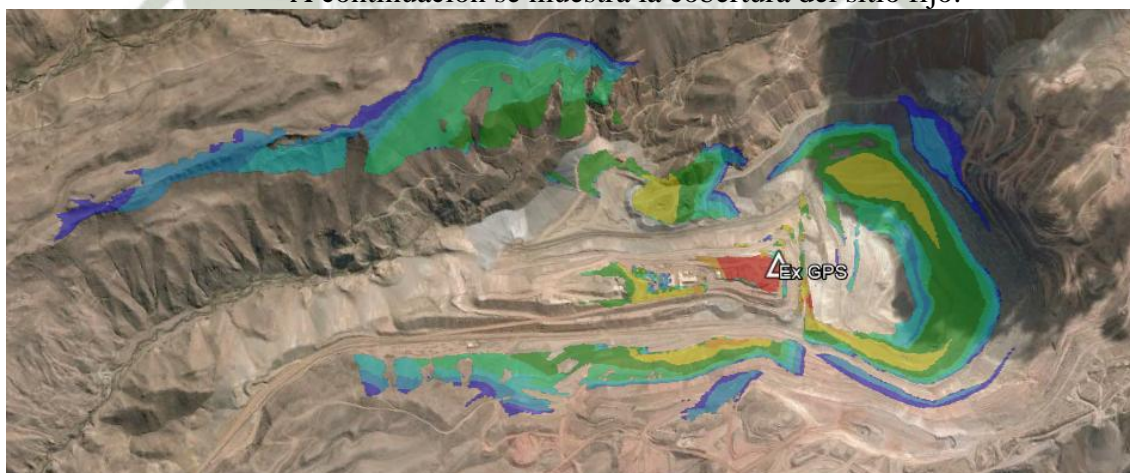


FIGURA N° 14: Cobertura de Sitio fijo EX-GPS

Fuente: ICS Telecom Software

3.4.3.4 COBERTURA SITIO CERRO 3

A continuación se muestra la cobertura del sitio fijo

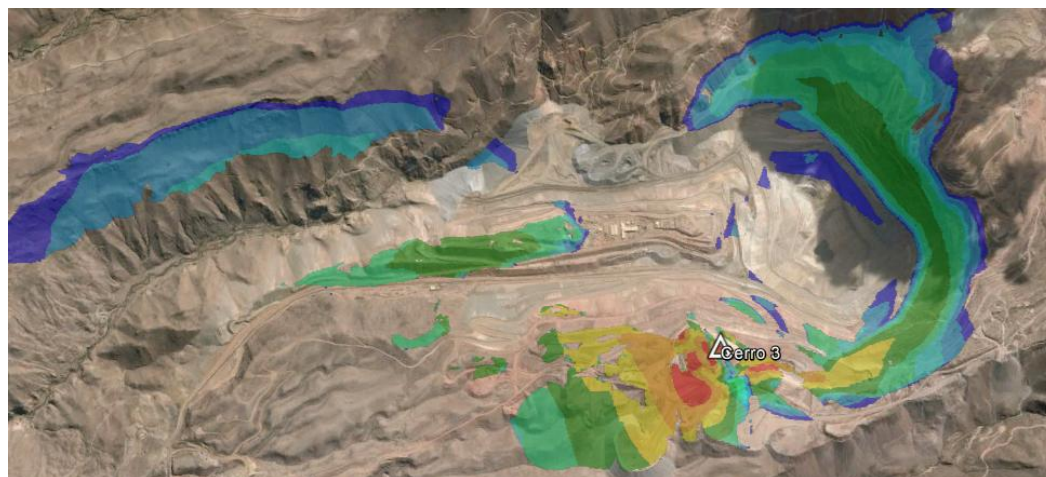


FIGURA N° 15: Cobertura de Sitio fijo Cerro 3

Fuente: ICS Telecom Software

3.4.3.5 COBERTURA SITIO FIJO CERRO CHUNTACALLA

A continuación se muestra la cobertura del sitio fijo:

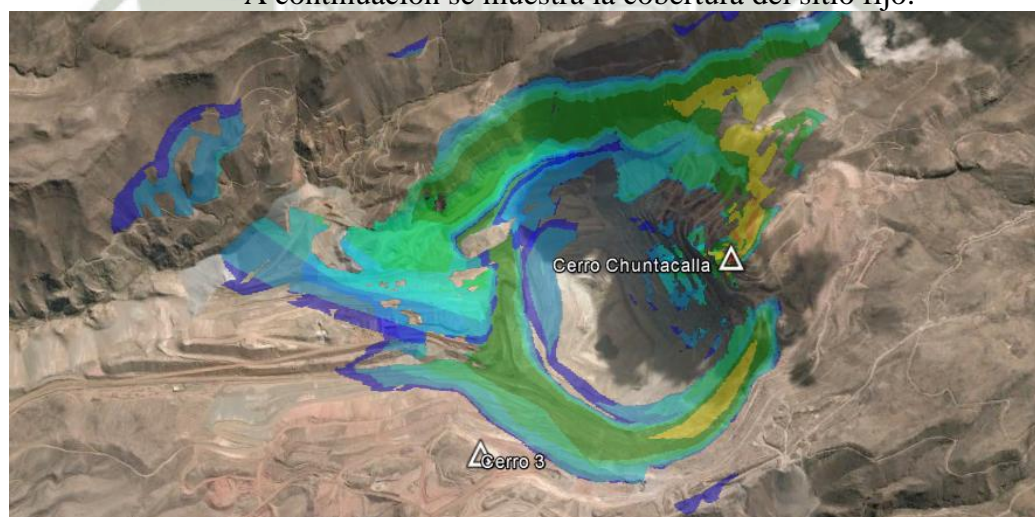


FIGURA N° 16: Cobertura de Sitio fijo Cerro Chuntacalla

Fuente: ICS Telecom Software

3.4.3.6 COBERTURA DE SITIOS FIJOS

A continuación se muestran las coberturas de los tres sitios fijos; observando que de acuerdo a los lugares requeridos no se cuenta con cobertura (señalándola mediante un círculo); para lo cual procederemos a ubicar los Sitios semi móviles con el fin de cubrir estos puntos.

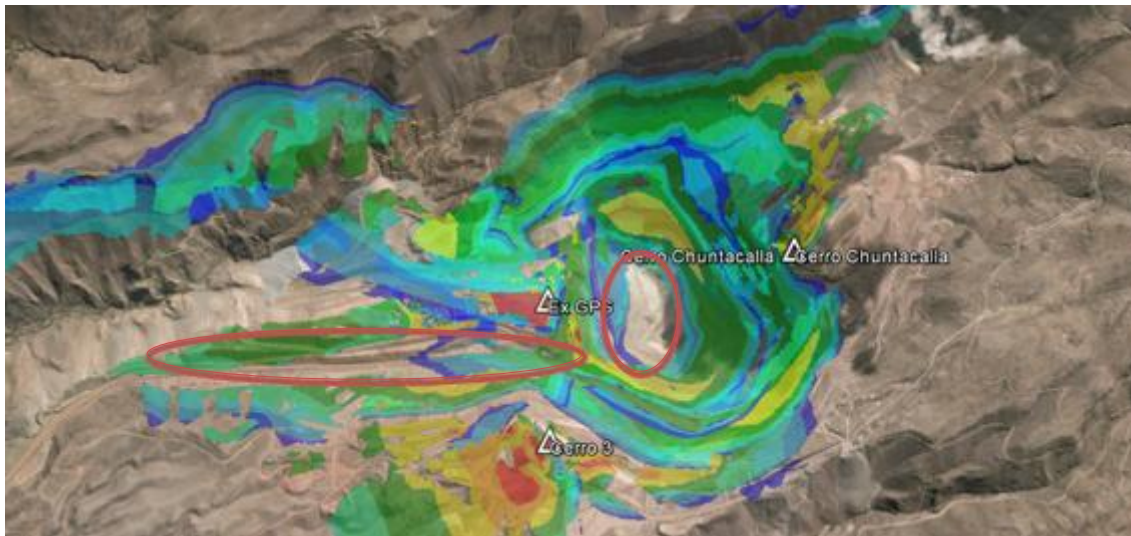


FIGURA N° 17: Cobertura compuesta de Sitios fijos

Fuente: ICS Telecom Software

3.4.3.7 COBERTURA SITIOS SEMI MOVILES

A continuación se muestra la cobertura de los sitios semi móviles o también llamados carros, distribuidos del 1 al 4.

