



**ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA  
PARA LA MIGRACIÓN DE UN RADIO DE  
MARCA ERICSSON A UNA TECNOLOGÍA  
DISPONIBLE (NERA, CERAGON, HUAWEI).  
CASO: ENLACE ZONA IND. GUACARA -  
GUACARA EN LA CORPORACION  
DIGITEL C.A REGION CENTRO**

**Autor:** Flores Enrique  
C.I: 22.308.706

Urbanización Yuma II, Calle N° 3.Municipio San Diego.  
Teléfonos: 0241-8714240 (Master) – Fax: 0241-8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**

**ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA LA MIGRACIÓN DE UN  
RADIO DE MARCA ERICSSON A UNA TECNOLOGÍA DISPONIBLE  
(NERA, CERAGON, HUAWEI). CASO: ENLACE ZONA IND. GUACARA -  
GUACARA EN LA CORPORACION DIGITEL C.A REGION CENTRO**

**EMPRESA: CORPORACIÓN DIGITEL C.A.**

**Autor:** Flores Enrique

C.I: 22.308.706


San Diego, Agosto de 2018



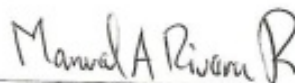
REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA LA MIGRACIÓN DE UN  
RADIO DE MARCA ERICSSON A UNA TECNOLOGÍA DISPONIBLE  
(NERA, CERAGON, HUAWEI). CASO: ENLACE ZONA IND. GUACARA -  
GUACARA EN LA CORPORACION DIGITEL C.A REGION CENTRO

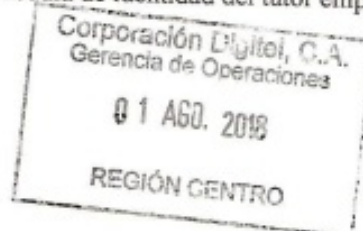
CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

Jose Centeno 10738814 

Nombre, firma y cédula de identidad del tutor académico

MANUEL RIVERA  9.691.5516

Nombre, firma y cédula de identidad del tutor empresarial



Autor: Flores Enrique  
C.I. 22.308.706

San Diego, Agosto de 2018

## **AGRADECIMINETOS**

Convertirme en Ingeniero en Telecomunicaciones ha sido una de las metas más importantes en mi vida, algo que siempre imagine con mucha ilusión, haber llegado hasta aquí no hubiese sido posible sin la ayuda de mis padres quienes han sido la más grande inspiración, y quienes desde siempre han hecho lo posible para que no me faltara nada, en especial los estudios, un esfuerzo muy grande del que estaré eternamente agradecido, espero poder retribuirle ese esfuerzo con éxitos en mi carrera y lograr que sientan orgullo de este nuevo profesional. Así como también debo agradecer a Dios y a la virgen María por ser esa madre que me cuida y atiende todas las suplicas que le pido, en especial la ayuda que me ha brindado desde que comencé mi carrera.

Debo agradecer también a mis amigos y compañeros de estudios que me apoyaron a lo largo de mi carrera que siempre conté con un gran grupo de estudio donde todos nos apoyábamos lo cual hizo significativamente más acogedor estos 4 años lejos de mi casa

## **DEDICATORIA**

Primeramente la realización de este trabajo de investigación es dedicada a mi padre y madre, por ser los promotores de este largo recorrido. Desde pequeño siempre he sentido su apoyo, cariño y su credibilidad en que puedo lograr cualquier cosa que me proponga. Este logro lo veo como el inicio de un sinfín de metas por cumplir, pero a su vez contiene un gran significado, una demostración de que con esfuerzo, perseverancia y dedicación todo se puede lograr. Siendo mis padres los motores que me impulsan a lograr estas metas, y seguir adelante, son ellos mi inspiración y un modelo de esfuerzo, superación y de dedicación a seguir. A mi tutor académico Jose Centeno quien siempre además de un excelente profesor fue un gran amigo el cual siempre estuvo ahí para ayudarme cuando más lo necesite en este proyecto de investigación y en cualquier materia que estuviese cursando



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA.  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ.  
FACULTAD DE INGENIERÍA.  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA.

### ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Profesor José Centeno, portador de la cédula de identidad N° V-10.738.814, hace constar que ha leído el informe final de pasantías presentado por el ciudadano Enrique Flores, portador de la cédula de identidad N° V-22.308.706, titulado “**Elaboración de una metodología para la migración de un radio de marca Ericsson a una tecnología disponible (Nera, Ceragon, Huawei). Caso: enlace Zona Ind. Guacara - Guacara en la corporación Digitel C.A región centro.**”, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 30 días del mes de julio del 2018.

Firma

Ing. José Centeno  
C.I.: 10.738.814

## INDICE

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAG</b>
PORTADA	i
CONTRAPORTADA	ii
CONSTANCIA DE ACEPTACION	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
ACEPTACION DEL TUTOR	vi
INTRODUCCION	1
<b>CAPITULO I</b>	
<b>LA EMPRESA</b>	
RESEÑA HISTORICA	3
1.1 MISION	5
1.2 VISION	5
1.3 VALORES	5
1.4 ORGANIGRAMA GENERAL DE LA EMPRESA	6
<b>CAPITULO II</b>	
<b>EL PROBLEMA</b>	
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
2.2 FORMULACION DEL PROBLEMA	8
2.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	8
2.3.1 OBJETIVO GENERAL	8
2.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	9
2.4 JUSTIFICACION	9
2.5 ALCANCE	10
2.6 LIMITACIONES	10
<b>CAPITULO III</b>	
<b>MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL</b>	
3.1 ANTECEDENTES	11
3.2 BASES TEORICAS	13
3.2.1 RADIOCOMUNICACIONES	13
3.2.2 PERDIDAS EN TRAYECTORIA POR EL ESPACIO LIBRE	14
3.2.3 MARGEN DE DESVANECIMIENTO	15
3.2.4 ZONA DE FRESNEL	17
3.2.5 RADIOENLACE	19
RADIOENLACE SERVICIO FIJO	19
RADIOENLACE SERVICIO MOVIL	19
3.2.6 MICROONDAS	20
3.2.7 CALCULO DE ENLACE DE MICROONDAS	23

POTENCIA DE TRANSMISION	26
PERDIDA EN EL CABLE	26
GANANCIA DE LA ANTENA	26
PERDIDA DE PROPAGACION	27
3.2.8 MANTENIMIENTO	27
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	27
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	27
3.3 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS	29

## **CAPITULO IV**

### **FASES METODOLOGICAS**

#### 4.1 FASES METODOLOGICAS

4.1.1 FASE I: Evaluación, con el apoyo de Operación y Mantenimiento, del estado del enlace afectado por las fallas que presenta continuamente el radio Ericsson	31
4.1.2 FASE II: Análisis de las posibles tecnologías disponibles para la migración del radio Ericsson.	31
4.1.3 FASE III: Selección de la tecnología más factible para realizar la migración del radio Ericsson.	32
4.1.4 FASE IV: Elaboración de la metodología general para poder realizar la migración del radio Ericsson.	32

