

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y**  
**AMBIENTAL**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y**  
**TELECOMUNICACIONES**



**ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED 4G LTE EN**  
**EBCs UBICADAS EN LA URBANIZACIÓN SAN GABRIEL**  
**ALTO, DISTRITO DE VILLA MARÍA DEL TRIUNFO - LIMA**

TEMA DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER  
ALEXANDER ROBERT CAPCHA VILCA

**LIMA – PERÚ**

**2015**



Quiero dedicar este trabajo en primer lugar a Dios por haberme brindado mucha fortaleza, a mis padres, a mis abuelos, a mi madrina y padrino por apoyarme y por depositar toda su confianza en mí.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero comenzar agradeciendo a aquellas personas que me animaron a emprender este trabajo de investigación, de igual manera a mi Centro de Estudio y docentes que con su amplia experiencia nos transmitieron su valioso conocimiento los cuales han sido y siguen siendo muy importantes para nuestro desarrollo profesional. Agradezco también a todos los miembros de mi familia por su apoyo incondicional y enseñarme a no darme por vencido. Por último darle las gracias a Dios por haberme guiado por el camino correcto.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>xi</b>
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>1</b>
1.1. Descripción de la realidad Problemática.....	1
1.2. Justificación del Problema .....	2
1.3. Delimitación de la investigación .....	3
a) Conceptual.....	3
b) Espacial .....	3
c) Temporal.....	3
1.4. Formulación del Problema.....	4
1.5. Objetivos .....	4
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1. Antecedentes .....	5
2.2. Bases Teóricas.....	7
2.2.1 Evolución de la Telefonía Móvil.....	8
2.2.1.1. Generalidades de la 1ra Generación .....	8
2.2.1.2. Generalidades de la 2da Generación .....	8
2.2.1.3. Generalidades de la 3era Generación .....	13
2.2.1.4. Generalidades hacia la 4ta Generación.....	16
2.2.2 Esquemas de Duplexion de Frecuencias .....	21
2.2.2.1 Modos de Transmisión FDD / TDD.....	21
2.2.2.2 Modo de transmisión OFDM / OFDMA / SC-FDMA ..	22
2.2.3 Reutilización de Frecuencias .....	23
2.2.3.1 Redes Celulares con tecnología GSM.....	23
2.2.3.2 Redes Celulares con tecnología CDMA .....	23
2.2.3.3 Redes Celulares con tecnología UMTS.....	24
2.2.4 Licitación del Espectro Celular en Perú.....	24
2.2.4.1 Concesión .....	25
2.2.4.2 Banda AWS.....	25
2.2.4.3 Adjudicación de la banda AWS .....	26
2.2.5 Descripción de los Equipos NSN para implementación 4G LTE .....	27

2.2.5.1	Equipo Flexi Multiradio BTS System Module FSMF	27
2.2.5.2	Módulo de Integración FPDF	30
2.2.5.3	Módulo Opcional Integrado de Transmisiones	31
2.2.5.4	Módulo Opcional de Banda Base FBBA	32
2.2.5.5	Módulo RF Flexi Remote Radio Head – RH	32
2.2.5.6	OVP: Overtage Protection Device	34
2.2.5.7	Cable de Fibra Óptica: FYTF Óptical Cable LC	35
2.2.5.8	SFP: Small Form-Factor Pluggable Transceptor	36
2.2.5.9	Antenas Sectoriales	36
2.2.5.10	Equipos de Transmisión	37
2.2.5.11	Infraestructura Física de una EBC	39
2.3	Marco Conceptual	42
2.3.1	Determinación de términos básicos	42

### **CAPÍTULO III: ESTUDIO E IMPLEMENTACION DE UNA RED 4G LTE EN ESTACIONES BASE CELULARES**

3.1	Descripción del Proyecto	47
3.2	Estudio de campo para implementación de tecnología 4G en las Estaciones Base Celulares	48
3.3	Plan de Implementación Futura 4G en la Urb. San Gabriel Alto	49
3.4	Instalación de Equipos Nokia Network Solutions	51
3.4.1.	Instalación de FMFA –PLINTH	51
3.4.2.	Instalación Equipo Flexi Multiradio BTS System Module	55
3.4.3.	Instalación de OVP FSES – FSEC	58
3.4.4.	Instalación del Sistema Radiante	64
3.4.5.	Energizado de Modulo RRH y FSMF	68
3.4.6.	Cableado de Transmisión	69
3.4.7.	Estándar de Etiquetas 4G LTE	69
3.5.	Consolidación de Resultados	72
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>74</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>75</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>76</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>77</b>

# LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1: Arquitectura GSM.....	9
Figura 1.2: Arquitectura GPRS.....	11
Figura 1.3: Equipo Físico SGSN .....	13
Figura 1.4: Equipo Físico GGSN.....	13
Figura 1.5: Arquitectura UMTS.....	14
Figura 1.6: Tráfico CS y PS.....	16
Figura 1.7: Arquitectura LTE.....	18
Figura 1.8: Interfaz en EUTRAN.....	18
Figura 1.8: Interfaz en la Arquitectura LTE.....	18
Figura 2.1: Modo de Transmisión FDD y TDD.....	22
Figura 2.2: OFDM y SC-FDMA.....	23
Figura 3.1: Bloque AWS asignado.....	26
Figura 4.1: Interfaces del Módulo FSMF.....	31
Figura 4.2: Módulo FPF.....	31
Figura 4.3: Panel de Control FPF.....	31
Figura 4.4: Módulo RF – RRH.....	32
Figura 4.5: Diagrama de Bloque - RRH .....	33
Figura 4.6: Equipo Físico RRH.....	33
Figura 4.7: Configuración FSMF – RRH.....	34
Figura 4.8: FSEC y FSES.....	35
Figura 4.9: Estructura Conector LC .....	36
Figura 4.10: Dimensión Conector LC.....	36
Figura 4.11: SFP Transceiver.....	36

Figura 4.12: IDU SIAE ALC PLUS2.....	39
Figura 4.13: Geografía de las EBC.....	40
Figura 4.14: Hardware en EBCs.....	41
Figura 5.1: Dimensiones del PLINTH.....	51
Figura 5.2: Instalación del PLINTH.....	51
Figura 5.3: 2do Caso de Instalación de PLINTH.....	53
Figura 5.4: Taco Expansor .....	53
Figura 5.5: PLINTH fijado en el concreto.....	54
Figura 5.6: PLINTH fijado en el muro.....	54
Figura 5.7: Fijación de Kit de montaje VMPB.....	55
Figura 5.8: Fijación de Kit de montaje FPKA.....	56
Figura 5.9: Instalación de Módulo FPDF.....	57
Figura 5.10: Presentación del cableado DC del módulo FPDF.....	57
Figura 5.11: Fijación del FSMF en PLINTH.....	58
Figura 5.12: Aterramiento FSMF.....	59
Figura 5.13: Aterramiento RRH en EGB.....	59
Figura 5.14: Conexión Interna FSEC.....	60
Figura 5.15: Aterramiento de OVP FSEC.....	60
Figura 5.16: Instalación de OVP FSEC.....	61
Figura 5.17: Instalación de OVP FSES.....	62
Figura 5.18: Conexión al Módulo FPDF.....	63
Figura 5.19: Presentación Final de OVP.....	64
Figura 5.20: Antena COMBA ODV-065R18J18J.....	65
Figura 5.21: Presentación final del Módulo RRH.....	66
Figura 5.22: Vulcanizado Final.....	68
Figura 5.23: Recorrido y Conexión de AMPLENOL.....	69
Figura 5.24: Presentación de Fibra Óptica.....	70

Figura 6.1: Aceptación de Implementación 4G LTE.....	72
Figura 6.2: Aceptación de Etiquetado Correcto.....	73
Figura 6.3: BTS Site Manager.....	77
Figura 6.4: BTS Site Manager.....	77
Figura 6.5: BTS Site Manager.....	78
Figura 6.6: BTS Site Manager.....	78
Figura 6.7: Configuración Correcta.....	79
Figura 6.8: Error VSWR en un Sector.....	79
Figura 6.9: Ancho del Haz DUAL BAND COMBA.....	81
Figura 6.10: Ancho del Haz TRI BAND COMBA.....	82
Figura 6.11: Especificación Antena COMBA QUAD BAND.....	83
Figura 6.12: Armado del Jumper.....	84
Figura 6.13: FSMF Frontal equipado con sus respectivas tarjetas.....	85
Figura 6.14: FSME y FSMF.....	85
Figura 6.15: Planta SALA de EBC.....	86
Figura 6.16: Planta TORRE de EBC.....	87

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Rango de Frecuencias en concesión.....	26
Tabla 2: Descripción de Interfaces FSMF.....	29
Tabla 3: Módulos de Transmisión.....	32
Tabla 4: Descripción RRH.....	33
Tabla 5: Información Básica de EBC en San Gabriel Alto.....	49
Tabla 6: Asignación de Cell ID a las EBC ubicadas en San Gabriel Alto.....	49
Tabla 7: Parámetros del Sistema Radiante.....	50
Tabla 8: Etiquetas grandes para el 4G.....	71
Tabla 9: Etiquetas chicas para el 4G.....	71
Tabla 10: Alarma Externa NodeB.....	80

# INTRODUCCION

El despliegue de las telecomunicaciones juega un papel fundamental en el desarrollo del país. Hoy en día el término 4G LTE ya no es un término ajeno pero ¿Cómo empezó todo este cambio?

El término 4G LTE se escuchó por primera vez en nuestro país a mediados del año 2013 con la licitación de la banda AWS para brindar dicho servicio, dicha licitación la ganó 2 de los 4 operadores de telefonía móvil que fueron Telefónica Móviles y Americatel Perú con la condición que pasado el cierre del proceso se tendría como plazo máximo 1 año para que brinden el servicio LTE operativo en el Perú y con el tiempo en contra era obvio pensar que oportunidades de trabajo se generarían.

Las preguntas que las personas inmersas a las telecomunicaciones, incluyéndome era ¿Cómo se lograría implementar la Tecnología 4G LTE en las Estaciones Bases Celulares? o ¿En verdad se logrará alcanzar esas velocidades? Entre muchas más pero para obtener las respuestas se empezará este nuevo proceso de estudio e implementación de equipos para que este proyecto sea una realidad.

Tener en mente que el principal aspecto del estudio, implementación de las redes 4G LTE en el Perú es la integración de distintas tecnologías radio sobre una red basada totalmente en IP, que proporcione movilidad de usuario y que soporte la calidad de servicio requerida por las aplicaciones.

Para esta implementación se hará uso de equipos de Nokia Solutions Networks.

Al final de este trabajo caso se podrá contar con una guía, un estándar para toda persona aquella que está inmersa en el mundo de las telecomunicaciones que se debe tomar en cuenta para el estudio e implementación de equipos NOKIA en las EBCs para brindar el servicio de 4G LTE.

La estructura que hemos seguido en este proyecto se compone de 3 capítulos. El Primer Capítulo Comprende el Planeamiento del Problema, el Segundo Capítulo el Desarrollo del marco teórico y el tercer capítulo corresponden al desarrollo del proyecto.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

En la actualidad, gran parte del Perú está viviendo un cambio que no se esperaba que fuera a ser tan radical. Nos referimos claramente a los Smartphone, poniendo como ejemplo a Estados Unidos que en el año 2010 empezó a reemplazar los celulares tradicionales por los Smartphone y que hasta el año pasado tenía el 73% de los Smartphone con sistema operativo Android. Fue tanto el cambio que a mediados del 2010 ocurrió un hecho histórico en el cual el tráfico de datos en las redes móviles había superado al tráfico de voz. Ahora, con la gran demanda por parte de la población por tener un Smartphone con la finalidad de siempre estar conectados en redes sociales y/o tener a la mano un medio para acceder a la información, y a eso sumándole la llegada de la Red 4G LTE a nuestro país en los distintos operadores hace que con este nuevo servicio que se brinde al usuario; disfrute una mayor satisfacción al momento de navegar por la red.

Pero no todo es felicidad puesto que este servicio no se ha venido brindando en varios distritos de la capital como en la zona Sur, y pongo como ejemplo la Urbanización de San Gabriel Alto ubicado en el distrito de Villa María del Triunfo y es por ello que el motivo de este proyecto es para desarrollar, estudiar e implementar las EBC de Telefónica ubicadas en la urbanización mencionada y poder brindar el servicio 4G LTE.

Está claro que el trabajo de implementación implica un estudio previo por parte de Ingenieros / Técnicos con conocimientos en Telecomunicaciones, pero a la vez el esfuerzo por parte de la empresa de brindar este servicio a todas las zonas para hacer realidad y experimentar la nueva red 4G LTE acompañado de un Smartphone y aprovechar al máximo esta tendencia que ha marcado claramente el día a día de los peruanos y el mundo.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

La reforma en telefonía móvil para el 4G LTE empezó cuando funcionarios de Pro Inversión y el Ministerio de Transporte y Comunicaciones otorgaron el 22 de Julio del 2013 la buena pro de la concesión por 20 años del Bloque A de la banda AWS de 1710-1770 MHz y 2110-2170 MHz a Telefónica por un monto de \$152.2 millones.

No es casualidad que la mitad de los teléfonos importados en lo que va del año sean Smartphone. Es notorio que los usuarios consumidores al servicio 2G han despertado recién el interés por migrar a una red 3G que viene ya desde hace algunos años atrás, y a la vez los usuarios del ya conocido 3G hayan decidido aversarse por su migración al 4G LTE porque claramente saben la diferencia, las ventajas que tiene esta nueva tecnología respecto de la otra.

Hace 8 meses el despliegue de las redes 4G LTE ya se veía reflejado en la capital, en la parte más concurrida de Lima; me refiero a San Borja, Miraflores, San Miguel, La Molina, Cercado de Lima, San Isidro, Surco. Yo, como partícipe de este proyecto que consistió en estudios de campo e implementación de las EBC me pregunté ¿Por qué no realizar un documento que describa cada proceso que se tiene en cuenta al momento de querer plantear e instalar una nueva tecnología? Y ¿Por qué no plantearlo en la Urbanización en donde vivo, San Gabriel Alto? Es por ello que nace la idea de realizar un estudio de campo en las Estaciones Bases Celulares de Telefónica Móviles y plantear una implementación de equipos de radio para poder desplegar la red 4G LTE para la parte sur de Lima en donde se encuentra la urbanización San Gabriel Alto que

pertenece al distrito de Villa María del Triunfo y hacer que los usuarios experimenten las mismas experiencias que sienten cuando están en las zonas donde está implementada este servicio. Además como propósito secundario el de dar una visión global de los trabajos que se desempeñan en una implementación de este tipo.

### **1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

#### a) Conceptual

El presente proyecto tiene una cobertura a nivel de Telefónica del Perú, que pretende desarrollar un adecuado Plan de infraestructura, diseño para la implementación del Servicio 4G LTE en toda la urbanización San Gabriel Alto ubicada en el distrito de Villa María del Triunfo-Lima.

Académicamente, el proyecto se encuentra enmarcado dentro del área de la Ingeniería Electrónica y de las Telecomunicaciones aplicando conocimientos en las siguientes áreas:

- ✓ Optimización/Radio
- ✓ Transmisión
- ✓ Mantenimiento EBC
- ✓ Fibra Óptica
- ✓ Red 2G, 3G
- ✓ AutoCAD - Planos
- ✓ Eléctrica

#### b) Espacial

El proyecto se realizó en las EBC VALLECITO, EBC SAN\_GABRIELITO\_ALTO ubicadas en la urbanización San Gabriel Alto, Distrito de Villa María del Triunfo.

#### c) Temporal

El desarrollo del presente proyecto caso fue llevado a cabo durante los meses comprendidos entre Marzo y Julio del 2014 para los distritos céntricos de Lima, en el caso de la Urb. San Gabriel Alto ese proyecto se llevó acabo en enero y febrero del 2015.

#### **1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo realizar un estudio de campo, levantamiento de información y luego la implementación de una red 4G LTE en Estaciones Bases Celulares de la operadora MOVISTAR ubicadas en la Urbanización San Gabriel Alto, Distrito de Villa María del Triunfo?

#### **1.5. OBJETIVOS**

- Descripción de los pasos a seguir para un estudio de campo, implementación y puesta en funcionamiento los equipos de radio en las estaciones bases celulares de la operadora MOVISTAR, Telefónica del Perú para poder brindar el servicio 4G LTE en la Urbanización San Gabriel Alto.

## **CAPÍTULO II**

# **MARCO DE REFERENCIA TEORICO Y CONCEPTUAL**

### **2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

En el trayecto del presente trabajo, se encontraron proyectos de tesis relacionados a las redes móviles pero exactamente de tecnologías anteriores como lo han sido el 2G y el 3G que sirvieron de mucha ayuda para la elaboración de mi proyecto de investigación, entre los cuales podré citar los siguientes:

“Ejemplo de diseño e implementación de una estación base GSM/UMTS” – Universidad Politécnica de Valencia – España, presentado por el Sr. Víctor M. Fernández Salmerón en el 2010, que concluyó lo siguiente: “Descripción de los pasos a seguir para la instalación y puesta en funcionamiento de una estación base de telefonía móvil, ofreciendo cobertura GSM y UMTS. Se pretende con este documento que el lector obtenga una visión global de los trabajos que se desempeñan en una instalación de esta envergadura, así como la multitud de personas cualificadas que intervienen en cada parte del proyecto”

“Proyecto EVO 900. Implantación del sistema UMTS 900 MHz en estación base de Telefónica” - Universidad de Zaragoza, Escuela de Ingeniería y Arquitectura – España, presentado por la ingeniera Ana Ibars Cortez en el 2013, que concluyó lo siguiente:” El despliegue de equipos para la nueva

portadora de 900Mhz en las estaciones bases da por finalizado el problema 2.1Ghz como por ejemplo el no ser capaz de superar obstáculos físicos de considerable envergadura ni cubrir grandes áreas de cobertura pero al implementar este proyecto y darlo por hecho se conseguirá que la red Movistar brinde una cobertura de servicios sobre la Banda Ancha Móvil UMTS/3G.”

“Arquitectura de Red de Acceso Móvil de Cuarta Generación: Mobile-IP RAN” – universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Telemática, presentado por el Ingeniero Electrónico Alberto J. Montilla Bravo en el 2009, que concluyó en lo siguiente: “Esta nueva arquitectura permite compartir la infraestructura de acceso radio entre las distintas tecnologías radio existentes, simplificando la red y los costos asociados. Asimismo, los proveedores de servicios móviles podrán incorporar de forma íntegra nuevas tecnologías radio, sin necesidad de añadir más infraestructura que la equivalente a las estaciones base.”

“Efecto de las redes de Cuarta Generación LTE en los servicios móviles en Chile” – Universidad De Chile, presentado por el Ingeniero Nicolás Antonio López Muñoz en el 2011, concluye en lo siguiente: “Los sistemas de banda ancha ofrecidos por LTE serán posibles en el territorio nacional, ya que las compañías locales tienen todas las posibilidades técnicas y regulatorias para incorporar LTE. Además, la incorporación de nuevas redes de banda ancha HSPA+ logrará fomentar el uso de la BAM, generando mayor interés por sistemas que siguen la línea de LTE. La llegada de LTE permitirá a las compañías operadores competir con la banda ancha fija ya que ofrecerá una experiencia de usuario similar, lo que permitirá un desarrollo del mercado móvil, las posibilidades técnicas y regulatorias para incorporar LTE.

“Diseño de una red de nueva generación LTE-A para una zona urbana en Bogotá bajo el estándar 4gpp y la recomendación ITU-R M.1457” – Universidad Nacional de Colombia, presentado por el Ingeniero Jimmy Alexander Núñez Coral en el 2013, concluye en lo siguiente: “la implementación de tecnologías NGN como LTE-A cumple las especificaciones de la recomendación ITU-R M.1457 tanto en aspectos

técnicos como de cobertura y servicio para redes de alta velocidad la cual se adoptó como la tecnología a usar bajo denominación de tecnología 4G”

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

Si bien no se hablará acerca de la 1ra generación de telefonía móvil, este mismo fue el inicio de las telecomunicaciones en el área de la red celular en el Perú sin dejar de lado el área de radiodifusión, al primer contacto radiofónico desde el distrito de Magdalena, recibiendo respuesta de Panamá por los años 30s. Años más tarde, 1994 la telefonía fija ya era una realidad el cual fue tomada por la llegada del gigante español Telefónica del Perú (compra de CPT y ENTEL). Asimismo ya se daba la aparición de un sistema celular digital CDMA. En el año 2000, Telecom Italia Mobile Phone obtiene concesión la primera banda PCS (Sistema de Comunicaciones Personales), con una oferta de 180 millones de dólares, superando la propuesta de Teléfonos México (TELMEX) y el precio base fijado en 47 millones de dólares. En el 2001, TIM inicia sus operaciones utilizando tecnología GSM, la cual ofrecía menores tarifas por minuto y nuevos servicios. En el año 2005, América Móvil, una de las dos mayores telefonías celulares de Latinoamérica, anunciaba la adquisición del 100% de la segunda operadora móvil peruana, TIM Perú, por 503 millones de dólares. América Móvil fue la primera empresa en lanzar el servicio 3G sobre una plataforma GSM, usando la tecnología HSDPA en la banda de 850Mhz a una velocidad de hasta 1.5Mbps. Con el pasar de los años, se ha ido desarrollando cada vez más la telefonía móvil, generando así la creación de nuevos operadores de telefonía, además de generar una competencia por quien de todas logra desarrollar e innovar la infraestructura de la red dando un giro que supere las expectativas de los clientes al formar parte de la nuevas tendencias como lo está siendo la red 4G LTE.

## **2.2.1 Evolución de la Telefonía Móvil**

### **2.2.1.1 Generalidades de la 1ra Generación**

La 1G de la telefonía móvil hizo su aparición en 1979, se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces de voz era muy baja, baja velocidad (2400 bauds), la transferencia entre celdas era muy imprecisa, tenían baja capacidad (basadas en FDMA, Frequency Division Multiple Access) y la seguridad no existía. La tecnología predominante de esta generación fue AMPS (Advanced Mobile Phone System).

### **2.2.1.2 Generalidades de la 2da Generación**

La 2G arribó hasta 1990 y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital. El sistema 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados y son los sistemas de telefonía celular usados en la actualidad. Las tecnologías predominantes son: GSM (Global System for Mobile Communications); IS-136 (conocido también como TIA/EIA-136 o ANSI-136) y CDMA (Code División Múltiple Access) y PDC (Personal Digital Communications), éste último utilizado en Japón.

Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas para voz pero limitados en comunicaciones de datos. Se pueden ofrecer servicios auxiliares tales como datos, fax y SMS (Short Message Service). La mayoría de los protocolos de 2G ofrecen diferentes niveles de encriptación. En los Estados Unidos y otros países se le conoce a 2G como PCS (Personal Communications Services).

La generación 2.5G ofrece características extendidas para ofrecer capacidades adicionales que los sistemas 2G tales como GPRS (General Packet Radio System), HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution), IS-136B, IS-95B, entre otros.

## Arquitectura de referencia GSM

Para el intercambio de datos entre los equipos que conforman una red GSM, se han normalizado interfaces definidas entre cada pareja de entidades tal como se observa en la Figura 1.1

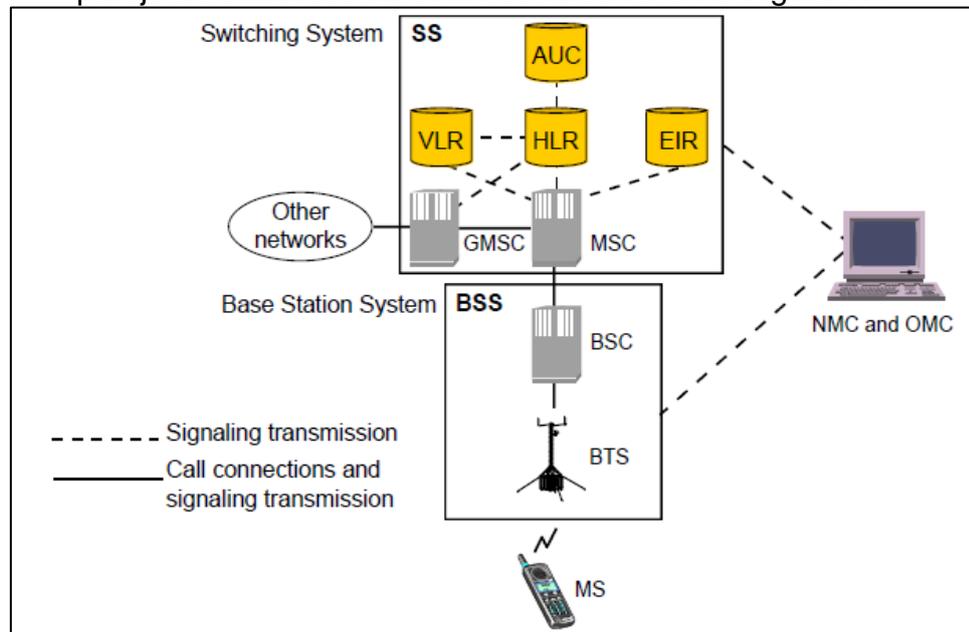


Figura 1.1: Arquitectura GSM

**BTS** (Base Transceptor Station): realiza los procesos de TX-RX y procesamiento de la señal recibida. Cada BTS puede tener entre 1 y 16 radiocanales asignados. Además forma el multiplex GSM, realiza medidas de la señal radio proveniente del móvil, establece el enlace radio con el usuario móvil (modulación, demodulación, igualación, codificación, etc.). Gestión del time – advance, control de potencia, operación y mantenimiento.

**BSC** (Base Station Controller): Constituye el primer nivel de concentración de tráfico hacia la red con el objetivo de minimizar costos de transmisión. Asimismo, gestiona y controla las BTS, responsable de la asignación y liberación de radiocanales con el móvil y de canales terrestres con la red. También, fija el contenido de los canales de radiodifusión y asigna los mensajes de paging. Gestiona los procesos de transferencia Handover bajo su control. Ejecuta los algoritmos de gestión de potencia y cifrado.

**MSC** (Mobile Switching Center): es una central de conmutación responsable del control de llamada: establecimiento, mantenimiento y liberación de una comunicación. Controla varias BSC. Además es responsable de la gestión de movilidad (localización y autenticación) en conjunto con HLR y VLR. Handover entre distintas BSC.

**GMSC**: es la interfaz de la red fija con la red móvil. Sus funciones son las de enrutador de las llamadas hacia/desde el exterior (PSTN, ISDN) desde/hacia un móvil y de la facturación.

**HLR** (Registro localización del abonado): es una base de datos que almacena la identidad y los datos de los usuarios abonados, independientemente de la localización real de los mismos en un determinado momento.

Proporciona los datos necesarios al GMSC para localizar al móvil cuando se desea establecer una llamada dirigida hacia éste.

- MSISDN: número telefónico para llamarle desde la red pública.
- IMSI: International Mobile Subscriber Identity.

Datos de localización de la VLR: LMSI (puntero, número de registro o expediente asociado a un abonado).

- VLRID: identificador de las distintas VLR.
- Tripletas de autenticación: SRES, Kc y RAND.

**VLR** (Registro de localización visitante): Es una base de datos controlada por la MSC que contiene toda la información relevante de los terminales móviles que en un momento están en el área de localización controlada por el VLR. Realiza en la MSC la autenticación del móvil. Actúa como caché del HLR.

Usualmente está incorporado al MSC o GMSC del que forma parte y se conecta con otros VLR y HLR a través del sistema de señalización SS7.

**AUC** (Centro de autenticación): gestiona los datos de seguridad y autenticación de los abonados. Proporciona al HLR los valores

de (RAND, RED y Kc) que permiten la autenticación del móvil en cada MSC/VLR.

