

DISEÑO, INSTALACION Y GESTION DE RADIOENLACES PARA LA EMPRESA  
TOWERING.SAS

FRANCISCO JAVIER CORTES JARAMILLO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INGENIERIA ELECTRONICA  
PASTO  
2014

DISEÑO, INSTALACION Y GESTION DE RADIOENLACES PARA LA EMPRESA  
TOWERING.SAS

FRANCISCO JAVIER CORTES JARAMILLO

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Electrónico.

ASESOR:  
ANDRÉS JIMÉNEZ  
INGENIERO ELECTRÓNICO.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
PASTO  
2014

“Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo de grado son responsabilidad exclusiva del autor”

Artículo Primero del Acuerdo 324 de Octubre 11 de 1966, Emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Andrés Jiménez.  
Asesor**

San Juan de Pasto, Abril de 2014

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sinceros agradecimientos:

A la Universidad de Nariño, en especial al Departamento de Ingeniería Electrónica por brindar los espacios y los medios para la superación a través de sus profesores.

A la empresa de telecomunicaciones TOWERING.SAS por el apoyo brindado para lograr el desarrollo de este trabajo de grado.

Al asesor Ing. Álvaro Andrés Jiménez, por el apoyo y orientación para llevar a buen término este proyecto.

A cada uno de los miembros de la empresa TOWERING.SAS, Ing. Luis Antonio Narváez, Ing. Luis Aurelio Cortes y al equipo de técnicos y tecnólogos que conforman el grupo de trabajo.

A mi familia que de una u otra forma se vio involucrada, para llevar a feliz término este proyecto

## RESUMEN

El presente documento es un informe final de las actividades desarrolladas para el cumplimiento del proyecto, en modalidad pasantía. “Diseño, instalación y gestión de radioenlaces para la empresa TOWERING.SAS”.

La empresa TOWERING.SAS, es una de las empresas encargadas en el suroccidente del país, de la actualización e instalación de equipos de comunicaciones en las estaciones móviles, principalmente instalación y mantenimiento de la red de transmisión de los operadores móviles, que manejan equipos de marca NEC.

En este documento se puede obtener información, en cuanto a descripción del proyecto, información teórica del contenido, actividades desarrolladas durante la pasantía, diseño de un protocolo de instalación y finalmente conclusiones y recomendaciones.

Las actividades desarrolladas a lo largo del informe, son planteadas a partir de estudios, instalaciones y mantenimiento preventivos o correctivos, principalmente sobre la red de transmisión de los operadores móviles, con los cuales está involucrada la empresa TOWERING.SAS.

Finalmente, se describe el desarrollo del protocolo básico de instalación de radioenlaces y estudios realizados para el diseño del mismo.

## **ABSTRACT**

This document is a final report of the activities developed for the fulfillment of the project, internship mode "design, installation and management of radio links for the company TOWERING.SAS".

TOWERING.SAS The Company is one of the companies responsible in the southwest of the country, the upgrade and installation of communications equipment in the mobile stations, mainly installation and maintenance of the transmission network of mobile operators that handle equipment NEC brand.

This document may be information regarding project description, theoretical information content and activities developed during the internship, and the design of a protocol for installing, finally conclusions and recommendations.

The activities developed throughout the report, are raised from studies, installations and preventive or corrective maintenance, mainly on the transmission network of mobile operators, with which the company is involved TOWERING.SAS.

Finally, we describe the basic protocol development and installation of radio studies for the design.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCION</b> .....	16
<b>1. IDENTIFICACION</b> .....	17
<b>1.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....	17
<b>1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....	17
<b>1.3 LINEA DE INVESTIGACION</b> .....	17
<b>1.4 MODALIDAD</b> .....	17
<b>2. MARCO REFERENCIAL</b> .....	18
<b>2.1 MARCO CONTEXTUAL</b> .....	18
<b>2.1.1 Misión. P</b> .....	18
<b>2.1.2 Visión</b> .....	18
<b>2.1.3 Principios Corporativos</b> .....	18
<b>2.1.4 Políticas de Calidad</b> .....	19
<b>2.2 MARCO TEORICO</b> .....	19
<b>2.2.1 Telecomunicaciones</b> .....	19
<b>2.2.2 Generaciones de la telefonía móvil. L</b> .....	20
<b>2.2.3 Arquitectura de una red de telefonía móvil GSM y UMTS</b> .....	23
<b>2.2.4 Celdas o Célula</b> .....	24
<b>2.2.5 BSC (Estación Base Controladora)</b> .....	25
<b>2.2.6 Estándares de transmisión</b> .....	26
<b>2.2.7 Red de transmisión</b> .....	27
<b>2.2.8 Radioenlaces</b> .....	28
<b>2.2.9 Tipos de configuraciones de un radioenlace</b> .....	31
<b>2.2.10 Tipos de tráfico de radioenlaces</b> .....	33
<b>2.3 MARCO LEGAL</b> .....	34
<b>2.3.1 UIT (unión internacional de telecomunicaciones)</b> .....	34
<b>2.3.2 Normatividad en Colombia</b> .....	35
<b>2.3.3 Uso del espectro y regulación del mercado de las telecomunicaciones</b> .....	35

2.3.4 Niveles de riesgo laboral y seguridad industrial.....	37
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1  INSTALACION DE RADIOENLACES.....</b>	<b>39</b>
3.1.1 Diseño del radioenlace .....	39
3.1.2 Aspectos para el diseño de un radioenlace.....	39
3.1.3 Documento final del diseño.....	40
3.1.4 Instalación física.....	43
3.1.5 Gestión, apuntamiento y programación.....	46
3.1.6 Informe final de la instalación.....	48
<b>3.2  MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE ESTACIONES DE TELEFONÍA MÓVIL .....</b>	<b>49</b>
3.2.1 Desalineación de radioenlaces.....	50
3.2.2 Fallos eléctricos.....	50
3.2.3 Descargas eléctricas y cambio de equipos.....	50
<b>3.3  MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS.....</b>	<b>51</b>
3.3.1 Cambio de equipos con posibles fallas.....	51
3.3.2 inventarios.....	51
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>53</b>
4.1  ESTUDIOS DE SITIO O SITE SURVEY .....	53
4.2  INSTALACIONES REALIZADAS .....	56
4.3  MANTENIMIENTOS REALIZADOS .....	66
<b>5. PROTOCOLO BASICO INSTALACION RADIOS NEC IPASOLINK (200, 400 Y 1000).....</b>	<b>70</b>
5.1  PRUEBAS EN LAS INSTALACIONES.....	70
5.2  ENCUESTA Y RESULTADOS .....	71
5.3  PROTOCOLO.....	74
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>79</b>

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Site Survey.	83
Anexo 2. Código de colores tributario NEC.	97
Anexo 3. Listado de fotografías radioenlace.	100
Anexo 4. Modelo encuesta.	102
Anexo 5. Protocolo de instalación.	104
Anexo 6. Informe final de instalación de radioenlace.	136

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Equipos de telefonía móvil según su generación.	23
Figura 2. Red celular ideal	24
Figura 3. Fotografías equipos de telefonía móvil, superior: BTS segunda generación; inferior: NODO B tercera generación.	25
Figura 4. Red de telefonía móvil	25
Figura 5. Mapa transmisión de Pasto para la empresa Colombia móvil-TIGO, diseñado en Google Earth	28
Figura 6. Antenas de radioenlace	29
Figura 7. Fotografía de las Partes de un radio NEC instaladas. Derecha: IDU, centro: ODU'S, izquierda: ODUS e HIBRIDO	30
Figura 8. Fotografía Antenas con diversidad de espacio	32
Figura 9. Configuración de frecuencias, modulación y ancho de banda radio Ipasolink	34
Figura 10. Mapa site survey San Diego-Plazuelas y perfil de elevación, diseñado en Google Earth	41
Figura 11. Fotografías antenas y soportes Derecha: antenas instalada y antes de instalar, izquierda: mástil sin instalar e instalado.	44
Figura 12. Fotografía. De izquierda a derecha: espacio rack, IDU instalada, ODU sin guía de onda, ODU con guía de onda.	45
Figura 13. Fotografía Recorrido del cable IF RG8.	46
Figura 14. Fotografías Puertos de gestión y fraccionador.	48
Figura 15. Pantallazos configuración.	49
Figura 16 Fotografía 8. Marquillas instaladas	49
Figura 17. Mapa transmisión Tumaco diseñado en Google Earth.	54
Figura 18. Site survey Pasto, operador móvil Tigo diseñado en Google Earth	55
Figura 19. Fotografía Instalaciones Tumaco.	57
Figura 20. Mapa instalaciones Bachue-Mijitayo, Cantarana-Champagnat, diseñado en Google Earth	58
Figura 21. Fotografías telefónica movistar: Izquierda: rack La Unión, centro: ODUS remplazadas, derecha: marquilla puerto tejada	59
Figura 22. Mapa transmisión Ricaurte – Infiernillo diseñado en Google Earth.	60
Figura 23. Mapa transmisión y perfil de elevación radioenlace Mercaderes-La Unión diseñado en Google Earth.	60
Figura 24. Fotografías de Línea de vista, marquilla y estación Caicedo.	61
Figura 25. Fotografíasde Línea de vista, conexión de energía y ODU'S instaladas enlace La Unión Nariño	62

Figura 26. Fotografías de Línea de vista, antena instalada y antena en armado	62
Figura 27. Mapa transmisión troncal Tres cruces Popayán-Tunia-Golondrinas valle del Cauca diseñado en Google Earth.	63
Figura 28. Fotografías instalación, superior: tamaño antena, antenas instaladas, Inferior: antenas en etapa de instalación.	64
Figura 29. Fotografías Instalación internet escuelas claro.	65
Figura 30. Fotografías instalaciones internet escuelas Azteca.SA.	66
Figura 31. ¿Cree que es conveniente trabajar dos cuadrillas en la instalación de un radioenlace, una en cada punta?	71
Figura 32. ¿Cuántas personas cree que son necesarias en cada uno de las puntas de instalación de un radioenlace dependiendo de las dimensiones de la antena?	72
Figura 33. ¿La herramienta utilizada en la instalación de un radioenlace es la suficiente o necesaria?	73
Figura 34. ¿En la instalación de radioenlaces, cree usted que se aprovecha el tiempo de buena manera por parte del personal que lo realiza?	74

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles jerárquicos de PDH	27
Tabla 2. Configuraciones de equipos NEC Ipasolink	31
Tabla 3. Configuración de redundancia.	32
Tabla 4. Site survey realizados	53
Tabla 5. Instalaciones realizadas.	56
Tabla 6. Causas de retraso en las instalaciones.	73

## GLOSARIO

ADM: extractor de parte del tráfico intermedio en una red en curso.

AMPS: sistema avanzado de telefonía móvil.

ALINEACION: término utilizado para la mejor directividad del radioenlace

AZIMUT: Es el ángulo de una dirección contado en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte geográfico.

BANDA: rango de frecuencias para el cual está diseñado el radioenlace.

BSC: base estación controladora.

BTS: base estación transmisora.

CRC: comisión de regulación de las comunicaciones.

CROSSPOLARIZACION: término utilizado para usar doble polarización en radioenlaces.

D-AMPS: protocolo de digitalización.

E1: unidad básica de transmisión para PDH.

ESPECTRO: distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas.

ESTACION: lugar o sitio donde se encuentra ubicada una torre y equipos de comunicaciones.

FD: diversidad de frecuencia.

FULL DUPLEX: comunicación en las dos direcciones simultáneamente.

GESTION: Capacidad de conexión con los radioenlaces.

GSM: sistema global de comunicaciones móviles.

HALF DUPLEX: comunicación que se realiza en una sola dirección a la vez.

HIBRIDO: parte del radioenlace, para la unión de dos ODU's.

HS: Hot-Standby, corriendo y en espera.

IDU: unidad interior de un radioenlace.

IP: protocolo de internet.

LAN: red de área local.

NODO B: base estación transmisora para tercera generación.

NTT DOCOMO: empresa de telecomunicaciones.

ODU: unidad exterior de un radioenlace.

PDB: tablero de distribución de energía.

PDH: jerarquía digital asíncrona.

PIN: número de identificación personal.

PROTOCOLO: Guía diseñada con el fin de apoyar un proceso.

PUK: clave personal de desbloqueo.

RACK: soporte metálico destinado a alojar equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones.

RJ45: registered jack 45 interfaz física utilizada para conectar redes de cableado estructurado y tráfico Ethernet.

SD: diversidad de espacio.

SDH: jerarquía digital síncrona.

SITE SURVEY: Estudio realizado para realizar una instalación.

STM-1: unidad básica de transmisión para SDH.

SUB BANDA: rango dentro de la banda seleccionables para el radioenlace.

TELECOMUNICACIONES: estudio y aplicación de la técnica que diseña sistemas que permitan la comunicación a larga distancia a través de la transmisión y recepción de señales.

UIT: unión internacional de telecomunicaciones.

UMTS: sistema universal de telecomunicaciones móviles.

VLAN: red de área local virtual.

VSAT: Redes privadas de comunicación satelital.

## INTRODUCCION

Entre los campos de aplicación de la ingeniería electrónica, se encuentran las telecomunicaciones, de gran importancia y desarrollo en la actualidad, brindando una infraestructura que facilita la comunicación y el desarrollo social, cultural, económico y de continua evolución para el ser humano. Las telecomunicaciones tienen a su vez ramificaciones, una de ellas es la telefonía móvil, que ha evolucionado considerablemente en las últimas décadas.

TOWERING.SAS se ha desempeñado en el ámbito de la telefonía móvil, principalmente dentro del área de transmisión, ejecutando proyectos para los operadores de telefonía móvil en la zona suroccidental del país.

Dentro de este orden, se presenta este informe final de actividades del proyecto de grado con el fin de dar a conocer la contribución que el pasante tuvo dentro del desarrollo laboral de la empresa TOWERING.SAS, principalmente en el área de transmisión, en la instalación y mantenimiento de radioenlaces de la marca trabajada por la empresa, con colaboración permanente del personal capacitado y de grandes conocimientos con el que se vio involucrado. Una de las partes importantes fue el conocimiento adquirido en la instalación de radioenlaces, con el cual se pudo dar un feliz término al protocolo básico de instalación de radioenlaces de marca NEC.

Entre las secciones de este documento se encuentra información teórica de las telecomunicaciones, principalmente de las redes de transmisión o radioenlaces, información sobre los objetivos que se buscaba cumplir con el desarrollo y la información del trabajo desarrollado por el pasante en cada una de las labores encomendadas por la empresa y la metodología utilizada para cada uno de estos.

## **1. IDENTIFICACION**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar, instalar y realizar la gestión de radioenlaces para la empresa TOWERING.SAS en Nariño y Cauca.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar diseños y apoyar la instalación de radioenlaces en las zonas de Nariño y Cauca para las empresas de telecomunicaciones.
- Evaluar los procedimientos actuales de instalación y mantenimiento.
- Realizar gestión de fallas, configuraciones, desempeño y seguridad de radioenlaces.
- Elaborar un protocolo de instalación de radioenlaces en la empresa TOWERING.SAS.

### **1.3 LINEA DE INVESTIGACION**

El proyecto está inscrito en la línea de investigación de comunicaciones del programa de Ingeniería Electrónica.

### **1.4 MODALIDAD**

El proyecto está inscrito en la modalidad pasantía.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 MARCO CONTEXTUAL

La empresa TOWERING.SAS está ubicada en el departamento de Nariño y legalmente constituida con registro de cámara de comercio y NIT N° 900560903-2. La empresa está dedicada a las telecomunicaciones, realizando trabajos para los operadores móviles en el suroccidente colombiano, en los departamentos de Nariño, Cauca y Sur del Valle del Cauca.

Entre los trabajos que realiza TOWERING.SAS podemos encontrar: instalación de radioenlaces punto a punto, instalación de radioenlaces punto a multipunto, instalación de sistemas satelitales VSAT, instalación de ADMs y Multiplexores, instalación de equipos de telefonía celular GSM y UMTS, instalación de sistemas de energía AC y DC, cableado Estructurado, instalación de sistemas de puesta a tierra y mantenimiento de Equipos de Telecomunicaciones.

**2.1.1 Misión.** Prestar servicios integrales de ingeniería eficientes y oportunos en el área de las telecomunicaciones dentro del país y fuera de él, mediante el trabajo honesto, íntegro, competente, que satisfaga los requerimientos de nuestros clientes a través de la adaptación profesional, técnica y laboral a las variantes exigencias del mercado y la tecnología y la prestación de un servicio altamente calificado.

**2.1.2 Visión.** Ser una de las Empresas líderes en el país en la prestación de servicios integrales de Ingeniería en el sector de las Telecomunicaciones, contando con un equipo humano profesional y técnico dotado de un alto grado de responsabilidad, compromiso y excelencia laboral.

**2.1.3 Principios Corporativos.** En busca de la excelencia, nuestra empresa aplica los siguientes principios:

- **Integridad:** Desarrollamos la probidad moral y profesional en nuestras actuaciones.
- **Honestidad:** Practicamos la verdad y la transparencia en nuestro acontecer diario.
- **Trabajo En Equipo:** Entendemos que el progreso empresarial deviene de la actividad mancomunada y concertada.
- **Eficiencia:** Prestamos nuestros servicios siempre en forma profesional y oportuna.
- **Eficacia:** Aplicamos nuestro conocimiento en la búsqueda de soluciones reales.
- **Compromiso:** Trabajamos bajo la premisa de que la satisfacción de nuestros clientes es nuestra prioridad.
- **Respeto:** Consideramos este factor como la base sobre la cual se edifica nuestras relaciones laborales, profesionales y humanas.

**2.1.4 Políticas de Calidad.** La misión de nuestra empresa es desarrollar a través de la aplicación de las siguientes estrategias:

- **Actualización Permanente:** Ir al compás de la innovación tecnológica nos permite estar siempre presentes en el campo de telecomunicaciones.
- **Sentido De Pertenencia:** Hacemos nuestros los objetivos de la empresa.
- **Seguridad:** Cumplimos con todos los estándares para que nuestro personal desarrolle su labor en condiciones óptimas.
- **Responsabilidad:** Prestamos nuestros servicios excediendo las expectativas de nuestros clientes.

## **2.2 MARCO TEORICO**

**2.2.1 Telecomunicaciones.** Con la necesidad de conectar dos puntos distantes en el menor tiempo posible aparecen las telecomunicaciones, ciencia que se encarga de diseñar sistemas que permiten enlazar una comunicación por medio de ondas electromagnéticas utilizando diferentes medios. Con esta ciencia aparecen diferentes tipos de comunicación como: la radio, televisión, telefonía fija y la telefonía celular o móvil, esta última comunicando dos puntos que se

encuentran en movimiento a través de aparatos electrónicos. Para la telefonía móvil se tiene dos grandes sistemas denominados satelital y terrestre, siendo el sistema terrestre el de mayor uso.

La telefonía móvil puede ser definida como: “Extensión del servicio de telefonía convencional fija a abonados móviles. No es posible su conexión permanente a una central de conmutación requiere enlaces radioeléctricos”<sup>1</sup> ó “la telefonía móvil consiste en ofrecer un acceso vía radio a un abonado de telefonía, de tal forma que pueda realizar y recibir llamadas dentro del radio de cobertura del sistema”<sup>2</sup>. Encontrando congruencias entre dichas definiciones se puede recalcar que la principal función de la telefonía celular o móvil es brindar una comunicación inalámbrica y portátil a un abonado dentro de una zona de cobertura.

La primera comunicación móvil se realiza hacia el año 1973 cuando Martin Cooper, considerado el padre de la telefonía móvil, trabajando para Motorola introduce el radioteléfono, pero no fue hasta 1979 donde ésta salió comercialmente en Japón gracias a la compañía NTT.

**2.2.2 Generaciones de la telefonía móvil.** La telefonía móvil ha dividido su historia en generaciones, hasta la actualidad se han incluido 4 de ellas de las cuales la primera ya no está en uso, y la cuarta en sus primeros pasos de instalación.

La primera etapa de la telefonía móvil conocida como 1G se destaca por ser una comunicación análoga, aunque se utiliza algo de digitalización en la transmisión, en su mayoría es análoga y considerada como tal; los equipos celulares de esta generación eran de gran tamaño y peso, la utilidad era estrictamente para voz y utilizaba principalmente la banda de 450MHz, con muy pocos usuarios y en su etapa final logrando avances para usar la banda de 900MHz. Los principales estándares de esta comunicación que utilizaba básicamente la modulación FM son:

- AMPS (sistema telefónico móvil avanzado): Presentado y puesto en ejecución hacia el año 1976 en países como EE.UU, Rusia y parte de Asia, su seguridad era muy baja, permitiendo hackear las llamadas fácilmente.

---

<sup>1</sup> RENDON GALLON, Álvaro. Sistemas de Conmutación, telefonía móvil. Universidad del Cauca. Popayán, 2013. 5p

<sup>2</sup> RODRIGUEZ PALMA, Miguel Ángel et al. Telecomunicaciones Móviles. Marcombo SA. Barcelona, 1998. 85p

- TACS (sistema de comunicaciones de acceso total): Una versión europea de la anterior, muy usada en países como Inglaterra y en parte de Asia más precisamente en Hong Kong y Japón, esta usaba la banda de los 900 MHz.
- ETACS (Sistema de comunicaciones de acceso total extendido): es una versión mejorada del estándar anterior y fue desarrollado en el Reino Unido, este estándar utiliza una gran cantidad de canales de comunicación.

La segunda generación marca el paso de la tecnología analógica a digital, brindando mayores ventajas en la comunicación móvil, con esta generación se logra usar bandas de frecuencias mucho más altas y con mayor capacidad como la banda de 900MHz y la de 1800MHz, se implantan servicios adicionales como SMS (short message service) y buzón de voz; generación que logra sus primeras aplicaciones a comienzo de la década de 1990; los equipos pasan de ser grandes y pesados a equipos más ligeros y con mayor portabilidad gracias a los avances de la electrónica digital, además se incluye en estos equipos la tarjeta SIM aunque en las primeras aplicaciones esta fue del tamaño de una tarjeta de crédito y venía incrustada en el equipo, más adelante se logró disminuir su tamaño a la conocida como plug-in SIM dando la posibilidad al abonado de realizar cambio de teléfono sin perder su número y conservando datos guardados en su tarjeta, además con esta aparición se logró mayor seguridad ya que esta cuenta con códigos como el PIN y el PUK.

Al igual que su antecesor se deben involucrar estándares para su aplicación, de aquí la aparición de los conocidos como:

- GSM (GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS): En español sistema global para comunicaciones móviles, estándar desarrollado para ser aplicado en Europa, pero actualmente el de mayor aceptación a nivel mundial con un 82% de aplicación, con esto aparecen las tecnologías CDMA y TDMA, para lograr una multiplexación de llamadas por un mismo canal.
- D-AMPS: Conocido como estándar americano de segunda generación con un amplio despliegue en EE.UU y Canadá, pero con el cual ya no se cuenta en la actualidad dado que fue migrado hacia el estándar GSM.

En Europa y gran parte del mundo son utilizadas en 2G las bandas de 900MHz y la de 1800MHz, estos equipos móviles son conocidos como bibanda, mientras que en EE.UU se utiliza la banda de 1900MHz y los celulares que son capaces de funcionar en las bandas europeas y americanas se denominan tribanda.

- TDMA y CDMA: El acceso múltiple por división de tiempo más conocido por TDMA, es una técnica digital aplicada en la segunda generación de telefonía móvil, la cual permite aprovechar de una mejor manera la transmisión de datos multiplexando unidades de información en ranuras denominadas slots de tiempo enviando varios canales a la vez. Mientras que el acceso múltiple por división de código o CDMA al igual que TDMA permite multiplexar unidades de información por medio un esquema extendido de códigos para enviar varios canales por uno

Un ejemplo muy práctico para la comprensión de TDMA y CDMA, lo podemos describir en una sala de juntas donde todas las personas están tratando de hablar al tiempo, cruzando las ondas de cada uno haciendo de esto un dialogo inentendible, si en este caso aplicamos TDMA, podemos dar tiempo a cada una de las personas de tal manera que hable una sola a la vez, mientras que si aplicamos CDMA cada persona y su receptor pueden hablar en un idioma diferente al resto y hablar todas las personas al tiempo, escuchando simplemente el idioma necesario. Para este caso el código sería el idioma.

Siguiendo con el proceso evolutivo de las comunicaciones móviles aparece la tercera generación hacia el año 2001, pero con muy poca aceptación y con un despliegue muy lento, por lo cual aún las empresas prestadoras de servicio han visto la necesidad de permanecer en la segunda generación e instalar la tercera simultáneamente, aquí la aparición de los teléfonos móviles inteligentes o Smartphone brindando la posibilidad de conexión a internet.

3G ofrece velocidades de datos más elevadas en comparación con sus antecesores alcanzando los 2Mbps y de este modo brinda la posibilidad de usos multimedia como por ejemplo, transmisión de videos, video conferencias o acceso a Internet de alta velocidad. Estas redes utilizan bandas con diferentes frecuencias a las generaciones anteriores (1885 a 2025 MHz y 2110 a 2200 MHz); El estándar de 3G más importante que se usa en Europa y en la mayor parte del mundo y se puede ver como una evolución del GSM se llama UMTS (Sistema universal de telecomunicaciones móviles) y emplea codificación W-CDMA (Acceso múltiple por división de código de banda ancha). La tecnología UMTS usa bandas de 5 MHz para transferir voz y datos con velocidades que van desde los 384 Kbps a los 2 Mbps El HSDPA (Acceso de alta velocidad del paquete de Down link) es un protocolo de telefonía móvil de tercera generación, llamado 3.5G, que puede alcanzar velocidades de datos en el orden de los 8 a 10 Mbps La tecnología HSDPA usa la banda de frecuencia de 5 GHz y codificación W-CDMA.

El siguiente paso en las comunicaciones móviles es el 4G, que busca brindar al usuario mayor velocidad de navegación y datos logrando alcanzar los 100Mb/s y el uso de teléfonos móviles inteligentes de alta gama, esta red está basada en el uso del protocolo IP, buscando con ello arreglos de una red de redes gracias a la convergencia de redes inalámbricas y cableadas. “La empresa NTT Do Como en Japón, fue la primera en realizar experimentos con las tecnologías de cuarta generación, alcanzando 100 Mbit/s en un vehículo a 200 km/h”.<sup>3</sup>Aunque 4G está en sus primeros pasos de despliegue se ha previsto que el uso de conexión por medio de banda ancha, se verá disminuido considerablemente gracias a la gran velocidad de la telefonía móvil al incluir una tecnología IP.

Figura 1. Equipos de telefonía móvil según su generación.



Fuente: Evolución de la Tecnología Móvil: 1G, 2G, 3G, 4G, 2013 [en línea] <<http://linkea.do/2011/05/07/evolucion-de-la-tecnologia-movil-1g-2g-3g-4g/>>[citado 4 marzo 2014].

**2.2.3 Arquitectura de una red de telefonía móvil GSM y UMTS.** La telefonía móvil está basada en celdas o células que cubren individualmente un área geográfica pequeña, las cuales se unen para dar cobertura a una determinada zona, idealmente podemos encontrar que una célula es vista como un hexágono que se une a otros para brindar dicha cobertura como se observa en la figura 1, en realidad esta cobertura depende de factores geográficos, físico y ambientales entre otros. Este tipo de arquitectura se aplicó desde la segunda generación, utilizándose para GSM y UMTS ya que la primera generación utilizaba en su mayoría una sola celda con única frecuencia y una potencia exageradamente alta, ésta al contrario utilizan diferentes frecuencias, que pueden ser reutilizadas en celdas no adyacentes y su potencia es relativamente baja en comparación de 1G

---

<sup>3</sup> REVISTA EJE21. Por nueva tecnología 4G los teléfonos celulares actuales no sirven y hay que cambiarlos [en línea]. < <http://eje21.com.co/actualidad-secciones-48/74535-por-nueva-tecnologia-4g-los-telefonos-celulares-actuales-no-sirven-y-hay-que-cambiarlos.html> > [citado 20 octubre de 2013].



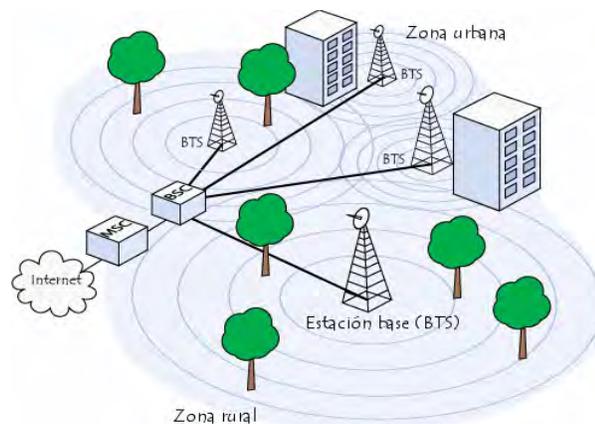
Figura 3. Fotografías equipos de telefonía móvil, superior: BTS segunda generación; inferior: NODO B tercera generación.



Fuente: propia de este trabajo.

**2.2.5 BSC (Estación Base Controladora).** Una de las partes que se puede denominar inteligente o de control es la BSC, la cual cumple diversas funciones dentro de la red de telefonía móvil “una BSC se encarga del control de varias BTS, asignándoles las frecuencias y controlando sus parámetros de emisión, potencia radiada...también interviene en los procesos de handover (movimiento del usuario de una celda a otra)”<sup>4</sup>, entre estas funciones se destaca la facturación para cada usuario en las llamadas, mensajes de texto y conexión a internet.

Figura 4. Red de telefonía móvil



Fuente: Estándar GSM, (sistema global de comunicaciones móviles), 2013 [en línea]<<http://es.kioskea.net/contents/681-estandar-gsm-sistema-global-de-comunicaciones-moviles>>[citado 20 septiembre 2013]

<sup>4</sup> GARCIA, Javier, MORALES, Gregorio. Instalaciones de radiocomunicaciones. 1ed. Madrid: Paraninfo, 2012, 36p.

En la figura 4 se observa un ejemplo muy gráfico de una red de telefonía celular, dentro de la cual encontramos BTS en zonas urbanas y rurales, estas deben estar conectadas a una central o BSC donde se realizan los diferentes tipos de comunicación: llamadas, mensajes de texto o internet móvil.

En la zona de trabajo de la empresa TOWERING.SAS denominada suroccidente se tienen tres operadores diferentes de telefonía móvil, los cuales tienen una BSC en diferentes lugares; así la BSC del operador CLARO de la empresa COMCEL.SA está ubicada en la ciudad de Pasto, la empresa TELEFONICA.SA con su marca registrada de telefonía móvil MOVISTAR tiene su BSC en la ciudad de CALI, mientras que la empresa COLOMBIA MOVIL.SA para su marca TIGO cuenta con sede en la ciudad de Popayán, en cada uno de los casos las estaciones de telefonía son conectadas por diferentes caminos hacia su central telefónica.

Para la comunicación de las estaciones de telefonía móvil con su estación controladora se tiene una ruta o camino por el cual se transmite, es aquí donde aparece lo conocido como red de transmisión, la cual está encargada de brindar un camino a cada estación móvil.

**2.2.6 Estándares de transmisión.** Existen dos tipos de estándares o jerarquías de transmisión para la telefonía de segunda generación, que buscan una multiplexación de canales de voz en un ancho de banda determinado, transmitiendo mayor cantidad de datos por un mismo canal. El primer estándar se denomina jerarquía PDH el cual tiene tres estándares conocidos como europeo, americano y japonés, para casos en los cuales se necesita que una de las jerarquías se comuniquen con otra, una de ellas se debe adaptar a la otra, en caso de ser la europea cualquiera sea la norma se debe adaptar a ella. En Colombia y en la mayor parte del mundo se utiliza la norma europea que tiene como unidad básica el tráfico E1 con una velocidad de 2048 Kbps y capacidad para 30 canales de voz y dos de sincronización, la jerarquía americana y japonesa tienen un mínimo despliegue en la actualidad. En la tabla 1 se observa los tres estándares con la velocidad, número de canales de voz y los diferentes niveles.