## **CAPITULO V**

### **RESULTADOS**

5.1 Evaluación, con el apoyo de Operación y Mantenimiento, del estado del enlace afectado por las fallas que presenta continuamente el radio Ericsson	33
5.2 Análisis de las posibles tecnologías disponibles para la migración del radio Ericsson	34
5.3 Selección de la tecnología más factible para realizar la migración del radio Ericsson	37
5.4 Elaboración de la metodología general para poder realizar la migración del radio Ericsson	39
5.4.1 Soporte de los parámetros utilizados en el diseño del radioenlace	39
5.4.2 Cálculos teóricos del radioenlace	41
5.4.3 Metodología general para realizar la migración	48

### **CONCLUSIONES**

### **RECOMENDACIONES**

57
59

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	60
<b>ANEXOS</b>	62
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	
FIGURA 1: ZONA DE FRESNEL	17
FIGURA 2: RED POR MICROONDAS	22
FIGURA 3: TRAYECTORIA COMPLETA ENTRE TX Y RX	25
FIGURA 4: TORRE DE COMUNICACIONES ESTACION GUACARA	34
FIGURA 5: PARAMETROS DEL ENLACE EN RADIOMOBILE	40
FIGURA 6: UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LAS ESTACIONES EN RADIO MOBILE	41
FIGURA 7: ETIQUETADO DE CABLES EN ESTACION ZONA IND GUACARA	50
FIGURA 8: ACCESO AL RADIO NERA EDGE	51
FIGURA 9: PARAMETROS DEL EQUIPO	52
FIGURA 10: CONFIGURACION DE FECHA Y STNP	53
FIGURA 11: CONFIGURACION IP DEL EQUIPO	53
FIGURA 12: CONFIGURACION DE NOMBRE DE LA ESTACION Y EL TERMINAL	54
FIGURA 13: CONFIGURACION DEL ANCHO DE BANDA Y CAPACIDAD DE LOS E1	55
FIGURA 14: CONFIGURACION DE LA FRECUENCIA Y DIPLEXER	55
<b>INDICE DE TABLAS</b>	
TABLA 1: SOPORTE DE PARAMETROS UTILIZADOS EN EL CALCULO DEL RADIOENLACE	39
TABLA 2: COEFICIENTES QUE DEPENDEN DE LA FRECUENCIA PARA CALCULAR LA ATENUACION ESPECIFCA DEBIDO A LA LLUVIA	44
TABLA 3: INTENSIDAD DE LA LLUVIA EXCEDIDA (mm/h)	46

## INTRODUCCION

Desde que el hombre tiene uso de razón, ha tenido la necesidad de comunicarse con las personas que lo rodean, a cortas y largas distancias, y desde esta necesidad nacen las telecomunicaciones, entre ellas como las más comunes se incluyen las radiofrecuencias, la telegrafía, la televisión, las comunicaciones satelitales, transmisión de datos y la telefonía. El sistema comunicativo, es objeto de administración, desarrollo, establecimiento y explotación de redes de telecomunicaciones establecidas entre dos o más personas, en función de buscar una eficiente prestación de servicios de telecomunicaciones e informática.

Uno de los sistemas de telecomunicaciones más importantes es la telefonía, como sabemos existen varios tipos de telefonía, está puede ser móvil o fija, y a su vez pública o privada. En el presente informe se trabajó con un enlace de la red de la Corporación Digitel C.A. (DIGITEL), específicamente en la Región Centro, el cual ha decaído ya que la tecnología utilizada en el enlace estudiado ya es obsoleta lo cual ha ocasionado una mala calidad en el servicio prestado por parte de la corporación

El objeto a estudio, es el decaimiento de la operatividad del enlace Zona Ind. Guacara - Guacara perteneciente a la Corporación Digitel C.A., la cual se ve en la necesidad de idear una migración de esta tecnología utilizada en el enlace; ya que, DIGITEL es una empresa dedicada al concepto de ofrecer alta calidad de servicio a sus usuarios. En el departamento de Proyectos y Logística se realizó una propuesta de una elaboración de una metodología para la migración de un radio marca Ericsson a una tecnología disponible (Nera, Ceragon, Huawei). Caso: Enlace Zona Ind. Guacara - Guacara en la corporación Digitel C.A en la región centro, con el fin de obtener una

documentación apropiada que sirva como guía de capacitación para el personal nuevo que ingrese o incluso como consulta para personal de operación que ya labora en el departamento, como también, para las contratistas relacionadas con la empresa.

En tal sentido, es importante considerar las medidas que permitan la efectividad de esta propuesta, quedando la investigación organizada de la siguiente manera:

Capítulo I, conformado por la reseña histórica, misión, visión y valores de la empresa y el organigrama general de la empresa.

En cuanto al Capítulo II, aborda el planteamiento y formulación del problema, objetivos: General y específicos, justificación, alcance y las limitaciones del estudio.

Capítulo III, describe el marco referencial conceptual, en cuanto a los antecedentes de la investigación, bases teóricas y la definición de términos básicos.

Capítulo IV: Refiere las fases metodológicas del diseño de la propuesta del estudio.

Capítulo V, describe los resultados obtenidos y los cálculos y métodos que se usaron para lograrlo

Finalmente se elaboran las referencias y los anexos del estudio.

## **CAPITULO I**

### **LA EMPRESA**

#### **1.1 Reseña Histórica**

Digitel GSM tuvo sus inicios en el año 1997, cuando solicitó la concesión a la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), firmando su contrato de concesión del espacio radioeléctrico en la banda de 900 MHZ, tan solo un año después. Sus principales socios para la fecha fueron Swisscom, Latin American Invesmet Bank Bahamas y Norconcult Telematics.

En diecinueve años de gestión la Corporación Digitel C.A ha demostrado ser constante y progresiva siendo una de las empresas líderes en el mercado de las telecomunicaciones en Venezuela contando actualmente con más de siete millones de usuarios venezolanos que día a día se comunican a través de la red.

Para octubre de 1998, entró en funcionamiento el primer Switch de Digitel en Caracas, dando inicio a las operaciones de la red comercial en zonas rurales de los estados Falcón, Yaracuy, Carabobo, Aragua, Miranda, Cojedes, Guárico, Vargas y Distrito Capital.

A partir del año 2000, la empresa tuvo un impulso en su funcionamiento abriéndole las puertas a un mercado más amplio poniendo en funcionamiento el Switch en Valencia. En ese mismo año la empresa extranjera TIM (Telecom Italia Mobile) se convierte en el accionista mayoritario obteniendo así el 52 % de las acciones pero no es hasta 2002 donde se obtiene un gran cambio cuando Federico Rossi representante del grupo TIM asume la presidencia cambiando el nombre de la empresa a Digitel TIM y firma acuerdos de interconexión para la plataforma de mensajería de texto con Telcel y Movilnet, se realiza la firma del acuerdo número 100 de roaming internacional lo cual llevó a la firma de acuerdo roaming

nacional, con la operadora local Digicel, ampliando la cobertura hacia los estados Amazonas, Anzoátegui, Bolívar, Delta Amacuro, Monagas, Nueva Esparta y Sucre, en el oriente del país.

También se instala una red de teléfonos públicos tarjeteros los cuales prestan un servicio de comunicación a las zonas rurales, tomando en cuenta el compromiso con la comunidad de mantenerlos comunicados.