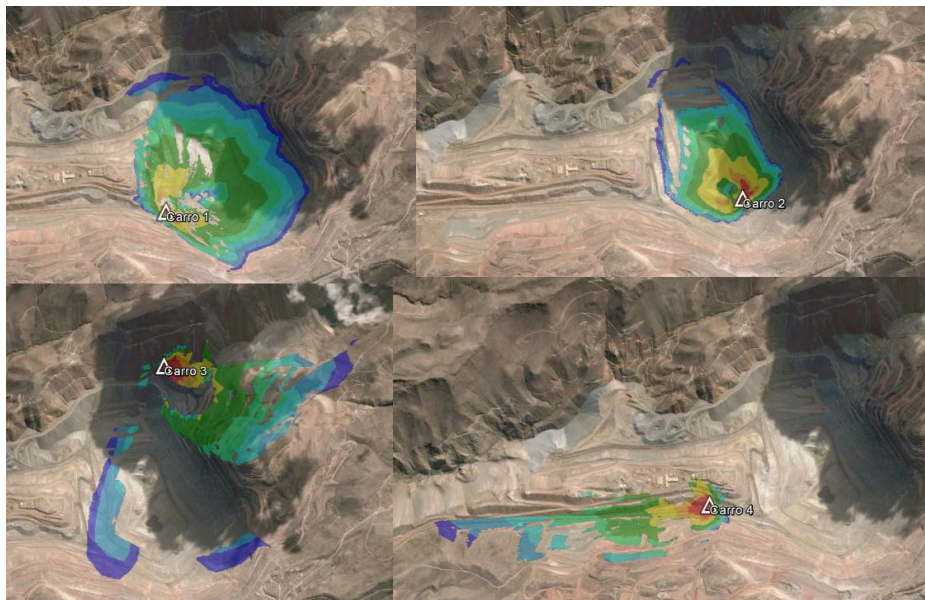


FIGURA N° 18: Cobertura de Sitio fijo Semi móviles

Fuente: ICS Telecom Software

A continuación se muestra la cobertura compuesta de todos los sitios semi móviles o también llamados carros.

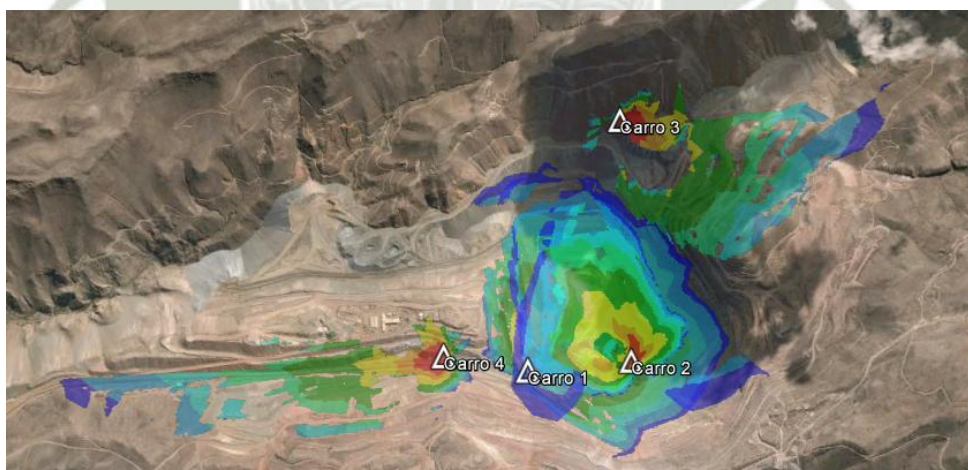


FIGURA N° 19: Cobertura compuesta de Sitio Semi Móviles

Fuente: ICS Telecom Software

3.4.3.8 COBERTURA GLOBAL

A continuación se observa la cobertura compuesta global por los sitios fijo y sitios semifijos, estos últimos ubicados estratégicamente para cubrir las zonas críticas de la mina modelo.

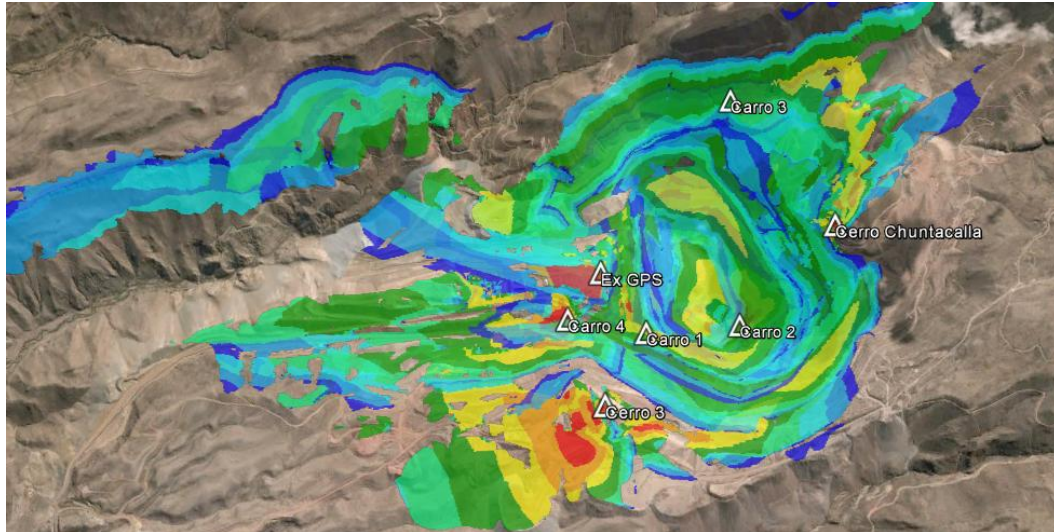


FIGURA N° 20: Cobertura compuesta global

Fuente: ICS Telecom Software

Con esta imagen final, podemos determinar que se cubrieron todos los puntos de interés con un buen nivel de SNR, necesario para poder realizar la conectividad de diferentes sistemas o servicios que así lo necesite la mina modelo.

3.4.4 DISEÑO DE CALIDAD DE SERVICIO

QoS: La calidad de servicio en este modelo de plataforma de comunicaciones, es lo que permite asegurar que los diferentes sistemas implementados puedan operar sobre una red multiservicios.

Para asegurar la calidad de servicio, junto con contar con equipos en enlaces inalámbricos y Switch altamente robustos con QoS efectivo, se propone un apoyo adicional a este punto, por medio de un equipo

especializado en visualización, administración y control de tráfico, permitiendo aprovechar e implementar QoS en capa 7.

Por lo anterior, el modelo de red incluye lo siguiente:

- Backhaul: QoS en Layer 2, 3 y 4
- Celdas AU: QoS en Layer 2, 3 y 4
- Switch: QoS en Layer 2 y 3

La capacidad de alto procesamiento de paquetes y la capacidad de dar diferentes prioridades a diferentes servicios, viene dada por las funcionalidades de QoS.

3.4.5 DISEÑO DE NIVELES DE SEGURIDAD:

Dado que la criticidad de información que pasa por el aire, es necesario asegurar que por medio de distintos niveles de control.

NIVELES DE SEGURIDAD EN EQUIPOS DE BACKHAUL Y CELDAS:

- Claves para distintos niveles de acceso a configuración y administración de equipos.
- Autenticación y encriptación de datos
- WEP o AES con encriptación de 128 bit
- ESSID

NIVELES DE SEGURIDAD EN EQUIPOS SUSCRIPTORES:

- Access Control List (Mac SA, DA, Ether Type)
- Multiple SSID (BSSID, Virtual AP's) - 4 per Wireless Interface
- QoS
- Strict Priority Scheduling
- WEP, AES
- WPA/TKIP over 802.1x & PSK
- 802.11i /WPA2

- 802.1x supplicant mode
- Rouge AP Prevention via 802.1x
- Static Port Security (MAC-based) (Mac 1024)

3.4.6 BENEFICIOS

3.4.6.1 BENEFICIOS ECONÓMICOS

A continuación presentamos una tabla comparativa frente a otras soluciones; con precios de mercado en dólares americanos; viendo claramente el beneficio que ofrece trabajar con la tecnología WIMAX., ya que al ser una minera y al requerir un gran campo de cobertura, la tecnología WIMAX, resalta en una reducción de costo notable dada las grandes distancias que pueden obtener.

Aspectos funcionales	F. Wimax	Mesh inicial (1 radio)	Mesh nueva (doble radio)
Cantidad de Celdas de Acceso	6	12	10
Precio Unitario por Celdas de Acceso	3.500,00	3.600,00	3.800,00
Cantidad de Puntos semi moviles	4	16	12
Precio Unitario por puntos semi moviles	12.000,00	12.100,00	12.200,00
Cantidad de puntos suscriptores	Aprox 50	Aprox 50	Aprox 50
Precio de puntos suscriptores	2.800,00	2.800,00	2.800,00
TOTAL APROX. POR RED INALÁMBRICA	349.000,00	516.800,00	464.400,00

TABLA N° 7: Comparación de costos y tecnologías

Fuente: Elaboración Propia

3.4.6.2 ALGUNOS DE LOS SISTEMAS POSIBLES DE CONECTAR:

Junto con ser un modelo de red de comunicaciones para los sistemas de flota y alta precisión, permite adicionalmente ser una red multi servicio real, dando posibilidad de conectividad a diferentes sistemas operacionales, siendo la única red a nivel mundial capaz de soportar cargas superiores de tráfico.