Tabla 1. Niveles jerárquicos de PDH

nivel	AMERICANA			EUROPEA			JAPONESA		
	CANALES DE VOZ	Kbps	NOMBRE	CANALES DE VOZ	Kbps	NOMBRE	CANALES DE VOZ	Kbps	NOMBRE
1	24	1544	T1	30	2048	E1	24	1544	J1
2	96	6312	T2	120	8448	E2	96	6312	J2
3	672	44736	T3	480	34363	E3	480	32064	J3

Fuente: Jerarquía Digital Plesiócrona, 2013 [en línea] <<http://es.scribd.com/doc/59128293/Jerarquia-Digital-Plesiocrona-PDH>>[citado 23 septiembre 2013]

Una segunda jerarquía desarrollada en EE.UU que cuenta con mayor capacidad que los estándares de PDH es denominada SDH, ésta se crea con el fin de empaquetar una cierta cantidad de E1, T1 o J1 en un solo encapsulado denominado contenedor y ser enviado por un mismo canal, dado que tiene muchos más datos que la jerarquía PDH esta necesita mayor sincronización y por lo tal los equipos que la manejan deben estar sincronizados a un reloj central. La unidad básica de dicha jerarquía se conoce como STM-1 y es usada principalmente con fibra óptica, aunque algunos radioenlaces pueden transportarla, un STM-1 tiene un velocidad de 155 Mbps y cuenta con niveles posteriores que se conocen como STM-4, STM-16 y STM-64, que manejan velocidades de 622Mbps, 2.5Gbps y 10Gbps respectivamente.

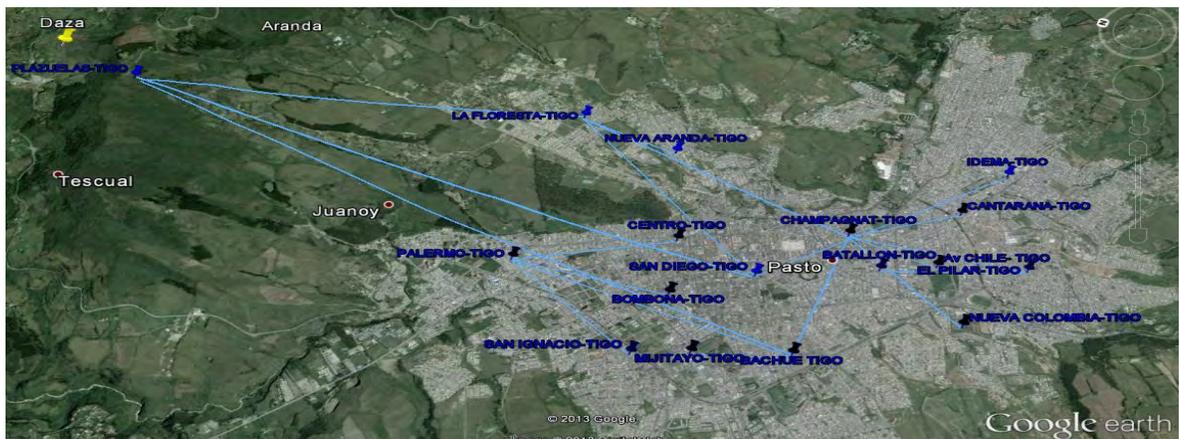
Con la llegada de la tercera generación se necesita transportar mayor cantidad de datos por el mismo medio debido a la conexión a internet desde dispositivos móviles, es aquí donde aparecen las redes IP, creando a través de una red física LAN redes virtuales VLAN y con ayuda de una dirección IP para cada equipo transportan los datos desde un terminal a otro, físicamente se los puede observar como puertos RJ45 los cuales se manejan entre equipos con cable UTP, la velocidad de este tipo de trafico alcanza desde 1024Mbps es decir 1Gbps.

**2.2.7 Red de transmisión.** Para lograr que la comunicación de cada estación base llegue hasta su estación controladora se tiene una ruta denominada red de transmisión, ésta puede ser instalada utilizando diferentes tecnologías, las más utilizadas en la actualidad son los radioenlaces de microondas y la fibra óptica. En algunos casos se necesita de las dos tecnologías para lograr establecer la ruta.

Es aquí en el área de transmisión donde entra a interactuar con las telecomunicaciones la empresa TOWERING.SAS, siendo una de sus principales funciones la instalación de radioenlaces, creando o mejorando una ruta de transmisión para las estaciones de telefonía móvil en la zona de desempeño.

En la figura 5 podemos observar una red de transmisión utilizando radioenlaces de microondas con diferentes características en la ciudad de Pasto para la empresa de telefonía móvil TIGO.

Figura 5. Mapa transmisión de Pasto para la empresa Colombia móvil-TIGO, diseñado en Google Earth



Fuente: propia de este trabajo.

**2.2.8 Radioenlaces.** Existen radioenlaces en todo el rango del espectro radioeléctrico, pero la utilización en las comunicaciones móviles se basa en el uso de microondas.

*“Un radioenlace consiste en el enlace que posibilita la transmisión de información entre dos puntos mediante el uso de ondas electromagnéticas que viajan a través del aire. Los más utilizados en los sistemas de radiocomunicaciones son los que trabajan en la banda de microondas, es decir, desde el entorno de los 500MHz hasta los 300GHz. Se trata, pues, de señales con una longitud de onda muy pequeña, esto hace que sean sensibles a los fenómenos meteorológicos como la lluvia y la nieve”.*<sup>5</sup>

<sup>5</sup> GARCIA, Javier, GONZALES, Gregorio. Op. Cit, p. 42

Un radioenlace está constituido por diferentes partes y presenta diferentes características según sea la necesidad y el tipo de uso que se desea recibir, para la telefonía móvil los radioenlaces presentan generalmente las siguientes partes:

- Antena: Es un dispositivo metálico, encargado de emitir y recibir ondas electromagnéticas del espacio libre, esta es diseñada dependiendo de la función a realizar, por ejemplo para un radioenlace tendrá que tener características diferentes a las de una antena emisora de FM, entre las principales características se pueden destacar están: la directividad, que se puede definir como la cantidad de potencia radiada en una dirección, para radioenlaces de telefonía móvil se utiliza antenas con alta directividad; Ancho de banda, es el rango de frecuencias para el cual fue diseñada la antena, para radioenlaces está dado por la forma de la antena y la frecuencia central del alimentador y por lo general tienen un gran rango de funcionamiento; Ganancia, puede entenderse como la cantidad de potencia recibida en el alimentador con respecto a la potencia emitida desde su contraparte y las pérdidas en la transmisión; Polarización, en radioenlaces se utiliza una polarización lineal la cual abarca a su vez polarización vertical, entendiéndose como tal cuando el campo eléctrico de la onda es perpendicular a la tierra y como horizontal cuando este es paralelo a la tierra, existe también la crosspolarización que es el uso de la polarización horizontal y vertical al tiempo.

El tipo de antena utilizada para la instalación de radioenlaces es la parabólica sólida, que consta de un plato en forma de tambor el cual concentra el haz recibido, encadenándolo a que este siga a través de su alimentador. Para esto la antena debe estar en una dirección en la cual reciba correctamente las ondas radiadas por su contraparte en el otro extremo del radioenlace.

Figura 6. Antenas de radioenlace



Fuente: UNEXPO, Comunicaciones electrónicas 2013 [en línea]

<<http://unexpocom.wordpress.com/sistemas-de-radiocomunicaciones-rcom/>>[citado 12 julio 2013]

- Radio: Es el equipo completo donde se integran numerosas partes según sea la configuración del radioenlace y que junto a la antena forman la totalidad de éste, se necesita dos grupos de antena y radio uno por cada extremo del enlace. Una de los principales fabricantes de radios para telecomunicaciones móviles es la empresa NEC, en cuyos radios se distinguen tres partes a saber:

ODU: Se entiende como unidad exterior y es la encargada de recibir y enviar las ondas desde o hacia el alimentador de la antena o híbrido según sea la configuración para la cual está diseñado el radioenlace, esta cuenta con una etapa de potencia y convertidor de frecuencia el cual amplifica y cambia a la frecuencia portadora para la cual se diseña el radioenlace.

Híbrido: es una parte importante cuando el radioenlace cuenta con protección contra daños en la ODU, ya que por medio de este se puede configurar el radioenlace con una ODU de respaldo, su función es recibir las ondas desde cualquiera de las ODU'S y encadenarlas al alimentador de la antena y recibir desde el alimentador y entregar por igualdad hacia las dos ODU'S actuando como un divisor.

IDU: unidad interior, es la encargada de controlar el radioenlace, contiene diferentes puertos de interacción con equipos y es la encargada de recibir la comunicación desde una BTS, UMTS u otro radio y enviarla a través del enlace, en ella se puede configurar los tipos de servicios como E1, STM1 y Ethernet, la alimentación total del enlace es inyectada en las fuentes que esta contiene. Envía el tráfico a través del cable IF (cable coaxial RG8), denominado así por la frecuencia que utiliza para la comunicación entre IDU y ODU generalmente se utiliza una frecuencia de 70MHz, además por este mismo cable se lleva la alimentación para la ODU.

Figura 7. Fotografía de las Partes de un radio NEC instaladas. Derecha: IDU, centro: ODU'S, izquierda: ODUS e HIBRIDO



Fuente: propia de este trabajo

**2.2.9 Tipos de configuraciones de un radioenlace.** Existen una diversidad de configuraciones que se aplican individual o conjuntamente según sea el trabajo que éste realiza y las condiciones físicas donde se instala, entre las configuraciones con mayores aplicaciones en el campo de la telefonía móvil podemos nombrar la redundancia, la polarización y la diversidad, en cuanto a la marca trabajada dentro del desarrollo del proyecto las principales características se denotan en la tabla 2, donde se puede detallar las series de los equipos IPASOLINK NEC y las configuraciones que este puede tener.

Tabla 2. Configuraciones de equipos NEC Ipasolink

MODELO	DIVERSIDAD	REDUNDANCIA	POLARIZACION
IPASOLINK 100	NINGUNA	1+0	VERTICAL HORIZONTAL
IPASOLINK 200	SD FD	1+0 2+0 1+1 HS	VERTICAL HORIZONTAL CROSSPOLARIZACION
IPASOLINK 400	SD FD	1+0 HASTA 4+0 1+1 HS	VERTICAL HORIZONTAL CROSSPOLARIZACION
IPASOLINK 1000	SD FD	1+0 HASTA 12+0 1+1 HASTA 6*(1+1) HS	VERTICAL HORIZONTAL CROSSPOLARIZACION

Fuente: NEC, Ipasolink 2013 [en línea]  
<http://www.nec.com/en/global/prod/nw/pasolink/products/ipaso.html?>  
 [Citado 10 julio 2013]

Describiendo la tabla 2 podemos encontrar diferentes tipos de configuraciones como por ejemplo:

- SD (Diversidad De Espacio): configuración de radioenlaces para cubrir grandes distancias, esta consta de un instalación con dos o más antenas con el fin de cubrir un mayor rango, se instalan en la misma torre con una separación que depende de varias longitudes de onda, utilizada en Colombia con el fin de realizar radioenlaces de grandes distancias y troncales.

Figura 8. Fotografía Antenas con diversidad de espacio



Fuente: propia de este trabajo.

- FD (Diversidad De Frecuencia): configuración que utiliza una o más antenas con el fin de conectar dos radioenlaces independientes, si se usa una antena esta cuenta con doble alimentador uno por frecuencia y se utiliza para manejar mayor tráfico por el mismo enlace, si es con doble antena lo único que se comparte es la IDU; es poco utilizada en el mundo y de utilidad nula en Colombia.

En cuanto a configuraciones dependiendo de la redundancia del radioenlace se utiliza para fines de protección contra daños en los equipos teniendo un respaldo o con el fin de utilizar una doble polarización en el mismo radioenlace y con la misma frecuencia; entre las más utilizadas en Colombia se tiene:

Tabla 3. Configuración de redundancia.

CONFIGURACION	REDUNDANCIA	POLARIZACION
1+0	Ninguna	Única
1+1 HS (Hot-Standby)	Una ODU de respaldo	Única
2+0	Ninguna	crosspolarizacion
2*(1+1) HS	ODU de respaldo para cada polarización	crosspolarizacion

Fuente: propia de este trabajo

Finalmente para la polarización se tienen tres tipos como se mencionó anteriormente, se encuentra la polarización vertical, horizontal y la unión de estas dos denominada crosspolarización o doble polarización. Estas con el fin de evitar inconvenientes técnicos como la interferencia, ruido por la zona geográfica o mayor cantidad de tráfico por un único radioenlace.

**2.2.10 Tipos de tráfico de radioenlaces.** ya que son los radioenlaces el medio por el cual se construye la ruta de transmisión de cada estación de telefonía móvil éstos deben transportar los datos y manejar diferentes estándares de transmisión, por ejemplo: se maneja a través de ellos la comunicación utilizando la jerarquía PDH, transportando E1, éste dependiendo del modelo puede manejar hasta 16 E1's por regleta y series como el Ispalink 1000 manejan hasta 5 regletas con un total de 96 E1's; pueden transportar hasta 2 STM-1, incluyendo en ellos la jerarquía SDH, los mencionados anteriormente son utilizados para transportar canales de voz de segunda generación, mientras que para transportar tráfico de tercera generación se hace uso de las redes IP que se puede configurar a través de VLAN'S incluyendo con ello tráfico Ethernet y manejando desde 1 puerto Ethernet físico hasta 6 puertos dependiendo del modelo que se esté trabajando.

Para un buen funcionamiento de un radioenlace su configuración tiene aspectos que deben ser conocidos y correctamente instalados y configurados mejorando así su rendimiento y calidad del servicio, entre estas configuraciones se encuentran primordialmente las siguientes:

- Frecuencia portadora: la onda utilizada sobre la cual se montan los datos a transmitir es conocida como onda portadora, la frecuencia que esta utiliza es entonces la frecuencia portadora. En radioenlaces la frecuencia portadora se configura como emisora en una de las puntas y como receptora en su contraria, es decir existen dos ondas portadoras conocidas como frecuencia portadora alta y baja para evitar interferencias con el mismo ya que la comunicación es bidireccional.
- Modulación: es “la superposición de información sobre una onda electromagnética que servirá de portadora. La unión de la información y la onda portadora, se define como onda modulada”<sup>6</sup>. La modulación mejora el aprovechamiento del canal y mejorando la resistencia de la misma contra ruidos e interferencias, en los radioenlaces se manejan modulaciones desde QPSK hasta

---

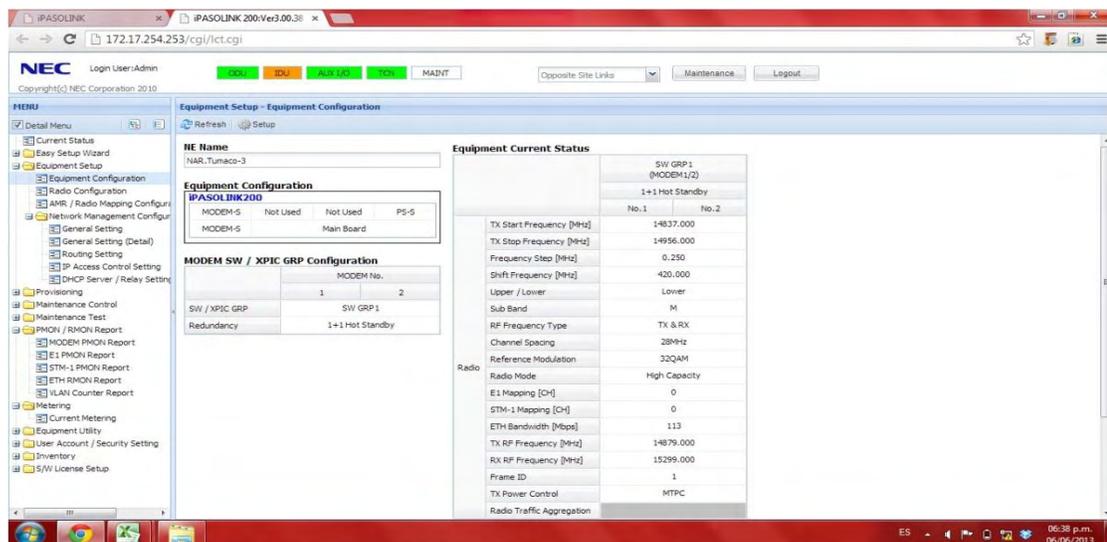
<sup>6</sup> GARCIA, Javier, GONZALES, Gregorio. Op. Cit, p. 11

2048 QAM, dependiendo de la serie que se esté trabajando, además se puede configurar una modulación como referencia y las superiores como modulación adaptativa, activándose si el medio lo permite y optimizando su rendimiento.

- Ancho de banda: se puede definir como la longitud o el tamaño medido en Hz para el rango de frecuencias donde se concentra la mayor potencia, en cuanto a radioenlaces se pueden seleccionar anchos de banda de 7,14,28 y 56 MHz.
- Potencia de transmisión: es la cantidad de energía radiada desde el radioenlace su unidad básica es el watio, pero se la configura generalmente utilizando la escala de decibeles, en la actualidad el tope de potencia para radioenlaces es de 27 dBm que corresponden a 500mW.

Todas estas configuraciones se pueden seleccionar por software una vez se tenga cada punta del radioenlace completamente instaladas y son configuradas de una y otra forma dependiendo de las necesidades del radioenlace.

Figura 9. Configuración de frecuencias, modulación y ancho de banda radio Ipasolink



Fuente: propia de este trabajo

## 2.3 MARCO LEGAL.

**2.3.1 UIT (unión internacional de telecomunicaciones).** El organismo mundial que reglamenta las telecomunicaciones denominado UIT (unión internacional de telecomunicaciones), está conformado por más de 5000 miembros de todo el mundo quienes se reúnen con el fin de generar un reglamento internacional para

las radiocomunicaciones, el cual no se hace con el fin de imponer sino recomendar a las empresas y entidades que trabajan con las telecomunicaciones.

La UIT está dividida en 3 grandes actividades o sectores que realizan su labor a través de reuniones y conferencias:

El sector de las radiocomunicaciones orientado por este organismo, controla y recomienda como se debe usar el espectro radioeléctrico, el cual se ve afectado porque cada día se necesita mayor ancho de banda. El sector de la normalización genera normas denominadas recomendaciones, estableciendo estándares que permiten las redes de telecomunicaciones en el mundo; cada año en reuniones de este sector se debaten más de 150 normas. El sector desarrollo se encarga de ayudar con programas a personas que estén interesados en invertir y desarrollar en mercados emergentes de telecomunicaciones.

**2.3.2 Normatividad en Colombia.** La república de Colombia en coordinación con entes competentes en el área de telecomunicaciones como el ministerio de tecnología de la información y las comunicaciones TIC, anteriormente llamado ministerio de las comunicaciones y que está legalmente constituido por la ley 1341 del 2009, la cual deroga a la anterior ley 1900 de 1990, tiene dentro de sus funciones velar por la calidad del servicio prestado al usuario de telefonía móvil, ejecutar convenios y tratados sobre tecnologías de comunicación en especial el uso del espectro radioeléctrico en territorio nacional.

**2.3.3 Uso del espectro y regulación del mercado de las telecomunicaciones.** Al respecto la ley 1341 del 2009<sup>7</sup> reglamenta el uso del espectro radioeléctrico en el territorio nacional acogiendo entre sus normas las exigencias de organismos mundiales como las UIT, como por ejemplo el establecimiento de bandas de frecuencias dentro del espectro de uso libre, así como permisos por igualdad de condiciones a las empresas que desean desarrollar sus proyectos con uso de propiedades nacionales en cuanto a telecomunicaciones.

Dicha ley en el título II, *provisión de las redes y servicios y acceso a recursos escasos*. Artículo 10 describe los permisos y usos que se debe tener con respecto a las redes de telecomunicaciones sin tener en cuenta el espectro radioeléctrico, generando con ello acuerdos y permisos, para instalación, ampliación, modificación, operación y explotación de las redes de telecomunicaciones, que deben ser autorizados por el ministerio. Artículo 11, describe el acceso al uso del espectro radioeléctrico en Colombia, para ello requiere un permiso previo, expreso y otorgado por el ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones,

---

<sup>7</sup> COLOMBIA, MINISTERIO DE INFORMACION DE LAS TECNOLOGIAS Y LA COMUNICACIÓN. Ley 1341 de 2009 Espectro: El ministerio. 2009.

brindando así ciertas bandas de frecuencia según sea necesario, además de asignación de bandas de uso libre y bandas exentas de pago para programas sociales del estado, permisos para negociaciones con bandas cedidas entre dos interesados sin afectación alguna. Artículo 12, reglamenta las renovaciones y plazos para los permisos de uso del espectro radioeléctrico, dichos permisos o renovaciones no podrán ser superiores a 10 años, así como cumplimiento de las condiciones que el ministerio de tecnologías de información y las comunicaciones disponga. Artículo 13, por el que el ministerio de las tecnologías de la información y las comunicaciones recibe contraprestación económica por el uso del espectro determinado por diferentes causas como: ancho de banda asignado, número de usuarios potenciales, disponibilidad del servicio, planes de expansión y cobertura, demanda por el espectro y su disponibilidad y cualquier otro parámetro técnico que sirva como indicador del precio que debe recibir el Estado por la utilización del espectro radioeléctrico. Artículo 14, describe las causas por la que una persona jurídica o natural este inhabilitada para acceder a permisos para el usos del espectro radioeléctrico, algunos de ellos son: aquellos que se les haya declarado la caducidad del contrato de concesión o se les haya cancelado la licencia para prestar cualquier servicio de telecomunicaciones, representantes legales, socios o miembros de personas jurídicas a las cuales se les haya aplicado lo anterior, personas que se les haya declarado penas privativas de la libertad entre otros. Artículo 15, habla del registro que los interesados en el uso del espectro deben hacer luego de haber sido aprobado, generando una base de datos para el ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones.

Igualmente el ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones, es el encargado de la creación de la comisión de regulación de las comunicaciones CRC, comisionado de promover la competencia, evitar el abuso de posición dominante y regular los mercados de las redes y los servicios de comunicaciones con el fin de que la prestación de los servicios sea económicamente eficiente y refleje altos niveles de calidad.

Otro ente nacional adscrito al ministerio de las tecnologías de información y las comunicaciones al igual que el CRC es el la agencia nacional del espectro que tiene como objeto brindar soporte en gestión, planeación, vigilancia y control del espectro radioeléctrico, su función principal es velar por el buen uso del espectro así como estudiar y planear nuevas tecnologías para la seguridad y vigilancia del mismo.

**2.3.4 Niveles de riesgo laboral y seguridad industrial.** El ministerio de trabajo<sup>8</sup> tiene dentro de sus funciones expedir las normas administrativas y técnicas que regulan la salud ocupacional, derivadas del Decreto 614 de 1984 artículos 13 y 14, mediante los cuales ha determinado que el trabajo en alturas es considerado de alto riesgo, ya que es uno de las principales causas de enfermedad y muerte en el trabajo, la resolución 1409 de 2012 reglamenta la seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas, cuya resolución en sus artículos 1 y 2 determina la aplicación y personal que debe manejar el tema de trabajo en alturas considerado como tal a cualquier labor a realizarse a alturas iguales o mayores a 1.5 metros y las definiciones que se deben tener en cuenta a la hora del mismo.

Los destinatarios de esta reglamentación son empleadores, empresas, contratistas, subcontratistas y trabajadores de todas las actividades económicas de los sectores formales e informales de la economía. Igualmente dicha resolución vela por la conformación en cada empresa del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST).

Entre las definiciones aplicables en el desarrollo de este proyecto tenemos<sup>9</sup>:

- Absorbedor de choque: Equipo cuya función es disminuir las fuerzas de impacto en el cuerpo del trabajador o en los puntos de anclaje en el momento de una caída.
- Acceso por cuerdas: Técnica de ascenso, descenso y progresión por cuerdas con equipos especializados para tal fin, con el propósito de acceder a un lugar específico de una estructura.
- Anclaje: Punto seguro al que pueden conectarse equipos personales de protección contra caídas con resistencia certificada a la rotura y un factor de seguridad, diseñados y certificados en su instalación por un fabricante y/o una persona calificada. Puede ser fijo o móvil según la necesidad.
- Aprobación de equipos: Documento escrito y firmado por una persona calificada, emitiendo su concepto de cumplimiento con los requerimientos del fabricante.
- Arnés de cuerpo completo: Equipo de protección personal diseñado para distribuir en varias partes del cuerpo el impacto generado durante una caída. Es fabricado en correas cosidas y debidamente aseguradas, e incluye

---

<sup>8</sup> COLOMBIA, MINISTERIO DE TRABAJO. Decreto 614: El ministerio. 1984.

<sup>9</sup> COLOMBIA, MINISTERIO DE TRABAJO. Resolución 1409: El ministerio. 2012.

elementos para conectar equipos y asegurarse a un punto de anclaje. Debe ser certificado bajo un estándar nacional o internacionalmente aceptado.

- **Certificación de equipos:** Documento que certifica que un determinado elemento cumple con las exigencias de calidad de un estándar nacional que lo regula y en su ausencia, de un estándar avalado internacionalmente. Este documento es emitido generalmente por el fabricante de los equipos.
- **Certificación para trabajo seguro en alturas.** Certificación que se obtiene mediante el certificado de capacitación de trabajo seguro en alturas o mediante el certificado en dicha competencia laboral.
- **Eslinga de protección contra caídas:** Sistema de cuerda, reata, cable u otros materiales que permiten la unión al arnés del trabajador al punto de anclaje. Su función es detener la caída de una persona, absorbiendo la energía de la caída de modo que la máxima carga sobre el trabajador sea de 900 libras. Su longitud total, antes de la activación, debe ser máximo de 1,8 m.
- **Eslinga de posicionamiento:** Elemento de cuerda, cintas, cable u otros materiales con resistencia mínima de 5.000 libras (22,2 kilonewtons – 2.272 kg) que puede tener en sus extremos ganchos o conectores que permiten la unión al arnés del trabajador y al punto de anclaje, y que limita la distancia de caída del trabajador a máximo 60 cm. Su función es ubicar al trabajador en un sitio de trabajo, permitiéndole utilizar las dos manos para su labor.
- **Líneas de vida verticales:** Sistemas certificados de cables de acero, cuerdas, rieles u otros materiales que debidamente ancladas en un punto superior a la zona de labor, protegen al trabajador en su desplazamiento vertical (ascenso/descenso). Serán diseñadas por una persona calificada, y deben ser instaladas por una persona calificada o por una persona avalada por el fabricante o por la persona calificada.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 INSTALACION DE RADIOENLACES

Una instalación es un trabajo de campo que se debe realizar por personal capacitado, con la coordinación de un profesional para que éste sea entregado a tiempo y correspondiente al diseño que se ha generado con anticipación. Una instalación está comprendida en tres etapas: diseño, instalación física y gestión

Los operadores de telefonía móvil y fija en Colombia utilizan dichas instalaciones para comunicar un BTS (estación base transmisora) y/o UMTS (sistema universal de telecomunicaciones móviles) con una BSC (estación base controladora) generando así la ruta de transmisión.

**3.1.1 Diseño del radioenlace.** Una nueva instalación ya sea para dar servicio a una nueva estación o remplazar un enlace existente queriendo actualizarlo o simplemente mejorar su servicio, trae consigo una serie de pasos, empezando con un estudio presencial en cada una de las puntas donde se va implementar el radioenlace, es aquí donde se debe aplicar la ingeniería analizando y detallando las posibles soluciones o mejorías que se le puede realizar a dicho enlace, las empresas brindan al contratista un formato con el cual se debe basar este trabajo denominado comúnmente como site survey, en cuyo formato se debe expresar datos importantes a tenerse en cuenta en una futura instalación. A continuación se observa más detenidamente todos los datos que se detallan en un site survey.

- Site survey (estudio de sitio): es generalmente, el documento que las empresas prestadoras del servicio de telefonía móvil utilizan a la hora de instalar un nuevo radioenlace o actualizar sus equipos, este documento debe ser generado por personal capacitado y consiste en determinar aspectos importantes en la instalación, algunos de ellos se mencionan a continuación.

**3.1.2 Aspectos para el diseño de un radioenlace.** Entre los más importantes tenemos:

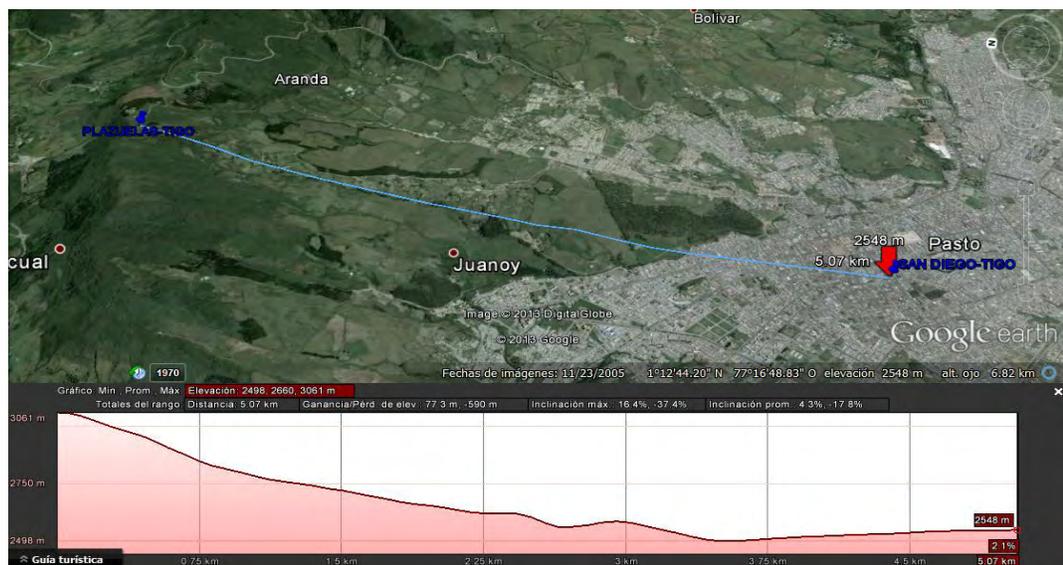
- **Coordenadas geográficas:** con las cuales se genera un mapa del enlace, longitud del mismo en línea recta y superficie de elevación con el fin de descartar posibles obstrucciones.
- **Número de antenas instaladas en la torre:** se realiza el conteo de antenas instaladas en la torre generando un mapa de la misma determinando el azimut, altura, polaridad y dirección de cada una, obteniendo lo necesario para que esto sea analizado por el departamento de ingeniería civil para descartar la sobrecarga de la misma y generando la disponibilidad de espacio para la nueva instalación.
- **Disponibilidad de espacio en los racks o cuartos de transmisión:** generando un mapa de distribución del sistema y determinando las posibles ubicaciones de la IDU, además de la disponibilidad de puntos eléctricos donde se puede tomar la alimentación para la nueva instalación sin generar sobrecarga sobre los rectificadores.
- **Condiciones de la estación:** se verifica aspectos como tipo de torre, existencia de planta eléctrica, porcentaje de humedad, condiciones de acceso a la estación y condiciones meteorológicas con el fin de crear un cronograma inicial de la instalación.
- **Estudio de frecuencias:** Uno de los aspectos más importantes en este trabajo inicial, tiene que ver con el estudio de frecuencias, descartando con ello el uso de frecuencias que ya estén en funcionamiento en dicha estación y las cuales tengan un azimut (graduación horizontal) que afecte tanto al radioenlace existente como a la nueva instalación, si el estudio es para una migración o actualización de equipos este debe plasmar la banda y sub banda de frecuencias que utiliza el enlace actual para determinar la viabilidad de la frecuencia. Si el radioenlace se encuentra en una zona de alta congestión de frecuencias, se debe realizar un estudio con la ayuda de un generador de espectro determinado la existencia de espacios libres en el espectro de frecuencias a utilizar.