Para el año 2006 Oswaldo Cisneros Fajardo compra el 100 % de las acciones convirtiéndose así en Digitel GSM. Oswaldo Cisneros Fajardo revolucionó el mercado de las telecomunicaciones en Venezuela en los 90, cuando el manejo de la tecnología era considerada un privilegio de pocos y el número de líneas celulares no alcanzaba la cifra de un millón. La visión e iniciativa de Cisneros lo llevó a crear el sistema más exitoso nunca antes desarrollado por ningún país de la región, el sistema prepago.

Cisneros, en menos de 3 años de gestión, logró que la operadora aumentara sus clientes en más del 250 % convirtiéndose en la empresa de sector no petrolero con más crecimiento. El primer paso para lograr este crecimiento fue la fusión de las empresas de tecnología GSM, entre estas Infonet y Digicel, que operaban en el occidente y oriente del país respectivamente.

En el 2009, Cisneros da el próximo paso para consolidar a Digitel como la empresa de telecomunicaciones más innovadora, lanzando al mercado su red de Tercera Generación HSDPA, evolución natural de las redes GSM. En el siguiente año lanza al mercado Digitel 3G compitiendo en el mercado de la Internet, brindando tecnología banda ancha BAM con la que millones de usuarios se unieron a la red Digitel. La ventaja de esta tecnología no es solo su capacidad de penetración, sino la movilidad que le permite al usuario estar conectado con el mundo donde quiera que ya sea su hogar o fuera de él.

Digitel seguirá innovando su red y tecnología para el futuro de las telecomunicaciones en Venezuela prestándole como siempre lo mejor al servicio y necesidades de comunicación de los venezolanos.

## **1.2 Misión**

Ofrecer servicios de telecomunicaciones que excedan las expectativas de nuestros clientes, con los más altos niveles y estándares de calidad para satisfacer sus necesidades de comunicación poniendo a su alcance la más amplia red de tecnología móvil y lo más innovador de la tecnología celular.

## **1.3 Visión**

Ser la empresa modelo de telecomunicaciones venezolana en términos de calidad, innovación y rentabilidad, manteniendo una relación cálida y humana entre nosotros y con nuestros clientes.

## **1.4 Valores**

- **Trabajo en equipo:** Con nuestro aporte y compromiso personal, alineamos nuestros esfuerzos para hacer de nuestro trabajo un logro común, en base a la armonía, la cooperación y el respeto.
- **Innovación:** Generamos continuamente nuevas ideas, apoyándonos en la tecnología de punta para ofrecer los mejores productos y servicios, lo que nos hace la compañía líder en el mercado de las telecomunicaciones.
- **Pasión por la excelencia:** Mantenemos los niveles más altos de calidad en todo lo que hacemos, en la búsqueda constante de perfección en nuestro trabajo, para satisfacer la dinámica de nuestro negocio.

- **Satisfacción al Cliente:** Satisfacemos a nuestros clientes a través de una comunicación abierta y franca, construyendo relaciones cercanas y duraderas, atendiendo sus necesidades de forma eficiente.
- **Integridad:** La honestidad y la ética son nuestros pilares fundamentales y puentes de conexión con nuestros compañeros de trabajo, con nuestros clientes y con el mundo.
- **Compromiso Social:** Desarrollamos iniciativas que contribuyen al desarrollo social y a mejorar la calidad de vida de nuestras audiencias, para dejar una huella en cada uno de los venezolanos.

## 1.5 Organigrama General de la Empresa

La Corporación Digitel C.A. posee una estructura organizacional que se divide en niveles jerárquicos: Presidencia, Vice-Presidencias, Gerencias, Coordinadores, Supervisores. La presente pasantía se desarrolla dentro del Departamento de Proyectos y Logística que a su vez está regida por la Vicepresidencia de Operaciones.

## **CAPITULO II**

### **EL PROBLEMA**

#### **2.1 Planteamiento del Problema**

Las empresas de telefonía deben estar a la vanguardia para ser competitivas, preocupadas por el usuario y obtener mejoras significativas en su desempeño, para ofrecer productos y servicios de mejor calidad. En este contexto, Zanetti, (2010), cita que “las empresas de telefonía vinculadas a la economía de competencia, requieren ofrecer un mejor servicio orientado a las necesidades del cliente, para la comunicación ininterrumpida y con control de calidad”

En atención a ello, las empresas telefónicas enfrentan la necesidad de gestionar recursos tecnológicos, humanos, financieros y comerciales, en el marco de una estrategia competitiva. De allí que en Venezuela, las empresas prestadoras de este servicio junto a las tecnologías buscan mejorar y desarrollar la infraestructura para competir en la oferta de una prestación de estos servicios en el mercado nacional. Al respecto, Useche, (2009), describe que “los recursos, equipos y dispositivos, junto a métodos y procedimientos eficientes mejoran la productividad en la creación de bienes y servicios”.

Todas las operadoras de telecomunicaciones deben de tener una plataforma tecnológica confiable y rentable que presente la menor cantidad de fallas posibles. Uno de los problemas más frecuentes que enfrenta la red de la corporación Digitel es la tecnología deficiente y obsoleta en sus enlaces de microondas lo cual hace que el servicio en esos enlaces se vea perjudicado por mucho tiempo debido a que existen enlaces implementados dentro de estaciones bases pertenecientes a otras operadoras de comunicaciones haciendo difícil el ingreso para atacar las constantes fallas que se presentan en los enlaces de comunicaciones. Un caso específico se presenta para un

enlace implementado por Digitel entre la estación ZONA IND. GUACARA contra GUACARA debido a que en este enlace la tecnología utilizada marca Ericsson CN510 es considerada obsoleta ya que el servicio constantemente se ve afectado debido a la sensibilidad de estos equipos a las constantes variaciones de temperatura y voltaje que allí se presentan. Lo acotado se relaciona a la Corporación Digitel C.A. Región Centro, ubicada en Valencia, del Municipio Valencia del estado Carabobo, como empresa de telecomunicaciones, ya que esta busca mejorar la calidad de sus servicios en esa zona afectada, ofreciendo servicios en dicha zona afectada de telefonía 2G (GSM) y 3G (UMTS), pionera en servicios innovadores y de avanzada, con más de siete millones de clientes, siendo un compromiso ofrecer el mejor servicio desde la planificación de proyectos, instalación y puesta en marcha hasta cumplir con las exigencias de comunicación de sus clientes.

## **2.2 Formulación del Problema**

La empresa Digitel busca tener un funcionamiento eficiente y eficaz, lo que amerita que mejore la calidad de su servicio en este enlace. Ante la situación descrita, se plantea la siguiente interrogante: ¿De qué manera se puede solventar el problema de obsolescencia en el enlace ZONA IND. GUACARA-GUACARA debido al uso del radio de tecnología Ericsson CN510?