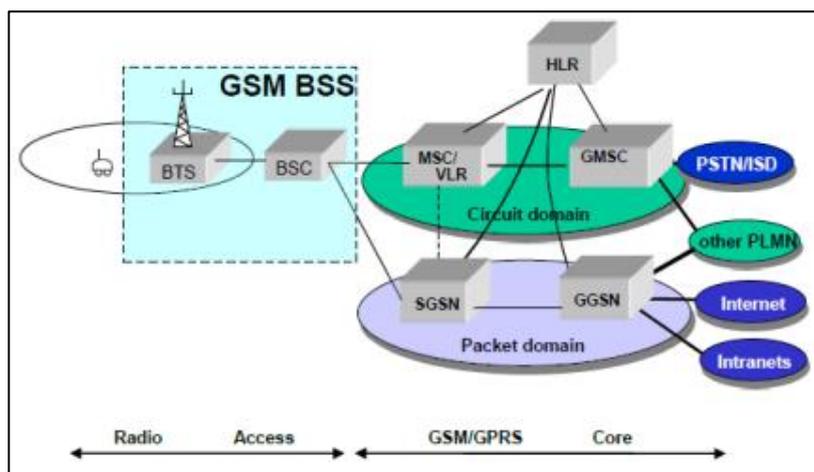
**EIR** (Registro Identificación de Equipos): es una base de datos mundial, contiene listas con números de serie de equipos móviles que debido a algún defecto o porque han sido robados no deben acceder a la red.

Además, contiene otra con los valores del IMEI (International Mobile Equipment) permitidos.

### **Evolución de GSM a GPRS**

Se agregan nuevos elementos cuando GSM evoluciona al GPRS y EDGE, que se observan en la Figura 1.2, el SGSN y GGSN que manejan la parte de datos cuando el usuario ingresa a GPRS o EDGE

EDGE es el puente entre las redes 2G y 3G y se considera una evolución de GPRS. Así como la tecnología GPRS complementó a GSM con la adición de una codificación adaptativa, EDGE complementa a GPRS con la introducción de la modulación adaptativa. EDGE puede alcanzar una velocidad de transmisión de 384 Kbps en modo de paquetes, con lo cual cumple los requisitos de la ITU, para una red 3G. Observar la Figura 1.2.



**Figura 1.2: Arquitectura GPRS**

**SGSN** (Server GPRS Support Node): Principal componente de una red GPRS. Está conectado al BSC por medio de la interfaz

Gb y constituye para el terminal móvil el punto de acceso al servicio de la red GPRS.

En la Figura 1.3 se puede observar un equipo SGSN.

Un SGSN puede servir a un gran número de BSS (BTS + BSC).

Sus funciones:

- ✓ Soportar la interfaz Gb con la BSC
- ✓ Gestionar autenticación de los terminales móviles GPRS y, si este proceso se completa con éxito, encargarse de su registro en la red GPRS y de su gestión de movilidad.
- ✓ Recoger datos necesarios para generar CDRs de facturación y enviarlos al CG.
- ✓ Gestionar la conversión del protocolo IP empleado en la red troncal a los protocolos SMDCP y LLC empleados entre el SGSN y el terminal móvil. Las capas SMDCP y LLC manejan el cifrado y la compresión de los datos. **Básicamente se puede entender que el SGSN equivale a una MSC a nivel funcional, con la salvedad de que conmuta paquetes.**

**GGSN** (Gateway GPRS Support Node): Proporciona la interconexión entre la red GPRS y las redes de paquetes de datos externas, como por ejemplo internet, intranets corporativas, etc. Es un enrutador a una subred, ya que el GGSN oculta la infraestructura de la red GPRS a las redes externas. EN la Figura 1.4 se puede observar un equipo GGSN.

Cuando el GGSN recibe datos dirigidos a un terminal GPRS específico comprueba si la dirección está activa para, en ese caso, enviar los datos al SGSN que está atendiendo al terminal MS.

Las funciones que realiza son las siguientes:

- ✓ Recibir paquetes de datos de la red troncal GPRS (desde SGSN), eliminar el túnel GTP y encaminar los datos de usuario hacia intranet o internet.
- ✓ Recibir datos de señalización desde la red troncal y configurar la operación correspondiente.

- ✓ Realizar el traspaso entre SGSNs, proporcionar direcciones IP a los terminales GPRS cuando se emplea direccionamiento dinámico y garantizar privacidad y seguridad para la red y el terminal GPRS

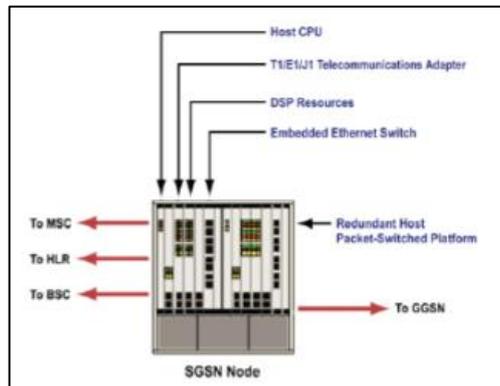


Figura 1.3: Equipo Físico SGSN



Figura 1.4: Equipo Físico GGSN

### 2.2.1.3. Generalidades de la 3ra Generación

La 3G es tipificada por la convergencia de la voz y datos con acceso inalámbrico a Internet, aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos. Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan más altas velocidades de información enfocados para aplicaciones más allá de la voz tales como audio (MP3), video en movimiento, video conferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos.

Los sistemas 3G inicialmente (año 2000) teóricamente serían capaces de soportar tasas de transferencia teóricas máximas en sentido descendente (de la Red hacia el usuario) de 2 Mbps, a la fecha versiones avanzadas de 3G pueden llegar a velocidad de 84Mbps (teórico), aunque la velocidad final depende de las características concretas de la red, del operador que la controle, así como del número de usuarios simultáneos que requieran acceso a datos. Entre las tecnologías contendientes de la tercera generación se encuentran UMTS (Universal Mobile Telephone Service), CDMA2000, IMT-2000, ARIB (3GPP), UWC-136, entre otras.

El impulso de los estándares de la 3G está siendo apoyado por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y a este esfuerzo se le conoce como IMT-2000 (International Mobile Telephone) y para componentes de sistemas y aspectos conexos que incluyan las nuevas interfaces radioeléctricas que soporten las nuevas capacidades de los sistemas posteriores a las IMT-2000, se denominara IMT – Avanzadas (IMT debe ser el nombre genérico que englobe tanto a las IMT-2000 como a las IMT-Avanzadas de forma colectiva)

### Arquitectura de referencia UMTS

UMTS está preparado para manejar voz por conmutación de circuitos y los datos por conmutación de paquetes.

UMTS se divide en tres aspectos y están representados en la Figura 1.5.

- La interface del aire
- El UTRAN (Terrestrial Radio Access Network)
- La Red Core

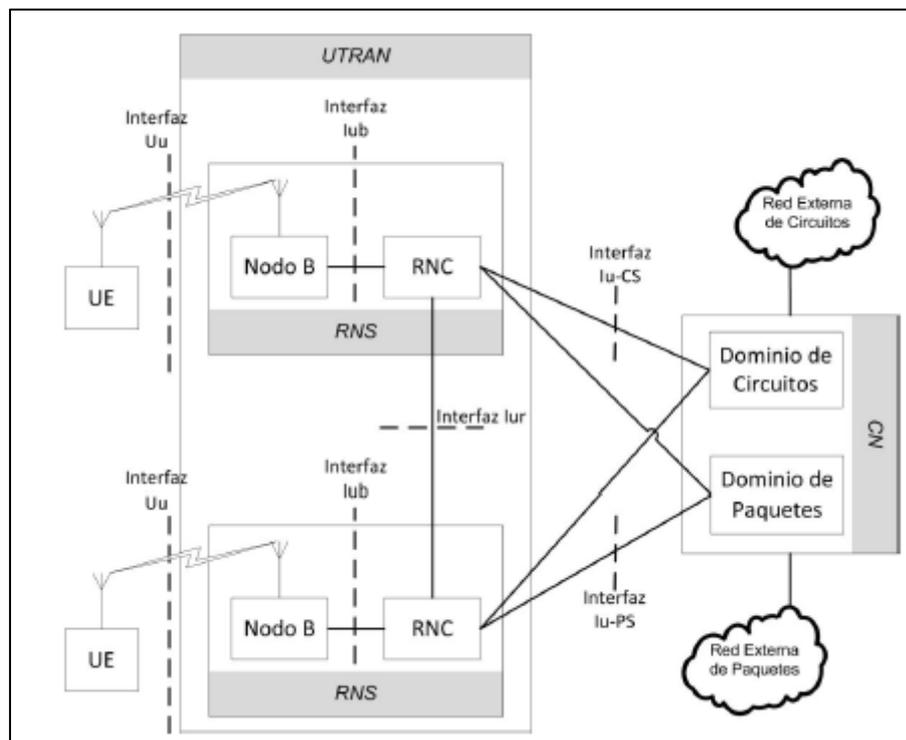


Figura 1.5: Arquitectura UMTS

**UE (User Equipment):** El comúnmente conocido teléfono celular. El funcionamiento del UE está sujeto a normas y estandarizaciones necesarias para interactuar con el resto de elementos de la red UMTS.

La UE deberá cumplir con los siguientes requisitos importantes para su funcionamiento en la red:

- Proveer servicios y registros
- Actualización de la ubicación
- Envío y recepción de servicios con o sin conexión
- IMEI
- Soporte para la ejecución de algoritmos necesarios para la autenticación y la encriptación.

### **Red de Acceso radio UTRAN**

**Node B:** Es el encargado de proveer la cobertura de la red. Tiene como funciones el generar códigos para el acceso a la red y el control de potencia de la señal destinada al UE. El node b presenta 2 interfaces: la interfaz Uu y la interfaz Iub.

El node B es un transceptor, es decir, transmite y recibe señales de radio del User Equipment.

**RNC (Radio Network Controller):** Equivalente a la BSC en 2.5G. Es el elemento de la UTRAN que se encarga de gestionar un RNS, está ubicado entre la interfaz Iub y la interfaz Iu. Además de estas dos interfaces posee la interfaz Iur, que es utilizada para el establecimiento de conexiones entre subsistemas de la UTRAN. Sus 2 funciones más importantes en la UTRAN son la RRM y la función de control.

A las RNC y Node B en conjunto se les denomina UTRAN.

**CN (Core Network):** Es la plataforma básica de todos los servicios de comunicaciones que proporciona la red, que incluyen la conmutación de llamadas por CS (Circuit Switched) y el encaminamiento de datos por PS (Packet Switched).

A través del núcleo de red, el UMTS se conecta con otras redes de telecomunicaciones, de forma que resulte posible la comunicación no sólo entre usuarios móviles UMTS, sino también con los que se encuentran conectados a otras redes.

Elementos necesarios para procesar el tráfico de PS, el tráfico de CS y las interfaces internas que posee se representan en la Figura 1.6.

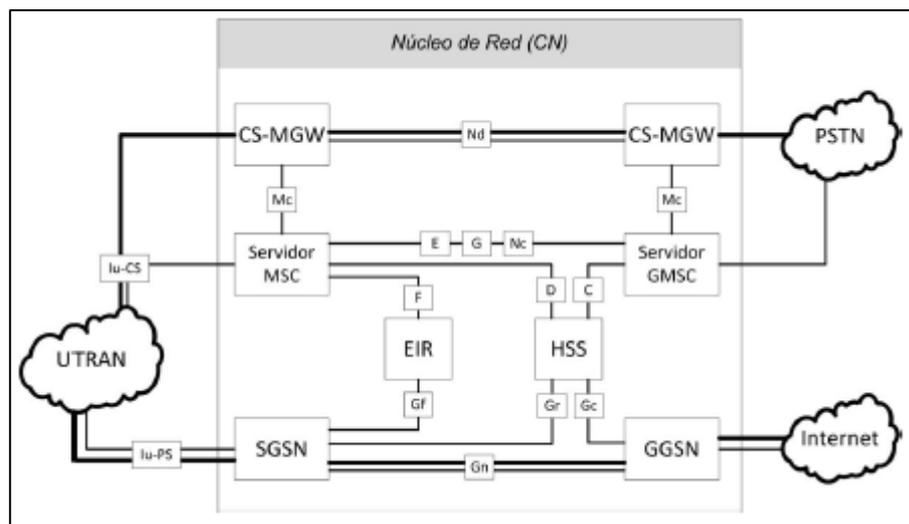


Figura 1.6: Tráfico CS y PS

De acuerdo a la gráfica mostrada se logra dar por entendido que HLR y el AuC se integraron para formar el HSS (Home Subscriber Server).

Notando además que el servidor MSC es la combinación del MSC y el VLR, además del HSS, se encuentra también el EIR que es una funcionalidad común a los dos dominios del CN.

#### 2.2.1.4. Generalidades de la Cuarta Generación LTE

El sistema LTE es una recopilación de tecnologías, que introduce a las comunicaciones móviles en una red simplificada de alto rendimiento. Dentro de los avances que entrega LTE, se encuentra el aumento de las velocidades de transmisión de datos en la interfaz aérea, esto gracias a la implementación de nuevos tipos de acceso en el uplink SC-FDMA como en el downlink

OFDMA, junto con la incorporación de la técnica de acceso con múltiples antenas en el receptor y transmisor (MIMO). La tecnología 4G de banda ancha móvil permite a los operadores inalámbricos aprovechar las mayores velocidades de descarga y subida, aumentar la cantidad y el tipo de contenido a través de dispositivos móviles. Las redes 4G son soluciones integrales de IP que entregan comunicaciones de voz, datos y contenidos multimedia, permitiendo los servicios a usuarios móviles en cualquier momento y en casi cualquier lugar. Ofrece mejoras considerables en las tasas de transferencia de datos en comparación a las generaciones anteriores de la tecnología inalámbrica. Conexiones de banda ancha inalámbrica más rápidas permiten proporcionar servicios con mayores niveles de datos, tiempo real de audio y vídeo, mensajería de vídeo, telefonía de video, televisión móvil y juegos. Otra de las mejoras que entrega LTE es el ahorro de energía. LTE incorpora una nueva configuración para el control de recursos de energía denominado RRC (Radio Resource Control), el cual permite en estados de inactividad "Idle" del terminal reducir el flujo de información pero manteniendo la movilidad. De esta forma se logra reducir el consumo energético del terminal móvil, estaciones bases y en el núcleo de red.

### **Arquitectura de referencia LTE**

La arquitectura de red del sistema LTE es conocida como EPS (Evolved Packet System). Básicamente este sistema está compuesto por Equipos de usuario (UE), la red de acceso E-UTRAN y la red troncal EPC (Evolved Packet Core). Estos últimos representan la capa de conexión IP cuyo principal objetivo es garantizar una alta conectividad. El IMS es un conjunto de especificaciones utilizado como capa de conectividad hacia los servicios de telefonía y multimedia a través de IP. Se muestra en la Figura 1.7 la red EPS.

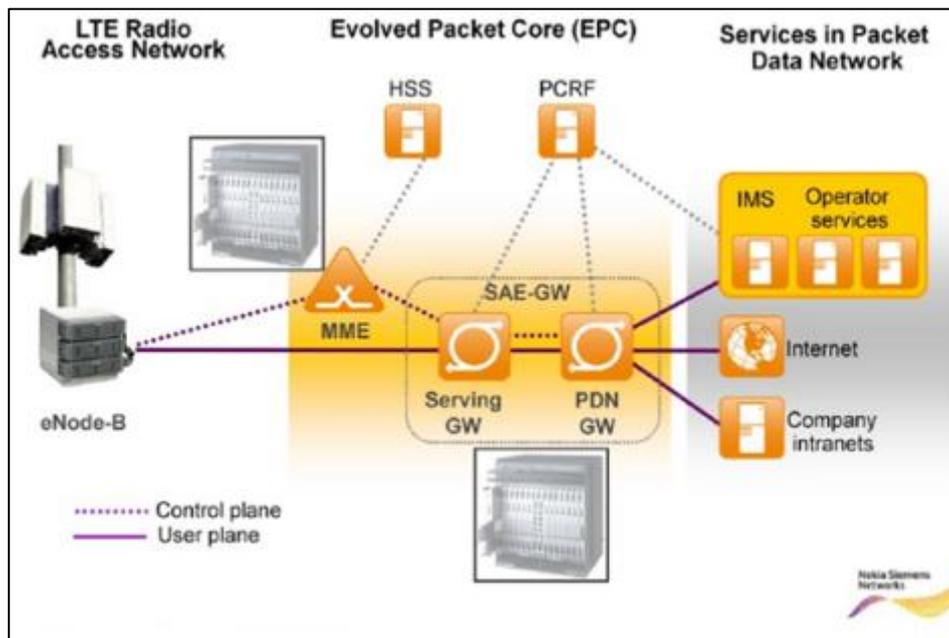


Figura 1.7: Arquitectura LTE

**MME** (Mobility Management Entity): Elemento ubicado en la red troncal EPC, equivalente a SGSN, encargado de realizar las gestiones necesarias para tener acceso a los UE mediante la red de acceso E-UTRAN. Cada UE tiene asignada una MME que sirve a un conjunto de eNB dependiendo de la ubicación en la que se encuentren o según la carga que maneja cada uno. Además se encarga de realizar seguimiento a todos los UE que se encuentran en un área específica llamada área de seguimiento, y el manejo y gestión de suscripción y servicio de conectividad.

**SGW** (Serving Gateway): Elemento parte de la red troncal EPC. La función principal de la SGW es el que permite el enlace de una red LTE, en su totalidad, con redes de diferentes tecnologías, especialmente otras versiones 3GPP como UTRAN o GERAN. Las funciones de control son secundarias debido a que sus recursos son controlados por la entidad MME. Es el medio que conecta varios eNBs de una zona a la MME. Además sirve de paso durante handovers inter eNB.

**PGW** (PDN Gateway): Elemento de la red troncalizada EPC se encarga de transmitir los paquetes IP generados por la UE en una red LTE hacia redes externas. La PGW asigna la dirección IP mediante DHCP a cada UE que lo ha solicitado. Además realiza un filtrado de paquetes, es decir, analizan todos los paquetes IP y elimina aquello que no forma parte del tráfico regular. De igual manera puede determinar el costo y tarifa que debe cancelar el usuario por el servicio de tráfico de datos. La asignación de portadoras para la transmisión de paquetes de datos depende de las peticiones que provengan de la S-GW que a su vez es gestionado por la MME.

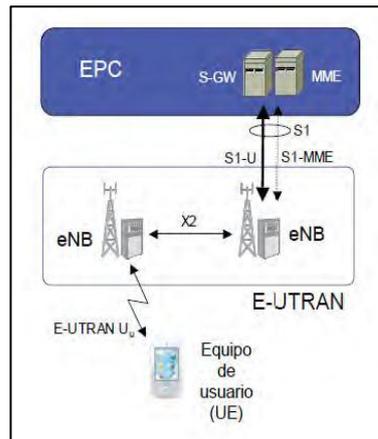
**E-UTRAN – eNodeB**: Integra toda la funcionalidad de la red de acceso, a diferencia de las redes de acceso de GSM y UMTS compuestas por estaciones base y controladores. La arquitectura de EUTRAN esta especificada en 3GPP TS33.300.

Esta red de acceso está formada por eNBs, que proporcionan la conectividad entre los UE y la red troncal EPC.

Debido a que es el único de la E-UTRAN, se concentran en el las funciones de la red de acceso que son:

- Manejo de Recurso de Radio, (RRM): se da el control de la portadora de radio. Implica el manejo, control, asignación y balanceo de los recursos de radio en los canales de subida y de bajada.
- Manejo de las funciones de paging: estos mensajes son generados por el MME y recibidos mediante la interfaz S1-MME. Se utiliza un enlace descendente mediante el cual el MME indica al UE que existe tráfico entrante dirigido hacia él, ya sea de voz, datos o SMS.
- Gestión de handover: este proceso está basado en el análisis de las mediciones de señal de la portadora.

**Interfaz LTE Uu**: Mediante esta interfaz se transmiten paquetes IP de control, señalización e información entre el UE y su respectivo eNB, como describe en la Figura 1.8.



**Figura 1.8: Interfaz en EUTRAN**

Por este medio se realiza el paging y se envía información específica para el control de las redes de acceso y troncal, por ejemplo, los valores de potencia máxima de transmisión. La interfaz de radio utiliza una torre de protocolos para la transmisión de datos, la misma que se encuentra dividida en una capa de enlace y una capa física tanto para el plano de usuario como para el plano de control. Esta capa física es la encargada de gestionar el canal de transmisión. En esta capa se encuentran las características de modulación de la señal junto con las técnicas MIMO.

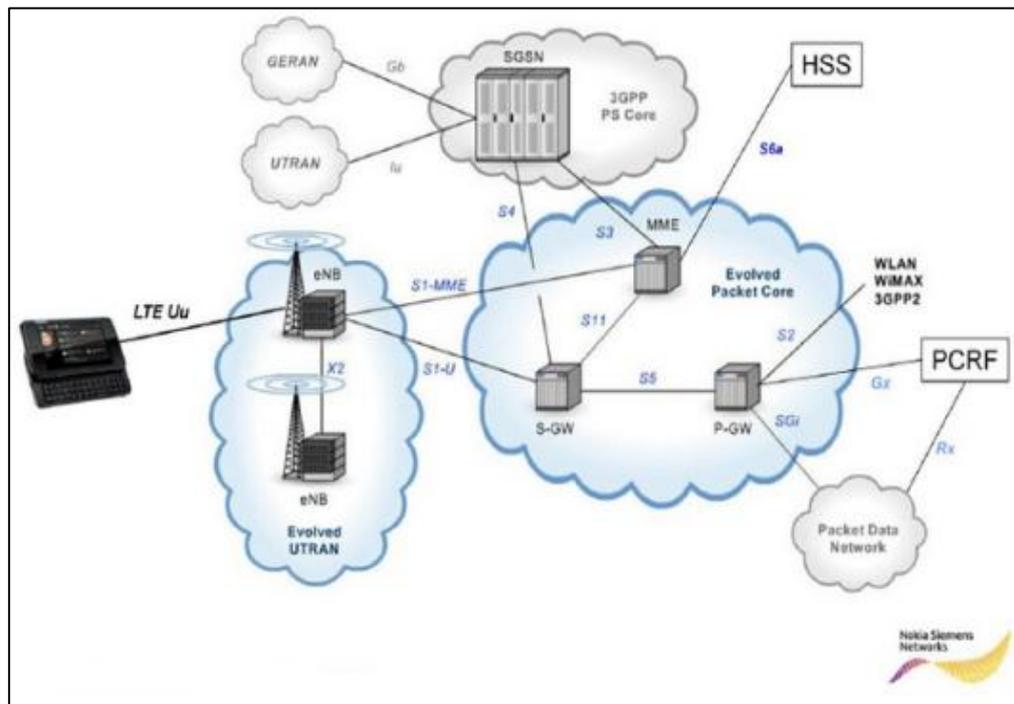
**Interfaz X2:** Esta interfaz sirve para transportar información entre eNBs adyacentes, que incluye la transferencia de paquetes de usuario y la información requerida para realizar un handover.

**Interfaz S1-U:** Esta interfaz se encuentra en el plano de usuario y sirve para comunicar a los eNBs con la S-GW, como se observa en la figura 1.8. Además es utilizada como una pasarela de conmutación durante el handover entre eNBs.

**Interfaz S1-MME:** Esta interfaz sirve para comunicar a los eNBs con la MME. Las funciones básicas que se establecen en esta interfaz son las de enviar mensajes de control al eNB, que posteriormente serán reenviados al usuario, y de transmitir las señales de gestión de localización de los usuarios en una celda,

los paquetes de paging y los avisos de handover, es decir, todos estos servicios gestionados por la MME.

Se observa claramente en la Figura 1.8 todas interfaces de una red LTE.



Figuro 1.8: Interfaces en la Arquitectura LTE

## 2.2.2 Esquemas de Duplexión de Frecuencias

### 2.2.2.1 Modos de Transmisión FDD/TDD

**TDD:** Modo de transmisión que se destina una sola banda para el enlace ascendente y descendente, esta banda puede ser de 3.84Mhz ascendiendo a 5Mhz con las banda de guarda En este modo se destina un determinado espacio de tiempo para el enlace ascendente y otro para el enlace descendente. El TDD es considerado adecuado para proporcionar servicios de datos en entornos pequeños (micro-celulares) debido a la necesidad de sincronización entre las estaciones base.

**FDD:** Es el más utilizado, el más difundido. En este modo se asignan dos bandas de frecuencia; una para el enlace descendente y otra para el ascendente. Estas bandas al igual que el TDD tienen una anchura de 3.84MHZ ascendiendo a 5MHz con

las bandas de guarda y poseen una distancia de separación entre la transmisión bidireccional. En la Figura 2.1 se observará ambos modos de transmisión.

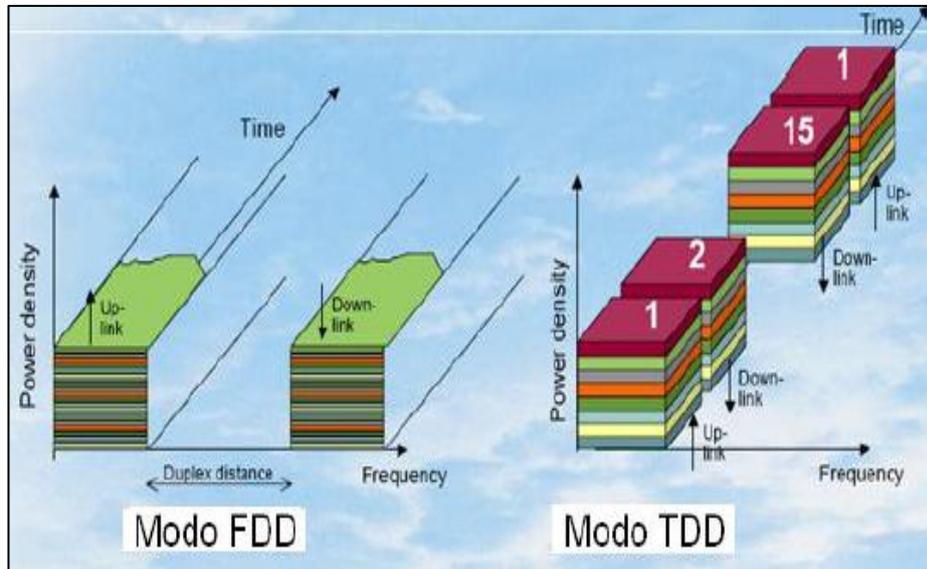


Figura 2.1: Modo de Transmisión FDD y TDD

### 2.2.2.2 Modo de Transmisión OFDM / OFDMA / SC-FDMA

Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales consiste en varias portadoras espaciadas de tal forma que sus espectros se crucen y no causen interferencias unas en otras. Se pueden dividir los datos y transmitir continuamente por varias subportadoras de menor capacidad

**OFDMA** es una colaboración de la OFDM utilizada por LTE que incrementa la flexibilidad del acceso de los usuarios al sistema mediante la multiplexación de varios usuarios en las mismas soportadoras.

**OFDMA** es utilizado para el enlace descendente con el objetivo de contrarrestar la interferencia de multitrayectoria en el canal de radio y proveer una mayor eficiencia espectral ya que no necesitan bandas de guarda.

**SC-FDMA** es utilizado para el enlace descendente. El amplificador de radiofrecuencia que transmite las señales hacia las antenas de la estación base es el elemento de mayor potencia por lo que es necesario que este trabaje de la manera más

eficiente con un nivel de potencia constante. Por eso LTE utiliza el esquema de modulación SCFDMA para la comunicación del móvil a la estación base. Esta técnica combina los picos bajos que ofrecen los sistemas de portadora simple y la disminución de la interferencia por multitrayectoria que ofrece la OFDM. En la Figura 2.2 se aprecia de manera gráfica las modulaciones.

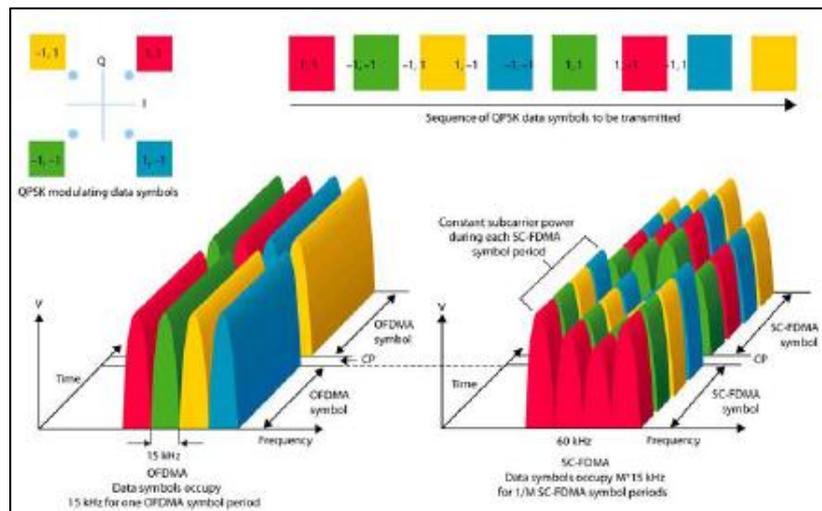


Figura 2.2: OFDM y SC-FDMA

### 2.2.3. Reutilización de Frecuencias

La cantidad de ancho de banda asignada a las empresas celulares es limitado y usualmente les ha costado muchos millones de dólares, por lo que es un activo que debe ser utilizado de la manera más eficiente, de modo que se minimice la cantidad de estaciones base y se maximice la cantidad de usuarios.