**3.1.3 Documento final del diseño.** Este documento está basado en formatos preestablecidos por la empresa que contrata el servicio de TOWERING.SAS, en él se refleja todo el estudio realizado presencialmente, sustentando esto con registro fotográfico, mapas de los espacios a utilizar como: torre, racks de transmisión, rectificador, puntos de alimentación entre otros. La recopilación de los datos debe ser precisa y sobre todos los aspectos relacionados, si se presenta una falla en el diseño esta puede afectar la instalación y generar mayores gastos para la empresa contratista que lo desarrollara, generalmente se trata de la misma que hace el estudio, por tal motivo algunos de los principales aspectos que se debe sustentar en dicho informe o documento es el listado de materiales a utilizar como por ejemplo: cable IF, cable de alimentación, tipo de soporte para la antena,

fusibles para alimentación (breakers), cable de protección o puesta a tierra, conectores para IF y alimentación entre otros; espacios disponibles en torre y cuarto de transmisión, si este no cuenta con un espacio disponible se debe informar en el documento para que este sea instalado antes de iniciar el trabajo del radioenlace; tipo de transporte a utilizar para acceso a la estación, pidiendo si es necesario solicitud a la empresa que contrata el servicio auxilios de transporte para que la contratista no genere gastos que van a ver disminuido sus ingresos.

Un documento final de un site survey puede ser encontrado en el anexo 1, el cual fue realizado por el pasante para la empresa NEC DE COLOMBIA.SA destinado al operador móvil TIGO de COLOMBIA MOVIL.SA en la ciudad de Pasto entre las estaciones de Plazuelas y San Diego una descripción detallada de este estudio y otros se observan en el desarrollo de este documento.

Figura 10. Mapa site survey San Diego-Plazuelas y perfil de elevación, diseñado en Google Earth



Fuente: propia de este trabajo

Para que un radioenlace, no tenga problemas durante su instalación y funcionamiento, el site survey debe ser realizado por personal con experiencia en dicho tema, ya que basándose en la ingeniería aplicada durante su diseño se toman todas las decisiones para el mismo, entre estas podemos encontrar:

- Tamaño de las antenas: las antenas están diseñadas con ciertos parámetros especificados con anterioridad, entre los primordiales tenemos: la ganancia, la banda de frecuencias y el tamaño; estas tres características se pueden tener en cuenta para la escogencia de las antenas en un nuevo

radioenlace, pues dependen estrictamente de la longitud y las condiciones físicas que éste presente. Es así que para radioenlaces de gran longitud se debe utilizar antenas con mayor ganancia, por consiguiente de mayor tamaño y con frecuencias más bajas, comprendidas entre las bandas de 6 GHz a 11 GHz; si el enlace tiene una longitud relativamente corta, se debe utilizar antenas con frecuencias de 13 GHz a 23 GHz, de menor tamaño y baja ganancia, esto debido a las pérdidas a mayores frecuencias, esta conclusión fácilmente deducible de la ecuación de pérdidas en espacio (1) libre, a mayor longitud y mayores frecuencias mayores pérdidas.

$$l = 32,4 + 20 \log(\text{distancia [Km]}) + 20 \log(\text{frecuencia [MHz]}). \dots \dots (1)$$

La empresa contratista utiliza dos tipos de antenas para radioenlaces, definidas por el fabricante como COMPACTLINE y TRUNKLINE, en la tabla 4 se pueden observar más detalles de cada tipo de antenas.

**Tabla 4. Características antenas utilizadas por los operadores móviles en Colombia**

RANGO DE FRECUENCIAS [GHz]	TAMAÑO [mts]	TAMAÑO [ft]	TIPO DE ANTENA	LONGITUD RADIOENLACE	POLARIZACION / DIVERSIDAD
12.7-13.25	0.3	1	COMPACTLINE	CORTA	V - H / SIN DIVERSIDAD
	0.6	2	COMPACTLINE	CORTA	V - H / SIN DIVERSIDAD
	0.9	3	COMPACTLINE	CORTA	V - H / SIN DIVERSIDAD
	1.2	4	COMPACTLINE	MEDIA	V - H / DS - DF
	1.8	6	COMPACTLINE	MEDIA	V - H - C / DS - DF
14.2-15.35	0.3	1	COMPACTLINE	CORTA	V - H / SIN DIVERSIDAD
	0.6	2	COMPACTLINE	CORTA	V - H / SIN DIVERSIDAD
	0.9	3	COMPACTLINE	CORTA	V - H / SIN DIVERSIDAD
	1.2	4	COMPACTLINE	MEDIA	V - H / DS - DF
	1.8	6	COMPACTLINE	MEDIA	V - H - C / DS - DF
17.7-19.7	0.3	1	COMPACTLINE	CORTA	V - H / SIN DIVERSIDAD
	0.6	2	COMPACTLINE	CORTA	V - H / SIN DIVERSIDAD
	0.9	3	COMPACTLINE	CORTA	V - H / SIN DIVERSIDAD
	1.2	4	COMPACTLINE	MEDIA	V - H / DS - DF
	1.8	6	COMPACTLINE	MEDIA	V - H - C / DS - DF
21.2-23.6	0.3	1	COMPACTLINE	CORTA	V - H / SIN DIVERSIDAD
	0.6	2	COMPACTLINE	CORTA	V - H / SIN DIVERSIDAD
	0.9	3	COMPACTLINE	CORTA	V - H / SIN DIVERSIDAD
	1.2	4	COMPACTLINE	MEDIA	V - H / DS - DF
	1.8	6	COMPACTLINE	MEDIA	V - H - C / DS - DF
5.925-6.875	1.8	6	TRUNCKLINE	MEDIA	V - H - C / DS - DF
	2.4	8	TRUNCKLINE	TRONCAL	V - H - C / DS - DF

	3.0	10	TRUNCKLINE	TRONCAL	V - H - C / DS - DF
6.425-7.125	1.8	6	TRUNCKLINE	MEDIA	V - H - C / DS - DF
	2.4	8	TRUNCKLINE	TRONCAL	V - H - C / DS - DF
	3.0	10	TRUNCKLINE	TRONCAL	V - H - C / DS - DF
	3.7	12	TRUNCKLINE	TRONCAL	V - H - C / DS - DF
	4.6	15	TRUNCKLINE	TRONCAL	V - H - C / DS - DF
7.125-8.5	2.4	8	TRUNCKLINE	TRONCAL	V - H - C / DS - DF
	3.0	10	TRUNCKLINE	TRONCAL	V - H - C / DS - DF
	3.7	12	TRUNCKLINE	TRONCAL	V - H - C / DS - DF
	4.6	15	TRUNCKLINE	TRONCAL	V - H - C / DS - DF
10.7-11.7	1.8	6	TRUNCKLINE	MEDIA	V - H - C / DS - DF
	2.4	8	TRUNCKLINE	TRONCAL	V - H - C / DS - DF
	3.0	10	TRUNCKLINE	TRONCAL	V - H - C / DS - DF
	3.7	12	TRUNCKLINE	TRONCAL	V - H - C / DS - DF
	4.6	15	TRUNCKLINE	TRONCAL	V - H - C / DS - DF
CONVENCIONES					
V	VERTICAL				
H	HORIZONTAL				
C	CROSSPOLARIZACION				
DS	DIVERSIDAD DE ESPACIO				
DF	DIVERSIDAD DE FRECUENCIA				

Fuente: Radio Frequency Systems, RFS Microwave Antennas A Comprehensive Selection Guide, 2013

**3.1.4 Instalación física.** Consiste en el montaje de los equipos en el lugar correspondiente, es decir: torre, rack de equipos, escalerillas de cableado y anclajes, esta etapa es desarrollada por un equipo de trabajo experimentado en cada una de las secciones y bajo la supervisión de personal capacitado, para esta etapa se desarrollan unos pasos que se describen con mayor detalle a continuación.

- **Preinstalación:** comprende la revisión de los equipos a instalar antes de ser llevados al sitio y configuraciones previas a la instalación física. Es fundamental sobre todo cuando se trata de utilizar equipos reusados cerciorarse de la calidad de estos para evitar pérdidas de tiempo en el trabajo. En el desarrollo de este proyecto se logró trabajar tanto con equipos nuevos en los cuales se aplicó la etapa de preinstalación, como equipos reusados a los cuales se les debe probar sus funciones para operadores móviles como TIGO y MOVISTAR.
- **Instalación de soporte y antena:** esto se debe desarrollar en el sitio de trabajo, es decir en las estaciones de telefonía móvil involucradas en el

radioenlace, en este paso se logra ensamblar las partes del soporte, dependiendo de qué forma sea la torre y si este debe tener algún ángulo con respecto a sus brazos; para la antena se debe verificar con ayuda del manual las partes que debe contener y ensamblar como este lo dice, generalmente empezando con el tambor seguido del herraje que ensambla con el mástil y finalmente el feed o alimentador. Una vez ensamblados el mástil y la antena son izados sobre la torre, de manera individual cuando la antena es mayor a 1,2 metros de diámetro o los dos al tiempo para dimensiones menores; el izado implica instalación de uno o varios juegos de poleas y cuerdas para las diferentes necesidades como por ejemplo elevación, viento y contraviento; una vez ubicadas a la altura indicada se procede al anclaje del soporte sobre la torre por medio de sus brazos diseñados para tal motivo y la antena sobre éste con ayuda del herraje.

En la figura 10 se observa diferentes antenas y soportes sin ensamblar, ensamblados, antes de izarlos e izados sobre la torre.

Figura 11. Fotografías antenas y soportes Derecha: antenas instalada y antes de instalar, izquierda: mástil sin instalar e instalado.



Fuente: propia de este trabajo

- Instalación de ODU's e IDU: Para la instalación y energización de la IDU se debe tener en cuenta las recomendaciones mencionadas en el site survey y la aceptación del espacio o los cambios que la empresa haya hecho en el diseño.

La IDU será sujeta junto a la regleta de E1's Por cuatro tornillos al rack, éste es alimentado a la energía eléctrica con dos fuentes de -48 voltios tomando desde el PDB mencionado en el estudio tomando desde el breaker indicado, para radios PASOLINK V4 e IPASOLINK 200 Y 400 se utiliza breakers de 6 amperios, mientras que las troncales con IPASOLINK 1000 utilizan doble breaker de 10amperios.

Las ODU's dependen de la frecuencia del enlace para el tipo de instalación, encontrando que las frecuencias inferiores a 11GHz emplean HIBRIDO que se une a estas por medio de guías de onda (jumper) y son instaladas en anclajes

individuales sujetos al mismo soporte de la antena, mientras que las que utilizan frecuencias iguales o superiores a 11GHz necesitan híbrido que ensamblan directamente sobre las ODU's,

En la figura 11 se detalla racks de transmisión para la instalación de la IDU y los dos tipos de ODU's con o sin guía de onda.

Figura 12. Fotografía. De izquierda a derecha: espacio rack, IDU instalada, ODU sin guía de onda, ODU con guía de onda.



Fuente: propia de este trabajo

- Conexión IDU-ODU mediante cable IF: para este procedimiento se utiliza el cable coaxial RG8 mencionado anteriormente, la conexión va desde la IDU hasta cada una de las ODU'S; se instala el conector Tipo N hembra en el cable y se iza sin que sufra fracturas en su interior hasta la ODU, seguidamente se realiza el "peinado" del cable que consiste en sujetar todo el recorrido sobre la escalerilla que desciende de la torre con amarras plásticas, llegando a la escalerilla horizontal que comunica al rack o cuarto de equipos, finalmente se instala los conectores tipo TNC hembra los cuales ensamblan con la IDU, se puede realizar pruebas antes de que este sea instalado en la IDU, probando que la ODU al final del cable IF responda como un diodo.

Para migración sobre la misma antena algunas empresas de operadores móviles reutilizan el cable IF (Movistar hace el reusó si se encuentra en buen estado, Claro y Tigo siempre cambian el cable IF), mientras que para migraciones con nuevas antenas se debe instalar también nuevo cable IF.

En la figura 12 se observa en detalle el recorrido que se debe realizar con el cable IF.

Figura 13. Fotografía Recorrido del cable IF RG8.



Fuente: propia de este trabajo.

**3.1.5 Gestión, apuntamiento y programación.** Esta es la última de las etapas antes de que un radioenlace se ponga en marcha, el primer paso a seguir es la programación de los servicios (E1, STM1, Ethernet), frecuencias portadoras, ancho de banda, modulaciones fijas o adaptativas, capacidad del canal, sincronización de reloj, potencia de transmisión, entre otras. Una vez se tenga la programación de las frecuencias y la potencia de transmisión, se debe realizar pruebas desde cada una de las puntas descartando interferencia externa (desde otro radioenlace con las mismas frecuencias), si esta existe se debe solicitar permiso para un cambio de frecuencias que puedan configurarse con los mismos equipos o en caso necesario realizar un cambio de ODUS desde una punta hacia otra, ya que son éstas las que manejan la frecuencia portadora, finalmente si con esto no podemos evitar la interferencia se debe solicitar el cambio de ODUS en otro rango de frecuencias.

Una vez se tenga verificado el tema de interferencia se procede a la alineación o apuntamiento del radioenlace, un técnico verifica el nivel de recepción con la ayuda de un voltímetro DC, en el que se puede observar un voltaje directamente proporcional al nivel que se tiene de recepción, este procedimiento se debe hacer desde las dos puntas del radioenlace hasta conseguir el nivel teórico, generado con la ayuda de las ecuación 2 y 3, para esto la antena cuenta con una parte llamada herraje donde permite moverse tanto en azimut como elevación, en la práctica conocidos como movimientos horizontales y verticales respectivamente, además cuando ya se tiene un nivel aproximado al ideal, se realiza un apuntamiento fino del radioenlace con tornillos instalados para tal fin sobre el herraje de la antena que permiten un desplazamiento suave sobre los ejes.

$$P_R[dB] = P_T[dB] + G_{A1}[dB] + G_{A2}[dB] - P_{EL}[dB] - P_E[dB] \dots \dots \dots (2)$$

$$P_{EL}[dB] = 32.45 + 20 \log D[Km] + 20 \log F[MHz] \dots \dots \dots (3)$$

$P_R$  = potencia de recepcion

$P_T$  = potencia de transmision

$G_{A1}$  = ganancia antena 1

$G_{A2}$  = ganancia antena 2

$P_{EL}$  = perdidas en espacio libre

$P_E$  = perdidas en los elementos = 7dB

Cabe resaltar que si el enlace es nuevo o migración total el apuntamiento se puede realizar sin límite de tiempo, ya que se lo puede preparar con anticipación al día de la ventana (tiempo asignado para el trabajo en el cual no opera el radioenlace a trabajar). Si la migración es con reutilización de equipos se cuenta con la ventaja de tener un nivel de recepción óptimo o aproximado debiendo realizar pequeños ajustes en el apuntamiento si son necesarios. Una vez se tenga el enlace con su programación completa y una alineación adecuada, se debe proceder a la migración si se trata de un trabajo tal, cambiando los servicios hacia el nuevo radio, realizando esto desde cada una de las puntas, en un tiempo denominado ventana de mantenimiento el cual debe ser solicitado por la empresa de telefonía móvil y debe contar con el aval de ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones.

Otro punto importante a tener en cuenta con la empresa NEC DE COLOMBIA.SA es que ésta cuenta con una red de gestión de los radios instalados de su marca para cada operador móvil, que permite manejar desde una central la programación de los radioenlaces en todo el país. Para el operador móvil CLARO, la red de gestión tiene su central en Bogotá, al igual que la red del operador móvil MOVISTAR, mientras que la red de TIGO en el suroccidente del país está todavía en la etapa de despliegue. Si un radioenlace queda aislado de la red, es decir no tiene por donde enviar su gestión, NEC DE COLOMBIA.SA utiliza fraccionadores que son equipos que convierten la gestión Ethernet a un tráfico E1 para ser enviados por la ruta de transmisión normal utilizando equipos de cualquier marca hasta una estación adecuada para enviar por la red de gestión; es el caso del enlace instalado en la ciudad de La Unión Nariño, para el cual la gestión fue

llevada hasta la central de la ciudad de Pasto por la red de transmisión y con ayuda de dos fraccionadores como se muestra en la figura 13.

Figura 14. Fotografías Puertos de gestión y fraccionador.



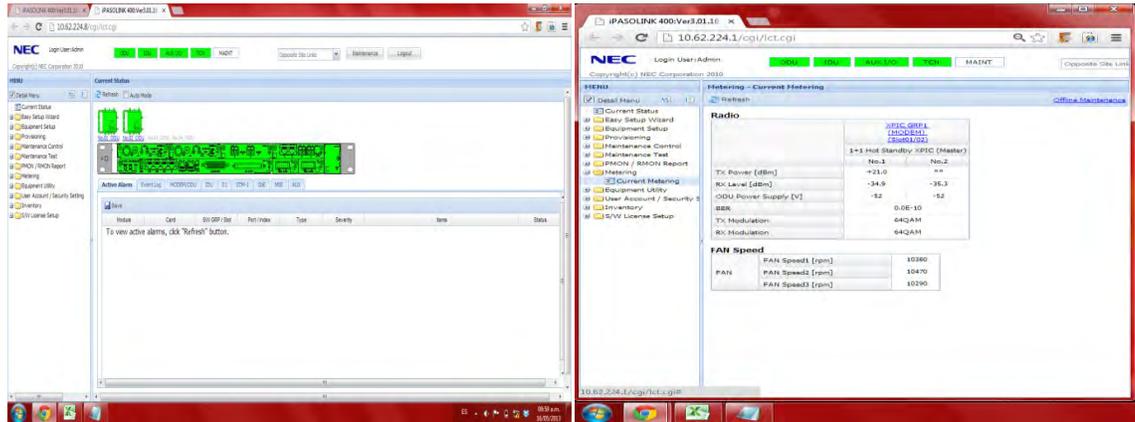
Fuente: propia de este trabajo

**3.1.6 Informe final de la instalación.** Luego de realizar las pruebas de funcionamiento y éste se ponga en marcha, el contratista debe realizar el respectivo marquillado, que consta en marcar cada uno de los cables de IF, energía, puestas a tierra, datos de antena y datos de programación; el registro fotográfico y la toma de pantallazos de programación se deben realizar con el fin de que la empresa instaladora pueda enviar una evidencia del trabajo y con ello poder recibir el respectivo beneficio económico.

El documento o informe final es realizado con ayuda de una plantilla entregada por el operador móvil y depende del diseño que se esté trabajando, así un radioenlace 1+1 HS tiene un formato diferente a un enlace que utilice diversidad de espacio; generalmente este tiene una portada, donde se ubica nombre de estaciones, longitud del enlace, coordenadas, empresa instaladora entre otros; cuenta con una hoja de verificación donde el encargado debe calificar la calidad de la estación en cuanto a humedad, calidad y estado de la torre y cuarto de equipos; registro fotográfico de cada punta, en él se debe adjuntar una serie de fotos donde se verifica la calidad de la instalación en cada lado del radioenlace; pantallazos de configuración, donde se puede ver la configuración del radioenlace, frecuencias, servicios, alarmas entre otros.

Una vez la empresa revise y acepte el informe final se puede dar por terminado el radioenlace, si esta considera que hay que corregir aspectos ya sean físicos o de configuración, el instalador debe dirigirse al sitio de trabajo y realizar la corrección de la manera más pronta posible.

Figura 15. Pantallazos configuración.



Fuente: propia de este trabajo

Figura 16 Fotografía 8. Marquillas instaladas



Fuente: propia de este trabajo

### 3.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE ESTACIONES DE TELEFONÍA MÓVIL

Las empresas que se desempeñan en el ámbito de las comunicaciones, deben realizar mantenimientos correctivos en cualquier momento ya que éstos se presentan aleatoriamente y en su mayoría sin conocimiento previo del evento, aunque cierto número de mantenimientos deben ser solucionados por el field server (servidor de campo) de cada uno de los operadores móviles en su regional, las empresas presentan saturación de eventos o mantenimientos con servicios adicionales para esto son contratadas empresas como TOWERING.SAS; este tipo de contratos se realiza con el fin de mantener a dicha regional con el menor número de inconvenientes en la red de telefonía móvil; en cuanto al tiempo de ejecución para solucionar una falla determinada depende también del tipo de evento que se presente, existen mantenimientos que deben ser corregidos de

manera urgente y otros que pueden esperar un tiempo determinado. Entre las fallas más comunes dentro de los mantenimientos correctivos se encuentran:

**3.2.1 Desalineación de radioenlaces.** Como se mencionó en la instalación de radioenlaces, estos dependen de un apuntamiento o alineación sujeto a un diseño para lograr un desempeño óptimo de funcionamiento, existen fallas por desalineación que se presentan generalmente por factores climáticos como vientos o tempestades y también por instalaciones obsoleta, por lo general se presentan en antenas mayores a 1.2 metros y en zonas altas donde los vientos alcanzan grandes velocidades. Existe en Colombia y en especial en la zona suroccidental del país una temporada comprendida entre los meses de julio y septiembre donde se presentan mayor número de fallas por tal motivo; es importante corregir las fallas mencionadas con extremas urgencia cuando estas llevan tráfico de varias estaciones, donde se puede ver afectado la cobertura de ciudades o zonas importantes para la telefonía móvil.

Para la solución de dichos problemas, se realiza una realineación del enlace utilizando personal en cada una de las puntas siguiendo los pasos al igual que el apuntamiento en una instalación, también se puede instalar brazos adicionales sujetos a la torre y de esta a cada lado de la antena con el fin de generar mayor fijeza y evitar posibles desalineaciones.

**3.2.2 Fallos eléctricos.** Generalmente se presentan por interrupciones del fluido eléctrico de la red que alimenta la estación móvil, en caso de que esta no cuente con planta eléctrica, el jefe de zona o servidor de campo pueden instalar una planta eléctrica móvil para abastecer durante la ausencia del fluido eléctrico. Si la estación cuenta con planta eléctrica industrial pero en la falla de la red eléctrica no enciende automáticamente se debe dirigir al sitio a evaluar las causas, las cuales pueden ser falta de combustible, fallas de control o forzado a trabajar por la red eléctrica, en caso de las dos últimas la empresa TOWERING.SAS brinda apoyo a la estación mediante el diagnóstico y reparación en el sitio.

**3.2.3 Descargas eléctricas y cambio de equipos.** Una de las principales causas del daño de equipos electrónicos dentro de las estaciones móviles son las descargas eléctricas cuando se presentan tormentas con las que vienen asociadas, como es evidente las estaciones móviles deben tener una altura mayor a edificaciones o estar ubicadas en la parte alta de un cerro siendo vulnerables a recibir descargas, para esto la torre, cuartos y racks de las estaciones cuentan con puestas a tierra y pararrayos adecuados con el fin de prevenir dichos daños; pero esto no lo deja invulnerable a sufrir deterioro en los equipos por una descarga

eléctrica. Los equipos que pueden sufrir averías son las BTS, UMTS y radioenlaces, en su mayoría por mala instalación de la puesta a tierra o por grandes descargas eléctricas.

En un radioenlace los equipos más propensos son los que se encuentran instalados sobre la torre es decir las ODU'S, es por eso que las empresas optan por instalar un sistema HOT-STANDBY, el cual presenta respaldo en el momento de una falla, para descartar el fallo en la ODU se debe realizar mediciones con ayuda de un multímetro, si el servidor de campo del operador móvil tiene los datos del enlace es recomendable llevar un remplazo de la misma o en caso contrario solicitarla luego de la primera visita para que esta sea sustituida con la mayor brevedad posible. Las fallas en BTS o UMTS que se presentan por descargas eléctricas, son generalmente en los módulos de control instalados en la torre, los cuales se ven afectados en uno o más de sus sectores. Esta corrección se hace reemplazando el modulo con falla.

### **3.3 MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS**

Este tipo de mantenimiento se realiza con el fin de evitar fallas en las estaciones de telefonía móvil o realizar trabajos que se necesitan con el fin de optimizar o mejorar el funcionamiento de las mismas; entre los trabajos desarrollados podemos encontrar:

**3.3.1 Cambio de equipos con posibles fallas.** Los funcionarios de cada operador móvil en la zona llevan consigo un listado de quipos vulnerables a presentar fallas, generalmente se encuentran entre éstos los que han cumplido con su vida útil pero están siendo utilizados o equipos que han presentado fallas con anterioridad que se han solucionado sin ser reemplazados; cuando existe la posibilidad de corregir las fallas se debe reemplazar estos equipos. Entre los equipos con mayores falencias se encuentran las BTS de segunda generación, radioenlaces obsoletos y plantas eléctricas; ya que estos son equipos que han cumplido con el tiempo establecido de funcionamiento y pueden presentar fallas por desgaste de sus partes.

**3.3.2 inventarios.** Aplicable dentro de los mantenimientos ya que es una labor que se realiza a los equipo con el fin de encontrar los que ya cumplieron su vida útil y entran en los listados de equipos a reemplazar o mantenimiento continuo; y con el fin de generar una base datos de cada estación y posibles movimientos de equipos. Para esto cada equipo cuenta con un número de serie del fabricante y

además un número interno de registro denominado miccode. Últimamente los operadores móviles están implementados inventarios de frecuencias de radioenlaces instalados, con el cual pueden adquirir las licencias ante el ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 ESTUDIOS DE SITIO O SITE SURVEY

Durante el desarrollo se realizaron 10 site survey para la empresa NEC DE COLOMBIA.SA, siendo estos para el operador móvil COLOMBIA MOVIL para su marca TIGO; de los cuales 5 fueron en la ciudad de TUMACO, 4 en la ciudad de pasto y 1 site survey en la ciudad de Ipiales.

En la tabla 4 se describen los site survey realizados durante la pasantía:

**Tabla 5. Site survey realizados**

Ciudad	Estación A	Estación B	Coordenadas estación A	Coordenadas estación B	Objetivo
Tumaco	Av. férrea	Miramar	1°48'29.03"N 78°46'16.98"O	1°49'8.84"N 78°45'40.51"O	Nueva estación
Tumaco	Miramar	Playa Tumaco	1°49'8.84"N 78°45'40.51"O	1°49'40.00"N 78°44'12.00"O	Nueva estación
Tumaco	Playa Tumaco	El morro	1°49'40.00"N 78°44'12.00"O	1°49'7.18"N 78°44'56.40"O	Nueva estación
Tumaco	El morro	Tumaco centro	1°49'7.18"N 78°44'56.40"O	1°48'27.40"N 78°45'54.64"O	Actualización de equipos
Ipiales	corponariño	Vía aeropuerto	0°49'47"N 77°37'12.3"O	0°49'35.6" N 77°40'10.6" O	Actualización de equipos
Pasto	Plazuelas	San diego	1°15'25.47"N 77°16'34.15"O	1°12'43.75"N 77°16'48.67"O	Actualización de equipos
Pasto	Idema	San diego	1°11'56.16"N 77°15'54.32"O	1°12'43.75"N 77°16'48.67"O	Actualización de equipos
Pasto	champagnat	Bachue	1°12'26.90"N 77°16'27.71"O	1°12'28.93"N 77°17'11.58"O	Actualización de equipos
Pasto	Bachue	Palermo	1°12'28.93"N 77°17'11.58"O	1°13'38.81"N 77°17'1.27"O	Actualización de equipos

Fuente: propia de este trabajo

En la ciudad de Tumaco, la empresa Colombia Móvil, solicitó por medio de la empresa NEC de Colombia, la instalación de 3 estaciones nuevas con el fin de ampliar la cobertura en zonas estratégicas definidas. Para esto el operador móvil solicito un mapa de las estaciones de otros operadores móviles generando 3 puntos de la ciudad (Av. férrea, Playa Tumaco y Miramar) donde se deseaba realizar la nueva instalación; con esta información la empresa TOWERING.SAS por medio del pasante y un equipo a su cargo diseño el mapa de transmisión generando con ello 3 site survey para las nuevas estaciones y 1 más para actualización de equipos de las 2 estaciones que ya se encontraban instaladas. En

el diseño del mapa de transmisión se detallaron aspectos como: la línea de vista para evitar posibles obstrucciones, la disponibilidad de espacio en la torre a una altura adecuada que no afectara la línea de vista, distancia entre las estaciones involucradas con el fin de que las antenas a utilizar fueran del menor tamaño posible, disponibilidad de tráfico y puertos libres durante la ruta de transmisión y la mejor ruta utilizando las estaciones móviles que ya se encontraban instaladas. En la figura 16 se observa el mapa de transmisión diseñado, teniendo entonces que el tráfico generado por la UMTS de Av. Férrea se lleva por Miramar, y el de éstas hasta Playa Tumaco, de aquí es llevado el tráfico de las 3 estaciones a la estación del Morro y finalmente hacia la estación Tumaco, desde esta sale por la ruta ya instalada hasta llegar a la estación de Plazuelas en la ciudad de Pasto y conectando finalmente con su BSC en la ciudad de Popayán. Con estos tres nuevos puntos el operador móvil amplió su cobertura tanto en la zona comercial de la ciudad como en la zona turística.

Figura 17. Mapa transmisión Tumaco diseñado en Google Earth.



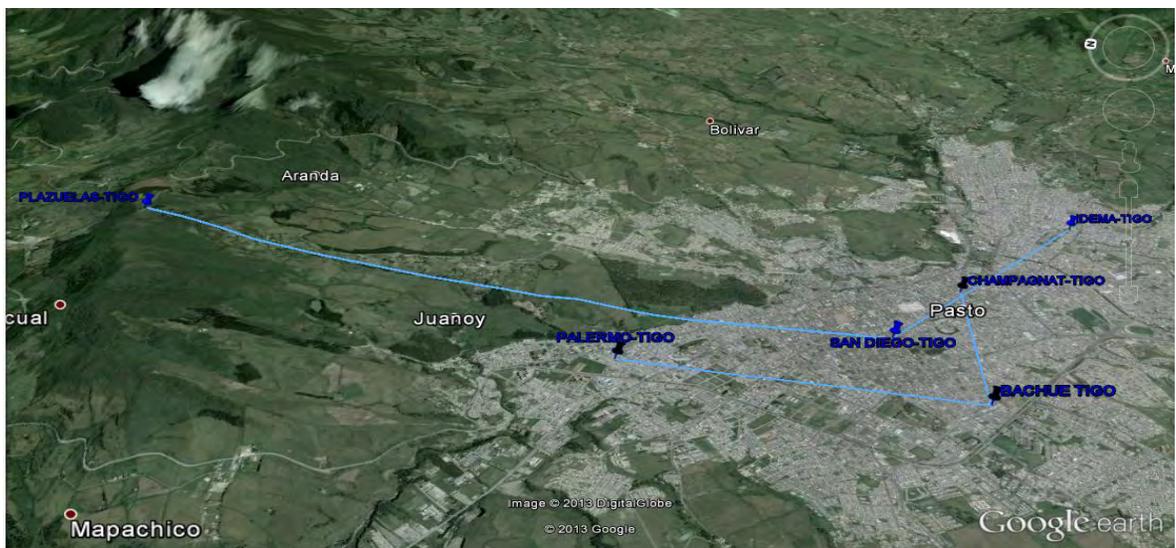
Fuente: propia de este trabajo

En la ciudad de Ipiales se realizó el estudio de sitio en el radioenlace comprendido entre las estaciones de corponariño y vía aeropuerto, aunque éste ya se encontraba en funcionamiento con equipos de la marca NEC modelo V4, presentaba fallas intermitentes que afectaban a las estaciones que este transportaba, entonces se realiza un estudio detallado con el fin de descartar posibles falencias por obstrucciones y problemas por interferencias en la

frecuencia utilizada, determinando que el problema era de interferencia en las frecuencias, dado que estas eran utilizadas por otro operador móvil en un enlace con línea de vista similar y la empresa Colombia móvil no tenía la licencia para ellas. Para ello la empresa NEC de Colombia junto al operador móvil por medio de lo detallado por el pasante en el estudio decide remplazar el radioenlace actualizando a radios Ipasolink y utilizando frecuencias diferentes a las del enlace actual que tuvieran licencia de funcionamiento.