## **2.3. Objetivos de la investigación**

### **2.3.1 Objetivo General**

Elaborar una metodología para la migración de radio marca Ericsson para la utilización de otras tecnologías disponibles que presenten menos fallas

### **2.3.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar con el apoyo de Operación y Mantenimiento el estado del enlace afectado por las fallas que presenta continuamente el radio Ericsson
- Analizar las posibles tecnologías disponibles para la migración del radio Ericsson
- Seleccionar la tecnología más factible para realizar la migración del radio Ericsson
- Elaborar la metodología general para poder realizar la migración del radio Ericsson

### **2.4 Justificación**

La propuesta de realizar una metodología para la migración de tecnología CASO: Enlace ZONA IND. GUACARA-GUACARA en la Corporación Digitel C.A región centro, es relevante, en el sentido que Digitel es una empresa de telefonía que depende directamente del rendimiento de sus redes para su permanencia en el mercado nacional e internacional. De igual manera, desde el aspecto institucional, es importante, dado que la empresa mejorará el servicio y atraerá nuevos usuarios que presenten fallas con otras compañías dentro de esa misma área de cobertura

En lo que respecta al ámbito social, se destaca que la empresa Digitel, requiere tener operaciones continuas, contar con alta disponibilidad en el trabajo del Departamento de Proyectos y Logística, lo que significa minimizar las pérdidas en ingresos, productividad y clientes.

Por lo que se propone diseñar una metodología básica para realizar la migración de la tecnología usada en dicho enlace, con la finalidad de realizar la migración de la tecnología allí usada y del tráfico de 2G (GSM) y 3G (UMTS) que por allí pasa y también realizar el levantamiento del nuevo enlace sin afectar el anterior para cuando se realice la migración no haya una interrupción prolongada en el servicio. De igual modo, esta propuesta servirá para futuras migraciones de otros enlaces que cuenten con la misma tecnología Ericsson y puedan estar presentando de igual forma fallas constantes.

### **Alcance**

Esta investigación sobre cómo realizar la migración de la tecnología Ericsson a otra tecnología disponible por la corporación Digitel C.A se realizara hasta la elaboración de una metodología para realizar dicha migración y que pueda servir a futuro para ser usada en otras migraciones de enlaces que presenten las mismas fallas constantes debido a obsolescencia de su tecnología.

### **2.5 Limitaciones**

Esta investigación no posee limitaciones debido a que se cuenta con el personal necesario para la visita y estudio de la situación de las estaciones afectadas, no se requiere de dinero para realizar esta metodología y además la corporación Digitel C.A posee varias tecnologías y equipos que pueden ser utilizados como reemplazo de la tecnología Ericsson en un futuro si esta empresa decide implementar esta metodología

## CAPITULO III

### MARCO REFERENCIAL CONCEPTUAL

#### 3.1. Antecedentes

Los antecedentes apoyan aquellos planteamientos que se exponen en el desarrollo del trabajo investigativo. Por su parte, Hernández (2009), los define como “la revisión de los trabajos previos realizados sobre el problema en estudio y de la realidad contextual en la que se ubica el mismo”. En ese sentido, para estructurar los antecedentes del estudio se procedió a la revisión de algunas investigaciones relacionados con la temática abordada en el presente proyecto. A continuación se muestran los estudios recientes consultados sobre este tema:

Hernández, (2015), en un trabajo de campo realizado para la corporación Digitel C.A el cual consistió en la Migración de tráfico del enlace Guacara – ZI Guacara (NERA XPAND) al enlace Guacara – ZI Guacara (TN Ericsson). Trabajo realizado en el municipio Guacara. El objetivo general fue mejorar la calidad del servicio y gestión de este enlace. Basado en un estudio descriptivo, de campo, de observación. La población la conformaron la empresa Ericsson y la corporación Digitel C.A.

Igualmente González (2015) en su trabajo titulado: **Plan de Migración de tráfico del enlace SW Valencia – Central Tacarigua (NERA EDGE) al enlace SW Valencia – Central Tacarigua (TN Ericsson)**, en el estado Carabobo a través de la empresa Ericsson para ser entregado a la corporación Digitel C.A. Trabajo cuyo objetivo general fue proponer una migración de tecnología para la mejora del servicio en ese enlace. La investigación fue descriptiva, de campo. Se efectuaron aplicaciones colectivas de los instrumentos en los sistemas de captación y distribución de señales,

los cuales permitirán la integración en un solo sistema, de los datos, la imagen, la voz de telefonía y vídeos.

De igual manera, Bolivar, (2014), en un trabajo que consistió en: **Migración de tráfico del enlace Chimeneas – El Trigal (NERA EDGE) al enlace Chimeneas – El Trigal (Huawei)**, ubicado en el Municipio Valencia del estado Carabobo. Migración realizada por la contratista YIMSTAR en la cual participaron siete (7) Especialistas y dos (2) Ingenieros capacitados en el área de enlace de microondas. El objetivo general se basó en realizar una migración de un enlace de Radiocomunicaciones para la corporación Digitel C.A, el método empleado en la investigación es de tipo descriptiva, de campo, con una metodología de análisis de todas las posibles pérdidas que existirán en el nuevo enlace (espacio libre) para así poder dar seguridad del buen funcionamiento del nuevo enlace. Diseño estructurado de sistema cuantitativo, no experimental. En el diagnostico el autor evidencio que la empresa carece de mantenimiento preventivo de telecomunicaciones, el cual le afecta el servicio de sus enlaces, no anticipa las necesidades del cliente, lo que desmejora la oferta competitiva del servicio de comunicaciones, al igual presenta deficiencias en cuanto a la administración de las ordenes de trabajo, no se reprograman, lo que le afecta como elemento indispensable para mantener la competitividad de la empresa.

## 3.2 Bases Teóricas

### 3.2.1 Radiocomunicaciones

La ionosfera está constituida por un plasma, es decir un conjunto de partículas cargadas de ambos signos que tiene una carga neta nula o prácticamente nula, y que presenta un comportamiento colectivo. Las cargas que existen en la ionosfera son consecuencia directa de la radiación cósmica y muy especialmente de la solar.

Cuando una onda electromagnética incide en un plasma, éste se puede comportar como un metal o como un dieléctrico, dependiendo de que la frecuencia de la onda sea muy baja o muy alta, respectivamente. Todo plasma tiene una frecuencia característica que delimita su comportamiento como conductor de su comportamiento como dieléctrico:

La frecuencia de corte o frecuencia de plasma.

Esta frecuencia aumenta proporcionalmente con la raíz cuadrada de la densidad de partículas cargadas. Los mecanismos óptimos para transmitir energía electromagnética a grandes distancias dependen en gran medida de la frecuencia de la onda. La transmisión de señal en una dirección privilegiada recibe habitualmente el nombre de transmisión punto a punto o LOS (Line Of Sight). Este es el mecanismo de propagación más habitual en los sistemas de comunicación modernos. Así pues, no resulta extraño que las microondas sean tan relevantes en la transmisión de señal a largas distancias.