#### 2.2.3.1. Redes Celulares de tecnología GSM

Dado que se utilizaba en una combinación de FSMA/TDMA, naturalmente tiene que reutilizar sus frecuencias.

#### 2.2.3.2. Redes Celulares de Tecnología CDMA

En CDMA todas las estaciones base utilizan la misma frecuencia debido a que la voz no se codifica por frecuencia sino en códigos aleatorios.

### **2.2.3.3. Redes Celulares con Tecnología UMTS**

WCDMA es una tecnología derivada del CDMA. Las principales diferencias es que WCDMA utiliza una señalización y un canal de control diferente así como un mayor ancho de banda para su funcionamiento, el cual le proporciona la capacidad para transmitir datos a velocidades de hasta 2 Mbps.

Esta tecnología emplea una técnica de ensanchamiento, es decir, la señal de datos es ensanchada para que ocupe todo el ancho de banda asignado para la Tx. Este ensanchamiento se realiza con un código de ensanchamiento específico para cada usuario, con el cual se establece la diferencia entre cada usuario conectado a la red. Este procedimiento es llamado DS-WCDMA.

HSDPA es una mejora de la interfaz aérea de WCDMA que proporciona una mayor capacidad de transmisión para el enlace descendente y la posibilidad de desarrollar nuevos servicios que requieran altas tasas de transferencia.

### **2.2.4. Licitación del Espectro Celular en Perú**

Las bandas que son aptas para el desarrollo LTE en nuestro país son la de 700 MHz y la **AWS**. Respecto a la banda 2.6Ghz que se viene usando en Europa, está ocupada por redes WiMAX.

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) dispuso en encargar a la Agencia de Promoción de la Inversión Pública (ProInversion) la licitación de las dos bandas de espectro radioeléctrico en la frecuencia de 1700 MHz – 2100 MHz, conocida como Advanced Wireless Services (AWS).

El plan Nacional de Atribución de frecuencias (PNAF) estableció que las citadas bandas se deben atribuir para servicios públicos de telecomunicaciones, precisando que el otorgamiento de la concesión y la asignación de espectro a nivel nacional para la explotación de dicho servicios, se realizará mediante concurso público. La agencia señaló que los dos bloques de espectro a licitar podrían ser utilizados para ofrecer servicios móviles IMT-Advanced (4ta Generación).

#### **2.2.4.1. Concesión**

El 19 de Junio del 2013 se dio a conocer a los postores precalificados y como se esperaba, la presencia de América Móvil (Claro), Telefónica del Perú (movistar), Americatel Perú (Entel) y ViettelPerú (Bitel) siendo esta última operadores en no presentar su propuesta para la fase final del proceso.

Así en julio del 2013, se adjudicó la banda 1.7/2.1 GHz (Banda AWS) por más de USD\$255 millones por ambos bloques (cada bloque tiene 20+20 MHz). En la apertura para el primer bloque fue telefónica del Perú (Movistar) quien se llevaría la licitación del Bloque A (1710 a 1730MHz y 2110 a 2130MHz) y la sorpresa la dio Americatel que dejó en el camino a América Móvil (Claro) y se llevaría el Bloque B (1730 a 1750MHz y 2130 a 2150MHz).

#### **2.2.4.2. Banda AWS**

La banda AWS, de la sigla en inglés Advanced Wireless Service ha sido identificada como Banda IV para la oferta de servicios móviles.

La banda AWS, junto con la banda de 700MHz y la banda de 2600MHz (IMT-E 2500-2570 y 2620-2690), en las Américas son aquellas en las cuales se está desplegando LTE.

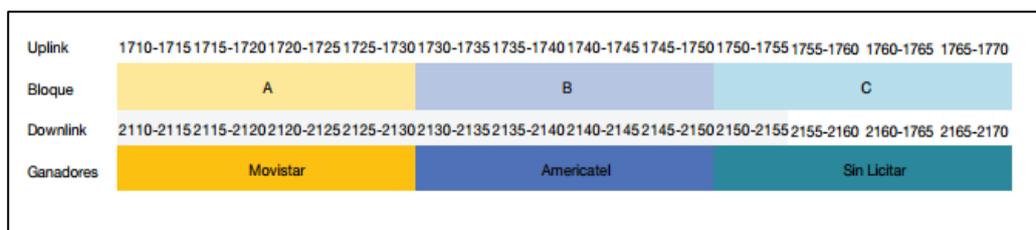
Las ventajas principales de AWS son que tiene dos ecosistemas tecnológicos disponibles (HSPA y LTE) con redes comerciales que facilitan generar economías de escala, la armonización ya que en la mayoría de los países de las Américas podría utilizarse, el Roaming nacional y la inmediatez.

En el 2011 LTE era una realidad en Europa y ahora el Perú no es ajeno a ello. La canalización realizada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y aprobada según Resolución Viceministral 456-2011-MTC/03 del 29 de abril de 2011, dispuso de 3 bloques de los cuales los bloques A y B fueron puestos en concesión por 10 años.

BLOQUE	RANGO DE FRECUENCIAS	
	UPLINK(MHz)	DOWNLINK(MHz)
A	1710 - 1730	2110 - 2130
B	1730 - 1750	2130 - 2150
C	1750 - 1770	2150 - 2170

**Tabla 1: Rango de Frecuencias en concesión**

La disponibilidad de una canalización con anchos de banda de 2x20 MHz en la banda AWS, permitirá a los operadores nacionales que ganen esta licitación Figura 3.1, podrán implementar redes LTE y ofrecer velocidades de datos de más de 120Mbps (por sector) usando antenas MIMO 2x2.



**Figura 3.1: Bloque AWS asignado**

### 2.2.4.3. Adjudicación de la banda AWS

La implementación de la tecnología 4G-LTE está constituyendo una herramienta que fomenta de forma decidida la mayor productividad del país y satisface de forma importante las necesidades y mejora la calidad de vida de la población pues permite el uso de la banda ancha en los terminales móviles, brindando a los usuarios una conectividad de datos rápida y eficiente, y a precios asequibles por las importantes economías de escala que esta tecnología actualmente genera a nivel regional.

Entre otros beneficios, con esta adjudicación se incrementa sustancialmente la velocidad del internet móvil, fijándose una velocidad mínima y se mejora la información a los usuarios, pues se dispone que la velocidad garantizada sea informada de forma destacada en la etapa de comercialización

Cabe señalar además que los adjudicatarios de la banda AWS deberán desplegar el servicio 4G-LTE, en 234 ciudades y lugares turísticos del país en forma gradual y en un plazo de cinco años. Así se beneficiará con cobertura 4G aproximadamente a las 23 partes de la población del país (20 millones de habitantes aproximadamente). En ese sentido, se espera que el 2do semestre del 2016, ciudades como Iquitos, Lima, Arequipa y Trujillo cuenten con cobertura internet 4G, y de la misma forma, en el resto de localidades se tenga cobertura 4G en los próximos 5 años.

Finalmente, se intensifica la competencia con el impulso al ingreso de nuevos operadores, al definirse obligaciones de permitir el acceso a los operadores móviles virtuales (OMV), para que concurren con los operadores ya establecidos y presten servicio 4G-LTE, ampliando así las alternativas de oferta de servicios, y reduciendo sus precios en beneficio de los usuarios

## **2.2.5. Descripción técnica de equipos FLEXI**

### **2.2.5.1. Equipo Flexi Multiradio BTS System Module FSMF**

Módulo altamente integrado, en él se aloja el control de las telecomunicaciones, el funcionamiento y mantenimiento del sistema, la aplicación de banda base y la funcionalidad de distribución de potencia de transmisión.

El FSMF se puede equipar con sub módulos de ampliación de capacidad opcional que aportan potencia de procesamiento de señal adicional y/o permitir que el System soporte diferentes tecnologías de radio acceso. Añadiendo sub módulos de capacidad en el campo no afecta el tráfico saliente.

El System module también puede actuar como un System Module de extensión operando en un modo extensión de banda base.

El hardware del Flexi Multiradio System Module soporta los siguientes modos operativos de software:

- Modo GSM / EDGE

- Modo WCDMA
- LTE en modo FDD y TDD

FSMF es el sucesor de los System Modules FSMD y FSME proporcionando una capacidad conectividad y posibles extensiones mejoradas. FSMF está in IP y opera en el rango de temperatura desde -35 a 55 °C.

El Flexi Multiradio BTS System Module FSMF se le añade:

- 2 sub módulos de banda base opcional(FBBA)
- 1 sub módulo de transporte adicional opcional (FT)
- 1 su módulo de distribución de potencia.(FPFD)

Las siguientes funciones son las que están integradas en el FSMF:

- Transporte Ethernet
- Funciones de control y sincronización
- Procesamiento de banda base
- Control de Fan y estado de leds indicadores.

## **INTERFACES DEL FLEXI MULTIRADIO SYSTEM MODULE - FSMF**

El System Module está equipado con las siguientes interfaces:

- Panel frontal de conectores
- Conectores de entrada DC.

Tiene 14 conectores en el módulo. Los conectores, sus tipos y propósitos están mencionados en la siguiente tabla 2 y en la Figura 4.1.

<b>Conector</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
DC Out	FCI	Salida de poder para sub módulos de extensión.
DC In	FCI	Conector de entrada de poder para la distribución de poder al System Module.
LMP	RJ45	Interfaz Ethernet para administración del elemento o soporte de equipos del sitio.

EIF2/RF/EXT6	SFP	Una interfaz óptica adicional que proporciona RP3-01(OBSAI) o interface CPRI al RF Module o RRH. Otra opción es interconectar a otro System Module(RP3-01 solamente) Este puede estar alternativamente configurado SW como una interface GbE para el transporte al exterior.
RF/EXT1	SFP	Interfaces ópticos proporcionan interconexión RP3-01(OBSAI) o CPRI a los RF Modules o RRHs. Otra opción es interconectar a otro System Module(RP3-01 solamente)
RF/EXT2	SFP	
RF/EXT3	SFP	
SRIO	SFP	
BB EXT1	QSFP	Interfaces para la interconexión de la banda ancha entre el módulo principal y los sub módulos de extensión opcionales. Todas las señales necesarias son llevadas sobre un único cable de cobre entre el módulo principal y los sub-módulos.
BB EXT2	QSFP	
EIF1	RJ45	100/1000 Base-T Gigabit Ethernet interface para transporte al exterior, es decir, la interfaz hacia la RAN, o directamente hacia la CN LTE.
EAC	HDMI	Interface de Control y alarmas externas proporciona 6 señales de alarmas y seis interfaces controlables por SW que pueden ser asignados para apoyar cualquier señal de alarma o de control.
Sync In	HDMI	Entrada y salida HDMI habilitan la interfaz de sincronización externa. Por ejemplo, interfaz con el GPS del equipo.
Sync Out	HDMI	

**Tabla 2: Descripción de Interfaces FSMF**

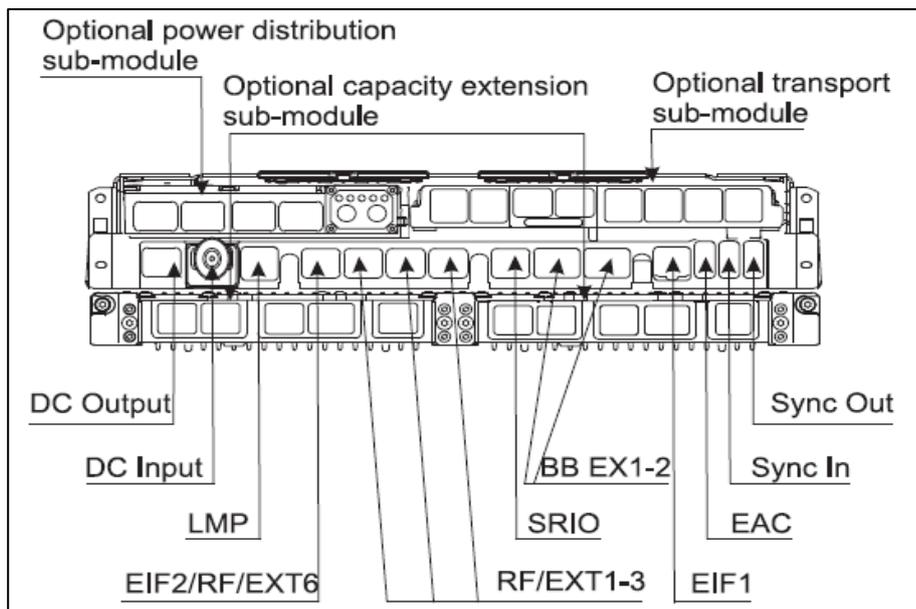


Figura 4.1: Interfaces del Módulo FSMF

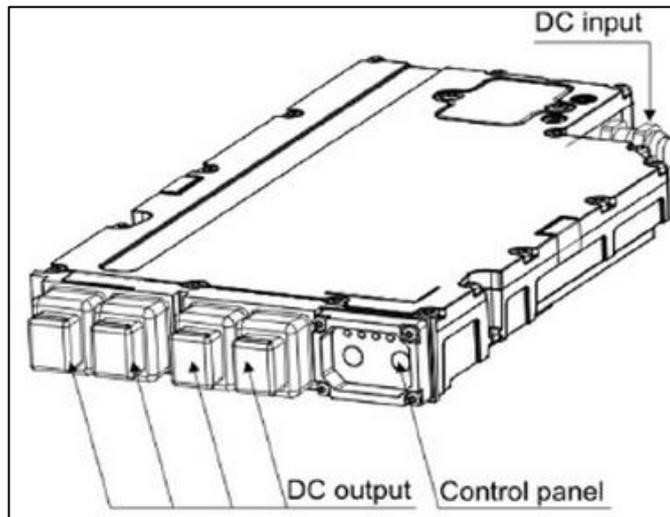
### 2.2.5.2. Módulo Integrado FPF

El Sub-Módulo Flexi de Distribución de Poder es una extensión altamente integrada opcional – unidad de distribución de poder optimizada para un System Module variante FSMF. Este es instalado en la parte superior izquierda del System Module.

FPFD proporciona 4 salidas externas de -48V DC (fijadas a 1100W) para los módulos Flexi (RF Module, RRH o un System Module externo) o cualquier dispositivo estándar de 48V DC en el sitio, y una salida DC interna para el System module con conector MEC8.

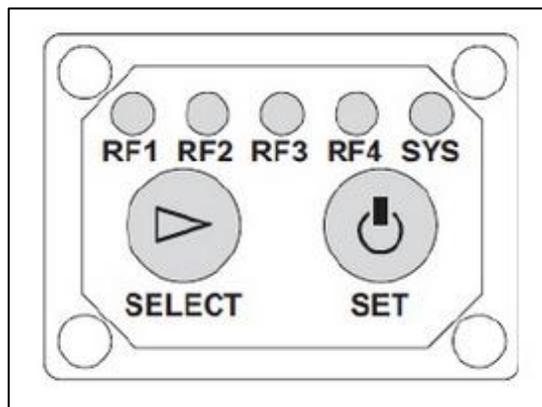
FPFD ha integrado básicos Protectores de sobre voltajes (OVP 2kV/1kV), filtrando EMC y protección de polaridad inversa. Está clasificado como IP65. El sub-módulo Flexi de distribución de poder FPF proporciona las siguientes interfaces externas:

- Una entrada de -48V DC (4 – 25 mm<sup>2</sup>/4 AWG)
- Cuatro salidas externas de -48V DC (4 – 16 mm<sup>2</sup>/6 AWG)
- Una salida DC interna al System Module.
- Switches ON/OFF y Leds indicadores en el panel de control.



**Figura 4.2: Módulo FPDF**

FPFD presente un panel de control que está en la parte frontal del mismo. Tiene 5 leds como se muestra en la Figura 4.3 para cada salida de puerto correspondiente y presenta 2 pulsadores para la funcionalidad ON / OFF de las salidas.



**Figura 4.3: Panel de Control FPDF**

### **2.2.5.3. Módulo Opcional Integrado de Transmisiones**

El System module contiene un submódulo de transmisiones que proporciona la interface física para el luB hacia el radio controller (RNC) los usados para TdP son los siguientes:

Submódulo de Transmisión	Interfaces	Capacidad	Conector
FTJA	4 x E1	4 x 2 Mbps (E1)	SMB
	2 x FE 1000Base-TX	2 x 100 Mbps	RJ45
	1 x GE 1000Base-BX/LX/SX/ZX	1 x 1000 Mbps	SFP2
FTIB	4 x E1/T1/JT1	4 x 2 Mbps (E1)	RJ48C
		4 x 1.5 Mbps (T1/JT1)	RJ48C
	2 x 100/1000Base-TX electrical GE	2 x 1000 Mbps	RJ45
	1 x GE 1000Base-BX/LX/SX/ZX optical GE	1 x 1000 Mbps	SFP1
FTLB	4 x E1/T1/JT1	4 x 2 Mbps (E1)	RJ48C
		4 x 1.5 Mbps (T1/JT1)	RJ48C
	2 x 100/1000Base-TX electrical GE	2 x 1000 Mbps	RJ45
	1 x GE 1000Base-BX/LX/SX/ZX optical GE	1 x 1000 Mbps	SFP1

Tabla 3: Módulos de Transmisión

#### 2.2.5.4. Módulo Opcional de banda base FBBA

Su módulo opcional de alta capacidad WCDMA/LTE 20MHz, soporta para LTE un downlink es 450Mbps y un uplink de 150Mbps.

#### 2.2.5.5. Módulo RF Flexi Remote Radio Head - RRH

Radio Head remoto (RRH) y RF Module son totalmente módulos transceptores independientes, operativos con filtros de antenas integradas. RRH al igual que el RF Module son capaces de soportar uno o dos sectores de una estación base Flexi LTE. Proporcionan un control y fuente de alimentación a la antena Línea Flexi. Existen diferentes módulos de RF dependiendo de la banda de frecuencia y tenemos los módulos singles, dobles y triples, como también el Remote Radio Head (RRH).

El RRH o también llamado FRIG tiene las siguientes propiedades:

- Se energiza con 48VDC
- Tiene un OVP integrado
- No presenta ventiladores (FAN)
- No presenta MHA ni Bias-T
- Tiene 4 puertos Tx/Rx
- Soporta el monitoreo de VSWR

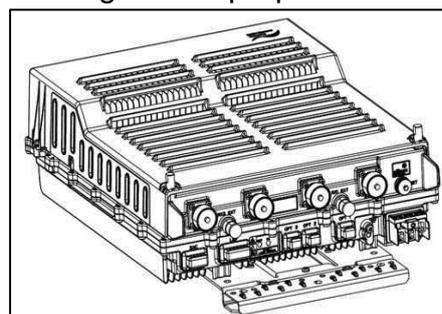


Figura 4.4: Módulo RF - RRH

## DIAGRAMA DE BLOQUE DEL REMOTE RADIO HEAD RRH

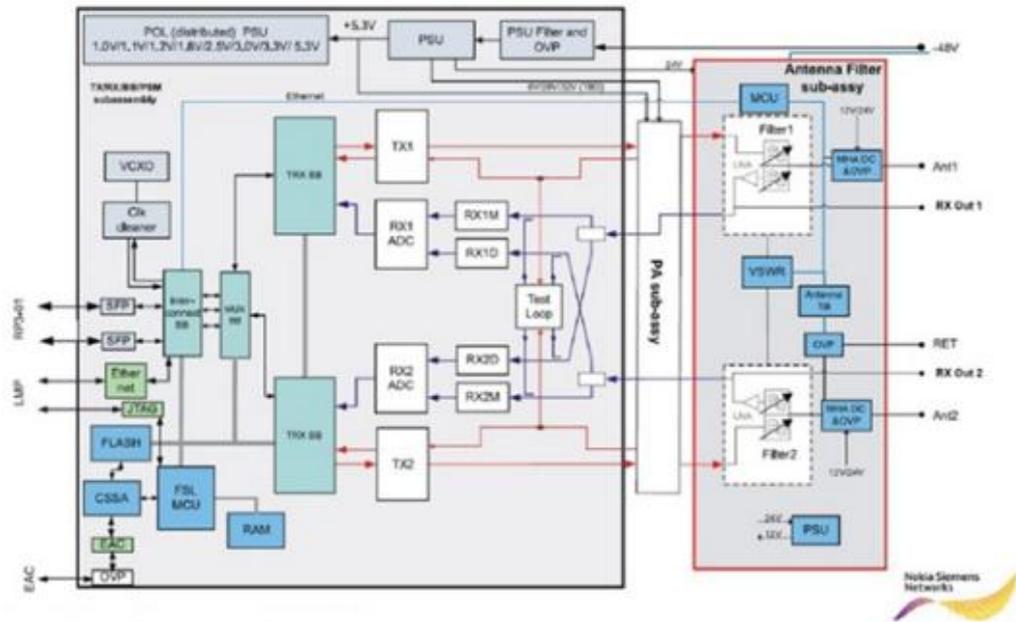


Figura 4.5: Diagrama de Bloque - RRH 1

## ESTRUCTURA FISICA DEL Remote Radio Head

INTERFACES	
ANT1	ANT2
ANT3	ANT4
RX3 EXT	RX3 EXT
EAC	LMP
OPT F 1	OPT F 2
OPT F 3	VDC
GROUND	

Tabla 4: Descripción RRH

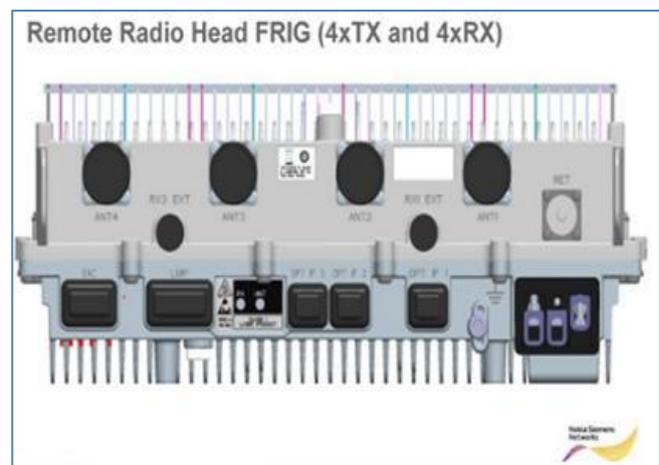


Figura 4.6: Equipo Físico RRH

## CONFIGURACION FSMF - RRH

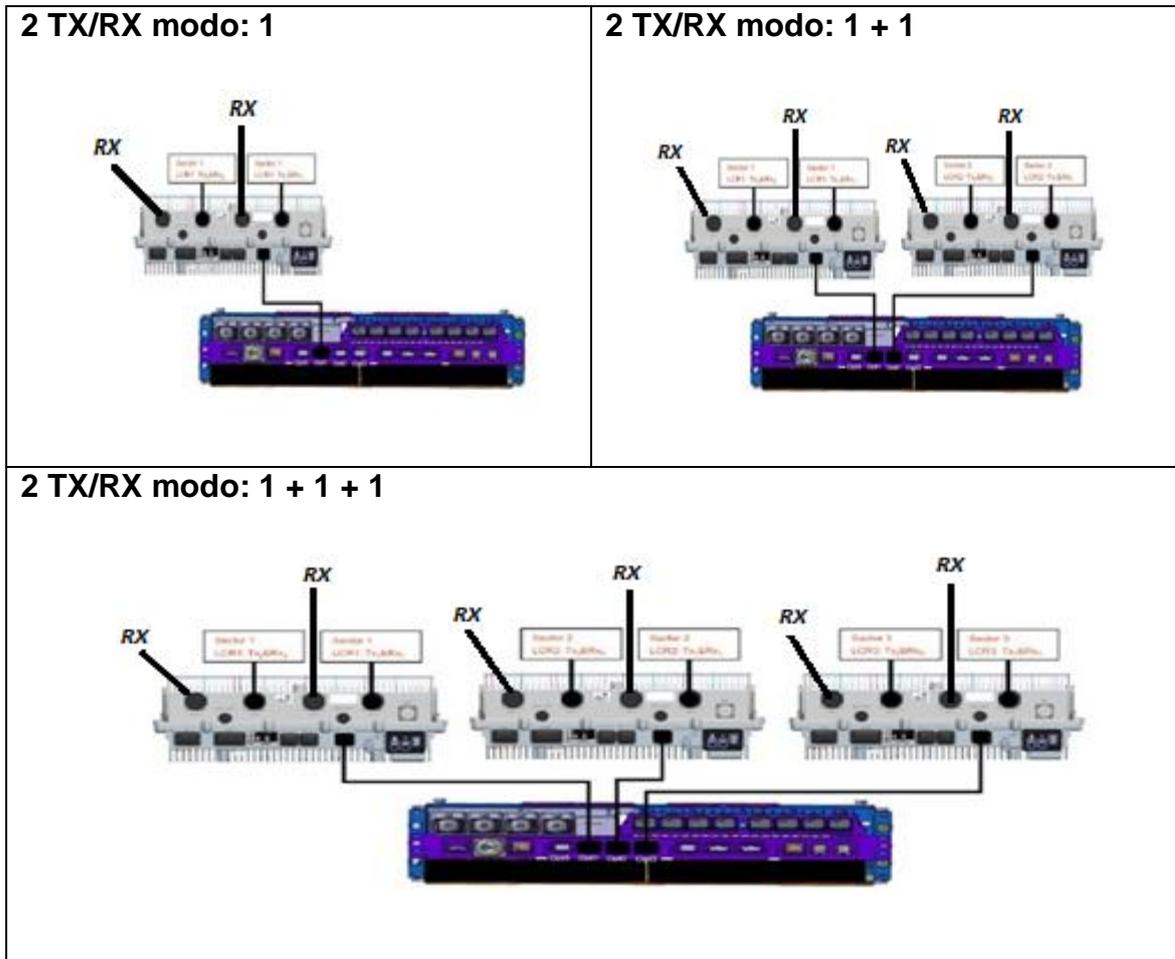


Figura 4.7: Configuración FSMF - RRH

### 2.2.5.6. OVP: Overtage Protection Device

OVPs es un dispositivo de protección de tensión. Se usa para proteger las unidades Flexi en caso de relámpagos, sobre voltajes, y van instalados tanto al inicio y al final del cable de energía vulcanizado de 10mm<sup>2</sup> o el de 16mm<sup>2</sup>.

OVPs se usa para alimentación DC, cuando esté a más de 4 metros. Es usado tanto para LTE, WCDMA y GSM /EDGE. El nivel de protección del OVPs es de 15kA. En la figura se aprecia los modelos de OVPs: el FSEC y FSES este último no requiere de un kit adicional para su fijación y puede ser fijado al mismo case.



### 2.2.5.7. Cable de Fibra Óptica: FYTF Optical Cable LC 50m

Conector LC (Lucent technologies connector): reduce a la mitad el tamaño de un conector SC, dándose así una escala de integración muy alta, es por esa razón que cada vez es más frecuente ver en los switch que tienen puertos de fibra para conectores LC dúplex integrados en módulos mini GBIC o SFP. El sistema de anclaje es muy parecido al de los conectores RJ, hay que presionar sobre la pestaña superior para introducirlo o liberarlos.

LC es considerado un conector óptico de cuarta generación, mejora en tamaño, resistencia y facilidad de uso. Sus principales características son:

- Pérdidas típicas de inserción FMM < 0.1 dB, FSM < 0.1 dB
- Pérdidas típicas de retorno FMM > 20 dB, FSM > 40 dB

Estructura:

1. Ferrule, de cerámica con un diámetro exterior de 1.25mm.
2. Cuerpo, de plástico con un sistema de acople RJ “Push Pull” que impide la desconexión si se tira del cable, también bloquea posibles rotaciones indeseadas del conector.
3. Manguito, imprescindible para dar rigidez mecánica al conjunto y evitar la rotura de la fibra.