En la ciudad de pasto, Colombia Móvil decide ejecutar el proyecto de actualización de equipos, remplazando los modelos V4 y NEO, por Ipasolink 400, con el fin de avanzar en cuanto a la red de transmisión para la instalación de 4G y cumplir también con la calidad de servicio exigida por el ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones. Determinando que los radioenlaces con mayor importancia y a los cuales se les debía aplicar dicho proceso son los comprendidos entre las estaciones: plazuelas – san diego, san diego – Idema, champagnat – Bachue y Bachue – Palermo. Para los anteriores, el estudio de sitio se basó en reutilización de frecuencias realizando un estudio de interferencias, disponibilidad de espacio en la torre y rack de transmisión y tipo de tráfico utilizado, encontrando que la mejor opción era la reutilización de las antenas, dado que se tenía un buen nivel de recepción y su tamaño era el adecuado respecto a la distancia obtenida de cada uno de ellos. En la figura 17 se puede observar el mapa de transmisión de los radioenlaces mencionados.

Figura 18. Site survey Pasto, operador móvil Tigo diseñado en Google Earth



Fuente: propia de este trabajo.

## 4.2 INSTALACIONES REALIZADAS

El pasante realizó un total de 19 instalaciones de la marca NEC en cuatro de sus diferentes modelos, teniendo entre ellos enlaces para nuevas estaciones de telefonía móvil, migraciones totales con antena, y migraciones con reutilización de elementos. Adicionalmente se realizó la instalación de radios marca RADWIN, para el proyecto Colombia vive digital, de los cuales tuvo a su cargo 6 instalaciones de la empresa AZTECA.SA y 2 para la empresa COMCEL.SA. A continuación se muestra una tabla y se describe cada uno de los trabajos realizados durante el tiempo de la práctica en la empresa TOWERING.SAS.

Tabla 6. Instalaciones realizadas.

Ciudad/ Dpto.	Estación A	Estación B	Marca/Modelo	Mes	Op. Móvil
Tumaco/Nar	Telecom	El morro	NEC/Ipasolink 400	Feb	Tigo
Tumaco/Nar	El morro	Playa Tumaco	NEC/Ipasolink 400	Feb	Tigo
Tumaco/Nar	Playa Tumaco	Miramar	NEC/Ipasolink 400	Feb	Tigo
Tumaco/Nar	Miramar	Av. Férrea	NEC/Ipasolink 400	Feb	Tigo
Pasto/Nar	Mijitayo	Bachue	NEC/Pasolink v4	Jun	Tigo
Pasto/Nar	Champagnat	Cantarana	NEC/Pasolink v4	Jun	Tigo
Padilla/Cau	Pto tejada	Padilla	NEC/Ipasolink 200	Mar	Movistar
Tumaco/Nar	Llorente	Chilvi	NEC/Ipasolink 200	May	Movistar
La Unión/Nar	La Unión	Mercaderes	NEC/Ipasolink 200	Jun	Movistar
Túquerres/Nar	Túquerres centro	Túquerres	NEC/Ipasolink 200	Jun	Movistar
Ricaurte/Nar	Infiernillo	Ricaurte	NEC/Ipasolink 200	Jul	Movistar
El Bordo/Cau	Munchique	El Bordo	NEC/Ipasolink 200	Jul	Movistar
Ipiales/Nar	Ipiales	Cumbal	NEC/Ipasolink 200	Abr	Claro
La Unión/Nar	La Unión 1	La Unión 2	NEC/Ipasolink 200	Abr	Claro
Pasto/Nar	Caicedo	Estadio CCM	NEC/Ipasolink 200	Abr	Claro
Pasto/Nar	Plazuelas	Estadio CCM	NEC/Ipasolink 400	Abr	Claro
Tunia/Cau	Tunia	Golondrinas valle	NEC/Ipasolink 1000	May	Claro
Popayán/Cau	Tres cruces	Tunia	NEC/Ipasolink	May	Claro

			1000		
La Unión/Nar	E. Carlos Ileras	Nodo azteca	Radwin/5000	Feb	Azteca
La Unión/Nar	Bibl. publica	Nodo azteca	Radwin/5000	Feb	Azteca
Imues/Nar	I.E. María luz	Nodo azteca	Radwin/5000	Mar	Azteca
Funes/Nar	Bibl. Publica	Nodo azteca	Radwin/5000	Feb	Azteca
Iles/Nar	E. Varones	Nodo azteca	Radwin/5000	Feb	Azteca
S. Lorenzo/Nar	E. S. Tomas	Nodo azteca	Radwin/5000	Mar	Azteca
Pasto/Nar	Briseño	C. E. Tosoabi	Radwin/5000	Abr	Claro
Sandona/Nar	La palma	E. S. Tomas	Radwin/5000	Abr	Claro

Fuente: propia de este trabajo

Para la empresa COLOMBIA MOVIL y su operador TIGO, se instaló la ruta de transmisión para la ampliación de cobertura en la ciudad de Tumaco con tres nuevas estaciones, como se lo puede observar en el mapa de la figura 16. Para este propósito se utilizó las estaciones que ya se encontraban en funcionamiento actualizando sus equipos a la última generación de la marca NEC de la serie IPASOLINK 400, con el fin de tener una ruta ya establecida para el despliegue de una cuarta generación. Estos radioenlaces utilizaron antenas de 0.6 metros, se tuvo inconvenientes en cuanto al apuntamiento del radioenlace, ya que por estar ubicados en una zona marítima el agua del océano hacia que las ondas produjeran reflexión y la lectura que se obtenía en el multímetro y en el equipo de cómputo tenía una variación muy amplia, pero se logró el nivel deseado configurando un menor ancho de banda en los equipos mientras se realizaba el apuntamiento; en la figura 18 se pueden observar fotografías de las instalaciones como la línea de vista de un enlace, una de las antenas instaladas y una IDU instalada y en funcionamiento en el rack.

Figura 19. Fotografía Instalaciones Tumaco.



Fuente: propia de este trabajo

En la ciudad de Pasto existían radioenlaces que estaban haciendo uso de la banda libre de 5.8GHz, ya que el operador móvil no contaba con disponibilidad de equipos para que este fuera instalado con frecuencias licenciadas desde su inicio y debía cumplir las metas propuestas ante el ministerio, finalmente se reemplazó

dichos enlaces con equipos reutilizados de la marca NEC modelo PASOLINK V4. Estos equipos al tener un cierto tiempo de uso tienen mayores inconvenientes en cuanto a fallas tanto por el uso como por daños en golpes mientras son desmontados o transportados, en los equipos instalados se realizó una inspección de funcionamiento en laboratorio encontrando fallas en el equipo de la estación Mijitayo al cual se le debió reemplazar la tarjeta Ethernet, este estudio en laboratorio ahorra tiempo en la instalación ya que los equipos estaban verificados por el pasante que era el encargado de dicha labor. En la figura 19 se puede apreciar el mapa de los radioenlaces descritos anteriormente.

Figura 20. Mapa instalaciones Bachue-Mijitayo, Cantarana-Champagnat, diseñado en Google Earth



Fuente: propia de este trabajo

Para la empresa TELEFONICA.SA y su operador móvil MOVISTAR en aplicación del proyecto nacional de actualización de equipos de la marca NEC; se reemplazó equipos NEC PASOLINK V4 por equipos IPASOLINK 200 en 6 radioenlaces, con el fin de lograr cumplir las metas para el ministerio de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

Como todas estas instalaciones eran remplazo de radioenlaces que ya estaban en funcionamiento se necesitaba realizar una preinstalación, donde se programan los equipos antes de ser llevados al sitio, además de realizar una instalación de algunos de ellos ubicándolos en su lugar correspondiente como por ejemplo las

ODU'S en el soporte de la torre e instalando la IDU en el rack; se debió marcar los servicios que van a ser migrados con el fin de evitar pérdidas e inconvenientes. El día programado para realizar dicha labor depende del lugar y el tráfico que maneje el radioenlace evitando las menores pérdidas en la transmisión, por ejemplo si la estación se encuentra en un cerro de difícil acceso se debe programar durante el día y por lo general en días feriados o fines de semana y si la estación es de fácil acceso estas se programaran en horas de la noche. Durante el tiempo que dura la ventana, el equipo de trabajo suspende el tráfico del radioenlace y cambia los equipos subiendo el servicio una vez listo el nuevo radioenlace.

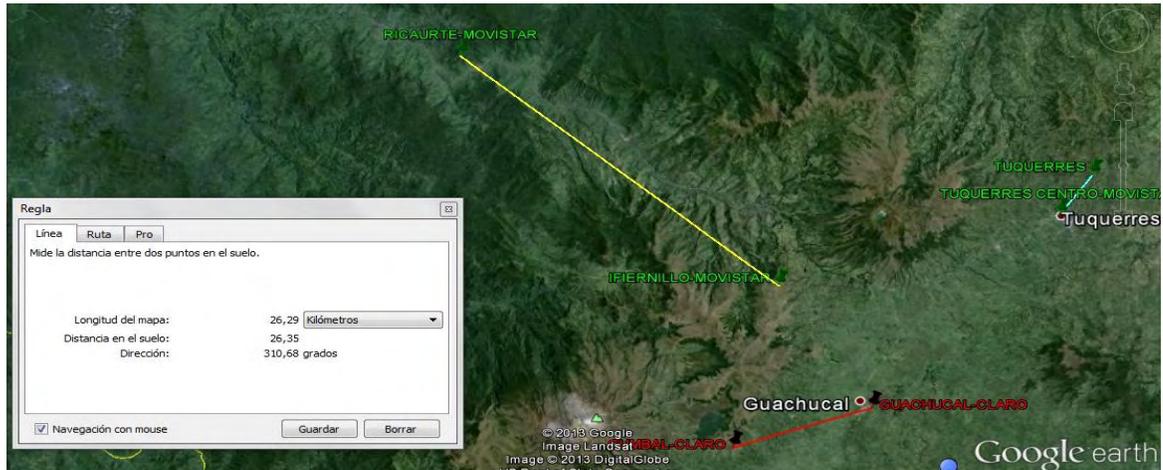
Durante la migración del radioenlace entre las estaciones de INFIERNILLO y RICAURTE, que maneja el tráfico de las estaciones del DIVISO, LLORENTE, LA GUAYACAN, RICAURTE Y JUNIN, se debió suspender la migración en varias oportunidades debido a los factores climáticos adversos en una de las estaciones, los cuales presentaban riesgos en los trabajadores. Para la instalación de los otros radioenlaces se pudo cumplir con el tiempo de corte dado bajo permiso del ministerio y en coordinación con el operador móvil, el cual abarcaba un máximo de 2 horas de corte absoluto y 4 horas de intermitencia. En las figuras 20, 21 y 22 podemos observar fotografías y mapas de transmisión con distancia y perfil de elevación de algunos de los radioenlaces trabajados para éste operador móvil durante el tiempo de práctica.

Figura 21. Fotografías telefónica movistar: Izquierda: rack La Unión, centro: ODUS remplazadas, derecha: marquilla puerto tejada



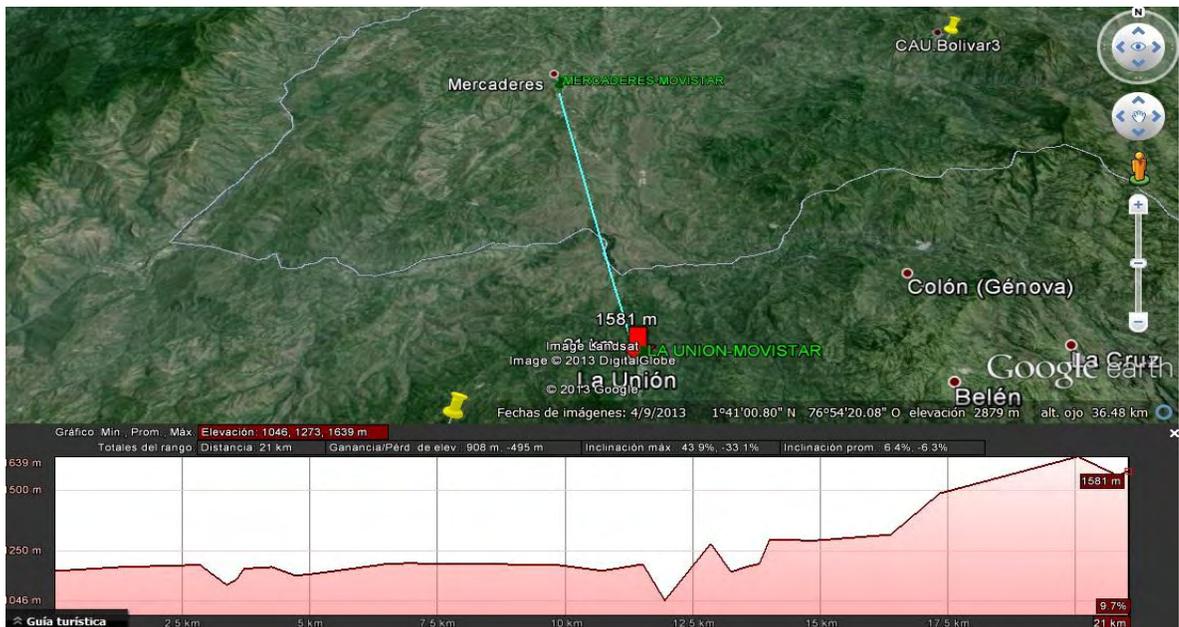
Fuente: propia de este trabajo.

Figura 22. Mapa transmisión Ricaurte – Infiernillo diseñado en Google Earth.



Fuente: propia de este trabajo

Figura 23. Mapa transmisión y perfil de elevación radioenlace Mercaderes-La Unión diseñado en Google Earth.



Fuente: propia de este trabajo

Uno de los operadores con mayor número de instalaciones y/o migraciones en la zona suroccidental del país, es CLARO manejado por la empresa COMCEL.SA, para el cual se trabajó tanto en el departamento de Nariño como en el departamento del Cauca realizando migraciones como por ejemplo: en la ciudad de Pasto entre las estaciones CAICEDO-CCM ESTADIO y PLAZUELAS-CCM

ESTADIO con el fin de aumentar capacidad de transmisión y evitar la saturación que estaban presentando, utilizando equipos Ipasolink 200 e Ipasolink 400 respectivamente y con crosspolarización en el segundo caso, se debió aplicar doble polarización debido a que el tráfico que se maneja desde las BSC denominada CCM ESTADIO hacia la red central en la ciudad de Cali es extremadamente alto, utilizando aproximadamente 64 E1's y 2 STM1 además de tráfico Ethernet. Se decidió realizar dichas instalaciones con migración total para no afectar el tráfico por un tiempo prolongado, en el caso de CAICEDO – CCM ESTADIO, se utilizó antenas de 0,6 metros dado que la distancia era relativamente corta; para el enlace CCM ESTADIO – PLAZUELAS, se utilizó antenas de 1.8 y 1.2 metros respectivamente y las ODU's fueron instaladas en soportes individuales con Jumper hacia el Híbrido por tratarse de esa configuración.

Figura 24. Fotografías de Línea de vista, marquilla y estación Caicedo.



Fuente: propia de este trabajo

Otro caso de migración realizado en el departamento de Nariño fue en el municipio de La Unión, donde se trabajó en una migración total de equipos utilizando radios Ipasolink 200 con el fin de aumentar la capacidad de transmisión y permitir el despliegue de 3G. En esta instalación se debió realizar la ventana de migración en horas del día por el difícil acceso que se tenía en una de las estaciones, la cual se encontraba ubicada en la zona alta de un cerro; se realizó también una instalación adicional para aplicar la gestión del radioenlace ya que no se contaba con equipos NEC apropiados para dicho trabajo, se instaló entonces fraccionadores en una de las estaciones y también en la BSC en la ciudad de Pasto, con el fin de enviar la gestión por un E1 hasta la estación controladora y desde esta por la propia red hasta su central en Bogotá.

Figura 25. Fotografías de Línea de vista, conexión de energía y ODU'S instaladas enlace La Unión Nariño



Fuente: propia de este trabajo

Entre los municipios de Cumbal e Ipiales se instaló un nuevo enlace con equipos Ipasolink 400 y crosspolarización, dando una nueva ruta de transmisión a las estaciones de Cumbal y Guachucal. Esto con el fin de cambiar la ruta de transmisión actual que generaba un mayor número de puntos intermedios para las estaciones de los dos municipios mencionados, por lo que aumentaba la posibilidad de sufrir fallas. La ruta anterior estaba con punto intermedio en la estación del municipio de Aldana, es decir la estación de Guachucal pasaba por Cumbal, luego por Aldana y finalmente llegaba hasta la ciudad de Ipiales, con la nueva instalación se logra reducir el punto intermedio de Aldana conectando directamente Cumbal con Ipiales. Para esto se utilizó antenas de 1,2 y 1,8 metros para Cumbal e Ipiales respectivamente.

Figura 26. Fotografías de Línea de vista, antena instalada y antena en armado



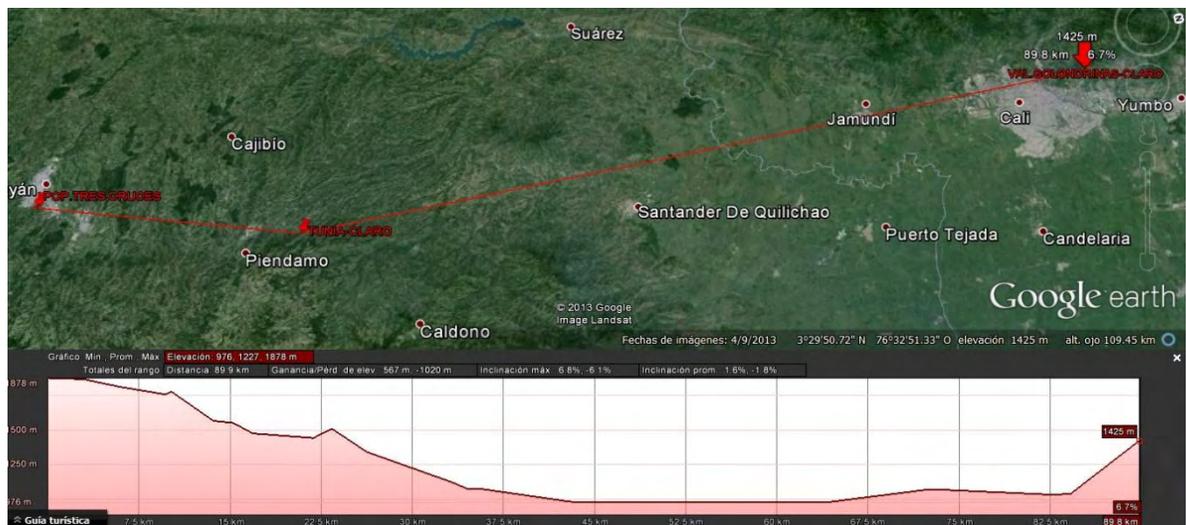
Fuente: propia de este trabajo

El pasante formó parte del grupo de instalación de una nueva troncal para la comunicación entre los municipios de Popayán, Cauca y la BSC del suroccidente denominada Ingenio en Cali, Valle del Cauca. Se utilizó radios de última tecnología de la marca NEC modelo Ipasolink 1000. Considerando el tamaño de

las antenas a instalar y el tipo de configuración que se necesitaba (diversidad de espacio con doble antena y antenas de 2,4 y 3,7 metros) se hizo necesario utilizar un gran número de personal, distribuyendo la instalación por etapas como por ejemplo: ensamble de antenas, instalación de juego de poleas, instalación de antenas, instalación de IDUS, ODU's y cableado.

Este trabajo comenzó instalando el primer radioenlace entre las estaciones de tres cruces en Popayán y la estación de Tunia, utilizando antenas de 1,8 metros en las dos puntas, el cual fue terminado sin ningún contratiempo; luego se decide instalar el radioenlace de mayor complejidad entre las estaciones de Tunia y Golondrinas, la distancia del enlace era de aproximadamente 89 Km en línea de vista. El trabajo se extendió por un total de 15 días debido a dificultades en cuanto a interferencias por la alta congestión y obstrucciones que no se tuvieron en cuenta en el diseño que afectaban la primera zona de Fresnel, debiendo realizar cambios de ODU's y modificando el diseño, para que este pudiese funcionar sin ningún contratiempo. En la figura 25 y 26 se detalla el mapa de la troncal con sus dos radioenlaces y el perfil de elevación del enlace Tunia - Golondrinas y fotografías de la instalación respectivamente.

Figura 27. Mapa transmisión troncal Tres cruces Popayán-Tunia-Golondrinas valle del cauca diseñado en Google Earth.



Fuente: propia de este trabajo

Figura 28. Fotografías instalación, superior: tamaño antenna, antenas instaladas, Inferior: antenas en etapa de instalación.



Fuente: propia de este trabajo

El pasante al igual que la empresa TOWERING.SAS se vieron involucrados con el proyecto de Compartel y el ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones, mediante la empresa Comcel.SA la cual encomendó la instalación de dos radioenlaces en las ciudades de Pasto y Sandona para llevar el servicio de Internet a dos instituciones educativas. Esta instalación se hizo con equipos de marca Radwin y utilizando la banda libre de 5.8GHz dado que es un proyecto gubernamental, para este tipo de servicios se debe instalar en cada una de las puntas una antena integrada donde viene encapsulado tanto la antena como la ODU y una IDU de control conectados entre sí por medio de cable UTP con interface RJ45, Ethernet. Para la instalación en la institución educativa el equipo de trabajo debe realizar también lo conocido como obra civil, que abarca la instalación del soporte y tubería por donde se instala el cableado desde la antena a la IDU. En la figura 28 se detallan imágenes de dichas instalaciones.

Figura 29. Fotografías Instalación internet escuelas claro.



Fuente: propia de este trabajo

Para la empresa Azteca.SA, el proyecto de Compartel y el ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones Colombia vive digital, se realizó 6 instalaciones en varios municipios del departamento de Nariño entre ellos: La Unión, Funes, Imues, Iles y San Lorenzo. Los radioenlaces que se debían instalar en esta ocasión eran radioenlaces punto multipunto, es decir cuentan con un nodo múltiple en cada municipio que tiene comunicación hacia una central mediante fibra óptica. En estas instalaciones se utiliza equipos marca Radwin en la banda de 5.8 GHz similares a los utilizados en las instalaciones para el mismo proyecto pero con la empresa Comcel.SA; este tipo de trabajo cuenta también con la adecuación de una obra civil, la cual consta de la ubicación del soporte para la antena, la tubería para el cableado y una puesta a tierra con el fin de proteger tanto los equipos del radioenlace como la red eléctrica que utilizan los equipos de cómputo de la institución educativa. La entrega de estos radioenlaces se debía hacer personalmente a empresas interventoras delegadas por el ministerio, así como también la entrega de un registro fotográfico a la empresa Azteca.SA. En la figura 29 se puede observar las puestas a tierra, los nodos y las instalaciones realizadas en algunos puntos de estos radioenlaces.

Figura 30. Fotografías instalaciones internet escuelas Azteca.SA.



Fuente: propia de este trabajo

### 4.3 MANTENIMIENTOS REALIZADOS

La empresa TOWERING.SAS ha manejado diversos mantenimientos en los cuales ha hecho participe al pasante, entre estos se encuentran mantenimientos correctivos y preventivos, en equipo o individuales ampliando aún más sus conocimientos profesionales.

Tabla 5. Mantenimientos realizados.

Ciudad/Dpto.	Estaciones	Individual/Equipo	Tipo de trabajo	Mes
Nariño	Varias	Individual	Inventarios	Feb
Chachagui/Nar	Casabuy/Taminango	Equipo	Instalación tarjeta Ethernet	Feb
Pasto/Nar	Champagnat/Bachue	Individual	Instalación nuevas cruzadas E1	Mar
Túquerres/Nar	Túquerres/Guachucal	Equipo	Apuntamiento enlace	Mar
Tumaco/Nar	El morro	Equipo	Cambio Tilt y potencia antenas de BTS	Abr
Pasto/Nar	San diego	Individual	Fallo eléctrico instalación planta eléctrica	Abr

Ipiales/Nar	Corponariño/Vía aeropuerto	Equipo	Cambio ODU y frecuencias	Jun
Ipiales/Nar	Corponariño/ galleras	Equipo	Cambio de ODU y frecuencias	Jun
Pasto/Nar	San Ignacio	Equipo	Cambio de antenas BTS y UMTS	Jul
Taminango/ Nar	Taminango/ daza	Equipo	Apuntamiento enlace	Jul
Nariño	Varias	Individual	Inventario frecuencias	Jul

Fuente: propia de este trabajo

Para la empresa Colombia Móvil.SA se realizó inventario de equipos de telefonía móvil en el departamento de Nariño en las estaciones de Champagnat, Bachue y Palermo en la ciudad de Pasto, El Morro, Av. Férrea, Miramar y Playa Tumaco en la ciudad de Tumaco, y estaciones individuales en los municipios de Sapuyes, Túquerres, La Unión y Taminango. Realizando lo descrito en cuanto a inventarios en la metodología, y teniendo como referencia el inventario anterior, entregando un informe de la relación de equipos que no se encuentran y equipos nuevos; sustentado todo esto con registros fotográficos, este trabajo se debe realizar de manera individual abarcando mayor número de estaciones en un menor tiempo.

El pasante estuvo a cargo del mantenimiento preventivo del radioenlace NEC PASOLINK V4 entre las estaciones de Casabuy en el municipio de Chachagui y la estación de Taminango, donde se instaló una tarjeta de red, con el fin de transportar tráfico Ethernet del Nodo B de 3G; para esto se debió migrar los E1's actuales hacia otros puertos con el fin de obtener disponibilidad y capacidad para el tráfico Ethernet, realizando la labor simultáneamente en las dos puntas del radioenlace en coordinación con personal de la empresa Colombia Móvil.

En el radioenlace de la ciudad de Pasto entre las estaciones de Bachue y Champagnat se preparó tres E1's, habilitándolos por medio de software y físicamente, para migrar el tráfico de la estación Acueducto, con el fin de evitar fallas por obstrucción por parte de una nueva edificación. Se realizó en cada una de las puntas habilitando los E1's y determinando el puerto correspondiente con ayuda del código de colores tributarios del anexo 2.

Se realizó un mantenimiento correctivo en el radioenlace Túquerres - Guachucal, el cual presentaba fallas intermitentes, encontrando que este tenía un nivel bajo en la potencia de recepción debido a desalineación; realizando nuevamente el apuntamiento y cambio la sujeción de la antena que se encontraba en mal estado, además se instaló un brazo auxiliar adicional en la estación de TUQUERRES con el fin de evitar nuevas desalineaciones.

En el municipio de Tumaco la empresa Colombia Movil.SA realizo por medio de contratistas el mantenimiento preventivo a la estación El Morro, los cuales realizaron cambio de riendas en la torre y alineación de la misma, con este mantenimiento la torre sufrió un movimiento considerable que afecto el nivel de los radioenlaces instalados y el apuntamiento de las antenas de 2G y 3G; el pasante junto a un equipo de trabajo fue encomendado de realizar los cambios de Azimut, Tilt Eléctrico y Mecánico e incrementar la potencia de la celda, con el fin de lograr un mayor rango de cobertura y reubicar el apuntamiento; en cuanto a los radioenlaces se debió realizar un apuntamiento fino de cada uno obteniendo el nivel óptimo que estos necesitaban.

El pasante fue encomendado por medio de la empresa TOWERING.SAS a realizar la alimentación de la estación San Diego en la ciudad de Pasto, utilizando una planta eléctrica portátil, dado que la empresa de energía que abastece este sector estaba realizando mantenimiento a su red eléctrica y la estación no cuenta con una planta eléctrica por encontrarse ubicada en la zona alta de una edificación.

En la ciudad de Ipiales se realizó cambios de equipos que presentaban fallas, en dos radioenlaces entre las estaciones Corponariño – Galleras Y Corponariño – Vía Aeropuerto. Reemplazando ODU's averiadas que funcionaban intermitentemente por haber recibido descargas eléctricas. Adicionalmente se realizó el cambio de frecuencias de los dos radioenlaces cumpliendo lo pedido por el ministerio de tecnologías de la información y comunicaciones; ya que las frecuencias que se encontraban en funcionamiento no estaban avaladas por este ente controlador.

A continuación se cita parte del informe presentado al field service del operador móvil.

*De acuerdo a la visita realizada a la estación de corponariño en la ciudad de Ipiales se necesitan los siguientes elementos*

*Para los enlaces a revisar:*

*Enlace corponariño - galleras*

*Frecuencia del enlace: 15GHz*

*Se necesita una ODU NEC Ipasolink 200 de 15GHz, Sub banda: L, Alta para el lado de corponariño*

*Enlace corponariño - vía aeropuerto*

*Frecuencia del enlace: 15GHz*

*Se necesita una ODU NEC NEO de 15GHz, sub banda: L, baja para el lado de corponariño*

*Las ODU'S que se encuentran en estos momentos instaladas en los dos enlaces no corresponden a las que se deben tener instaladas, dichos enlaces se encuentran del lado de corponariño funcionando 1 + 0.<sup>10</sup>*

Se solicitó a la empresa TOWERING.SAS la liberación de espacio en la estación de SAN IGNACIO en la ciudad de Pasto, donde se realizó por medio del grupo en dirección del pasante la instalación de antenas de 2G y 3G dual remplazando con cada una de estas dos antenas single, con el fin de liberar espacio para la instalación de tres sectores de 4G, así como la migración de dos rack de transmisión a uno solo con el fin de utilizar el espacio sobrante para instalar los equipos de control del despliegue de 4G.

Se informó a la empresa por medio de Colombia Movil.SA sobre una pérdida significativa en los niveles de recepción del radioenlace NEC Ipasolink 200 instalado entre las estaciones de Daza y Taminango, para lo cual el pasante tuvo que desplazarse hasta una de las estaciones, determinando que se trataba de una pérdida en la alineación; para ello se desplazó personal a las dos estaciones con el fin de realizar un nuevo apuntamiento, se logró restablecer el nivel pedido por el departamento de ingeniería del operador móvil.

En el departamento de Nariño la empresa TOWERING.SAS realizó el inventario de frecuencias para el operador móvil TIGO; entregando un listado de las mismas al operador móvil entre los radioenlaces inventariados se encuentran: Túquerres - Coba negra, Plazuelas-Bachue, Coba negra-Plazuelas, San Diego-Plazuelas, Daza-Taminango, Imues-Chitarran, Chilvi-El morro, Llorente-Chilvi, Túquerres-Guachucal, Pedregal-Chitarran Y Tumaco-Cerro Canadá, verificando con esto las frecuencias exigidas por el ministerio de tecnologías de la información y las comunicaciones.

---

<sup>10</sup> CORTES, francisco, Informe mantenimiento Ipiales corponariño-galleras y corponariño- vía aeropuerto, Pasto, [s.n] 2013 [s.n].

## **5. PROTOCOLO BASICO INSTALACION RADIOS NEC IPASOLINK (200, 400 Y 1000)**

El pasante por solicitud de la empresa TOWERING.SAS desarrollo una investigación para la presentación de un protocolo de instalación de radioenlaces de la marca NEC, el cual está plasmado como un objetivo más de este proyecto. Para esto se tuvo que realizar investigaciones bibliográficas y trabajos experimentales realizando pruebas durante las instalaciones y aplicando una encuesta a los trabajadores de la empresa TOWERING.SAS.

### **5.1 PRUEBAS EN LAS INSTALACIONES**

Una de las principales pruebas que se había solicitado, estaba orientada al tema de cuantos empleados serían necesarios para cada instalación; teniendo como referencias los tipos y condiciones en los que se debía desarrollar cada trabajo, uno de los primeros listados sobre el número de empleados se desarrolló con ayuda del jefe inmediato del pasante y fue puesto en prueba en los siguientes trabajos, con la información recogida sobre el tiempo empleado y el uso eficiente del tiempo durante la instalación de cada uno de los empleados, se determinó finalmente un listado de trabajadores promedio para cada tipo de trabajo. Además se utilizó a los trabajadores en diferentes etapas del radioenlace, determinando las mejores habilidades del empleado y brindando apoyo en los que este no contaba con la suficiente experiencia.

En cuanto a los métodos de instalación, fueron aplicados dependiendo del tipo de trabajo a desarrollar, así por ejemplo se llegó a la conclusión que si se necesitaba una migración parcial de equipos o con reutilización, era conveniente trabajar en dos equipos diferentes logrando terminar el trabajo con la mayor brevedad posible; en cambio si los trabajos eran instalaciones nuevas o migraciones totales y estos utilizaban equipos de gran volumen y peso era conveniente instalar una estación a la vez.