### 3.2.2 Pérdidas en trayectoria por el espacio libre

La pérdida en trayectoria por el espacio libre se suele definir como la pérdida sufrida por una onda electromagnética al propagarse en línea recta por un vacío, sin absorción ni reflexión de energía en objetos cercanos. Es una definición mala y con frecuencia engañosa. La pérdida en trayectoria por el espacio libre es una cantidad técnica artificial que se originó debido a la manipulación de las ecuaciones de presupuesto de un enlace de comunicaciones, que deben tener determinado formato en el que se incluye la ganancia de la antena transmisora, la pérdida en trayectoria por el espacio libre y el área efectiva de la antena receptora. En realidad no se pierde energía alguna; tan sólo se reparte al propagarse alejándose de la fuente, y se produce una menor densidad de potencia en determinado punto a determinada distancia de la fuente. En consecuencia, un término más adecuado para definir el fenómeno es pérdida por dispersión. La pérdida por dispersión se debe simplemente a la ley del cuadrado inverso. La ecuación que define a la pérdida en trayectoria por el espacio libre es:

$$L_p = \left( \frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2 = \left( \frac{4\pi Df}{c} \right)^2$$

Ecuación 1: Perdida en el espacio libre



Siendo

$L_p$  = pérdida en trayectoria por el espacio libre (adimensional)

$D$  = distancia (kilómetros)

$f$  = frecuencia (Hertz)

$\lambda$  = longitud de onda (metros)

$c$  = velocidad de la luz en el espacio libre ( $3 \times 10^8$  metros por segundo)

### 3.2.3 Margen de desvanecimiento

Las radiocomunicaciones entre lugares remotos, sean de tierra a tierra o de tierra a satélite, requieren la propagación de señales electromagnéticas por el espacio libre. Al propagarse una onda electromagnética por la atmósfera terrestre, la señal puede tener pérdidas intermitentes de intensidad, además de la pérdida normal en la trayectoria. Esas pérdidas de pueden atribuir a diversos fenómenos, que incluyen efectos de corto y de largo plazo. Esta variación en la pérdida de la señal se llama desvanecimiento y se puede atribuir a perturbaciones meteorológicas como lluvia, nieve, granizo, etc.; a trayectorias múltiples de transmisión y a una superficie terrestre irregular. Para tener en cuenta el desvanecimiento temporal, se agrega una pérdida adicional de transmisión a la pérdida en trayectoria normal.

A esta pérdida se le llama margen de desvanecimiento. En esencia, el margen de desvanecimiento es un “factor espurio” que se incluye en la ecuación de ganancia del sistema para considerar las características no ideales y menos predecibles de la propagación de las ondas de radio, como por ejemplo la propagación por trayectorias múltiples (pérdida por trayectorias múltiples) y la sensibilidad del terreno.

Estas características causan condiciones atmosféricas temporales y anormales que alteran la pérdida por trayectoria en el espacio libre, y suelen ser perjudiciales para la eficiencia general del sistema. El margen de desvanecimiento también tiene en cuenta los objetivos de confiabilidad del sistema. Así, el margen de desvanecimiento se incluye en la ecuación de ganancia de un sistema como una pérdida. Al resolver las ecuaciones de confiabilidad de Barnett-Vignant para una disponibilidad anual especificada en un sistema no protegido sin diversidad se obtiene la siguiente ecuación:

$$F_m = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 10 \log(1 - R) - 70$$

Ecuación 2: Margen de desvanecimiento

Siendo:

$F_m$  = margen de desvanecimiento (decibeles)

$D$  = distancia (kilómetros)

$f$  = frecuencia (Giga Hertz)

$R$  = confiabilidad en tanto por uno (es decir, 99.99% = 0.9999 de confiabilidad)

$1 - R$  = objetivo de confiabilidad para una ruta de 400 km en un sentido

$A$  = factor de rugosidad

- Ø 4 sobre agua o sobre un terreno muy liso
- Ø 1 sobre un terreno promedio
- Ø 0.25 sobre un terreno muy áspero y montañoso

$B$  = factor para convertir la peor probabilidad mensual en una probabilidad anual

- Ø 1 para pasar una disponibilidad anual a la peor base mensual
- Ø 0.5 para áreas calientes y húmedas
- Ø 0.25 para áreas continentales promedio
- Ø 0.125 para áreas muy secas o montañosas

### 3.2.4 Zona Fresnel

Se llama zona de Fresnel al volumen de espacio entre el emisor de una onda - electromagnética, acústica, etc.- y un receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los  $180^\circ$ .

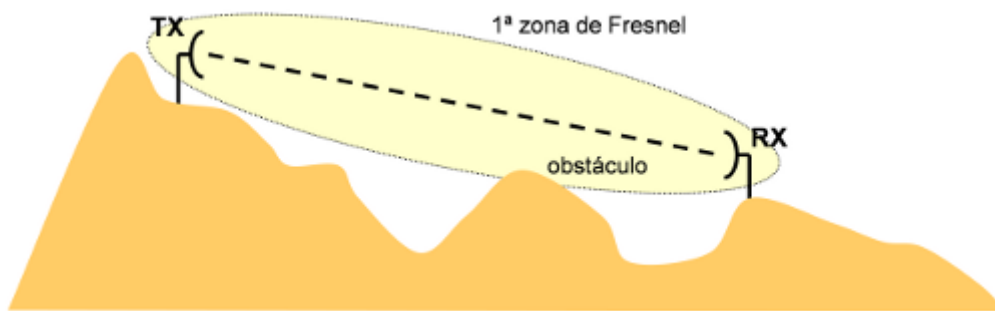


Figura 1: Zona Fresnel

Fuente <http://www.radioenlaces.es/articulos/perdidas-en-obstaculos/>

Así, la fase mínima se produce para el rayo que une en línea recta al emisor y el receptor. Tomando su valor de fase como cero, la primera zona de Fresnel abarca hasta que la fase llegue a  $180^\circ$ , adoptando la forma de un elipsoide de revolución. La segunda zona abarca hasta un desfase de  $360^\circ$ , y es un segundo elipsoide que contiene al primero. Del mismo modo se obtienen las zonas superiores. La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel.

La obstrucción máxima recomendada es el 20%. Para el caso de radiocomunicaciones depende del factor K (curvatura de la tierra) considerando que para un  $K=4/3$  la primera zona de fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con  $K=2/3$  se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel. Para establecer las zonas de Fresnel, primero debemos determinar la línea de vista de RF, que de forma simple, es la línea recta que une los focos de las antenas transmisora y receptora.

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel es:

$$r_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

Ecuación 3: cálculo de zona de Fresnel

Donde:

$r_n$  = radio de la enésima zona de Fresnel en metros ( $n=1,2,3\dots$ ).

$d_1$  = distancia desde el transmisor al objeto en metros.

$d_2$  = distancia desde el objeto al receptor en metros.

### 3.2.5 Radioenlace

Se conoce como radioenlace a cualquier interconexión entre terminales de telecomunicación efectuada por ondas electromagnéticas, específicamente por aquellas que entran en el rango de las señales de radio.

Los radios enlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la Transmisión y otra para la recepción. Al par de frecuencias asignadas para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio canal. Una onda portadora es una forma de onda, generalmente sinusoidal, que es modulada por una señal que se quiere transmitir. Ésta onda portadora es de una frecuencia mucho más alta que la de la señal moduladora (la señal que contiene la información a transmitir).

Al modular una señal se desplaza su contenido espectral en frecuencia, ocupando un cierto ancho de banda alrededor de la frecuencia de la onda portadora. Esto permite multiplexar en frecuencia varias señales simplemente utilizando diferentes ondas portadoras y conseguir así un uso más eficiente del espectro de frecuencias. En otras palabras, la modulación de onda codifica a la señal en una señal de radiofrecuencia, a la que se llama portadora.

