

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

### **PLAN DE MIGRACIÓN DE LA RED DE MICROONDAS CON PLATAFORMA PDH Y WLAN A UNA RED ALL-IP EN LA LOCALIDAD CAPITAL DE PDVSA.**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Hernández A., Johan F.  
para optar al Título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2016

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **PLAN DE MIGRACIÓN DE LA RED DE MICROONDAS CON PLATAFORMA PDH Y WLAN A UNA RED ALL-IP EN LA LOCALIDAD CAPITAL DE PDVSA.**

Prof. Guía: Prof. Franklin Martínez  
Tutor Industrial: Ing. Eduardo Agra

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Hernández A., Johan F.  
para optar al Título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2016

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN

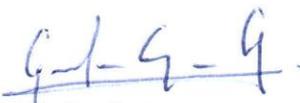
Caracas, 30 de noviembre de 2016

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Johan Hernández, titulado:

### “PLAN DE MIGRACIÓN DE LA RED DE MICROONDAS CON PLATAFORMA PDH Y WLAN A UNA RED ALL-IP EN LA LOCALIDAD CAPITAL DE PDVSA”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

  
Prof. Francisco Varela  
Jurado

  
Prof. Gerlis Caropresse  
Jurado

  
Prof. Franklin Martínez  
Guía

## **DEDICATORIA**

Sin duda alguna le dedico este proyecto a la única mujer que me mostró amor infinito, mi madre querida, que fue más que mi amiga, mi confidente y mi apoyo en todo. Descansa en paz madre...

## **RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Dios, gracias a mi madre, gracias a mi tío Rafael, gracias a mi tía Nelly, gracias...

**Hernández A., Johan F.**

**PLAN DE MIGRACIÓN DE LA RED DE MICROONDAS CON  
PLATAFORMA PDH Y WLAN A UNA RED ALL-IP EN LA  
LOCALIDAD CAPITAL DE PDVSA.**

**Profesor Guía: Prof. Franklin Martínez. Tutor Industrial: Ing. Eduardo Agra.  
Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica.  
Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: PDVSA. Trabajo  
de grado 2016. 108 h. + anexos.**

**Palabras Clave:** Transmisión en microondas; enlaces de microondas; radioenlace;  
topología; red All-IP; espectrometría, ingeniería de detalles.

**Resumen.** La información contenida en este proyecto se obtuvo principalmente a partir de las visitas de inspección y de los estudios de campo realizados de manera coordinada en las localidades, caracterizando cada una de las estaciones de interés de la localidad Capital de PDVSA con el propósito de plantear la migración de 19 radioenlaces con plataforma PDH y WLAN hacia una red ALL-IP. Los estudios de campo realizados están compuestos por los Barridos de Frecuencia (espectrometría), para verificar la disponibilidad de los canales en la banda a utilizar; el Site Survey, para chequear las condiciones de propagación y línea de vista; y la Ingeniería de Detalles para anticipar las adecuaciones necesarias de infraestructura y energía.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	iv
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS .....	v
RESUMEN .....	vi
LISTA DE TABLAS .....	xi
LISTA DE FIGURAS .....	xiii
ACRÓNIMOS .....	xvii
SIGLAS.....	xix
ABREVIATURAS.....	xx
INTRODUCCIÓN.....	21
CAPÍTULO I. ....	23
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	23
JUSTIFICACIÓN.....	24
ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....	25
OBJETIVOS .....	25
Objetivo General.....	25
Objetivos Específicos .....	25
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	26
SISTEMAS DE MICROONDAS .....	26
Espectro Electromagnético.....	26
Sistemas Radioeléctricos .....	26
Espectro Radioeléctrico .....	27
Microondas .....	29
Enlaces Punto a Punto .....	30
Sistemas de Microondas Por LDV .....	30
JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA (PDH) .....	33
ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIAS ORTOGONALES (OFDMA).....	35

REDES LAN INALÁMBRICAS (WLAN).....	38
RED ALL-IP (TODO-IP) .....	41
CAPÍTULO III. RED DE PDVSA Y DATOS GENERALES DE LAS ESTACIONES EN ESTUDIO. .....	42
RED DE TRANSMISIÓN LOCALIDAD CAPITAL DE PDVSA.....	42
RED DE MICROONDAS PDH Y WLAN EN ESTUDIO. ....	42
DATOS GENERALES DE LAS ESTACIONES.....	44
TOPOLOGIAS DE LOS RADIOENLACES ACTUALES.....	45
Enlace Campiña – Junquito.....	45
Enlace Campiña – Pawa. ....	46
Enlace Campiña – CESG. ....	48
Enlace Campiña – Venadria. ....	49
Enlace Campiña – Canarias.....	50
Enlace Campiña – Letonia.....	52
Enlace Campiña – El Cují.....	53
Enlace Campiña – Volcán.....	54
Enlace Campiña – Edif. 180.....	56
Enlace Volcán – Torre Olympia.....	56
Enlace Volcán – CALE.....	58
Enlace Volcán – Aeropuerto Caracas.....	59
Enlace Volcán – La Tahona. ....	61
Enlace Junquito – Catia La Mar Repetidor.....	62
Enlace Catia La Mar Repetidor – Cabo Blanco.....	64
Enlace Catia La Mar Repetidor – SCAM. ....	65
Enlace Catia La Mar Repetidor – Catia La Mar Oficina. ....	66
Enlace Cabo Blanco – Hangar Presidencial.....	68
Enlace El Cují – Chaguaramos.....	69
CAPÍTULO IV. ESPECTROMETRÍAS.....	70
MÉTODO DE MEDICIÓN.....	70
Ganancia Neta del Sistema de Medición.....	71

Cálculo Isotrópico. ....	71
Diagrama de Incidencias.....	71
Barridos de Frecuencias.....	72
ESPECTROMETRÍA CAMPIÑA-JUNQUITO. ....	73
Diagrama de Azimut .....	73
Cálculos Isotrópicos Estación PDVSA La Campiña Dirección PDVSA Rep El Junquito 7GHz (Tabla N° 5).....	73
Cálculos Isotrópicos Estación El Junquito Dirección La Campiña 7GHz (Tabla N° 6). ....	74
Cálculos Isotrópicos Estación PDVSA Rep El Junquito 360° 7GHz (Tabla N° 7). ..	76
Cálculos Isotrópicos Estación La Campiña 360° 7GHz (Tabla N° 8). ....	76
Resumen Estación PDVSA Rep El Junquito Dirección PDVSA La Campiña 7GHz (Tabla N° 9). ....	77
Resumen de Incidencias. Estación: PDVSA La Campiña 7GHz (Figura N° 47 Y Tabla N° 10).....	78
Resumen de Incidencias, Estación El Junquito 7GHz (Figura N° 48 Y Tabla N° 11). ....	80
Cálculos Isotrópicos Estación PDVSA La Campiña Dirección PDVSA Rep. El Junquito 13GHz (Tabla N° 12).....	81
Cálculos Isotrópicos Estación PDVSA Repetidora El Junquito Dirección PDVSA La Campiña 13GHz (Tabla N° 13).....	81
Resumen Estación PDVSA Rep El Junquito Dirección PDVSA La Campiña 13ghz (Tabla N° 14). ....	82
Cálculos Isotrópicos La Campiña 13GHz 360° (Tabla N° 15).....	83
Resumen de Incidencias, Estación PDVSA La Campiña 13GHz (Figura N° 49 y Tabla N° 16).....	84
Resumen de Incidencias, Estación El Junquito 13GHz (Figura N° 50 y Tabla N° 17). ....	85
Plan de Canales. Banda (7GHz) UIT-R Rec. F.385-9 AB: 28 MHz. (Figura N° 51). 87	
Plan de Canales. Banda (13ghz) UIT-R Rec. F.497-7 AB: 28 MHz (Figura N° 52). 88	
RESUMEN DEL PLAN DE FRECUENCIAS. ....	89
CAPÍTULO V. INGENIERIA DE DETALLES .....	90

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS A INSTALAR.....	90
Radio AVIAT Equipo Unidad Rf ODU 600.....	90
Equipo Unidad ECLIPSE INU.....	91
INGENIERÍA DE DETALLES CAMPIÑA-JUNQUITO.....	92
Arquitectura del enlace Campiña-El Junquito .....	92
Información Básica.....	93
Estudio De Factibilidad Y Cálculos. ....	97
Materiales Requeridos para la instalación Campiña-Junquito.....	101
CONCLUSIONES .....	103
RECOMENDACIONES.....	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	105
BIBLIOGRAFÍAS .....	107

## LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1. Banda de frecuencias del espectro radioeléctrico recomendadas por la UIT-R. ....	28
Tabla N° 2. Regiones Establecidas por la UIT. ....	28
Tabla N° 3. Ubicación geográfica, altura AMSL, altura de edificio, torre o mástil en la localidad A de los radioenlaces. ....	44
Tabla N° 4. Ubicación geográfica, altura AMSL, altura de edificio, torre o mástil en la localidad B de los radioenlaces. ....	45
Tabla N° 5. Cálculos isotrópicos estación La Campiña dirección el Junquito 7GHz. 74	
Tabla N° 6. Cálculos isotrópicos estación El Junquito dirección La Campiña 7GHz. 75	
Tabla N° 7. Cálculos isotrópicos estación El Junquito 360° 7GHz. ....	76
Tabla N° 8. Cálculos isotrópicos estación La Campiña 360° 7GHz. ....	77
Tabla N° 9. Resumen estación el Junquito dirección La Campiña 7GHz. ....	78
Tabla N° 10. Resumen de incidencias. Estación: PDVSA La Campiña 7GHz. ....	79
Tabla N° 11. Resumen de incidencias. Estación El Junquito 7GHz. ....	80
Tabla N° 12. Cálculos isotrópicos estación PDVSA La Campiña dirección PDVSA Repetidora El Junquito 13GHz. ....	81
Tabla N° 13. Cálculos isotrópicos estación PDVSA Rep. El Junquito dirección PDVSA La Campiña 13GHz. ....	82
Tabla N° 14. Tabla resumen estación PDVSA Repetidora El Junquito dirección PDVSA La Campiña 13GHz ....	82
Tabla N° 15. Cálculos isotrópicos La Campiña 13 GHz 360°.....	83
Tabla N° 16. Resumen de incidencias. Estación: PDVSA La Campiña 13GHz. ....	85
Tabla N° 17. Resumen de incidencias. Estación El Junquito 13GHz. ....	86
Tabla N° 18. Resumen del plan de frecuencias. ....	89
Tabla N° 19. Datos de ubicación de las estaciones La Campiña y El Junquito. ....	93
Tabla N° 20. Datos de las estructuras existentes en las estaciones Campiña y El Junquito. ....	94

Tabla N° 21. Datos de las antenas a instalar en las estaciones Campiña y El Junquito.  
..... 94

Tabla N° 22. Datos de los radios a instalar en las estaciones Campiña y El Junquito.  
..... 95

Tabla N° 23. Interconectividad de tramas en las estaciones Campiña y El Junquito. 95

Tabla N° 24. Información del sistema de energía en las estaciones Campiña y el  
Junquito..... 96

Tabla N° 25. Información de los sistemas de tierra en las estaciones Campiña y El  
Junquito..... 97

Tabla N° 26. Cálculo del enlace Campiña-El Junquito. .... 99

Tabla N° 27. Lista de materiales requeridos para la instalación Campiña-El Junquito.  
..... 101

## LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1. Espectro Electromagnético de frecuencias. Tomasi, Wayne. <i>Sistemas de Comunicaciones Electrónicas</i> , 4ta. Ed. México: Prentice-Hall, 2003. (p. 5).....	26
Figura N° 2. Regiones establecidas por la UIT. Reglamento de Radiocomunicaciones. UIT. 2012 [en línea]. < <a href="http://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000244501PDFS.pdf">http://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000244501PDFS.pdf</a> > [Consulta: 2015], p.37. ....	29
Figura N° 3. Elementos de un sistema de radio. Mavares, Dima. <i>Apuntes de Comunicaciones</i> [en línea]. < <a href="http://www.el.bqto.unexpo.edu.ve/dmavares/html/app_com2.pdf">http://www.el.bqto.unexpo.edu.ve/dmavares/html/app_com2.pdf</a> > [Consulta: 2014], p. 2.....	32
Figura N° 4. Niveles de la jerarquía Digital Plesiócrona en Europa, Estados Unidos y Japón. Huidobro, J. y Conesa, R. <i>Sistemas de Telefonía</i> . Editorial: Ediciones Paraninfo, S.A. España. 2006, p. 236.....	34
Figura N° 5. Niveles de multi/demultiplexación en la Jerarquía Digital Plesiócrona. Huidobro, J. y Conesa, R. <i>Sistemas de Telefonía</i> . Editorial: Ediciones Paraninfo, S.A. España. 2006, p. 236. ....	35
Figura N° 6. Ejemplo del espectro correspondiente a 6 subportadoras OFDM. Agusti, R. [et. al... ]. <i>LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles</i> . Edita: Fundación Vodafone España. 2010. p. 178. ....	37
Figura N° 7. Ejemplo de la señal temporal correspondiente a 6 subportadoras OFDM. Agusti, R. [et. al... ]. <i>LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles</i> . Edita: Fundación Vodafone España. 2010. p. 178. ....	37
Figura N° 8. Red inalámbrica con un punto de acceso. (b) Red <i>ad hoc</i> . Tanenbaum, A. y Wetherall, D. <i>Redes de Computadora</i> , (Libro).—México: Pearson Educación. Quinta edición. 2012, p. 60. ....	39
Figura N° 9. Red de Transmisión localidad Capital de PDVSA. PDVSA 2013. ....	42
Figura N° 10. Topología de red (19 radio enlaces).....	43

Figura N° 11. Ubicación geográfica del Enlace Campiña-Junquito vista desde Google Earth. ....	46
Figura N° 12. Ubicación geográfica del Enlace Campiña-Pawa vista desde Google Earth. ....	47
Figura N° 13. Topología Actual Enlace Campiña – Pawa. PDVSA.....	47
Figura N° 14. Ubicación geográfica del Enlace Campiña- CESG vista desde Google Earth. ....	48
Figura N° 15. Topología Actual Enlace Campiña – CESG. PDVSA.....	49
Figura N° 16. Ubicación geográfica del Enlace Campiña-Venadria vista desde Google Earth. ....	50
Figura N° 17. Ubicación geográfica del Enlace Campiña-Canarias vista desde Google Earth. ....	51
Figura N° 18. Topología Actual Enlace Campiña – Canarias. PDVSA. ....	52
Figura N° 19. Ubicación geográfica del Enlace Campiña-Letonia vista desde Google Earth. ....	52
Figura N° 20. Topología Actual Enlace Campiña – Letonía. PDVSA. ....	53
Figura N° 21. Ubicación geográfica del Enlace Campiña-El Cují vista desde Google Earth.....	54
Figura N° 22. Ubicación geográfica del Enlace Campiña-Volcán vista desde Google Earth.....	55
Figura N° 23. Topología Actual Enlace Campiña – Volcán. PDVSA.....	55
Figura N° 24. Ubicación geográfica del Enlace Campiña-Edif. 180 vista desde Google Earth. ....	56
Figura N° 25. Ubicación geográfica del Enlace Volcán – Torre Olympia vista desde Google Earth. ....	57
Figura N° 26. Topología Actual Enlace Volcán – Torre Olympia. PDVSA. ....	58
Figura N° 27. Ubicación geográfica del Enlace Volcán-CALE vista desde Google Earth.....	58
Figura N° 28. Topología Actual Enlace Volcán – Torre Olympia. PDVSA. ....	59

Figura N° 29. Ubicación geográfica del Enlace Volcán-Aeropuerto Caracas vista desde Google Earth. ....	60
Figura N° 30. Topología Actual Enlace Volcán – Aeropuerto Caracas. PDVSA. ....	61
Figura N° 31. Ubicación geográfica del Enlace Volcán-La Tahona vista desde Google Earth. ....	61
Figura N° 32. Topología Actual Enlace Volcán – La Tahona. PDVSA. ....	62
Figura N° 33. Ubicación geográfica del Enlace Junquito – Catia La Mar Repetidor vista desde Google Earth. ....	63
Figura N° 34. Topología Actual Enlace Junquito – Catia La Mar Repetidor. PDVSA. ....	63
Figura N° 35. Ubicación geográfica del Enlace Catia La Mar Repetidor – Cabo Blanco vista desde Google Earth. ....	64
Figura N° 36. Topología Actual Enlace Catia La Mar Repetidor – Cabo Blanco. PDVSA. ....	65
Figura N° 37. Ubicación geográfica del Enlace Catia La Mar Repetidor – SCAM vista desde Google Earth. ....	65
Figura N° 38. Topología Actual Enlace Catia La Mar Repetidor – SCAM. PDVSA. ....	66
Figura N° 39. Ubicación geográfica del Enlace Catia La Mar Repetidor – Catia La Mar Oficina vista desde Google Earth. ....	67
Figura N° 40. Topología Actual Enlace Catia La Mar Repetidor – Catia La Mar Oficina. PDVSA. ....	67
Figura N° 41. Ubicación geográfica del Enlace Cabo Blanco – Hangar Presidencial vista desde Google Earth. ....	68
Figura N° 42. Topología Actual Enlace Cabo Blanco – Hangar Presidencial. PDVSA. ....	69
Figura N° 43. Ubicación geográfica del Enlace El Cují – Chaguaramos vista desde Google Earth. ....	69
Figura N° 44. Método de medición para la espectrometría. ....	70
Figura N° 45. Diagrama de incidencias de señales interferentes. ....	72
Figura N° 46. Diagrama de Azimut Campiña-Junquito. ....	73

Figura N° 47. Resumen de incidencias. Estación: PDVSA La Campiña 7GHz.....	79
Figura N° 48. Resumen de incidencias. Estación El Junquito 7GHz. ....	80
Figura N° 49. Resumen de incidencias. Estación: PDVSA La Campiña 13GHz. ....	84
Figura N° 50. Resumen de incidencias. Estación El Junquito 13GHz. ....	86
Figura N° 51. Plan de Canales. Banda (7GHz) UIT-R Rec. F.385-9 AB: 28 MHz. ..	87
Figura N° 52. Plan de Canales. Banda (13GHZ) UIT-R Rec. F.497-7 AB: 28 MHz.	88
Figura N° 53. Propuesta de arquitectura del enlace Campiña-Junquito .....	92
Figura N° 54. Perfil del enlace Campiña-El Junquito.....	100

## ACRÓNIMOS

ALL-IP: All- Internet Protocol.  
AMSL: Above Mean Sea Level.  
CSMA: Carrier Sense Multiple Access.  
DAB: Digital Audio Broadcasting.  
DVB-T: Digital Video Broadcasting - Terrestrial.  
EHF: Extremely High Frequency.  
FFT: Fast Fourier Transforms.  
HSOPA: High Speed OFDM Packet Access.  
IDU: Indoor Unit.  
INU: Nodal Indoor Unit.  
IP: Internet Protocol.  
JDP: Jerarquía Digital Plesiócrona.  
LDV: Línea de Vista.  
MIC: Modulación por Impulsos Codificados.  
ODU: Outdoor Unit.  
OFDM: Orthogonal Frequency División Multiplex.  
OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access.  
PDH: Plesiochronous Digital Hierarchy.  
PCM: Pulse Code Modulation.  
RF: Radiofrecuencia.  
SDH: Synchronous Digital Hierarchy.  
SHF: Super High Frequency.  
SNMP: Simple Network Management Protocol  
UHF: Ultra High Frequency.  
VHF: Very High Frequency.  
WIMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access  
WLAN: Wireless Local Area Network.

WMAN: Wireless Metropolitan Area Network

XPD: Cross Polarization Discrimination.

## **SIGLAS**

AIT: Automatización, Informática y Telecomunicaciones.

AP: Access Point.

CALE: Centro de Arte La Estancia.

CESG: Centro Empresarial Sabana Grande.

CONATEL: Comisión Nacional de Telecomunicaciones.

ETSI: European Telecommunications Standards Institute.

FCC: Federal Communications Commission.

IEC: International Electrotechnical.

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers.

ISM: Industrial, Scientific, and Medical.

MENPET: Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo.

PDA: Personal Digital Assistant.

PDVSA: Petróleos de Venezuela, Sociedad Anónima.

PPS: Primer Plan Socialista.

SCAM: Suministro de Combustible de Aviación Maiquetía.

UCV: Universidad Central de Venezuela.

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

UIT-R: Sector de Radiocomunicaciones de la UIT.

3GPP: 3rd Generation Partnership Project.

## **ABREVIATURAS**

Edif.: Edificio.

Prof.: Profesor.

Ing.: Ingeniero.

Br.: Bachiller.

TV: Televisión.

## INTRODUCCIÓN

Petróleos de Venezuela, S.A. y sus Filiales (PDVSA) es una corporación propiedad de la República Bolivariana de Venezuela, creada por el Estado venezolano en el año 1975, en cumplimiento de la Ley Orgánica que Reserva al Estado, la Industria y el Comercio de Hidrocarburos (Ley de Nacionalización). Sus operaciones son supervisadas y controladas por el Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo (MENPET).

Hoy, la actuación de PDVSA está subordinada a los grandes lineamientos del Proyecto Nacional Simón Bolívar y el Primer Plan Socialista (PPS) de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2007–2013, traducidos a su vez en objetivos estratégicos por el Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo, que a su vez fue fortalecido como ente rector de la política petrolera. [1]

Las principales funciones de PDVSA incluyen planificar, coordinar, supervisar y controlar las actividades de sus empresas tanto en Venezuela como en el exterior; adicionalmente, sus actividades también incluyen la promoción o participación en aquellas, dirigidas a fomentar el desarrollo integral, orgánico y sostenible del país, incluyendo las de carácter agrícola e industrial, elaboración o transformación de bienes y su comercialización, y prestación de servicios, para lograr una adecuada vinculación de los recursos provenientes de los hidrocarburos con la economía venezolana. [1]

PDVSA está dividida en varias regiones en el país. La zona de interés para este proyecto es la localidad Capital perteneciente a la Región Centro, que comprende la ciudad de Caracas y el estado Vargas. La localidad Capital tiene diferentes gerencias y una de ellas es la AIT (Automatización, Informática y Telecomunicaciones), encargada de llevar a cabo este proyecto, en donde hay interés

de migrar 19 radioenlaces de microondas de la red secundaria de transmisión con plataforma PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy) y WLAN (Wireless Local Area Network) en banda libre hacia una red All-IP que prestan servicios de voz, video y datos. Se trata entonces de desarrollar un plan de migración de esta red que sirva de soporte técnico a la corporación para emprender otro proyecto para el diseño e implementación de los nuevos radioenlaces en los sitios de interés.

## **CAPÍTULO I.**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Por ser PDVSA una de las corporaciones más importantes del país en materia de Hidrocarburos, en donde sus objetivos estratégicos van más allá de la mera rentabilidad, subordinada a los grandes planes de la nación de carácter social, incrementando a su vez sus funciones primordiales, aumentado progresivamente sus actividades de sus empresas tanto en el país como en el exterior, ha traído como consecuencia en materia de las telecomunicaciones aumento de tráfico en su red de transporte, superando incluso en muchos casos la capacidad de los equipos de los radioenlaces. Además con la plataforma actual se presentan muchas interferencias y ruido. Actualmente hay planes de desarrollo para incrementar la capacidad de su plataforma migrando hacia nuevas tecnologías que ofrecen un mejor servicio mejorando la calidad y la velocidad en la transmisión de voz, video y datos.

En la localidad capital de PDVSA hay radioenlaces con plataforma PDH en donde hay una gran demanda de ancho de banda en su red de transporte, que ha ido incrementando exponencialmente. También existen actualmente radioenlaces con tecnología WLAN con antenas directivas en banda libre (5.8 GHz, FCC, Federal Communications Commission) en donde se han visto afectados por las recurrentes interferencias generadas permanentemente por otros radioenlaces ajenos a la red de PDVSA, esto originado precisamente porque operan en una frecuencia en donde CONATEL no otorga permiso, situación que ha traído como consecuencia cortes prolongados de servicios en algunos de estos radioenlaces.