Se definió algunos aspectos en cuanto a la pérdida de tiempo por causas ajenas al trabajador en determinados trabajos, encontrando que la perdida primordial se debía a factores climáticos y sociales en los sitios de trabajo, por ser este un trabajo que no utiliza un escenario constante.

Con ayuda del pasante se desarrolló herramientas que lograron mejorar y optimizar la instalación de radioenlaces, fue así como surgió la idea de entregar a cada trabajador de campo una dotación suficiente de herramienta y equipos de seguridad con el fin de evitar inconvenientes por falta de algún elemento. Además se realizó una capacitación sobre los informes que se deben presentar para cada instalación, dando a conocer las fotografías necesarias para un correcto registro fotográfico y se entregó un listado de las fotografías con el fin de evitar inconvenientes en cuanto a la falta de alguna de ellas en el momento de realizar dicho informe. En el anexo 3 se puede observar el listado desarrollado por el pasante.

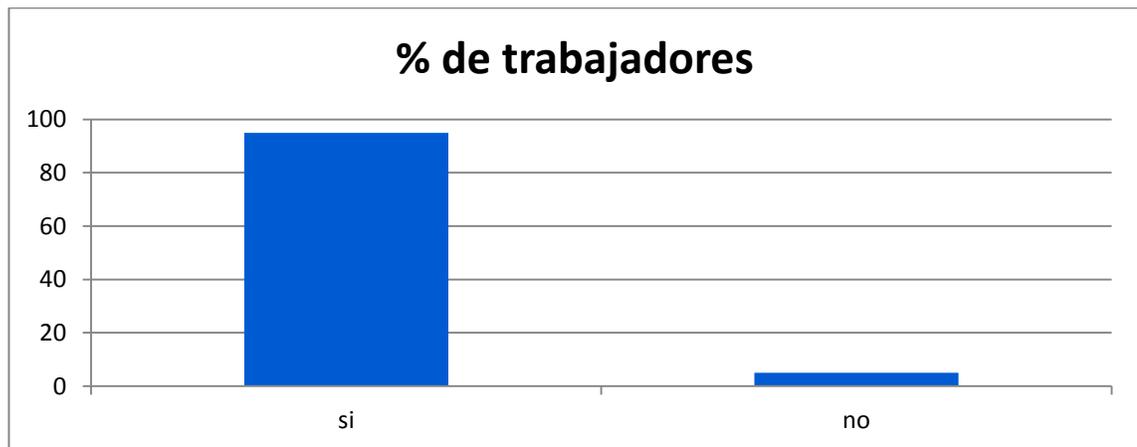
## 5.2 ENCUESTA Y RESULTADOS

Para obtener información verídica y de primera mano se aplicó una encuesta desarrollada por el pasante al personal de TOWERING.SAS que trabaja en campo, con un total de 12 trabajadores encuestados, ya que son los que ejercen las funciones de instalación, con esto se determinó alternativas aprovechables tanto para la empresa como para el desarrollo del protocolo.

Los resultados obtenidos arrojaron una gran cantidad de beneficios. Un análisis detallado se describe a continuación y la encuesta se puede observar en el anexo 4:

Resultados:

Figura 31. ¿Cree que es conveniente trabajar dos cuadrillas en la instalación de un radioenlace, una en cada punta?



Fuente: propia de este trabajo

La gran mayoría de los trabajadores piensan que es mejor realizar un trabajo con dos equipos que manejen cada una de las puntas de un radioenlace, generando así ahorro de tiempo en dicha labor, con este valor la empresa puede definir para que labores se aplicaría el trabajo en dos equipos en el mismo radioenlace teniendo en cuentas las condiciones como: acceso, equipos a trabajar y disponibilidad de personal.

Figura 32. ¿Cuántas personas cree que son necesarias en cada uno de las puntas de instalación de un radioenlace dependiendo de las dimensiones de la antena?



Fuente: propia de este trabajo

Según el análisis realizado en cuanto a la pregunta de la cantidad de trabajadores necesarios dependiendo del tamaño de la antena, se puede concluir un listado base de aplicación en las instalaciones, mejorado y detallado en el protocolo de instalación de radioenlaces teniendo en cuenta la cantidad que los empleados encuestados sugieren.

Figura 33. ¿La herramienta utilizada en la instalación de un radioenlace es la suficiente o necesaria?



Fuente: propia de este trabajo

La gran mayoría de los trabajadores que se desempeñan dentro de la empresa piensan que las herramientas utilizadas no son las necesarias o suficientes para los trabajos, esto es algo que se puede corregir y que puede generar ganancia en cuanto a tiempo de ejecución, con este resultado la empresa vio la necesidad de dotar a cada empleado con herramientas y equipos de seguridad, observando un resultado positivo inmediatamente.

Uno de los principales resultados encontrados con el desarrollo de la encuesta, fue concluir que los factores que mayor retraso causan en las instalaciones son por causas externas al trabajador y a la empresa contratista. En la tabla 6 se puede observar en un orden de mayor a menor las 5 principales causas.

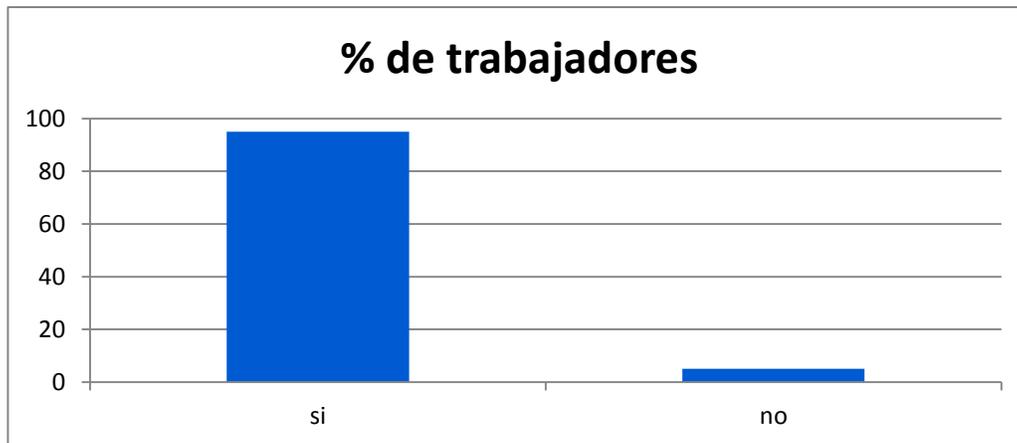
Tabla 7. Causas de retraso en las instalaciones.

1	Factores ambientales
2	Falta de equipos y materiales
3	Falta de herramientas adecuadas para la instalación
4	Fallas en los equipos a instalar
5	inexperiencia del personal

Fuente: propia de este trabajo

De esta manera se pueden determinar causas de pérdidas de tiempo que se debe corregir en una instalación de radioenlace.

Figura 34 ¿En la instalación de radioenlaces, cree usted que se aprovecha el tiempo de buena manera por parte del personal que lo realiza?



Fuente: propia de este trabajo

Según los trabajadores el tiempo es aprovechado de buena manera en la instalación de un radioenlace, es decir el tiempo en el que se puede ejecutar la instalación sin ningún contratiempo se maneja de la mejor manera posible, y si se tiene algún inconveniente por falta de equipos o factores que afecten el desarrollo normal, los instaladores avanzan de la mejor manera posible.

Otro punto importante fue la autoevaluación en cuanto a capacidad y experiencia del trabajador encontrando que se tiene un promedio de 4, entre un rango de 1 a 5 siendo 1 la calificación más baja y 5 la más alta.

Con el informe y análisis realizado para la empresa, se vio la necesidad de resolver los problemas que estaban a su alcance, para dar al trabajador y a la instalación la mejor comodidad y calidad posible, llevando a la empresa a un nivel de prestigio superior en la región.

### 5.3 PROTOCOLO

Con el diseño y la creación de un protocolo de instalación se brindó al personal de la empresa una guía básica de los pasos que se pueden seguir al momento de realizar una instalación, principalmente a personal nuevo y con poca experiencia en este campo; en cuanto al trabajo se busca tener un ahorro significativo de tiempo evitando sobrecarga de trabajo sobre algunos empleados y falta de actividades para otros. Con el fin de mitigar estos problemas se planteó una investigación para definir aspectos importantes como el número de empleados, las

herramientas y el material necesario para cada instalación, logrando datos reales basados en la experiencia del trabajador.

Se dividió el protocolo en partes con el fin de hacer de este un trabajo entendible para cada operario que forma parte de la empresa. A continuación se detallan las partes que este contiene:

- Elementos de un radioenlace: en este se detallan tres partes importantes: los equipos, involucrando IDU, ODU, HIBRIDO y detallando la función que este cumple dentro del radioenlace; una segunda parte es el cableado necesario para protección, alimentación y comunicación entre los equipos; terminando la descripción con los materiales consumibles como: amarras plásticas, cintas de diferentes tipos y conectores.
- Preinstalación y transporte de los equipos: es aquí donde se detalla los primeros pasos a seguir una vez el grupo de trabajo empiece con la instalación, realizando una revisión visual del estado de cada una de las partes del radioenlace, como también la comparación de cada parte con el serial respectivo de la orden entregada; se describe la configuración inicial que se puede realizar en algunos trabajos antes de ser llevados al sitio; en cuanto al transportes se detalla los tipos y cuidados que se deben tener en cada uno brindando siempre protección al radioenlace.
- Instalación antena y equipos externos: en este paso se describe la cantidad de personal necesario para el ensamble y el montaje de la antena dependiendo del tamaño, así como también el tipo de configuración en las poleas para cada una y las funciones que debe cumplir cada trabajador en este paso, se describe el número de brazos auxiliares dependiendo de la zona y el tamaño de la antena; se detalla las formas de instalación de las ODU's y los diferentes tipos de conexión con el Hibrido y la antena.
- Instalación de equipos internos: se describe la forma correcta de la instalación de la IDU y regletas de E1's, así como la alimentación del radioenlace en el PDB y en la IDU.
- Protección del radioenlace: se explica y argumenta el porqué de los encintados en las partes expuestas a fenómenos climáticos; la forma y las funciones de las puestas a tierra de cada uno de los equipos y la protección que se debe llevar a cabo al momento de remplazar una tarjeta o componente electrónico del radioenlace.
- Apuntamiento y marquillado: es una parte importante del radioenlace ya que con esta se finaliza el trabajo de campo, describiendo como se debe realizar un apuntamiento o alineación adecuada; se describe dónde y porque debe marcarse

las partes importantes del radioenlace así como también el registro fotográfico que se debe sustentar ante el operador móvil.

## 6. CONCLUSIONES

- El área de transmisión de los operadores de telefonía móvil, es un campo de despliegue tecnológico y por tanto una de las áreas de la telefonía móvil donde se puede aplicar la ingeniería electrónica, haciendo énfasis en las telecomunicaciones.
- La instalación de radioenlaces facilita el conocimiento práctico de las telecomunicaciones, brindando mayores conocimientos y fortaleciendo la parte teórica de estos sistemas.
- Uno de los principales riesgos durante el trabajo de instalación y mantenimiento de equipos de radioenlaces, es la responsabilidad con la que estos se tienen que afrontar, porque es un trabajo denominado de alto riesgo y los empleados deben contar con la suficiente capacitación.
- La aplicación de herramientas tecnológicas tanto como software y hardware utilizados de una buena manera, permite lograr una mayor calidad dentro de los trabajos desempeñados para las telecomunicaciones.
- El trato con equipos de nuevas y pasadas tecnologías permite descubrir como las telecomunicaciones han avanzado y lo siguen haciendo diariamente, logrando una mayor facilidad de comunicaciones para la humanidad.
- El diseño y la aplicación del protocolo básico de instalación de radioenlaces, logro avances significativos en cuanto a la calidad del servicio prestado, y a la adquisición de nuevos conocimientos de cada uno de los integrantes de la empresa.
- El diseño, la instalación, la gestión y el mantenimiento de radioenlaces, hacen que los trabajadores fortalezcan sus conocimientos tecnológicos sobre este tema diariamente, con el apoyo continuo del personal experimentado de cada una de las áreas.
- El desarrollo de la pasantía en la empresa TOWERING.SAS, brinda la oportunidad de aplicar y mejorar los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería electrónica, adquiriendo una práctica necesaria en esta labor.

- Las telecomunicaciones en Colombia y en especial en el área de telefonía celular necesitan cumplir ciertas condiciones expuestas por el ministerio que las controla. Ya que si no existiese un órgano regulador, cada uno de los prestadores de servicio implantaría a su conveniencia sus redes de telefonía, generando con ello incompatibilidades en el servicio.
- Con la aplicación de este proyecto se apoyó a que la empresa TOWERING.SAS, lograra satisfacer las condiciones que los operadores móviles y las empresas involucradas con las labores desarrolladas debían cumplir.
- La dirección y el cumplimiento que tuvo bajo su cargo el pasante, logro desarrollar una capacidad de líder, con el fin de lograr los objetivos personales y empresariales en el desarrollo de cada trabajo individual y en equipo.
- El desarrollo laboral diario con los equipos de telecomunicaciones brindan al pasante y al trabajador en general, conocimientos teóricos y prácticos que enriquecen su experiencia en dicha labor.

## RECOMENDACIONES

Ampliar el estudio realizado en cuanto al protocolo de instalación de radioenlaces, con un protocolo de configuración para fortalecer los conocimientos dentro del equipo de trabajo de la empresa TOWERING.SAS.

Ejecutar mayor número de trabajos de grado en la modalidad pasantía dentro de la Universidad de Nariño, especialmente en el área de las telecomunicaciones, dado que es una de las áreas donde mayor oferta laboral se puede encontrar.

Ampliar el estudio teórico en cuanto a telecomunicaciones dentro del plan de estudios de ingeniería electrónica en la Universidad de Nariño, logrando que sus egresados tengan una mayor capacidad laboral en dicha área.

Realizar mayor número de convenios entre empresas privadas y la Universidad de Nariño, con el propósito de que sus egresados tengan mayores oportunidades laborales al finalizar la etapa de aprendizaje dentro de la universidad.

Implementar dentro del plan de estudios del programa de ingeniería electrónica, mayor cantidad experimental y práctica en cuanto al área de comunicaciones que este programa maneja.

## BIBLIOGRAFIA.

COLOMBIA, MINISTERIO DE INFORMACION DE LAS TECNOLOGIAS Y LA COMUNICACIÓN. Ley 1341 de 2009 Espectro: El ministerio. 2009.

COLOMBIA, MINISTERIO DE TRABAJO. Resolución 1409: El ministerio. 2012.

CALVOPIÑA, WILLIAM, sistemas de segunda generación radiocomunicaciones espaciales

FERNANDEZ SALMERON, Víctor M, Ejemplo de diseño e implementación de una estación base GSM/UMTS, Gandía 2010.

GARCIA, Javier, MORALES, Gregorio. Instalaciones de radiocomunicaciones. 1ed. Madrid: Paraninfo, 2012, 36p

JOSKOWICS, José. Breve historia de las telecomunicaciones, Montevideo agosto 2008

NEC, Ipasolink 2013 [en línea]

<[http://www.nec.com/en/global/prod/nw/pasolink/products/ipaso.html? >](http://www.nec.com/en/global/prod/nw/pasolink/products/ipaso.html?).

[Citado 10 julio 2013].

RAMOS, Francisco. Comprobación de vista directa. [en línea]

<<http://www.radioenlaces.es/articulos/comprobacion-de-vision-directa/#more-5>>

[citado 20 julio 2013].

RENDON GALLON, Álvaro. Sistemas de Conmutación, telefonía móvil.

Universidad del Cauca. Popayán, 2013.

RODRIGUEZ PALMA, Miguel Ángel et al. Telecomunicaciones Móviles. Marcombo SA. Barcelona, 1998.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, ingeniería en telecomunicaciones.

Antenas polarización vertical. [En línea].

<[http://www.slideshare.net/andresguzmanforero/antenas-polarizacion-vertical#btnNext >](http://www.slideshare.net/andresguzmanforero/antenas-polarizacion-vertical#btnNext).

[Citado 22 agosto de 2013].

Theodore, Rappaport. Wireless communications principles and practice. 2da edición.

PORTILLA BRAVO, Luis Daniel. Apoyo en la gestión, mantenimiento y supervisión de los equipos del área de transmisión distrito Nariño de Colombia telecomunicaciones sa. Con sede en telecom pasto. San Juan de pasto, 2007.

# **ANEXOS**

	
<b>REPORTE SITE SURVEY</b>	
<b>PROYECTO COLOMBIA MÓVIL (TIGO)</b>	
<b>ESTACIÓN LOCAL:</b>	PAS0007 BACHUE
<b>ESTACIÓN REMOTA:</b>	PAS0002 PALERMO
<b>FECHA:</b>	23-may-13

	
Realizado por: <u>FRANCISCO CORTES</u>	Revisado por: _____
Cargo: <u>Contratista</u>	Cargo: _____
Fecha: _____	Fecha: _____
Firma: _____	Firma: _____
	
Aprobado por: _____	Aprobado por: _____
Cargo: _____	Cargo: _____
Fecha: _____	Fecha: _____
Firma: _____	Firma: _____



REPORTE SITE SURVEY  
INFORMACIÓN GENERAL DE SITIO



Versión: 0.01

Fecha: 00/00/2011

INFORMACIÓN DEL SITIO

Nombre Estación:	PAG0007 (BACRUE)	Regional:	Secundaria	Latitud (WGS-84):	17°12'28.9"N
Dirección:	Calle 7 No 23 D-85			Longitud (WGS-84):	77°17'17.0"W
Departamento:	Nariño			Altitud (metros):	3594
Municipio:	Pasto				

Nombre Contacto:	Rodrigo Tunal	Teléfono Contacto:	3006602600
------------------	---------------	--------------------	------------

Autorización para Ingreso:	<input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No	A quien se solicita:	Rodrigo Tunal
		Número contacto:	3006602600

Observaciones:

Ubicación:	Ciudad <input checked="" type="checkbox"/>	Zona Urbana <input checked="" type="checkbox"/>	Zona Rural <input type="checkbox"/>
	Municipio <input type="checkbox"/>	Zona Urbana <input type="checkbox"/>	Zona Rural <input type="checkbox"/>
	Cerro <input type="checkbox"/>	Fácil acceso <input type="checkbox"/>	Difícil acceso <input type="checkbox"/>

Acceso a la estación: ZONA URBANA, CIUDAD DE PASTO

INFORMACIÓN DEL EQUIPO

Estación Nueva	<input type="checkbox"/>	Estación existente - T100	<input checked="" type="checkbox"/>	Estación existente - Corbis	<input type="checkbox"/>
Instalación Nueva	<input type="checkbox"/>	Desmontaje	<input type="checkbox"/>	Compu	<input type="checkbox"/>
Reinstalación	<input type="checkbox"/>	Migración	<input checked="" type="checkbox"/>	Actualizar	<input type="checkbox"/>

INFORMACIÓN DE LA TORRE

Tipo de Torre	Cuadrada	Altura de la Torre	35 m
---------------	----------	--------------------	------

LISTA DE ESTACIONES DE ANTENAS INDIVIDUALES

Modelo	Marca	Diámetro (m)	Polarización	Tipo de soporte	Altimet (°)	Dirección	Altura (m)	Estado
Parabólica Sólida	HDC	0,3	V	Mástil	SIN MARQUILLA	SIN MARQUILLA	25	ACTIVA
Parabólica Sólida	STRATO	0,6	V	Mástil	SIN MARQUILLA	SIN MARQUILLA	23	ACTIVA
Parabólica Sólida	HDC	0,3	V	Mástil	SIN MARQUILLA	LA COLINA	30	ACTIVA
Parabólica Sólida	HDC	0,6	V	Mástil	90°	CHAMPAGNAT	19	ACTIVA
Parabólica Sólida	HDC	0,6	V	Mástil	8,2°	PALETRAO	23	ACTIVA
Parabólica Sólida	HUAWI	0,4	V	Mástil	SIN MARQUILLA	SIN MARQUILLA	21	ACTIVA
Parabólica Sólida	HUAWI	0,3	V	Mástil	SIN MARQUILLA	PLAZUELAS	19	ACTIVA
Parabólica Sólida	RADWIN	0,4	V	Mástil	SIN MARQUILLA	TIENDA TIGO	17	ACTIVA
Parabólica Sólida	RFC	0,3	V	Mástil	302°	GUALCALOMA	25	ACTIVA
CILADRADA	RADWIN	0,3	V	Mástil	330°	METAYO	18	ACTIVA
Parabólica Sólida	RFC	0,6	V	Mástil	SIN MARQUILLA	SIN MARQUILLA	25	ACTIVA

INFORMACIÓN DE LOS EQUIPOS

Equipo	Tipo de equipo	Estaca	Marca	Frecuencia Tx/Rx	Consumo w	Estado
Rack 1	HUAWI	PLAZUELAS	HUAWI	7762,53/8073,15	-48	No
Rack 1	HDC V6	MIRAFLORES	HDC	SIN MARQUILLA	-48	No
Rack 1	HDC HDO	LA COLINA	HDC	SIN MARQUILLA	-48	No
Rack 1	HDC V6	LA MINCA	HDC	SIN MARQUILLA	-48	No
Rack 1	HDC HDO	PALETRAO	HDC	SIN MARQUILLA	-48	No
Rack 1	HDC HDO	CHAMPAGNAT	HDC	SIN MARQUILLA	-48	No
Rack 1	HUAWI	PAG0010	HUAWI	SIN MARQUILLA	-48	No
Rack 1	HDC V6	GUALCALOMA	HDC	7710/18730	-48	No
Rack 1	RADWIN	METAYO	RADWIN	5000	-48	No



REPORTE SITE SURVEY  
INFORMACIÓN ESPECÍFICA DE SITIO



Versión: 0.0

Fecha: 00/00/2011

PUNTO A (LOCAL): BACHUE

PUNTO B (REMOTO): PALERMO

SALÓN DE EQUIPOS PUNTO A

Hay Salón de Equipos	SI <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	Hay planos del salón de equipos	SI <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>
Hay lugar para ubicar los equipos	SI <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Hay disponibilidad de Tomas eléctricas AC	SI <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Cual? <u>RACK DE TRANSMISION 1</u>			Hay disponibilidad de Tomas eléctricas DC	SI <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Hay Rectificador	SI <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Hay Humedad	SI <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>
Existe Barraje de Tierra	SI <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Hay Transferencia Automática	SI <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Existe Planta eléctrica	SI <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Voltajes		
			F-N	<u>121</u>	V
			F-T	<u>121</u>	V
			N-T	<u>0.5</u>	V

INFRAESTRUCTURA EXISTENTE PUNTO A

Existe Bufrón entre el salón y la azotea	SI <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	Existe capacidad disponible en el bufrón?	SI <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Existe Ductería entre el salón y la azotea	SI <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	Existe capacidad disponible en la ductería?	SI <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>
Hay que colocar Ductería para el tendido del cable	SI <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>	Hay que realizar pesamuros	SI <input type="checkbox"/>	No <input checked="" type="checkbox"/>
Pesamuros que se puedan utilizar para el tendido del cable	SI <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Que tipo de ductería se puede instalar	<u>N.A.</u>	
Hay Torre o Mástil	SI <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Indicar la altura de la Torre o mástil existente en metros	<u>35 METROS</u>	
Existe Pararrayos	SI <input checked="" type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	Si es torre, indicar si está en recta o presente ángulo	<u>CUADRADA AUTO</u>	
Indicar el diámetro del mástil o dimensiones de la torre	<u>Torre 35 metros de altura</u>		Angulo de cuento?		
A que altura de la torre o mástil se instalará la antena?	<u>29 m</u>		Que tipo de herraje o soporte se utilizará para la antena?	<u>Mástil tipo bandera de anclaje a arête sencilla de la torre.</u>	

De que forma se sube a la azotea o a la ubicación de la antena:

Escalera de la Torre

---



---

OBRAS CIVILES PUNTO A

Si, no hay torre o mástil cual de los dos se requiere?	<u></u>	Cual es la altura de la torre o mástil a instalar?	<u></u>
Si es necesario instalar mástil de que tipo es?	<u></u>	Si es necesario instalar mástil de que tipo de anclaje se requiere?	<u>N.A.</u>

Indique distancia entre Torre o mástil y el salón de equipos (m) (Teniendo en cuenta el recorrido del cable)

Altura mástil 29 m

Distancia mástil escalera 10 m

Distancia escalera (punto inicial de la torre) hasta el equipo 18 m

Total 50 mts.

Que permisos se deben tramitar para instalar la antena

COLOMBIA MOVI

---



---

Tiene algún Costo: SI  No  Desconocido

Grupo de breakers													
Nombre de la estación: Bachue													
Posición	Grupo Rack #1						Posición	Grupo Rack #2					
	Equipo	ON/OFF	Amperaje	Estado				Equipo	ON/OFF	Amperaje			Estado
1		ON	6	LIBRE		1		ON	6		LIBRE		
2		OFF	6	UTILIZADO		2		ON	6		LIBRE		
3		ON	6	LIBRE		3		ON	6		LIBRE		
4		OFF	6	UTILIZADO		4		OFF	6		UTILIZADO		
5		OFF	6	UTILIZADO		5		OFF	6		UTILIZADO		
6		ON	6	LIBRE		6		ON	6		LIBRE		
7		OFF	6	UTILIZADO		7		OFF	6		UTILIZADO		
8		OFF	6	UTILIZADO		8		OFF	6		UTILIZADO		
9		OFF	6	UTILIZADO		9		OFF	6		UTILIZADO		
10		OFF	6	UTILIZADO		10		OFF	6		UTILIZADO		
11		OFF	6	UTILIZADO		11		ON	6		LIBRE		
12		OFF	6	UTILIZADO		12		OFF	6		UTILIZADO		
13		ON	6	LIBRE		13		OFF	6		UTILIZADO		
14		ON	6	LIBRE		14		OFF	6		UTILIZADO		
15		ON	6	LIBRE		15		ON	6		LIBRE		
16		OFF	6	UTILIZADO		16		OFF	6		UTILIZADO		
17		ON	6	LIBRE		17		ON	6		LIBRE		
18													
19													
20													

Nota:

NOMENCLATURA	
ON/OFF	Estado
ON	Libre
OFF	Utilizado
N/A	Reservado
---	Dañado
---	---

Nota 1: en caso de no existir PDB doble (Main / Standby) favor llenar solo una de las columnas (PDB simple).



**REPORTE FOTOGRÁFICO ESTACIÓN PAS0007 BACHUE**

\* Base de la torre indicando el estado de elongación de pernar y cable de tierra



\* Panorámica de la torre con la ubicación de antenas, desde diferentes ángulos, si es dermantaje a reubicación indicar antena(x)



\* Fotos de colorillar vertical y horizontal

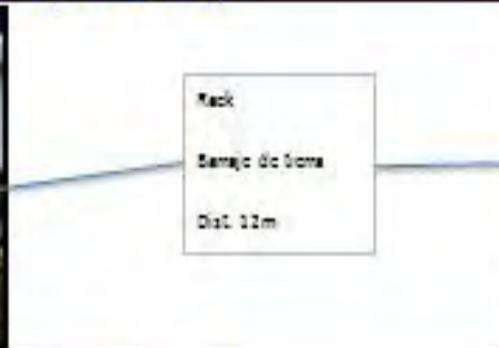


\* Fotos de toma de tierra en la torre (platinar a burbar) indicando su altura y paricionar libror. N/A.