Clasificación:

Según sean sus terminales se dividen en:

**Radioenlace de servicio fijo:** sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz.

**Radioenlace de servicio móvil:** como el nombre lo indica, son aquellas en la que las terminales son móviles.

Por la situación de las terminales pueden ser:

Todos en la tierra: radioenlaces terrenales

Uno o más repetidores en satélite: radioenlace espacial o por satélite

Según el tipo de señal que transmiten:

Analógicas: fueron las primeras. Tenían finalidad de transmitir canales telefónicos y de televisión

Digitales: permiten regeneración de la señal, mayor tolerancia al ruido e interferencias.

### **3.2.6 Microondas**

La radiocomunicación por microondas se interpreta como la transmisión de datos o voz a través de radiofrecuencias con longitudes de onda en la región de frecuencias de microondas. Se describe como microondas a aquellas ondas electromagnéticas cuyas frecuencias van desde los 300 MHz hasta los 300 GHz o aún más. Por consiguiente, las señales de microondas, a causa de sus altas frecuencias, tienen longitudes de onda relativamente pequeñas, de ahí el nombre de “microondas“. Así por ejemplo la longitud de onda de una señal de microondas de 100 GHz es de 0.3 cm., mientras que la señal de 100 MHz, como las de banda comercial de FM, tiene una longitud de 3 metros. Las longitudes de las frecuencias de microondas van de 1 a 60 cm., un poco mayores a la energía infrarroja.

Antenas de tipo rejilla, pueden ser usadas en frecuencias de microondas bajas, por debajo de 2.5 GHz. Gran parte de los sistemas de comunicación establecidos desde mediados de las década de 1980 es de naturaleza digital y como es lógico transportan información en forma digital. Sin embargo, los sistemas terrestres de radios repetidoras de

microondas que usan portadores moduladas en frecuencia (FM) o moduladas digitalmente ya sea en QAM o en PSK.

## 20

Siguen constituyendo el 35% del total de los circuitos de transporte de información en los Estados Unidos. Existen una variedad de sistemas de microondas funcionando a distancias que varían de 15 a 4000 millas, los sistemas de microondas de servicio interestatal o alimentador se consideran en general de corto alcance, porque se usan para llevar información a distancias relativamente cortas, por ejemplo, hacer una radiocomunicación entre ciudades que se encuentran en un mismo país. Los sistemas de microondas de largo alcance son los que se usan para llevar información a distancias relativamente mucho más largas, por ejemplo, en aplicaciones de rutas interestatal y de red primaria.

Las capacidades de los sistemas de radio de microondas van desde menos de 12 canales de banda de voz hasta más de 22000. Los primeros sistemas tenían circuitos de banda de voz multiplexados por división de frecuencia, y usaban técnicas convencionales, de modulación en frecuencia no coherente, los más modernos tienen circuitos de banda de voz modulados por codificación de pulsos y multiplexados por división de tiempo usan técnicas de modulación digital más modernas, como la modulación de conmutación de fase (PSK) o por amplitud en cuadratura (QAM).

En telecomunicaciones, las microondas son usadas en radiodifusión, ya que estas pasan fácilmente a través de la atmósfera con menos interferencia que otras longitudes de onda mayores. También hay más ancho de banda en el espectro de microondas que en el resto del espectro de radio. Usualmente, las microondas son usadas en programas informativos de televisión para transmitir una señal desde una localización remota a una estación de televisión mediante una camioneta especialmente equipada.

Una red por microondas es un tipo de red inalámbrica que utiliza microondas como medio de transmisión. El protocolo más frecuente es el IEEE 802.11b y transmite a 2.4

GHz, alcanzando velocidades de 11 Mbps (Megabits por segundo). Otras redes utilizan el rango de 5,4 a 5,7 GHz para el protocolo IEEE 802.11a.

## 21

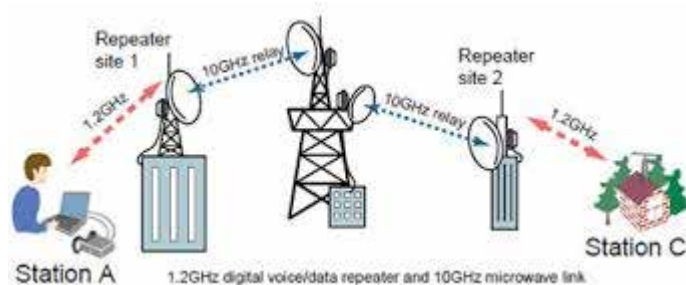


Figura 2: Red por microondas.

Fuente <http://www.emaze.com/@ALWRRFIL/REDES>

La antena utilizada generalmente en las microondas es la de tipo parabólico. El tamaño típico es de un diámetro de unos 3 metros. La antena es fijada rígidamente, y transmite un haz estrecho que debe estar perfectamente enfocado hacia la antena receptora. Estas antenas de microondas se deben ubicar a una altura considerable sobre el nivel del suelo, con el fin de conseguir mayores separaciones posibles entre ellas y poder superar posibles obstáculos. Sin obstáculos intermedios la distancia máxima entre antenas es de aproximadamente 150 km, con antenas repetidoras, claro está que esta distancia se puede extender, si se aprovecha la característica de curvatura de la tierra, por medio de la cual las microondas se desvían o refractan en la atmósfera terrestre.

Por ejemplo dos antenas de microondas situadas a una altura de 100 m pueden separarse una distancia total de 82 km, esto se da bajo ciertas condiciones, como terreno y topografía. Es por ello que esta distancia puede variar de acuerdo a las condiciones que se manejen. La distancia cubierta por enlaces microondas puede ser incrementada por el uso de repetidoras,

las cuales amplifican y re direccionan la señal, es importante destacar que los obstáculos de la señal pueden ser salvados a través de reflectores pasivos.

La señal de microondas transmitidas es distorsionada y atenuada mientras viaja desde el transmisor hasta el receptor, estas atenuaciones y distorsiones son causadas por una pérdida de potencia dependiente a la distancia, reflexión y refracción debido a obstáculos y superficies reflectoras, y a pérdidas atmosféricas.

## 22

Reflector parabólico: se construye de fibra de vidrio o aluminio. El caso de fibra de vidrio se construye con un laminado reforzado con resina poliéster; la superficie se metaliza con Zinc.

Eficiencia: en una antena se ve reducida la ganancia por las siguientes causas:

- Spill Over: la potencia incidente es irradiada en todas las direcciones por el borde de la parábola (rendimiento 90%).
- El iluminador tiene un diagrama de emisión que abarca más que la superficie de la antena (rendimiento de 70%).
- El iluminador absorbe parte de la energía reflejada en la parábola por que obstruye el camino (rendimiento de 95%).
- La rugosidad del reflector produce una diferencia de fase en las ondas reflejadas (rendimiento de 93%).
- Se genera una diferencia de fase cuando el iluminador no está exactamente en el foco de la parábola (rend. 98%).
- Como el reflector no es un conductor ideal parte de la energía penetra en el material y es absorbida (rendimiento 99%).

### 3.2.7 Calculo de enlace microondas

Independientemente del buen equipamiento de red inalámbrica que posea y del despeje de la línea de vista, necesita calcular el presupuesto de potencia de enlace. Sobrecargar un radio enlace no hará necesariamente, que las cosas mejoren para su implementación y causará problemas a otros usuarios del espectro. Tener un buen presupuesto de potencia es esencial ya que es el requerimiento básico del funcionamiento del mismo. Puede ser comparado con los cimientos de una edificación: no importa lo bien hecho que estén el piso, las paredes y el techo, si el cimiento es débil, la edificación entera se caerá.