Los 19 radioenlaces de la red de microondas pertenecientes a la localidad Capital que se quieren migrar son los siguientes: Campiña-Pawa, Campiña-CESG (Centro Empresarial Sabana Grande), Campiña-Venadria, Campiña-Canarias,

Campiña-Letonia, Campiña-Edif. 180, Campiña-Volcán, Volcán-CALE (Centro de Arte La Estancia), Campiña-El Cují, El Cují-Chaguaramos, Campiña-Junquito, Junquito-Catia La Mar Repetidor, Catia La Mar Repetidor-SCAM, Catia La Mar Repetidor-Catia La Mar Oficina, Catia La Mar Repetidor-Cabo Blanco, Cabo Blanco-Hangar Presidencial, Volcán-Aeropuerto Caracas, Volcán-La Tahona, Volcán-Torre Olympia. Cabe destacar que el sitio estudio principal es la Campiña.

Para poder desarrollar un plan de migración hacia una red de microondas que preste mejores beneficios, se harán ciertos estudios en cada sitio, como los son: espectrometrías, ingeniería de detalles, entre otros. También se plantean algunas interrogantes, ¿las diferentes frecuencias utilizadas en los radioenlaces actuales serán reutilizadas o se propondrá otras que CONATEL pueda otorgar permiso?, ¿los sitios de estudios serán los idóneos?, ¿cómo migrar los servicios?. Cabe destacar que ya la gerencia del AIT de la región Centro de PDVSA, decidió que los equipos de radio a utilizar son basados en el estándar IP, es por ello que este proyecto se basa en migrar hacia una nueva red ALL-IP o todo IP.

## **JUSTIFICACIÓN**

Las redes de comunicación que operan en PDVSA, deben ser de ancho de banda suficiente y de muy alta calidad de servicio, ya que por ella pasa un importante flujo de información para la operatividad de sus procesos. La obsolescencia, el incremento de la información, las interferencias y ruidos que se presentan en la plataforma actual de la localidad capital de PDVSA, hace que la red de transporte sea insuficiente y de baja calidad de servicio para suplir las necesidades de la corporación. Desarrollar un plan de migración facilita que un nuevo proyecto sea posible para aumentar la capacidad y mejorar la calidad de servicio de red. La nueva red a que se quiere migrar está basada en el protocolo IP que presta mejores beneficios, como lo son: mejor ancho de banda, mayor velocidad, entre otros.

## **ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

Fernando Delgado (2009) desarrolló un “plan de mejora continua de telecomunicaciones en pro de la calidad de servicio en PDVSA” [2], en donde estudió la situación actual de los radioenlaces de la empresa en la región Centro Occidente y propuso la sustitución de radios por otros de mayor capacidad y calidad debido al estado de obsolescencia de los equipos actuales.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un plan para la migración de la red de microondas con plataforma PDH y WLAN a una red All-IP en la localidad capital de PDVSA.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

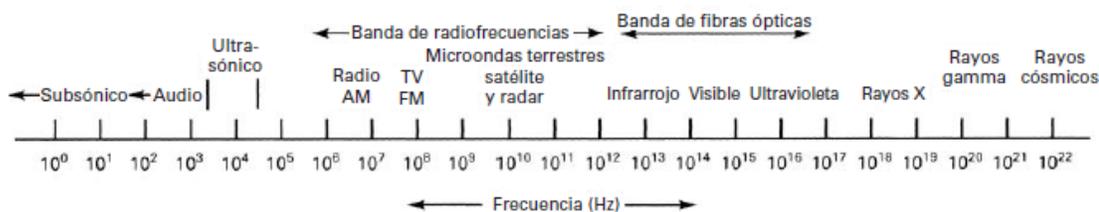
1. Realizar un estudio teórico sobre los sistemas de microondas, enlaces punto a punto, bandas de frecuencia, PDH, WLAN, OFDMA, ALL-IP.
2. Desarrollar un modelo para el levantamiento de la información en sitio, acorde con las tecnologías existente y la que se desea implementar.
3. Caracterizar cada una de las estaciones de la localidad Capital que se desean migrar de tecnología.
4. Plantear un plan de migración de las estaciones.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### SISTEMAS DE MICROONDAS

#### ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El espectro electromagnético es el conjunto de ondas electromagnéticas que se propagan de manera ondulatoria y con velocidad constante, aproximadamente de 300.000 km/s, (la velocidad de la luz). Las ondas electromagnéticas abarcan desde las ondas de radio hasta los rayos cósmicos, pasando por las microondas, infrarrojo, la luz visible, ultravioleta, rayos x, entre otros. El espectro electromagnético de frecuencias total se puede apreciar en la figura N° 1.



**Figura N° 1. Espectro Electromagnético de frecuencias. Tomasi, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4ta. Ed. México: Prentice-Hall, 2003. (p. 5).**

### SISTEMAS RADIOELÉCTRICOS

Por radio se entiende la transmisión de señales a través del espacio, mediante ondas electromagnéticas, sin que haya conexión física entre transmisor y receptor, el medio de propagación de las ondas electromagnéticas es, en este caso el aire, o el vacío. En el trabajo con sistemas radioeléctricos es frecuente emplear el término Radiofrecuencia (RF), y por tal, se entiende la frecuencia a la que la radiación de energía electromagnética es útil para propósitos de comunicación. [3]

## **ESPECTRO RADIOELÉCTRICO**

El Espectro radioeléctrico es un subconjunto del espectro electromagnético. Según la UIT es el conjunto de ondas electromagnéticas, cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan en el espacio sin guía artificial. Este no es un concepto estático, pues a medida que avanza la tecnología se aumentan o disminuyen los rangos de frecuencias empleados.

En cada país, el espectro radioeléctrico, es de propiedad exclusiva del Estado y en nuestra nación como tal constituye un bien de dominio público, inajenable e imprescriptible, cuya gestión, administración y control le corresponde a la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) de conformidad con la legislación vigente en la República Bolivariana de Venezuela.

Este se divide en bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente. Las bandas de frecuencias constituyen el agrupamiento o conjunto de ondas radioeléctricas con límite superior e inferior definidos convencionalmente. Estas a su vez podrán estar divididas en subbandas. [4]

Con el propósito de reglamentar y normalizar los servicios de Radiocomunicaciones en el ámbito Nacional, se tienen en cuenta los acuerdos internacionales, así como las modalidades propias que resultan de satisfacer las necesidades internas del uso del espectro Radioeléctrico del país. Por lo tanto se consideran las disposiciones establecidas en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.

Debido a lo anterior en la Tabla N° 1 que se presenta a continuación pueden observarse la división de las bandas reconocidas internacionalmente.

**Tabla N° 1. Banda de frecuencias del espectro radioeléctrico recomendadas por la UIT-R.**

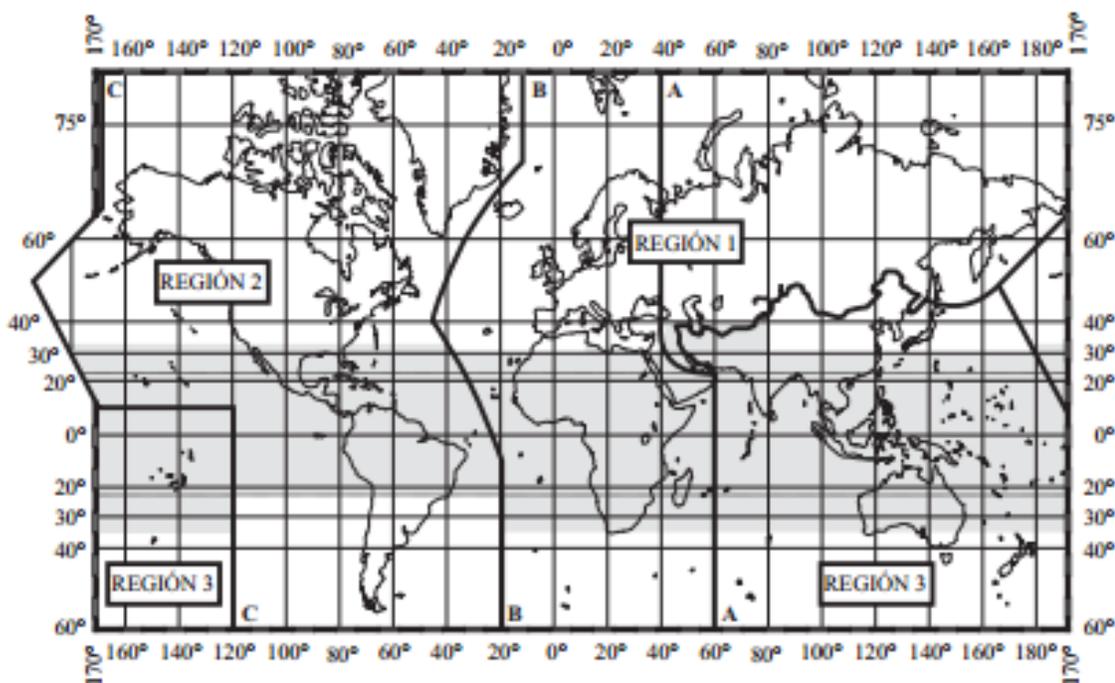
Número de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
3	ULF	300-3 000 Hz	Ondas hectokilométricas	B.hkm
4	VLF	3-30 kHz	Ondas miriamétricas	B.Mam
5	LF	30-300 kHz	Ondas kilométricas	B.km
6	MF	300-3 000 kHz	Ondas hectométricas	B.hm
7	HF	3-30 MHz	Ondas decamétricas	B.dam
8	VHF	30-300 MHz	Ondas métricas	B.m
9	UHF	300-3 000 MHz	Ondas decimétricas	B.dm
10	SHF	3-30 GHz	Ondas centimétricas	B.cm
11	EHF	30-300 GHz	Ondas milimétricas	B.mm
12		300-3 000 GHz	Ondas decimilimétricas	B.dmm
13		3-30 THz	Ondas centimilimétricas	B.cmm
14		30-300 THz	Ondas micrométricas	B.µm
15		300-3 000 THz	Ondas decimicrométricas	B.dµm

**Nota. Recomendación UIT-R V.431-7. Nomenclatura de las bandas de frecuencias y de las longitudes de onda empleadas en telecomunicaciones.**

A su vez la UIT dividió al plantea en tres regiones, en las cuales la distribución de las frecuencias para los distintos usos y servicios son similares para los países que integran una determinada región, como se puede apreciar en la Tabla N° 2 y en la figura N° 2.

**Tabla N° 2. Regiones Establecidas por la UIT.**

REGION 1	REGION 2	REGION 3
Europa África Medio Oriente Mongolia Repúblicas de la Ex- Unión Soviética	Países de América Groenlandia Islas del pacífico	Resto del mundo principalmente Asia y Oceanía



**Figura N° 2. Regiones establecidas por la UIT. Reglamento de Radiocomunicaciones. UIT. 2012 [en línea]. <[http://www.itu.int/dms\\_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000244501PDFS.pdf](http://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000244501PDFS.pdf)> [Consulta: 2015], p.37.**

El instrumento legal para nuestra nación para la administración, regulación, ordenación y control del espectro radioeléctrico, determinado por CONATEL es el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CUNABAF).

## **MICROONDAS**

El rango de las microondas está incluido en las bandas de radiofrecuencias del segmento superior del espectro radioeléctrico, concretamente en las UHF, de 0.3 a 3 GHz; SHF, de 3 a 30GHz y EHF, de 30 a 300 GHz; otras bandas de radiofrecuencia incluyen ondas de menor frecuencia y mayor longitud de onda que las microondas. Las microondas de mayor frecuencia y menor longitud de onda, en el orden de milímetros se denominan ondas milimétricas.

Otras definiciones, como por ejemplo las de los estándares IEC 60050 y IEEE 100 sitúan el rango de frecuencias de las microondas entre 1 GHz y 300 GHz, es decir, longitudes de onda de entre 30 cm a 1 mm.

## **ENLACES PUNTO A PUNTO**

Los enlaces punto a punto es una forma de conectividad que permite la comunicación entre dos estaciones.

La mayor parte de los sistemas de radio por microondas están comprendidos dentro de tres categorías principales: Sistemas de Línea de Vista (LDV), sistemas sobre el horizonte y sistemas satelitales. La posibilidad de usar enlaces de radio en las bandas de VHF y UHF fue puesta a prueba inicialmente en experimentos previos a la segunda guerra mundial. La calidad y disponibilidad de esos enlaces pudo hacerse comparable a la de enlaces con cable coaxial. Como la necesidad de mayores anchos de banda se incrementó en años subsiguientes, las frecuencias en UHF y SHF fueron usadas para tráfico telefónico y transmisión de TV; los enlaces de microondas son diseñados para transmitir a distancias de varios miles de kilómetros con anchos de banda de 10 MHz y altos estándares de calidad y confiabilidad, requerimientos esenciales para comunicaciones de largo alcance (nacionales o internacionales). [5]

## **SISTEMAS DE MICROONDAS POR LDV**

Teóricamente, un sistema LDV (línea de vista) puede extenderse, sobre terrenos favorables sin grandes barreras naturales, hasta los 7000 km (4000 millas), usando varios enlaces. La distancia cubierta por cada enlace, sin embargo, está limitada a distancias cortas que oscilan entre 50 y 80 km. (30 a 50 millas). Para distancias mayores, se usan modos de propagación sobre el horizonte, por difracción o por dispersión troposférica [5].

Los sistemas LDV proveen un amplio rango de aplicaciones, por ejemplo, desde sistemas con un pequeño número de canales telefónicos de corto alcance hasta sistemas con varios cientos de canales telefónicos o varios canales de TV con altos estándares de calidad y confiabilidad, exigidos para formar los circuitos troncales nacionales e internacionales, con alcance de varios miles de kilómetros. [5].

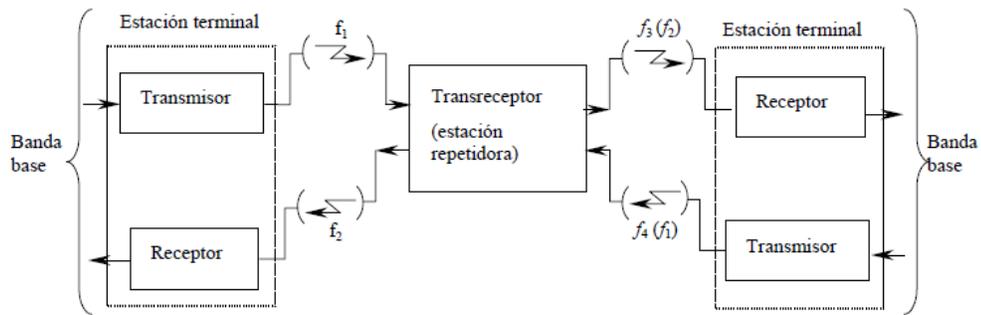
La mayor parte del desarrollo de sistemas de propagación de comunicaciones de radio multicanal tuvo lugar durante la II guerra mundial en la banda de VHF. La popularidad en el uso de LDV puede atribuirse a las siguientes ventajas:

- Alta y flexible capacidad de canales (desde unos pocos canales de voz hasta varios canales de TV).
- Capacidad de expansión.
- Corto tiempo de instalación.
- Excelente adaptación a dificultades de terrenos y barreras naturales.

Las principales aplicaciones de los sistemas LDV son:

- Sistemas fijos integrados para telefonía multicanal o televisión, formando parte de redes nacionales e internacionales.
- Sistemas fijos no integrados para telefonía o televisión, no interconectados a las redes nacionales o internacionales
- Sistemas móviles, conectados o no a las redes nacionales e internacionales.

Los elementos básicos de un sistema de radio multi-sección usando LDV se muestran en la figura N° 3.



**Figura N° 3. Elementos de un sistema de radio.** Mavares, Dima. *Apuntes de Comunicaciones* [en línea]. <[http://www.el.bqto.unexpo.edu.ve/dmavares/html/app\\_com2.pdf](http://www.el.bqto.unexpo.edu.ve/dmavares/html/app_com2.pdf)> [Consulta: 2014], p. 2.

Este sistema incluye dos estaciones terminales y dos o más estaciones repetidoras espaciadas a intervalos de entre 30 y 80 km. En las estaciones terminales se genera una portadora de microondas, que es modulada por la señal de telefonía multicanal o televisión, se amplifica (a unos pocos vatios) y con ella se alimenta una antena direccional para que se radíe a la primera estación repetidora. En la estación repetidora, la señal de microondas se recibe, se amplifica, se traslada en frecuencia para evitar interferencia entre las señales entrantes y salientes y se retransmite a la segunda estación repetidora. La señal de microondas en la estación terminal distante es, luego de amplificarse, demodulada, y de esta manera se recupera la señal de banda base.

En el sistema de la figura N° 3 se utilizan cuatro frecuencias,  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  y  $f_4$ , para evitar interferencia proveniente de los transmisores adyacentes. Con antenas de directividad adecuada, sin embargo, es posible reducir el número de frecuencias requeridas a dos, o sea  $f_1$  y  $f_2$ , como se muestra entre paréntesis. [5]

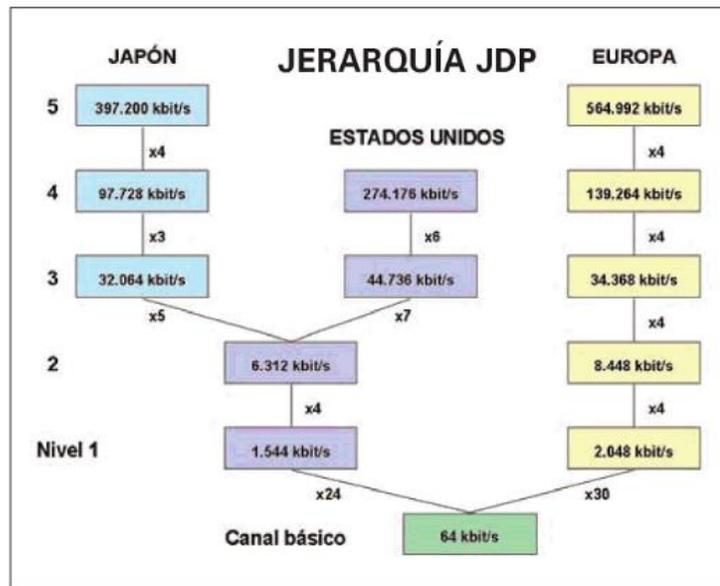
De cara al diseño de enlaces fijos digitales con LDV, tanto en condiciones de cielo despejado como de lluvia se toma como referencia la Recomendación UIT-R P.530-16, en donde toma en cuenta varios efectos vinculados con la propagación, como lo son:

- “desvanecimiento por difracción debida a la obstrucción del trayecto por obstáculos en condiciones de propagación adversas;
- atenuación debida a los gases atmosféricos;
- desvanecimiento debido a la propagación atmosférica por trayectos múltiples o a la dispersión del haz (conocida generalmente como desenfoque) asociados con la existencia de capas refractivas anormales;
- desvanecimiento debido a la propagación por los trayectos múltiples que se originan por reflexiones en superficies;
- atenuación debida a las precipitaciones o a otras partículas sólidas presentes en la atmósfera;
- variación del ángulo de llegada en el terminal receptor y del ángulo de salida en el terminal transmisor debida a la refracción;
- reducción de la discriminación por polarización cruzada (XPD) en condiciones de propagación por trayectos múltiples o durante las precipitaciones;
- distorsión de la señal debida a desvanecimientos selectivos en frecuencia y a retardos durante la propagación por trayectos múltiples.” [6].

### **JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA (PDH)**

La técnica ampliamente empleada en las redes telefónicas para la transformación (proceso de muestreo, cuantificación y codificación) de las señales

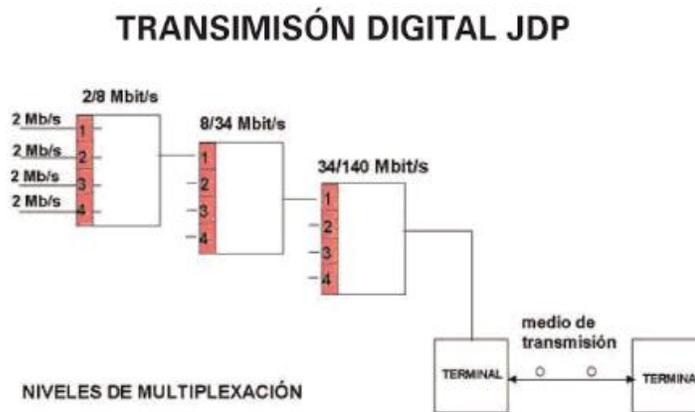
analógicas en digitales es conocida como MIC (Modulación por Impulsos Codificados) o PCM, que permite la utilización múltiple de una línea, mediante la multiplexación por división en el tiempo. Esto ha dado origen al florecimiento de toda una generación de multiplexores y la aparición de diferentes normas para la agrupación de señales en otras de orden superior (Figura N° 4). Así, tenemos la jerarquía europea, basada en una velocidad de transmisión básica de 64 kbít/s y una primaria de 2.048 Kbits, y la americana, 56 kbit/s y 1.544 kbit/s, respectivamente, además de otras, todas ellas plesiócronicas, lo que dificulta la interconexión mundial y restringe el uso de equipos de diferentes fabricantes en redes públicas y/o privadas. [7].



**Figura N° 4. Niveles de la jerarquía Digital Plesiócrona en Europa, Estados Unidos y Japón.**  
**Huidobro, J. y Conesa, R. *Sistemas de Telefonía*. Editorial: Ediciones Paraninfo, S.A. España.**  
**2006, p. 236.**

El funcionamiento de la JDP (PDH en inglés) es conceptualmente muy sencillo (Figura N° 5): al nivel más bajo se multiplexan las señales, de entrada, por cada canal, a nivel de octeto, mientras que en los niveles superiores se hace a nivel de bit. Siempre que la velocidad sea exactamente igual para todos los canales de entrada

no hay ningún problema, pero si no es así, se hace necesario insertar bits de relleno (justificación) para acomodar las velocidades de entrada a la del multiplexor. La operación de inserción y extracción de bits de justificación se realiza al multiplexar en cada uno de los niveles de la jerarquía, por lo que localizar una de las señales supone tener que demultiplexar todos los niveles uno a uno, identificando y eliminando estos bits, una operación bastante compleja. [7].