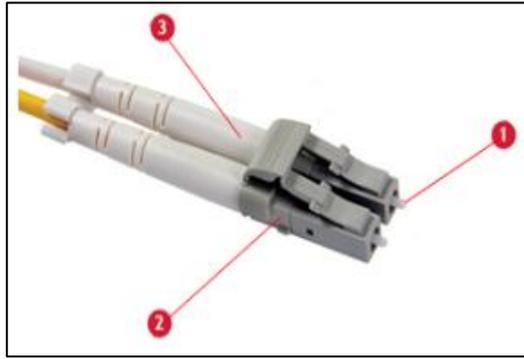


Figura 4.9: Estructura Conector LC

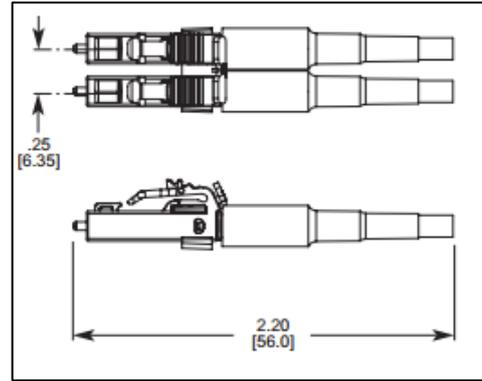


Figura 4.10: Dimensión Conector LC

### 2.2.5.8. SFP (Small Form-Factor Pluggable Transceptor)

Transceptor compacto y conectable en caliente utilizado para las aplicaciones de comunicaciones de datos y telecomunicaciones. Están diseñados para soportar Sonet / SDH, Fast / Giga Ethernet, canal de fibra y otros estándares de comunicaciones. son una forma rentable de conectar un único dispositivo de red a una amplia variedad de tipos y distancias de cables de fibra. El tipo de DFP usado para la implementación es el FOSH Optical SFP H 850nm 6.25Gb 300m MM y se puede observar este modelo en la Figura 4.11.



Figura 4.11: SFP Transceiver

### 2.2.5.9. Antenas Sectoriales

Las antenas sectoriales emiten un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional. La intensidad (alcance) de la antena sectorial es mayor que la omnidireccional pero algo menor que la direccional. Siguiendo con el ejemplo de la luz, una antena sectorial sería como un foco de

gran apertura, es decir, con un haz de luz más ancho de lo normal.

Ganancia típica de 10 a 19 dBi. Adecuadas para servir en grandes áreas con una densidad alta de conexiones, un ancho de haz horizontal aproximadamente entre 30 y 120°. Una antena sectorial con alta ganancia necesita montarse cuidadosamente en lo que respecta al ángulo de inclinación.

Algunas antenas sectoriales permiten modificar el diagrama de radiación utilizando un reflector. Pero porque se necesita sectorizar?

Pues esto permite colocar múltiples puntos de acceso en una torre, y así ofrecer más ancho de banda, permite también aislar áreas con más alto niveles de ruido de RF y además pueda separar enlaces de larga y corta distancia (estabilidad).

#### **2.2.5.10. Equipos de Transmisión**

La manera de poder realizar una comunicación entre los Mobility Station (MS) es a través de equipos de transmisión ya sea como media la misma interfaz aérea o por medio de fibra óptica. De acuerdo a la geografía y a la ubicación de las estaciones bases celulares (EBC) es que se elige la mejor opción siempre y cuando haber realizado los cálculos respectivos como el cálculo del alcance, estimación de los niveles de ruido e interferencia, etc. en el caso de las microondas.

Con relación a la ubicación de las EBC Vallecito y EBC San Gabriel Alto, estas mismas usan como medio de transmisión la interfaz aérea, haciendo referencia a las ondas electromagnéticas y es por ello que se mencionan a 2 de los equipos de transmisión de enlaces microondas más utilizados y de buenos parámetros de funcionamiento.

### **OptiX RTN 910 - Huawei**

El RTN 910 es un sistema de transmisión por microondas integrado de próxima generación que provee servicios TDM, híbridos y por paquetes. RTN910 es la nueva generación de equipos de radio transmisión IP desarrollado por Huawei, soporta un máximo de 2 direcciones RF. Con varios servicios de interface, la RTN 910 puede ser configurado flexiblemente e instalado fácilmente. El equipo puede ser aplicado no solamente en backhaul 3G/WIMAX/LTE sino también en el servicio de acceso de radio de redes privadas y servicios de línea privada para clientes VIP. De esta manera los requerimientos TDM tradicionales y los de redes IP futuras quedan completamente satisfechos. El RTN 910 adopta una estructura dividida que consiste en el IDU 910 y la ODU. El IDU 910 ofrece múltiples funciones a través de diferentes tarjetas y soporta la convergencia de hasta dos direcciones de radiofrecuencia.

**XPIC:** RTN 910 soporta la tecnología de cancelación de interferencia Polarización Cruzada, el cual ayuda a doblar la capacidad de servicio de un canal microonda en el mismo espectro y ancho de banda.

**ATPC:** Tecnología de control automático de potencia de transmisión habilitada en la RTN 910 cambia automáticamente la salida de potencia del transmisor dentro del rango ATPC respecto al nivel de señal recibida. Como resultado, la interferencia a los sistemas vecinos y la tasa de error residual son reducidas.

### **ALFO PLUS 2 – SIAE**

Es la siguiente generación de Radio enlace por microondas basada completamente en IP observada en la Figura 4.12, de alto costo en solución efectiva, compatible totalmente con tecnología 3G, 4G (eNodeB LTE), y la solución ideal para una rápida y flexible evolución hacia redes full IP con alta capacidad y

rendimiento de radio. Con sus características avanzadas en Ethernet y la completa gestión de sincronización.

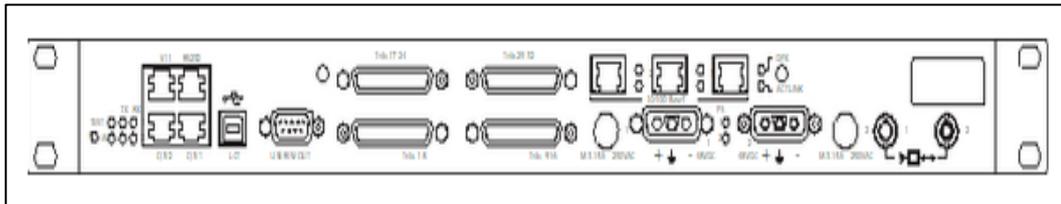


Figura 4.12: IDU SIAE ALC PLUS2

### 2.2.5.11. Infraestructura Física de una EBC.

Según el tipo de emplazamiento donde se encuentre ubicada la BTS. Una Estación Base Celular como lo son las 2 ubicadas en la Urbanización San Gabriel Alto perteneciente a Villa María del Triunfo EBC\_SAN\_GABRIELITO\_ALTO y EBC\_VALLECITO se componen principalmente de dos sistemas que son: Sistema radiante o antenas y sistemas de radio o equipos.

El sistema radiante suele estar ubicado en una torre ya sea del tipo auto soportada, ventada o monopolo aunque también pueden hacerlo en un mástil.

Por otro lado, el sistema de radio se ubica dentro de la sala o caseta acondicionada para instalaciones de interior o si se trata de una instalación intemperie, dispuesto sobre el terreno del recinto de la estación.

Las partes que conforman el sistema de radio son las siguientes:

- Equipos de Radio (Tx/Rx)
- Equipos rectificadores y baterías (interior)
- Equipos de refrigeración (interior)
- Cuadro general de alimentación.
- Sistema de alarmas
- Iluminación

En este proyecto me centraré en lo que realmente concierne un estudio e implementación para añadir la tecnología LTE AWS y esto es, el equipo de radio Flexi Multiradio NOKIA y el sistema radiante.

Se pueden ver representados en la Figura 4.13, diferentes entornos donde pueden encontrarse ubicadas las estaciones base.

ESPACIO DE EXTERIOR RURAL	ESPACIO EXTERIOR URBANO
	
ESPACIO COBERTURA CARRETERA	ESPACIO SUBURBANO
	

**Figura 4.13: Geografía de las EBC**

Las situaciones mostradas no son ejemplos únicos de cada entorno. Las imágenes son una muestra de las situaciones más comunes que encontramos sin ser estas exclusivas.

### Modelos de Hardware LTE AWS

En el interior de una EBC, el operador móvil puede albergar diferentes bastidores de radio capacitados cada uno para albergar uno o más tecnologías. En algunos casos estos bastidores, casetas o shelter son compartidos con otros operadores siendo propiedad de tan solo uno de ellos como se aprecia en la Figura 4.14.

Las EBC compartidas son alquiladas por el operador propietario, es como si fuera un alquiler de un departamento. O bien lo arriendan amueblado o bien sin amueblar y el nuevo inquilino tiene que instalar sus propios bastidores.

Basándome en el operador Telefónica del Perú (MOVISTAR) sobre el que centro el proyecto y al haber visitado una cierta cantidad de EBC para realizar estudios de campo o ya sea una implementación, es notorio observar los diferentes bastidores, racks, usados en cada EBC.



Figura 4.14: Hardware en EBCs

## 2.3 MARCO CONCEPTUAL

### 2.3.1 Determinación de términos básicos

- 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.
- TSS (Technical Site Survey): Consiste en el levantamiento de información, haciendo referencia a planos de la EBC, ubicación de equipos y propuesta para nuevas instalaciones.
- IMS: Es un elemento que forma parte del dominio PS del CN y posee las siguientes características:
  - Conectividad IP
  - Calidad de Servicio (QoS)
  - Control de políticas sobre IP
  - Comunicaciones seguras
  - Interconexión con otras redes.
  - Desarrollo y Control de servicios para aplicaciones basadas en IP.

Además de estas características, está diseñado para trabajar con IPv6, ya que no tiene limitación de direcciones, aunque en las primeras versiones puede trabajar con IPv4 por motivos de compatibilidad. También al igual que el dominio CS y PS, se establece una separación entre el plano de usuario y el plano de control, es decir, la señalización se maneja por separado del tráfico de usuario, además de poseer un plano de aplicaciones. La señalización de este subsistema se realiza con el protocolo SIP debido a su simpleza y flexibilidad con algunos protocolos similares.

- LTE (Long Term Evolution): Es una tecnología de banda ancha inalámbrica que está principalmente diseñada para poder dar soporte al constante acceso de teléfonos móviles y de dispositivos portátiles a internet.

LTE hace referencia a un estándar de comunicación móvil, conectividad desarrollado por la organización 3GPP que detectaron una gran necesidad en asegurar la competitividad del sistema 3G para el futuro ya que se estaba viendo amenazada por la tecnología 4G, y

así poder complacer a los usuarios que demandaban más calidad y mayor rapidez de servicio.

- 3GPP (3rd Generation Partnership Project): Es un grupo de entidades que se han asociado para hacer aplicable el sistema de tercera generación (3G) dentro del ámbito del proyecto IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) de la ITU (International Telecommunication Union). 3GPP no está limitado a 3G, también trabaja en 2G y 4G.
- Handover: Sistema utilizado en telefonía móvil con el objetivo de transferir el servicio de una EBC a otra cuando la calidad de enlace de una es insuficiente.
- Azimut: Es la distancia angular horizontal a una dirección de referencia, que puede ser el punto sur o norte del horizonte. Se define como el ángulo horizontal de apuntamiento de una antena de estación terrestre. Para navegación, este ángulo puede medirse en grados desde el norte verdadero, en el sentido de las manecillas del reloj.
- Tilt: Existe 2 tipos de tilt: El eléctrico y el mecánico. El tilt mecánico es sencillo de entender, con él inclinamos la antena. Sin cambiar la fase de la señal de entrada se modifica el diagrama de radiación y en consecuencia la dirección de propagación de la señal. Es decir, dirigimos la irradiación de la antena concentrando la energía en la dirección que se precise. Cuando la antena está inclinada hacia abajo lo llamamos “downtilt”, que es el uso más común y si la inclinación es hacia arriba (son muy raros los casos), lo llamamos “uptilt”. Con el tilt eléctrico se transforma el diagrama de radiación de la antena mediante la modificación de las características de la fase de señal de entrada. El valor del tilt eléctrico puede ser fijo o variable.
- UIT: Es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación – TIC.
- Atribuyen el espectro radioeléctrico y las órbitas de satélite a escala mundial, elaboran normas técnicas que garantizan la interconexión continua de las redes y las tecnologías

- PCRF (Policy and Charging Rules Function): Se trata de un elemento que se encarga de proporcionar las reglas específicas del operador. Su función se sitúa en el plano de control y aprovisiona la información necesaria a aplicar en función de unas ciertas reglas y previa identificación del tipo de tráfico o previa petición de QoS de una aplicación concreta.
- Dominio de Conmutación por Circuitos (CS)
 

Estructura que proviene de GSM pero con la diferencia de un método de implementación alternativo en el cual se puede ajustar el control y el tráfico de forma separada. El objetivo de separar el plano de control de usuario, es para proporcionar estabilidad al sistema. El servidor MSC es el encargado de re gestionar la señalización y proveer el control a los Gateway. El plano de control está constituido por el servidor GMSC que tiene como función realizar la correspondencia entre la señalización utilizada en el dominio CS y la señalización utilizada en la PSTN. El plano de usuario se encuentra el CS-MGW que es un Gateway que cumple la misma función que el GMSC pero con el tráfico de usuario.
- Dominio de Conmutación por Paquetes (PS)
 

El SGSN contiene la función de registro de posiciones, donde se almacenan los datos necesarios para iniciar y concluir la transferencia de información de datos por paquetes como la IMSI entre varias entidades temporales. Para la transferencia de paquetes el SGSN necesita saber con qué GGSN se está comunicando el usuario final, por esta razón el SGSN almacena las direcciones del GGSN, mientras este almacena las direcciones del abonado como el número IMSI y las direcciones PDP.

BG (Border Gateway): Es un Gateway que se utiliza para establecer conexión con otra red de paquetes externa, con la cual se posees servicios de Roaming. Todas las redes brindan servicios de Roaming entre sí, se conectan a un punto común llamado GRX GPRS Roaming Exchange.

CGW (Charging Gateway): Recopila los datos de tarificación del dominio PS y los envía al centro de facturación para su procesamiento.

- Modulación Adaptiva: permite a un sistema inalámbrico escoger el mayor orden de modulación dependiendo de las condiciones de interferencia en el canal. De esta forma cuando el usuario se encuentra lejos la estación base y con mayores fuentes de interferencia sólo es posible utilizar una modulación de bajo orden, en este caso QPSK. Cuando el usuario se encuentra más cerca de la estación base es posible utilizar técnicas de modulación de mayor orden como es el caso de 16-QAM o inclusive 64-QAM mejorándose así la velocidad de transmisión.
- MIMO: El sistema MIMO utiliza múltiples antenas tanto para recibir como para transmitir. Una transmisión de datos a tasa elevada se divide en múltiples tramas más reducidas. Cada una de ellas se modula y transmite a través de una antena diferente en un momento determinado, utilizando la misma frecuencia de canal que el resto de las antenas. Debido a las reflexiones por multitrayecto, en recepción la señal a la salida de cada antena es una combinación lineal de múltiples tramas de datos transmitidas por cada una de las antenas en que se transmitió.
- VSWR (ROE): Voltage Standing Wave Ratio. Es una medida del desacoplamiento de todas las cargas en el sistema radiante como por ejemplo en feeders, jumpers, conectores, antenas, y otros dispositivos que formen parte del sistema radiante.  
La variación del VSWR depende mucho de la variación de las ondas existentes en una línea de transmisión, pero principalmente, de la onda reflejada. En términos prácticos, un feeder golpeado, un conector mal hecho, un mal ajuste en el empalme de dos conectores o un puerto de antena oxidado hacen que la impedancia de la línea de transmisión varíe en toda su longitud y a su vez hará que la onda reflejada incremente, por lo que, en consecuencia, el valor de VSWR se elevará.
- Site Master: Equipamiento para la medición del VSWR y DTF. La marca más comercial es Anritsu. El site master proporciona una

interfaz amigable para el usuario. Cabe resaltar que este equipo permite una comunicación serial con la PC, en el cual se pueden descargar las mediciones grabadas y tener una mejor administración y observación de nuestras medidas.

- Pulsera antiestática: Es un elemento de protección que se utiliza como un brazalete que se coloca alrededor de la muñeca, dotado de un cable con una pinza que se fija a tierra, con el fin de mantenernos descargados y evitar que los componentes se dañen.
- EBC Mimetizado: Estación base celular instalado en zonas contingentes, en donde la población no admite la instalación de estas por la mala información que tiene acerca de las antenas y la relación con el cáncer o porque da mal aspecto la zona residencial y es por ello que se instalan en la edificación con más pisos y cubierta totalmente de material drywall y así aparentar que es un cuarto común.
- Torre autosoportada: Este modelo corresponde a una antena ubicada en una zona industrial exclusiva. Debido a la naturaleza de las actividades realizadas en estos lugares, no es necesario un tratamiento visual ni estético de las estructuras de soporte. Además de la zona industrial, esta estructura es muy utilizada en zonas rurales por el fuerte soporte de base y su gran capacidad de soportar peso en las alturas.
- Torre arriostrada: torres de telecomunicaciones soportadas por tensores, conocidas como torres arriostradas o torres con tirantes, los tensores son generalmente de acero de alta resistencia. Una torre de comunicación con tirantes es capaz de proporcionar gran altura con un costo mucho más bajo de material. Comúnmente tiene tirantes en tres direcciones sobre radio de anclaje por lo general de  $2/3$  de la altura de la torre. La torre de comunicaciones arriostrada por lo general viene con una sección de celosía triangular.

# **CAPÍTULO III**

## **ESTUDIO E IMPLEMENTACION DE UNA RED 4G LTE EN EBCs**

### **2.4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

Este proyecto consiste en un desarrollar un estándar de estudio e implementación para brindar el servicio 4G LTE en la Urbanización San Gabriel Alto ubicada en el distrito de Villa María del Triunfo al igual que los distritos aledaños.

Mediante el estudio de tecnología existente en las 2 Estaciones Base Celulares (EBCs) de la operadora de telefonía móvil “Telefónica del Perú” ubicadas en la urbanización San Gabriel Alto, se aplicarán para la implementación conocimientos de planteamiento de ubicación de equipos System Module, diseño y proyección de ubicación de soportes nuevos, escalerillas, bancos metálicos para los equipos Module, cableado y antenas, energizado de los equipos mencionados para su operación, además de una consideración en posible replanteamiento de ubicación de antenas (swap) y módulos RF.

Finalizado el estudio, análisis y proyección en las Estaciones Bases Celulares: EBC SAN\_GABRIELITO\_ALTO, EBC VALLECITO de la operadora Telefónica Móviles ubicadas en la urbanización San Gabriel Alto, en el distrito de Villa María del Triunfo, se procederá en la implementación de los mismos con los equipos necesarios.

El comisionamiento e integración es uno de las etapas importantes a realizar una vez ya implementado los equipos en las EBCs, seguido de la aceptación por parte de representantes de la misma operadora Telefónica Móviles, representante de Nokia Network Solutions y además el encargado/supervisor de la implementación.

## **2.5 ESTUDIO DE CAMPO PARA IMPLEMENTACION DE TECNOLOGIA 4G EN LAS ESTACIONES BASE CELULARES.**

Hoy en día todos los operadores de telefonía están desarrollando un mayor despliegue y mejoramiento de su red con nuevos equipos, actualizando el hardware con las tecnologías que van desarrollándose cada día y que permiten aprovechar de una forma más eficiente el espectro radioeléctrico, traduciéndose en una mayor capacidad de la red que se traslada a sus clientes.

La mejor forma de brindar esta nueva tecnología, me refiero a la red 4G LTE, es instalando nuevos equipos y para ello, en una estación existente realizar el estudio de campo que viene a significar en otras palabras “Levantamiento de información”.

Esto hace referencia a tomar todos los datos requeridos por un informe en donde lo más resaltante es destacar la tecnología existente en la EBC y que equipos, que bastidores hay instalados en la sala de equipos, como también el recorrido de los cables feeders, de energía DC, Ethernet, fibra óptica. El tema de energía, de alarmas acompañado también de posibles planteamientos de instalación de equipos en sala. Todo eso en la sala de equipos o también llamado caseta o shelter. En el sistema radiante se toma datos de que tipos de antenas se está usando para cierta tecnología, azimut, tilt mecánico, eléctrico, cuantos módulos RF brindan determinada tecnología y se plantea ideas para una posible implementación de una nueva tecnología basándose en lo existente, en el espacio y en las medidas. Las medidas son muy importantes debido a que de esto se basa para que una vez aprobado el estudio y se proceda a realizar la implementación se requiera el metraje de cable DC, fibra óptica, etc.

En las EBC telefónica ubicadas en la Urbanización de San Gabriel Alto como lo son EBC\_SAN\_GABRIELITO\_ALTO y EBC\_VALLECITO también se realizarán estos estudios y una vez aprobado se dará el proceso de instalación pero ya teniendo un estándar de referencia será de mucha ayuda realizar este tipo de implementación.

## 2.6 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN 4G EN LA URBANIZACIÓN SAN GABRIEL ALTO NOMENCLATURA ENODEB NSN

eNodeBName	Distrito	Longitud	Latitud	Sector	CellName
SAN_GABRIELITO_ALTO	VILLA MARIA DEL TRIUNFO	-76.943965	-12.13459	1	SAN_GABRIELITO_ALTO1
SAN_GABRIELITO_ALTO	VILLA MARIA DEL TRIUNFO	-76.943965	-12.13459	2	SAN_GABRIELITO_ALTO2
SAN_GABRIELITO_ALTO	VILLA MARIA DEL TRIUNFO	-76.943965	-12.13459	3	SAN_GABRIELITO_ALTO3
VALLECITO	VILLA MARIA DEL TRIUNFO	-76.946745	-12.1404	1	VALLECITO1
VALLECITO	VILLA MARIA DEL TRIUNFO	-76.946745	-12.1404	2	VALLECITO2
VALLECITO	VILLA MARIA DEL TRIUNFO	-76.946745	-12.1404	3	VALLECITO3

Tabla 5: Información Básica de EBC en San Gabriel Alto

eNodeBName	Altura	Tipo	CODIGO_3G o 2G	SiteID	InCellID
SAN_GABRIELITO_ALTO	16.5	OUTDOOR	3GLI451	4GLI451	4511
SAN_GABRIELITO_ALTO	16.5	OUTDOOR	3GLI451	4GLI451	4512
SAN_GABRIELITO_ALTO	16.5	OUTDOOR	3GLI451	4GLI451	4513
VALLECITO	25.8	OUTDOOR	3GLI349	4GLI349	3491
VALLECITO	25.8	OUTDOOR	3GLI349	4GLI349	3492
VALLECITO	25.8	OUTDOOR	3GLI349	4GLI349	3493

Tabla 6: Asignación de CellID a las EBC ubicadas en San Gabriel Alto

CellName	Antenna mode	Azimuth	E-downtilt	M-downtilt
SAN_GABRIELITO_ALTO1	2Tx2Rx	75	4	0
SAN_GABRIELITO_ALTO2	2Tx2Rx	150	4	0
SAN_GABRIELITO_ALTO3	2Tx2Rx	250	6	0
VALLECITO1	2Tx2Rx	20	6	0
VALLECITO2	2Tx2Rx	170	6	0
VALLECITO3	2Tx2Rx	260	7	0

**Tabla 7: Parámetros del Sistema Radiante**

### **Seguridad y Prevención de Riesgo**

Llegado el momento de ser aprobado TSS el proyecto de ciertas EBC para ser implementadas y habiendo recibido las capacitaciones necesarias para la instalación. Es necesario recordar lo siguiente: Todo personal que se encuentre dentro del sitio de trabajo debe tener su carpeta con toda la documentación exigida por el operador de telecomunicaciones, estas carpetas deben ser entregadas por la empresa contratista a su personal.

Siempre se debe revisar todo el material y equipamiento de trabajo antes de iniciar la jornada laboral, esto para comprobar la existencia de todo lo necesario, así como el estado de los mismos. Cada día de trabajos se debe dar una charla de seguridad donde el supervisor comprueba que cada integrante del grupo de trabajo acate todas las normas y procedimientos de trabajo implementados en el sitio, para evitar cualquier incidente menor o grave. Al final de la charla se firmara un documento que demuestre que la charla fue dada y que se acatara lo explicado por el supervisor de campo. Así mismo, debe quedar un registro firmado y diario de todos los implementos entregados, así como el uso adecuado de cada uno de ellos y que su uso es completamente obligatorio en todas las instalaciones donde se encuentran laborando. Todos estos reportes deben estar en el sitio cada día de trabajo, ya que en cualquier momento se pueden solicitar y la no presencia de estos puede causar sanciones al supervisor de la obra.

## Preparación de materiales y equipamiento

Una vez iniciada la planificación, se debe llegar al sitio por lo menos 30 minutos antes, para corroborar que el sitio está completamente apto para iniciar la instalación del mismo. En este momento se debe revisar el sitio minuciosamente, tomando en cuenta que todo lo planteado en el TSS realizado este instalado, caso contrario informar al jefe de proyecto que lo propuesto en el TSS aún no está instalado y no procede la instalación y/o suspender la recepción de los equipos. Comprobada la posibilidad de instalación, se inicia el proceso de recepción del equipamiento. Se debe revisar todo el equipamiento necesario que debe llegar al sitio, dependiendo del tipo de sitio a instalar y de acuerdo a lo planificado para el mismo.

## 2.7 INSTALACION DE EQUIPOS NOKIA NETWORKS SOLUTIONS

### 2.7.1 Instalación de FMFA – PLINTH

Las dimensiones de FMFA o llamado también PLINTH son las que se pueden apreciar en la Figura 5.1, son exactamente sus medidas. Este objeto puede ser instalado dentro del cuarto de equipos anclados bien ya sea en un muro de concreto, en un banco metálico; o instalado en exterior en un mástil.

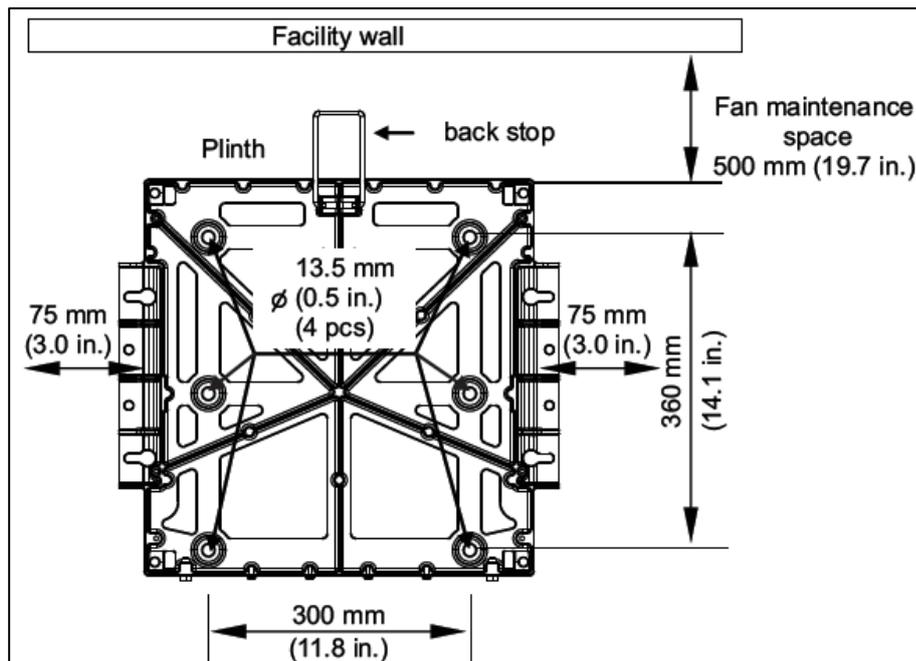


Figura 5.1: Dimensiones del PLINTH

Para la instalación del PLINTH en el muro observar la Figura 5.2, se debe de seguir los siguientes pasos:

1. Marque los puntos para fijar el plinth en la pared teniendo cuidado con la instalación de agua y eléctrica.
2. Se deben usar tacos expansores, no se permiten tacos de madera.
3. Fije los tornillos de montaje en la pared.
4. Apriete los tornillos de montaje superior.
5. Apriete los tornillos de montaje inferior a uno valor de 49 Nm.