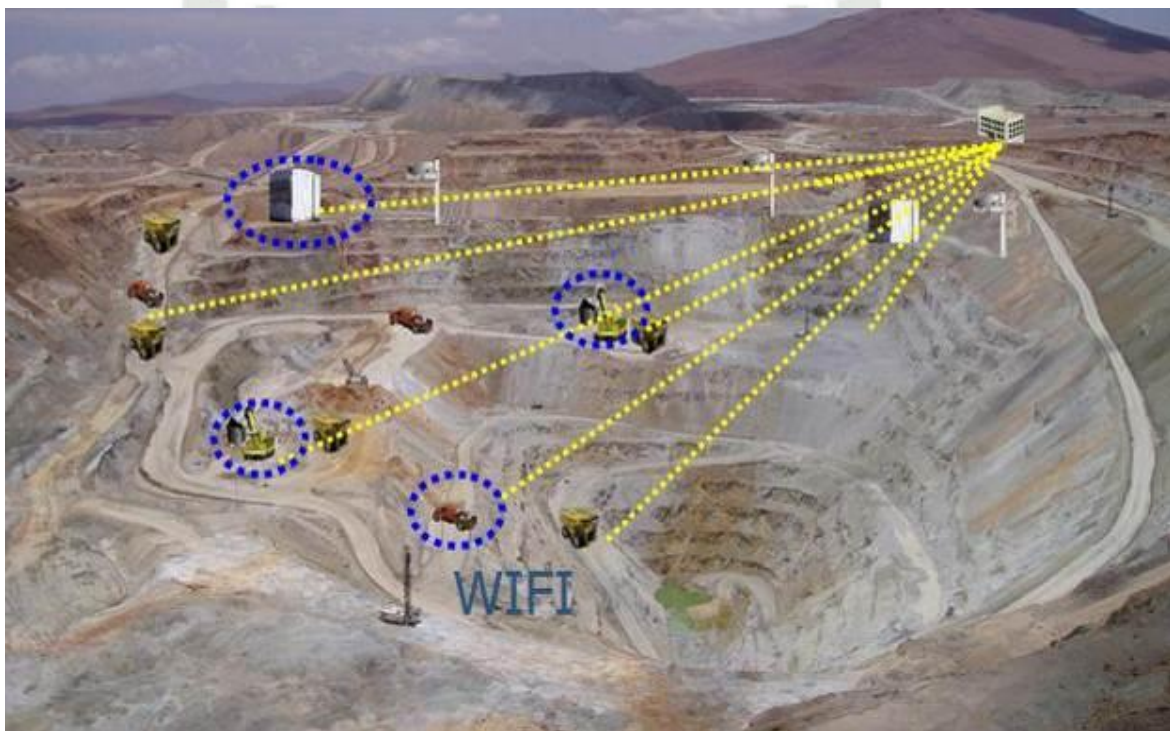


FIGURA N° 21: Red Multiservicios – Conectividad con diferentes Sistemas Operacionales

Fuente: Elaboración propia

- **Conectividad vehículos operación Mina:** Conectividad para sistemas de despacho, sistema de operación como signos vitales, mantenimiento en línea, sistema anticolidión, sistema detección somnolencia, sistema mantenimiento neumáticos, otros.
- **Conectividad para Palas y Perforadoras:** Conectividad para sistemas de Alta Precisión, sistemas signos vitales, conectividad para mantenimiento y control operacional, conectividad para sistema anti vibración, otros.
- **Conectividad a camionetas, con movilidad y sector WIFI alrededor del móvil:** Cobertura alrededor de la camioneta, lo cual permite conectar móviles con accesorios WIFI, como notebook, PDA, etc.; logrando de esta manera la conexión a la red de datos por medio de distintos niveles de seguridad. Conectividad pensada en Jefes de turno, personal de geología, personal de geotecnia, personal de mantenimiento, otros.
- **Cámaras de seguridad en comedor y oficinas lejanas:** Cámaras implementadas en diferentes parte de la mina, tanto para vigilar la operación minera en tiempo real, apoyando la gestión de despachadores, jefes de turno, gerentes, etc.; adicionalmente cámaras para seguridad en lugares necesarios de proteger, como lugares alejados, bodegas, etc.
- **Sistema de control geo mecánico LEICA:** Sistema de monitoreo de desplazamientos de fallas o taludes por medio de un Geo robot y hitos ubicados con prismas.
- **Sistema control de derrames o desplazamientos (GroundProbe):** Sistema de monitoreo geológico de derrames de taludes, que opera por medio de un radar dopler.

- **Sistema telemetría de energía:** Sistema que opera controlando los niveles de voltaje de las baterías y UPS, permitiendo controlar de manera remota el status del sistema energético, controlando la autonomía de los sistemas.
- **Control de recursos hídricos (POZOS):** Conectividad para monitorear en línea los niveles freáticos en diferentes sectores de la operación.
- **Sistemas bajo operación en ETHERNET, RS232, RS422, RS485:** Cualquier sistema que opera bajo estos estándares, puede ser conectado al sistema inalámbrico, de manera de utilizar una plataforma única de comunicaciones.
- **Comunicación para Sistemas de Despacho:** Se comunican sistemas de despacho por la red de comunicaciones de la Red Inalámbrica. De esta manera los sistemas en tiempo real son transmitidos hasta los servidores centrales donde se conectan con los sistemas de información.
- **VoIP:** La red de comunicaciones ha permitido comunicaciones de VoIP y video,



FIGURA N° 22: Sistemas Operacionales en Mina

Fuente: Elaboración propia

3.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA TECNOLOGÍA

3.5.1 CARACTERÍSTICAS GLOBALES:

- Amplia zona de cobertura.
- Conectividad para diferentes sistemas, incluso en tiempo real.
- Capacidad de más de 1000 llamados VoIP simultáneos.
- Capacidad de hasta 5000 clientes (móviles o fijos) conectados simultáneamente.
- Capacidad de hasta 500 Mbps.
- Diseño de alta disponibilidad: 99 a 99,999% uptime
- Equipamiento industrial, IP67, con amplia experiencia en ambiente crítico minero
- De 1 a 16 puertos de comunicación en equipos o vehículos móviles
- De 1 256 puertos de comunicaciones conectados en punto fijos
- Calidad de servicio L2, L3, L4 hasta L7
- Proyectos escalables o por etapa

3.5.2 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS

- CARRIER CLASS
- Múltiples alternativas de frecuencia: Disponible en frecuencias 900, 2.4, 2.5, 4.8, 5.2, 5.4, 5.8.
- Amplia cobertura (Menos equipos en los tajos): Cobertura hasta 30 KM con 1 sola celda (Access Point).
- Diseño Punto a Multi Punto o MESH.
- Amplio alcance en enlaces (menos saltos): Cobertura enlace backhaul, hasta 50 KM.
- Gran capacidad de procesar usuarios y equipos conectados: Capacidad sobre 300 equipos (clientes) por celda (Access Point) con voz, Video y Datos.
- Gran capacidad de procesamiento de paquetes: Capacidad de 40.000 paquetes por segundo.
- Aseguramiento de tráfico crítico: Calidad de servicio (QoS) en L2, L3, L4.
- Antenas de 60°, 90°, 120°, 180°, 360°, para cobertura sectorial o global.
- Redundancia: Capacidad de montar redundancia en cobertura.
- Arquitectura masificada a nivel mundial: Modelo tipo GSM en cobertura (celdas celulares).
- Administración estándar: Administración vía plataforma SNMPc
- Arquitectura robusta, con redundancia en acceso a la LAN (backhaul) y redundancia a nivel de equipamiento con la cobertura global.
- Equipamiento robusto probado en minería y otros ambientes rudos.