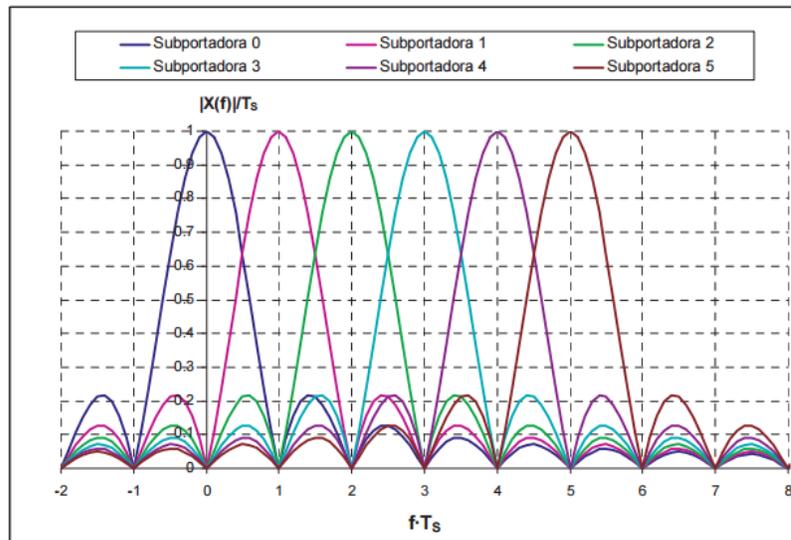
**Figura N° 5. Niveles de multi/demultiplexación en la Jerarquía Digital Plesiócrona. Huidobro, J. y Conesa, R. *Sistemas de Telefonía*. Editorial: Ediciones Paraninfo, S.A. España. 2006, p. 236.**

## ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIAS ORTOGONALES (OFDMA).

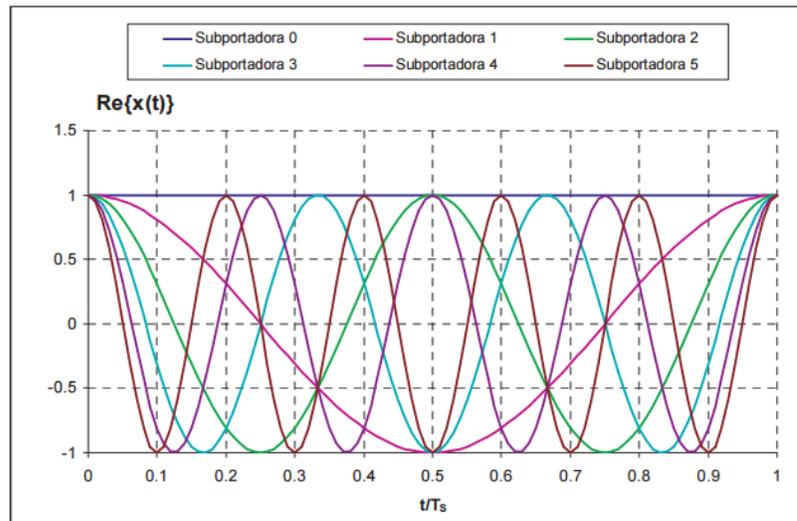
El acceso múltiple por división en frecuencia ortogonal hereda los principios de funcionamiento de la técnica de modulación OFDM que se propuso en los años 70 y que fue mejorada en los años 90 para construir los estándares del ETSI para difusión de televisión digital terrenal (DVB-T) y radio digital (DAB), y que ha sido propuesta por varios grupos de estandarización como candidato para comunicaciones inalámbricas interiores. La modulación OFDM se puede realizar de forma eficiente mediante FFT (Fast Fourier Transforms, Transformadas rápidas de Fourier), presentando la ventaja de que, acompañada de una extensión cíclica, consigue transformar un canal de tipo convolutivo en un canal paralelo de tipo multiplicativo

sin interferencia entre ramas, por lo que el empleo de igualadores resulta apropiado y simple. En términos sencillos, el espectro de la señal transmitida se subdivide en subcanales en lo que la información modula portadoras (con respuesta en frecuencia de tipo  $\text{sen}(x)/x$ ) ortogonales, de forma que, aproximadamente, la señal recibida es un conjunto de portadoras ortogonales con amplitudes y fases determinadas por la respuesta en frecuencia del canal. Cuando se combina con codificación de canal y barajado en frecuencia (interleaving), OFDM se convierte en una técnica de transmisión muy atractiva para su empleo en canales altamente dispersivos (con agujeros espectrales profundos). Los problemas fundamentales de la OFDM son la elevada relación potencia de pico a potencia media, lo que complica el empleo de amplificadores clásicos y el requisito de osciladores con muy bajo ruido de fase, al que es muy sensible. [8].

La Figura N° 6 muestra un ejemplo con el módulo de los espectros correspondientes a un conjunto de 6 subportadoras OFDM. Obsérvese en la figura que para cada frecuencia múltiplo de  $1/TS$  únicamente existe contribución espectral de una de las subportadoras, mientras que el resto presentan nulos. A su vez, la Figura N° 7 muestra la evolución temporal de la parte real de las 6 subportadoras. [9]



**Figura N° 6.** Ejemplo del espectro correspondiente a 6 subportadoras OFDM. Agusti, R. [et. al...]. *LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles*. Edita: Fundación Vodafone España. 2010. p. 178.



**Figura N° 7.** Ejemplo de la señal temporal correspondiente a 6 subportadoras OFDM. Agusti, R. [et. al...]. *LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles*. Edita: Fundación Vodafone España. 2010. p. 178.

En su forma más simple, OFDMA consiste en asignar cada portadora a un usuario, de modo que todas resultan ortogonales. La señal recibida tiene entonces la típica forma de una señal OFDM, por lo que sólo se necesita un receptor para detectar

la señal de los N usuarios del sistema, en contra de lo que sucede en un múltiplex por división en frecuencia convencional. OFDMA es muy apropiada para luchar contra interferencias de banda estrecha, ya que se puede apagar la portadora afectada en el proceso de asignación de recursos. [8].

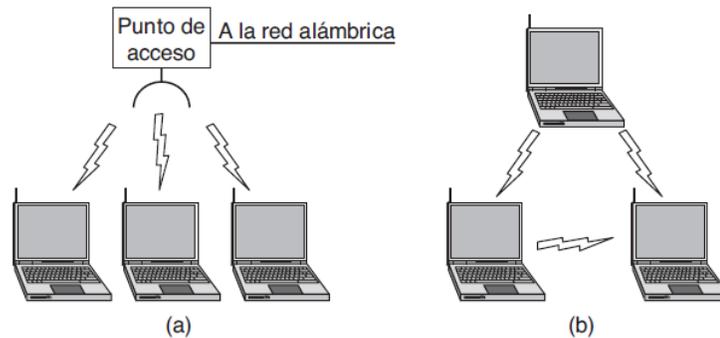
En la actualidad OFDMA se utiliza para distintas aplicaciones como por ejemplo, el estándar IEEE 802.16 WMAN, conocido comercialmente como WIMAX (interoperabilidad mundial para acceso por microondas), la cual es una norma de transmisión de datos que utiliza las ondas de radio en las frecuencias de 2,5 a 5,8 GHz y puede tener una cobertura de hasta 50 km. También OFDMA se usa en el enlace de descarga mejorado para 3GPP que se llama HSOPA (High Speed OFDM Packet Access), entre otros.

## **REDES LAN INALÁMBRICAS (WLAN).**

Las redes LAN inalámbricas son el tipo de redes que sirve para conectar computadoras, dispositivos PDA y teléfonos inteligentes (smartphones) a Internet sin necesidad de una interfaz cableada. Las redes LAN inalámbricas también se pueden usar para permitir que dos o más computadoras que estén cerca unas de otras se comuniquen sin necesidad de usar Internet. El principal estándar de LAN inalámbrica es 802.11, estandarizado por el comité IEEE. En la jerga computacional a este estándar se le conoce con el nombre de **WiFi**. [10].

Los sistemas 802.11 operan en bandas de frecuencia sin licencia como las bandas **ISM (Industriales, Científicas y Médicas)**, del inglés *Industrial, Scientific, and Medical*) definidas por el ITU-R (por ejemplo, 902-929 MHz, 2.4-2.5 GHz, 5.725-5.825 GHz). Todos los dispositivos pueden usar este espectro siempre y cuando limiten su potencia de transmisión para dejar que coexistan distintos dispositivos. Desde luego que esto significa que los radios 802.11 podrían entrar en competencia con los teléfonos inalámbricos, los abridores de puertas de garaje y los

hornos de microondas. Las redes 802.11 están compuestas de clientes (como laptops y teléfonos móviles) y de una infraestructura llamada **AP (Puntos de Acceso)** que se instala en los edificios. Algunas veces a los puntos de acceso se les llama **estaciones base**. Los puntos de acceso se conectan a la red alámbrica y toda la comunicación entre los clientes se lleva a cabo a través de un punto de acceso. También es posible que los clientes que están dentro del rango del radio se comuniquen en forma directa, como en el caso de dos computadoras en una oficina sin un punto de acceso. A este arreglo se le conoce como **red *ad hoc***. Se utiliza con menor frecuencia que el modo de punto de acceso. En la figura N° 8 se muestran ambos modos. [10].



**Figura N° 8. Red inalámbrica con un punto de acceso. (b) Red *ad hoc*. Tanenbaum, A. y Wetherall, D. *Redes de Computadora*, (Libro).—México: Pearson Educación. Quinta edición. 2012, p. 60.**

La transmisión 802.11 se complica debido al **desvanecimiento multirayectoria** y la clave para solventar las condiciones inalámbricas variables es la **diversidad de rutas**, o el envío de información a través de múltiples rutas independientes. De esta forma, es probable que la información se reciba incluso si una de las rutas resulta ser pobre debido a un desvanecimiento. Por lo general estas rutas independientes están integradas al esquema de modulación digital en la capa física. Las opciones incluyen el uso de distintas frecuencias a lo largo de la banda permitida, en donde se siguen distintas rutas espaciales entre los distintos pares de antenas o se repiten bits durante distintos periodos. [10].

Las distintas versiones de 802.11 han usado todas estas técnicas. El estándar inicial (1997) definió una LAN inalámbrica que podía operar a 1 Mbps o 2 Mbps mediante saltos entre frecuencias o también se podía extender la señal a lo largo del espectro permitido. Casi de inmediato surgieron las quejas de las personas diciendo que era muy lenta, por lo que se empezó a trabajar en estándares más veloces. El diseño de espectro extendido se amplió y convirtió en el estándar 802.11b (1999) que operaba a velocidades de hasta 11 Mbps. Los estándares 802.11a (1999) y 802.11g (2003) cambiaron al esquema de modulación distinto llamado **OFDM**. Este esquema logró aumentar las velocidades en bits de los estándares 802.11a/g hasta 54 Mbps. Es un aumento considerable, pero las personas querían una velocidad aún mayor para soportar usos más demandantes. La versión más reciente es 802.11n (2009), la cual utiliza bandas de frecuencia más amplias y hasta cuatro antenas por computadora para alcanzar velocidades de hasta 450 Mbps. [10].

Como la tecnología inalámbrica es un medio de difusión por naturaleza, los radios 802.11 también tienen que lidiar con el problema de que las múltiples transmisiones que se envían al mismo tiempo tendrán colisiones, lo cual puede interferir con la recepción. Para encargarse de este problema, 802.11 utiliza un esquema **CSMA (Acceso Múltiple por Detección de Portadora**, del inglés *Carrier Sense Multiple Access*) basado en ideas provenientes de la Ethernet alámbrica que, irónicamente, se basó en una de las primeras redes inalámbricas desarrolladas en Hawai, llamada **ALOHA**. Las computadoras esperan durante un intervalo corto y aleatorio antes de transmitir, y difieren sus transmisiones si escuchan que hay alguien más transmitiendo. Este esquema reduce la probabilidad de que dos computadoras envíen datos al mismo tiempo, pero no funciona tan bien como en el caso de las computadoras conectadas por cables. A pesar de ésta y de otras cuestiones, el esquema funciona bastante bien en la práctica. [10].

## **RED ALL-IP (TODO-IP)**

La red ALL-IP se basa en redes de próxima generación que ofrecen todo tipo de servicios multimedia, en el que la conectividad y la comunicación pasan a través del protocolo común de nivel de red IPv6. Los temas se dividen en tres grupos: redes, servicios especializados y comunicaciones avanzadas. Los temas de redes, en general, discuten las características de conectividad de redes de próxima generación, como el direccionamiento, la conmutación, enrutamiento, multihoming, la movilidad y la seguridad. Los temas sobre los servicios especializados se ocupan de los servicios de red y aplicaciones específicas. Los temas de comunicaciones avanzadas se ocupan de IPv6 específicamente en las tecnologías de la capa física. [11].

## CAPÍTULO III. RED DE PDVSA Y DATOS GENERALES DE LAS ESTACIONES EN ESTUDIO.

### RED DE TRANSMISIÓN LOCALIDAD CAPITAL DE PDVSA.

La localidad Capital de PDVSA está conformada por una red de transmisión de 80 estaciones, con enlaces de microondas troncales y secundarios PDH, SDH, y WLAN con capacidades de transmisión desde 3Mbps hasta 155Mbps como se ve en la figura N° 9. Dicha red presta servicios de datos (internet), telefonía, telemetría, video, audio y monitoreo de estaciones públicas.

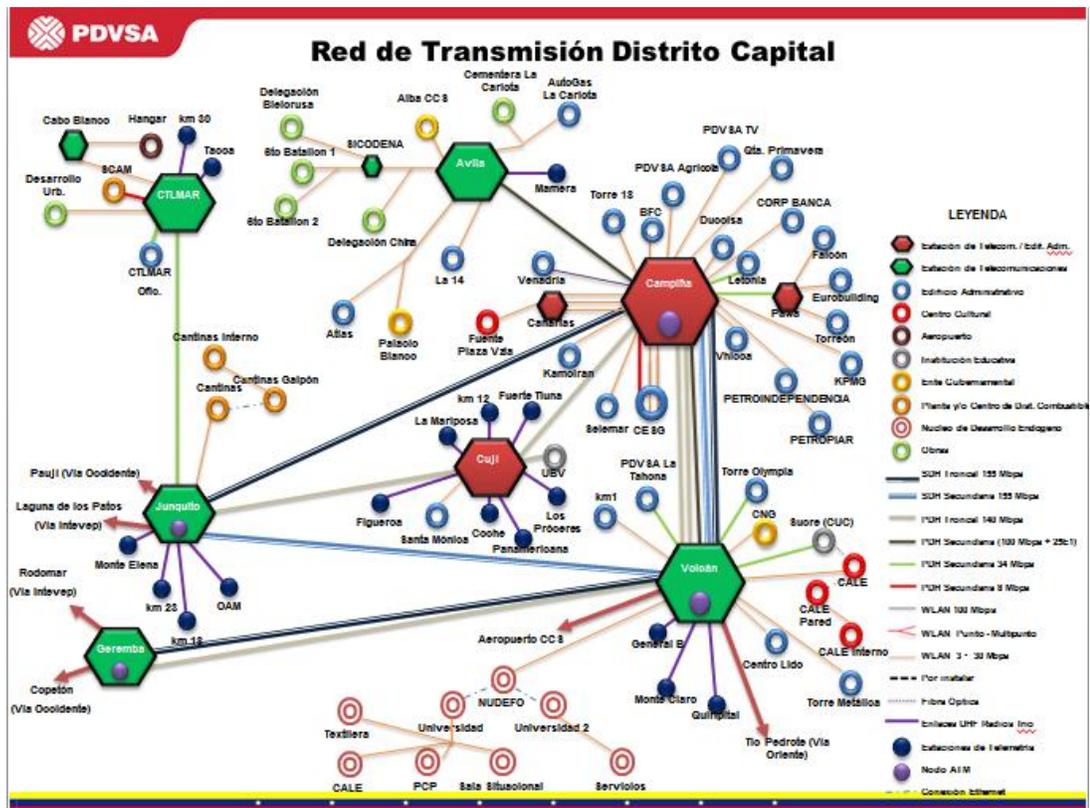


Figura N° 9. Red de Transmisión localidad Capital de PDVSA. PDVSA 2013.

### RED DE MICROONDAS PDH Y WLAN EN ESTUDIO.

La red de microondas secundaria de la localidad capital de PDVSA para el plan de migración hacia ALL-IP en estudio, consta de 19 radioenlaces distribuidos en PDH y WLAN y su topología es de tipo árbol, en donde los servicios nacen en Campiña, pasan por las estaciones repetidoras y llegan a los sitios (estaciones) de interés (ver figura N° 10).

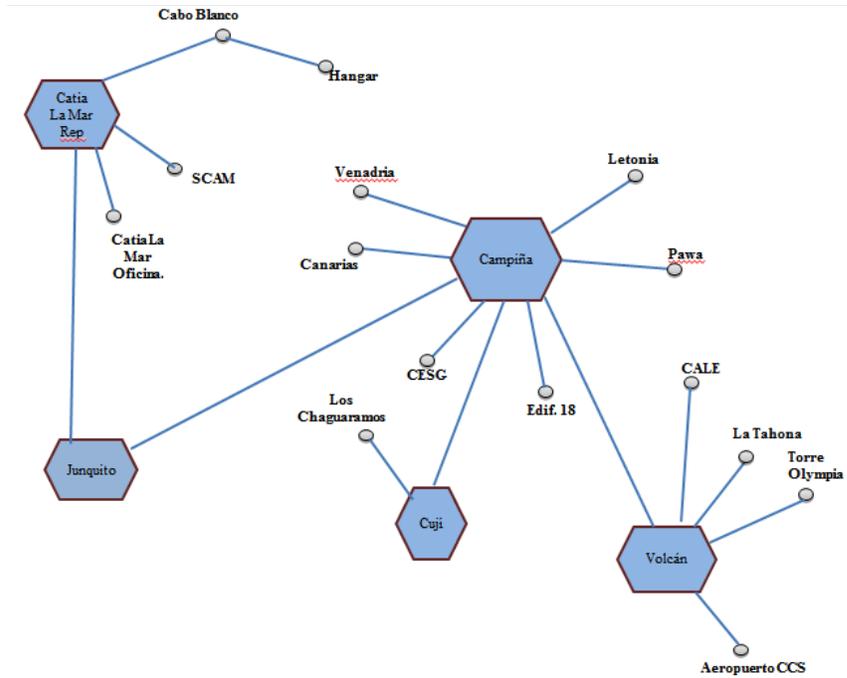


Figura N° 10. Topología de red (19 radio enlaces).

Los 19 radioenlaces o enlaces de microondas en cuestión son: Campiña-Pawa, Campiña-CESG (Centro Empresarial Sabana Grande), Campiña-Venadria, Campiña-Canarias, Campiña-Letonia, Campiña-Edif. 180, Campiña-Volcán, Volcán-CALE (Centro de Arte La Estancia), Campiña-El Cují, El Cují-Chaguaramos, Campiña-Junquito, Junquito-Catia La Mar Repetidor, Catia La Mar Repetidor-SCAM, Catia La Mar Repetidor-Catia La Mar Oficina, Catia La Mar Repetidor-Cabo Blanco, Cabo Blanco-Hangar Presidencial, Volcán-Aeropuerto Caracas, Volcán-La Tahona, Volcán-Torre Olympia.

## DATOS GENERALES DE LAS ESTACIONES.

Con ayuda de la aplicación de Google Earth (2008), Radio Mobile y la información documentada por los miembros del Departamento de Transmisión en Microondas de la Gerencia de AIT se realizó un resumen de la ubicación geográfica, la altura promedio sobre el nivel del mar (AMSL), la altura del edificio y la altura de la torre o mástil existente de cada estación (ver tabla N° 3 y N° 4).

**Tabla N° 3. Ubicación geográfica, altura AMSL, altura de edificio, torre o mástil en la localidad A de los radioenlaces.**

No.	Radioenlace	Sitio A													
		Localidad A	Nombre A	Ubicación Geográfica								Altitud y Alturas			
				Latitud				Longitud				AMSL del terreno [m]	Altura de edificio [m]	Altura de torre [m]	Altura Mastil [m]
				G	Min	Seg	Lat.	G	Min	Seg	Long.				
1	Campiña-Junquito	Campiña	Campiña-Junquito	10	29	47,30	N	66	52	21,20	O	890	68,0	12,0	
2	Campiña-Pawa	Campiña	Campiña-Pawa	10	29	47,30	N	66	52	21,20	O	890	68,0	12,0	
3	Campiña-CESG	Campiña	Campiña-CESG	10	29	46,90	N	66	52	21,20	O	890	68,0		2,0
4	Campiña-Venadria	Campiña	Campiña-Venadria	10	29	47,30	N	66	52	21,20	O	890	68,0	12,0	
5	Campiña-Canarias	Campiña	Campiña-Canarias	10	29	47,30	N	66	52	21,20	O	890	68,0	12,0	
6	Campiña-Letonia	Campiña	Campiña-Letonia	10	29	47,30	N	66	52	21,00	O	890	68,0		2,0
7	Campiña-El Cuji	Campiña	Campiña-El Cuji	10	29	47,30	N	66	52	21,20	O	890	68,0	12,0	
8	Campiña-Volcán	Campiña	Campiña-Volcán	10	29	47,30	N	66	52	21,20	O	890	68,0	12,0	
9	Campiña-Edif. 180	Campiña	Campiña-Edif. 180	10	29	46,90	N	66	52	21,10	O	890	68,0		2,0
10	Volcán-Torre Olympia	Volcán	Volcán-Torre Olympia	10	24	59,40	N	66	50	58,90	O	1471,7		100,0	
11	Volcán-CALE	Volcán	Volcán-CALE	10	24	59,40	N	66	50	58,90	O	1471,7		100,0	
12	Volcán-Aeropuerto C.	Volcán	Volcán-Aeropuerto C.	10	24	59,40	N	66	50	58,90	O	1471,7		100,0	
13	Volcán-La Tahona	Volcán	Volcán-La Tahona	10	24	59,40	N	66	50	58,90	O	1471,7		100,0	
14	Junquito-Catia La Mar R.	Junquito	Junquito-Catia La Mar R.	10	27	47,30	N	67	6	1,90	O	2134,1		80,0	
15	Catia La Mar R.-Cabo Blanco	Catia La Mar R.	Catia La Mar R.-Cabo Blanco	10	36	7,90	N	67	2	13,20	O	20,8		30,0	
16	Catia La Mar R.-SCAM	Catia La Mar R.	Catia La Mar R.-SCAM	10	36	7,90	N	67	2	13,20	O	20,8		30,0	
17	Catia La Mar R.-Catia La Mar O.	Catia La Mar R.	Catia La Mar R.-Catia La Mar O.	10	36	7,90	N	67	2	13,20	O	20,8		30,0	
18	Cabo Blanco-Hangar P.	Cabo Blanco	Cabo Blanco-Hangar P.	10	36	27,50	N	67	0	21,30	O	88		18,0	
19	El Cuji-Chaguaramos	El Cuji	El Cuji-Chaguaramos	10	24	50,70	N	66	56	11,90	O	1133		26,6	

**Tabla N° 4. Ubicación geográfica, altura AMSL, altura de edificio, torre o mástil en la localidad B de los radioenlaces.**

No.	Radioenlace	Sitio B															
		Localidad B	Nombre B	Ubicación Geográfica								Altitud y Alturas					
				Latitud				Longitud				AMSL del terreno [m]	Altura de edificio [m]	Altura de torre [m]	Altura Mastil [m]	Alt. ant. en torre o mástil [m]	
				G	Min	Seg	Lat.	G	Min	Seg	Long						
1	Campiña-Junquito	Junquito	Junquito-Campiña	10	27	47,30	N	67	6	1,90	O	2134,1		80,0			60,0
2	Campiña-Pawa	Pawa	Pawa-Campiña	10	28	48,20	N	66	51	23,30	O	857,5	33,1		2,0		1,9
3	Campiña-CESG	CESG	CESG-Campiña	10	29	39,00	N	66	52	30,60	O	884,3	94,5		2,0		1,9
4	Campiña-Venadria	Venadria	Venadria-Campiña	10	30	16,30	N	66	53	56,20	O	906,8	56,0		2,0		1,9
5	Campiña-Canarias	Canarias	Canarias-Campiña	10	29	53,70	N	66	53	0,30	O	888,7	42,5		2,0		1,9
6	Campiña-Letonia	Letonia	Letonia-Campiña	10	29	49,60	N	66	51	4,20	O	894,3	81,0		2,0		1,9
7	Campiña-El Cuji	El Cuji	El Cuji-Campiña	10	24	50,70	N	66	56	11,90	O	1133		26,6			16,0
8	Campiña-Volcán	Volcán	Volcán-Campiña	10	24	59,40	N	66	50	58,90	O	1471,7		100,0			24,0
9	Campiña-Edif. 180	Edif. 180	Edif. 180-Campiña	10	29	28,90	N	66	52	17,40	O	877,2	22,5		2,0		1,9
10	Volcán-Torre Olympia	Torre Olympia	Torre Olympia-Volcán	10	29	0,80	N	66	48	23,70	O	852,1	60,0		2,0		1,9
11	Volcán-CALE	CALE	CALE-Volcán	10	29	44,60	N	66	50	49,10	O	892,7			2,0		1,9
12	Volcán-Aeropuerto C.	Aeropuerto C.	Aeropuerto C.-Volcán	10	17	8,40	N	66	49	6,80	O	641		18,0			14,0
13	Volcán-La Tahona	La Tahona	La Tahona-Volcán	10	25	57,40	N	66	50	51,10	O	1049,5	8,0		2,0		1,9
14	Junquito-Catia La Mar R.	Catia La Mar R.	Catia La Mar R.-Junquito	10	36	7,90	N	67	2	13,20	O	20,8		30,0			15,0
15	Catia La Mar R.-Cabo Blanco	Cabo Blanco	Cabo Blanco-Catia La Mar R.	10	36	27,50	N	67	0	21,30	O	88		18,0			18,0
16	Catia La Mar R.-SCAM	SCAM	SCAM-Catia La Mar R.	10	35	58,70	N	67	0	52,90	O	55	6,0		2,0		1,9
17	Catia La Mar R.-Catia La Mar O.	Catia La Mar O.	Catia La Mar O.-Catia La Mar R.	10	36	2,00	N	67	2	3,60	O	13	8,0		2,0		1,9
18	Cabo Blanco-Hangar P.	Hangar P.	Hangar P.-Cabo Blanco	10	36	6,50	N	66	58	35,40	O	41,4			9,0		8,0
19	El Cuji-Chaguaramos	Chaguaramos	Chaguaramos-El Cuji	10	29	14,20	N	66	53	5,70	O	870,3	14,0		2,0		1,9

## TOPOLOGIAS DE LOS RADIOENLACES ACTUALES

Con la información recopilada de la ubicación geográfica de cada estación y las alturas de edificio, torres o mástil correspondiente a los radioenlaces a considerar, se muestra una vista aérea desde Google Earth y se obtienen la longitud de cada radioenlace. Posteriormente se muestran la topologías actuales en las estaciones de cada radioenlace.