### PROCEDIMIENTO DE INSTALACION FMFA DE MANERA GRÁFICA

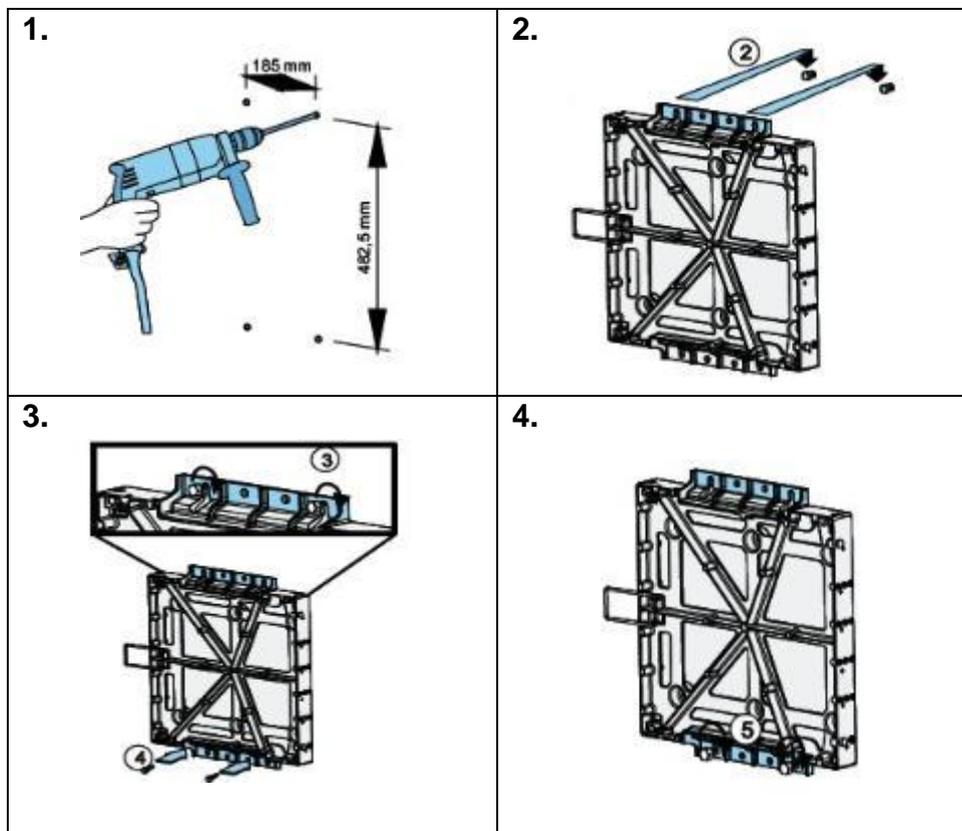
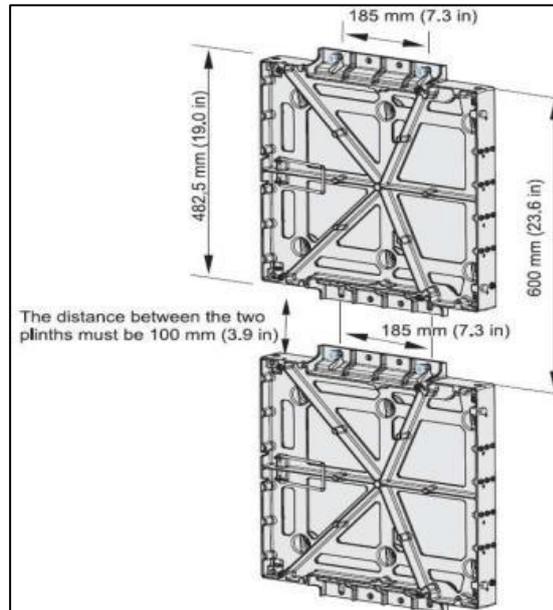


Figura 5.2: Instalación del PLINTH

Han existido casos en donde ya existía un FMFA instalado en la pared así que en la Figura 5.3 se mostrará cómo se debe de realizar la instalación del mismo cumpliendo con la distancia de separación del otro.



**Figura 5.3: 2do Caso de Instalación de PLINTH**

Para la elección del taco expansor tal como se puede observar en la Figura 5.4, se debe tener en cuenta el grosor de la pared y la profundidad de la zona hueca. Los pasos son los siguientes:

1. Realizar la perforación equivalente al del taco
2. Introducir el taco con el tornillo hasta el fondo del taladro.
3. Aflojar ligeramente el tornillo y colocar la pinza de tracción.
4. Utilizar la pinza de tracción para expandir el taco.
5. Realizado el paso anterior, desmontar el tornillo y colocar la FMFA



**Figura 5.4: Taco Expansor**

Para la instalación del PLINTH en un SKID o banco metálico visto en la Figura 5.5 y 5.6, también en el interior de la sala de equipos los pasos son los siguientes:

1. Verificar el espacio entre paredes y gabinetes para que el mismo quede dentro de las medidas recomendadas en la figura que se encuentra al lado.
2. Fijar el PLINTH en el Skid o banco metálico con tornillos apropiados siempre dejando los puntos de puesta a tierra en la parte frontal.

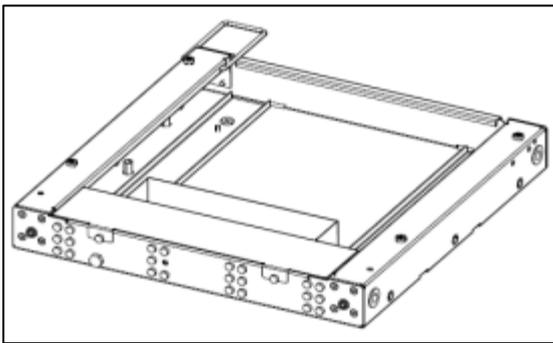


Figura 5.5: PLINTH fijado en el concreto

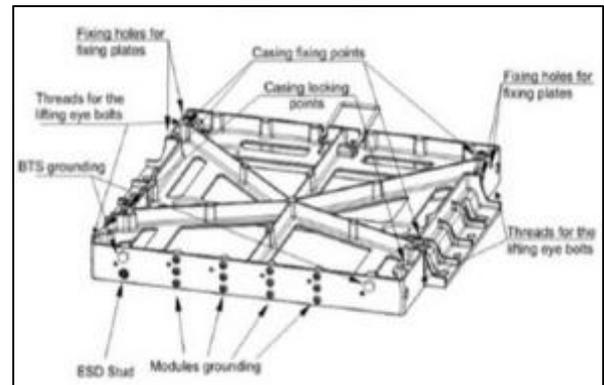


Figura 5.6: PLINTH fijado en el muro

Para la instalación del PLINTH en un mástil (outdoor) o un mástil de antena, hay dos tipos de Kit de montaje para la sujeción de este.

**Kit de Montaje con VMPB:** Para soporte de antena entre 60 mm (2,4 pulgadas) y 120 mm (4,7 pulgadas) de diámetro

El montaje VMPB son como dos abrazaderas que son colocadas entre el mástil, primeramente en la parte superior y ya habiendo calculado la separación con el VMPB inferior con la ayuda del FMFA, son fijadas con la ayuda de 2 pernos estructurales. Observar claramente que en el VMPB sobresalen 2 orificios donde van 2 pernos especiales que da soporte a la FMFA tal y como se observa en la Figura 5.7.

## PROCEDIMIENTO DE KIT DE MONTAJE CON VMPB MANERA GRÁFICA

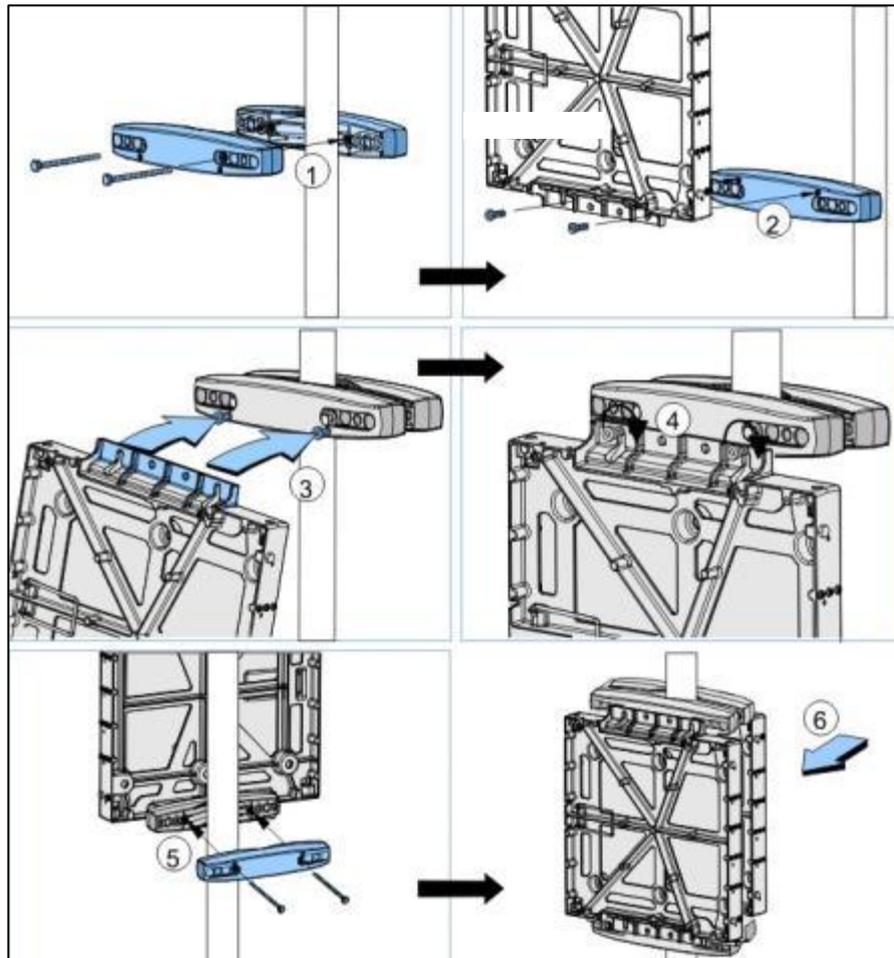


Figura 5.7: Fijación de Kit de montaje VMPB

**KIT de Montaje con FPKA:** Para soporte de antena entre 60 mm (2,4”) y 300 mm (11,8”) de diámetro.

Para un correcto montaje de plinth en mástil con el kit de montaje FPKA, observar la Figura 5.8.

1. Fijar el soporte superior al mástil. Fijar y ajustar los tornillos del soporte a 30Nm.
2. Fijar un lado del soporte inferior al mástil. Fijar y ajustar los tornillos a 20Nm.
3. Levantar el plinth sobre el soporte y ajustarlo para que los tornillos de fijación del soporte se alineen con los del kit de montaje. Apretar los tornillos a 20Nm.
4. Apretar los tornillos (M10) a 30Nm.

5. Si fuese necesario un segundo plinth, instalarlo al otro lado del soporte de montaje del mástil.
6. Punto de puesta a tierra principal apuntando hacia abajo.

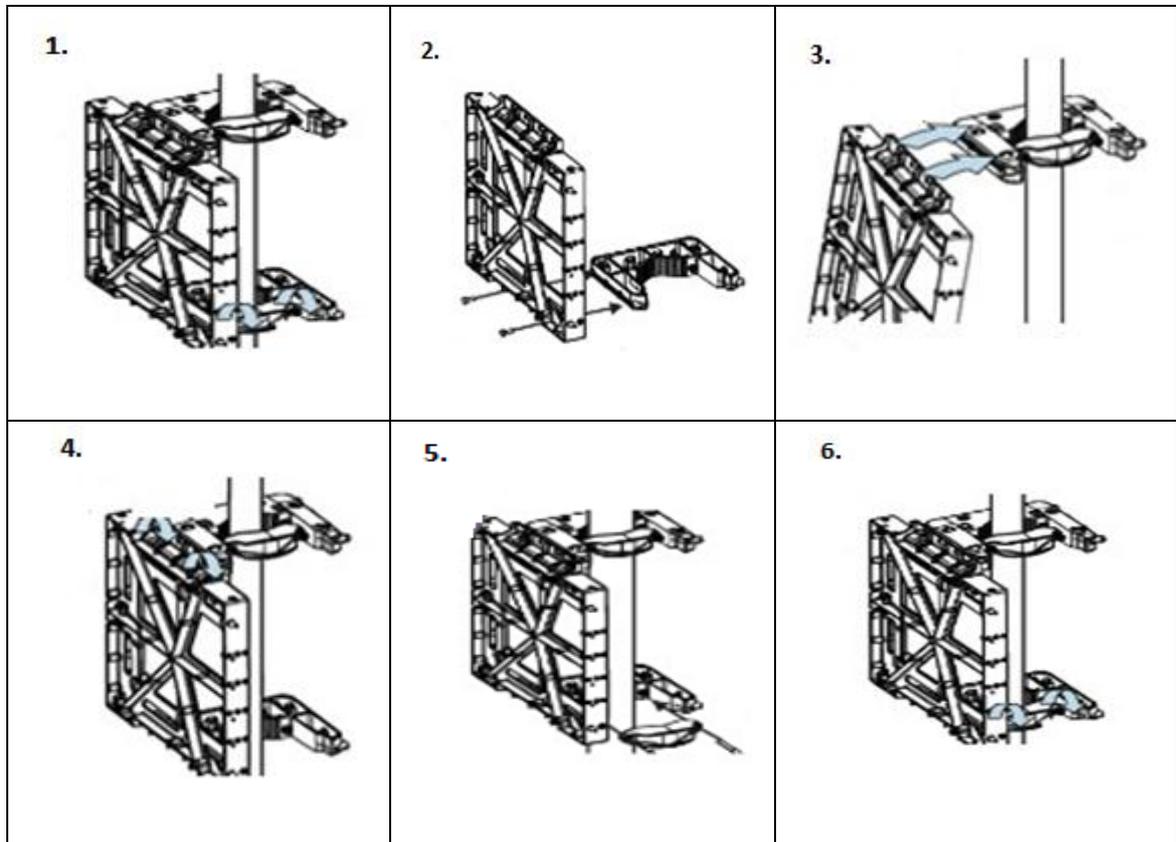
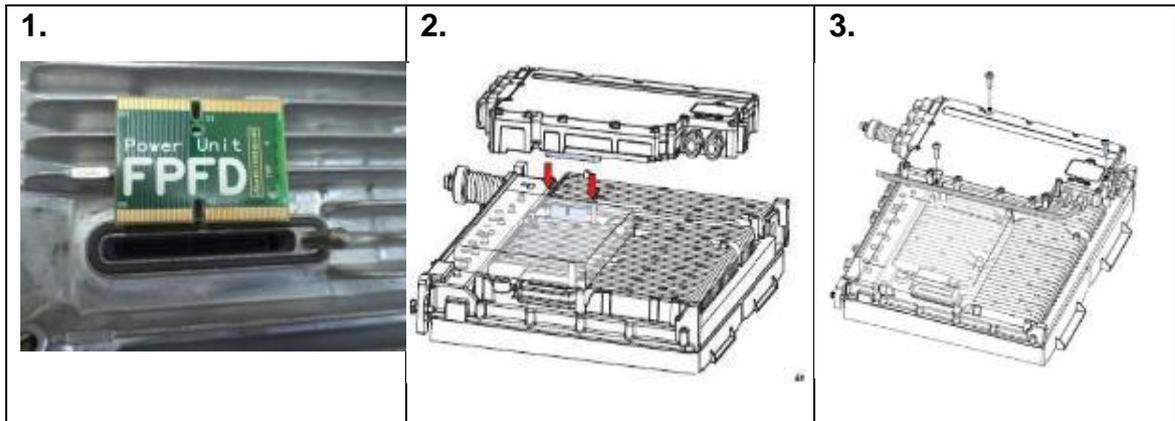


Figura 5.8: Fijación de Kit de montaje FPKA

### 2.7.2 Instalación Equipo Flexi Multiradio BTS System Module

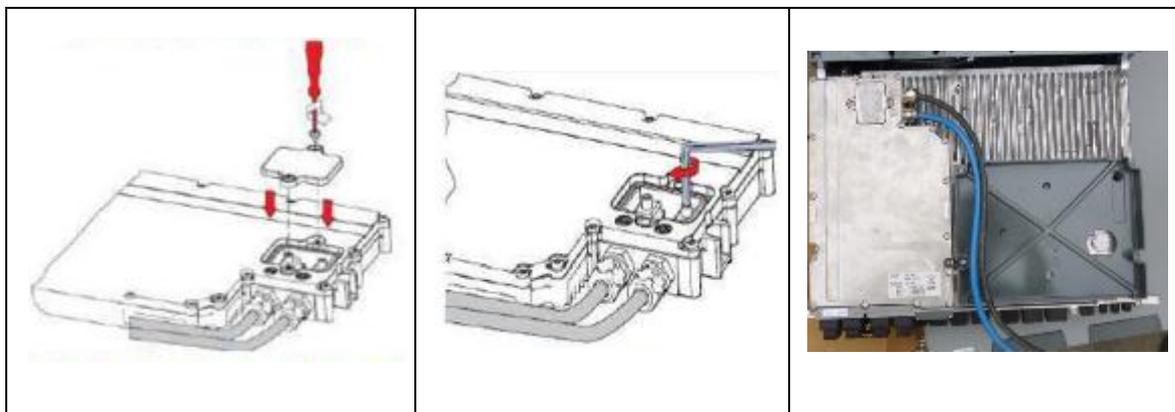
Antes de instalar el módulo FSMF al FMFA se deben de incorporar las tarjetas necesarias como lo son la tarjeta de energía FPF D.

Lo primero retirar gomas de protección e insertar la tarjeta de comunicación FPF D en el módulo FSMF, para luego colocar el sub modulo encima de este y para luego realizar la conexión DC al módulo principal, como se muestra en la Figura 5.9. El calibre del cable a utilizar es de  $25\text{mm}^2$ , negro y azul.



**Figura 5.9: Instalación de Módulo FPDF**

El paso 3 es el más importante debido a que se debe de fijar bien los cables, y es por ello que primero que se debe hacer es destapar por la parte superior del submódulo, luego poner los aros de goma a los cables y ajustar con una llave allen hexagonal 3 para apretar el conector y luego realizar el ruteo de cable DC salida del FSMF como se observa en la Figura 5.10.



**Figura 5.10: Presentación del cableado DC del módulo FPDF**

Una vez ya habiendo colocado las tarjetas apropiadas al FSMF, se continúa con la fijación del mismo en el FMFA

El haber presentado las anteriores situaciones al momento de instalar la FMFA (plinth), es el momento de instalar, fijar el módulo FSMF a la FMFA. En implementaciones anteriores como lo han sido para la red 3G o para una modernización de la red 2G, también se instalaba la FMFA pero antes

de instalar el módulo FSME, se debía de realizar un paso más que era el de ensamblar el módulo en sí a su propio case tal como se ve en la Figura 5.11, ya que venían apartados y luego se procedía a realizar los siguientes pasos:

1. Encajar y empujar el módulo (case) hasta que esté trabado.
2. Alinear los orificios del módulo (case) con los tornillos del plinth.
3. Fijarlo con los tornillos apropiados.
4. Instale las placas metálicas de traba lateral

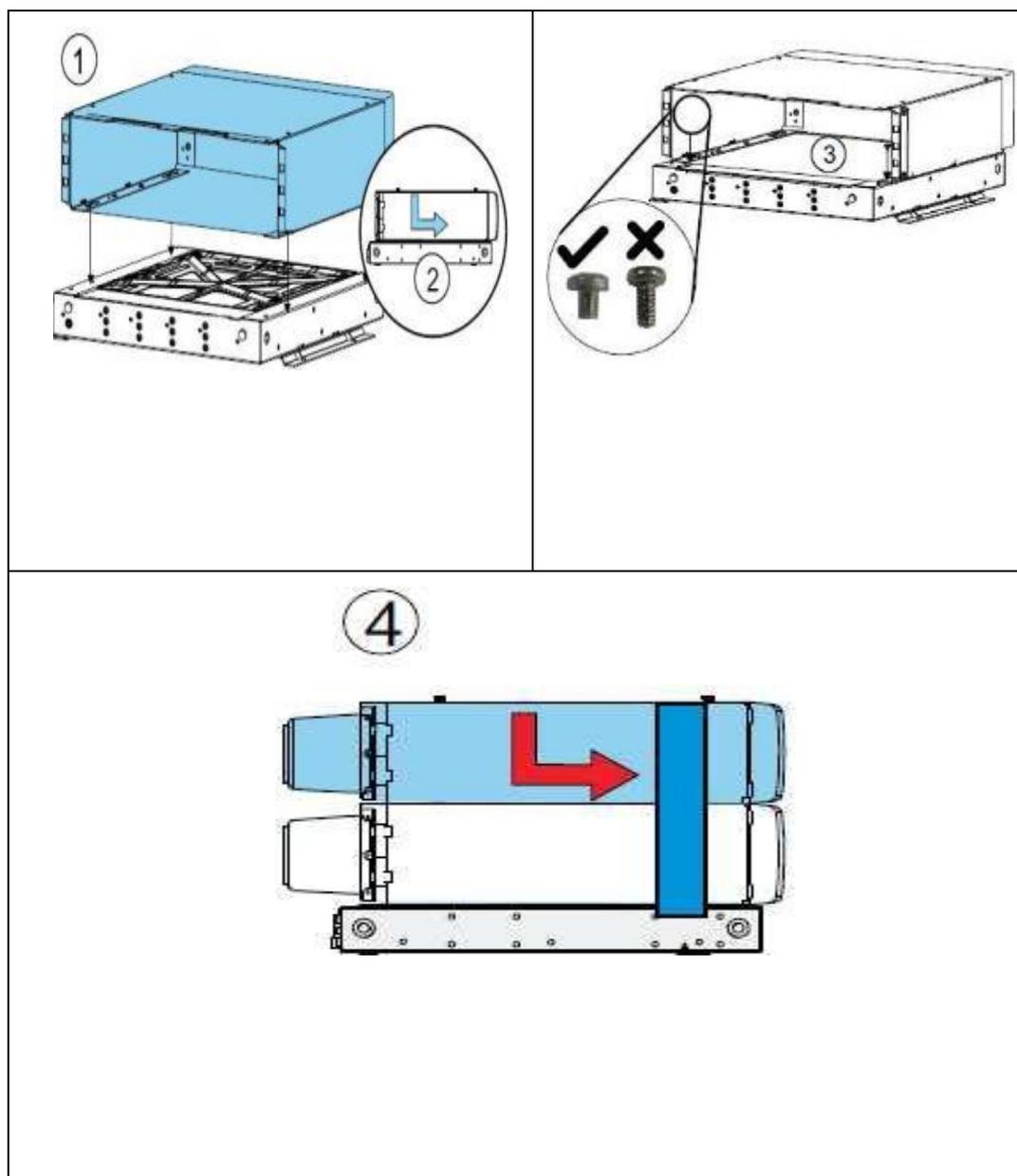
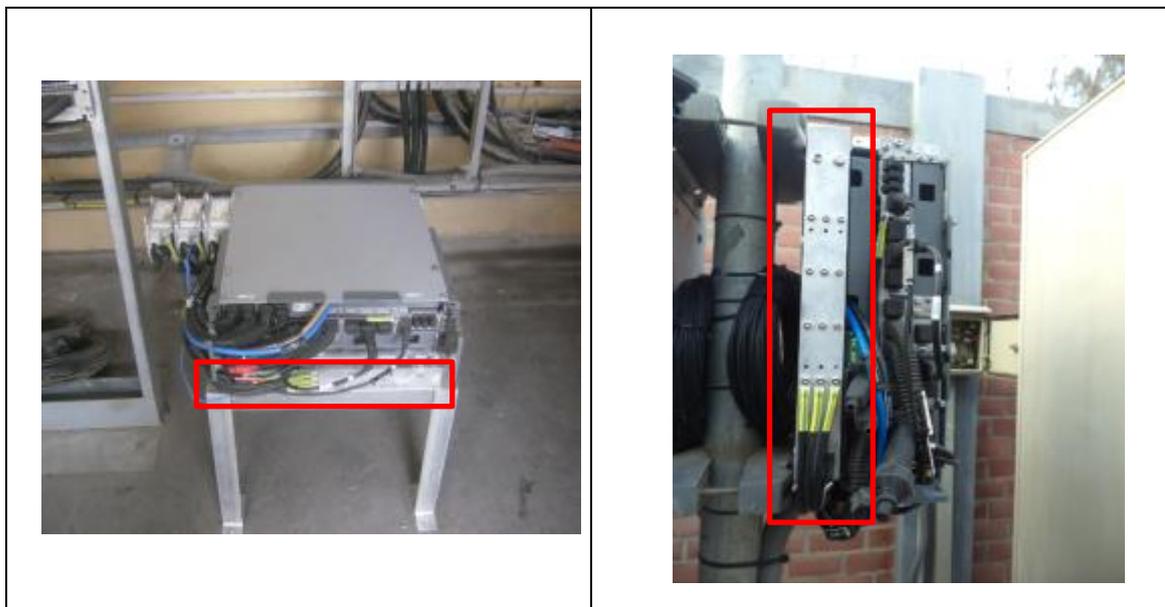


Figura 5.11: Fijación del FSMF en PLINTH

### **Aterramiento de Plinth – FSMF - OVP**

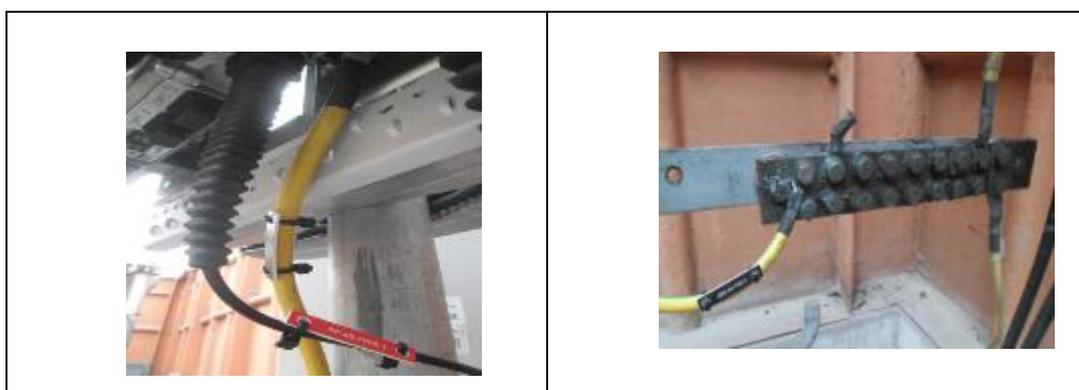
El plinth debe estar conectado a la puesta a tierra del Site, el FSMF debe estar conectado al punto de tierra del plinth al igual que los OVPS y ser ajustados con una llave Allen T25, y deben de estarlo tal y como se muestra en la Figura 5.12.



**Figura 5.12: Aterramiento FSMF**

### **Aterramiento de RRH a la barra EGB**

De la misma manera, al ya estar los RRH fijados con los kit de montaje en los mástiles designados a ser instalados. Se procede a aterrar a la barra tierra más cercana y ser colocados con un perno y una tuerca. Al final de ello se procederá a echar la grasa a barra tierra tal como se muestra en la Figura 5.13.



**Figura 5.13: Aterramiento RRH en EGB**

## 2.7.3 Instalación de OVP: FSES - FSEC

### Conexión Interna del OVP - FSEC

Cortar el cable DC (incluido en el suministro) cerca del conector, pelar si es necesario para revelar los cables negro y azul y conectar los cables como se muestra en la Figura 5.14.