- Carrier Class
- Permitiendo operar en bandas no tradicionales (4.8, 5.2, 5.4, 5.8) dependiendo de la legislación y permisos existentes.
- Alta capacidad de cobertura por celda (cobertura global), con menor equipamiento en el área a cubrir.
- Redundancia y Robustez: Modelos redundadas y capaces de operar en ambientes extremos y con alta concentración de equipos:

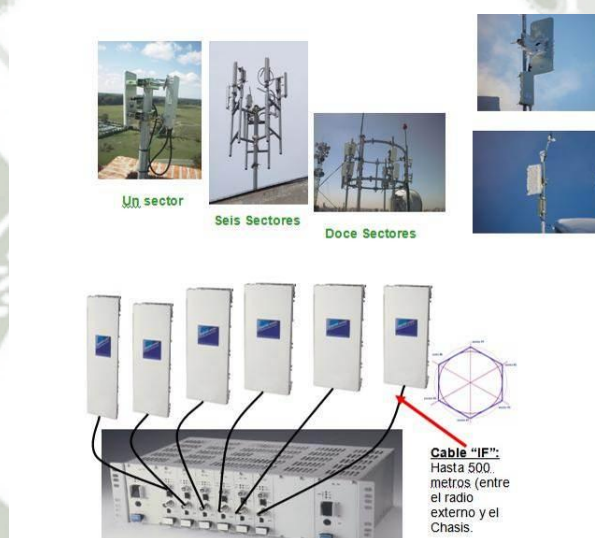


FIGURA N° 23: Ejemplos de antenas Sectoriales

Fuente: <http://www.alvarion.com/products/product-portfolio>



FIGURA N° 24: Tipos de equipos Inalámbricos

Fuente: <http://www.alvarion.com/products/product-portfolio>

- **Celdas AU:** Dan la cobertura global ya sea a nivel MACRO o dentro del área a cubrir, 54 Mbps por celda, creciendo escaladamente.
- **Suscriptores:** Equipo cliente (CPE), se conecta en lugares fijos o móviles, con antena omnidireccional (54 Mbps) o antena direccional (3, 6 y 54 Mbps).
- **Backhaul:** enlace de respaldo o conectividad hasta la LAN. Disponible en 14, 28 y 100 Mbps

3.6 SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN Y MONITOREO

Dado que esta red inalámbrica resulta un sistema crítico para la minera además de tener una operación dinámica, es necesario incluir un sistema de administración y monitoreo; es decir contar con el control y gestión de la red inalámbrica para asegurar la robustez de la red

3.6.1 MONITOREO DE EQUIPOS:

El modelo de red de comunicaciones debe contar con una plataforma de monitoreo estándar con el único objetivo de controlar todo el equipamiento utilizado en la red de comunicaciones.

Es por esto, que la plataforma de monitoreo, controlará constantemente la operación de todos los equipos parte de este sistema, incluyendo:

- Switch de comunicaciones
- Equipos de comunicaciones CELDAS AU
- Equipos suscriptores en equipos móviles o lugares fijos
- UPS
- Servidores de Aplicación
- PC parte del sistema
- Otros,

Como parte del modelo de la red; proponemos al software SNMPc Enterprise; mas no profundizaremos; este un software de administración de fallas, que se destaca por ser muy simple de usar y personalizar. Además, posee variadas opciones que permiten obtener resultados en forma instantánea y cuenta con un eficiente mecanismo de alertas.

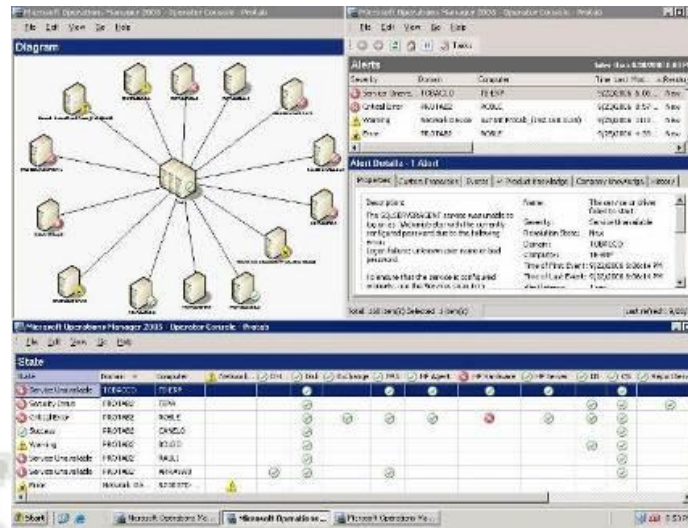


FIGURA N° 25: Monitoreo de Equipos 1

Fuente: http://www.snmp.co.uk/snmpc/snmpc_enterprise/screen-shots.htm

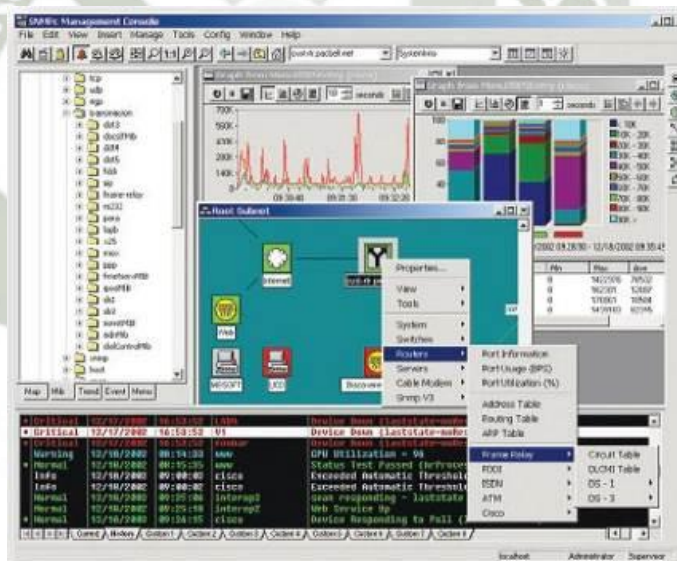


FIGURA N° 26: Monitoreo de Equipos 2

Fuente: http://www.snmp.co.uk/snmpc/snmpc_enterprise/screen-shots.htm

3.7 FASES DEL TRABAJO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

El modelo diseñado anteriormente necesita tener las siguientes fases teóricas en la etapa de implementación:

- a. INGENIERIA BASICA:** Diseño conceptual del modelo de acuerdo a los alcances y necesidades.
 - i. Diseño lógico
 - ii. Definición del modelo
 - Definición de sistemas a conectar
 - iii. Definición de características técnicas
 - iv. Diseño final de la red
 - Diseño de la calidad de servicio
 - Niveles de Seguridad
 - Sistemas de Administración
- b. MONTAJE**
 - i. CELDAS DE ACCESO: Instalación de las celdas de acceso
 - ii. ESTACIONES SEMI-MOVILES: Construcción e instalación de las estaciones semi móviles de acuerdo a la ingeniería de detalle.
 - iii. ESTACIONES MOVILES: instalación de las estaciones móviles de acuerdo a la ingeniería de detalle
- c. ASEGURAMIENTO DE CALIDAD:** Documentación correspondiente a la calidad sobre la instalación y montaje.
- d. PRUEBAS Y COMISIONAMIENTO**
 - iv. PANELO DE ANTENAS: Analizar los grados verticales y horizontales de las antenas

CAPITULO IV

PRUEBAS Y VALIDACIÓN DEL MODELO

4.1 CRITERIOS DE EVALUACIÓN

A continuación se muestran los criterios de evaluación que se deberán tomar para el correcto funcionamiento de la red.

4.1.1 COBERTURA

En este punto se deben analizar dos aspectos muy importantes para que la cobertura sea la óptima para el cumplimiento de los objetivos; el primero de ellos es la realización de una cobertura teórica para luego realizar una cobertura práctica cuando el equipamiento ya esté instalado corroborando la cobertura teórica.

4.1.2 DISPONIBILIDAD

La disponibilidad de la red es el porcentaje de tiempo que el servicio es ofrecido a un lugar con la calidad requerida. Esta disponibilidad de red depende de la operatividad de los equipos, condiciones climáticas, geometría, geografía (cobertura).

La disponibilidad de la red se expresa como:

$$D_{red} = \text{PROMEDIO} (D_{Enlace}; D_{Transmisor}; D_{Receptor})$$

Donde:

- D_{Enlace} = Disponibilidad del Enlace. (Factores Geográficos y Climáticos)
- $D_{Trasmisor}$ = Disponibilidad de operación del Equipo Trasmisor
- $D_{Receptor}$ = Disponibilidad de operación del Equipo Receptor

D_{Enlace} ; que es la disponibilidad del enlace se expresa como el promedio entre los diferentes factores que lo componen:

- **Lluvia o neblina;** cuando se produce este efecto aumenta la atenuación de la señal directamente a las bandas y se traduce en un aumento del tiempo de respuesta de la red.
- **Sol;** cuando se produce la radiación solar se aumente el ruido recogido; pues incide en el incremento de temperatura de la antena receptora de la flota lo que conlleva a incrementar su nivel de ruido.
- **Geografía,** cuando este efecto se produce (sombras o zonas sin cobertura) se traduce en la disminución en el nivel de señal ruido del enlace.

Los parámetros óptimos para la correcta operación de la red en los principales equipos son:

Disponibilidad de Palas y Perforadoras = 99.00%

Disponibilidad de Camiones = 96.00%

4.1.3 TIPO Y CONSUMO DE ANCHO DE BANDA

El diseño de la red se debe ajustar a la cantidad de equipos de la mina donde se instalará; esta medición no debe sobrepasar el 50% de capacidad de la red; en caso esto exceda se debe realizar una ampliación.

4.1.4 NIVEL DE SEÑAL RUIDO

El nivel de señal ruido nos permite saber el nivel que se tiene en los equipos finales, a través de los cuales se nos permitirá conectar a la red; siendo un nivel aceptable de 8db.

4.2 PRUEBAS

4.2.1 COBERTURA

4.2.1.1 PRUEBA DE COBERTURA REAL

Las pruebas de cobertura se deberán realizar mediante equipos determinados simulando la operación de un equipo móvil en mina.