## 23

Un presupuesto de potencia para un enlace punto a punto es el cálculo de ganancias y pérdidas desde el radio transmisor (fuente de la señal de radio), a través de cables, conectores

y espacio libre hacia el receptor. La estimación del valor de potencia en diferentes partes del radioenlace es necesaria para hacer el mejor diseño y elegir el equipamiento adecuado

4. Los elementos del presupuesto de enlace Los elementos pueden ser divididos en 3 partes principales:

1. El lado de Transmisión con potencia efectiva de transmisión.
2. Pérdidas en la propagación.
3. El lado de Recepción con efectiva sensibilidad receptiva ( ).

Un presupuesto de radio enlace completo es simplemente la suma de todos los aportes (en decibeles) en el camino de las tres partes principales. Potencia del transmisor [dBm] – Pérdida en el cable TX [dB] + ganancia de antena TX [dBi] – Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto [dB] + ganancia de antena RX [dBi] – Pérdidas en el cable del RX [dB] = Margen – Sensibilidad del receptor [dBm].



Figura 3: Trayectoria completa de transmisión entre el transmisor y el receptor

Fuente: <http://clasipar.paraguay.com/servicios/oficios-tecnicos-profesionales/enlaces-de-red-microondasradio-punto-a-punto-multipunto-202061>

Una cuestión importante a tener en cuenta es que si la potencia del transmisor y la del receptor no son iguales debe realizarse el cálculo del presupuesto tanto en el sentido transmisor-receptor como en el sentido inverso para asegurarnos que el enlace se puede establecer efectivamente. Podría darse el caso, por ejemplo, de tener una radio base de mucha potencia para que llegue a varios clientes a distintas distancias y que uno de los

clientes reciba la señal pero no tenga la potencia suficiente para comunicarse con la radio base con lo que el enlace no podrá establecerse.

## 25

### **Potencia de Transmisión (Tx)**

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio. El límite superior depende de las regulaciones vigentes en cada país, dependiendo de la frecuencia de operación y puede cambiar al variar el marco regulatorio. En general, los radios con mayor potencia de salida son más costosos. La potencia de transmisión del radio, normalmente se encuentra en las especificaciones técnicas del vendedor. Tenga en cuenta que las especificaciones técnicas le darán valores ideales, los valores reales pueden variar con factores como la temperatura y la

tensión de alimentación. La potencia de transmisión típica en los equipos IEEE 802.11 varía entre 15 – 26 dBm (30 – 400 mW).

### **Pérdida en el cable**

Las pérdidas en la señal de radio se pueden producir en los cables que conectan el transmisor y el receptor a las antenas. Las pérdidas dependen del tipo de cable y la frecuencia de operación y normalmente se miden en dB/m o dB/pies. Independientemente de lo bueno que sea el cable, siempre tendrá pérdidas. Por eso, recuerde que el cable de la antena debe ser lo más corto posible. La pérdida típica en los cables está entre 0,1 dB/m y 1 dB/m. En general, mientras más grueso y más rígido sea el cable menor atenuación presentará. Para darle una idea de cuán grande puede ser la pérdida en un cable, considere

que está usando un cable RG58 que tiene una pérdida de 1 dB/m, para conectar un transmisor con una antena. Usando 3 m de cable RG58 es suficiente para perder el 50% de la potencia (3 dB).

### **Ganancia de antena**

La ganancia de una antena típica varía entre 2 dBi (antena integrada simple) y 8 dBi (omnidireccional estándar) hasta 21 – 30 dBi (parabólica). Tenga en cuenta que hay muchos factores que disminuyen la ganancia real de una antena. Las pérdidas pueden ocurrir por muchas razones, principalmente relacionadas con una incorrecta instalación (pérdidas en la inclinación, en la polarización, objetos metálicos adyacentes). Esto significa que sólo puede esperar una ganancia completa de antena, si está instalada en forma óptima.

## **26**

### **Pérdidas de propagación**

Las pérdidas de propagación están relacionadas con la atenuación que ocurre en la señal cuando esta sale de la antena de transmisión hasta que llega a la antena receptora.

### **3.2.8 Mantenimiento**

La define mantenimiento  
como: todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

En el mundo de las telecomunicaciones y la ingeniería uno de los conceptos de mantenimiento tiene el siguiente significado:

Cualquier actividad – como comprobaciones, mediciones, reemplazos, ajustes y reparaciones – necesarios para mantener o reparar una unidad funcional de forma que esta pueda cumplir con sus funciones.

## **Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo permite detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir costos de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación entre una larga lista de ventajas. Además debemos agregar que el mantenimiento preventivo en general se ocupa en la determinación de condiciones operativas, de durabilidad y de confiabilidad de un equipo.

## **Mantenimiento Correctivo**

No planificado: Corrección de las averías o fallas, cuando estas se presentan no planificada mente, al contrario del caso de Mantenimiento Preventivo.

**27**

Esta forma de mantenimiento impide el diagnostico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc. El ejemplo de este tipo de Mantenimiento Correctivo No Planificado es la habitual reparación urgente tras una avería que obligó a detener el equipo o máquina dañada.

Planificado: El Mantenimiento Correctivo Planificado consiste en la reparación de un equipo o máquina cuando se dispone del personal, repuestos y documentos técnicos necesarios para efectuarlo.

### 3.3 Definición de Términos Básicos

**ATENUACION:** En telecomunicaciones, se denomina atenuación de una señal, sea esta acústica, eléctrica u óptica, a la pérdida de potencia sufrida por la misma al transitar por cualquier medio de transmisión.

**BTS:** Estas siglas significan estación base (en inglés: (BTS)).

**DRAE:** Abreviación de diccionario de la real academia española

**IEEE:** Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica conocido por sus siglas IEEE, leído i-triple-e en Latinoamérica o i-e-cubo en España.

**LOS (LINE OF SIGHT):** Propagación de alcance visual es la que tiene un enlace de radio que debe tener visibilidad directa entre las antenas emisora y receptora, por lo que no debe haber obstáculo entre ambas. También se utiliza en ocasiones su denominación en inglés, Line of Sight, o su acrónimo LOS

**METODOLOGIA:** El término metodología se define como el grupo de mecanismos o procedimientos racionales, empleados para el logro de un objetivo, o serie de objetivos que dirige una investigación científica. Este término se encuentra vinculado directamente con la ciencia

**MIGRACION:** Se refiere al cambio de tecnología utilizada en algún radioenlace de comunicaciones. Ya sea de modelo o de marca de los equipos utilizados

**OPERATIVIDAD:** Calidad de operativo; es decir, en condiciones para operar

**PSK:** La modulación por desplazamiento de fase o PSK ( ) es una forma de modulación angular que consiste en hacer variar la fase de la portadora entre un número determinado de valores discretos.

## 29

**QAM:** La modulación de amplitud en cuadratura o QAM (acrónimo de por sus siglas en inglés) es una técnica que transporta dos señales independientes, mediante la modulación de una señal portadora, tanto en amplitud como en fase.