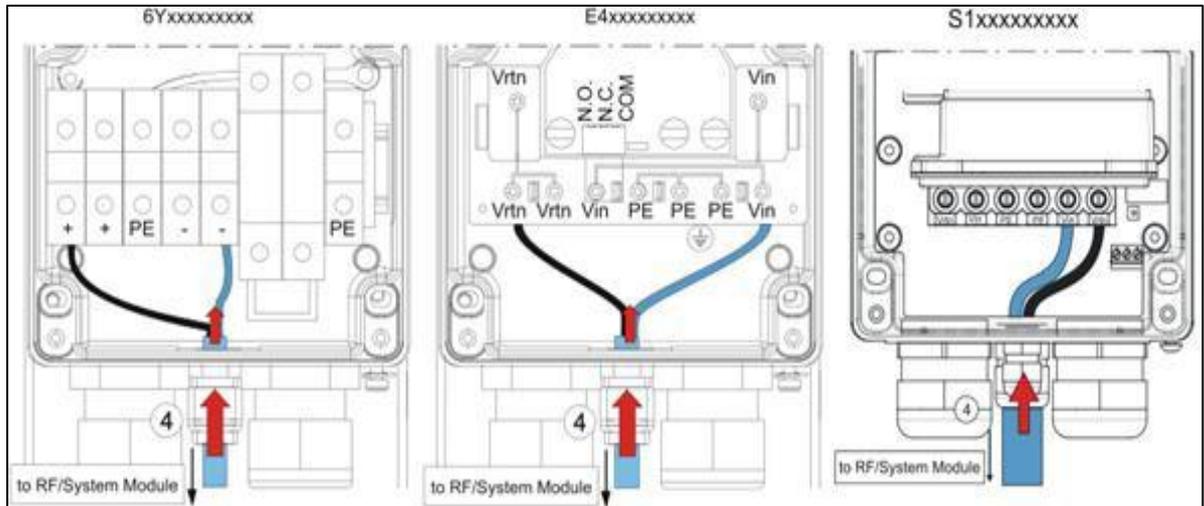


Figura 5.14: Conexión Interna FSEC

Conectar el cable de puesta a tierra como se observa en la Figura 5.15, con el terminal de ojo al extremo del mismo y con ayuda de una prensa hacerle presión y cubrirlo con un adhesivo termocontracto (manga) y de igual modo el otro extremo para conectarlo a la barra tierra más cercana del módulo RF.

Conectar el otro extremo del cable DC al módulo RRH ó FRIG

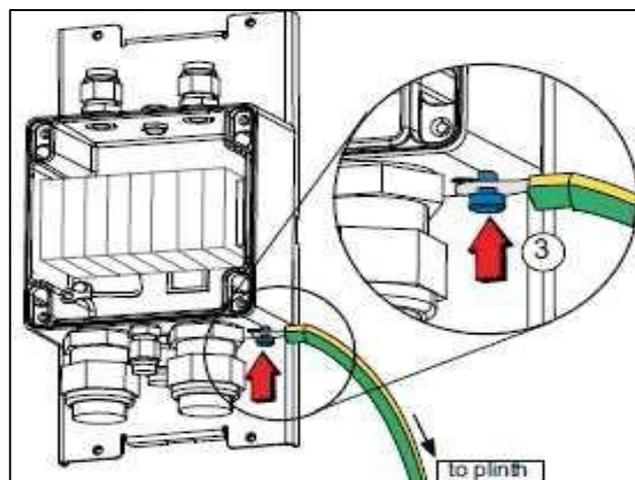


Figura 5.15: Aterramiento de OVP FSEC

## Instalación de OVP FSEC

Para la instalación de OVP FSES los pasos son los siguientes y mostrados de manera gráfica en la Figura 5.16:

1. Abra la tapa de la caja de FSEC.
2. Remover la placa protectora dentro de la FSEC para realizar la conexión de los hilos de forma más fácil.
3. Instale la caja.
4. La distancia máxima de instalación del FSEC es de 1,5 m (59,1") a partir del módulo de RF.
5. En las instalaciones en el soporte de antena, use el kit de fijación:
  1. Pase la cinta metálica de fijación.
  2. Apriete la cinta metálica en torno al soporte de antena.

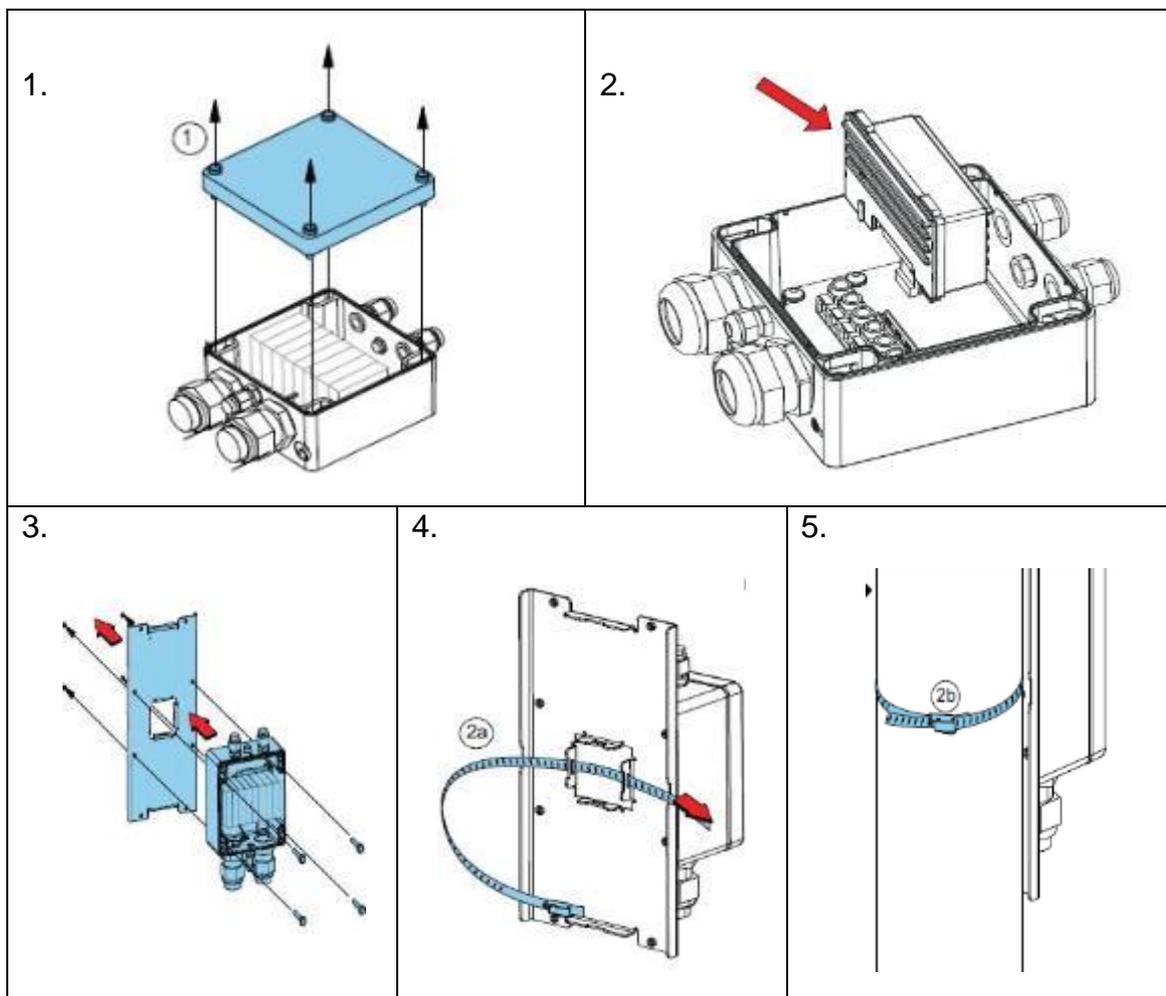


Figura 5.16: Instalación de OVP FSEC

## Instalación de OVP Tipo FSES

El procedimiento de manera gráfica se observa en la figura 5.17:

1. Todos los cables que entran a los OVP deben entrar por la parte inferior.
2. Insertar el extremo encintado del cable de alimentación D.C
3. Preste atención a las marcas (V48N (-), V48RTN (+) y GND) sobre la tapa del FSES y asegúrese de conectar los cables con la polaridad correcta.
4. Si se tiene un cable blindado de DC, conectar el blindaje a la terminal marcada con GND.
5. Tenga en cuenta que el cable de tierra del FSES tiene que estar conectado al plinth.
6. Fijar la bota IP en su lugar y ajustar el tornillo.
7. Apretar al máximo. 2,0 Nm.

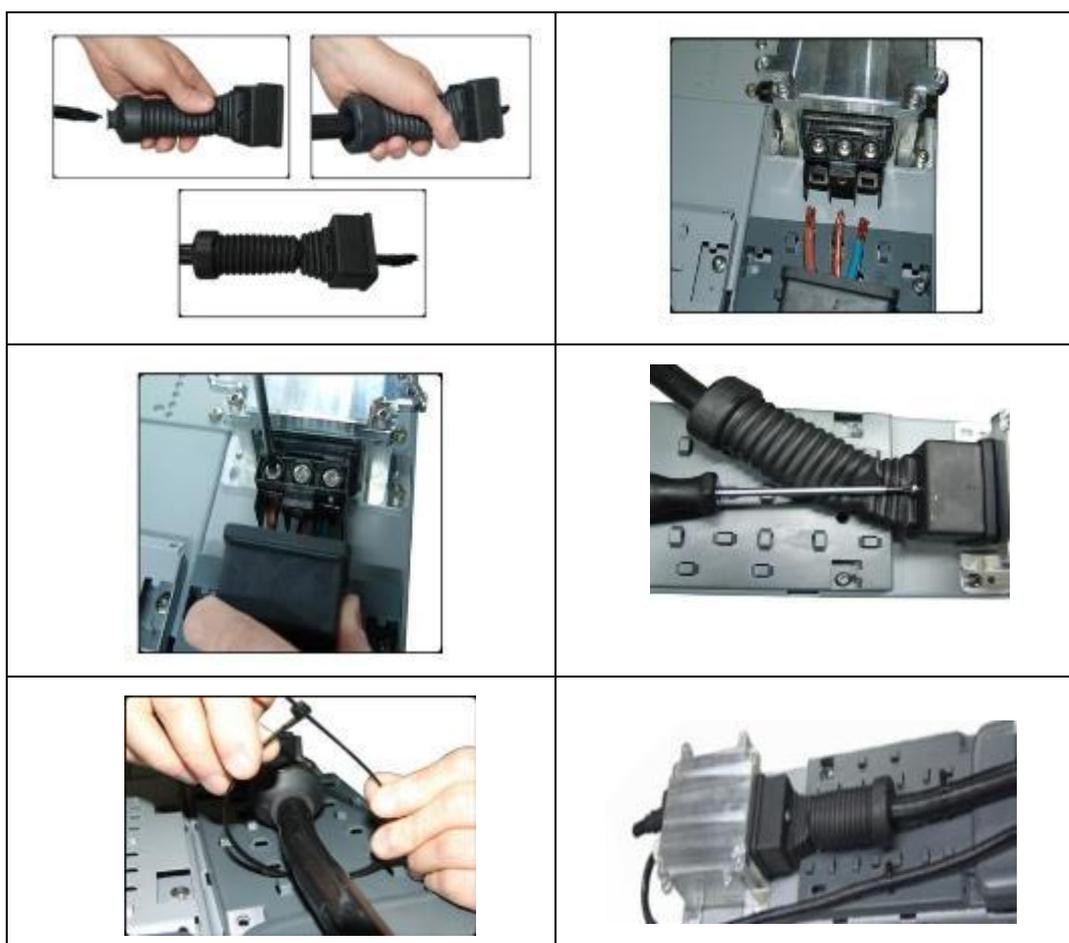


Figura 5.17: Instalación de OVP FSES

Paso seguido de haber ubicado los OVPs al FSMF y haber conectado el cable AMPHENOL que viene del módulo RRH al OVP se procede a conectar el cable de energía del OVP al FSMF. Los pasos son los siguientes:

1. Cable DC de OVP se debe cortar a la medida que creamos conveniente debido a que el conector que viene por defecto no encaja en el módulo FPFD y luego de cortarlo se debe pasar por el cable las gomas protectoras de terminal DC que dan seguridad, protección al equipo.
2. Una vez cortados se debe de colocar a los 2 cables de energía (azul y negro) terminales de punta y hacerles presión con la ayuda de una prensa.
3. Una vez puestos los terminales de punta a cada cable DC de los OVP se procede a conectarlos al módulo FPFD. Para ello se hace uso de una llave hexagonal (allen) de 2,5 y hacer presión para que no falsee.
4. Estando colocado los 3 OVPs al módulo FPFD se les coloca las gomas protectoras tal y como se muestra en la Figura 5.18.

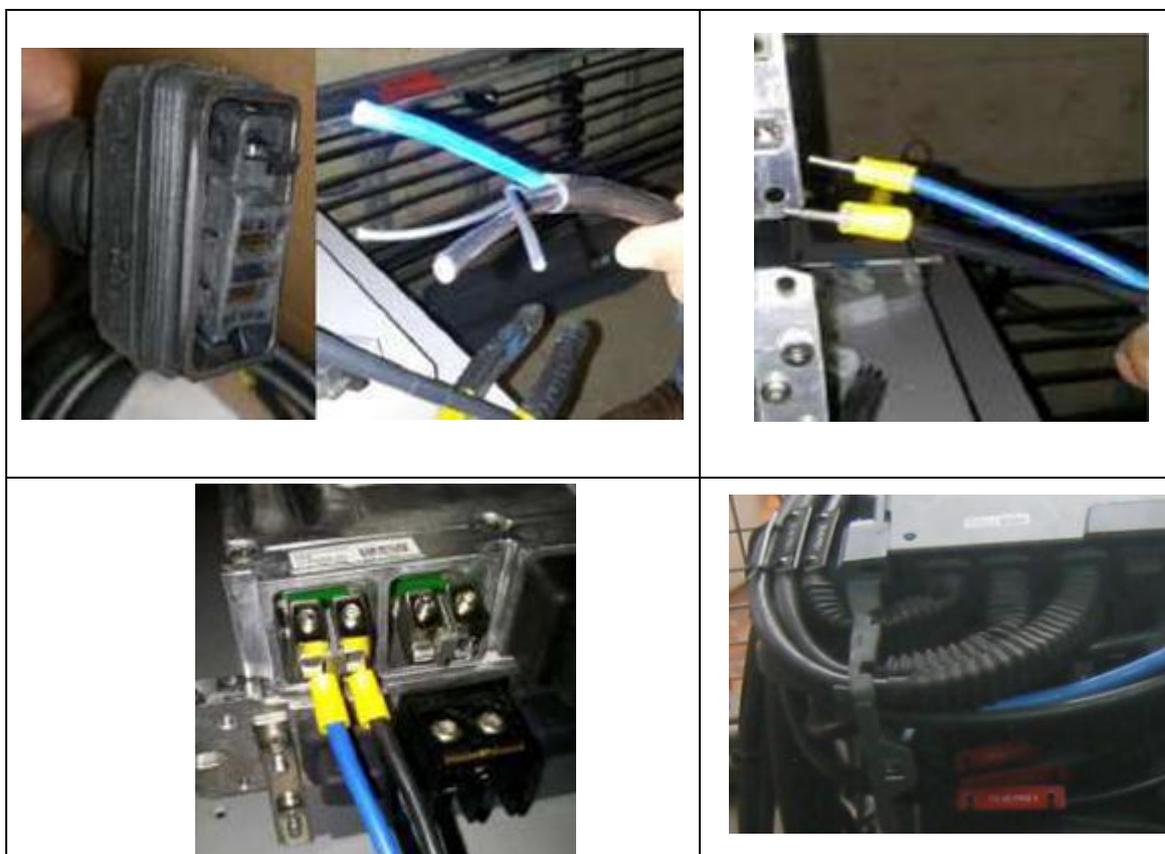
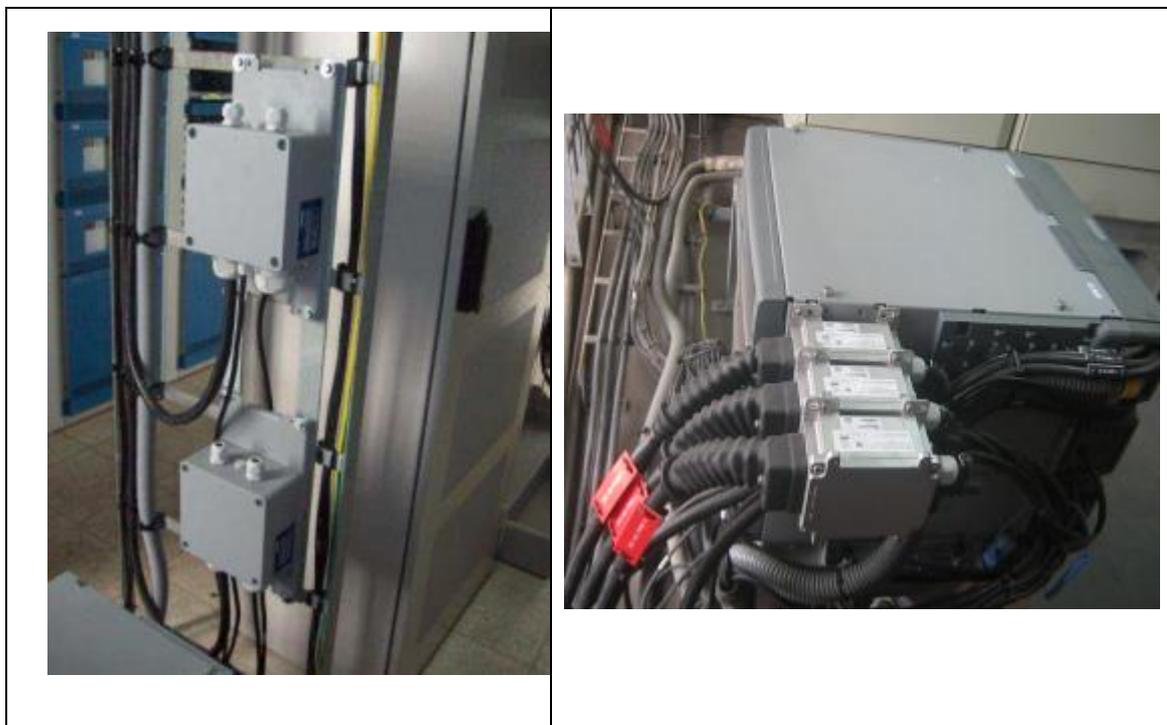


Figura 5.18: Conexión al Módulo FPFD

### **Ejemplo de instalación de OVPs (FSEC y FSES)**

Fijadas ya sea en escalerilla vertical, en un muro, en un mástil o en el mismo case, dependiendo del tipo de OVP como se observa en la Figura 5.19.



**Figura 5.19: Presentación Final de OVP**

#### **2.7.4 Instalación del sistema radiante**

Las antenas utilizadas en una EBC para la implementación de 4G de este tipo soportan una conexión MIMO en las frecuencias de la AWS, banda licitada para LTE en Perú. En la figura 5.21 Se observa una antena RF de marca Comba modelo ODV-065R18J18J, que es uno de los modelos habituales y menos pesados. Es necesario destacar que para el operador MOVISTAR (Telefónica del Perú) las antenas RF más utilizadas para esta implementación son la de marca Comba Dual Band, Tri Band o Quad Band y de la marca HUAWEI (ATR). Las especificaciones técnicas se encuentran en la parte de ANEXOS.

## Instalación de Antenas

Antes de proceder a instalar algún dispositivo, en este caso antenas, se debe tener la certeza de cuál es la posición en donde se va ubicar la antena y para ello se consulta el TSS o estudio de campo. Hay casos en donde se han planteado fijar nuevos mástiles o realizar SWAP. Una vez estando seguro de lo que se tiene que realizar se pasa a la instalación. Las antenas deben de quedar apretadas guardando simetría entre ambos pernos para evitar que se agripen, una vez que se le ha dado el azimut exigido. Los brackets deben quedar apretados una vez que se ha medido el tilt mecánico con el inclinómetro digital como esta exigido y como se muestra en la Figura 5.20.



Figura 5.20: Antena COMBA ODV-065R18J18J

Se debe fijar el tilt eléctrico y mecánico, de acuerdo al plan de implementación que requiere el proyecto. El tilt mecánico es la inclinación de la antena, a través de accesorios específicos en la misma, sin cambiar la fase de la señal de entrada. El tilt eléctrico, es la modificación de las características de la fase de la señal de cada elemento de la antena. Estos dos conceptos están relacionados con la inclinación de la señal de la antena y los objetivos de cobertura. El tilt eléctrico puede ser un valor fijo o puede ser variable. Este ajuste se puede dar de forma manual o remota, este último llamado como RET (Remote Electrical Tilt).

### Instalación del Módulo RRH – FRIG

De acuerdo a lo planteado en el TSS. Con respecto a la ubicación de los RRH, está claro que el estándar para su instalación es “**BACK TO BACK**”, en otras palabras, instalarlo a la espalda de la antena **QUAD BAND** que es la más usada para este tipo de implementación. Para ello se hace uso el Kit de montaje VMPB, el mismo que se utilizó para fijar el módulo FSMF a un mástil ubicado a nivel del suelo.

La instalación de este módulo es un poco complicado pero eso dependerá de la situación en la que uno se encuentre. Haciendo referencia que no es lo mismo instalar el módulo RRH en un mástil independiente de una EBC mimetizada como instalarlo en una torre autosoportada, una ventada o un monopolo. Obviamente estos últimos casos son los que implican un mayor y riguroso cuidado al subir el RRH a través de poleas y al momento de instalarlo puesto que el trabajo en altura sino se tiene la concentración debida, se puede sufrir accidentes no deseados.

El procedimiento de instalación del kit de montaje es el mismo y al momento de fijarlo de igual manera. Con los pernos que dan el soporte al módulo RRH y con el ajuste necesario de los mismos se dará una buena fijación tal y como se muestra en la figura 5.21.



Figura 5.21: Presentación final del Módulo RRH

### **Instalación de Cables Coaxiales (JUMPERS)**

Los jumper a instalar ya armados miden 2.5m y son de 7/8", de cada módulo RRH a cada antena se realizan 4 conexiones como se observa en la Figura 5.22. Se debe tener cuidado con el radio de curvatura, la fuerza al jalar los cables y el correcto manejo de las herramientas.

Al izar los cables se debe tener mucho cuidado ya que se podría dañar la protección del cable, evitar el izamiento con fuerzas desiguales y no realizar curvaturas excesivas.

### **Sellado de Conectores**

Todas las conexiones exteriores deben ser selladas una vez realizadas las mediciones en las líneas de antenas (ROE). El material a utilizar para el sellado es Weatherproofing Kit Universal de la marca ANDREW. Los pasos a seguir son:

1. Se aplica 2 capas traslapadas de cinta aisladora cubriendo todo el conector.
2. Luego se aplica la cinta vulcanizada desde la parte superior del conector hacia abajo, buscando la forma de un cono de helado, se debe aplicar 2 capas de cinta vulcanizada. La tensión de la cinta vulcanizada debe variar para lograr una aplicación sin espacios vacíos. Una manera de evitar esos vacíos es tensar la cinta hasta cerca de su punto de ruptura.
3. Seguidamente se aplican 2 capas traslapadas ligeramente estiradas de cinta de aislar por debajo del punto más bajo de la cinta vulcanizada. Es recomendable aplicar las 2 capas de manera continua.
4. Ya realizada la inspección del sellado y asegurarse que no hay posibilidad que ingrese humedad a través del sellado, se hace necesario la aplicación de cintillos al inicio y final del sellado tal y como se ve en la Figura 5.22.

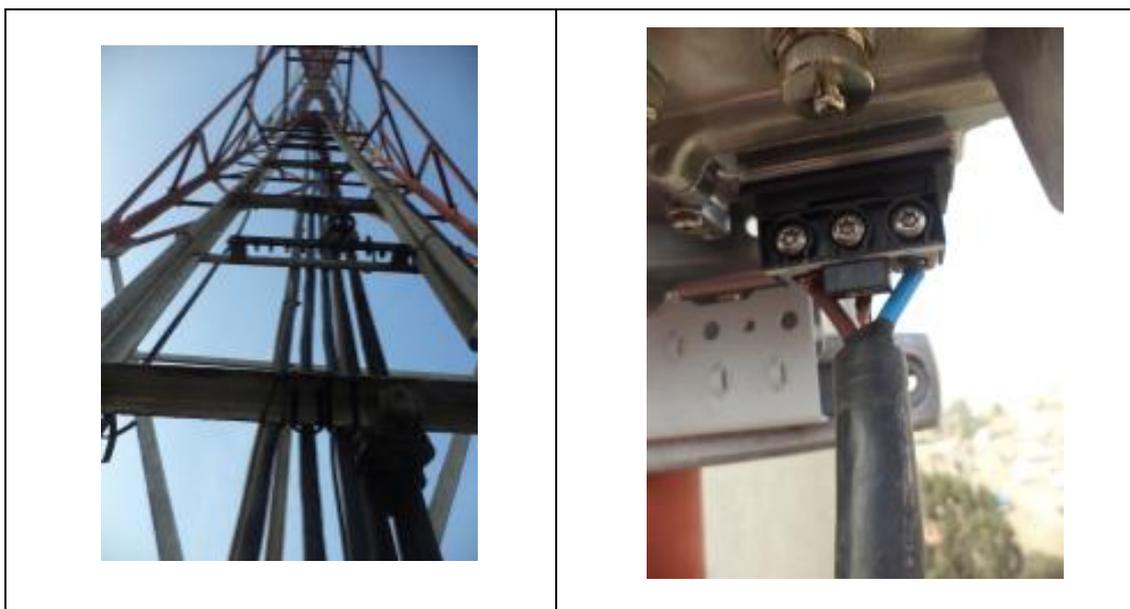


Figura 5.22: Vulcanizado Final

### 2.7.5 Energizado de RRH y FSMF

Una vez realizado la fijación del módulo FSMF y los RRHs según lo planteado en el estudio de campo, se pasa a realizar el tema de energizado de dichos módulos RRH al FSMF ubicado en la sala de equipos. Los 3 RRHs por los 3 sectores en el sistema radiante van a ser energizados a través de la tarjeta FPDF ubicada en el FSMF. El procedimiento para el energizado es el siguiente:

1. Tender desde el módulo RRH el cable de energía llamado **AMPHENOL** hacia el FSMF ubicado en sala de equipos o en gabinetes outdoor.
2. El recorrido del cable AMPHENOL por la torre autosoportada, ventada, monopolo o en un simple mástil deben instalarse por un mismo lado en todo el recorrido, es decir el cable **NO DEBE CRUZARSE** con cables existentes y deben ser sujetados a escalerilla y/o torre con cintillos. La indicación evita además cruces posteriores si se instalaran o reordenaran cables en el futuro.
3. La conexión del cable AMPHENOL al módulo tal y como se muestra en la figura: marrón (+) y azul (-) y los hilos sueltos al medio como tierra y ajustados con llave hexagonal (allen) y cubiertos con su goma protectora que también es asegurada al módulo con un perno. (allen)



**Figura 5.23: Recorrido y Conexión de AMPLENOL**

## **2.7.6 Cableado de Transmisión**

### **Conexiones de Fibra Óptica entre FSMF y RRH**

La instalación del módulo RRH y del FSMF en sus respectivas ubicaciones y el cableado de energía de los respectivos RRH es primordial para el tendido de la fibra óptica del RRH al FSMF. Para Nokia la fibra a usarse es FYTF optical Cable LC 50m, 100m y se conectan al puerto OPT F. del módulo FSMF.

Tener en cuenta que para fibra multimodo, los cables pueden medir de 50 hasta 200m de largo y en el caso de fibra monomodo estos podrían llegar a medir 40 km.

- Una vez instalado el cable de DC correspondiente fijándolo a la escalerilla y/o torre, el cable de FO debe instalarse fijándose solamente al cable DC tal y como se ve en la Figura ...
- Se debe ordenar el exceso de cable formando un rollo (sin superar el radio de curvatura mínimo de 7 cm) y se coloca en los espacios libres de los chasis de los módulos o escalerillas como se ve en la Figura 5.24.
- Los cables de fibra óptica así ordenados no deben cruzarse. Para facilitar su reemplazo sin mover otros cables de fibra óptica.

OBS: Para colocar el conector de la fibra LC al RRH, se debe de colocar el Transceiver SFP óptico para que pueda haber comunicación óptima entre la RRH y el FSMF.