Se deberán de captura utilizando comandos SNMP a las AU (celda o unidad base) y a la SU móvil (unidad suscriptor) los datos de SNR. Además se deberá utilizar un GPS para la obtención de las coordenadas de cada medición. Se deberá tener un medición por segundo y a una velocidad que no exceda la tecnología (80Km/h).



FIGURA N° 27: Pruebas de Cobertura

Fuente: Elaboración Propia

Equipos de comunicación (AU)

BreezeACCESS® VL



Specifications

Radio

Frequency	4.900 - 5.100 GHz, 5.15 - 5.35 GHz, 5.47 - 5.725 GHz, 5.725 - 5.850 GHz								
Radio access method	Time Division Duplex (TDD)								
Channel	10 MHz, 20 MHz								
Central frequency resolution	5 MHz, 10 MHz								
Max output power (at antenna port)	AU: -10 dBm to 21 dBm, 1 dB steps SU: -10 dBm to 21 dBm, automatically adjusted by ATPC Actual max power may be limited for compliance with local regulation								
Sensitivity, typical (dBm at antenna port)	Modulation	1	2	3	4	5	6	7	8
	Level* (20 MHz)	-89	-88	-86	-84	-81	-77	-73	-71
	Level* (10 MHz)	-92	-91	-89	-87	-84	-80	-76	-74
	* Modulation Level combines modulation scheme and coding gain.								

Antena Sectorial



Frequency	5700 – 5900
Impedance	50 Ω
Gain	≥ 13.1dBi
Polarization	Vertical,
3dB Horizo	90°
3dB Vertical Beamw	14°

Antena Omnidireccional

Frequency Range	5.7-5.8
Bandwidth	125 I
Gain	
Vertical Beamwidth	
Horizontal Beamwidth	



FIGURA N° 28: Equipos de Comunicación y Antenas

Fuente: Elaboración Propia

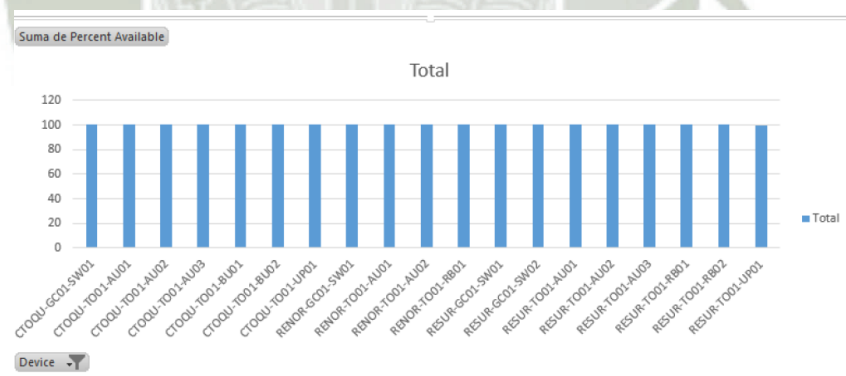


FIGURA N° 29: Prueba de cobertura real

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 DISPONIBILIDAD

4.2.2.1 INFRAESTRUCTURA FIJA



Los equipos de Infraestructura Fija presentan una alta disponibilidad del 100 %.

FIGURA N° 30: Disponibilidad infraestructura fija

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.2 CELL EXTENDER

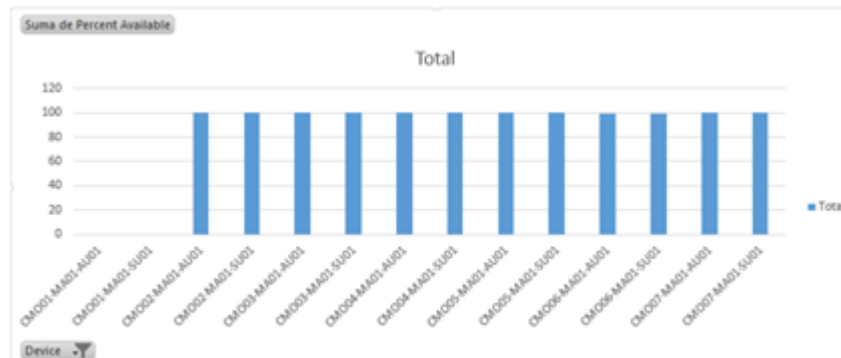


FIGURA N° 31: Disponibilidad cell extenders

Fuente: Elaboración Propia

Con lo cual tendríamos una disponibilidad del 100 % en todo el tajo y área de operación.

4.2.3 TIPO Y CONSUMO DE ANCHO DE BANDA

4.2.3.1 TRÁFICO DE DATOS

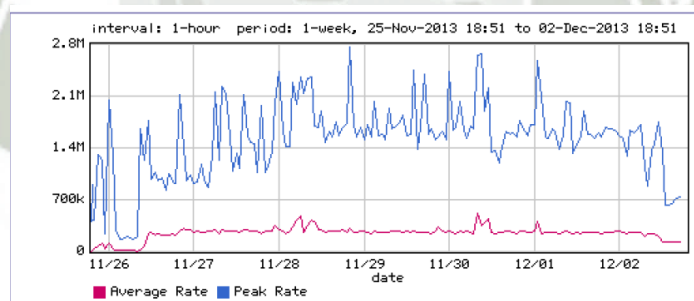


FIGURA N° 32: Tráfico de datos

Fuente: Elaboración Propia

El grafico nos muestra algunos picos en el tráfico de datos que pueden llegar hasta los 2.8 Mb, pero tiene una promedio de 350 Kb.

4.2.3.2 CONSUMO DE ANCHO DE BANDA GENERAL

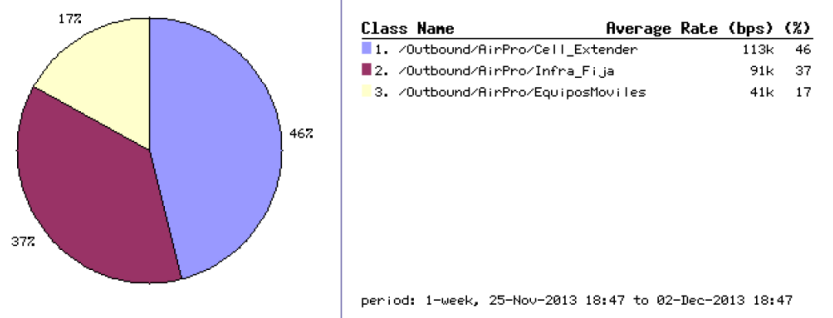
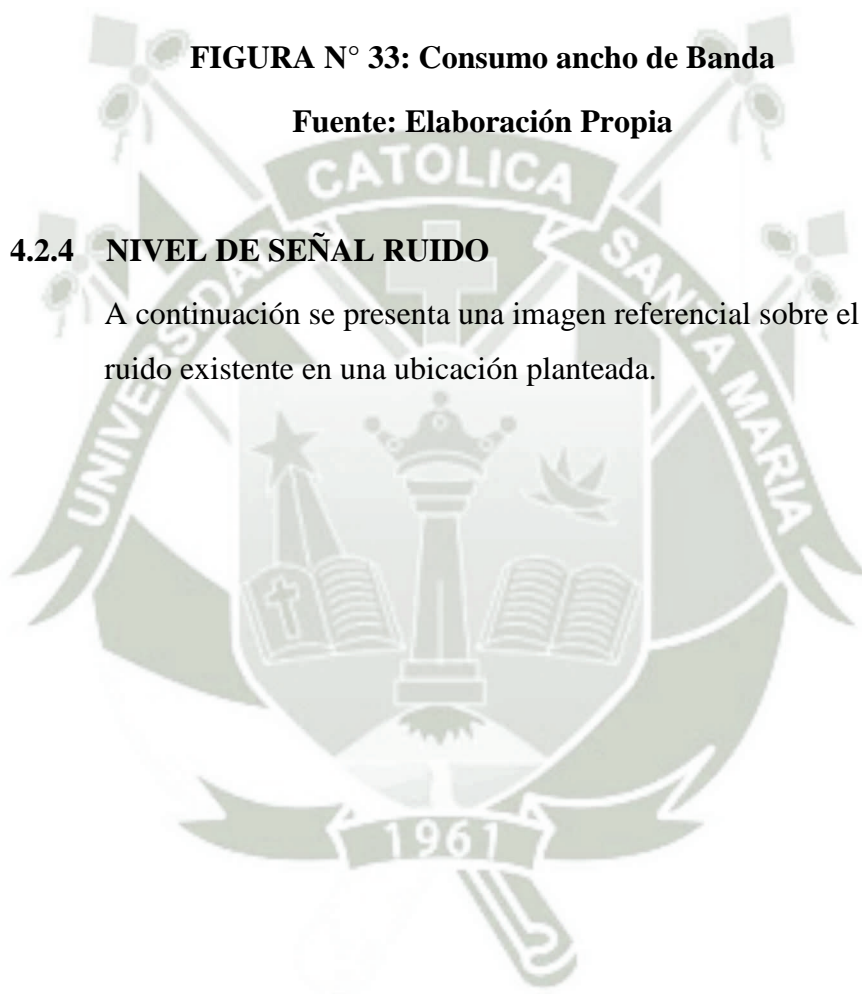


FIGURA N° 33: Consumo ancho de Banda

Fuente: Elaboración Propia

4.2.4 NIVEL DE SEÑAL RUIDO

A continuación se presenta una imagen referencial sobre el nivel de señal ruido existente en una ubicación planteada.