### ENLACE CAMPIÑA – JUNQUITO.

La distancia total entre Campiña y Junquito es de 25 Km. (ver figura N° 11).



**Figura N° 11. Ubicación geográfica del Enlace Campiña-Junquito vista desde Google Earth.**

**Descripción de los radios en operación:** No existen equipos instalados para este enlace.

**Topología Actual:** No existe topología actualmente.

### **ENLACE CAMPIÑA – PAWA.**

La distancia total entre Campiña y Pawa es de 2,5 Km., (ver figura N° 12).



Figura N° 12. Ubicación geográfica del Enlace Campiña-Pawa vista desde Google Earth.

*Descripción de los radios en operación:*

**Siemens SRAL XD:** Para este enlace el equipo está configurado para operar bajo la frecuencia de 17,9 GHz, para transmitir 34 Mb/s de información, con una potencia de transmisión de 20 dBm y un umbral de recepción de -82 dBm. (ver figura N° 13).

*Topología Actual:*

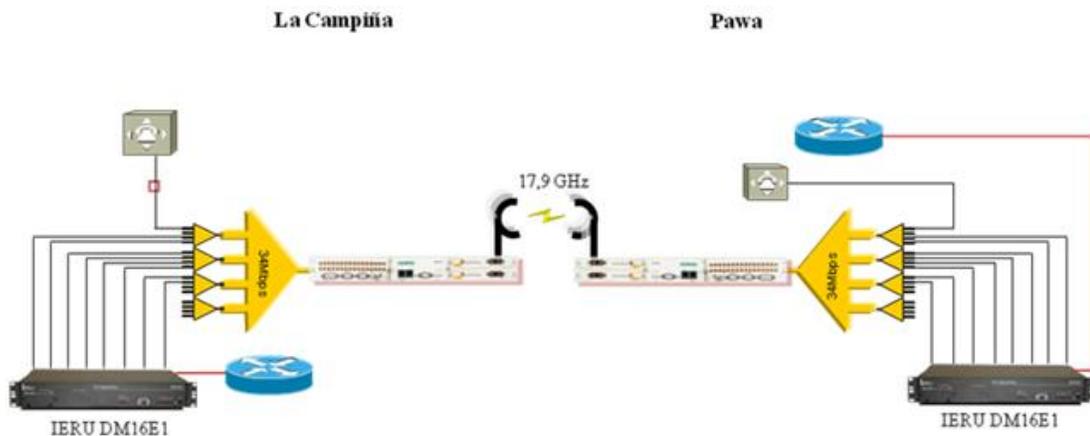


Figura N° 13. Topología Actual Enlace Campiña – Pawa. PDVSA.

## ENLACE CAMPIÑA – CESH.

La distancia total entre Campiña y CESH es de 0,4 Km. (ver figura N° 14).



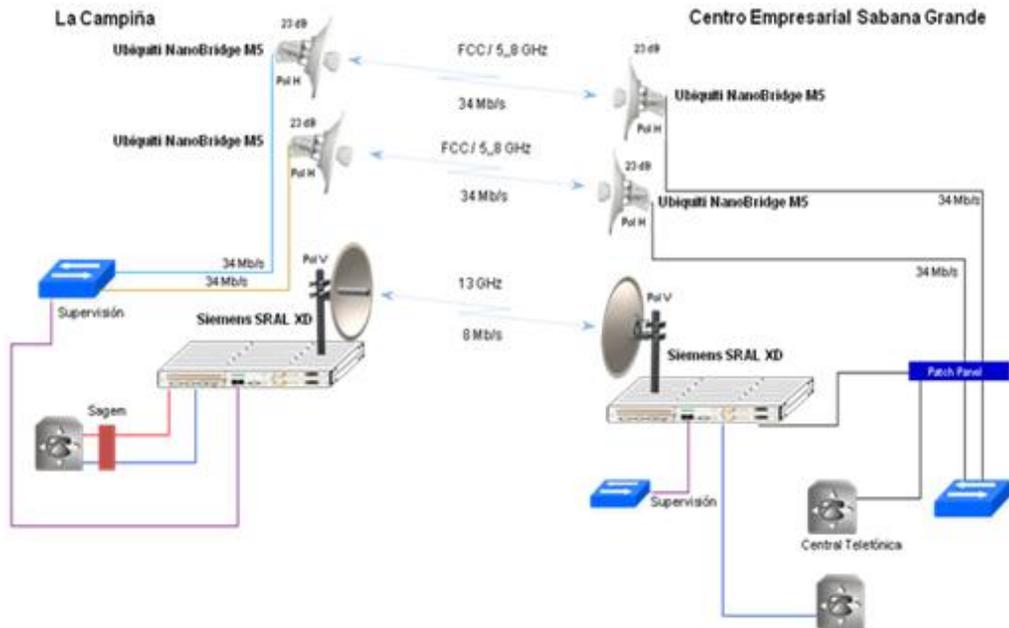
Figura N° 14. Ubicación geográfica del Enlace Campiña- CESH vista desde Google Earth.

### *Descripción de los radios en operación:*

**Siemens SRAL XD:** Para este enlace el equipo está configurado para operar bajo la frecuencia de 13 GHz, para transmitir 8 Mb/s de información, con una potencia de transmisión de 20 dBm y un umbral de recepción de -82 dBm. (ver figura N° 15).

**Ubiquiti NanoBridge M5:** Para este enlace el equipo está configurado para operar bajo la frecuencia de 5,8 GHz - FCC, para transmitir 34 Mb/s de información, con una potencia de transmisión de 23 dBm y un umbral de recepción de -90 dBm. Para este enlace se utilizan dos de estos equipos bajo las mismas características (ver figura N° 15).

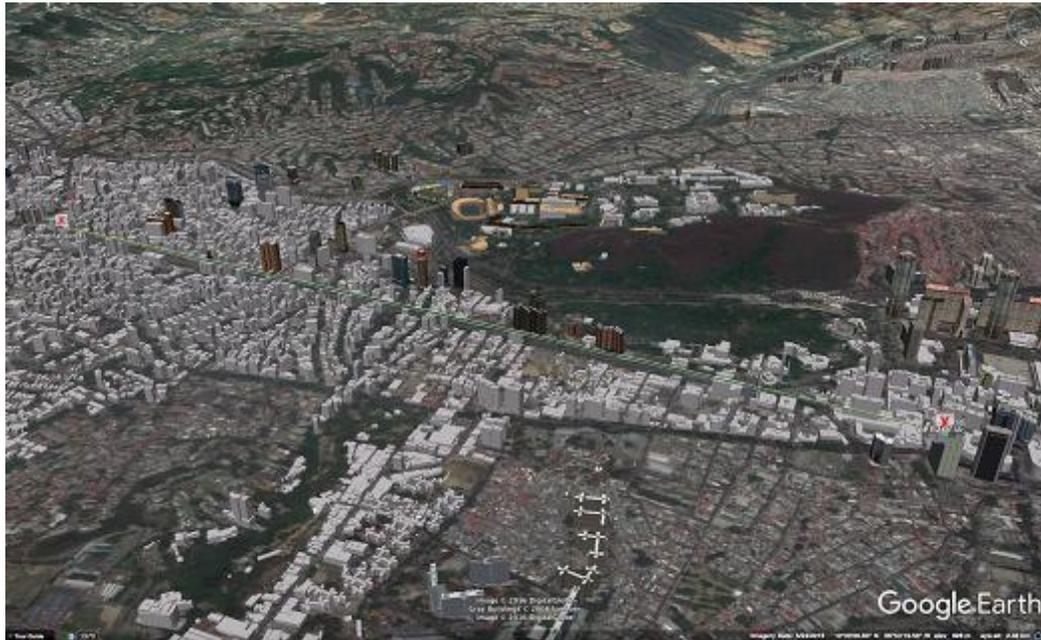
**Topología Actual:**



**Figura N° 15. Topología Actual Enlace Campiña – CESG. PDVSA**

**ENLACE CAMPIÑA – VENADRIA.**

La distancia total entre Campiña y Venadria es de 3 Km. (ver figura N° 16).



**Figura N° 16. Ubicación geográfica del Enlace Campiña-Venadria vista desde Google Earth.**

**Descripción de los radios en operación:** No existen equipos instalados para este enlace.

**Topología Actual:** No existe topología actualmente.

## **ENLACE CAMPIÑA – CANARIAS.**

La distancia total entre Campiña y Canarias es de 1,2 Km. (ver figura N° 17).



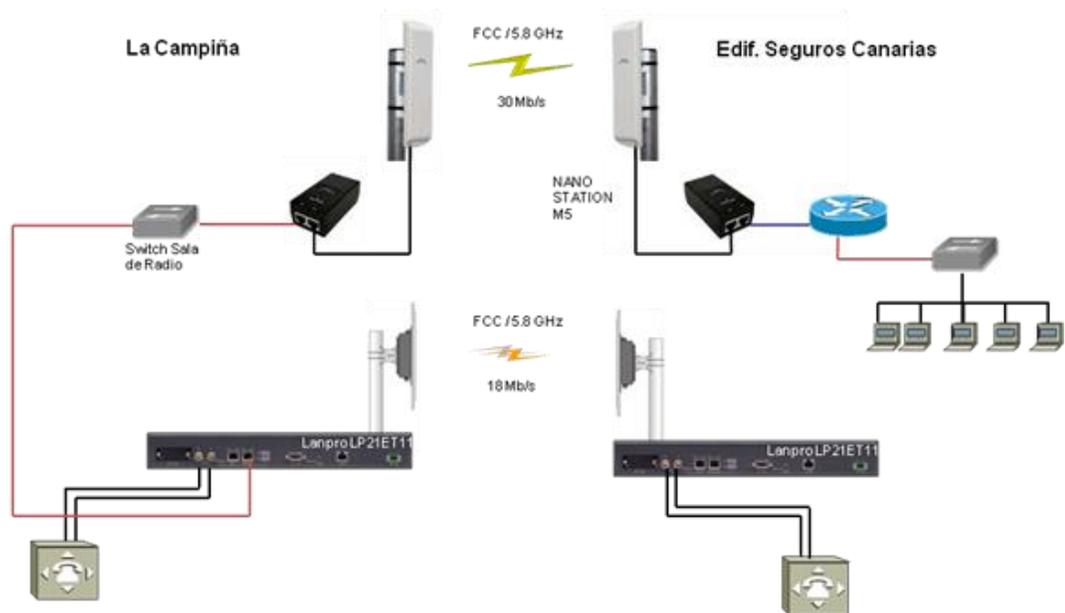
**Figura N° 17. Ubicación geográfica del Enlace Campiña-Canarias vista desde Google Earth.**

***Descripción de los radios en operación:***

**Ubiquiti Nano Station M5:** Para este enlace el equipo está configurado para operar bajo la frecuencia de 5,8 GHz - FCC, para transmitir 30 Mb/s de información, con una potencia de transmisión de 24 dBm y un umbral de recepción de -83 dBm. (ver figura N° 18).

**Lanpro LP21ET11:** Para este enlace el equipo está configurado para operar bajo la frecuencia de 5,8 GHz - FCC, para transmitir 18 Mb/s de información, con una potencia de transmisión de 23 dBm y un umbral de recepción de -82 dBm. (ver figura N° 18).

***Topología Actual:***



**Figura N° 18. Topología Actual Enlace Campiña – Canarias. PDVSA.**

### **ENLACE CAMPIÑA – LETONIA.**

La distancia total entre Campiña y Letonia es de 2,3 Km. (ver figura N° 19).

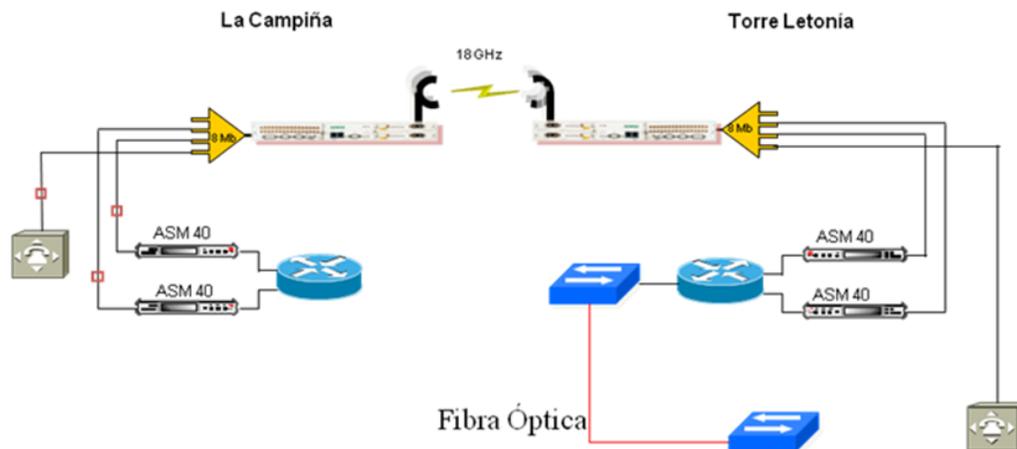


**Figura N° 19. Ubicación geográfica del Enlace Campiña-Letonia vista desde Google Earth.**

**Descripción de los radios en operación:**

**Siemens SRAL XD:** Para este enlace el equipo está configurado para operar bajo la frecuencia de 18 GHz, para transmitir 8 Mb/s de información, con una potencia de transmisión de 20 dBm y un umbral de recepción de -82 dBm. (ver figura N° 20).

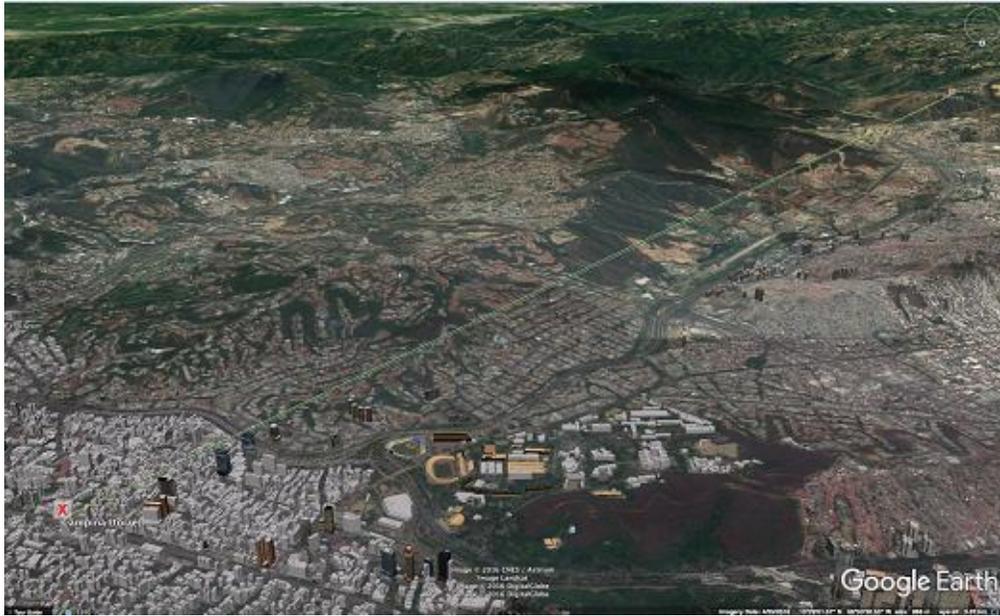
**Topología Actual:**



**Figura N° 20. Topología Actual Enlace Campiña – Letonia. PDVSA.**

**ENLACE CAMPIÑA – EL CUJÍ.**

La distancia total entre Campiña y El Cují es de 11,5 Km. (ver figura N° 21).



**Figura N° 21.**Ubicación geográfica del Enlace Campiña-El Cují vista desde Google Earth

**Descripción de los radios en operación:** No existen equipos instalados para este enlace.

**Topología Actual:** No existe topología actualmente.

### **ENLACE CAMPIÑA – VOLCÁN.**

La distancia total entre Campiña y Volcán es de 9,2 Km. (ver figura N° 22).

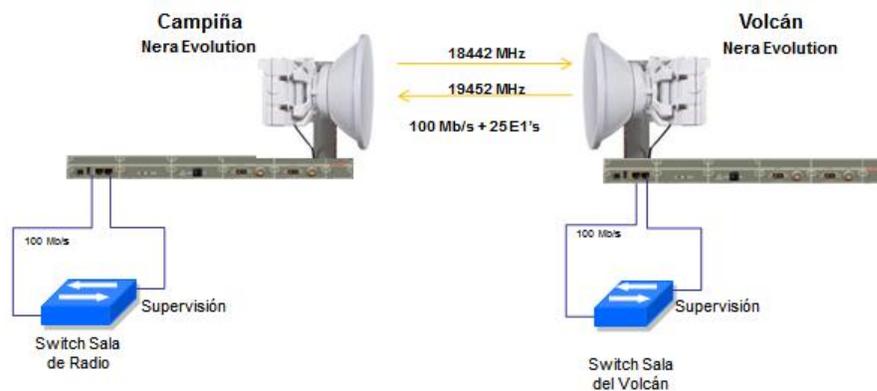


**Figura N° 22. Ubicación geográfica del Enlace Campiña-Volcán vista desde Google Earth**

*Descripción de los radios en operación:*

**Nera Evolution:** Para este enlace el equipo está configurado para operar bajo la banda de frecuencia de 18,442 y 19,452 GHz, para transmitir un total de 150 Mb/s de información, con una potencia de transmisión de 22 dBm y un umbral de recepción de -84,5 dBm. (ver figura N° 23).

*Topología Actual:*



**Figura N° 23. Topología Actual Enlace Campiña – Volcán. PDVSA.**

## **ENLACE CAMPIÑA – EDIF. 180.**

La distancia total entre Campiña y Edif. 180 es de 0,6 Km. (ver figura N° 24).

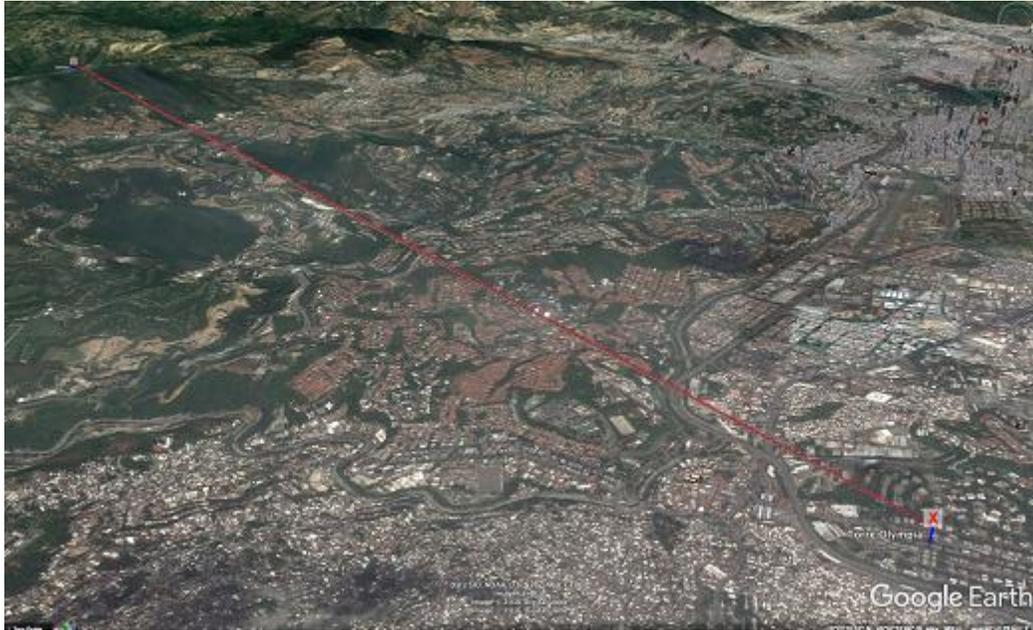


**Figura N° 24. Ubicación geográfica del Enlace Campiña-Edif. 180 vista desde Google Earth.**

**Topología Actual:** No existe topología actualmente.

## **ENLACE VOLCÁN – TORRE OLYMPIA.**

La distancia total entre Volcán y Torre Olympia es de 8,8 Km. (ver figura N° 25).



**Figura N° 25. Ubicación geográfica del Enlace Volcán – Torre Olympia vista desde Google Earth.**

***Descripción de los radios en operación:***

**Siemens SRAL XD:** Para este enlace el equipo está configurado para operar bajo la frecuencia de 18 GHz, para transmitir 10 Mb/s de información, con una potencia de transmisión de 20 dBm y un umbral de recepción de -82 dBm. (ver figura N° 26).

***Topología Actual:***

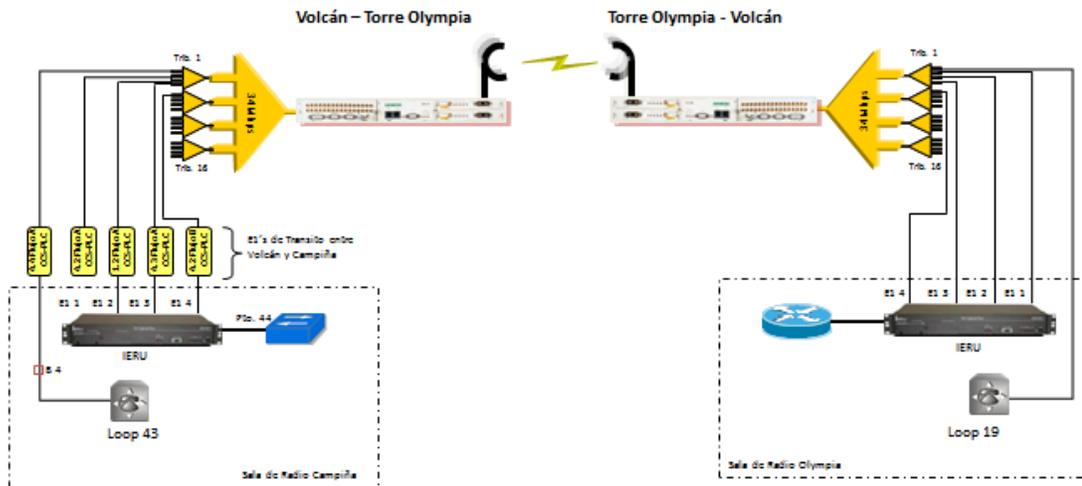


Figura N° 26. Topología Actual Enlace Volcán – Torre Olympia. PDVSA.

### ENLACE VOLCÁN – CALE.

La distancia total entre Volcán y CALE es de 8,8 Km. (ver figura N° 27).