<p>na: 30m posiciona a</p>			<p>Altura: 0 m 7 posiciona libror.</p>
------------------------------------	--	--	--

\* Fotos para murar indicando paricionar libror

**\* Conexión de rack / bartidar a barra de tierra (indicar distancia)**

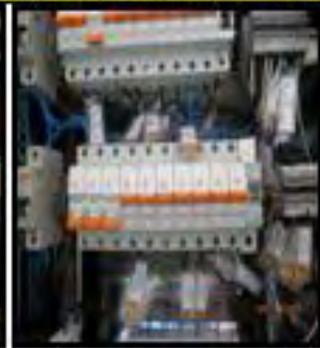


**\* Foto del power que alimenta el PDB, si hay más de una, incluir todas**

Tablero transformador



**\* Foto general del PDB instalada, etiquetada en la foto el nombre con el que se va a referenciar en las diferentes tablas en caso de variar PDB**



**\* PDB abierta: etiquetar en la foto parte A y B (doble), si es simple indicar igualmente**

Disponibilidad 24 Horas



**\* PDB cerrada (doble o simple) y su etiqueta respecta a la tabla**

\* PDB abierta: etiquetar en la foto parte A y B (doble), si es simple indicar igualmente

Disponibilidad 34  
Breaker



\* PDB cerrada (doble o simple) y su etiqueta respecta a la tabla

\* Foto del cuarto en general que permita ver ubicación de equipar y espacio libre para rack, PDB, equipar en general, espacio en escaleras



\* Foto del power (rectificador), si van varios indicar igualmente según tabla de hoja Energía



\* Foto DDF/DDM/roquetar en general o indicando parible partición en cara de donde quear STM-1/E1/Ethernet-FE-GbE

\* Foto coordenar GPS



\* Foto paramurar indicando pariciones libres



\* Foto carota, zócalo a terraza o qún, zó a la ortación



\* Ubicación de rack de equipar de TX en salón de equipar (foto qoneral del cuarto de TX)

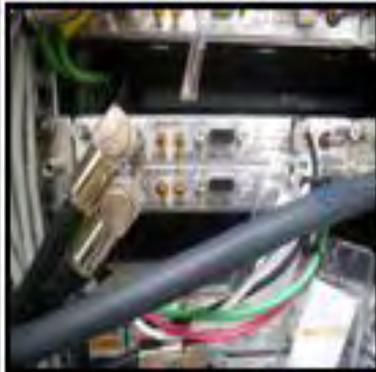
\* Ubicación del equipar (nueva, darrantar, reubicar) en rack



brilco actual  
BACHUE NEO NEO



\* Recorrido de cableada de fuerza / alimentación (indicar distanciar)



disponibles 14  
brackets  
conexión actual



## LÍNEA DE VISTA ESTACIÓN BACHUE

\* Foto en la dirección (acimut) del enlace, independiente de la distancia del mirra

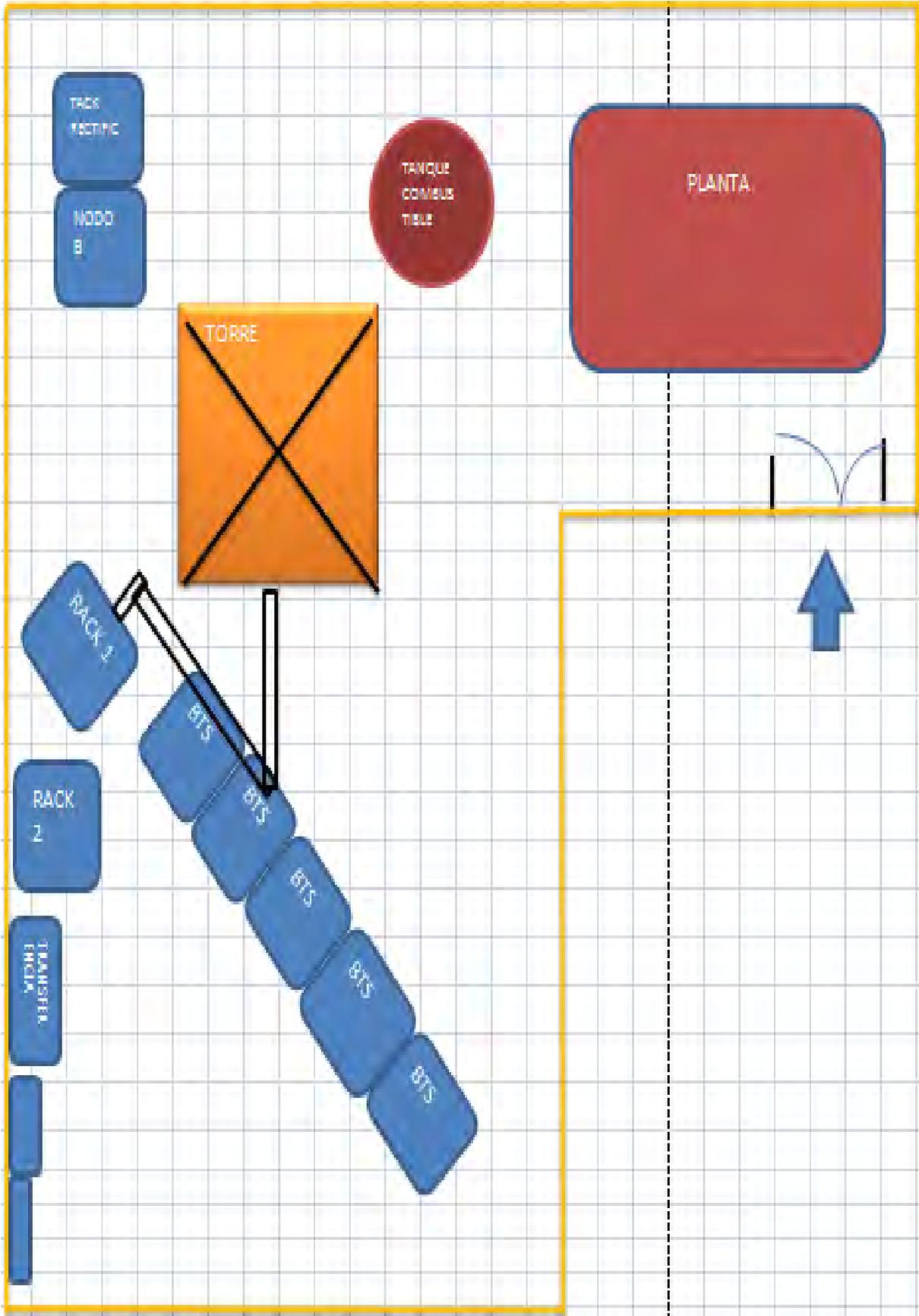


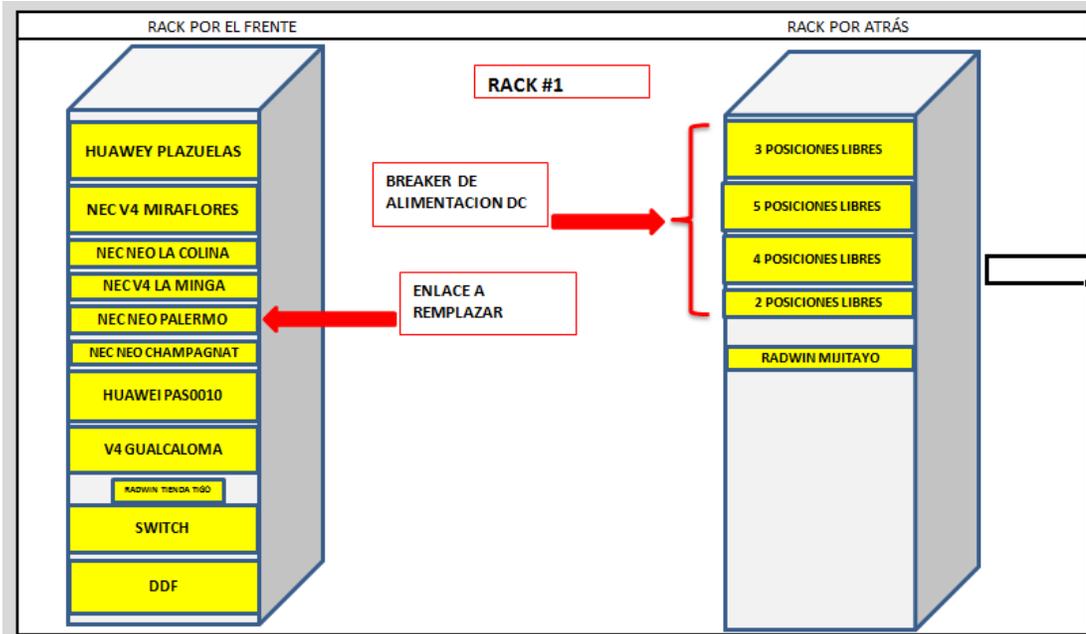
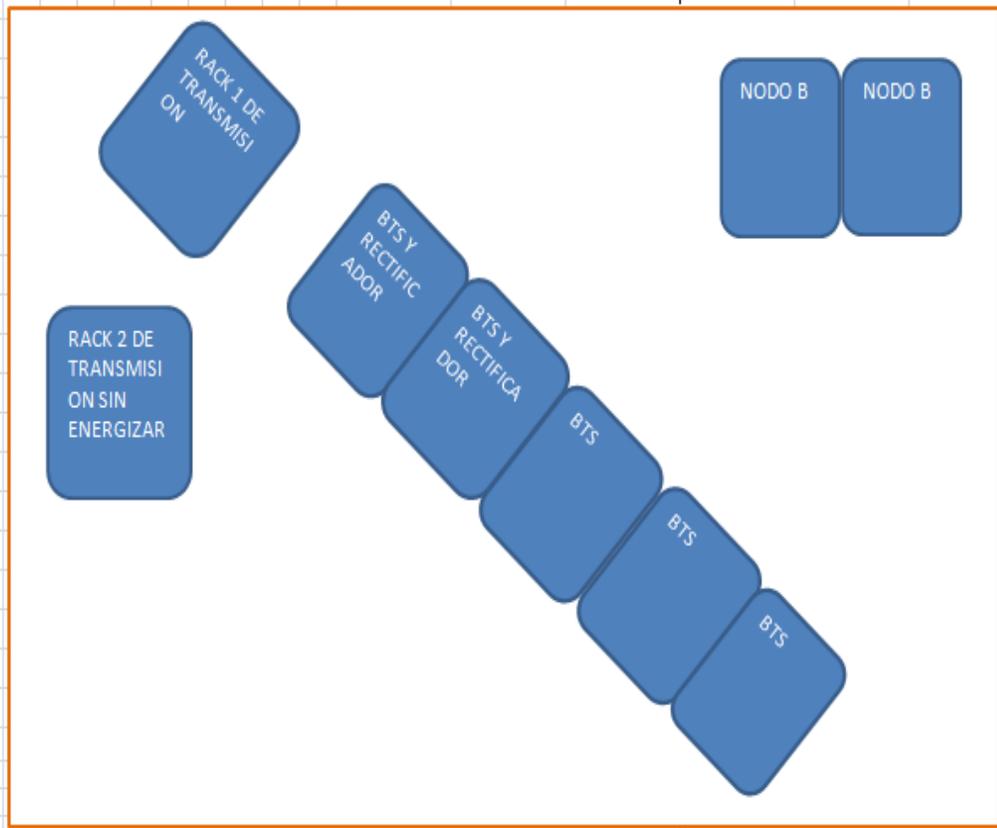
\* Foto de posición abtácular en la dirección (acimut) del enlace

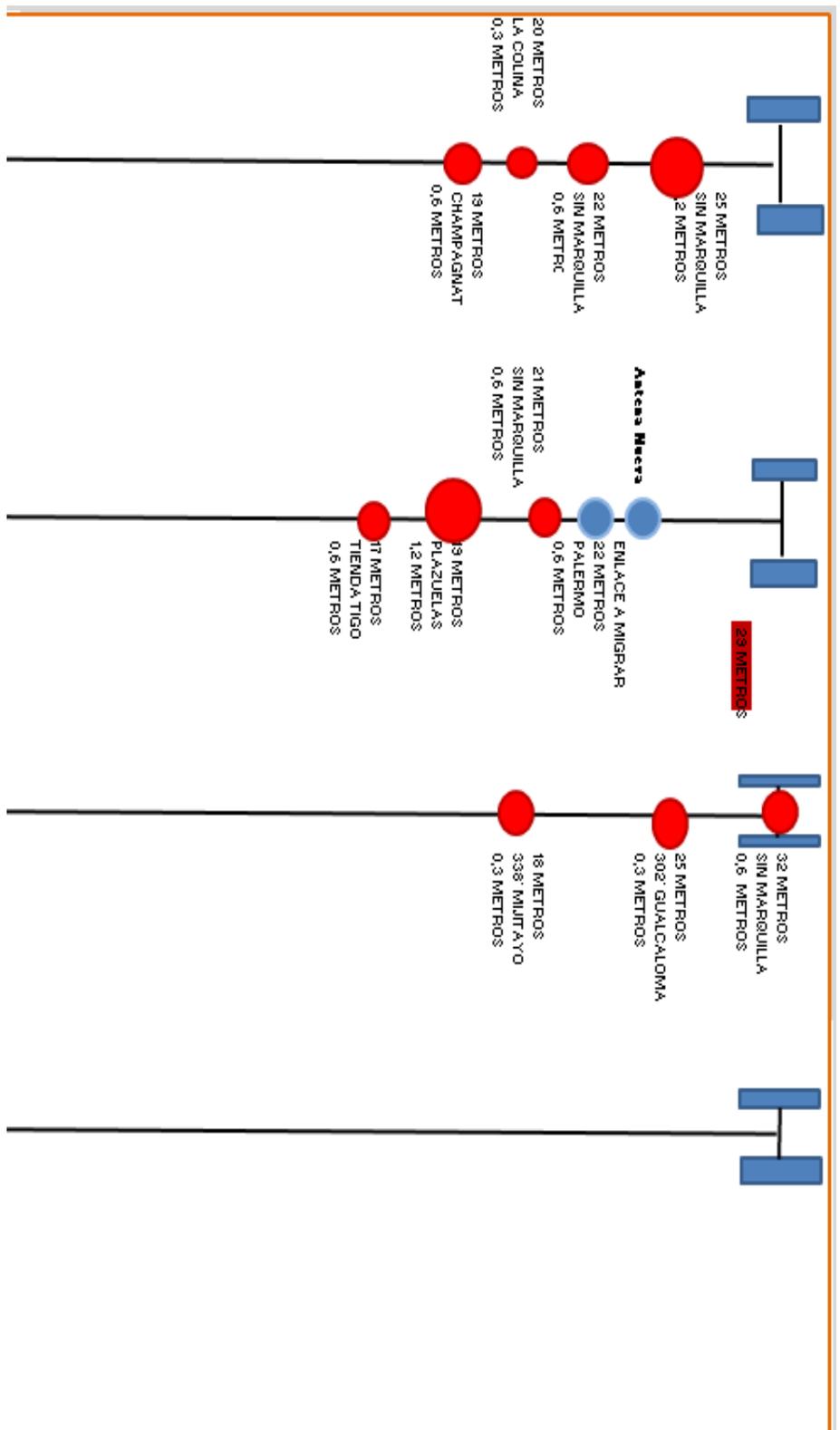
Na hay

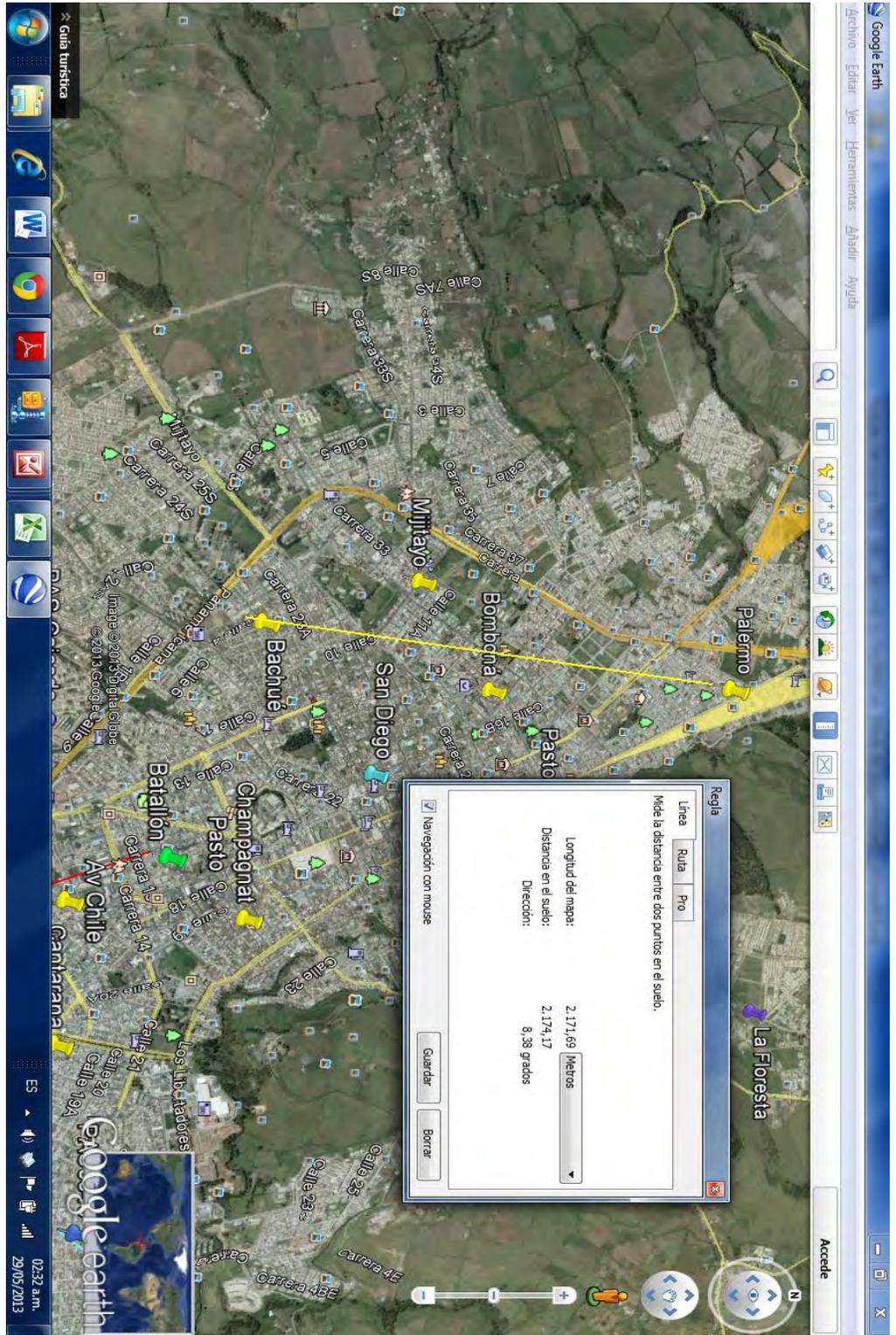
\* Panorámica de la torre con la ubicación de la antena en la dirección (acimut) del enlace











**Anexo 2. Código de colores tributario NEC.**

TRIBUTARIO IPASOLINK				TRIBUTARIO NEO Y V4			
E1		PAR	COLOR	E1		COLOR Y PINTA	POSCICION EN RJ 45
16	RX	17	VERDE	8	RX	AZUL 4	1
		17	AMARILLO			AZUL 4	2
	TX	18	VERDE		TX	VERDE 2	4
		18	ROJO			VERDE 2	5
15	RX	19	VERDE	7	RX	ROSA 2	1
		19	CAFÉ			ROSA 2	2
	TX	20	VERDE		TX	GRIZ 3	4
		20	NARANJA			GRIZ 3	5
14	RX	21	VERDE	6	RX	AZUL 2	1
		21	MORADO			AZUL 2	2
	TX	22	AZUL		TX	NARANJA3	4
		22	AMARILLO			NARANJA3	5
13	RX	23	AZUL	5	RX	VERDE 3	1
		23	ROJO			VERDE 3	2
	TX	24	AZUL		TX	GRIZ 1	4
		24	CAFÉ			GRIZ 1	5
12	RX	25	AZUL	4	RX	NARANJA 1	1
		25	NARANJA			NARANJA 1	2
	TX	26	AZUL		TX	ROSA 3	4
		26	MORADO			ROSA 3	5
11	RX	27	AMARILLO	3	RX	AZUL 3	1
		27	ROJO			AZUL 3	2
	TX	28	AMARILLO		TX	VERDE 1	4
		28	CAFÉ			VERDE 1	5
10	RX	29	AMARILLO	2	RX	ROSA 1	1
		29	NARANJA			ROSA 1	2
	TX	30	AMARILLO		TX	GRIZ 2	4
		30	MORADO			GRIZ 2	5
9	RX	31	ROJO	1	RX	AZ 1/R	1
		31	CAFÉ			AZ 1/N	2
	TX	32	ROJO		TX	NAR 2/R	4
		32	NARANJA			NAR 2/N	5
8	RX	1	NEGRO				
		1	BLANCO				
	TX	2	NEGRO				
		2	VERDE				
7	RX	3	NEGRO				
		3	AZUL				
	TX	4	NEGRO				
		4	AMARILLO				
6	RX	5	NEGRO				

		5	ROJO
	TX	6	NEGRO
		6	CAFÉ
5	RX	7	NEGRO
		7	NARANJA
	TX	8	NEGRO
		8	MORADO
4	RX	9	BLANCO
		9	VERDE
	TX	10	BLANCO
		10	AZUL
3	RX	11	BLANCO
		11	AMARILLO
	TX	12	BLANCO
		12	ROJO
2	RX	13	BLANCO
		13	CAFÉ
	TX	14	BLANCO
		14	NARANJA
1	RX	15	BLANCO
		15	MORADO
	TX	16	VERDE
		16	AZUL

**NEC V4**

COLOR	# PINTAS	POSICIONES
NARANJA	2	1-8
AZUL	1	
GRIS	2	2-7
ROSADO	1	
AZUL	3	3-6
VERDE	1	
ROSADO	3	4-5
NARANJA	1	

VERDE	3	5-4
GRIS	1	
NARANJA	3	6-3
AZUL	2	
GRIS	3	7-2
ROSADO	2	
AZUL	4	8-1
VERDE	2	

Anexo 3. Listado de fotografías radioenlace.

fotografía	Numero de tomas
Línea de vista	2
Bases de la torre	1 por base
Vista posterior de la antena	2
Distribución de las ODU'S	3
Serial y código interno de la antena	2
Marquilla de datos en la antena	3
Vista desde las aristas de la torre	1 por arista
Brazo superior del soporte	1
Brazo inferior del soporte	1
Herraje de la antena	3
Panorámica de la antena en el soporte	2
Brazo auxiliar en la torre	2
Brazo auxiliar en la antena	2
Panorámica brazo auxiliar	2
Panorámica instalación de ODU	2 por ODU
Marquilla cable IF MAIN en ODU	3
Marquilla cable IF STANDBY en ODU	3
Serial hibrido	4
Serial ODU MAIN y STANDBY	4 por ODU
Conexión tierra ODUS	2 por ODU
Conexión tierra a barraje o bajante	2 por conexión
Recorrido del cable de tierra	4
Marquillas de tierra en ODU y barraje	2 por marquilla
Panorámica conectores encintados	3
Conector encintado con marquilla	2
Recorrido del cable IF por la antena	2
Recorrido del cable IF por la torre	2
Recorrido cable IF por la escalerilla	4
Recorrido cable IF por la horizontal	4
Pasa muro externa cuarto o rack	2
Pasa muro interna cuarto o rack	2
Recorrido IF por cuarto o rack	6
Conectores en IDU con marquilla	4

Panorámica cuarto o rack	3
Rack con IDU instalada	2
Frontal de IDU con marquillas	4
Posterior IDU	2
Lado derecho IDU	2
Lado izquierdo IDU	2
Marquilla con datos en IDU	3
Serial IDU	2
Barraje tierra	3
Barraje principal de tierra	1
Conexión fuentes de energía IDU y marquillas	2
Recorrido cable energía por el rack	4
Cable de energía en el PDB	2
Panorámica del PDB con marquillas	3
Conexión energía MAIN y STANDBY con marquillas	3 por breaker
PDB con marquilla	2
Conexión tierra IDU con marquilla	3 por conexión
Conexión a tierra IDU en el barraje marquilla	3
Cruzadas realizadas	3
Rectificador de energía que alimenta PDB	1
Rectificador y breaker que alimenta PDB	1
PDB cerrado	1
Panorámica del rectificador	1



8. En la instalación de radioenlaces cree usted que se aprovecha el tiempo de buena manera por parte del personal que lo realiza.

Si \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

Anexo 5. Protocolo de instalación.

PROTOCOLO BASICO INSTALACION RADIOS NEC IPASOLINK  
(200, 400 Y 1000)

EMPRESA TOWERING.SAS

FRANCISCO JAVIER CORTES JARAMILLO

SAN JUAN DE PASTO

JULIO DE 2013

## INTRODUCCION.

El documento es una guía básica, la cual pueden seguir los técnicos, tecnólogos e ingenieros de campo en el momento de realizar una instalación de un enlace de microondas con equipos de la marca NEC en sus modelos actuales IPASOLINK. En ningún instante este documento reemplaza los cursos y capacitaciones que la empresa mencionada puede brindar a los instaladores.

## TABLA DE CONTENIDO

1. Elementos de un radioenlace NEC IPASOLINK
  - 1.1 Equipos
  - 1.2 Cableado y protección
  - 1.3 Materiales consumibles
2. Preinstalación y transporte de los equipos
  - 2.1 Revisión visual
  - 2.2 Configuración inicial
  - 2.3 Transporte de los equipos
3. instalación antena y equipos externos
  - 3.1 Ensamble e instalación de antena
  - 3.2 Montaje ODU'S
  - 3.3 Conexión ODU'S con antena e hibrido
  - 3.4 Montaje y conexión cable IF
4. Instalación de equipos internos
  - 4.1 Instalación IDU y regletas e1's
  - 4.2 Conectores cable IF
  - 4.3 Energizar la IDU
5. Protección del radioenlace
  - 5.1 Encintados y protección contra humedad
  - 5.2 Puestas a tierra de los equipos
  - 5.3 Otras protecciones
6. Apuntamiento y marquillado
  - 6.1 Apuntamiento del radioenlace
  - 6.2 Marquillado y registro fotográfico
7. Recomendaciones

## 1. Elementos de un radioenlace.

Una instalación de este tipo tiene consigo numerosos elementos los cuales deben ser reconocidos por los encargados de la instalación, ya que la falta de uno de ellos puede ocasionar retrasos y pérdidas económicas elevadas.

### 1.1 Equipos

Estos dependen del tipo de radioenlace el cual va a ser instalado, es por eso que la empresa de telecomunicaciones contratista, para este caso la marca NEC debe enviar con anticipación el documento denominado ingeniería, el cual es la conclusión tomada del estudio de sitio realizado en cada una de las puntas del radioenlace.

Dentro de los principales elementos tenemos:

- **IDU**

Unidad interior, encargada del control del radioenlace, en ella el operario puede configurar los diferentes servicios y características del radioenlace.

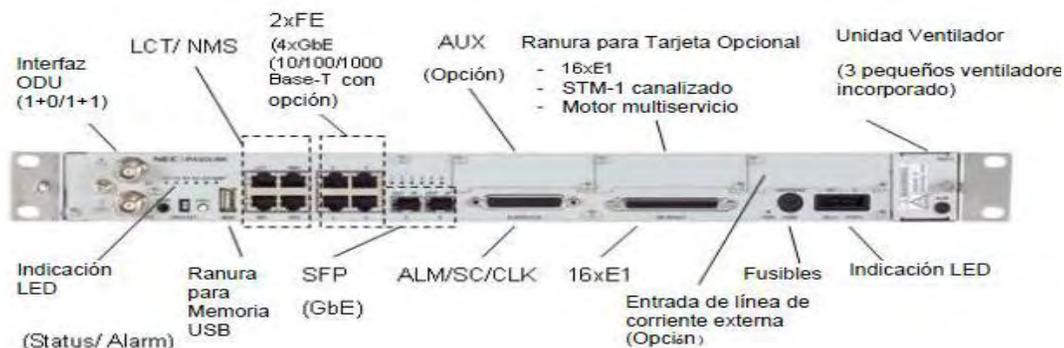


Figura 1. IDU IPASOLINK con sus puertos. Fuente: IPASOLINK200 Quick Reference Manual



Figura2. IDU instalada y maquillada. Fuente: propia de este trabajo

- **ODU**

Unidad exterior, encargada de la etapa de potencia y filtro del ancho de banda para el cual está diseñado el radioenlace, la forma es por lo general la misma para todas las series IPASOLINK y cambia la ubicación del terminal para el cable IF, dependiendo de las frecuencias para las que se diseñó, teniendo el conector por la parte lateral para frecuencias de 6 a 11 GHz y por la parte trasera para frecuencias mayores, este con el fin de brindar al usuario una mayor facilidad debido a la forma de instalación.

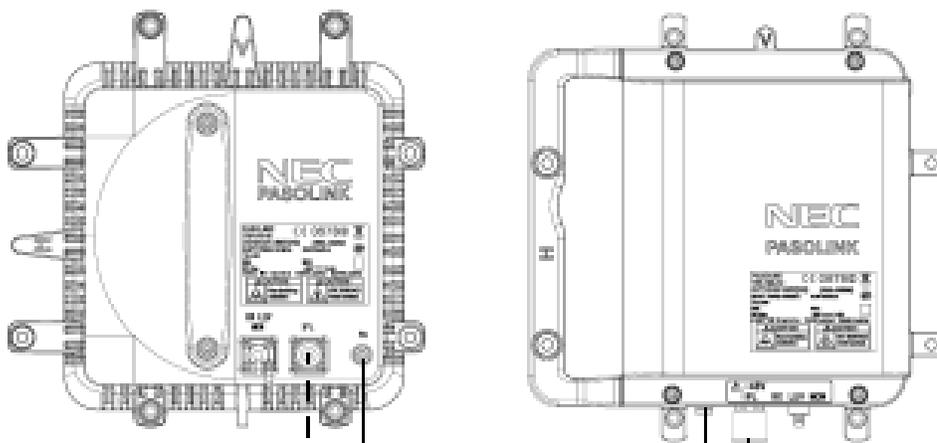


Figura3. ODU IPASOLINK, derecha frecuencias mayores a 11 GHz, izquierda frecuencias de 6 a 11 GHz. Fuente: IPASOLINK200 Quick Reference Manual



Figura4. ODU IPASOLINK, derecha frecuencias mayores a 11 GHz, izquierda frecuencias de 6 a 11 GHz. Fuente: propia de este trabajo.

- **Hibrido**

Este es la parte del radioenlace encargado de recibir y entregar las ondas desde las ODUS y la antena, actuando como un divisor de las ondas que vienen desde el feed de la antena y entregando con igualdad a cada una de las ODU'S. Este está diseñado al igual que las ODUS dependiendo de la frecuencia, además conectándose de diferente forma, si la frecuencia es mayor a 11 GHz van directamente sobre él, y si están entre 6 y 11 GHz estas deben ser conectadas con ayuda de una guía de onda.



Figura5. Hibrido Ipasolink, derecha frecuencias mayores a 11 GHz, izquierdas frecuencias de 6 a 11 GHz. Fuente: propia de este trabajo.

- **Antena**

Aunque este no es elemento de la marca NEC, se debe tener en cuenta ya que es la responsable de concentrar las ondas en un haz para ser enviadas al espacio libre y de recibir las ondas procedentes desde la otra punta. Están diseñadas dependiendo de la frecuencia de resonancia, es decir su feed o alimentador recibe las ondas dependiendo de la banda de frecuencias para las que fue diseñada.



Figura6. Antena encargada de la radiación. Fuente: propia de este trabajo

## **1.2 Cableado y protección**

En cuanto al cableado se refiere tanto al que se debe utilizar para energizar el radioenlace y para realizar la conexión entre IDU y ODU. En cuanto a temas de protección se puede referir a fusibles que contiene la IDU y a las puestas a tierra que los equipos deben tener.

Se utiliza cables encauchetados para energizar el radioenlace, para la conexión entre la IDU y ODU se utiliza el cable coaxial referencia RG8.



figura7. Derecha: cable

IF RG8, centro: cable de tierra N°6, izquierda: cable encauchetado de energía. Fuente: propia de este trabajo

### 1.3 Materiales consumibles

Conjunto de materiales que se utilizan o consumen regularmente en los procesos de instalación, por ejemplo, cintas de vinilo y mastik, terminales de conexión de pin y ojo, amarras plásticas de diferentes



tamaños, y que precisan de un aprovisionamiento periódico.

figura8. Materiales consumibles: cinta de vinilo, mastik, terminales, termoencogible y amarras plásticas. Fuente: propia de este trabajo.

## 2. Preinstalación y transporte de los equipos

### 2.1 Revisión visual

Etapa inicial de la instalación donde el personal de la empresa encargado de la labor, debe realizar una minuciosa inspección visual

de los equipos al momento de recibir estos a su cargo, dado que estos pueden tener fallas por transporte o estar incompletos, además se debe realizar dicha revisión comprobando que cada parte del radioenlace sea la correcta y esté relacionada en la información recibida con anticipación, comprobando seriales y frecuencias las cuales deben concordar con la orden de trabajo del contratista.

## **2.2 Configuración inicial**

Si los equipos son entregados por parte de la empresa contratista de una manera oportuna, el encargado puede realizar un montaje en laboratorio, logrando con esto avances importantes, con el cual se lograría disminuir tiempo en los sitios de instalación.

En esta labor se puede lograr la configuración de frecuencias, servicios como E1, Ethernet, características como la modulación, ancho de banda, actualización de software, entre otros, logrando con ello disminución de tiempo de hasta 3 horas en el sitio de trabajo, comprobando que los equipos no presente fallas y teniendo mayor seguridad en el momento de instalación.

## **2.3 Transporte de los equipos**

En cuanto al transporte que se debe realizar desde el lugar donde entregan los equipos la empresa contratista, el personal debe llevar numerosas precauciones con las cuales se pretende conservar sin ningún daño cada uno de ellos. Estos deben ser transportados generalmente en los empaques y protecciones que son enviados desde la fábrica.

Existen diferentes formas de transportarlos:

- **Vehicular:** en algunos casos donde se necesita únicamente este tipo de transporte, el personal debe evitar que los equipos reciban golpes o fuertes movimientos que pueden dañar física y funcionalmente cualquier parte del radioenlace
- **Mular:** para este tipo de transporte el cual utiliza animales para llevar los equipos a zonas de difícil acceso, el personal debe tener

extremas precauciones al momento de realizar tanto la carga como el transporte y la descarga de estos equipos, evitando que tengan contacto con zonas húmedas o movimientos que puedan dañarlo.

- **Humano:** existen zonas donde la única forma de transportar estos equipos es utilizando personas, las cuales pueden ser de la zona donde se realiza el trabajo encomendado, claro está que todo este transporte, la forma y el tipo de elementos utilizados deben ser supervisados por personal capacitado de la empresa o el grupo designado para realizar la instalación.



Figura9. Equipos empacados y enguacalados en el transporte y sitio de trabajo. Fuente: propia de este trabajo.

### 3. Instalación antena y equipos externos

Este es el primer paso que se debe realizar al momento de tener todo el material en el sitio de trabajo o estación móvil.

### 3.1 Ensamble e instalación de la antena

Para realizar ensamble de la antena se debe tener en cuenta de que tamaño es, siendo diferente realizarlo para una antena de 0.6 metros y una de 2.4 metros, así como también depende de la marca que se está trabajando es por esto que cada antena trae consigo un manual



técnico fácilmente comprensible, ya que es muy gráfico.

Figura9. Partes de antena antes de ensamblar. Fuente: propia de este trabajo.

- Antena de 0.6 metros: esta cuenta tan solo con una o dos piezas, ya que generalmente viene ensamblada de fábrica, si se necesita la instalación de una de sus partes es el ensamble del herraje y tornillos de apuntamiento fino, los cuales no exigen mucho tiempo, y puede ser realizado por un solo operario.



Figura10. Antena de 0.6 con ODUS e HIBRIDO. Fuente: propia de este trabajo

- **Antena de 1.2 metros:** esta involucra mucho más material y partes que la anterior, ya que esta sale de fábrica completamente desarmada, incluyendo entre sus partes: plato principal, paneles laterales, herraje y tornillería, feed o alimentador y tapa protectora; esta labor conlleva entre 1 y 2 horas y debe ser desarrollada mínimo por dos operarios.



Figura11. Antena instalada de 1.2 metros. Fuente: propia de este trabajo

- **Antena de 1.8 metros:** las partes de esta no son mucho más que la de 1.2 metros, pero esta cuenta con 5 paneles laterales mientras que la de 1.2 metros solo cuenta con 3 y la tapa protectora ahora es una lona, teniendo que involucrar más tiempo en el ensamble, aproximadamente de 2 a 3 horas entre dos o tres instaladores.