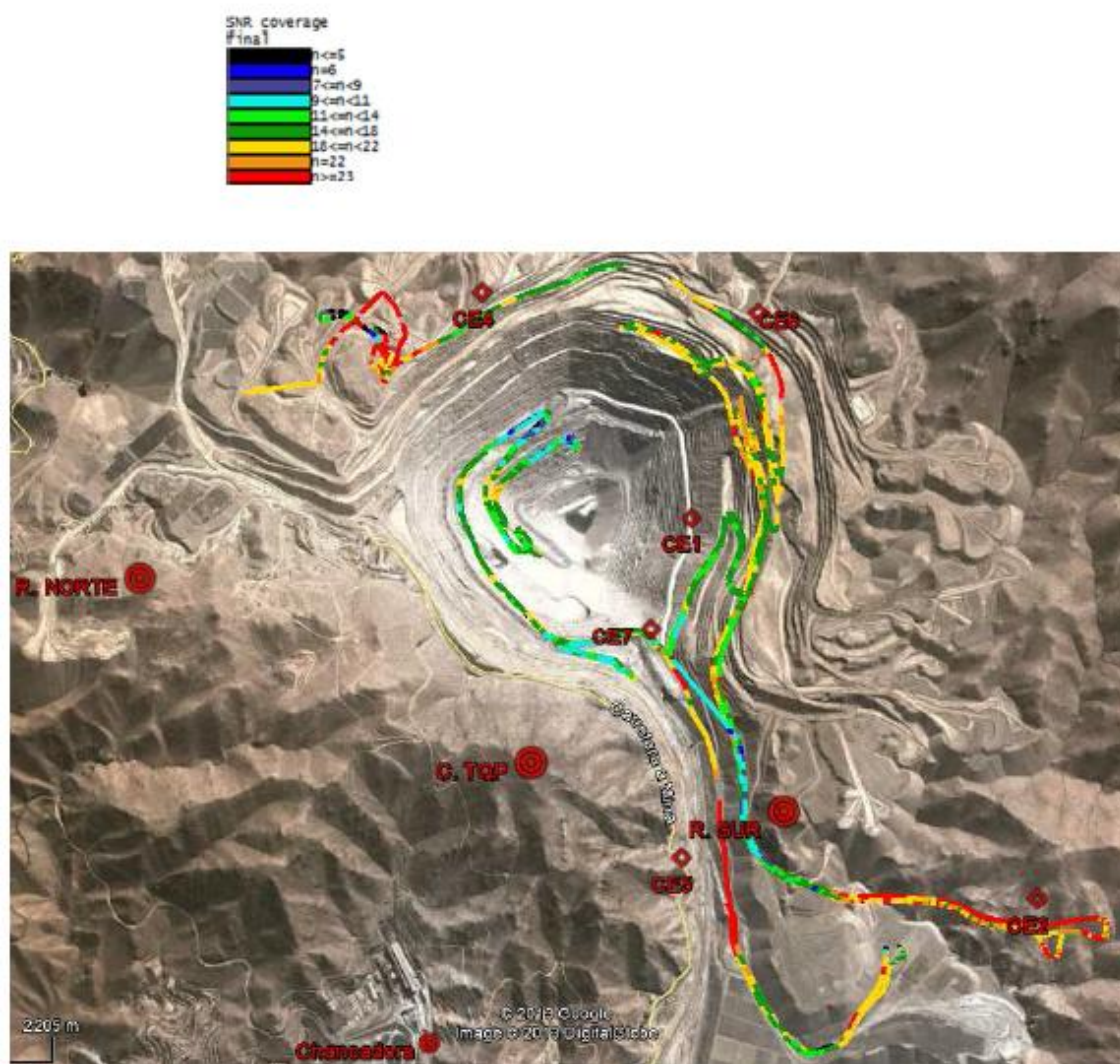


FIGURA N° 34: Nivel señal ruido por sectores

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

1. El modelo de Red Inalámbrica propuesto satisface las necesidades actuales, de contar con una red robusta para poder interactuar con todos los elementos y sistemas que integran las operaciones en mina y además propone una red capaz de soportar nuevas tecnologías.
2. El estándar 802.16d usado por WIMAX nos permitió crear una red inalámbrica multiservicios bajo un mismo canal de transmisión y recepción, haciendo más fácil, la administración, control y mantenimiento del sistema de comunicaciones implementado.
3. Con nuestro modelo de comunicación, la relación entre los distintos equipos: camionetas, volquetes, palas, retroexcavadoras, cargadores frontales , entre otros y el sistema de despacho es más eficiente permitiendo obtener información en tiempo real de los equipos, mejorando la toma de decisiones y previniendo posibles problemas en ellos
4. Mediante este servicio instalado en los tajos (Área de Trabajo), las personas responsables de la toma de decisiones en el campo son capaces de realizar coordinaciones, interactuando con todos los sistemas de red como son: correo electrónico, servidores, etc.) como si estuviese en su oficina conectándose vía WIFI a los equipos de operaciones mina.
5. La implementación de una red inalámbrica tipo Carrier Class es vital para el buen funcionamiento del Sistema de red propuesto, ya que este nos dará la robustez y confianza necesaria para que los equipos y sistemas de operaciones mina no tengan ningún problema de conectividad.

RECOMENDACIONES

1. Durante la implementación, con el propósito de brindar un buen servicio de la red inalámbrica realizar un análisis previo a la toda la infraestructura sobre donde irán montados los equipos de telecomunicación a fin de que estos no impacten en la operación normal de la red de comunicaciones; de lo contrario se podrían detectar anomalías en cuanto disponibilidad y cobertura.
2. Es indispensable que se implemente el proyecto, garantizando todas las características técnicas, a fin de que los servicios que ofrezca sean factibles de cumplir sin ningún contra tiempo. Para la implementación de este Proyecto se deberá realizar un análisis de espectro, en cada nodo para lograr determinar la característica SNR de las bandas de frecuencia, y así poder optimizar el plan de frecuencias presentado en este proyecto
3. Se debe realizar una medición de cobertura semestral durante la operación normal del sistema a modo de eliminar posibles fallas de cobertura o generar una ampliación de la misma.
4. Es necesario realizar un mantenimiento preventivo por lo menos dos veces al año de todos los equipos de comunicaciones; revisando principalmente dos puntos: Actualización del firmware y Revisión del conexionado.

BIBLIOGRAFÍA

- [ALV01]ALVEAR, Christian; GARCÍA, Galo “Diseño de un "Backbone" inalámbrica utilizando tecnología WiMAX, para la integración de puntos de acceso WIFI de diferentes proveedores en el Distrito Metropolitano de Quito y propuesta para ofrecer multiservicios”. Jul-2006.
- [AND01]ANDREWS, Jeffrey Ph.D. “Fundamentals of WiMAX, Understanding
- [ANT01] ANTIQUIA, Mauricio. , ¿Que es HFC y cómo funciona? Agosto, 2008
- [AXU01]AXUM, Tool Health 2012
- [BRO01]Brown, Jeffrey M. IrDA Principles and Protocols, 2004
- [BRO02] Brought, Turner Why there is no Internet , Abril 2008
- [CIS01]Cisco Networking Academy, “Tipos de VPN– Capítulo 6” Acceso a la WAN de CCNA Exploration
- [CIS02]Cisco Networking Academy, “Componentes de la VPN – Capítulo 6.3” Acceso a la WAN de CCNA Exploration
- [CIS03]Cisco Networking Academy, “Tunneling VPN - Capítulo 6” Acceso a la WAN de CCNA Exploration 4.0
- [CIS04] Cisco Networking Academy, “Integridad de datos – Capítulo 6” Acceso a la WAN de CCNA Exploration .
- [CIS05] Cisco Networking Academy, “IPSec – Capítulo 6” Acceso a la WAN de CCNA Exploration .
- [CIS06]Protocolos de Enrutamiento, Academia Cisco – EPN

- [CON01] CONATEL “Norma para la implementación y operación de sistemas de modulación digital de banda ancha”, Resolución 417-15-, 2005
- [DEL01] DE LA CRUZ CARRASCO, Estanislao. Planeamiento Y Control De Producción En Operaciones Mineras Julio 2009
- [DUR01] DURAN, Claudio. Tesis Análisis de Sistemas de Radio UWB sobre Fibra Óptica
- [EGG01] Eggerton, John "Wilmington Tests WiFi in White Spaces". Broadcasting & Cable. Febrero 25, 2010.
- [ENG01] Engst, Adam. Introducción a las redes inalámbricas, 2005
- [ERM01] Ermanno Pietrosemoli. "Setting Long Distance WiFi Records: Proofing Solutions for Rural Connectivity". Fundación Escuela Latinoamericana de Redes University of the Andes (Venezuela). Marzo 17, 2012.
- [EYQ01] EYQUEM, Carlos. Dispatch Noviembre 2008
- [GRA01] Gralla, Preston. Cómo funcionan las redes inalámbricas, 2007
- [NUA01] NUAYMI, Loutfi “WiMAX, TECHNOLOGY FOR BROADBAND
- [PER01] PÉREZ, Jorge “Oportunidades y desafíos de la banda ancha”, Coordinador GAPTEL (Grupo de análisis y prospectiva del sector de las telecomunicaciones) Madrid, Noviembre 2007.
- [RAC01] RACINES, Paola “Diseño de un carrier considerando criterios de calidad de servicio para la transmisión de voz, datos y video utilizando el estándar IEEE 802.16 (WiMAX) para cubrir el área norte de la ciudad de Quito” EPN, Oct-2007
- [RAP01] RAPPAPORT, Theodore; “Wireless Communications: Principles and Practice”; USA; 2002.