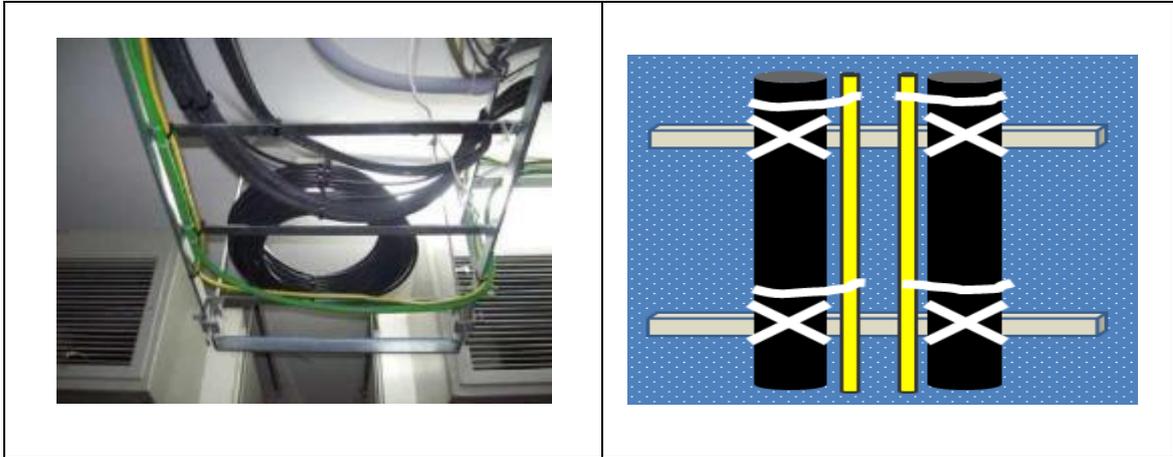


Figura 5.24: Presentación de Fibra Óptica

### 2.7.7 Estándar de Etiquetas 4G LTE

Una de las cosas más importantes y de mucho cuidado es el etiquetado de toda la implementación realizada, ya que en una EBC no siempre las mismas personas ingresan a realizar trabajos. Con este estándar se busca que cualquier trabajador que ingrese al sitio entienda la simbología del etiquetado y pueda trabajar de forma correcta. En la Tabla 8 y 9 se describe la función con su respectivo color.

Etiquetas Grandes	Unidad	Descripción
SECTOR 1-1 4G	2	TX BANDA AWS SECTOR 1
SECTOR 1-2 4G	2	RX BANDA AWS SECTOR 1
SECTOR 1-3 4G	2	TX BANDA AWS SECTOR 1
SECTOR 1-4 4G	2	RX BANDA AWS SECTOR 1
SECTOR 2-1 4G	2	TX BANDA AWS SECTOR 2
SECTOR 2-2 4G	2	RX BANDA AWS SECTOR 2
SECTOR 2-3 4G	2	TX BANDA AWS SECTOR 2
SECTOR 2-4 4G	2	RX BANDA AWS SECTOR 2

SECTOR 3-1 4G	2	TX BANDA AWS SECTOR 3
SECTOR 3-2 4G	2	RX BANDA AWS SECTOR 3
SECTOR 3-3 4G	2	TX BANDA AWS SECTOR 3
SECTOR 3-4 4G	2	RX BANDA AWS SECTOR 3
DC 4G FRIG 1	2	CABLE DC AMPHENOL
DC 4G FRIG 2	2	CABLE DC AMPHENOL
DC 4G FRIG 3	2	CABLE DC AMPHENOL

**Tabla 8: Etiquetas grandes para el 4G**

Etiquetas Chicas	Unidad	Descripción
DC 4G FRIG 1	2	OVP FRIG 1 TO SYSTEM MODULE
DC 4G FRIG 2	2	OVP FRIG 2 TO SYSTEM MODULE
DC 4G FRIG 3	2	OVP FRIG 3 TO SYSTEM MODULE
DC BTS 4G -48VDC	2	ALIMENTACION SYSTEM MODULE
DC BTS 4G +0VDC	2	ALIMENTACION SYSTEM MODULE
FO 4G FRIG 1	2	FIBRA OPTICA FRIG 1
FO 4G FRIG 2	2	FIBRA OPTICA FRIG 2
FO 4G FRIG 3	2	FIBRA OPTICA FRIG 3
TX 4G - FE	2	TRANSMISION
GND BTS 4G	2	ATERRAMIENTO SYSTEM MODULE
GND 4G FRIG 1	2	ATERRAMIENTO FRIG 1
GND 4G FRIG 2	2	ATERRAMIENTO FRIG 2
GND 4G FRIG 3	2	ATERRAMIENTO FRIG 3

**Tabla 9: Etiquetas chicas para el 4G**

## 2.8 CONSOLIDACION DE RESULTADOS

Implementación de equipos RF para el servicio 4G LTE



Figura 6.1: Aceptación de Implementación 4G LTE

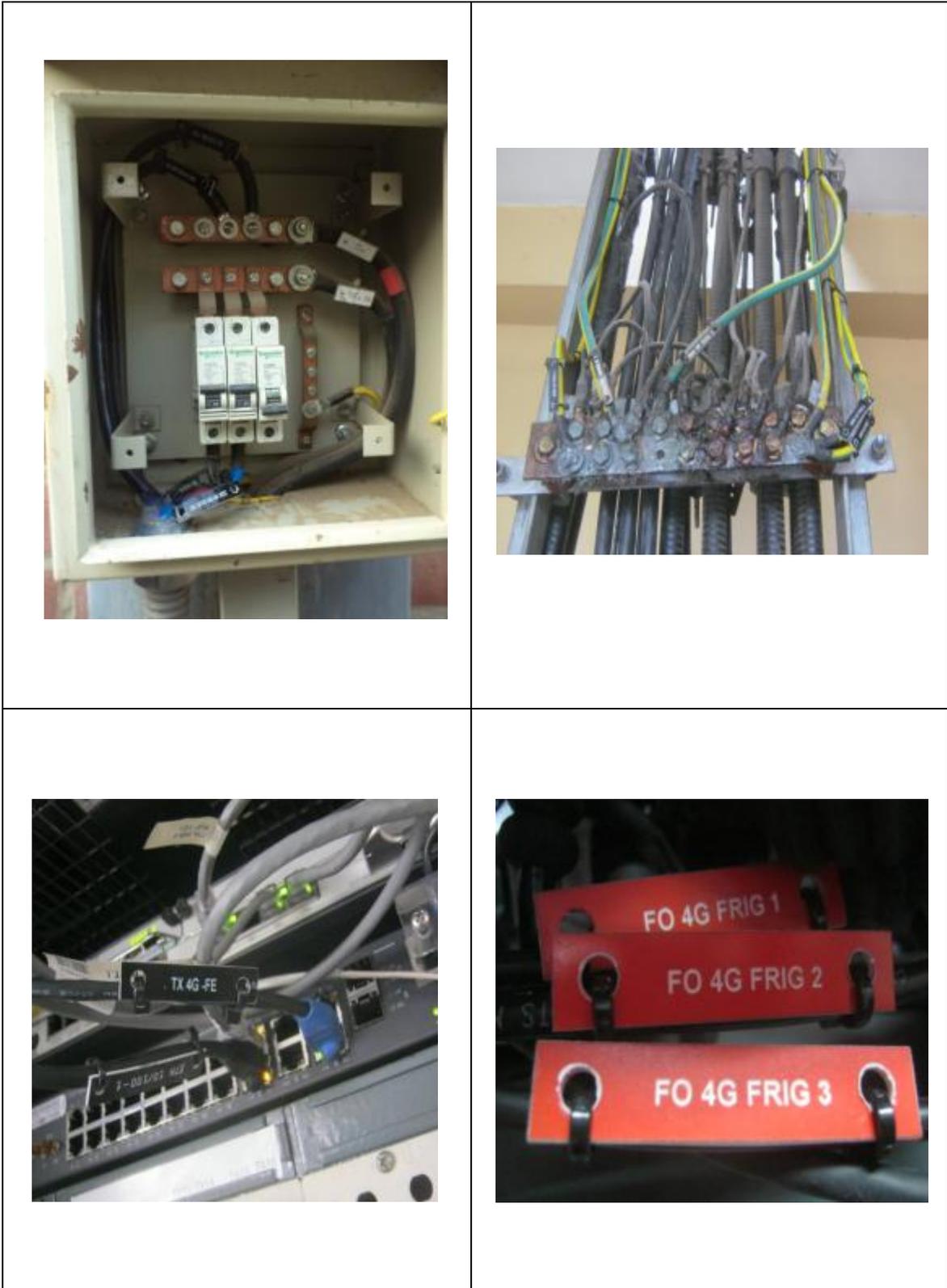


Figura 6.2: Aceptación de Etiquetado Correcto

## CONCLUSIONES

- La compañía Nokia Siemens Networks es un proveedor a nivel mundial de equipos Flexi, por ende el estudio que se planteó es válido en cualquier parte del mundo donde se implemente este equipamiento, en cuanto a esto, se enfoca a un estudio e implementación en nuestro país, precisamente en el Distrito de Villa María del Triunfo Urbanización San Gabriel Alto, la cual es válida para cualquier sitio del país, ya que son proyectos licitados a nivel nacional.
- Los módulos Flexi de NSN son escalables, modulares, ligeros y compactos, lo cual brinda más opciones de instalación, como en paredes, postes, en pila, e incluso fuera de la vista, además de ser lo suficientemente resistente para el uso al aire libre sin necesidad de refugios o de aire acondicionado
- Las charlas informativas antes de realizar este tipo de trabajo son muy importantes porque busca generar conciencia en los trabajadores.

## RECOMENDACIONES

- Considerar al momento de realizar un TSS, que es levantamiento de información de una EBC, anotar todo tipo de información y ser observador para la implementación en las EBCs de la Urbanización San Gabriel Alto ubicada en el distrito de Villa María del Triunfo.
- Al momento de coger las tarjetas para instalarlas en el FSMF se debe de usar la pulsera antiestática para no dañar las tarjetas y ante cualquier duda en instalación, consultarlo al supervisor encargado de la EBC y así evitar errores y doble trabajo.
- Respetar las reglas dadas por el supervisor del proyecto en la charla informativa disminuirá mucho el porcentaje accidentes no deseados y así un formar un mejor grupo de trabajo. Usar el equipamiento necesario para no sufrir accidentes y a la vez no sufrir tontas sanciones por no usarlos.

## BIBLIOGRAFIA

- i. Nokia Siemens Networks, Flexi Multiradio BTS All-purpose Flexi BTS featuring 3 technologies  
<<http://nsn.com/>>
- ii. Antenna and Subsystem Product Catalog  
<<http://ukrkom.net/files/Comba%20Product%20Catalog%202012.pdf>>
- iii. <[http://telos.fundaciontelefonica.com/docs/repositorio/es\\_ES/Telefonica%20SI/Publicaciones/telecoymovilidad.pdf](http://telos.fundaciontelefonica.com/docs/repositorio/es_ES/Telefonica%20SI/Publicaciones/telecoymovilidad.pdf)>
- iv. Situación de AWS en Latinoamérica.  
<<http://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2014/05/GSMA-AWS-Americas.pdf>>
- v. Ministerio de Transporte y Comunicaciones - MTC  
<[http://www.mtc.gob.pe/portal/Logros\\_Agosto2011\\_Julio2014.pdf](http://www.mtc.gob.pe/portal/Logros_Agosto2011_Julio2014.pdf)>
- vi. INICTEL UNI, Tecnologías de Cuarta Generación.
- vii. AJAY R. MISHRA, Fundamentals of cellular network planning and optimization: 2G/2.5G/3G evolution to 4G.

# ANEXO

1. Energizar los equipos esperando que BTS reconozca todo el hardware HW.  
Se debe cargar software confirmando versión con proyecto NSN.

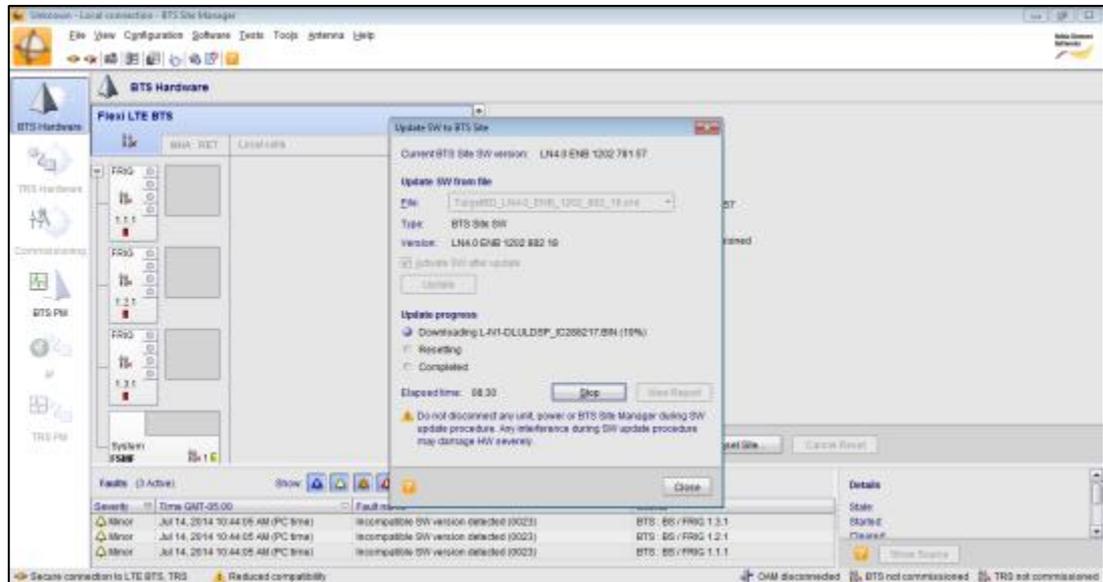


Figura 6.3: BTS Site Manager

2. Después de haber reconocido los equipos, se debe tener el archivo de comisionamiento entregado por NSN. A continuación se debe ir a “Commissioning”, para elegir el tipo de puesta en marcha, se elige “Template” (Plantilla) y se busca el archivo Browse, se selecciona y comienza a cargar.

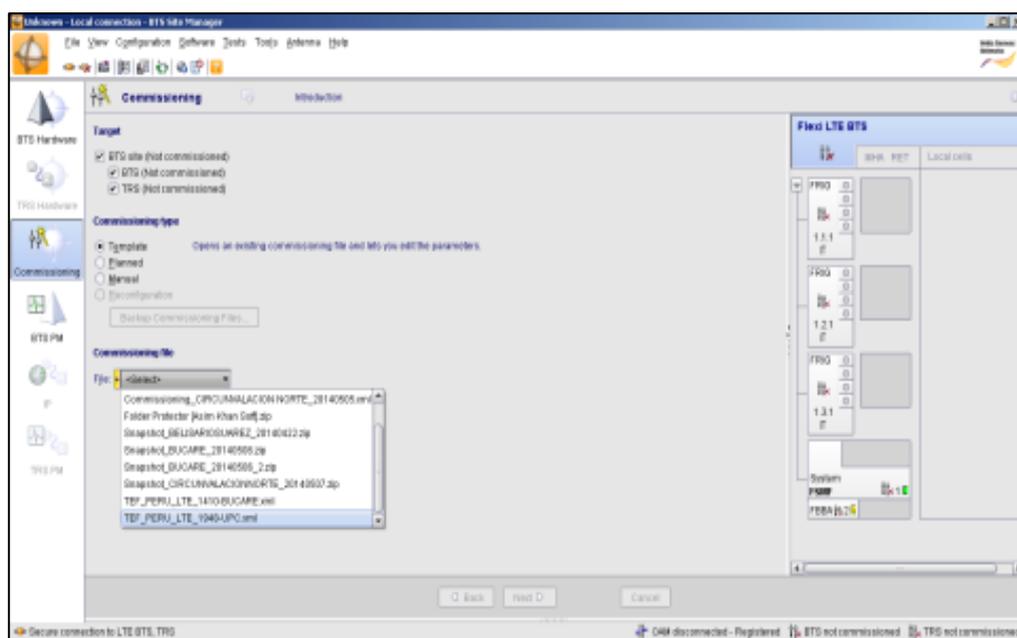


Figura 6.4: BTS Site Manager

3. Con esto se continúa paso a paso la carga de datos dando a cada pantalla “Next”

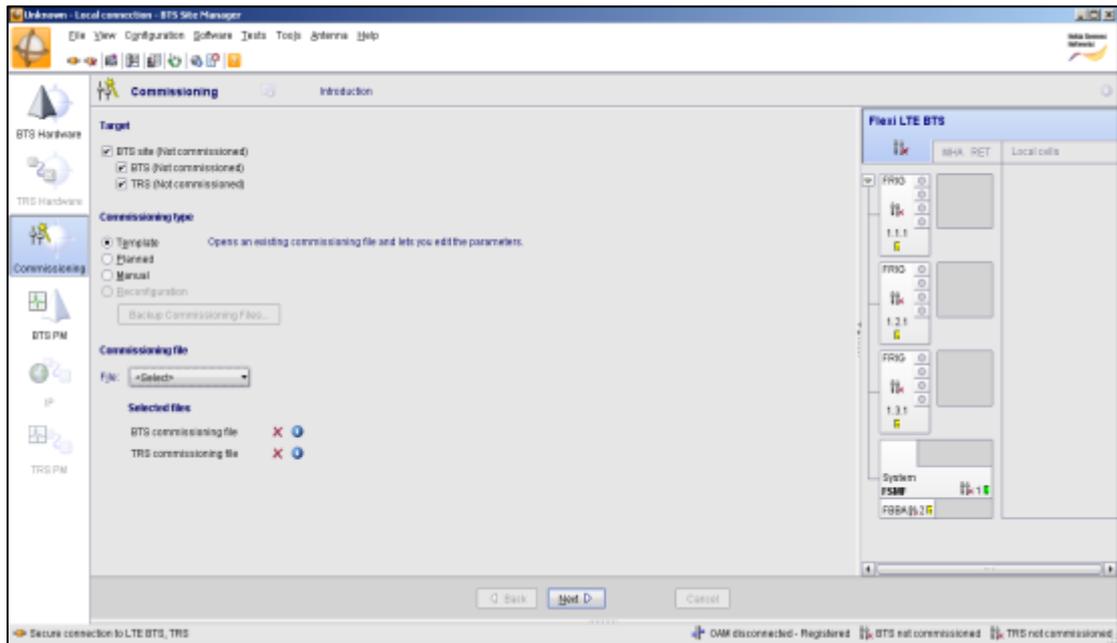


Figura 6.5: BTS Site Manager

4. Se continúa con “Next” hasta llegar a la pantalla de la Figura 6.6, donde se debe cargar los datos dando click en “Send Parameters”.

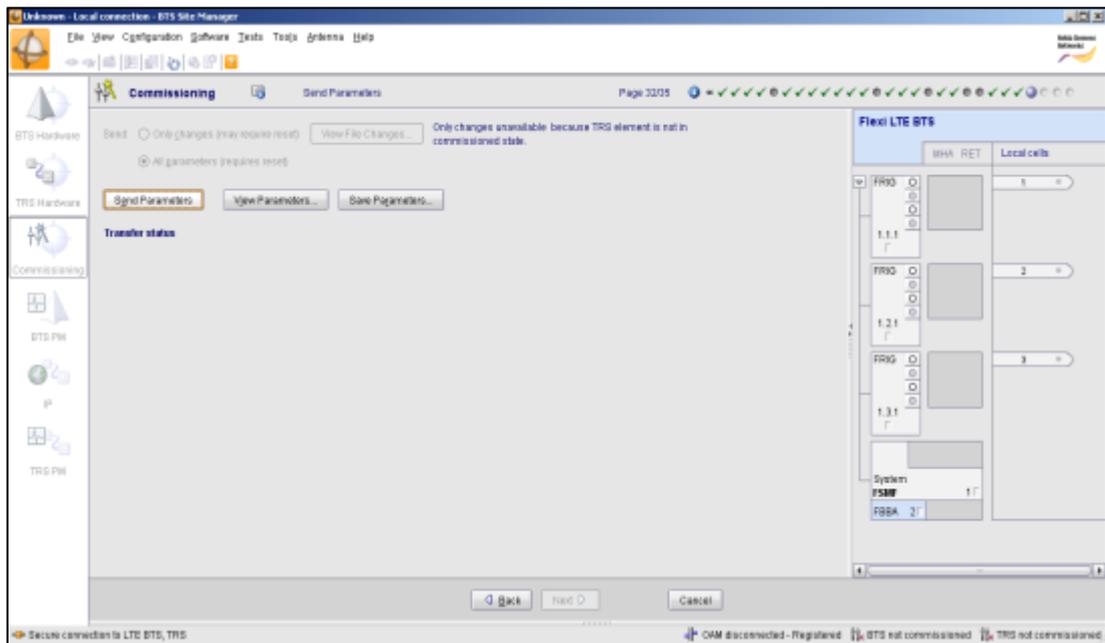


Figura 6.6: BTS Site Manager

- Al terminar de comisionar se aprecia que en el software no aparecen alarmas y se informa que se terminó el trabajo con el comisionamiento como se observa en la Figura 6.7.

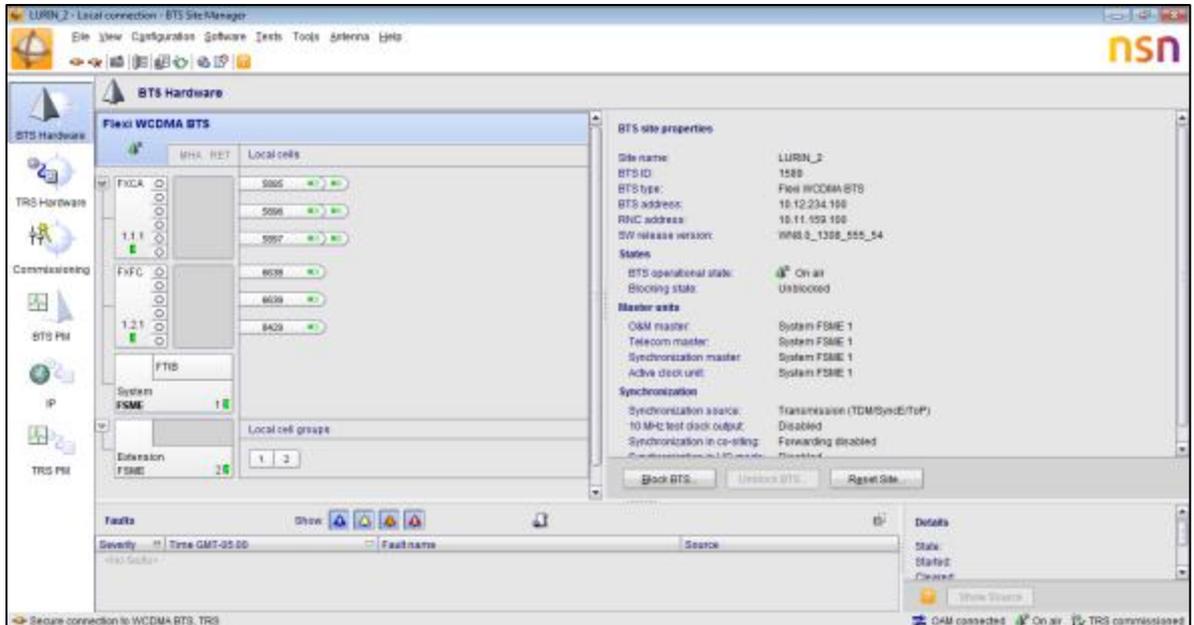


Figura 6.7: Configuración Correcta

### Posible error al reconocer un RRH - FRIG

El motivo de que un módulo RRH o FRIG no se encuentre activado es por motivo de alarma de VSWR o llamado ROE. Tal y como se aprecia en la Figura 6.8.

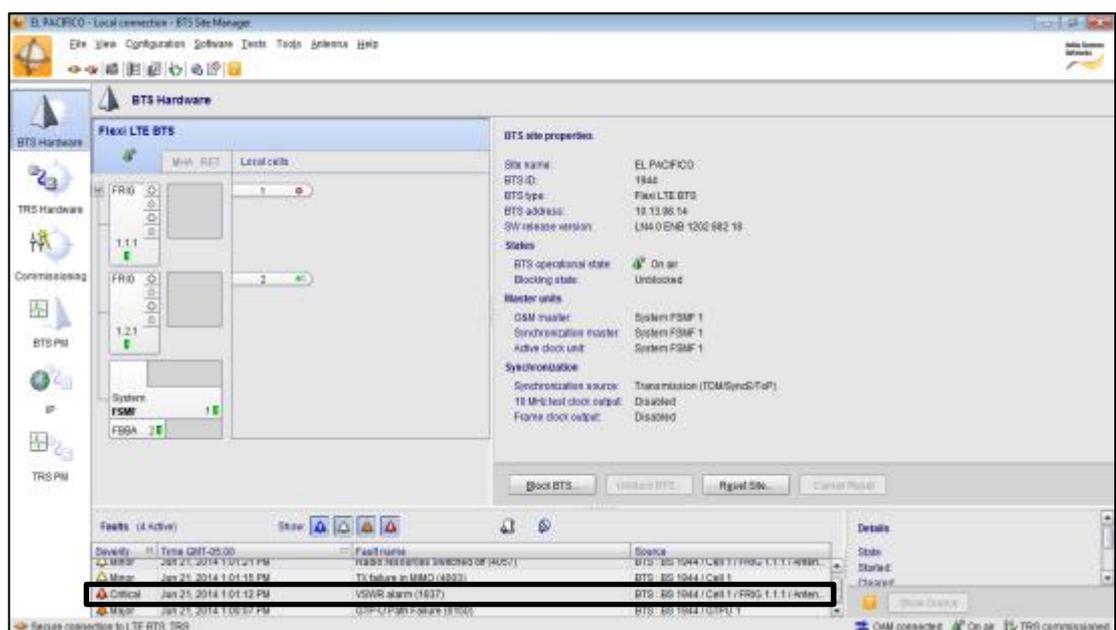


Figura 6.8: Error VSWR en un Sector

## ALARMAS EXTERNAS

Las alarmas externas serán gestionadas por el nodo WCDMA, por medio del cable FSAA, el cual se cortara el cable del lado del conector DB37 y se usara los pares según la tabla.