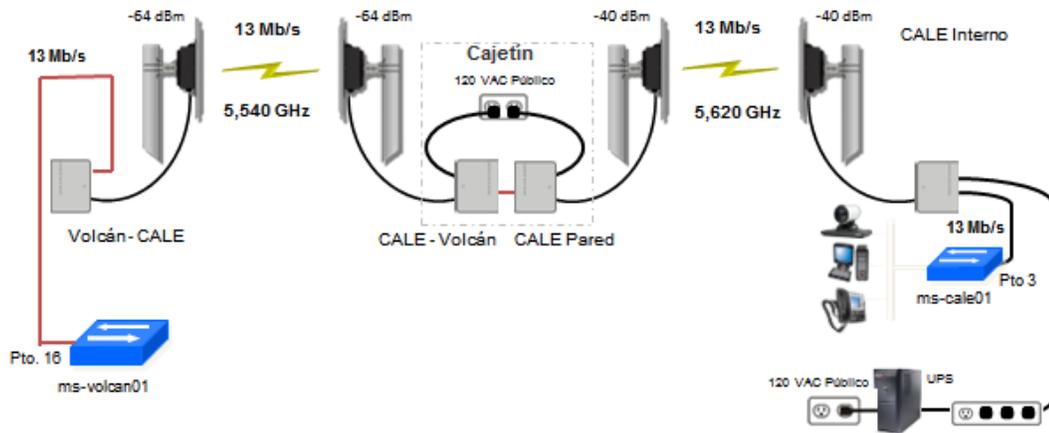


Figura N° 27. Ubicación geográfica del Enlace Volcán-CALE vista desde Google Earth

**Descripción de los radios en operación:**

**Lanpro 5ai:** Para este enlace el equipo está configurado para operar bajo la frecuencia de 5,540 GHz - FCC, para transmitir 13 Mb/s de información, con una potencia de transmisión de 23 dBm y un umbral de recepción de -64 dBm. (ver figura N° 28).

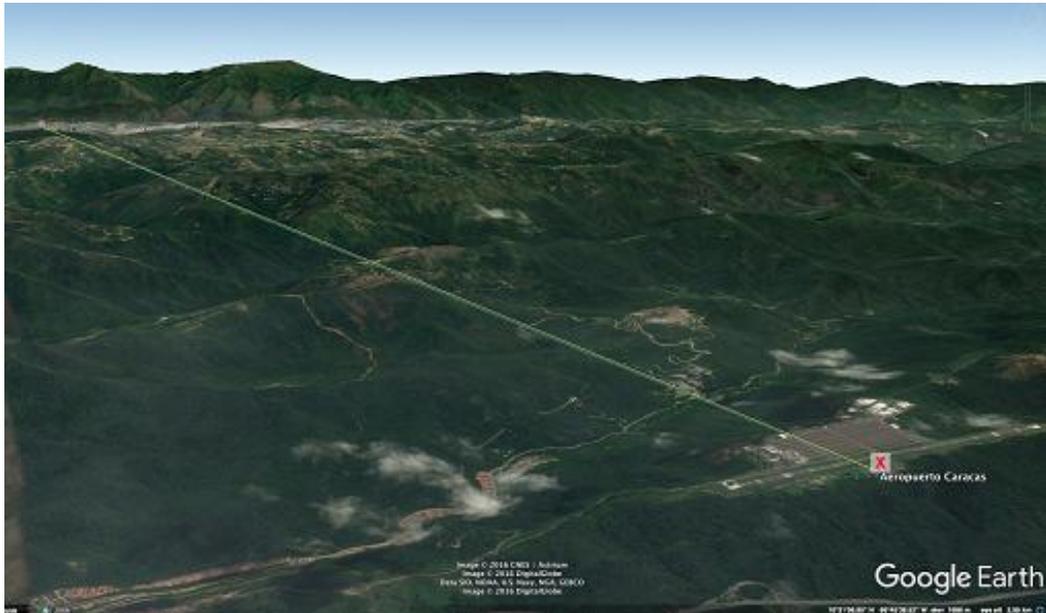
**Topología Actual:**



**Figura N° 28. Topología Actual Enlace Volcán – Torre Olympia. PDVSA.**

**ENLACE VOLCÁN – AEROPUERTO CARACAS.**

La distancia total entre Volcán y Aeropuerto Caracas es de 14,9 Km. (ver figura N° 29).



**Figura N° 29. Ubicación geográfica del Enlace Volcán-Aeropuerto Caracas vista desde Google Earth.**

***Descripción de los radios en operación:***

**AWA RMD 1808:** Para este enlace el equipo está configurado para operar bajo la banda de frecuencia de 1,7 a 1,9 GHz, para transmitir 8 Mb/s de información, con una potencia de transmisión de 30 dBm y un umbral de recepción de -84 dBm. (ver figura N° 30).

***Topología Actual:***

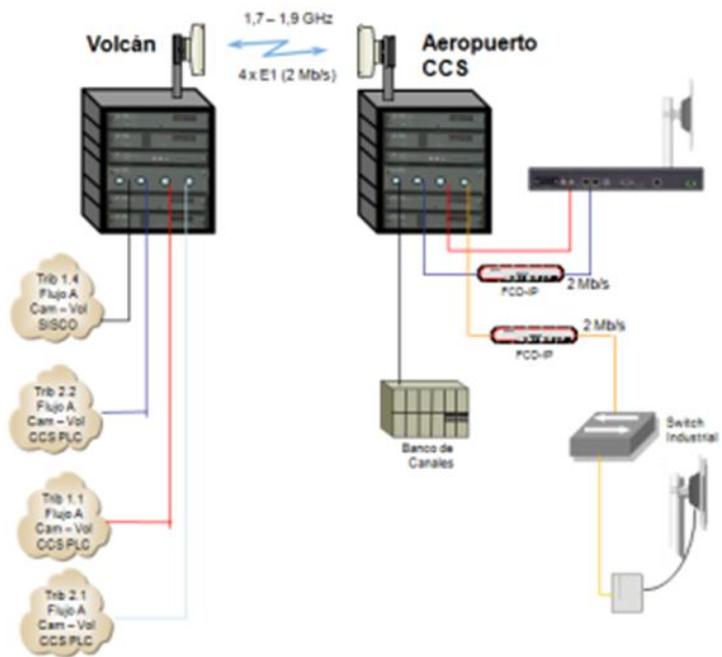


Figura N° 30. Topología Actual Enlace Volcán – Aeropuerto Caracas. PDVSA.

### ENLACE VOLCÁN – LA TAHONA.

La distancia total entre Volcán y La Tahona es de 1,8 Km. (ver figura N° 31).

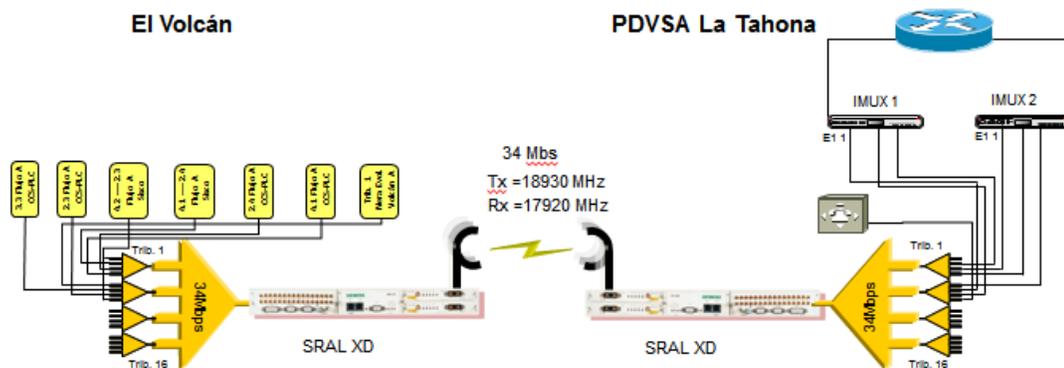


Figura N° 31. Ubicación geográfica del Enlace Volcán-La Tahona vista desde Google Earth.

**Descripción de los radios en operación:**

**Siemens SRAL XD:** Para este enlace el equipo está configurado para operar bajo la frecuencia de 18 GHz, para transmitir 34 Mb/s de información, con una potencia de transmisión de 20 dBm y un umbral de recepción de -82 dBm. (ver figura N° 32).

**Topología Actual:**



**Figura N° 32. Topología Actual Enlace Volcán – La Tahona. PDVSA.**

**ENLACE JUNQUITO – CATIA LA MAR REPETIDOR.**

La distancia total entre Junquito y Catia La Mar Repetidor es de 16,9 Km. (ver figura N° 33).

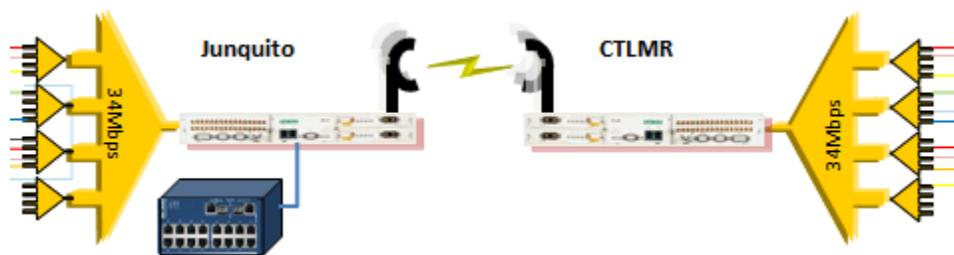


**Figura N° 33. Ubicación geográfica del Enlace Junquito – Catia La Mar Repetidor vista desde Google Earth.**

***Descripción de los radios en operación:***

**Siemens SRAL XD:** Para este enlace el equipo está configurado para operar bajo la frecuencia de 18 GHz, para transmitir 34 Mb/s de información, con una potencia de transmisión de 20 dBm y un umbral de recepción de -82 dBm. (ver figura N° 34).

***Topología Actual:***



**Figura N° 34. Topología Actual Enlace Junquito – Catia La Mar Repetidor. PDVSA.**

## ENLACE CATIA LA MAR REPETIDOR – CABO BLANCO.

La distancia total entre Catia La Mar Repetidor y Cabo Blanco es de 3,4 Km.  
(ver figura N° 35).

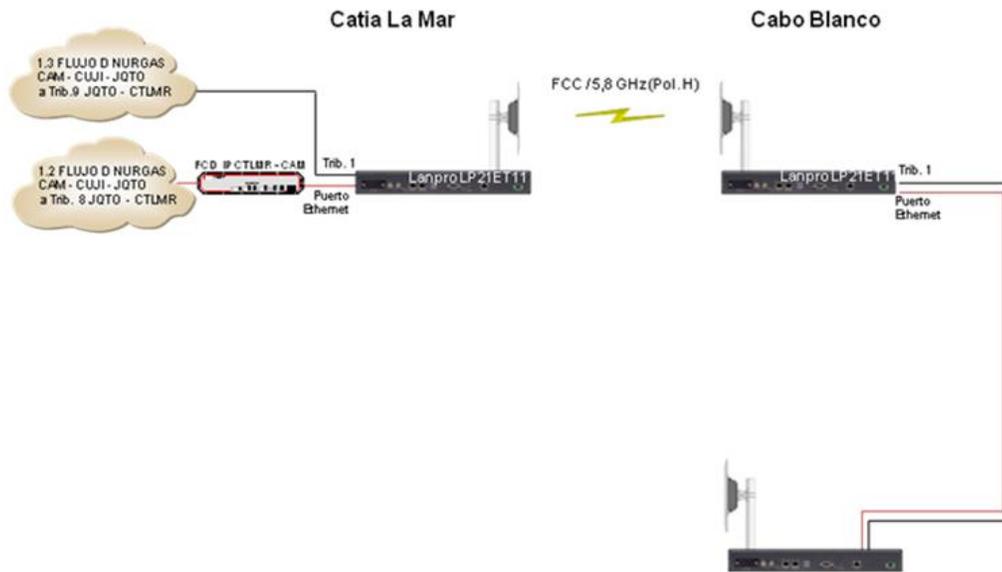


**Figura N° 35. Ubicación geográfica del Enlace Catia La Mar Repetidor – Cabo Blanco vista desde Google Earth.**

*Descripción de los radios en operación:*

**Lanpro LP21ET11:** Para este enlace el equipo está configurado para operar bajo la frecuencia de 5,8 GHz - FCC, para transmitir 8 Mb/s de información, con una potencia de transmisión de 23 dBm y un umbral de recepción de -82 dBm. (ver figura N° 36).

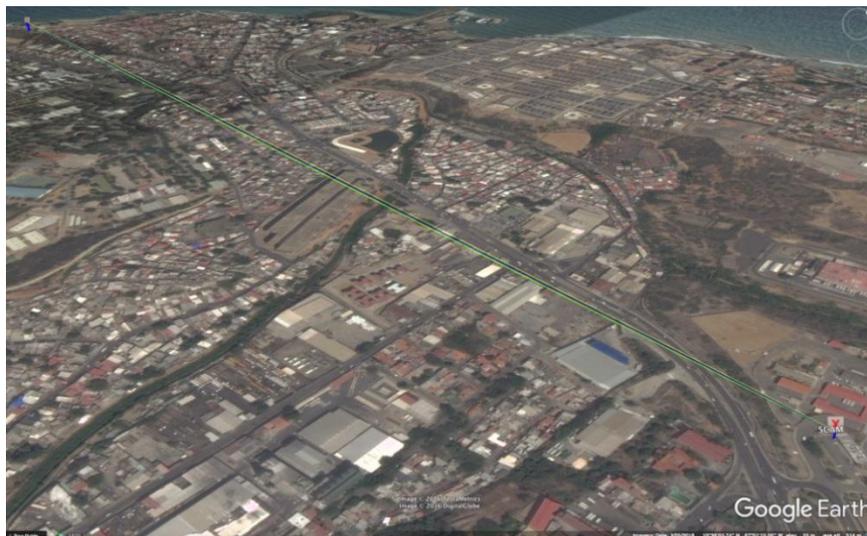
***Topología Actual:***



**Figura N° 36. Topología Actual Enlace Catia La Mar Repetidor – Cabo Blanco. PDVSA.**

### **ENLACE CATIA LA MAR REPETIDOR – SCAM.**

La distancia total entre Catia La Mar Repetidor y SCAM es de 2,5 Km. (ver figura N° 37).

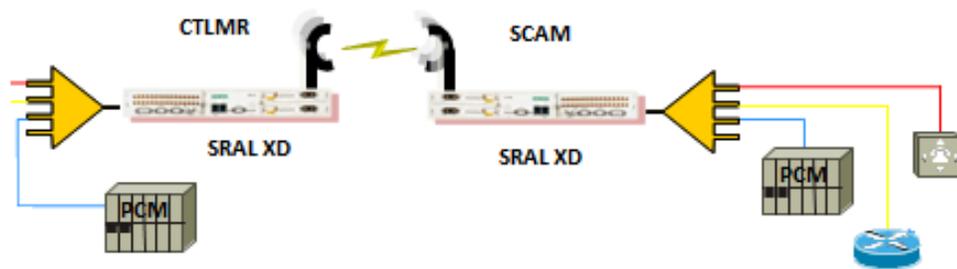


**Figura N° 37. Ubicación geográfica del Enlace Catia La Mar Repetidor – SCAM vista desde Google Earth.**

***Descripción de los radios en operación:***

**Siemens SRAL XD:** Para este enlace el equipo está configurado para operar bajo la frecuencia de 18 GHz, para transmitir 34 Mb/s de información, con una potencia de transmisión de 20 dBm y un umbral de recepción de -82 dBm. (ver figura N° 38).

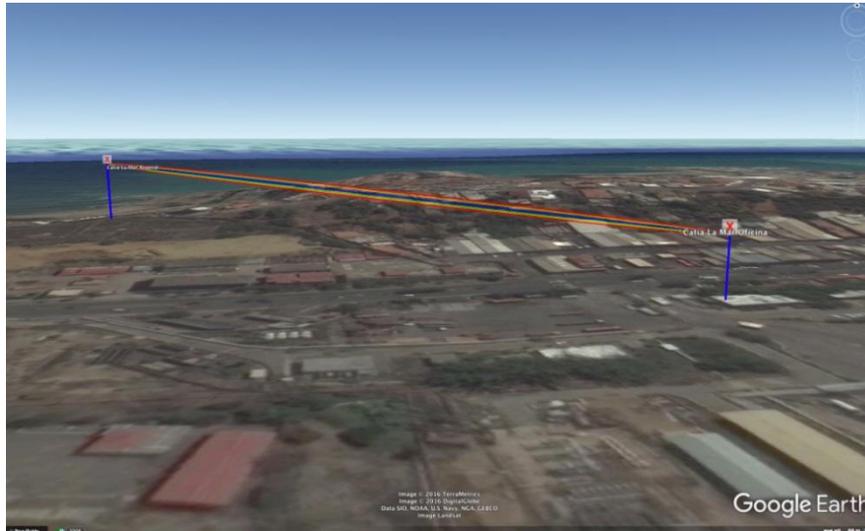
***Topología Actual:***



**Figura N° 38. Topología Actual Enlace Catia La Mar Repetidor – SCAM. PDVSA.**

**ENLACE CATIA LA MAR REPETIDOR – CATIA LA MAR OFICINA.**

La distancia total entre Catia La Mar Repetidor y Catia La Mar Oficina es de 0,3 Km. (ver figura N° 39).

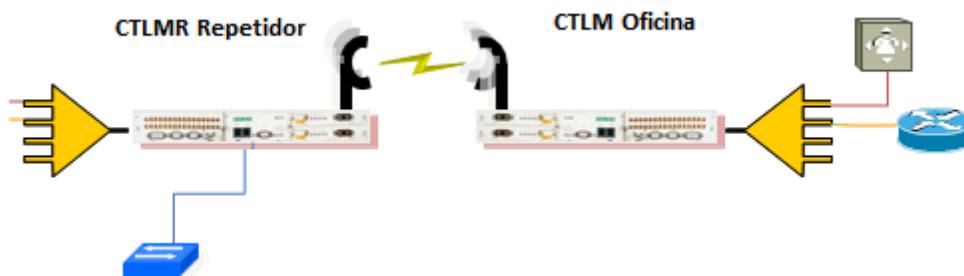


**Figura N° 39. Ubicación geográfica del Enlace Catia La Mar Repetidor – Catia La Mar Oficina vista desde Google Earth.**

*Descripción de los radios en operación:*

**Siemens SRAL XD:** Para este enlace el equipo está configurado para operar bajo la frecuencia de 18 GHz, para transmitir 34 Mb/s de información, con una potencia de transmisión de 20 dBm y un umbral de recepción de -82 dBm. (ver figura N° 40).

*Topología Actual:*



**Figura N° 40. Topología Actual Enlace Catia La Mar Repetidor – Catia La Mar Oficina. PDVSA.**

## ENLACE CABO BLANCO – HANGAR PRESIDENCIAL.

La distancia total entre Cabo Blanco – Hangar Presidencial es de 3,3 Km. (ver figura N° 41).

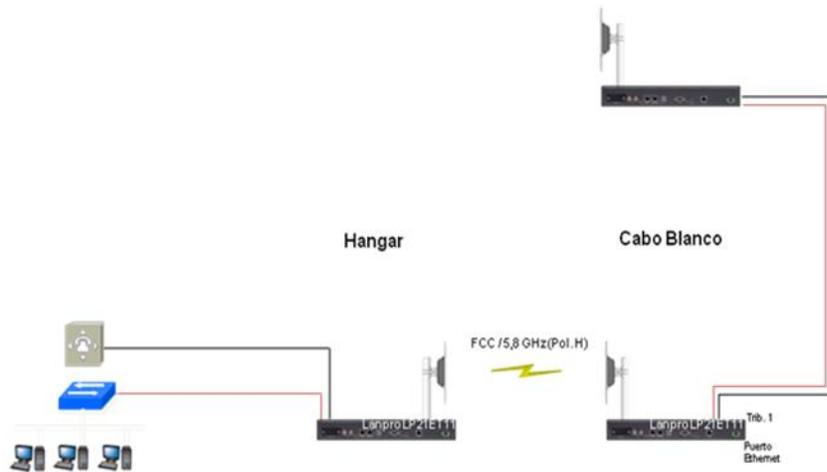


**Figura N° 41. Ubicación geográfica del Enlace Cabo Blanco – Hangar Presidencial vista desde Google Earth.**

### *Descripción de los radios en operación:*

**Lanpro LP21ET11:** Para este enlace el equipo está configurado para operar bajo la frecuencia de 5,8 GHz - FCC, para transmitir 8 Mb/s de información, con una potencia de transmisión de 23 dBm y un umbral de recepción de -82 dBm. (ver figura N° 42).

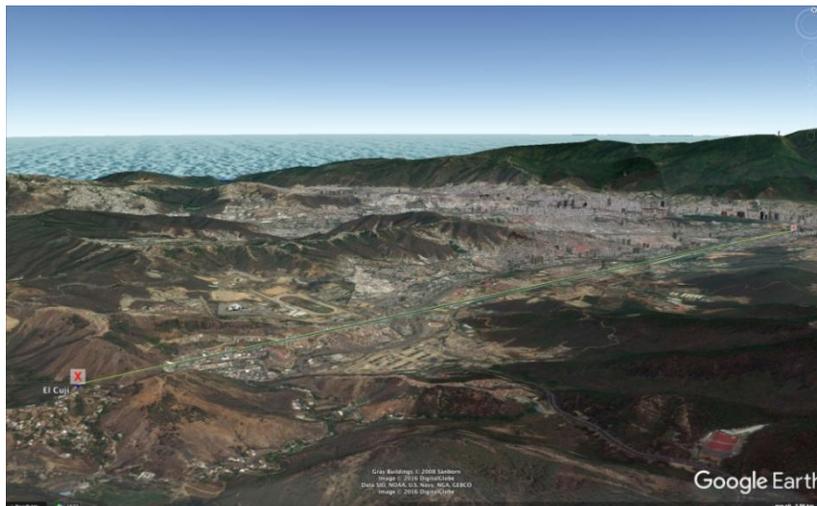
### **Topología Actual:**



**Figura N° 42. Topología Actual Enlace Cabo Blanco – Hangar Presidencial. PDVSA.**

### **ENLACE EL CUJÍ – CHAGUARAMOS.**

La distancia total entre El Cují – Chaguaramos es de 9,9 Km. (ver figura N° 43).



**Figura N° 43. Ubicación geográfica del Enlace El Cují – Chaguaramos vista desde Google Earth.**

**Descripción de los radios en operación:** No existen equipos instalados para este enlace.

## CAPÍTULO IV. ESPECTROMETRÍAS

Para el estudio de espectrometría se mencionará brevemente sobre el método de medición y sólo se explicará con detalle el estudio de espectrometría para el enlace Campiña – El Junquito, que es el más complicado por poseer la mayor distancia (25 Km). En este caso se realizó el estudio para las bandas de 7 GHz y 13 GHz. Debido a los cálculos explicados en la Ingeniería de detalles en el capítulo V se concluye por optar el estudio para la banda de 7 GHz. Todos los demás casos son similares en cuanto al estudio de la espectrometría y se realizó solo en la banda de 13 GHz. Al final de este capítulo se presenta el resumen del plan de frecuencias definitivo. La información complementaria se refleja en los anexos.

### MÉTODO DE MEDICIÓN.

Para el estudio de espectrometría en sitio se utilizó un analizador de espectro (HP8593E), un amplificador de bajo ruido (LNA HP) y una antena (Horn EMCO 3115), como se encuentra en la figura N°44.



Figura N° 44. Método de medición para la espectrometría.