Figura12. Antena de 1.8 metros en etapa de ensamble. Fuente: propia de este trabajo

- **Antena de 2.4 metros:** cuando se trata de instalar antenas de este tamaño o superiores se necesita que el contratista entregue el material en el sitio o estación de telefonía, dado que si se requiere transporte mular o humano, sería un gasto económico elevado con el cual no puede correr un contratista, en comparación con antenas de mayor tamaño esta incluye muchas más partes por ejemplo: el plato principal está dividido en dos o tres partes dependiendo de la marca que se maneje, los cuales deben ser unidos por medio de placas, los paneles laterales son de gran tamaño por tanto cuentan con mayor seguridad, al igual que el herraje y la lona protectora, para estas labores se necesitan entre 4 y 5 trabajadores calculando su montaje entre 4 y 5 horas promedio.



Figura13. Antena de 2.4 en finalizando su ensamble. Fuente: propia de este trabajo

- **Antena de 3.7 metros:** esta no es mucho más complicada de ensamblar que la de 2.4 metros, ya que cuenta con la misma cantidad de elementos, con la única diferencia es que cada uno de sus partes es de mayor tamaño, necesitando con ello mayor personal, generalmente 6 o 7 técnicos, en un tiempo aproximado de 7 horas



Figura14. Antena de 3.7 metros en ensamble. Fuente: propia de este trabajo

Los brazos auxiliares son necesarios para evitar que factores climáticos como el viento genere un desalineamiento del radioenlace, se debe instalar el número de brazos dependiendo del tamaño de la antena así, la de 1.2 metros necesita únicamente un brazo, para las antenas de 1.8, 2.4 y 3.7 se necesitan dos brazos y en ocasiones 3 dependiendo de la zona donde sean instaladas, uno de estos brazos maneja el apuntamiento fino horizontal o de azimut, mientras que los demás son de fijación.



Figura15. Brazo auxiliar instalado en la antena y torre. Fuente: propia de este trabajo

Según el estudio realizado para el montaje de las antenas se necesita determinado personal, así como diferente juego de poleas y números de vientos para ser izada sin que esta reciba golpes con la torre y de una manera segura, para ello se presenta la siguiente tabla donde podemos observar la cantidad de personal y funciones de estos según sea el tamaño de la antena.

TAMAÑO ANTENA (m)	Nº DE BRAZOS DE SOPORTE	PERSONAL PARA ENSAMBLE	PERSONAL PARA MONTAJE	FUNCIONES DE MONTAJE	TIPO DE POLEAS
0.6	0	1	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CONTRA PESO A LA ANTENA</li> <li>• CUERDA DE VIENTO</li> </ul>	SENCILLA
1.2	1	2	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CONTRA PESO A LA ANTENA</li> <li>• CUERDA DE VIENTO</li> </ul>	SENCILLA
1.8	2	3	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 CONTRA PESO A LA ANTENA</li> <li>• CUERDA DE VIENTO</li> </ul>	APAREJO DOS POLEAS
2.4	2	4	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 CONTRA PESO A LA ANTENA</li> <li>• 2 CUERDAS DE VIENTO</li> </ul>	APAREJO DOBLE POLEA X 2
3.7	3	6	8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 CONTRA PESO A LA ANTENA</li> <li>• 2 CUERDAS DE VIENTO</li> </ul>	APAREJO DOBLE POLEA X 2

Tabla1. Numero de operarios, tipo de polea y brazos de soporte, según tamaño de antena.

En la tabla se puede observar diferentes relaciones dependiendo del tamaño de la antena que se está trabajando, por ejemplo: la relación personal para ensamble dependiendo del tamaño o personal para montaje, detallando las funciones que deben realizar, al momento de mencionar *contra peso a la antena* se refiere a la fuerza que se debe ejercer para que esta se pueda izar sobre la torre, puede ser halando desde la punta opuesta de la cuerda, o en casos de antenas de gran tamaño realizando dicho contra peso con la ayuda del peso de uno o dos técnicos enganchados sobre la punta opuesta, para esta labor se necesita una cuerda y una persona adicional para que sirva de línea de vida de dichos técnicos; las cuerdas de viento son aquellas que logran abrir con un determinado ángulo la antena al momento de izarla, logrando que esta no sufra fracturas o daños por golpes contra la torre.

En cuanto a los tipos de arreglos de la polea se mencionan tres tipos diferentes:

- **Sencilla:** se refiere a una única polea ubicada en la parte superior con el único fin de cambiar el tipo de fuerza que se va a realizar, ya

que es más fácil realizar fuerza desde arriba hacia abajo que viceversa.

- **Aparejo dos poleas:** se refiere a una polea fija en la parte superior y una polea móvil la cual engancha a la antena a izar, esto con el fin de cambiar el tipo de fuerza al igual que la sencilla y la polea móvil de reducir la fuerza que se tiene que hacer a la mitad.
- **Aparejo doble polea y carril:** se refiere al mismo montaje de la anterior con la diferencia que no son poleas sencillas o de un solo carril sino que esta vez se utilizan poleas de doble carril, instalando por cada carril una cuerda diferente, obteniendo con esto que la cuerda realizar el contra peso tenga  $\frac{1}{4}$  de la fuerza a realizar.

En las siguientes imágenes podemos observar los tres tipos de montajes.

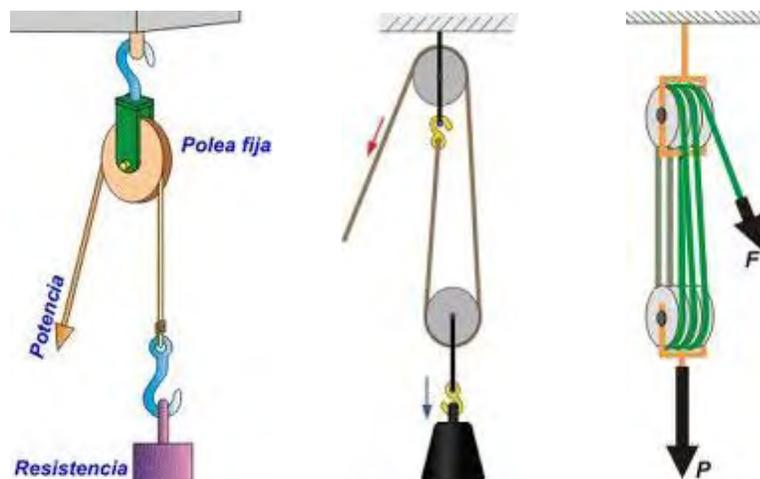


Figura16. Diferentes tipos de poleas, de izquierda a derecha: sencilla, doble polea, doble polea doble carril. Fuente: varias fuentes

Una vez la antena se encuentre a una altura desde la cual se puede anchar al mástil o soporte instalado, se procede a realizar dicha labor con un personal igual al personal necesario para el ensamble, claro está que con la experiencia necesaria, lo cual puede cambiar utilizando uno o dos técnicos más si no se cuenta con ella.

Esto se realiza mediante movimientos horizontales hasta que esta se logre anclar con las abrazaderas comprendidas como parte del herraje.

### 3.2 Montaje ODU'S

En cuanto al ensamble y montaje de las ODUS como se mencionó anteriormente depende de las frecuencias que este utilice, si están en el rango de 6 a 11 GHz estos equipos deben ser instalados de forma independiente asegurados en la parte inferior del soporte, teniendo para ello un herraje, ya que la conexión para estas frecuencias entre cada ODU y el HIBRIDO se realiza por medio de guías de onda, mientras que si la frecuencia es mayor a 11GHz estas van unidas al hibrido y de este a la antena, incluso las antenas de 0.6 metros pueden ser izadas con la instalación anticipada de HIBRIDO y ODU'S.

Si estas van instaladas con herraje independiente, se procede a izar utilizando una polea sencilla ya que su peso es despreciable, anclarlas al soporte de la antena y conectar al hibrido mediante las mencionadas guías, si las ODU'S no fueron izadas junto a la antena pero estas van unidas a ella se deben izar una vez estas se aseguren al hibrido e instalarlas asegurando el hibrido sobre la entrada de la antena.

En la figura se puede observar los dos tipos de conexión de las ODU'S utilizadas.



Figura17. ODUS instaladas derecha: con soporte y jumper, izquierda: con unión a HIBRIDO.  
Fuente: propia de este trabajo

### 3.3 Conexión ODU'S con antena e hibrido

Al igual que la instalación de las ODU'S la conexión y el tipo de HIBRIDO utilizado están dados por la frecuencia para la cual sea instalado el radioenlace, existen dos formas de conexión entre las ODU'S y el HIBRIDO.

La conexión directa es aplicada a radioenlaces que tengan frecuencias consideradas altas en la marca NEC comprendidas entre 11GHz y 23GHz utilizadas en Colombia, este hibrido está diseñado de tal forma que cada una de las ODU'S ensamble perfectamente a cada, formado una especie de sándwich entre las dos ODU'S y el HIBRIDO, esta unión se asegura con 4 tornillos incorporados en cada ODU y el ensamble de la terminación se ajusta con ayuda de un empaque denominado O-RING.

Para la conexión por medio de guía de onda, conocida en el ámbito laboral como jumper, se necesita ODU'S e HIBRIDO con terminaciones tipo N macho, los cuales se acoplan por medio de las guías de onda diseñadas para la frecuencia de la portadora, es decir estas ya no utilizan la frecuencia intermedia del cable RG8.



Figura18. Izquierda: ODU'S e HIBRIDO con jumper, derecha: ODUS e HIBRIDO unidos directamente a la antena. Fuente: propia de este trabajo

### **3.4 Montaje y conexión cable IF**

El cable IF es el que conecta a las ODU'S con los terminales de la IDU, esta es la encargada de llevar las ondas con una frecuencia intermedia de allí su nombre, además de llevar el voltaje (-48) de alimentación, es un cable coaxial, que cuenta con un núcleo de aleación de materiales conductores y una malla de protección o tierra de cobre, para realizar la conexión se necesitan en el caso de los radios IPASOLINK un conector tipo N hembra para la ODU y un conector TNC para RG8 hembra para la IDU.

Una vez se tenga los conectores instalados, el cable se debe subir hasta la antena empezando desde las ODUS donde deben ser conectados, y con ayuda de amarras plásticas realizar el denominado peinado, que consta de amarrar este por el soporte de la antena hasta llegar a los ángulos de la torre, continuar por estos hasta encontrar la escalerilla instalada para los cables y sujetarlo hasta llegar a la zona de escalerilla horizontal que entra hasta el rack o cuarto de equipos donde se encuentra la IDU, en ningún momento se debe dejar este expuesto al aire libre y en ángulos o partes de la torre donde pueda sufrir fracturas, pisotones y golpes por parte de los técnicos de esta u otras instalaciones.

Una vez el cable está en la IDU se procede a medir de una manera exacta, realizando el conector tipo L TNC hembra, logrando finalmente una instalación adecuada.

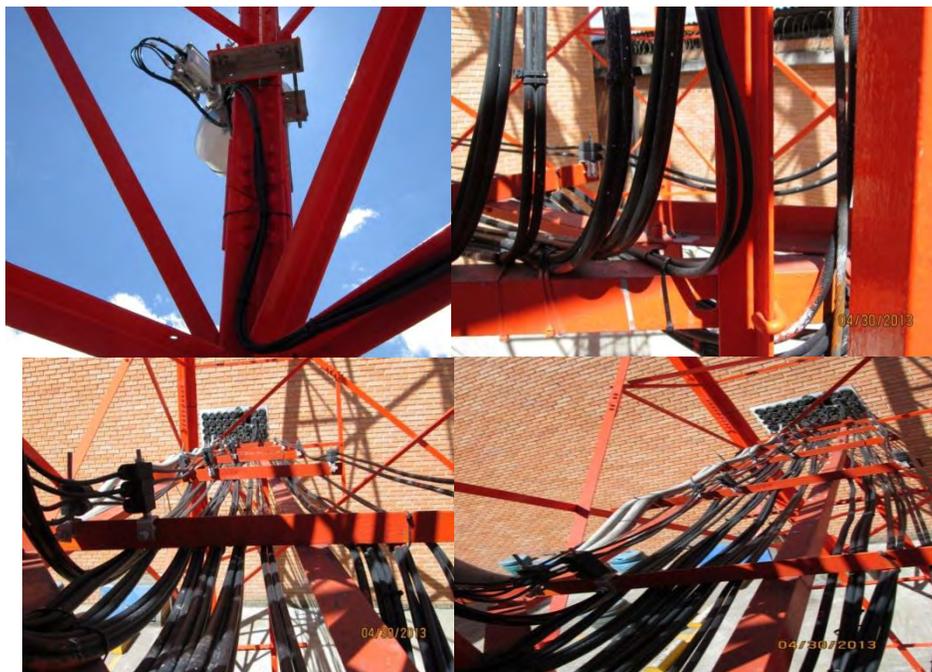


Figura19. Recorrido y conexión cable IF por la escalerilla vertical y horizontal. Fuente: propia de este trabajo

#### **4. Instalación de equipos internos**

Se denominan equipos internos aquellos que deben estar instalados en una zona protegida, entre estos tenemos la IDU y las regletas de E1's, para casos de gestión se puede instalar fraccionadores si necesarios.

##### **4.1 Instalación IDU y Regletas E1'S**

Para la instalación se debe seguir las sugerencias hechas en el estudio de sitio, además dependiendo del operador móvil se puede encontrar el espacio reservado, en caso de ser una migración es conveniente utilizar el mismo espacio del radio a remplazar, con la precaución de mover el actual sin afectar el servicio.

Cada IDU al igual que sus regletas, traen una medida establecida con un pequeño rango de ajuste hacia el rack, cuentan con cuatro orificios por medio de los cuales esta se asegura con tornillos y en algunos casos tuercas de seguridad, si el radio es IPASOLINK 1000 este es asegurado por medio de seis tornillos, ya que es mucho más robusto y de mayor peso.

Se debe tener en cuenta que cada IDU debe quedar separada de las otras por un espacio considerable igual o mayor a su tamaño, para así evitar sobre calentamientos en los equipos, por lo general cada rack o cuarto de equipos cuenta con un sistema de refrigeración que evita sobre calentamientos.

Una vez asegurados se debe realizar la conexión entre IDU y regletas por medio de los denominados cables tributarios, como se encuentra marcado y se indica en el manual.

En las figuras siguientes se puede observar esto equipos instalados.



figura20. IDU y regletas instaladas. Fuente: propia de este trabajo

## 4.2 Conectores cable IF

Como se mencionó anteriormente para los radios IPASOLINK se utiliza conectores TNC para RG8, al contrario de sus antecesores PASOLINK los cuales utilizaban conectores tipo N, en ambos casos estos son en forma de L, ya que su conexión es mucho más fácil y estos no necesitan protección por encontrarse en un sitio interno.

Para realizar un conector ya sea para ODU o IDU, se necesita cortar un espacio de 3 cm del encauchetados y dejar a la vista la malla de tierra, introducir la tuerca del conector seguido de la arandela, el empaque de cierre y finalmente la arandela de tierra, una vez realizado el peinado de la malla de tierra sobre esta arandela se recortan los sobrantes de tal manera que no superen a la misma,

finalmente se recorta el aislante y el núcleo un espacio de 5 mm, para terminar se debe poner la parte superior del conector y asegurar con la primera tuerca uniéndolo totalmente.

Comprobando que este bien hecho con medición de continuidad si no está conectado en la ODU, pero en el caso de estar conectado sobre la ODU se puede probar si está bien realizado comprobando entre el núcleo y la malla el comportamiento de un diodo.

Este debe ser correctamente conectado e instalado sobre la IDU, en las siguientes figuras se puede observar lo mencionado anteriormente.



figura21. De izquierda a derecha: cable RG8 y sus capas, conector tipo N hembra recto, conector TNC hembra en L y sus partes. Fuente: propia de este trabajo

## 4.2 Energizar la IDU

Al igual que las demás instalaciones internas, en gran parte son realizadas por el líder del grupo encargado de la instalación, este se debe realizar con precaución, debido a que una falla o mala conexión, puede generar un cortocircuito generando un apagón en la estación y con ello provocando fallas en la transmisión y cobertura de esta y otras estaciones.

Lo primero que se debe realizar es el tendido del cable de energía el cual puede ser encauchetado de 4 hilos o de 2 hilos más un hilo denominado drenaje, estos dependiendo del operador móvil para el que se está trabajando. (Tigo: encauchetado 4 hilos, movistar:

encauchetado 2 hilos sin drenaje, claro: encauchetado 2 hilos con drenaje). En los casos donde se utiliza únicamente de dos hilos se debe tender un cable para cada fuente, mientras que si es de 4 hilos este sirve para las dos fuentes.

Luego de tener asegurado el cable con amarras plásticas a lo largo de la escalerilla de energía hasta el PDB en el cuarto de equipos, o a lo largo del rack en caso tal, con las medidas necesarias para que llegue tanto a la IDU como al PDB, se procede a realizar los conectores que enganchan con la IDU, estos se realizan con todos los cables excepto el de drenaje, ponchando terminales incluidos con los equipos y luego estos al conector como tal, los colores utilizados dependen de la zona y el operador.

Cuando el terminal está terminado, se debe dejar si enchufar en la IDU ya que esta no cuenta con switch adicional para encendido; identificar los colores que fueron utilizados para los negativos y positivos, se debe en seguida ponchar las puntas de cada cable de tal forma que los negativos lleguen hasta el breaker correspondiente, (marcado o indicado en el estudio de sitio) y los positivos al barraje, así como también el drenaje al respectivo barraje para este si es el caso, se procede a conectar en este orden: drenaje, positivo y negativo, asegurándose de que este se encuentre apagado, luego se debe enganchar el conector en la IDU y encender el breaker.

Para casos de migraciones en los que se utilice el mismo cable del equipo a remplazar se debe proceder apagando los respectivos breakers guiados por las marquillas o por el seguimiento del cable desde la IDU y luego realizar los cambios de conector o cambiando simplemente hacia la nueva IDU.

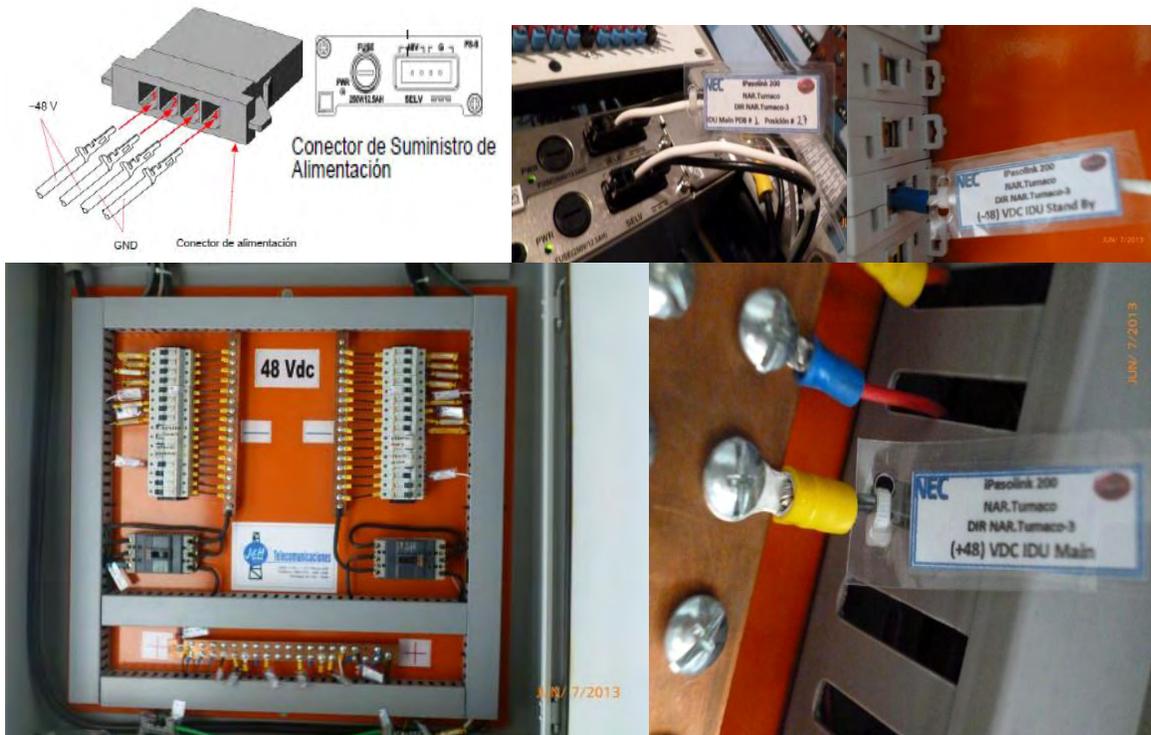


figura22. Conexiones de energia en IDU y PDB. Fuente: varias fuentes.

## 5. Protección del radioenlace

En cuanto a este tema se pueden determinar varios tipos de protección, los cuales tienen que ver con fenómenos naturales como tormentas eléctricas, lluvias y humedad.

### 5.1 Encintados y protección contra humedad

Los encintados son una protección de vital importancia en los radioenlaces, estos se deben hacer en los puntos de conexión externos donde quedan vulnerables a humedad y lluvias, en cuanto a estos se realizan con dos diferentes tipos de cinta, cinta de vinilo y cinta mastik, se debe encintar los conectores del cable IF en las ODU'S, los terminales de las guías de onda que se instalen y la unión del híbrido con la antena en los casos de híbrido para guía de onda, el procedimiento de encintado es:

1. Se realiza un cubrimiento con una capa de cinta de vinilo, donde no quede visible la unión ya sea con la ODU, HIBRODO o ALIMENTADOR, y cubriendo entre 10 y 15 centímetros de cable IF o guía de onda.
2. Sobre la capa de vinilo se aplica una capa gruesa de cinta mastik, esta es similar a la brea y tiene la capacidad de adherirse al sector aplicado y sellar contra humedad o agua, se debe aplicar de tal forma que en la parte del conector sea más ancha y disminuya a medida que corre hacia el cable IF, dando la forma de una zanahoria.
3. Finalmente se aplica una capa abundante de cinta de vinilo con el fin de dejar mucho más estético el trabajo, esta capa debe estar lo mejor terminada posible y no mostrar señales de las anteriores, finalmente se colocan amarras plásticas en los extremos para evitar posibles filtraciones.



Figura23. Encintados en ODUS e HIBRIDO. Fuente: propia de este trabajo

## 5.2 Puestas a tierra de los equipos.

Dado que en todas las estaciones de telefonía móvil, se instalan numerosos equipos, estas son construidas con una malla de puestas a tierra con buena protección, y todos los equipos que aquí se instalen tendrán de una u otra forma que ser aterrizados algún punto de esta malla.

Dentro de un radioenlace se deben aterrizar equipos externos como las ODUS y equipos internos como las IDUS, además el cable de drenaje instalado para algunos operadores sirve como puesta a tierra contra picos de voltaje y descargas eléctricas.

Cada ODU cuenta con un punto de aterrizaje, es aquí donde se debe instalar un cable de cobre N°6 con terminales bimetálicos y con protecciones contra humedad como termoencogible, este debe llevar un recorrido en cualquier caso descendente, hasta encontrar bien sea un barraje de tierras y si no es posible en máximo 10 metros de cable se debe anclar con ayuda de un conector bimetálico a uno de los bajantes que se conectan a lo largo de la torre, este se debe encintar para evitar humedad y oxido con el tiempo.

La IDU cuenta con varios puntos de tierra según sea su modelo, cada terminal debe ser aterrizado al barraje más cercano y en lo posible bajo el nivel de esta, estos al igual deben ser protegidos contra humedad y realizarse con terminales adecuados para tal uso.

En las imágenes se puede observar aterrizajes realizados en la ODU e IDU.



Figura24. Puestas a tierra, superior conexión ODU en bajante y barraje, inferior conexión IDU.  
Fuente: propia de este trabajo

### 5.3 Protección en cambio de tarjetas

Una de las protecciones que se debe tener en cuenta al momento de realizar un cambio en tarjetas o módulos de la IDU, es usar la manilla antiestática con el fin de evitar descargas y daños sobre ellas, esta es una pulsera que se puede conectar a la puesta a tierra y descargar toda la energía estática que el operario tenga acumulada.



Figura25. Manilla antiestática. Fuente: propia de este trabajo

## 6. Apuntamiento y marquillado

En cuanto a este tema se debe realizar una vez se tenga configurado una frecuencia portadora en ambos extremos, además de comprobar que no exista interferencias externas y tener una potencia de transmisión, si el enlace es croospolarizado, se debe realizar una nivelación del feed o alimentador una vez se halla instalado sobre el soporte, con el fin de tener igual nivel tanto en horizontal como en vertical.

### 6.1 Apuntamiento del radioenlace

Para el apuntamiento del enlace se necesita un voltímetro DC, con el cual el técnico a realizar el trabajo se guiara, se debe conectar el multímetro en el puerto que está diseñado en cada ODU para este fin, introduciendo el pin positivo en el orificio y el negativo a un punto de maza o tierra.

Ya con el instrumento de medición conectado en cualquiera de las ODU'S, se procede a realizar:

1. un movimiento totalmente horizontal o de azimut, realizando un barrido de un extremo a otro y mirando donde nuestro voltímetro marca mayor voltaje, una vez fijado este voltaje se procede a asegurar la antena en este lugar.
2. Ahora se realiza el mismo recorrido pero en elevación o vertical, dejando este donde marque mayor voltaje.
3. Se procede a realizar los pasos 1 y 2 peros en el lado opuesto del radioenlace, es por esto que es conveniente tener personal en cada una de las puntas.
4. Con esto se lograra tener un nivel bastante bueno como para que la persona que está monitoreando desde el equipo de cómputo conectado a la IDU, pueda ver desde un lado el opuesto.
5. Ahora se necesita que el nivel llegue hasta el nivel teórico, con un margen de error que por lo general está en +1dB, para esto se realiza un apuntamiento fino de cada uno de los lados apoyados en los tornillos instalados para este fin, se debe realizar un lado a la vez para que no se llegue a un nivel de confusión perdiendo con ello lo logrado hasta el momento.
6. Finalmente cuando se tenga el nivel deseado, se debe sujetar totalmente todas las tuercas del herraje así como los brazos de la antena si aplica para evitar desalineaciones.

## **6.2 Marquillado y registro fotográfico**

Una vez el enlace esté terminado, se procede a realizar el respectivo marquillado de los equipos, las marquillas que se encuentran en el exterior deben ser plastificadas o laminadas en contra de la humedad.

Entre las marquillas exteriores tenemos:

ODU MAIN: instalada en el cable IF MAIN cerca de la ODU

ODU STANDBY: instalada en el cable IF STANDBY cerca de la ODU

GND MAIN y STANDBY: estas son instaladas en la puesta a tierra de cada ODU y en la conexión al barraje o bajante donde se aterrizó.

MARQUILLA DE DATOS: esta contiene datos del enlace como azimut, altura de la antena sobre la torre, dirección del enlace y modelo del equipo; esta debe ser instalada en un lugar visible cerca de la antena, con el fin de brindar datos para mantenimientos y estudios de sitio posteriores.

Las marquillas internas pueden ser laminadas al calor o simplemente en bolsas plásticas diseñadas para ello, es aquí donde encontramos mayor cantidad de marquillas del enlace ya que se debe marcar cables de energía, IF, gestión y puestas a tierra.

Entre estas tenemos:

MARQUILLAS DE ENERGIA: entre estas tenemos las de la fuente MAIN y la fuente STANDBY, para cada una de ellas debemos tener:

- Marquilla Para Fuente: esta es instalada en cada cable de energía cerca a la fuente, contiene información como dirección del enlace, PDB utilizado y posición de BREAKER.
- Marquilla para -48 voltios: esta se ubica cerca del breaker donde esta energizado ya sea MAIN o STANBY.
- Marquilla para +48 voltios: esta se ubica cerca al barraje o lugar donde esta energizado el MAIN y SANTBY
- Marquilla de drenaje: esta es instalada en el barraje del mismo nombre.

MARQUILLAS DE GESTION: son aquellas que se deben instalar en el cable Ethernet por donde el radio envía la gestión, esta solamente es instalada en el lado por donde sale la gestión y debe colocarse tanto en el radio instalado como el radio al que se conecta.

MARQUILLAS DE IF: estas al igual que las ubicadas en la antena deben ser instaladas cerca a cada conector de la IDU, cerciorando de que corresponda MAIN y STANDBY.

MARQUILLAS PUESTA A TIERRA: marquillas instaladas tanto en el punto donde se aterriza la IDU como en el barraje donde es conectado dicho aterrizaje, deben ubicarse tantas marquillas como puestas a tierra contenga la IDU, (serie 200: 1, serie 400: 2, serie 1000: 4).

En cuanto al registro fotográfico, este se debe realizar una vez se termine la instalación y tomando cada una de las fotografías que se encuentran en el listado diseñado y puesto a continuación, las fotografías deben tener una buena resolución y nitidez, sin movimientos bruscos y con buena cantidad de luz.

Listado de fotografías:

fotografía	Numero de tomas
Línea de vista	2
Bases de la torre	1 por base
Vista posterior de la antena	2
Distribución de las ODU'S	3
Serial y código interno de la antena	2
Marquilla de datos en la antena	3
Vista desde las aristas de la torre	1 por arista
Brazo superior del soporte	1
Brazo inferior del soporte	1
Herraje de la antena	3
Panorámica de la antena en el soporte	2
Brazo auxiliar en la torre	2
Brazo auxiliar en la antena	2
Panorámica brazo auxiliar	2
Panorámica instalación de ODU	2 por ODU
Marquilla cable IF MAIN en ODU	3
Marquilla cable IF STANDBY en ODU	3
Serial hibrido	4
Serial ODU MAIN y STANDBY	4 por ODU
Conexión tierra ODUS	2 por ODU
Conexión tierra a barraje o bajante	2 por conexión
Recorrido del cable de tierra	4
Marquillas de tierra en ODU y barraje	2 por

	marquilla
Panorámica conectores encintados	3
Conector encintado con marquilla	2
Recorrido del cable IF por la antena	2
Recorrido del cable IF por la torre	2
Recorrido cable IF por la escalerilla	4
Recorrido cable IF por la horizontal	4
Pasa muro externa cuarto o rack	2
Pasa muro interna cuarto o rack	2
Recorrido IF por cuarto o rack	6
Conectores en IDU con marquilla	4
Panorámica cuarto o rack	3
Rack con IDU instalada	2
Frontal de IDU con marquillas	4
Posterior IDU	2
Lado derecho IDU	2
Lado izquierdo IDU	2
Marquilla con datos en IDU	3
Serial IDU	2
Barraje tierra	3
Barraje principal de tierra	1
Conexión fuentes de energía IDU y marquillas	2
Recorrido cable energía por el rack	4
Cable de energía en el PDB	2
Panorámica del PDB con marquillas	3
Conexión energía MAIN y STANDBY con marquillas	3 por breaker
PDB con marquilla	2
Conexión tierra IDU con marquilla	3 por conexión
Conexión a tierra IDU en el barraje marquilla	3
Cruzadas realizadas	3
Rectificador de energía que alimenta PDB	1
Rectificador y breaker que alimenta PDB	1
PDB cerrado	1
Panorámica del rectificador	1

Tabla2. Listado de fotografía a realizar por cada punta del radioenlace

## **7. Recomendaciones.**

1. Programación y configuración anticipada de los radios a instalar: con esto los trabajadores a cargo de la instalación disminuyen el tiempo en el sitio de trabajo, ya que los equipos son configurados en las instalaciones de la empresa.
2. Entrega a cada uno de los empleados un listado del registro fotográfico: el pasante diseño y entrego a cada uno de los técnicos encargados del registro fotográfico un listado de fotografías necesarias según sea el equipo y diseño del enlace a manejar.
3. Enviar al sitio de trabajo el personal requerido para cada instalación según el informe que se entregó a la empresa.
4. Realizar un estudio de sitio o “site survey” en el lugar de trabajo, para que los datos sean verídicos y la instalación no tenga ningún contratiempo a la hora de ponerse en marcha.
5. Pedir el material necesario a la empresa contratista para que la empresa TOWERING.SAS no tenga que correr con gastos por falta de material.