Esto se realizó para la implementación del NodeB y es importante tenerlo en cuenta. Tabla 10,

INFORMACION DEL CABLE EAC			
Conn. 1 HDMI Pin no.	Conn. 2 D37 Pin no.	Pair: Color de cable	Descripción
1	7	1: Negro	EXT_AL0_H
2	8	2: Marrón	EXT_AL1_H
3	9	1: Negro/Blanco	EXT_AL2_H
4	10	2: Marrón/Blanco	EXT_AL3_H
5	11	3: Rojo	EXT_AL4_H
6	12	4: Naranja	EXT_AL5_H
7	1 + 13	3: Verde/Blanco	EXT_CTRL0_EXT_A_L6H
8	2 + 14	4: Naranja/Blanco	EXT_CTRL1_EXT_A_L7H
9	3 + 15	5: Amarillo	EXT_CTRL2_EXT_A_L8H
10	4 + 16	6: Verde	EXT_CTRL3_EXT_A_L9H
11	5 + 17	5: Blanco/Amarillo	EXT_CTRL4_EXT_A_L10H
12	6 + 18	6: Blanco/Verde	EXT_CTRL5_EXT_A_L11H
13	19	7: Azul	P5V0_EAC
14	20	7: Azul/Blanco	P5V0_EAC
15	23	8: Violeta	PROT_CAN_H_P5V_EAC
16	27	9: Gris	GND
17	24	8: Violeta/Blanco	PROT_CAN_L_P5V_EAC
18	25	10: Rosado	GND
19	26	9: Gris/Blanco	GND

**Tabla 10: Alarma Externa NodeB**

## ESPECIFICACIONES DE ANTENAS SECTORIALES

### ODV-065R18B18K: COMBA DUAL BAND, 806 – 960 / 1710 –2170MHz

Electrical						
Frequency Range	MHz	806-896	870-960	1710-1880	1850-1990	1920-2170
Polarization		± 45				
Gain	dBi	16.7	17.2	17.5	17.6	17.8
Horizontal Beamwidth	deg	65		63		
Vertical Beamwidth	deg	7.5		6.0		
Electrical Downtilt Range	deg	0-7				
First Upper Sidelobe Suppression	dB	>17(0°), >15(4°), >12(7°)		>18(0°), >17(4°), >15(8°)		
Null Fill	dB	< 22				
Front-To-Back Ratio	dB	> 25				
VSWR		≤ 1.5:1				
Isolation Between Ports / Bands	dB	> 28 / > 40				
Cross-polar Discrimination @ 0°	dB	> 17				
3rd Order Intermodulation @ 2x43 dBm	dBc	< -150				
Maximum Power per Port	W	250		100		
Impedance	Ω	50				
Lightning Protection		Direct Ground				

Mechanical		
Dimensions, HxWxD	mm (in)	2615x265x141 (102.8x10.4x5.5)
Weight, without Mounting Kit	kg (lb)	25 (55.1)
Weight, with Mounting Kit	kg (lb)	31 (68.3)
Radome Material and Color		UV Resistant PVC, Light Grey, RAL7035
Mounting Kit		00-ZJ10(08)
Reflector Material		Aluminum
Radiating Element Material		Zinc Composite
Connector Type and Location		2 x or 4 x 7/16 DIN-Female, Bottom
Operational Temperature	°C	-55 to +70
Operational Humidity	%	≤ 95
Operational Wind Speed	km/h (mph)	200 (124.3)
Shipping Dimensions, HxWxD	mm (in)	2830x375x280 (111.4x14.8x11.0)
Shipping Weight	kg (lb)	36 (79.4)

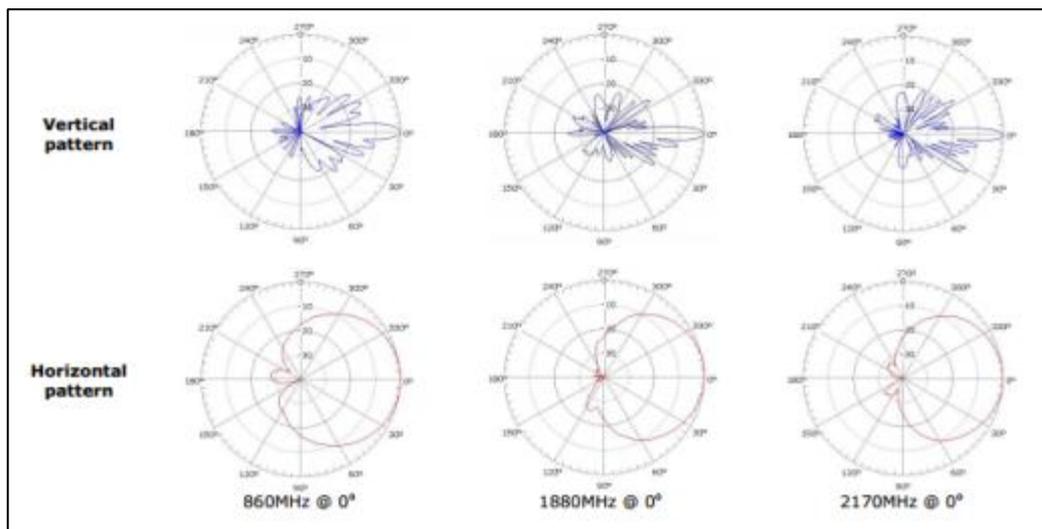


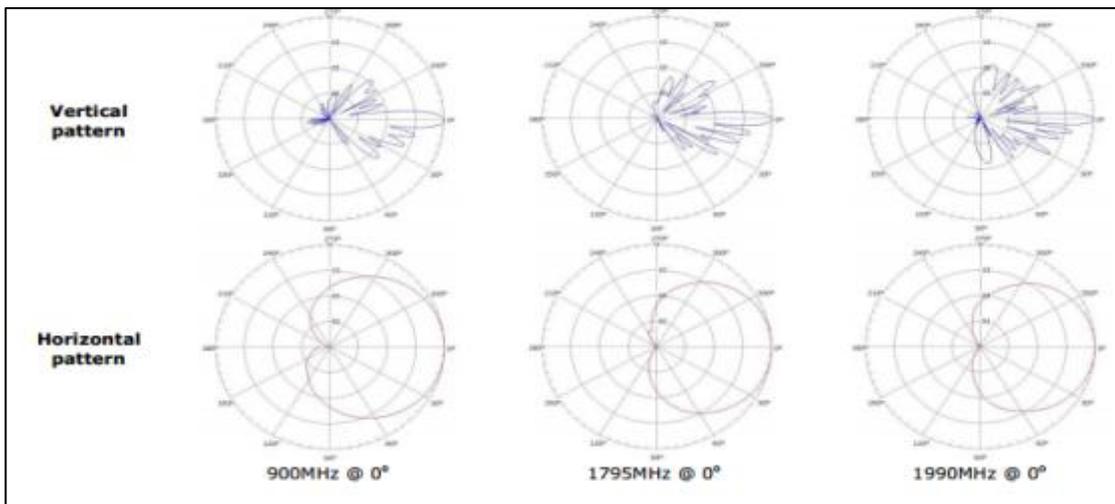
Figura 6.9: Ancho del Haz DUAL BAND COMBA

**ODV-065R18EKK-G v2: COMBA 790 – 960 / 1710 – 2170 / 1710 – 2170 MHz**

Parameters / Specifications		Frequency Range (MHz)				
		790-960		1710-2170	1710-2170	
		790-896	880-960	1710-1880	1850-1990	1920-2170
Polarization		±45°			±45° / ±45°	
Gain (dBi)	Top	16.0	16.5	16.3	16.4	16.4
	Bottom			16.5	16.6	16.6
Horizontal Beamwidth (°)		67	64	66	64	61
Vertical Beamwidth (°)		9.0	8.0	8.0	7.6	7.2
Electrical Downtilt (°)		0-10		0-10 / 0-10		
1 <sup>st</sup> Upper Sidelobe Suppression (dB)		≥18(0°) ≥16(5°) ≥15(10°)		≥18(0°) ≥16(5°) ≥15(10°)		
Front-To-Back Ratio 180°±30° (dB)					≥25	
Cross-polar Discrimination @0° (dB)					≥17	
Beam Tracking Avg. (dB)		3		2		
VSWR					≤1.5:1	
Isolation Intra-system (dB)					≥28	
Isolation Inter-system (dB)					≥33	
IMD3 (2x43 dBm Carrier) (dBc)					<-150	
Maximum Power Per Port (W)		500		300		
Impedance (Ω)					50	

Parameters	Specifications
Dimensions, HxWxD (mm) / (in)	2400x265x145 / 95.1x10.4x5.7
Weight, w/o Mounting Kit (kg) / (lb)	29 / 63.8
Weight, with Mounting Kit (kg) / (lb)	34.5 / 75.9
Radome Material and Color	Fiberglass, Light Grey
Mounting Kit	00-ZJ10(09)
Connector Type and Location	6 x 7/16 DIN-Female, Bottom
Operational Temperature (°C)	-50 to +70
Operational Humidity (%)	≤95
Operational/Max Wind Speed (km/h)	150 / 200
Wind Load @ 150km/h	
Front / Lateral / Rearside (N)	1132 / 398 / 1132
Shipping Dimensions, HxWxD (mm) / (in)	2715x375x275 / 106.9x14.8x10.8
Shipping Weight (kg) / (lb)	39.5 / 86.9
Lightning Protection	Direct Ground



**Figura 6.10: Ancho del Haz TRI BAND COMBA**

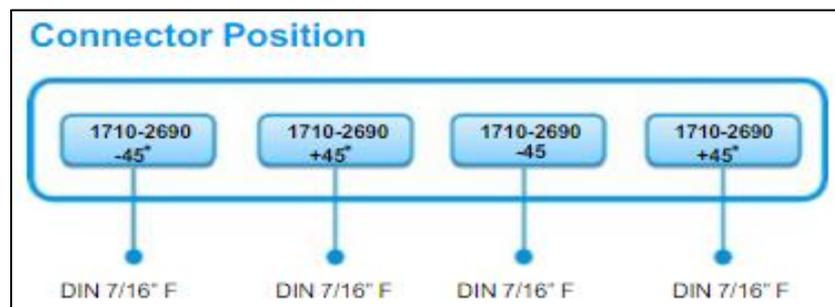
**ODV-065R18J18J: COMBA QUAD BAND 1710 – 2690 / 1710 – 2690 MHz**

Parameters / Specifications		Frequency Range (MHz)				
		1710-2690		1710-2690		
		1710-1880	1850-1990	1920-2170	2300-2500	2490-2690
Polarization	±45° / ±45°					
Gain (dBi)	16.8	17.2	17.4	17.7	17.6	
Horizontal Beamwidth (°)	68	66	65	63	64	
Vertical Beamwidth (°)	7.4	7.0	6.6	5.6	5.2	
Electrical Downtilt (°)	0-12 / 0-12					
1 <sup>st</sup> Upper Sidelobe Suppression (dB)	≥18(0°) ≥16(6°) ≥15(12°)		≥17(0°) ≥16(6°) ≥15(12°)			
0-30° Upper Sidelobe Suppression (dB)	≥14					
Front-To-Back Ratio 180°±30° (dB)	≥25					
Cross-polar Discrimination @0° (dB)	≥18(typ.)					
VSWR	≤1.5:1					
Isolation Between Ports (dB)	≥28					
IMD3 (2x43 dBm Carrier) (dBc)	<-150					
Maximum Power Per Port (W)	250					
Impedance (Ω)	50					

Parameters	Specifications
Dimensions, HxWxD (mm) / (in)	1330x300x86 / 52.4x11.8x3.4
Weight, w/o Mounting Kit (kg) / (lb)	18.5 / 40.8
Weight, with Mounting Kit (kg) / (lb)	23.5 / 51.8
Radome Material and Color	Fiberglass, Light Grey
Mounting Kit	SJA-B-12R(16)
Connector Type and Location	4x7/16 DIN-Female, Bottom
Operational Temperature (°C)	-50 to +70
Operational Humidity (%)	≤95
Operational/Max Wind Speed (km/h)	150 / 200
Wind Load @150km/h	926 / 152 / 945
Shipping Dimensions, HxWxD (mm) / (in)	1615x415x215 / 63.6x16.3x8.5
Shipping Weight (kg) / (lb)	28.5 / 62.8
Lightning Protection	Direct Ground

**Figura 6.11: Especificación Antena COMBA QUAD BAND**



# MANUAL DE ARMADO DE JUMPER

Bulletin 237556 Revision G Page 2 of 2

**6**

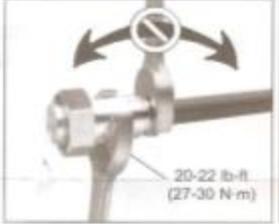
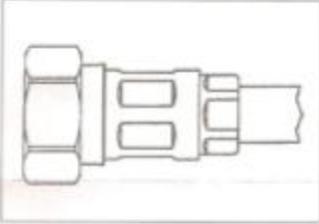
Add grease and clamping nut.  
 Añadir la grasa y la tuerca sujetadora.  
 Ajoutez de la graisse et l'étrou de serrage.  
 Klemmutter vor Montage einfetten.  
 Acrescente graxa e a porca de aperto.  
 加油脂和緊固螺母




Thread clamping nut onto the cable until it stops as shown.  
 Roscar la tuerca sujetadora sobre el cable hasta que se detenga según lo indicado.  
 Insérez l'étrou de serrage sur le câble jusqu'à l'arrêt, comme illustré.  
 Klemmutter auf das Kabel setzen und bis zum Anschlag einziehen.  
 Rosquele a porca de aperto ao cabo até ele parar conforme indicado.  
 將緊固螺母擰到電纜上，直到停不動為止，如顯示。

**7**

Attach connector body.  
 Añadir el cuerpo del conector.  
 Fixez le corps du connecteur.  
 Steckergehäuse befestigen.  
 Coloque o corpo do conector.  
 安裝接頭體

**8**

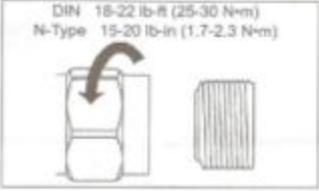
Apply heat shrink tube.  
 Aplicar el tubo de termocontracción.  
 Mettez en place la gaine thermorétractable.  
 Schrumpfschlauch überziehen.  
 Aqueça o tubo plástico.  
 加熱縮緊套管




**9**

Coupling torque.  
 Par de acoplamiento.  
 Couple de serrage.  
 Anschließdriftmoment.  
 Torque de conjugação.  
 配合扭矩

DIN 18-22 lb-ft (25-30 N-m)  
 N-Type 15-20 lb-in (1.7-2.3 N-m)



**50**

表一 有毒有害物質或元素名稱及含量標識格式

部件名稱 (Part Name)	有毒有害物質或元素					
	鉛 (Pb)	汞 (Hg)	鎘 (Cd)	六價鉻 (Cr6+)	多溴聯苯 (PBB)	多溴二苯醚 (PBDE)
連接器 (Connector)	X	O	O	O	O	O

O: 表示有毒有害物質在該部件所有的均質材料中的含量均在SJ/T 11363-2006規定的限量要求以下。  
 X: 表示該有毒有害物質至少在該部件的某一均質材料中的含量超出SJ/T 11363-2006規定的限量要求。

**Andrew LLC**  
**Customer Service 24 hours**  
 U.S.A., Canada, Mexico:  
 for HELIX® AVA Cables call 1-800-255-1479  
 for HELIX® SFX, FXL Cables call 1-888-235-5732  
 U.K.: 0800 250055 Brazil: +55-15-2102-4000  
 Other Europe: +44 562 782 612

[www.commscope.com](http://www.commscope.com)  
 Visit our Web site at [www.commscope.com](http://www.commscope.com) or contact your local Andrew LLC representative for more information.  
 © 2010 CommScope, Inc. All rights reserved.  
 Andrew LLC is a trademark of CommScope. All trademarks identified by ® or ™ are registered trademarks or trademarks, respectively, of CommScope. This document is for planning purposes only and is not intended to modify or supplement any specifications or warranties relating to Andrew LLC products or services.

Notar: Andrew LLC declina any liability or responsibility for the results of improper or unsafe installation, inspection, maintenance, or removal practices.  
 Aviso: Andrew LLC no acepta ninguna obligación ni responsabilidad como resultado de prácticas incorrectas o peligrosas de instalación, inspección, mantenimiento o retiro.  
 Hinweis: Andrew LLC lehnt jede Haftung oder Verantwortung für Schäden ab, die aufgrund unsicherer Installation, Überprüfung, Wartung oder Demontage auftreten.  
 Atenção: A Andrew LLC absteia do direito de toda responsabilidade pelos resultados de práticas inadequadas e sem segurança de instalação, inspeção, manutenção ou remoção.  
 Avvertenza: Andrew LLC declina eventual responsabilità derivanti dall'esecuzione di procedure di installazione, ispezione, manutenzione e smontaggio improprie o poco sicure.  
 注意: Andrew 公司拒絕對於不正確或不安全的安裝、檢驗、維護或拆除操作所導致的結果不負任何法律與責任。

Figura 6.12: Armado del Jumper

## PARTES DEL MÓDULO FSMF

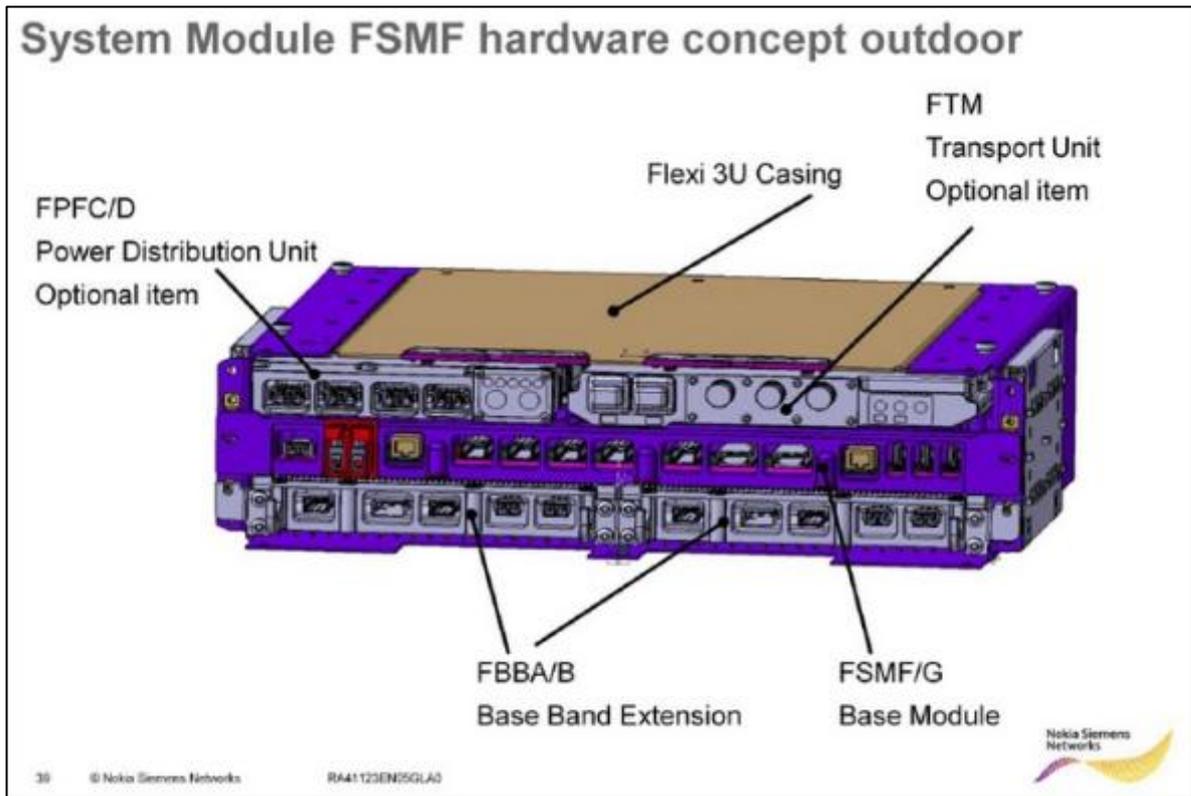


Figura 6.13: FSMF Frontal equipado con sus respectivas tarjetas.

## COMPARACION ENTRE MODULO FSME (Nodob) Y FSMF (eNodob)

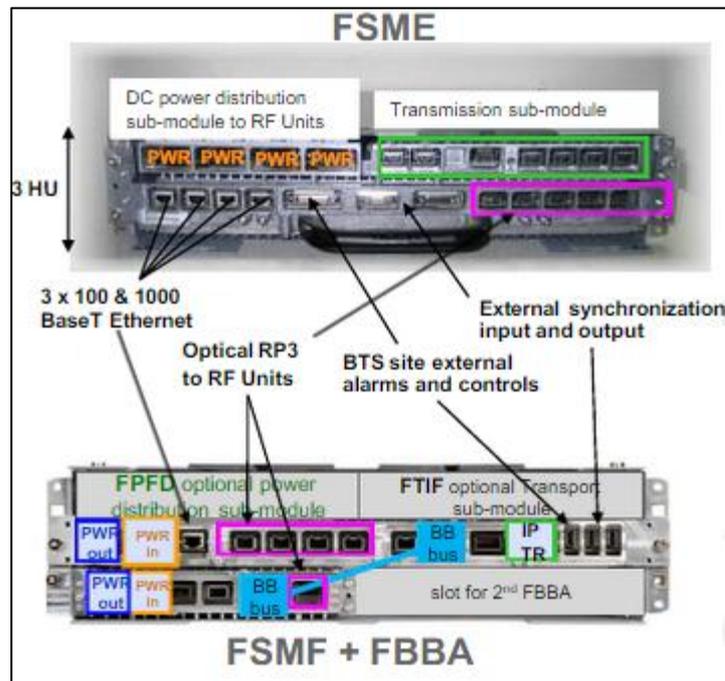


Figura 6.14: FSME y FSMF

## PLANOS DE EBC IMPLEMENTADAS CON TECNOLOGIA 4G

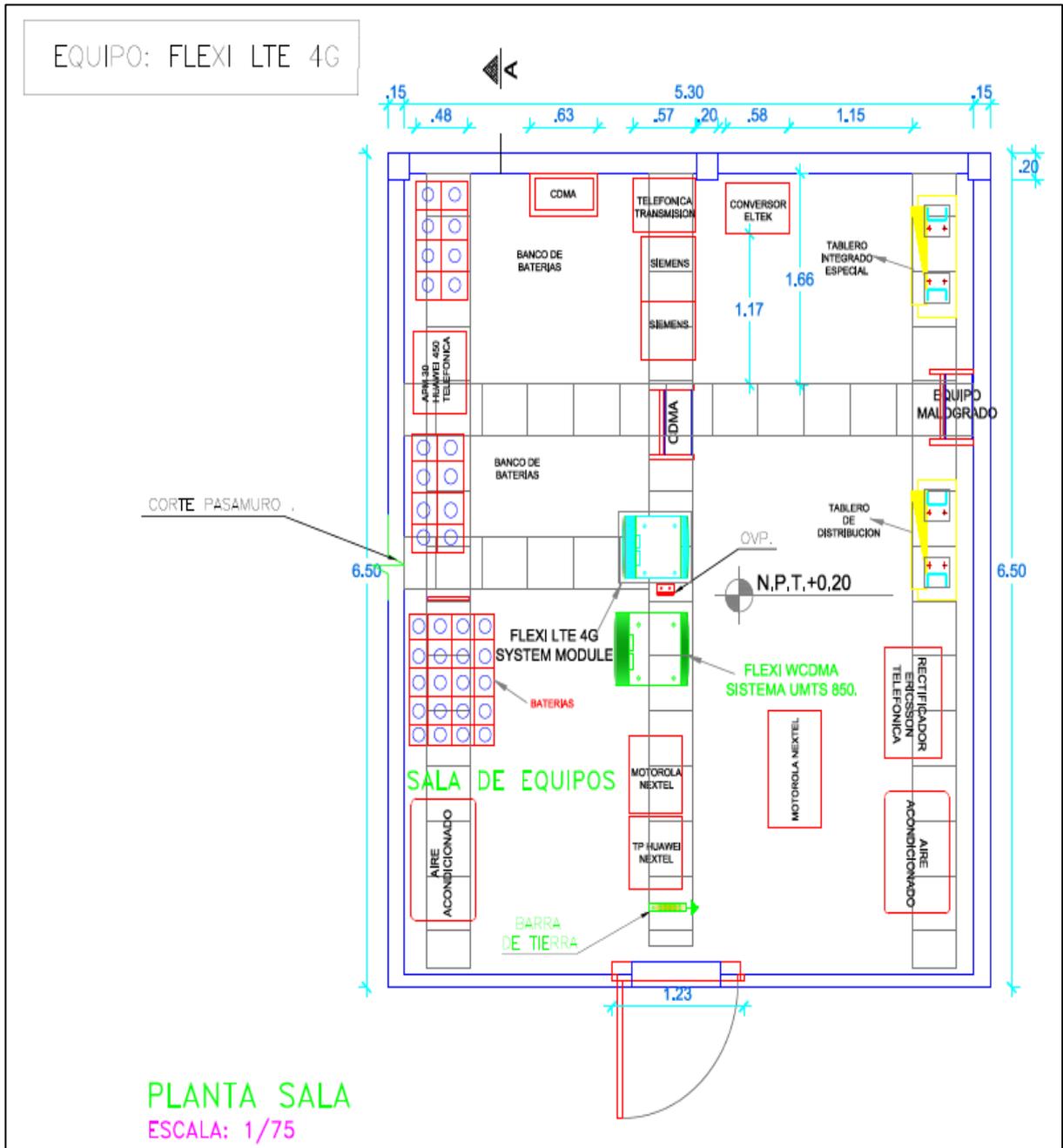
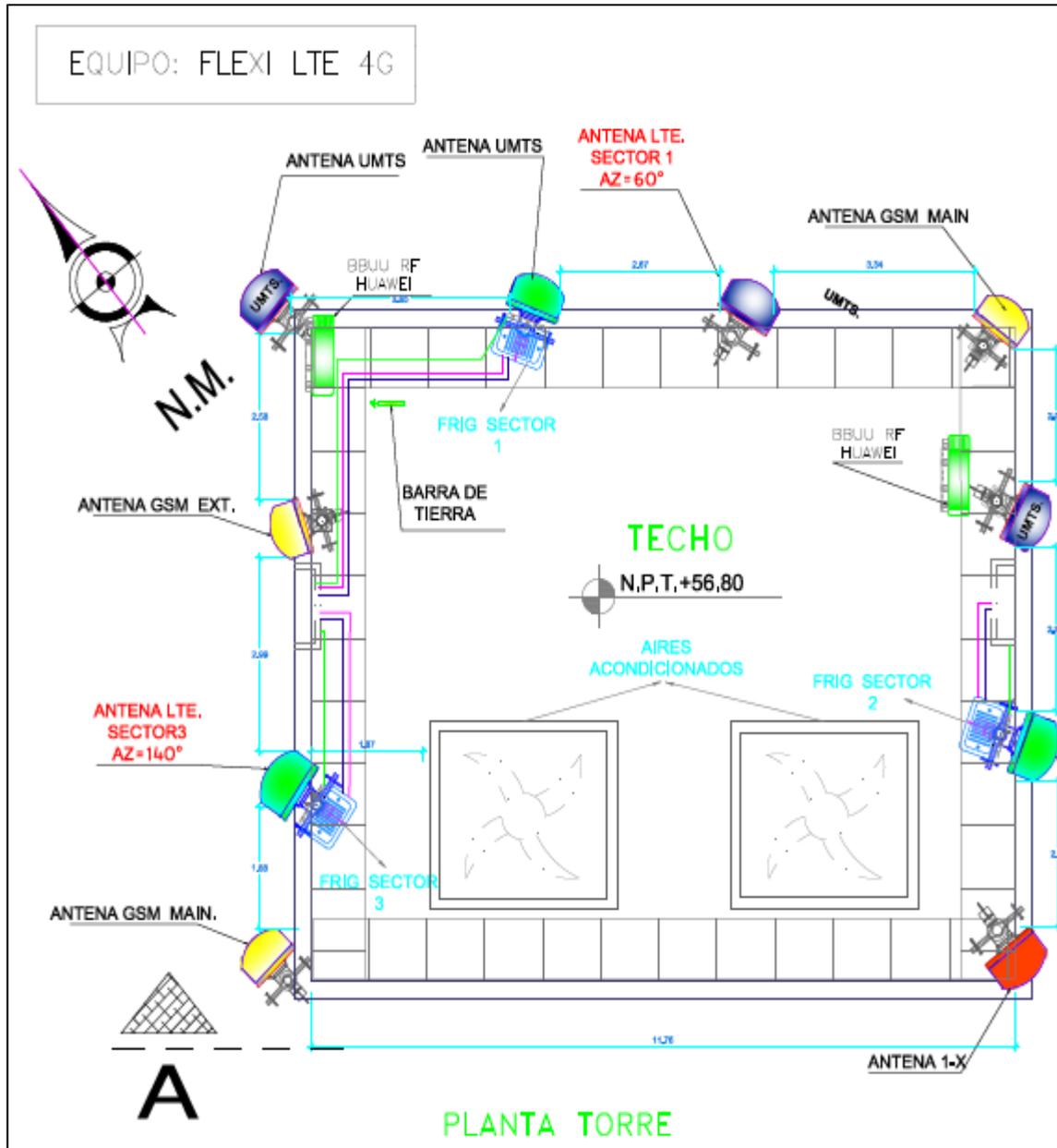


Figura 6.15: Planta SALA de EBC

Plano elaborado en AUTOCAD mostrando el equipo existente en sala y el espacio ocupado por estos como a la vez el planteamiento nuevos equipos para brindar una nueva tecnología, Esto también forma parte del Estudio de campo TSS. En este caso el 4G LTE ya ha sido implementado con Equipos FLEXI NSN en esta Estación Base Celular.



**Figura 6.16: Planta TORRE de EBC**

Plano elaborado en AUTOCAD mostrando el sistema radiante existente, el planteado en un estudio de campo y ahora ya implementado brindando la tecnología 4G LTE de igual manera con Equipos FLEXI NSN en esta Estación Base Celular.