## **GANANCIA NETA DEL SISTEMA DE MEDICIÓN.**

$$G_s[\text{dB}] = G_a + G_p - P_a \quad (1)$$

$G_s$  : Ganancia del Sistema

$G_a$  : Ganancia de la Antena de 2 a 18 GHz = 18 [dBi]

$G_p$  : Ganancia del Pre-Amplificador de 2 a 26 GHz = 30 [dB]

$P_a$  : Atenuación de los Accesorios = 2 [dB]

$$G_s = 18 + 30 - 2 = 46 [\text{dB}]. \quad (2)$$

## **CÁLCULO ISOTRÓPICO.**

Para medir el nivel de potencia isotrópico de la señal interferente recibida en el lugar de la medición, se le resta la ganancia del sistema  $G_s$  en dB al nivel de potencia medido de la señal interferente medido en dBm como en la ecuación (3).

$$\text{Nivel de señal isotrópico [dBm]} = \text{Nivel de señal medido [dBm]} - G_s [\text{dB}] \quad (3)$$

## **DIAGRAMA DE INCIDENCIAS**

Para el barrido de frecuencias, se muestra un diagrama genérico (ver figura N° 45), donde se observa la procedencia de las señales en dirección del ángulo de interés del extremo correspondiente del enlace dentro de un arco  $\pm 45^\circ$  y cuáles canales están ocupados en determinado azimut.

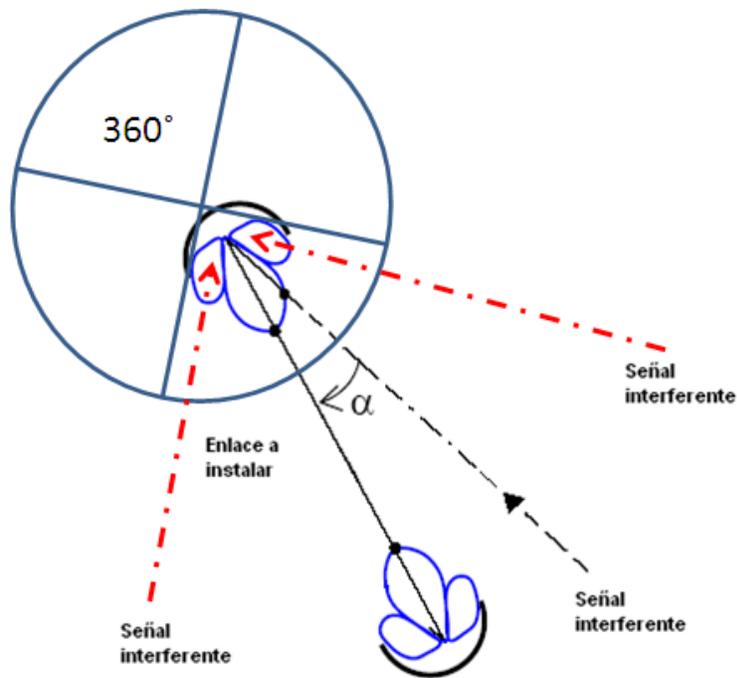


Figura N° 45. Diagrama de incidencias de señales interferentes.

## BARRIDOS DE FRECUENCIAS

A continuación se muestran los resultados obtenidos de los barridos de frecuencias o estudio de espectrometría que se realizaron en cada una de las estaciones.

En general, las mediciones tomadas en campo, se realizaron durante condiciones climáticas de cielo despejado y sin lluvia en las estaciones.

Las incidencias de frecuencias se presentan en tablas, las cuales indican la procedencia de cada una de las señales encontradas, potencia medida, polarización, etc., en las mismas se calcula la potencia isotrópica de cada una de las señales. Los cálculos y tablas se realizaron con la aplicación PATLOS 4.0.

## ESPECTROMETRÍA CAMPIÑA-JUNQUITO.

### DIAGRAMA DE AZIMUT

En la figura N° 46 se muestra el diagrama de azimut del enlace Campiña-Junquito.

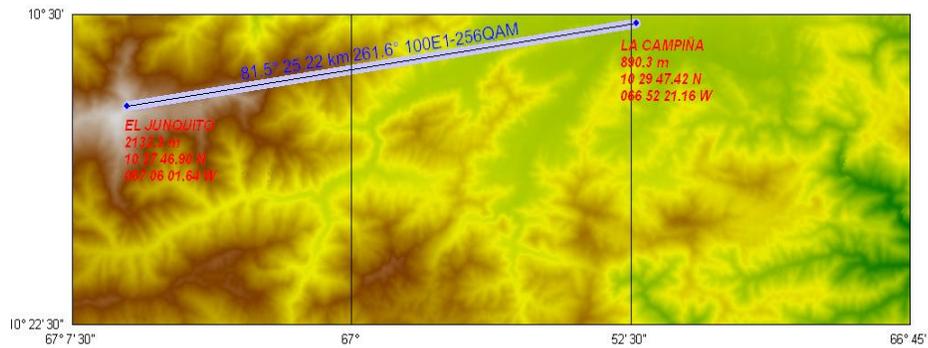


Figura N° 46. Diagrama de Azimut Campiña-Junquito.

CÁLCULOS ISOTRÓPICOS ESTACIÓN PDVSA LA CAMPIÑA  
DIRECCIÓN PDVSA REP EL JUNQUITO 7GHZ (TABLA N° 5).

**Tabla N° 5. Cálculos isotrópicos estación La Campiña dirección el Junquito  
7GHz.**

ESTACION PDVSA LA CAMPIÑA										
Estación: PDVSA LA CAMPIÑA					Fecha: 21-Ene-13					
Lugar: A 60mts AGL en la torre										
Banda: 7U GHz					Rec.ITU: F.385-9 AB = 28 MHz					
Antena: Horn EMCO 3115					Ganancia: 18,0 dBi					
Cables: 1,5 m					Prérdidas: 2 dB					
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz					Ganancia: 30 dB					
Analizador de Espectro: HP 8593E 1-26,5 GHz										
Res. BW: 1 MHz					Piso de Ruido: -70 dBm					
Res. VBW: 3 MHz										
N°	Frecuencia [MHz]	Canal ITU	Azimut [°]	Nivel de Señal Medido [dBm]		BW Señal [MHz]		Nivel de Señal Isotrópico [dBm]		Comentarios
				Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	
1	7.470,00	2	261	-38,81		28		-84,81		
2	7.624,00	2'	261	-56,92		28		-102,92		
3	7.708,00	5'	261	-63,31		28		-109,31		
4	7.470,00	2	270	-34,28	-54,22	28	28	-80,28	-100,22	
5	7.596,00	1'	270		-63,37		28		-109,37	
6	7.624,00	2'	270	-58,93		28		-104,93		

**CÁLCULOS ISOTRÓPICOS ESTACIÓN EL JUNQUITO DIRECCIÓN LA  
CAMPIÑA 7GHZ (TABLA N° 6).**

**Tabla N° 6. Cálculos isotrópicos estación El Junquito dirección La Campiña 7GHz.**

PDVSA EL JUNQUITO										
Estación: PDVSA EL JUNQUITO					Fecha: 26-Ene-13					
Lugar: A 40mts AGL en la torre										
Banda: 7U GHz					Rec.ITU: F.385-9 AB = 28 MHz					
Antena: Horn EMCO 3115					Ganancia: 18,0 dBi					
Cables: 1,5 m					Préridas: 2 dB					
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz					Ganancia: 30 dB					
Analizador de Espectro: HP 8593E 1-26,5 GHz										
Res. BW: 1 MHz					Piso de Ruido: -70 dBm					
Res. VBW: 3 MHz										
N°	Frecuencia [MHz]	Canal ITU	Azimut [°]	Nivel de Señal Medido [dBm]		BW Señal [MHz]		Nivel de Señal Isotrópico [dBm]		Comentarios
				Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	
1	7.442,00	1	30	-51,6	-57	28	28	-97,60	-103,00	
2	7.470,00	2	30	-51,6	-54,2	28	28	-97,60	-100,20	
3	7.596,00	1*	30	-56,48		28		-102,48		
4	7.624,00	2*	30	-48,8	-57,71	28	28	-94,80	-103,71	
5	7.652,00	3*	30	-58,33		28		-104,33		
6	7.652,00	3*	90	-50,97		28		-96,97		
7	7.442,00	1	180	-40		28		-86,00		
8	7.652,00	3*	80		-52,72		28		-98,72	
9	7.680,00	4*	80		-48,3		28		-94,30	

**CÁLCULOS ISOTRÓPICOS ESTACIÓN PDVSA REP EL JUNQUITO 360°  
7GHZ (TABLA N° 7).**

**Tabla N° 7. Cálculos isotrópicos estación El Junquito 360° 7GHz.**

PDVSA EL JUNQUITO										
Estación: PDVSA EL JUNQUITO						Fecha: 26-Ene-13				
Lugar: A 40mts AGL en la torre										
Banda: 7U GHz						Rec.ITU: F.385-9 AB = 28 MHz				
Antena: Horn EMCO 3115						Ganancia: 18,0 dBi				
Cables: 1,5 m						Préridas: 2 dB				
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz						Ganancia: 30 dB				
Analizador de Espectro: HP 8593E 1-26,5 GHz										
Res. BW: 1 MHz						Piso de Ruido: -70 dBm				
Res. VBW: 3 MHz										
N°	Frecuencia [MHz]	Canal [ITU]	Azmut [°]	Nivel de Señal Medido [dBm]		BW Señal [MHz]		Nivel de Señal Isotrópico [dBm]		Comentarios
1	7.442,00	1	30	-51,6	-57	28	28	-97,60	-103,00	
2	7.470,00	2	30	-51,6	-54,2	28	28	-97,60	-100,20	
3	7.596,00	1'	30	-56,48		28		-102,48		
4	7.624,00	2'	30	-48,8	-57,71	28	28	-94,80	-103,71	
5	7.652,00	3'	30	-58,33		28		-104,33		
6	7.652,00	3'	90	-50,97		28		-96,97		
7	7.442,00	1	180	-40		28		-86,00		
8	7.442,00	1	220	-40		28		-86,00		
9	7.624,00	2'	220	-56,74		28		-102,74		
10	7.652,00	3'	80		-52,72		28		-98,72	
11	7.680,00	4'	80		-48,3		28		-94,30	

**CÁLCULOS ISOTRÓPICOS ESTACIÓN LA CAMPIÑA 360° 7GHZ (TABLA  
N° 8).**

**Tabla N° 8. Cálculos isotrópicos estación La Campiña 360° 7GHz.**

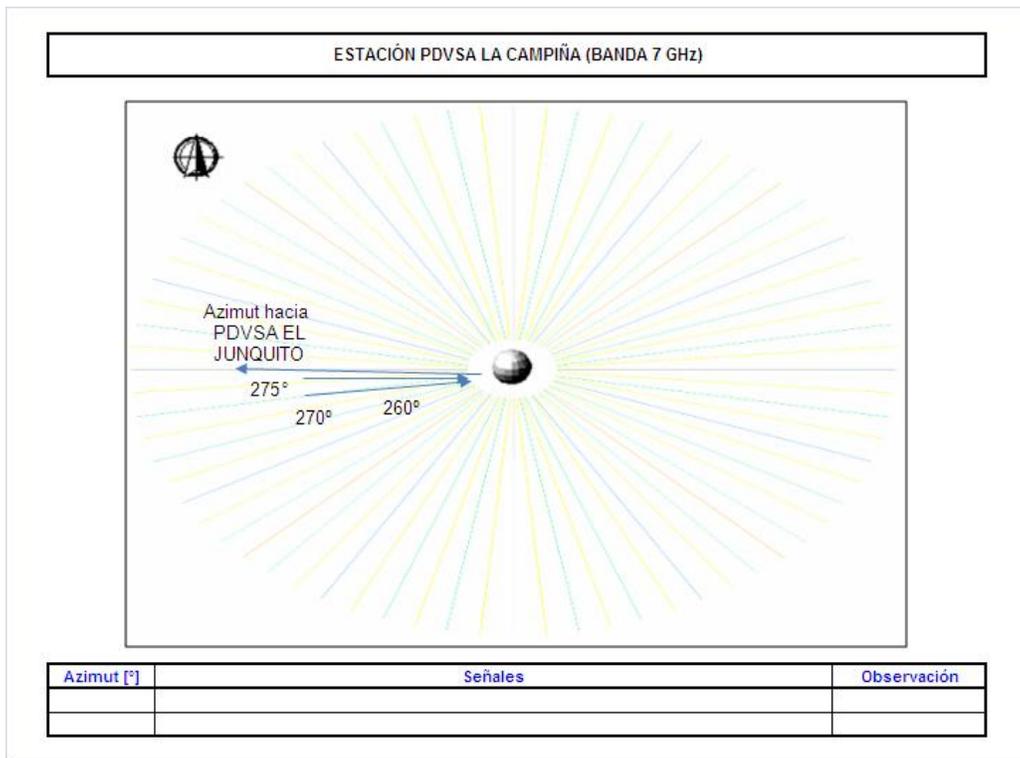
ESTACION PDVSA LA CAMPIÑA										
Estación: PDVSA LA CAMPIÑA					Fecha: 21-Ene-13					
Lugar: A 60mts AGL en la torre										
Banda: 7U GHz					Rec.ITU: F.385-9 AB = 28 MHz					
Antena: Horn EMCO 3115					Ganancia: 18,0 dBi					
Cables: 1,5 m					Préridas: 2 dB					
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz					Ganancia: 30 dB					
Analizador de Espectro: HP 8593E 1-26,5 GHz										
Res. BW: 1 MHz					Piso de Ruido: -70 dBm					
Res. VBW: 3 MHz										
N°	Frecuencia [MHz]	Canal ITU	Azimut [°]	Nivel de Señal Medido [dBm]		BW Señal [MHz]		Nivel de Señal Isotrópico [dBm]		Comentarios
				Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	
1	7.470,00	2	261	-38,81		28		-84,81		
2	7.624,00	2'	261	-56,92		28		-102,92		
3	7.708,00	5'	261	-63,31		28		-109,31		
4	7.470,00	2	174	-58	-64,21	28	28	-104,00	-110,21	
5	7.470,00	2	0	-49,83	-57,74	28	28	-95,83	-103,74	
6	7.526,00	4	0	-59,44	-57,93	7	7	-105,44	-103,93	
7	7.554,00	5	0	-63,12	-64,97	7	7	-109,12	-110,97	
8	7.596,00	1'	0		-54,46		28		-100,46	
9	7.624,00	2'	0	-61,15				-107,15		
10	7.652,00	3'	0	-66,23		28		-112,23		
11	7.470,00	2	270	-34,28	-54,22	28	28	-80,28	-100,22	
12	7.596,00	1'	270		-63,37		28		-109,37	
13	7.624,00	2'	270	-58,93		28		-104,93		
14	7.442,00	1	90	-60,72		28		-106,72		
15	7.470,00	2	90	-60,72		28		-106,72		
16	7.526,00	4	90	-59,74		7		-105,74		
17	7.624,00	2'	90	-61,62		7		-107,62		

**RESUMEN ESTACIÓN PDVSA REP EL JUNQUITO DIRECCIÓN PDVSA LA CAMPIÑA 7GHZ (TABLA N° 9).**

**Tabla N° 9. Resumen estación el Junquito dirección La Campiña 7GHz.**

PDVSA LA CAMPIÑA-REP EL JUNQUITO																
		= Canales disponibles														
		= Canales no contemplados en los planes ITU														
	V/H	= Canales ocupados en polarización Vertical/ Horizontal														
	V*/H*	= Canales parcialmente ocupados o portadora no centrada														
	v/h	= Componentes crosspolares														
	A/a	= Polarización predominante/ despolarización de la señal principal														
PDVSA LA CAMPIÑA								CANALES								
GHz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		V/H														
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	11'	12'	13'	14'	15'	16'
	H	V			V											
REP PDVSA EL JUNQUITO								CANALES								
GHz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	V/H	V/H														
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	11'	12'	13'	14'	15'	16'
	V	V/H	V	H												

**RESUMEN DE INCIDENCIAS. ESTACIÓN: PDVSA LA CAMPIÑA 7GHZ (FIGURA N° 47 Y TABLA N° 10).**

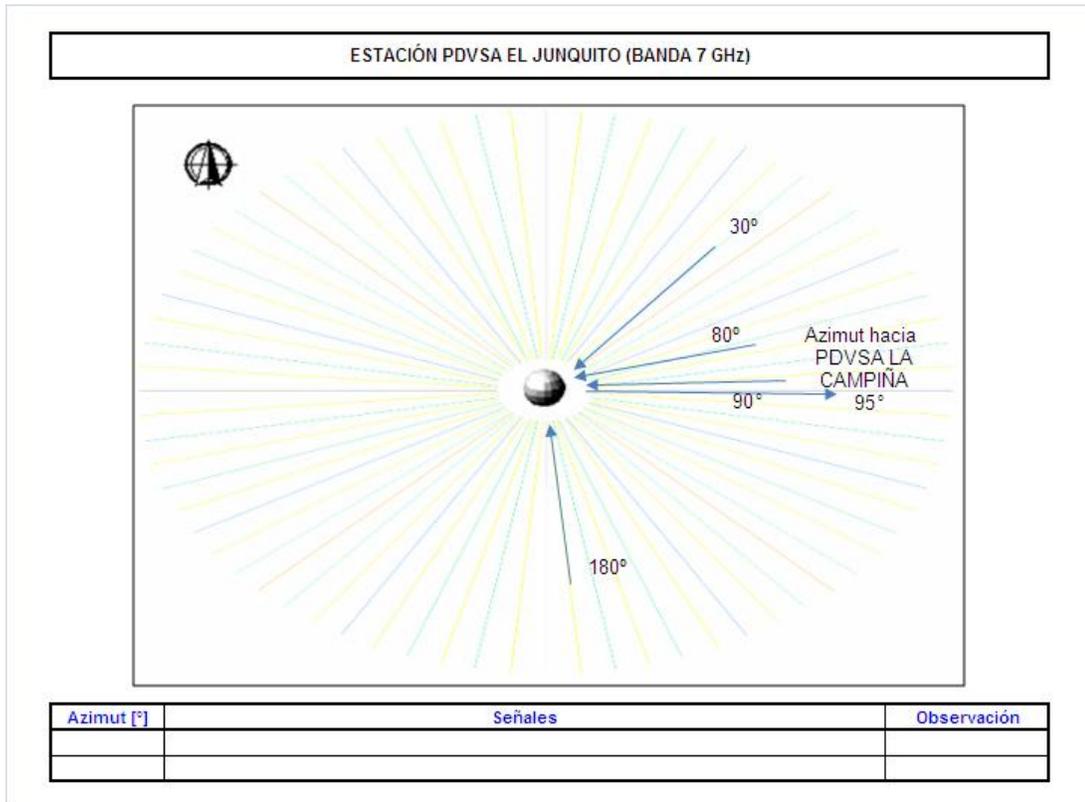


**Figura N° 47. Resumen de incidencias. Estación: PDVSA La Campiña 7GHz**

**Tabla N° 10. Resumen de incidencias. Estación: PDVSA La Campiña 7GHz.**

Canal	Azimut
ITU	[°]
2	261
2`	261
<u>5`</u>	261
2	270
1`	270
2`	270

**RESUMEN DE INCIDENCIAS, ESTACIÓN EL JUNQUITO 7GHZ (FIGURA N° 48 Y TABLA N° 11).**



**Figura N° 48. Resumen de incidencias. Estación El Junquito 7GHz.**

**Tabla N° 11. Resumen de incidencias. Estación El Junquito 7GHz.**

Canal	Azimut [°]
1	30
2	30
1'	30
2'	30
3'	30
3'	90
1	180
3'	80
4'	80

**CÁLCULOS ISOTRÓPICOS ESTACIÓN PDVSA LA CAMPIÑA  
DIRECCIÓN PDVSA REP. EL JUNQUITO 13GHZ (TABLA N° 12).**

**Tabla N° 12. Cálculos isotrópicos estación PDVSA La Campiña dirección PDVSA Repetidora El Junquito 13GHz.**

ESTACION PDVSA LA CAMPIÑA										
Estación: PDVSA LA CAMPIÑA						Fecha: 21-Ene-13				
Lugar: A 12 mts en torre sobre azotea										
Banda: 13 GHz						Rec.ITU: F.497-7 AB = 28 MHz				
Antena: Horn EMCO 3115						Ganancia: 18,0 dBi				
Cables: 1,5 m						Préridas: 2 dB				
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz						Ganancia: 30 dB				
Analizador de Espectro: HP 8593E 1-26,5 GHz						Piso de Ruido: -70 dBm				
Res. BW: 1 MHz										
Res. VBW: 3 MHz										
N°	Frecuencia [MHz]	Canal ITU	Azimut [°]	Nivel de Señal Medido [dBm]		BW Señal [MHz]		Nivel de Señal Isotrópico [dBm]		Comentarios
				Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	
20	12765	1	261	-59,84		28		-105,84		
21	12821	3	261	-56,42	-54,18	28	28	-102,42	-100,18	
22	12976	Canal NO ITU	261	-60	-55,83			-106,00	-101,83	
23	13087	3'	261	-50	-58	28	28	-96,00	-104,00	
31	12821	3	240	-36	-45,97	28	28	-82,00	-91,97	
32	13059	2'	240	-63		28		-109,00		
33	13087	3'	240	-36,87		28		-82,87		
34	13094		240		-42,57				-88,57	BW 14MHz
35	13150		240	-62,25	-53,93			-108,25	-99,93	BW 14MHz
36	12765	1	305	-57	-58	28	28	-103,00	-104,00	
37	12821	3	305	-36,31	-50	28	28	-82,31	-96,00	
38	12765	1	270	-59,92	-57,32	28	28	-105,92	-103,32	
39	12821	3	270	-37,52	-54,16	28	28	-83,52	-100,16	
40	12976	Canal NO ITU	270		-55,99				-101,99	
41	13059	2'	270	-66,73	-57	28	28	-112,73	-103,00	
42	13087	3'	270	-40,49	-57,16	28	28	-86,49	-103,16	
43	13143	5'	270		-60,01		28		-106,01	
44	12765	1	315		-57		28		-103,00	
45	12821	3	315		-44,59		28		-90,59	
46	12976	Canal NO ITU	315		-55,97				-101,97	
47	13087	3'	315		-47,64		28		-93,64	
48	13143	5'	315		-64		28		-110,00	

**CÁLCULOS ISOTRÓPICOS ESTACIÓN PDVSA REPETIDORA EL JUNQUITO DIRECCIÓN PDVSA LA CAMPIÑA 13GHZ (TABLA N° 13).**

**Tabla N° 13. Cálculos isotrópicos estación PDVSA Rep. El Junquito dirección PDVSA La Campiña 13GHz.**

PDVSA EL JUNQUITO										
Estación: PDVSA EL JUNQUITO					Fecha: 25-Ene-13					
Lugar: A 40mts AGL en la torre										
Banda: 13 GHz					Rec.ITU: F.497-7 AB = 28 MHz					
Antena: Horn EMCO 3115					Ganancia: 18,0 dBi					
Cables: 1,5 m					Préridas: 2 dB					
Amplificador: LNA Agilent 8449B, 1-26,5 GHz					Ganancia: 30 dB					
Analizador de Espectro: HP 8593E 1-26,5 GHz					Piso de Ruido: -70 dBm					
Res. BW: 1 MHz										
Res. VBW: 3 MHz										
N°	Frecuencia [MHz]	Canal ITU	Azimut [°]	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Comentarios
1	12961	8	0	-56,17		28		-102,17		