Anexo 6. Informe final de instalación de radioenlace.



Proyecto		CLARO MW 119 - 743 - 600		
Contratista		TOWERING SAS		
Fecha fin de la Instalación		05 de Junio de 2013		
Fecha de entrega reporte a Claro				
Nombre del Enlace:		<b>PAS.Estadio DIR PAS.Caicedo</b>		
HOJA DE DATOS	Nombre de la estación	Sitio A	Sitio B	Observaciones
	Nombres de acuerdo a Orden de Servicio CLARO y/o archivos de gestión entregados	Ok	Ok	
	Coordenadas	Ok	Ok	
	Datos de enlace	Ok	Ok	
	Frecuencias	Ok	Ok	
	Modelos y Seriales de IDUs, ODUs, Híbridos, IO Boards, Antenas y otros equipos instalados	Ok	Ok	
	Niveles	Ok	Ok	
	Datos de Antenas	Ok	Ok	
	Resultado de las Pruebas	Ok	Ok	
	Gestión con Ips Finales	Ok	Ok	
	Sincronización	Ok	Ok	
Puntos de Energía de acuerdo a Orden de servicio	Ok	Ok		
Observaciones si hubo alguna modificación en la orden de servicio previa autorización escrita por CLARO	Ok	Ok		
FOTOS	1. Bases de la torre (Esta foto sustenta la calificación del estado visual de elongación de pernos - torre)	Ok	Ok	
	2. Instalación de antena (Panorámica de la torre con ubicación de antena , FOTO POR CADA ARISTA)- ETIQUETAS DE LAS ANTENAS DONDE SE VEAN CLARAMETE SERIALES DE LOS EQUIPOS	Ok	Ok	
	3. Instalación de brazos anti torsión principal (Con su soporte)	N/A	N/A	
	4. Instalación de brazos anti torsión auxiliar (Con su soporte)	N/A	N/A	
	5. Disposición de ODUs - ETIQUETAS DONDE SE VEAN CLARAMETE SERIALES DE LOS EQUIPOS	Ok	Ok	
	6. Instalación puesta a tierra ODUs/rau - FOTO DE ETIQUETA DE TIERRA DE LAS ODUs	Ok	Ok	
	7. Protección contra humedad encintados ODUs/rau/splitter/guía de onda/ conectores.	Ok	Ok	
	8. Instalación kit a tierra rg-8 (Si no está indicar que CLARO no lo entregó)	Ok	Ok	
	9. Recorrido de cable rg-8 por bandeja porta cale a la entrada del shelter con sus respectivos amarres plásticos.	Ok	Ok	
	10. Recorrido de cableado exterior.	Ok	Ok	
	11. Pasamuros ingreso a salón de equipos	Ok	Ok	
	12. Recorrido cableado interno	Ok	Ok	
	13. Ubicación de rack en salón de equipos (Foto General del cuarto de Tx)	Ok	Ok	
	14. Rack Completo	Ok	Ok	
	15.1 Detalle de instalación módulos IDU. Vista Frontal del Equipo CON ETIQUETA DE LA IDU y con el radio des alarmado	Ok	Ok	
	15.2 Detalle de instalación módulos IDUs. Vista Posterior del equipo	Ok	Ok	
	16. Conexión de rack / bastidor a barra de tierras	Ok	Ok	
	17. Recorrido de cableado de fuerza / alimentación	Ok	Ok	
	18. Punto de conexión a equipo de fuerza (debidamente marcado) DE TODO EL EQUIPO EN GENERAL Y ZOOM DE LOS PUNTOS A LOS QUE NOS ENERGIZAMOS.	Ok	Ok	
	19. Aterrizaje del radio al barraje del rack. ASI COMO FOTO CLARA DEL ATERRIZAJE DEL HILO DEL DRENAJE DEL CABLE DE ENERGIA)	Ok	Ok	
	20. MARQUILLADO DE FUERZA (CABLE DE ENERGIA EN LOS DOS EXTREMOS E HILO DE DRENAJE) , Equipos (ODU, IDU, ANTENAS, TRIBUTARIOS ) Y TIERRAS.	Ok	Ok	
	21. Recorrido de tributarios (cruzadas)	Ok	Ok	
	22. FOTO DEL POWER QUE ALIMENTA EL PDB	Ok	Ok	
	23. PDB ABIERTO CON BREAKER DEL EQUIPO MARQUILLADOS	Ok	Ok	
	24. FOTO DEL BREAKER DE 32 A. EN EL ELTEK MARQUILLADO (SI APLICA) SI ES INSTALADO POR NEC	Ok	Ok	
	25. PDB CERRADO CON MARCACIÓN DE BREAKER INSTALADOS	Ok	Ok	
26. FOTO GENERAL DE TODOS LOS PDB DEL SITIO.	Ok	Ok		
FOTOS OBRAS CIVILES	27. RECORRIDO CABLEADO DE TIERRA DESDE MALLA PRINCIPAL O VARILLA PRINCIPAL HASTA BARRAJE EN CUARTO DE EQUIPOS, MOSTRAS CONEXIONES EN AMBOS EXTREMOS	N/A	N/A	
	28. PASAMUROS	N/A	N/A	
	29. PASAPLACAS	N/A	N/A	
	30. MASTIL O SOPORTE DE ANTENA, MOSTRANDO CHAZOS O ELEMENTOS DE SUJECIÓN A PISO O PARED INCLUYENDO RIENDAS SI APLICA.	N/A	N/A	
	31. BARRAJE DE TIERRA DEL LADO DEL MASTIL PARA ATERRIZAR ODUS	N/A	N/A	
	32. PLANCHA EN CONCRETO PARA SOPORTES DE MASTIL DE ANTENA	N/A	N/A	
	33. INSTALACION DE RACK, ANCLAJE	N/A	N/A	
	34. RECORRIDO TUBERIA PVC DESDE IDUS HASTA LAS ODUS	N/A	N/A	
	35. RECORRIDO CANALETA EN CUARTO DE EQUIPOS	N/A	N/A	
	36. SISTEMA DE PARARRAYOS, CONEXIÓN HASTA LA MALLA DE TIERRAS	N/A	N/A	
	37. FOTOS ADICIONALES DE OBRAS CIVILES REALIZADAS	N/A	N/A	
PANTALLAZOS	38. FOTO GENERAL DEL SITIO LIMPIO (TANTO OUTDOOR COMO INDOOR)	Ok	Ok	
	PRINT SCREEN CONFIGURACIÓN GENERAL DEL RADIO	Ok	Ok	
	PRINT SCREEN NIVELES FINALES	Ok	Ok	
	PRINT SCREEN SERIALES DE EQUIPOS	Ok	Ok	
	PRINT SCREEN PRUEBAS DE CONMUTACION	Ok	Ok	
	PRINT SCREEN PRUEBAS DE INTERFERENCIA	Ok	Ok	
	PRINT SCREEN GESTION	Ok	Ok	
	PRINT SCREEN FINAL DEL RADIO SIN ALARMAS	Ok	Ok	
<b>ORDEN DE SERVICIO</b>				
PRUEBA DE BER PDH - DEBE SER LEGIBLE Y CON LA FECHA REAL DE LA PRUEBA				
PRUEBA DE BER SDH - SI APLICA				
PRUEBAS ETHERNET - SI APLICAN				
Fecha de revisión informe NEC				
Fecha de entrega reporte a CLARO				
REVISAR NEC DE COLOMBIA				
SUPERVISAR NEC DE COLOMBIA				
APRUEBA NEC DE COLOMBIA				
		JORGE PINTO		
		FERNANDO PRIETO		

OBSERVACIONES: Colocar las observaciones respectivas a cualquier cambio en la configuración del equipo o a las instalaciones de las obras civiles, etc

PROTOCOLO DE ENTREGA ENLACE DE MICROONDAS ENTRE

PAS Estado DIR PAS Caicedo

FECHA DE INSTALACION	05 de Junio de 2013
EMPRESA INSTALADORA	NEC DE COLOMBIA
INGENIERO EN CLARO	Miller Dominguez

\*En caso de ser sitio nuevo colocarlo siempre como A

ESTACION A	
NOMBRE	PAS Santa Clara
NOMENCLATURA DE GESTION	PAS Santa Clara-01
COORDENADAS	1° 11' 43,98" N, 77° 16' 28,33" W
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	2400
DIRECCION	Cll. 13 No. 6-16 (Tigo El Pilar)
MUNICIPIO, DEPARTAMENTO	San Juan de Pasto, Nariño
CUSTODIO	Seguridad Tigo
TELEFONO	3005891661

ESTACION B	
NOMBRE	PAS Estado
NOMENCLATURA DE GESTION	PAS Estado-43
COORDENADAS	1° 11' 35,70" N, 77° 16' 46,70" W
ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	2567
DIRECCION	Calle 12 No 4-15, B/Chapel
MUNICIPIO, DEPARTAMENTO	San Juan de Pasto, Nariño
CUSTODIO	CCM Pasto
TELEFONO	

INFORMACION ENLACE

MARCA	NEC	MODELO	Ipaso 200	CAPACIDAD EQUIPO	150Mbps
Nombre	PAS Santa Clara	Configuración General		PAS Estado	
Redundancy			1+1 Hot Standby		
Channel Spacing			28MHz		
Reference Modulation			16QAM		
E1 Mapping			4 E1 S		
STM-1 Mapping			0		
E1H Bandwidth			150Mbps		
Banda			230Hz		
Sub Banda			B		
TX RF Frequency	21563,50 MHz			22763,50 MHz	
RX RF Frequency	22763,50 MHz			21563,50 MHz	
Frequency Spacing		1200,00 MHz			
TX POWER CONTROL		MTPC			
AMR		AMR Mode			
TX POWER					
RSL MEDIDO POR LCT			-30,00dBm		
RSL CALCULADO			-30,00dBm		
LONGITUD ENLACE			0,63km		

PARAMETRO	PAS Santa Clara	PAS Estado
VOLTAJE DE ALIMENTACION	ODU 1 MAIN -48V	ODU 1 STANBY -48V
TX POWER	13dBm	13dBm
RSL MEDIDO POR LCT	-31,30dBm	30,5dBm
RSL MEDIDO AL ESTAR APAGADO EL LADO REMOTO	-93,5dBm	-92,7dBm

INVENTARIO

PAS Santa Clara				
ITEM	NOMBRE	ACTIVO	Serial	MARCA
1	IDU (sheif) MDP-400MB-1B	294469 B	143184	NEC
2	Main Board	N/A	144501	NEC
3	Option 1 - 1BE1-S	N/A	N/A	N/A
4	Option 2 - AUX-S	N/A	N/A	N/A
5	Option 3 - PS-S	N/A	225506	NEC
6	FAN	N/A	183801	NEC
7	ODU 1 IHG	N/A	43164	NEC
8	ODU 2 IHG	N/A	43195	NEC
9	HYBRIDO	N/A	13185	NEC
10	ANTENA	283127	100600555-001	RFS
11	ANTENA SD	N/A	1305m	N/A
12	I/O BOARD	N/A	CHWE120914-0663	NEC
13	CONVERSION 1	N/A	N/A	N/A
14	CONVERSION 2	N/A	N/A	N/A

PAS Estado				
ITEM	NOMBRE	ACTIVO	Serial	MARCA
1	IDU (sheif) MDP-400MB-1B	294469A	143185	NEC
2	Main Board	N/A	144502	NEC
3	Option 1 - 1BE1-S	N/A	N/A	N/A
4	Option 2 - AUX-S	N/A	N/A	N/A
5	Option 3 - PS-S	N/A	225506	NEC
6	FAN	N/A	183801	NEC
7	ODU 1 IHG	N/A	43164	NEC
8	ODU 2 IHG	N/A	43195	NEC
9	HYBRIDO	N/A	13186	NEC
10	ANTENA	283125	100600555-008	RFS
11	ANTENA SD	N/A	N/A	N/A
12	I/O BOARD	N/A	CHWE120914-0664	NEC
13	CONVERSION 1	N/A	N/A	N/A
14	CONVERSION 2	N/A	N/A	N/A

SISTEMA DE RADIACION

PAS Santa Clara					
MARCA	RFS	MODELO	SB2-220CNEC	ACTIVO	283127
TIPO	PARABOLICA SOLIDA	TAMANO (m)	0,6	POLARIZACION	V
CABLE IF	AL TURA DE LA ANTENA EN TORRE (m)	Longitud cable IF (m)	28	AZIMUT	245,838°

PAS Estado					
MARCA	RFS	MODELO	SB2-220CNEC	ACTIVO	283125
TIPO	PARABOLICA SOLIDA	TAMANO (m)	0,6	POLARIZACION	V
CABLE IF	AL TURA DE LA ANTENA EN TORRE (m)	Longitud cable IF (m)	55 x 2	AZIMUT	65,838°

RESULTADOS DE PRUEBA

PARAMETROS	PAS Santa Clara		PAS Estado	
	OK	NO	OK	NO
PRUEBA DE ALIMENTACION APAGANDO FUENTES	x		x	
PRUEBA DE CABLES Y CONECTORES	x		x	
PRUEBA DE CONMUTACION POR SOFTWARE	x		x	
PRUEBA DE CONMUTACION APAGANDO LAS MODEM	x		x	
VERIFICACION ACCESO LCT	x		x	
VERIFICACION DE ALARMAS POR LCT	x		x	
VERIFICACION GESTION	x		x	

PRUEBA DE BER

ITEM	TIEMPO DE MEDICION	RESULTADO OBTENIDO
E1	4h	0
STM 1		

POWER

PDB	CABLE	BREAKER	CONSUMO	PWR Marca

OBSERVACIONES (CRUZADAS, PROBLEMAS ENCONTRADOS, SITUACIONES ESPECIALES)

ESTADO (VISUAL)	Sí	No	Observación		
Existe elongación de los pernos de las bases de la torre, lo que genera una separación entre la placa metálica de la base de la torre y la base de concreto		X			
Se observa que la torre se esta moviendo "oscilando" demasiado		X			
<b>FORMATO DE CALIDAD DE SOPORTE E INSTALACION</b>					
Fabricación Soporte	Excelente	Buena	Regular	Malta	Observación
Soporte y piezas completamente galvanizadas en caliente	X				
Presenta algún tipo de corte, soldadura, perforación o cualquier clase de trabajo postgalvanizado sobre la estructura del soporte y/o de alguna de sus piezas	X				NO
Presenta alguna clase de fisura, rayón o imperfecto sobre la estructura del soporte y/o de alguna de sus piezas.	X				NO
Al realizar la instalación de la antena se evidenció deterioro del galvanizado del soporte y/o de alguna de sus piezas	X				NO
Los calibres del tubo, ángulos, tornillería y demás piezas del soporte son los adecuados de acuerdo al peso y tamaño de la antena.	X				SI
El tubo del soporte está fabricado en una sola pieza	X				SI
Instalación del Soporte de acuerdo a la Ingeniería	Excelente	Buena	Regular	Malta	Observación
El tipo de soporte instalado concuerda con el solicitado por <b>CLARO</b>	X				
Altura en la torre corresponde al diseño del enlace	X				
Azimut del soporte corresponde al diseño del enlace	X				
El ensamble y firmeza del soporte a la torre es completamente satisfactoria	X				
Se cumplieron los tiempos de instalación del soporte	X				
Se cumplió con la seguridad industrial durante la instalación del soporte (cuando aplique)					
CALIFICACION GENERAL	Excelente	Buena	Regular	Malta	Observación
Calidad del Soporte	X				
Calidad de la Instalación	X				

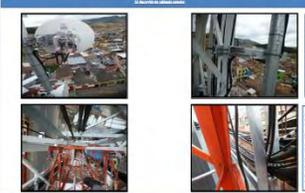
ESTADO (VISUAL)	Sí	No	Observación
Existe elongación de los pernos de las bases de la torre, lo que genera una separación entre la placa metálica de la base de la torre y la base de concreto		X	
Se observa que la torre se esta moviendo "oscilando" demasiado		X	

**FORMATO DE CALIDAD DE SOPORTE E INSTALACION**

Fabricación Soporte	Excelente	Buena	Regular	Mala	Observación
Soporte y piezas completamente galvanizadas en caliente	X				
Presenta algún tipo de corte, soldadura, perforación o cualquier clase de trabajo postgalvanizado sobre la estructura del soporte y/o de alguna de sus piezas	X				NO
Presenta alguna clase de fisura, rayón o imperfecto sobre la estructura del soporte y/o de alguna de sus piezas.	X				NO
Al realizar la instalación de la antena se evidenció deterioro del galvanizado del soporte y/o de alguna de sus piezas	X				NO
Los calibres del tubo, ángulos, tornillería y demás piezas del soporte son los adecuados de acuerdo al peso y tamaño de la antena.	X				SI
El tubo del soporte está fabricado en una sola pieza	X				SI

Instalación del Soporte de acuerdo a la Ingeniería	Excelente	Buena	Regular	Mala	Observación
El tipo de soporte instalado concuerda con el solicitado por <b>CLARO</b>	X				
Altura en la torre corresponde al diseño del enlace	X				
Azimut del soporte corresponde al diseño del enlace	X				
El ensamble y firmeza del soporte a la torre es completamente satisfactoria	X				
Se cumplieron los tiempos de instalación del soporte	X				
Se cumplió con la seguridad industrial durante la instalación del soporte (cuando aplique)	X				

CALIFICACION GENERAL	Excelente	Buena	Regular	Mala	Observación
Calidad del Soporte	X				
Calidad de la Instalación	X				





### AMR Configuration Site A

Equipment Setup - AMR / Radio Mapping Configuration

Reference

SW (GPI)	HW (GPI)
141101 Standby	No. 1
No. 2	No. 2

AMR Operation

AMR Mode	AMR Mode
AMR Mode	Not Used

AMR Range

320AM	Used
320AM	Used
420AM	Used
1202AM	Used
2202AM	Used
320AM	Used
420AM	Used
1202AM	Used
2202AM	Used

Radio Mapping

320AM	420AM	1202AM	2202AM
420M	020M	020M	020M
420AM	420M	020M	1202AM
1202AM	420M	020M	1202AM
2202AM	420M	020M	1202AM

### AMR Configuration Site B

Equipment Setup - AMR / Radio Mapping Configuration

Reference

SW (GPI)	HW (GPI)
141101 Standby	No. 1
No. 2	No. 2

AMR Operation

AMR Mode	AMR Mode
AMR Mode	Not Used

AMR Range

320AM	Used
320AM	Used
420AM	Used
1202AM	Used
2202AM	Used
320AM	Used
420AM	Used
1202AM	Used
2202AM	Used

Radio Mapping

320AM	420AM	1202AM	2202AM
420M	020M	020M	020M
420AM	420M	020M	1202AM
1202AM	420M	020M	1202AM
2202AM	420M	020M	1202AM

## Network Management Config Sitio A

## Network Management Config Sitio B

### General Setting

Equipment Setup - Network Management Configuration - General Setting

IP Address Setting (Bridge1)

IP Address	10.42.224.4
Subnet Mask	255.255.255.0
Default Gateway	10.42.224.1

NMS Port Setting

Connect NMS Port to NMS	Yes
Connect NMS Port to NMS	Yes

### General Setting

Equipment Setup - Network Management Configuration - General Setting

IP Address Setting (Bridge1)

IP Address	10.42.224.4
Subnet Mask	255.255.255.0
Default Gateway	10.42.224.1

NMS Port Setting

Connect NMS Port to NMS	Yes
Connect NMS Port to NMS	Yes

### General Setting (Detail)

Equipment Setup - Network Management Configuration - General Setting (Detail)

NMS Port Setting

Item	Usage	Auto Negotiation	Speed	Duplex	Flow Control
NMS	Used	Enabled	100 (Mbps)	Full	Not Used
NMS	Not Used	Not Used	Not Used	Not Used	Not Used

Subnet Management VLAN Setting

Item	Item	Item	VLAN ID	VLAN ID	VLAN ID
Item	Item	Item	Item	Item	Item
Item	Item	Item	Item	Item	Item
Item	Item	Item	Item	Item	Item
Item	Item	Item	Item	Item	Item

Ethernet Port Setting

Item	Usage	Auto Negotiation	Speed	Duplex	Flow Control
NMS	Used	Enabled	100 (Mbps)	Full	Not Used
NMS	Not Used	Not Used	Not Used	Not Used	Not Used

Auto Discovery Setting

Item	Port Name	Link Status	Discovery Usage	LLDP Mode
NMS	Link Down	Used	Standard	Standard
NMS	Link Down	Used	Standard	Standard
Auto Base - Port1	Link Up	Not Used	Standard	Standard

### General Setting (Detail)

Equipment Setup - Network Management Configuration - General Setting (Detail)

NMS Port Setting

Item	Usage	Auto Negotiation	Speed	Duplex	Flow Control
NMS	Used	Enabled	100 (Mbps)	Full	Not Used
NMS	Not Used	Not Used	Not Used	Not Used	Not Used

Subnet Management VLAN Setting

Item	Item	Item	VLAN ID	VLAN ID	VLAN ID
Item	Item	Item	Item	Item	Item
Item	Item	Item	Item	Item	Item
Item	Item	Item	Item	Item	Item
Item	Item	Item	Item	Item	Item

Ethernet Port Setting

Item	Usage	Auto Negotiation	Speed	Duplex	Flow Control
NMS	Used	Enabled	100 (Mbps)	Full	Not Used
NMS	Not Used	Not Used	Not Used	Not Used	Not Used

Auto Discovery Setting

Item	Port Name	Link Status	Discovery Usage	LLDP Mode
NMS	Link Up	Used	Standard	Standard
NMS	Link Down	Used	Standard	Standard
Auto Base - Port1	Link Up	Not Used	Standard	Standard

### General Setting (Detail)

Equipment Setup - Network Management Configuration - General Setting (Detail)

IE Branch Setting

Branch Number	1 Branch
Default Gateway	10.42.224.1

Subnet Management

Item	Bridge No.	Bridge IP Address	Bridge Subnet Mask
NMS	01	10.42.224.4	255.255.255.0
NMS	01	10.42.224.4	255.255.255.0
NMS	01	10.42.224.4	255.255.255.0

H-Plane Bandwidth Limitation

Bandwidth Limitation	Disable
Bandwidth Limitation	Disable
Bandwidth Limitation	Disable

H-Plane Priority

Cost	7
Cost	7

NMS Port Setting

Connect NMS Port to NMS	Yes
Connect NMS Port to NMS	Yes

LLT Port Setting

Bandwidth Limitation	Any
Bandwidth Limitation	Any

### General Setting (Detail)

Equipment Setup - Network Management Configuration - General Setting (Detail)

IE Branch Setting

Branch Number	1 Branch
Default Gateway	10.42.224.1

Subnet Management

Item	Bridge No.	Bridge IP Address	Bridge Subnet Mask
NMS	01	10.42.224.4	255.255.255.0
NMS	01	10.42.224.4	255.255.255.0
NMS	01	10.42.224.4	255.255.255.0

H-Plane Bandwidth Limitation

Bandwidth Limitation	Disable
Bandwidth Limitation	Disable
Bandwidth Limitation	Disable

H-Plane Priority

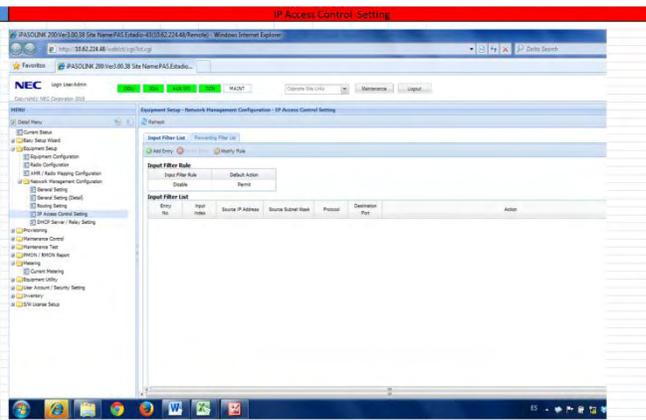
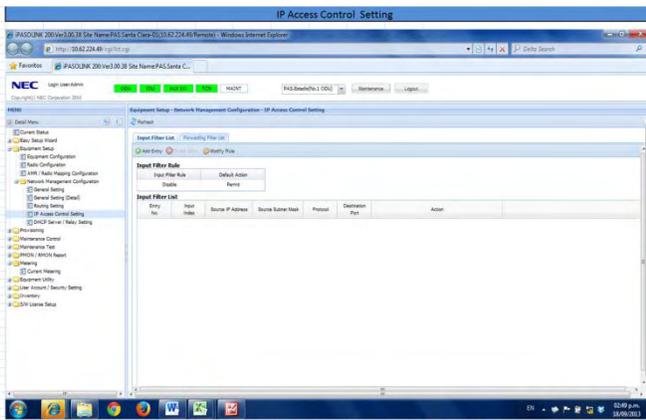
Cost	7
Cost	7

NMS Port Setting

Connect NMS Port to NMS	Yes
Connect NMS Port to NMS	Yes

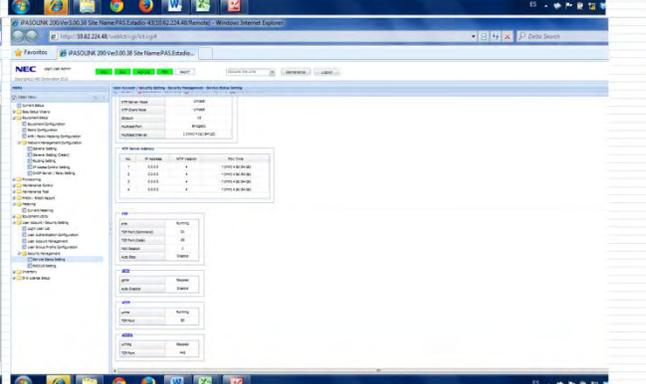
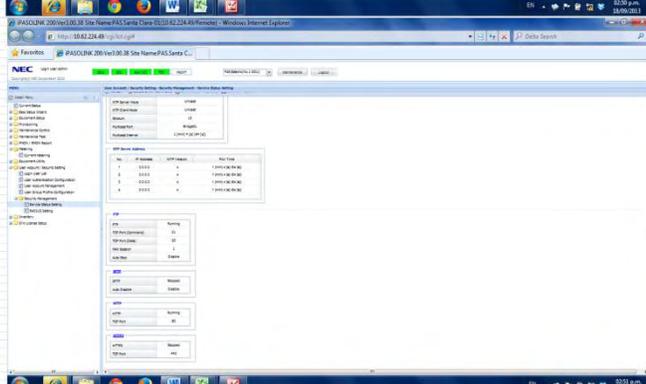
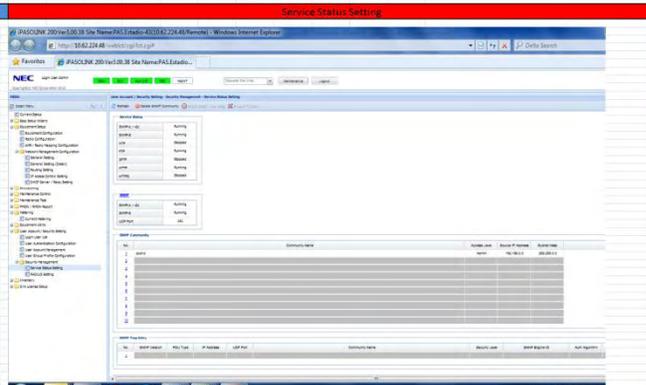
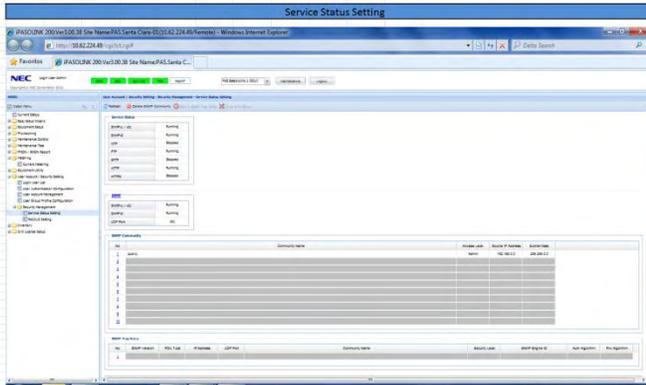
LLT Port Setting

Bandwidth Limitation	Any
Bandwidth Limitation	Any



**Security Management Sitio A**

**Security Management Sitio B**

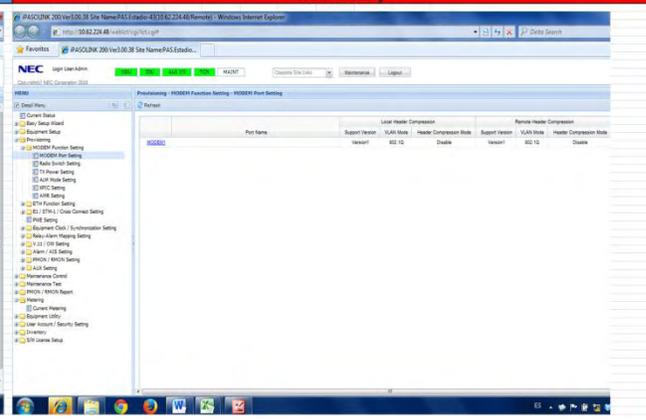
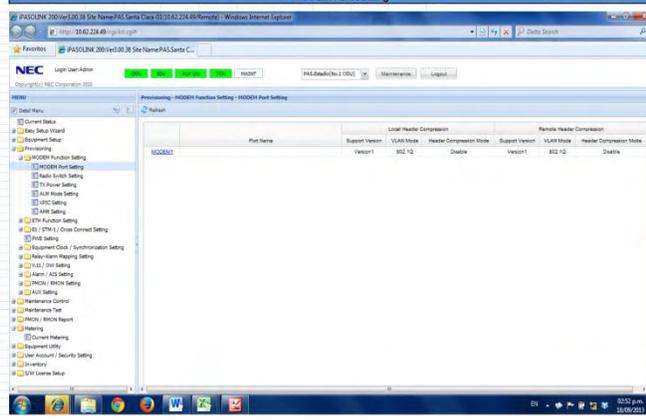


**MODEM Function Setting Sitio A**

**MODEM Function Setting Sitio B**

**MODEM Port Setting**

**MODEM Port Setting**



CAMBIOS EN ENLACES	ESTACION A	ESTACION B
<b>DESCRIPCION:</b> Instalar Enlace Microondas de 1 STM1s, entre estaciones PAS.Santa Clara y PAS.Estadio	<b>PAS.Santa Clara</b>	<b>PAS.Estadio</b>
Dirección:	TORRE ATC (TIGO EL PILAR) CII. 13 No. 6-16	Calle 12 # 4-15 B/Chapal
Radio:	Agregar 4 puertos cada uno con capacidad de 1 E1s Agregar 1 puertos cada uno con capacidad de 50 E1s	Agregar 1 puertos cada uno con capacidad de 50 E1s Agregar 4 puertos cada uno con capacidad de 1 E1s
Modelo Radio:	NEC iPasolink 200_155M	NEC iPasolink 200_155M
Latitud:	1° 11' 43,98" N	1° 11' 35,70" N
Longitud:	77° 16' 28,33" W	77° 16' 46,79" W
Azmut:	245,838°	65,838°
Altitud (snm)(m):	2400	2567
Antenas		
Modelo :	VHLP2-23	VHLP2-23
Tipo :	Horn	Horn
Altura :	28	30
Diámetro :	0,6	0,6
Polarización :	Vertical	Vertical
Banda / SubBanda (GHz):	23 GHz / B	23 GHz / B
Frecuencia (Mhz):	21563,5	22763,5
Configuración - Redundancia:	1+1 HS	1+1 HS
Potencia Transmisión (dBm):	13	13
Modulación:	128QAM	128QAM

Información Enlace	
Numero Red:	
Distancia (Km):	0,625 Km
Nivel Esperado (dBm):	-30
Capacidad de Transmisión (Mbps):	155
Solicitud equipos a bodega N°:	0
Enlace del pedido:	
Enlace número:	0
Instalador:	