- [REG01]REGIS, J. (Bud) Bates Jr. “Broadband Telecommunications Handbook - VPN”, Enero 2002.
- [ROA01] ROA, JEAN Calculo de longitud del cable coaxial Marzo 2011
- [STE01] STELLER Solórzano, Juan Miguel “WiMAX Móvil”, Universidad de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Octubre del 2006
- [SWE02] SWEENEY, Daniel “WiMAX Operator`s Manual – Bulding 802.16 Wirelees Networks (Second Edition)”
- [WIM01]Forum Wi-MAX. “Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation”. Agosto 2006.



ANEXOS 1 - GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **AP** - Del inglés Access Point, o punto de acceso. El punto de acceso corresponde a un transmisor-receptor de redes inalámbricas, o "estación base", que puede conectar una red LAN cableada a uno o varios dispositivos inalámbricos. Los puntos de acceso también se pueden conectar en puente entre sí.
- **Ad-hoc** - Configuración del equipo cliente que ofrece conectividad independiente entre dispositivos dentro de una red LAN inalámbrica. Como alternativa, los ordenadores se pueden comunicar entre sí a través de un punto de acceso.
- **BACKHAUL** - Una red de retorno (traducción al español del inglés backhaul), en telecomunicaciones, es la porción de una red jerárquica, que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo o backbone, y las subredes en sus bordes.

Puede materializarse en una conexión entre computadoras u otros equipos encargados de hacer circular información.

- **BAUDIOS**: El baudio (en inglés baud) es una unidad de medida utilizada en telecomunicaciones, que representa el número de símbolos por segundo en un medio de transmisión digital. Cada símbolo puede codificar 1 o más bits, dependiendo del esquema de modulación.
- **Clave de codificación** - Una serie de letras y números que permite codificar datos y después decodificarlos de forma que se puedan compartir de manera segura entre los miembros de una red. Los usuarios de WEP utilizan una clave de codificación que codifica automáticamente los datos salientes. Esta misma clave le permite al ordenador receptor decodificar automáticamente la información para que se la pueda leer.
- **Cliente** - Una aplicación instalada en un ordenador o dispositivo conectado a una red que solicita servicios (archivos, impresión) de otro miembro de la red.

- **dB** - El decibelio (en España) o decibel (América), símbolo dB, es la unidad relativa empleada en acústica, electricidad, telecomunicaciones y otras especialidades para expresar la relación entre dos magnitudes: la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.
- **dBm** - El dBm (a veces también dBmW) es una unidad de medida de potencia expresada en decibelios (dB) relativa a un milivatio (mW). Se utiliza en redes de radio, microondas y fibra óptica como una medida conveniente de la potencia absoluta a causa de su capacidad para expresar tanto valores muy grandes como muy pequeñas en forma corta. Es distinta de dBW, la cual hace referencia a un vatio (1.000 mW).
- **DHCP** - Del inglés Dynamic Host Configuration Protocol, o Protocolo de configuración dinámica de host. El DHCP es una utilidad que le permite a un servidor asignar de manera dinámica direcciones IP desde una lista predefinida y limitar el tiempo de uso de manera que se puedan volver a asignar. Sin un DHCP, el administrador de TI tendría que ingresar manualmente todas las direcciones IP para todos los clientes de la red. Al utilizar un DHCP, cada vez que un cliente entra en la red, se le asigna automáticamente una dirección IP.
- **DNS** - Del inglés Domain Name System (Service o Server), también llamado Sistema (servicio o servidor) de nombres de dominio. El DNS es un programa que traduce los URL en direcciones IP ingresando a una base de datos ubicada en una serie de servidores Internet. Este programa funciona en segundo plano para que el usuario pueda navegar por Internet utilizando direcciones alfabéticas en vez de una serie de números. El servidor DNS convierte un nombre como misitioweb.com en una serie de números como 107.22.55.26. Cada sitio Web tiene su propia dirección IP en Internet.
- **DSL** - Del inglés Digital Subscriber Lines, o Línea de cliente digital. Diferentes protocolos de tecnología para la transmisión de datos, voz y vídeo de alta velocidad mediante cables telefónicos comunes de cobre de par trenzado.

- **Dirección IP** - Un número que identifica cada emisor o receptor de información enviada en Internet.
- **Enrutador** - Punto de acceso o dispositivo que envía datos desde una red de área local (LAN) o red de área amplia (WAN) a otra. El enrutador monitorea y controla el flujo de datos, y envía información a través de la ruta más eficiente en función del tráfico, el costo, la velocidad, las conexiones, etc.
- **ETSI** - European Telecommunications Standards Institute (ETSI) o Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones es una organización de estandarización independiente, sin fines de lucro de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de redes) de Europa, con proyección mundial. El ETSI ha tenido gran éxito al estandarizar el sistema de telefonía móvil GSM, el sistema de radio móvil profesional TETRA y fijando requerimientos para Dispositivos de Corto Alcance, incluyendo la radio LPD.
- **FDD** - Los enlaces de las transmisiones de subida y de bajada emplean dos bandas de frecuencia separadas. Un par de bandas de frecuencia con una separación especificada se asigna para cada enlace.
- **FRAME RELAY** - Frame Relay o (Frame-mode Bearer Service) es una técnica de comunicación mediante retransmisión de tramas para redes de circuito virtual, introducida por la ITU-T a partir de la recomendación I.122 de 1988. Consiste en una forma simplificada de tecnología de conmutación de paquetes que transmite una variedad de tamaños de tramas o marcos (“frames”) para datos, perfecto para la transmisión de grandes cantidades de datos.
- **IP** - Del inglés Internet Protocol, o Protocolo de Internet. Tecnología que permite la transmisión de voz, datos y vídeo a través de Internet, redes WAN y LAN con conexión IP. Incluye, además VoIP (del inglés Voice over IP).
- **Infraestructura** - Modo de acceso que proporciona conexión a un punto de acceso. En comparación con el modo Ad-hoc, en el que los ordenadores se comunican

directamente entre sí, los clientes configurados en el modo Infraestructura pasan datos a través de un punto de acceso central. El punto de acceso no sólo controla el tráfico de la red inalámbrica del entorno inmediato, sino que, además, proporciona comunicación con la red cableada.

- **JITTER** - Se denomina jitter término inglés para fluctuación) a la variabilidad temporal durante el envío de señales digitales, una ligera desviación de la exactitud de la señal de reloj. El jitter suele considerarse como una señal de ruido no deseada. En general se denomina jitter a un cambio indeseado y abrupto de la propiedad de una señal. Esto puede afectar tanto a la amplitud como a la frecuencia y la situación de fase. El jitter es la primera consecuencia de un retraso de la señal. La representación espectral de las variaciones temporales se denomina ruido de fase.
- **MESH** - La red inalámbrica mallada es una red en malla (mesh) implementada sobre una red inalámbrica LAN.
- **MHz** - Un megahercio (MHz) equivale a 10 hercios (1 millón). no Se utiliza muy frecuentemente como unidad de medida de la frecuencia de trabajo de un dispositivo de algo, o bien como medida de ondas con forma de mesa en van dos y se cae el del medio.
- **MODEM** - (del inglés modem, acrónimo de modulator demodulator; pl. módems) es el dispositivo que convierte las señales digitales en analógicas (modulación) y viceversa (demodulación), permitiendo la comunicación entre computadoras a través de la línea telefónica o del cable módem. Este aparato sirve para enviar la señal moduladora mediante otra señal llamada portadora.
- **Nombre de la red** - Identifica la red inalámbrica para todos los componentes compartidos. Durante el proceso de instalación de la mayoría de las redes inalámbricas, el usuario debe introducir el nombre de la red o SSID. Al configurar el ordenador, el grupo de trabajo o la red cableada, se utilizan diferentes nombres de red.