**RESUMEN ESTACIÓN PDVSA REP EL JUNQUITO DIRECCIÓN PDVSA LA CAMPIÑA 13GHZ (TABLA N° 14).**

**Tabla N° 14. Tabla resumen estación PDVSA Repetidora El Junquito dirección PDVSA La Campiña 13GHz**

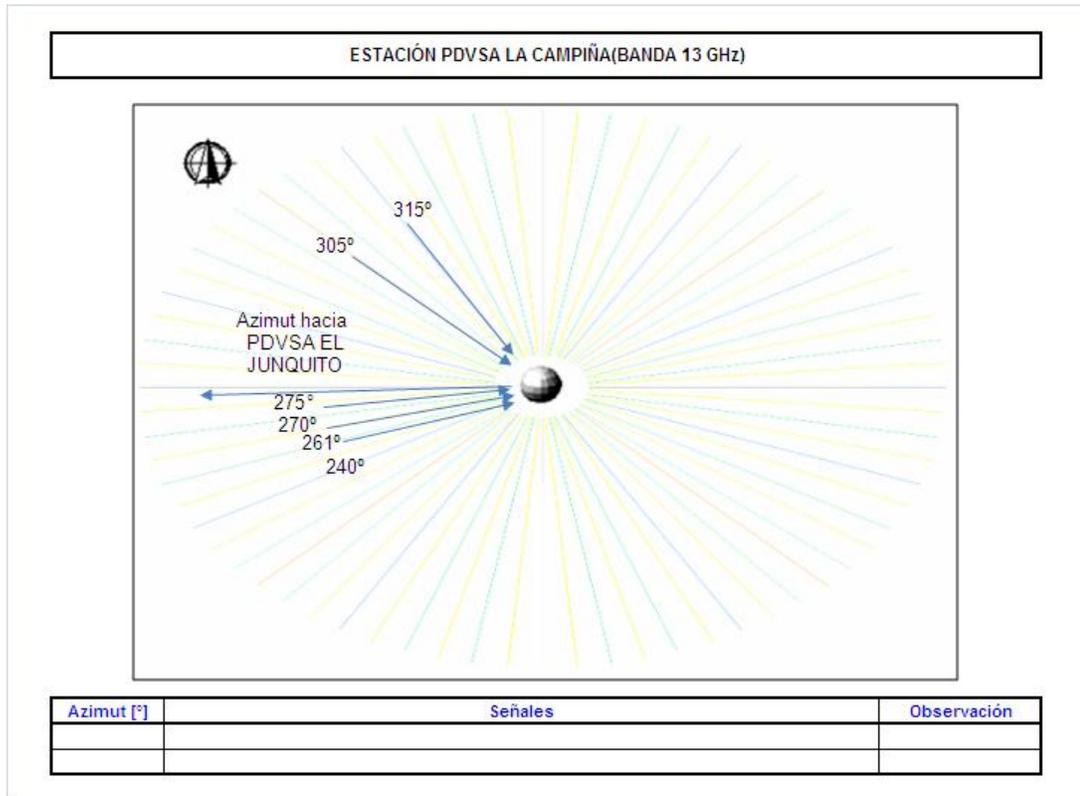
PDVSA LA CAMPIÑA-REP EL JUNQUITO																
	= Canales disponibles															
	= Canales no contemplados en los planes ITU															
	= Canales ocupados en polarización Vertical/ Horizontal															
	= Canales parcialmente ocupados o portadora no centrada															
	= Componentes crosspolares															
	= Polarización predominante/ despolarización de la señal principal															
PDVSA LA CAMPIÑA								CANALES								
GHz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	V/H		V/H													
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	11'	12'	13'	14'	15'	16'
		V/H	V/H		V/H											
REP PDVSA EL JUNQUITO								CANALES								
GHz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
								V								
	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	11'	12'	13'	14'	15'	16'

# CÁLCULOS ISOTRÓPICOS LA CAMPIÑA 13GHZ 360° (TABLA N° 15).

**Tabla N° 15. Cálculos isotrópicos La Campiña 13 GHz 360°.**

ESTACION PDVSA LA CAMPIÑA										
Estación: PDVSA LA CAMPIÑA						Fecha: 21-Ene-13				
Lugar: A 12 mts en torre sobre azotea										
Banda: 13 GHz						Rec.ITU: F.497-7 AB = 28 MHz				
Antena: Horn EMCO 3115						Ganancia: 18,0 dBi				
Cables: 1,5 m						Préridas: 2 dB				
Amplificador: LNA, Agilent 8449B, 1-26,5 GHz						Ganancia: 30 dB				
Analizador de Espectro: HP 8593E 1-26,5 GHz						Piso de Ruido: -70 dBm				
Res. BW: 1 MHz										
Res. VBW: 3 MHz										
N°	Frecuencia [MHz]	Canal ITU	Azimut [°]	Nivel de Señal Medido [dBm]		BW Señal [MHz]		Nivel de Señal Isotrópico [dBm]		Comentarios
				Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	Pol. V	Pol. H	
1	12765	1	229	-65		28		-111,00		
2	12821	3	229	-54,37	-57,74	28	28	-100,37	-103,74	
3	12976	Canal NO ITU	229	-62,41	-54,28			-108,41	-100,28	
4	13059	2'	229	-61,15		28		-107,15		
5	13087	3'	229	-46				-92,00		
6	13094		229	-42,79		28		-88,79		BW 14MHz
7	13143	5'	229	-61		28		-107,00		
8	12821	3	174	-48,69	-50	28	28	-94,69	-96,00	
9	12971		174	-53,78	-57			-99,78	-103,00	BW 7MHz
10	13031	1'	174	-54,25	-61,71	28	28	-100,25	-107,71	
11	13087	3'	174	-52,09	-53	28	28	-98,09	-99,00	
12	13094		174	-63				-109,00		BW 14MHz
13	13143	5'	174		-58	28			-104,00	
14	12821	3	94	-48,66	-64	28	28	-94,66	-110,00	
15	12831	Canal NO ITU	94	-58,82	-57,54			-104,82	-103,54	BW 7MHz
16	12976	3'	94	-60	-62,34			-106,00	-108,34	
17	13087	3'	94	-61,36	-63,84	28	28	-107,36	-109,84	
18	13094		94	-58,08				-104,08		BW 14MHz
19	13150		94		-65,46				-111,46	BW 14MHz
20	12765	1	261	-59,84		28		-105,84		
21	12821	3	261	-56,42	-54,18	28	28	-102,42	-100,18	
22	12976	Canal NO ITU	261	-60	-55,83			-106,00	-101,83	
23	13087	3'	261	-50	-58	28	28	-96,00	-104,00	
24	12821	3	139	-65	-53,12	28	28	-111,00	-99,12	
25	12961	8	139	-52,22	-58,69	28	28	-98,22	-104,69	
26	13020		139		-58	28			-104,00	BW 7MHz
27	13027		139		-59	28			-105,00	BW 7MHz
28	13031	1'	139	-53	-58	28	28	-99,00	-104,00	
29	13087	3'	139	-47,47	-61	28	28	-93,47	-107,00	
30	13094		139		-64				-110,00	BW 14MHz
31	12821	3	240	-36	-45,97	28	28	-82,00	-91,97	
32	13059	2'	240	-63		28		-109,00		
33	13087	3'	240	-36,87		28		-82,87		
34	13094		240		-42,57				-88,57	BW 14MHz
35	13150		240	-62,25	-53,93			-108,25	-99,93	BW 14MHz
36	12765	1	305	-57	-58	28	28	-103,00	-104,00	
37	12821	3	305	-36,31	-50	28	28	-82,31	-96,00	
38	12765	1	270	-59,92	-57,32	28	28	-105,92	-103,32	
39	12821	3	270	-37,52	-54,18	28	28	-83,52	-100,18	
40	12976	Canal NO ITU	270		-55,99				-101,99	
41	13059	2'	270	-66,73	-57	28	28	-112,73	-103,00	
42	13087	3'	270	-40,49	-57,16	28	28	-86,49	-103,16	
43	13143	5'	270		-60,01	28			-106,01	
44	12765	1	315		-57	28			-103,00	
45	12821	3	315		-44,59	28			-90,59	
46	12976	Canal NO ITU	315		-55,97				-101,97	
47	13087	3'	315		-47,64	28			-93,64	
48	13143	5'	315		-64	28			-110,00	
49	12765	1	0	-40		28		-86,00		
50	12821	3	0	-55,98		28		-101,98		
51	12976	Canal NO ITU	0	-49,52		28		-95,52		
52	13031	1'	0	-56		28		-102,00		
53	13087	3'	0	-63		28		-109,00		
54	13094		0	-53,47				-99,47		BW 14MHz
55	13213		0	-61		28		-107,00		
56	13227	8'	0	-58		28		-104,00		
57	12821	3	90	-65	-63,46	28	28	-111,00	-109,46	
58	12961	8	90		-61,97	28	28		-107,97	
59	12765	1	180	-66,25		28		-112,25		
60	12821	3	180	-61,3	-56,36	28	28	-107,30	-102,36	
61	12976	Canal NO ITU	180	-55,96	-64,98	28	28	-101,96	-110,98	
62	13031	1'	180	-43,14	-60,02	28		-89,14	-106,02	
63	13087	3'	180	-53,46				-99,46		

**RESUMEN DE INCIDENCIAS, ESTACIÓN PDVSA LA CAMPIÑA 13GHZ  
(FIGURA N° 49 Y TABLA N° 16).**

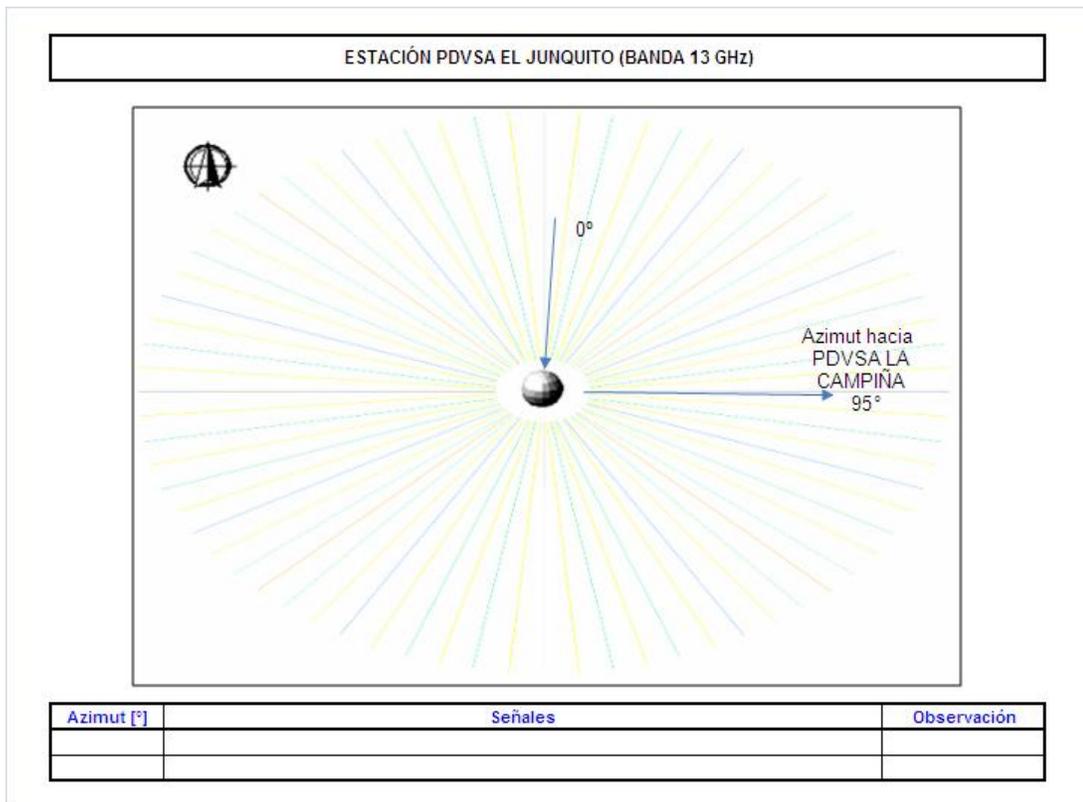


**Figura N° 49. Resumen de incidencias. Estación: PDVSA La Campiña 13GHz.**

**Tabla N° 16. Resumen de incidencias. Estación: PDVSA La Campiña 13GHz.**

Canal	
ITU	Azimut [°]
1	261
3	261
Canal NO ITU	261
3'	261
3	240
2'	240
3'	240
	240
	240
1	305
3	305
1	270
3	270
Canal NO ITU	270
2'	270
3'	270
5'	270
1	315
3	315
Canal NO ITU	315
3'	315
5'	315

**RESUMEN DE INCIDENCIAS, ESTACIÓN EL JUNQUITO 13GHZ  
(FIGURA N° 50 Y TABLA N° 17).**

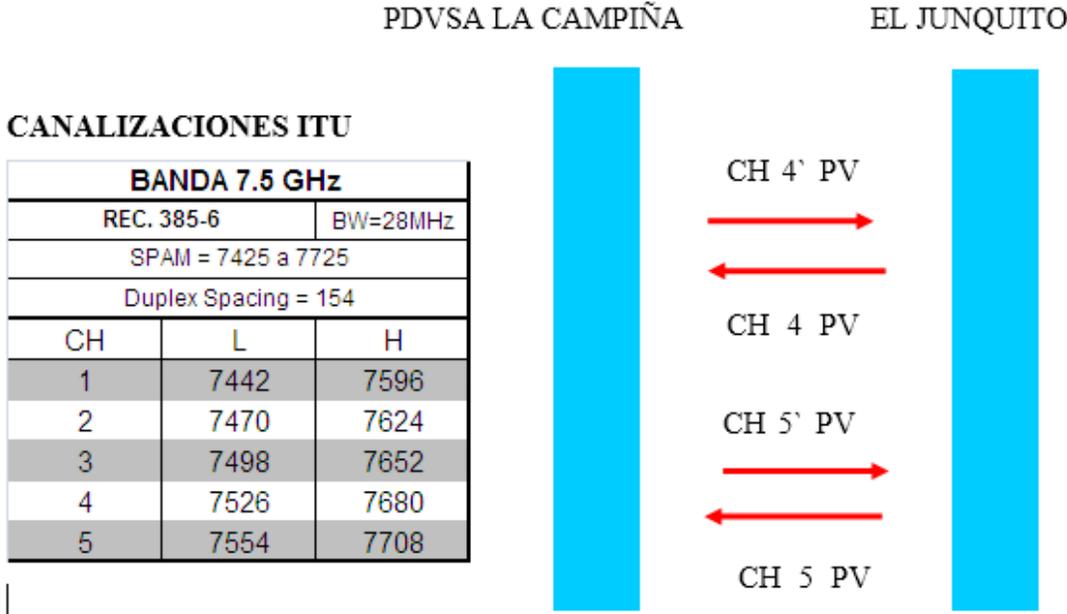


**Figura N° 50. Resumen de incidencias. Estación El Junquito 13GHz.**

**Tabla N° 17. Resumen de incidencias. Estación El Junquito 13GHz.**

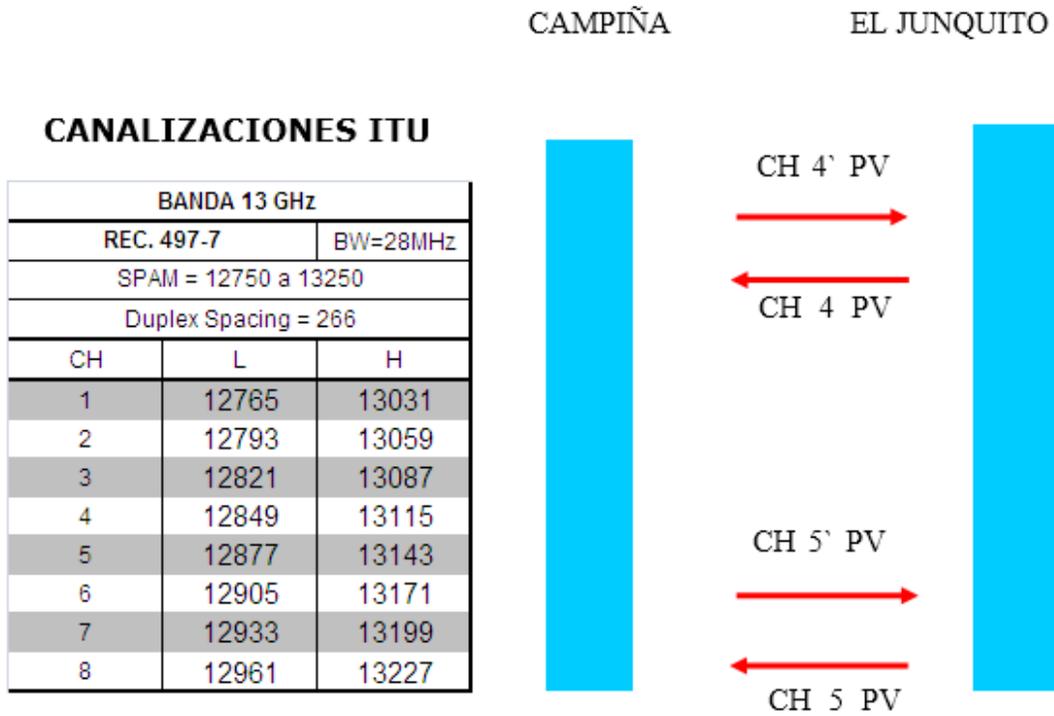
Canal	
ITU	Azimut [°]
8	0

**PLAN DE CANALES. BANDA (7GHZ) UIT-R REC. F.385-9 AB: 28 MHZ.  
(FIGURA N° 51).**



**Figura N° 51. Plan de Canales. Banda (7GHz) UIT-R Rec. F.385-9 AB: 28 MHz.**

**PLAN DE CANALES. BANDA (13GHZ) UIT-R REC. F.497-7 AB: 28 MHZ  
(FIGURA N° 52).**



**Figura N° 52. Plan de Canales. Banda (13GHZ) UIT-R Rec. F.497-7 AB: 28 MHz.**

## RESUMEN DEL PLAN DE FRECUENCIAS.

A continuación se presenta el plan de frecuencias definitivo para todos los radioenlaces, acotando que para el enlace Campiña – Junquito es el único que se eligió para la banda de 7 GHz. Ver tabla N° 18.

**Tabla N° 18. Resumen del plan de frecuencias.**

ESTACION A	ESTACION B	FTx ESTACION A	FTx ESTACION B	BANDA	FRECUENCIA CENTRAL A	FRECUENCIA CENTRAL B
Campiña	Pawa	6'V+7'V	6V+7V	13 GHz	13185	12919
Campiña	CESG	6'H+7'H	6H+7H	13 GHz	13185	12919
Campiña	Venandria	4V+5V	4'V+5'V	13 GHz	12863	13129
Campiña	Canarias	4'H	4H	13 GHz	13115	12849
Campiña	Letonia	7'H	7H	13 GHz	13199	12933
Campiña	EL Cuji	6'V+7'V	6V+7V	13 GHz	13185	12919
Campiña	Volcán	4'V+5'V	4V+5V	13 GHz	13129	12863
Campiña	Edif. 180	6'H+7'H	6H+7H	13 GHz	13185	12919
Campiña	Junquito	4'V+5'V	4V+5V	7 GHz	7694	7540
Junquito	Rep. Catia La Mar	4'V+5'V	4V+5V	13 GHz	13129	12863
Rep. Catia La Mar	SCAM	5'V	5V	13 GHz	13143	12877
Rep. Catia La Mar	Catia La Mar Oficina	4'V	4V	13 GHz	13115	12849
Rep. Catia La Mar	Cabo Blanco	4'V	4V	13 GHz	13115	12849
Cabo Blanco	Hangar	4'H	4H	13 GHz	13115	12849
Cuji	Chaguaramos	4'V	4V	13 GHz	13115	12849
Volcan	Torre Olympia	5'H	5H	13 GHz	13143	12877
Volcan	CALE	4'H	4H	13 GHz	13115	12849
Volcan	Aeropuerto Caracas	6'H	6H	13 GHz	13171	12905
Volcan	La Tahona	8'V	8V	13 GHz	13227	12961

## **CAPÍTULO V. INGENIERIA DE DETALLES**

En primer lugar se describen los equipos propuestos a utilizar para todos los enlaces en estudio. Al igual que el Capítulo IV sólo se mencionará la ingeniería de detalles del enlace Campiña-Junquito. La información complementaria se refleja en los anexos.

### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS A INSTALAR**

#### **RADIO AVIAT EQUIPO UNIDAD RF ODU 600**

- Amplio rango de frecuencias de funcionamiento: 5 - 38 GHz.
- Alto rendimiento por T / R, por la polarización: hasta 455 Mbit/s de datos.
- Modo de Energía Flexible (FPM) para la potencia de base definida por software y modos de alta potencia en la misma unidad.
- Múltiples opciones de transporte - Portadora Ethernet, PDH / SDH / SONET o híbrida (modo mixto Portadora Ethernet + PDH / SDH / SONET) en un solo canal de radio.
- Sobre-el-aire interoperable con el ODU300hp Eclipse para facilitar la actualización y evolución.
- Compatible con plataformas de transporte y conmutación Eclipse IDU e INU.
- Completa 256 QAM Modulación y Codificación Adaptable (ACM) - 1024QAM listo.
- Soporta ACM concurrente (Modulación y Codificación Adaptable) y XPIC (operación de cancelación de interferencia por polarización).
- Se puede desplegar en 1 +0 sin protección, 1 + 1 MHSB (en espera supervisada caliente), 1 +1 SD (Diversidad de Espacio) y 2 + 0 configuraciones XPIC.

## **EQUIPO UNIDAD ECLIPSE INU.**

La plataforma ECLIPSE incluye múltiples opciones en donde se escogió la INU que ocupa 1RU (1 Unidad de Rack).

Rango de rendimiento / capacidad (por enlace):

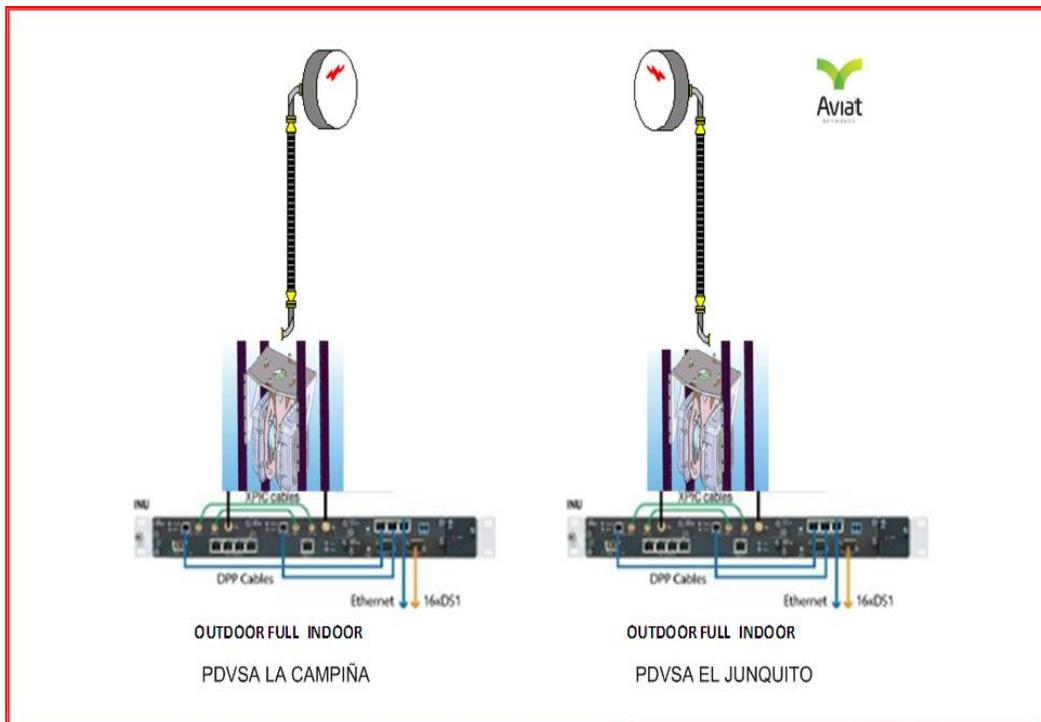
- Native Carrier Ethernet / IP: 8 a 454 Mbit / s.
- TDM nativo.
  - 4 a 100xE1.
  - 4xE3.
  - 1, 2xSTM-1.
- Modulaciones, arregladas: QPSK, 16, 32, 64, 128, 256, 1024 QAM.
- Adaptación de codificación y modulación (ACM): QPSK, 16, 64, 256, 1024 QAM.
- Duplicación de capacidad: operación de cocanal con XPIC.
- Opciones de arquitectura: nodal, terminal, repetidor; unidad de RF de interior o exterior.
- Capacidad nodal: hasta seis rutas de radio independientes desde una sola unidad interior.
- Capacidad nodal (Nodo PER).
  - Native Carrier Ethernet / IP: 2,77 Gbit/s.
  - TDM nativo.
    - 100 x E1.
    - 4xE3.
    - 2xSTM1.
- Funciones avanzadas de QoS, que incluyen priorización de puertos y VLAN, etiquetado VLAN Q y Q-in-Q, control de flujo, agregación de enlaces.
- Opciones de sincronización: Synchronous Ethernet (G.8262), IEEE 1588v2 y E1 línea de reloj.

- Gestión de fallas y configuraciones: gestión segura, cifrado de carga.
- Cumplimiento de normas: EN 301 489-1, EN 301 489-4 (EN 55022 Clase A) (EMC), EN 300 019, Clase 3.1E (Operación), EN 300 019, Clase 1.2 (Almacenamiento), EN 300 019, Clase 2.3 (Transporte), IEC 60950-1 / EN 60950-1 (Seguridad).

## INGENIERÍA DE DETALLES CAMPIÑA-JUNQUITO

### ARQUITECTURA DEL ENLACE CAMPIÑA-EL JUNQUITO

En la figura N°53 se ilustra la arquitectura del enlace Campiña-Junquito que se propone. Se eligió que fuese Full Indoor, es decir, tanto la INU como la ODU estuviesen dentro de la caseta por facilidad para los operadores de la manipulación en caso de una falla.



**Figura N° 53. Propuesta de arquitectura del enlace Campiña-Junquito**

## INFORMACIÓN BÁSICA

A continuación se presenta el alcance del Proyecto, haciendo uso de radios E600hp para el enlace PDVSA La Campiña – PDVSA El Junquito cuya distancia es de **25,26 Km.** el cual se le asigna el **Comodín 2** de la tabla de Radios **AVIAT**. Sus características son las siguientes:

- E600hp7\_55M 256Q 366Mb 1+1 MHSB .
- Banda: 7Ghz.
- Sub-banda: 154/161/168.
- Antenas: 1.8m.

En la tabla N°19 se presenta los datos de ubicación de las estaciones Campiña y El Junquito.

**Tabla N° 19. Datos de ubicación de las estaciones La Campiña y El Junquito.**

	<b>PDVSA LA CAMPIÑA</b>	<b>PDVSA EL JUNQUITO</b>
<b>Dirección:</b>	Edificio PDVSA La Campiña, Torre Este, Plaza Aérea Av. Libertador, Urb. La Campiña	Carretera El Junquito-Colonia Tovar. Entrada por la Comisaria Policía de Vargas, vía Pozo Negro, Caracas
<b>Coordenadas (WGS84):</b>	Latitud Norte: 10° 29' 47.4" Longitud Oeste: 66° 52' 21.2"	Latitud Norte: 10° 27' 47.6" Longitud Oeste: 67° 06' 02.1"
<b>Cota (AMSL):</b>	890 m	2130 m
<b>Acceso:</b>	Requiere Autorización PCP Vehículo 4x2	Requiere Autorización PCP Vehículo 4x2

En la tabla N°20 se presenta los datos de las estructuras existentes en las estaciones Campiña y El Junquito.

**Tabla N° 20. Datos de las estructuras existentes en las estaciones Campiña y El Junquito.**

	<b>PDVSA LA CAMPIÑA</b>	<b>PDVSA EL JUNQUITO</b>
<b>Altura y Tipo de Torre/ trípode / poste:</b>	Torre 12 m	Torre de 80 m
<b>Tipo de Arista:</b>	Angular.	Angular.
<b>Dimensión de la Arista:</b>	14cm	14cm
<b>Altura(s) de lo(s) Descansos (AGL/ARL):</b>	N/A	N/A
<b>Ubicación bajante Pararrayos:</b>	N/A	N/A
<b>Ubicación bajante Luz Balizaje:</b>	N/A	N/A

En la tabla N°21 se presenta los datos de las antenas a instalar en las estaciones Campiña y El Junquito.

**Tabla N° 21. Datos de las antenas a instalar en las estaciones Campiña y El Junquito.**

	<b>PDVSA LA CAMPIÑA</b>	<b>PDVSA EL JUNQUITO</b>
<b>Antena Ppal:</b>	HP6-71W (TR) Ø= 1.8m	HP6-71W (TR) Ø= 1.8m
<b>Antena Div:</b>	N/A	N/A
<b>Polarización</b>	Vertical	Vertical
<b>Azimut:</b>	273° NM	93° NM
<b>Arista Ant. Ppal:</b>	N/A	N/A
<b>Arista Ant. Div:</b>	N/A	N/A

<b>Altura Ant. Ppal:</b>	74 m AGL (Edif. 68+6Ant)	60 m AGL
<b>Altura Ant. Div:</b>	N/A	N/A

En la tabla N°22 se presenta los datos de los radios a instalar en las estaciones Campiña y El Junquito.

**Tabla N° 22. Datos de los radios a instalar en las estaciones Campiña y El Junquito.**

	<b>PDVSA LA CAMPIÑA</b>	<b>PDVSA EL JUNQUITO</b>
<b>Radio:</b>	E600hp7_55M 1+1 MHSB	E600hp7_55M 1+1 MHSB
<b>Frecuencia TX:</b>	7680MHz, Tx High 7708MHz, Tx High	7526MHz, Tx Low 7554MHz, Tx Low
<b>Canal:</b>	(CH 4'), AB 28 MHz (CH 5'), AB 28 MHz	(CH 4), AB 28 MHz (CH 5), AB 28 MHz
<b>Modulación:</b>	256Q	256Q
<b>Capacidad:</b>	366Mb	366Mb
<b>Modo:</b>	Ethernet + TDM	Ethernet + TDM
<b>Puertos Ethernet 1:</b>	Por definir	Por definir
<b>Guía de Onda:</b>	EWP77 (30m)	EWP77 (120m)

En la tabla N°23 se presenta la interconectividad de tramas en las estaciones Campiña y El Junquito.

**Tabla N° 23. Interconectividad de tramas en las estaciones Campiña y El Junquito.**

	<b>PDVSA LA CAMPIÑA</b>	<b>PDVSA EL JUNQUITO</b>
<b>Panel de Distribución:</b>	Integrado	Integrado
<b>Posiciones disponibles:</b>	N/A	

<b>Posiciones a utilizar:</b>	N/A	
-------------------------------	-----	--

En la tabla N°24 se presenta la información del sistema de energía en las estaciones Campiña y el Junquito.

**Tabla N° 24. Información del sistema de energía en las estaciones Campiña y el Junquito.**

	<b>PDVSA LA CAMPIÑA</b>	<b>PDVSA EL JUNQUITO</b>
<b>Alimentador DC:</b>	Rectificador N°2 -48Vdc	Existente Rectificador Powerware E-T-N - 48Vdc
<b>Cap. instalada a -48 VDC</b>		72Amp
<b>Cap. utilizada a -48 VDC</b>		44Amp
<b>Espacios disponibles para módulos -48 VDC</b>	N/A	7,8
<b>Breakers requeridos a -48 VDC:</b>	N/A	2
<b>Posiciones disponibles en Panel de Fusibles:</b>	PDB N°5	
<b>Posiciones a utilizar en Panel de Fusibles:</b>	6, 8	
<b>Comentarios adicionales:</b> PDVSA la Campiña Opción 1 Rectificador 2 longitud aproximadamente 30m Opción 2 PDB 5 longitud aproximadamente 10m		

En la tabla N°25 se presenta la información de los sistemas de tierra en las estaciones Campiña y El Junquito.

**Tabla N° 25. Información de los sistemas de tierra en las estaciones Campiña y El Junquito.**

	<b>PDVSA LA CAMPIÑA</b>	<b>PDVSA EL JUNQUITO</b>
<b>Barra Interna Rack o (MGB) a Utilizar:</b>	Aterrar ODU y IDU a la barra del Rack y conectar al anillo existente longitud aprox. 8m TWG#6	Aterrar ODU y IDU a la barra del Rack y conectar al anillo existente longitud aprox. 8m TWG#6
<b>Barra de Tierra Externa (EGB)a Utilizar:</b>	Aterrar las Guía de Onda a la barra externa	Aterrar las Guía de Onda a la barra externa
<b>Barra de Tierra en Torre (TGB) a Utilizar</b>	N/A	Aterrar las Guía de Onda a la barra externa
<b>Observaciones:</b>	Aterrar ODU e IDU a la barra del Rack y conectar al anillo existente longitud aprox. 8m TWG#6	Aterrar ODU e IDU a la barra del Rack y conectar al anillo existente longitud aprox. 8m TWG#6

## **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y CÁLCULOS.**

### ***Factibilidad.***

La línea de vista está garantizada a las alturas de antenas propuestas. La misma se verificó desde cada sitio.

### ***Cálculo del enlace PDVSA La Campiña – Junquito.***

Del cálculo del El Radio Enlace PDVSA La Campiña – El Junquito, se concluye que la primera zona de Fresnel se encuentra libre sin obstáculos considerando un perfil de terreno de factor  $k = 4/3$ . Para mejorar el rendimiento del enlace se utilizaron antenas de 1.8m de diámetro en ambos sitios. Estas antenas ofrecen una ganancia de 40.3dBi, se consideró una potencia de transmisión de 25.5dBm y frecuencias en la banda de 7GHz; permitiendo tener mayor confiabilidad del enlace. En tabla N° 26 pueden verse dichos cálculos realizados con la aplicación Pathloss.

El enlace de microonda ofrece un nivel de recepción en cada sitio de – 49,05dBm. Permitiendo tener una confiabilidad de operación del enlace del **99,99805% (Con guía de Onda)**.

**NOTA:** Se recomienda utilizar la banda de 7GHz con 13GHz no se mejora la disponibilidad

**Tabla N° 26. Cálculo del enlace Campiña-El Junquito.**

	LA CAMPIÑA	EL JUNQUITO
Elevación (m)	890.40	2130.13
Latitud	10 29 47.40 N	10 27 47.60 N
Longitud	066 52 21.20 W	067 06 02.10 W
Azimuth Verdadero (°)	261.63	81.59
Ángulo Vertical (°)	2.71	-2.88
Modelo de Antena	HP6-71W	HP6-71W
Altura de Antena (m)	66.00	60.00
Ganancia de Antena (dBi)	40.30	40.30
Pérdida por Radome (dB)	1.00	1.00
Tipo de Línea de TX	EWP77	EWP77
Longitud de Línea de TX (m)	30.00	120.00
Pérdida Unitaria en Línea de TX (dB /100 m)	6.00	6.00
Pérdida en Línea de TX (dB)	1.80	7.20
Pérdida en Conectores (dB)	1.20	1.20
Pérdidas Misceláneas (dB)	0.10	0.10
Pérdidas en Circulador (dB)	1.60	1.60
Frecuencia (MHz)	7575.00	
Polarización	Vertical	
Longitud de la Trayectoria (km)	25.23	
Pérdidas de Espacio Libre (dB)	138.09	
Pérdidas de Absorción Atmosférica (dB)	0.25	
Pérdidas Netas del Enlace (dB)	74.55	74.55
Modelo de Radio	E600hp7_55M 256Q 366Mb	E600hp7_55M 256Q 366Mb
Potencia de Transmisión (w)	0.35	0.35
Potencia de Transmisión (dBm)	25.50	25.50
PIRE (dBm)	60.10	54.70
Designador de Emisor	55M0D7W	55M0D7W
TX Channels	4h 7694.0000H 5h 7722.0000H BER 10-6	4l 7526.0000H 5l 7554.0000H BER 10-6
Criterio de Umbral de Recepción		
Nivel de Umbral (dBm)	-65.00	-65.00
Nivel de Señal RX Máximo (dBm)	-20.00	-20.00
Señal Recibida (dBm)	-49.05	-49.05
Margen de Desv. - Térmico (dB)	15.95	15.95
Number of Exposures	4	3
Margen de Desv. (dB)	12.60	15.02
XPD fade margin - multipath (dB)	24.52	23.20
Margen de Desv. - Plano (dB)	10.76	12.10
Factor Geoclimático	2.90E-05	
Inclinación del Trayecto (mr)	48.85	
Fade occurrence factor (Po)	5.38E-05	
Temperatura Anual Promedio (°C)	-5.00	
Espaciamiento Efectivo en Frecuencia (MHz)	28.00	28.00
Mejoramiento por Diversidad FD	1.00	1.00
Fuera de Servicio del Peor Mes por Multitrayecto (%)	99.99955	99.99967
(sec)	11.89	8.75
Fuera de Servicio Anual por Multitrayecto (%)	99.99992	99.99994
(sec)	24.97	18.38
(% - sec)	99.99986 - 43.34	
Región de Precipitación	ITU Region N	
0.01% Intensidad de Lluvia (mm/hr)	95.00	
Interference Fade Margin - rain (dB)	18.85	16.82
XPD fade margin - rain (dB)	15.78	16.24
Margen de Desv. - Plano por Lluvia (dB)	11.55	
Intensidad de Lluvia (mm/hr)	158.25	
Atenuación por Lluvia (dB)	11.55	
Fuera de Servicio Anual por Lluvia (%-sec)	99.99818 - 573.18	
Total Anual (%-seg)	99.99805 - 616.52	

mar, may 28 2013  
SDH LA CAMPIÑA - EL JUNQUITO 7GAVIAT.pl4  
Reliability Method - Rec. ITU-R P.530-9  
Precipitación - Rec. ITU-R P.530-8

## Perfil Del Terreno.

En la figura N° 54 se muestra el Perfil Topográfico del terreno para Kmin (K = 1.33). En las visitas a las dos estaciones se pudo confirmar las líneas de vista.

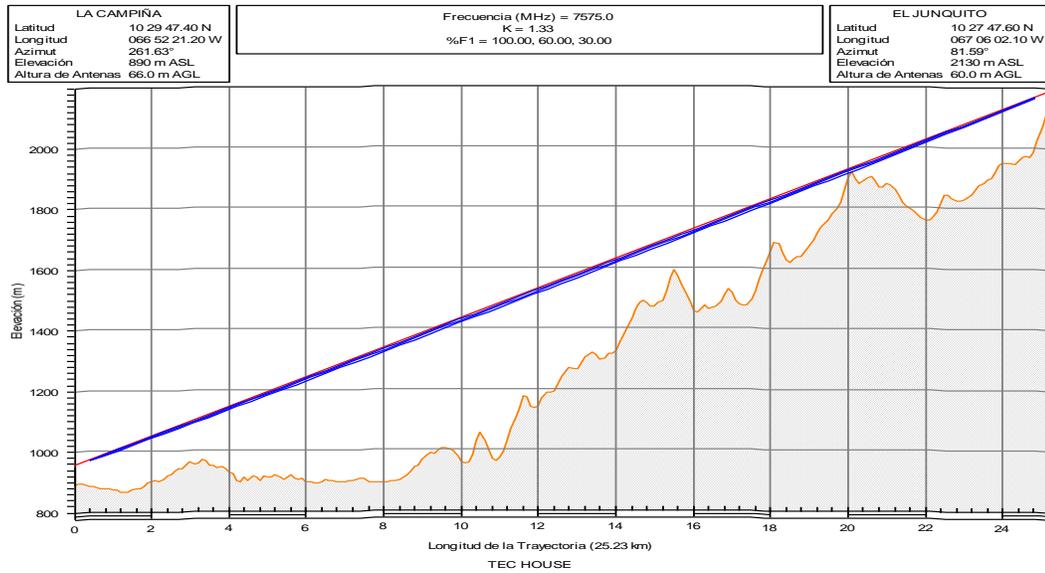


Figura N° 54. Perfil del enlace Campiña-El Junquito.

## MATERIALES REQUERIDOS PARA LA INSTALACIÓN CAMPIÑA-JUNQUITO.

En la tabla N° 27 se resume la lista de materiales requeridos para la instalación del enlace Campiña-Junquito.

**Tabla N° 27. Lista de materiales requeridos para la instalación Campiña-Junquito.**

	<b>PDVSA LA CAMPIÑA</b>	<b>Cantidad Material</b>	<b>PDVSA EL JUNQUITO</b>	<b>Cantidad Material</b>
<b>Antenas</b>	HP6-71W (TR) Ø= 1.8m 7Ghz	1	HP6-71W (TR) Ø= 1.8m 7Ghz	1
<b>ODU</b>	-RADIO E600hp7_55M 256Q 366Mb (LADO HIGH)	2	-RADIO E600hp7_55M 256Q 366Mb (LADO LOW)	2
<b>IDU</b>	ECLIPSE INU	2	ECLIPSE INU	2
<b>Flex DSX</b>	N/A		NA	1
<b>Cables</b>	ODU – IDU GUIA DE ONDA ODU – TGB/EGB/MGB (Conductor calibre 6 AGW) Panel de Fusibles – PDB Barra de rack – MGB IDU – Panel de Fusibles /PDB (Conductor calibre 12 AGW) IDU – Barra de rack DSX – Barra de rack IDU – DSX Cable UTP Cat 5	30m 6m 1 1 1 10m 0 0 0 0	ODU – IDU GUIA DE ONDA ODU – TGB/EGB/MGB (Conductor calibre 6 AGW) Panel de Fusibles – PDB Barra de rack – MGB IDU – Panel de Fusibles /PDB (Conductor calibre 12 AGW) IDU – Barra de rack DSX – Barra de rack IDU – DSX Cable UTP Cat 5	120m 6m 1 1 1 18m 0 0 0 0
<b>Soportes</b>	-Soporte Tipo Angular (0,5m; 1,2m; 1,8m; 2,4m;) Mástil de dos Metros	1 1.8m 0	-Soporte Tipo Angular (0,5m; 1,2m; 1,8m; 2,4m;) Mástil de dos Metros	1 1.8m 0

	Rack 19" de Piso		Rack 19" de Piso	
<b>Canalizaciones y Accesorios</b>	<p>Corrugado Metálico 3/4" (MTS)  Tubo Emt 3/4" (TUBOS)  Abrazadera Morocha 3/4"  Curva Emt 3/4"  Anillo Emt 3/4"  Cajas de Paso 4x4 Metálica.  Tapas Ciegas para Cajas de Paso 4x4 Metálica.  Conector Emt 3/4"  Cabezote Emt 3/4"  Tubo Pavco 3/4" (TUBOS)  Canaleta Plástica Ranurada 60x40  Riel Unistrut 1/2 x 3/4</p>		<p>Corrugado Metálico 3/4" (MTS)  Tubo Emt 3/4" (TUBOS)  Abrazadera Morocha 3/4"  Curva Emt 3/4"  Anillo Emt 3/4"  Cajas de Paso 4x4 Metálica.  Tapas Ciegas para Cajas de Paso 4x4 Metálica.  Conector Emt 3/4"  Cabezote Emt 3/4"  Tubo Pavco 3/4" (TUBOS)  Canaleta Plástica Ranurada 60x40  Riel Unistrut 1/2 x 3/4</p>	

## CONCLUSIONES

- La solución planteada mejora notablemente el ancho de banda en los enlaces de microondas y a la vez ofrece grandes velocidades de transmisión de hasta 366 Mbps para la transferencia de la información de la red de PDVSA.
- Se implementarían con frecuencias otorgadas por CONATEL, lo cual lo hace invulnerable a señales interferentes.
- Mejora la calidad de los servicios en la transmisión de voz, video y datos entre localidades.
- Los radios propuestos ocupan menos espacios y son de bajo consumo de energía, contribuyendo con el ahorro energético. Además tienen compatibilidad hacia atrás. Es decir, poseen interfaces con tecnologías más antiguas (PDH/SDH), para poder garantizar la migración paso a paso de otros servicios, ya que migrar a tecnologías modernas requiere tiempo y dinero.
- La solución propuesta es más robusta que la actual ya que tienen redundancia con configuración 1+1 hot standby.
- Facilita la carga de las tareas de operación y mantenimiento de la red, ya que se puede gestionar vía remota (SNMP).

## **RECOMENDACIONES**

- Implementando esta solución se recomienda estudiar una segunda fase para poder migrar toda la plataforma de microondas de PDVSA
- Integrar todos los departamentos que conforman AIT de PDVSA y evaluar la factibilidad de planificar la migración de todos los servicios y plataformas paralelas hacia Todo-IP.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA) [en línea]. <<http://www.pdvsa.com>> [Consulta: 2013].

[2] Delgado R., Fernando J. *Plan de mejora continua de telecomunicaciones en pro de la calidad de servicio en PDVSA*, (Tesis).--Bárbula: Universidad de Carabobo, 2009. <<http://produccion-uc.bc.uc.edu.ve/documentos/trabajos/60002714.pdf>> [Consulta: 2013].

[3] Pérez, C.; Zamanillo, J. y Casanueva, A. *Sistemas de Telecomunicaciones*. Editorial: Textos Universitarios. Ingenierías de la Universidad de Cantabria. España. 2007, p. 19.

[4] *Ley Orgánica de Telecomunicaciones*. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela de N° 39.610 del 07 de febrero de 2011 [en línea]. <<http://www.conatel.gob.ve/ley-organica-de-telecomunicaciones-2/>> [Consulta: 2014], p. 2.

[5] Mavares, Dima. *Apuntes de Comunicaciones* [en línea]. <[http://www.el.bqto.unexpo.edu.ve/dmavares/html/app\\_com2.pdf](http://www.el.bqto.unexpo.edu.ve/dmavares/html/app_com2.pdf)> [Consulta: 2014], p. p. 1-3

[6] Unión Internacional de Telecomunicaciones. *RECOMENDACIÓN UIT-R P.530-16. Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa*. Ginebra, 2015. p.p. 1-2

[7] Huidobro, J. y Conesa, R. *Sistemas de Telefonía*. Editorial: Ediciones Paraninfo, S.A. España. 2006, p.p. 235-236.

[8] Figueiras, Aníbal. *Una Panorámica de las Telecomunicaciones*. Pearson Educación, S.A. Madrid. 2002, p.p. 358-359.

[9] Agusti, R. [et. al... ]. *LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles*. Edita: Fundación Vodafone España. 2010. p. 178.

[10] Tanenbaum, A. y Wetherall, D. *Redes de Computadora*, (Libro).—México: Pearson Educación. Quinta edición. 2012, p.p. 59-61.

[11] Talukder, A.; Garcia, N. y Jayateertha, G.. *Convergence Through All-IP Networks*. Taylor & Francis Group, LLC, 2013. p. 9.

*Radio Mobile*. Versión 11.6.

*Google Earth*. 2009.

*Pathloss*. 4.0.

## BIBLIOGRAFÍAS

Petróleos de Venezuela, S.A. (PDVSA) [en línea]. <<http://www.pdvsa.com>> [Consulta: 2013].

Delgado R., Fernando J. Plan de mejora continua de telecomunicaciones en pro de la calidad de servicio en PDVSA, (Tesis).--Bárbula: Universidad de Carabobo, 2009. <<http://produccion-uc.bc.uc.edu.ve/documentos/trabajos/60002714.pdf>> [Consulta: 2013].

Henne, Ingvar y Thorvaldsen, Per. Planificación de radioenlaces de visibilidad directa, 2da. Ed. Nera 2002, 1999. 193 páginas.

Wiley, John & Sons. Network Convergence: Services, Applications, Transport, and Operations Support, 2007. 464 páginas.

Tomasi, Wayne. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, 4ta. Ed. México: Prentice-Hall, 2003. 976 páginas.

Ley Orgánica de Telecomunicaciones. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela de N° 39.610 del 07 de febrero de 2011 [en línea]. <<http://www.conatel.gob.ve/ley-organica-de-telecomunicaciones-2/>> [Consulta: 2014].

Gallardo, Sergio. Elementos de Sistemas de Telecomunicaciones. Editorial: Ediciones Paraninfo, S.A. España. 2015.

Ramírez, Ramón. Sistemas de Radiocomunicaciones. 1ra. Ed. Editorial: Ediciones Paraninfo, S.A. España. 2015.

CONATEL. (02 de junio de 2016). PROVIDENCIA ADMINISTRATIVA N°012 [en línea]. <<http://www.conatel.gob.ve/providencia-administrativa-n-012-cuadro-nacional-de-atribucion-de-bandas-de-frecuencia-cunabaf-ano-2016/>> [Consulta: 2016].

Pérez, Enrique. Introducción a las Telecomunicaciones Modernas, México: Editorial LIMUSA, S.A., 2004.