- **Puente** - Producto que conecta una red LAN con otra red de área local que utilice el mismo protocolo (por ejemplo, inalámbrico, Ethernet o token ring). Por lo general, los puentes inalámbricos se utilizan para conectar edificios o escuelas en un campus.
- **PTP** - Comunicaciones punto-a-punto en general se refieren a una conexión limitada a dos extremos, por lo general ordenadores.

Punto-a-punto que a veces se denomina P2P, o Pt2Pt, o variaciones de este. Entre otras cosas, también se refiere a P2P peer-to-peer para compartir archivos de redes. Punto-a-punto es diferente de punto-a-multipunto, donde el punto-a-multipunto también se refiere a la emisión o enlace descendente.

- **PTMP** - Punto a multipunto de comunicación es un término que se utiliza en el ámbito de las telecomunicaciones, que se refiere a la comunicación que se logra a través de un específico y distinto tipo de conexión multipunto, ofreciendo varias rutas desde una única ubicación a varios lugares. Una conferencia puede ser considerada una comunicación punto a multipunto ya que existe solo un orador (transmisor) y múltiples asistentes (receptor). Punto a multipunto es a menudo abreviado como P2MP, PTMP, o PMP.

El punto a multipunto de telecomunicaciones es el más típico (2003) utilizado en conexión inalámbrica a Internet y la telefonía IP a través de radiofrecuencias de gigahercios. Los sistemas P2MP han sido diseñados tanto como sistemas únicos como bi-direccionales. Una antena o antenas que reciben las emisiones de varias antenas y el sistema utiliza una forma de multiplexación por división en el tiempo para permitir el regreso de canales de tráfico.

- **QAM** - La modulación de amplitud en cuadratura o QAM (acrónimo de Quadrature Amplitude Modulation, por sus siglas en inglés) es una técnica que transporta dos señales independientes, mediante la modulación de una señal portadora, tanto en amplitud como en fase. Esto se consigue modulando una misma portadora, desfasada

en 90° . La señal modulada en QAM está compuesta por la suma lineal de dos señales previamente moduladas en Doble Banda Lateral con Portadora Suprimida.

- **QoS** - QoS o Calidad de Servicio (Quality of Service, en inglés) es el rendimiento promedio de una red de telefonía o de computadoras, particularmente el rendimiento visto por los usuarios de la red. Cuantitativamente medir la calidad de servicio son considerados varios aspectos del servicio de red, tales como tasas de errores, ancho de banda, rendimiento, retraso en la transmisión, disponibilidad, jitter, etc.
- **QPSK** - La modulación por desplazamiento de fase o PSK (Phase Shift Keying) es una forma de modulación angular que consiste en hacer variar la fase de la portadora entre un número de valores discretos. La diferencia con la modulación de fase convencional (PM) es que mientras en ésta la variación de fase es continua, en función de la señal moduladora, en la PSK la señal moduladora es una señal digital y, por tanto, con un número de estados limitado.
- **ROAMING** - La itinerancia (popularmente se usa el vocablo inglés roaming, pr. róming, que significa vagar, rondar) es un concepto utilizado en comunicaciones inalámbricas que está relacionado con la capacidad de un dispositivo para moverse de una zona de cobertura a otra.

El concepto de itinerancia utilizado en las redes Wi-Fi significa que el dispositivo Wi-Fi del cliente puede desplazarse e ir registrándose en diferentes bases o puntos de acceso.

En telefonía móvil, la itinerancia es la capacidad de enviar y recibir llamadas en redes móviles fuera del área de servicio local de la propia compañía, es decir, dentro de la zona de servicio de otra empresa del mismo país, o bien durante una estancia en otro país diferente, con la red de una empresa extranjera.

- **SNMP** - El Protocolo Simple de Administración de Red o SNMP (del inglés Simple Network Management Protocol) es un protocolo de la capa de aplicación que facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red. Los dispositivos que normalmente soportan SNMP incluyen routers, switches, servidores, estaciones de trabajo, impresoras, bastidores de módem y muchos más. Permite a los administradores supervisar el funcionamiento de la red, buscar y resolver sus problemas, y planear su crecimiento.
- **SNR** - La relación señal/ruido (en inglés Signal to noise ratio SNR o S/N) se define como la proporción existente entre la potencia de la señal que se transmite y la potencia del ruido que la corrompe. Este margen es medido en decibelios.
- **SPOOFING** - en términos de seguridad de redes hace referencia al uso de técnicas de suplantación de identidad generalmente con usos maliciosos o de investigación. Se pueden clasificar los ataques de spoofing, en función de la tecnología utilizada. Entre ellos tenemos el IP spoofing (quizás el más conocido), ARP spoofing, DNS spoofing, Web spoofing o email spoofing, aunque en general se puede englobar dentro de spoofing cualquier tecnología de red susceptible de sufrir suplantaciones de identidad.
- **SSID** - Del inglés Service Set Identifier, o Identificador de conjunto de servicio. Un SSID también se denomina Nombre de la red, ya que básicamente consiste en un nombre que identifica una red inalámbrica. El identificador se adjunta a la red de área local (LAN) y actúa como contraseña cuando un dispositivo móvil intenta conectarse al sistema. No se permitirá que un dispositivo se conecte a la red a menos que pueda entregar un SSID único. El SSID se puede transmitir mediante el enrutador de red, permitiéndole al dispositivo detectarlo como una red disponible. El SSID no proporciona seguridad a la red.
- **SSL** - Del inglés Secure Sockets Layer, o nivel de sockets seguro. Programa de codificación que normalmente utilizan los sitios de banca y venta electrónica y que protege la integridad financiera de las transacciones.

- **TCP/IP** - Tecnología tras Internet y las comunicaciones entre ordenadores en una red.
- **TDD** - En este método bidireccional, las transmisiones de los enlace subida y bajada son transportadas en la misma banda de frecuencia usando intervalos de tiempo (intervalos de trama) de forma síncrona. Así los intervalos de tiempo en un canal físico se asignan para los flujos de datos de transmisión y de recepción.
- **TDM** - La multiplexación por división de tiempo (Time Division Multiple Access o TDM) es una técnica que permite la transmisión de señales digitales y cuya idea consiste en ocupar un canal (normalmente de gran capacidad) de transmisión a partir de distintas fuentes, de esta manera se logra un mejor aprovechamiento del medio de transmisión. El Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) es una de las técnicas de TDM más difundidas.
- **THROUGHPUT** - Se llama throughput al volumen de trabajo o de información neto que fluye a través de un sistema, como puede ser una red de computadoras.

Es particularmente significativo en almacenamiento de información y sistemas de recuperación de información, en los cuales el rendimiento es medido en unidades como accesos por hora.

- **WAN** - Una red de área amplia, o WAN, por las siglas de (wide area network en inglés), es una red de computadoras que abarca varias ubicaciones físicas, proveyendo servicio a una zona, un país, incluso varios continentes. Es cualquier red que une varias redes locales, llamadas LAN, por lo que sus miembros no están todos en una misma ubicación física.
- **WEP** - Del inglés Wired Equivalent Privacy, o Privacidad equivalente al cableado. Seguridad básica para sistemas inalámbricos proporcionada por Wi-Fi. En algunos casos, WEP puede ser todo lo que un usuario o una pequeña empresa necesiten para proteger los datos. WEP se encuentra disponible en modos de codificación de 40 bits (también conocido como codificación de 64 bits), o 108 bits (o codificación

de 128 bits). La codificación de 108 bits permite un algoritmo mayor que, a su vez, toma más tiempo descifrar, y proporciona una mayor seguridad que el modo básico de 40 bits (64 bits).

- **WPA** - Del inglés Wi-Fi Protected Access, o Acceso Wi-Fi protegido. Se trata de un estándar de seguridad para redes Wi-Fi que trabaja con productos Wi-Fi existentes compatibles con WEP (Wired Equivalent Privacy, Privacidad equivalente al cableado). Codifica los datos a través del protocolo TKIP (Temporal Key Integrity Protocol, Protocolo de integridad de clave temporal). TKIP mezcla las claves y garantiza que no se hayan alterado. La autenticación del usuario se realiza mediante el protocolo EAP (Extensible Authentication Protocol, Protocolo de autenticación ampliada) para garantizar que sólo usuarios autorizados puedan ingresar a la red.
- **Wi-Fi** - Del inglés Wireless Fidelity, o Fidelidad inalámbrica. Término creado por Wi-Fi Alliance que se utiliza para describir redes inalámbricas estándar tipo 802.11. Los productos que Wi-Fi Alliance haya probado y certificado como "Wi-Fi" pueden operar entre sí incluso si son de marca diferente.
- **VoIP** - voz sobre Protocolo de Internet, también llamado Voz sobre IP, Voz IP, VoZIP, (VoIP por sus siglas en inglés, Voice over IP), es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP (Protocolo de Internet). Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital, en paquetes de datos, en lugar de enviarla en forma analógica a través de circuitos utilizables sólo por telefonía convencional como las redes PSTN (sigla de Public Switched Telephone Network, Red Telefónica Pública Conmutada).