**REHABILITACION:** Rehabilitación según el DRAE es el término para describir la acción de "habilitar de nuevo o restituir a alguien o algo a su antiguo estado".

## CAPÍTULO IV

### FASES METODOLÓGICAS

#### 4.1 Fases Metodológicas

##### 4.1.1 Fase I: Evaluación, con el apoyo de Operación y Mantenimiento, del estado del enlace afectado por las fallas que presenta continuamente el radio Ericsson

En esta fase se realizara la evaluación con claridad y exactitud los factores que estén causando la obsolescencia del enlace ZONA IND. GUACARA contra GUACARA

De allí que se recolectara toda la información en hacer un reconocimiento físico en dichas estaciones, es decir, en equipos, dispositivos y servicios, en cuanto a evaluar cómo ha funcionado el enlace, con el objetivo de identificar la ubicación de las fallas, tipos y grado de incidencia en la red móvil, determinar si existe una documentación como guía para el personal de operación, de capacitación para el personal nuevo que ingresa, para las contratistas relacionadas con la empresa y la existencia de repuesto para el reemplazo de los equipos en el caso que sea necesaria la migración.

#### **4.1.2 Fase II: Análisis de las posibles tecnologías disponibles para la migración del radio Ericsson.**

A continuación en esta fase se recolectara información donde se especifican los equipos de comunicación necesarios para ser utilizados en el enlace, disponibles en los almacenes de la corporación Digitel C.A que se utilizaran para reemplazar la tecnología Ericsson existente en el enlace ZONA IND. GUACARA contra GUACARA. Este análisis se realizara también para conocer la vida útil que tendrán los nuevos equipos que serán utilizados, y así el personal capacitado a cargo de operación y mantenimiento podrán estar más al tanto de la operatividad de este enlace; para que de esta manera evitar las frecuentes paradas imprevistas y reducir las fallas de operatividad de la red.

#### **4.1.3 Fase III: Selección de la tecnología más factible para realizar la migración del radio Ericsson.**

En esta fase se seleccionara, luego de haber realizado la evaluación pertinente visitando las estaciones del enlace ZONA IND. GUACARA contra GUACARA que tecnología se indicara en la metodología para la realización de la migración de los equipos que actualmente son utilizados en dicho enlace. Se tomara en cuenta las características técnicas de los equipos disponibles en los almacenes de la corporación Digitel C.A necesarios para el buen funcionamiento de este enlace.

#### **4.1.4 Fase IV: Elaboración de la metodología general para poder realizar la migración del radio Ericsson.**

En esta fase se procederá a elaborar la metodología general para realizar la migración de la tecnología Ericsson a la tecnología que haya sido escogida para ser utilizada en el enlace de ZONA IND. GUACARA contra GUACARA. Dicha metodología tendrá la información necesaria para que en el caso que esta sea aprobada por el departamento de ingeniería de la corporación Digitel C.A se pueda realizar la migración.

En ella estarán plasmados los cálculos del nuevo enlace de microondas que será instalado para la transmisión de la información del tráfico que por ese enlace será enviada y también la información de ingeniería necesaria para la instalación de la nueva tecnología.

32

## **CAPITULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1 Fase I: Evaluación, con el apoyo de Operación y Mantenimiento, del estado del enlace afectado por las fallas que presenta continuamente el radio Ericsson**

En esta fase luego de realizar el recorrido por las instalaciones de la Corporación Digitel C.A y conocer al todo el equipo con el que se trabajara durante el desarrollo de este trabajo de investigación en estas 12 semanas de pasantías. Se procedió a hablar con el Ing. Manuel Rivera quien ejerce como jefe y coordinador del departamento de planificación y proyectos de O&M acceso para ver que deseaba el que se realizara como proyecto de pasantías. Luego se asignó como tutor de campo al especialista Ing. Jose Villalobos con el cual se procedería a realizar las visitas pertinentes a las estaciones que se veían afectadas por las constantes fallas de los radios marca Ericsson modelo CN510 las cuales son ZONA IND GUACARA ubicada en Torre colocalizada con Movistar, Tanque de Hidrocentro, sector Loma Linda, Guacara y la estación GUACARA ubicada en Avenida Araguaita, parcelamiento Zona sur Guacara, Parcela N° 6, Jurisdicción del Distrito Guacara, Estado

Carabobo , luego de llegar a a cada una de estas se realizó la evaluación con claridad y exactitud los factores que estaban causando la obsolescencia del enlace ZONA IND.

#### GUACARA contra GUACARA

De allí se recolecto toda la información en hacer un reconocimiento físico en dichas estaciones, es decir, en equipos, dispositivos y servicios, en cuanto a evaluar cómo estaba funcionando el enlace, con el objetivo de identificar la ubicación de las fallas, tipos y grado de incidencia en la red móvil, se determinó si existe una documentación como guía para el personal de operación, de capacitación para el personal nuevo que ingresa, para las contratistas relacionadas con la empresa y la existencia de repuesto para el reemplazo de los equipos en el caso que sea necesaria la migración.



Figura 4: Torre de Comunicaciones estación Guacara

Fuente: El autor

## **5.2 Fase II: Análisis de las posibles tecnologías disponibles para la migración del radio Ericsson.**

En esta fase se recolecto la información necesaria junto a la ayuda del personal que se encarga del control y despacho de los almacenes e inventarios de la Corporación Digitel C.A en el Switch de operaciones ubicado en la zona industrial de Valencia estado Carabobo donde se les especifico la problemática que se presenta en el enlace ZONA IND GUCARA contra GUACARA y se procedio a analizar las posibles tecnologías para interconectar las estaciones ZONA IND GUACARA contra GUACARA y las alternativas posibles son:

**5.2.1 Fibra óptica** La fibra óptica de hoy constituye uno de los medios de transmisión más eficaces y de los que brindan mayores velocidades, esto según el tipo de fibra óptica que se use, puede cubrir áreas muy extensas manteniendo un gran ancho de banda y bajas pérdidas lo que te asegura una transmisión de datos más robusta.

## 34

Son el medio de transmisión por cable más avanzado, al ser inmune a las interferencias electromagnéticas, y también se utilizan para redes locales donde se necesite aprovechar las ventajas de la fibra óptica sobre otros medios de transmisión.

### **Ventajas**

Su principal ventaja es el ancho de banda de paso que permite flujos muy elevados en orden de los GHz, con un volumen de tamaño bajo y gran flexibilidad y ligereza, además tiene inmunidad total de las perturbaciones de origen electromagnético, lo que implica un calidad de transmisión muy estable y no genera interferencia con otros sistemas de transmisión. Es insensible a señales parasitas, lo que se traduce en que la fibra óptica no es afectada por cables de energía eléctrica y esto permite la coexistencia de ambos por los mismos conductos. Proporciona comunicaciones hasta 70 Km antes de que sea necesario regenerar la señal, ya que su atenuación es muy pequeña independientemente de la frecuencia, llegando a extenderse a 150 Km utilizando amplificadores láser.

### **Desventajas**

Una de las principales desventajas de la fibra óptica es el alto costo de su implementación, además son muy frágiles y los empalmes son difíciles de realizar,

especialmente en el campo, lo que dificulta las reparaciones en caso de ruptura del cable. La fibra óptica convencional no puede transmitir potencias elevadas ni transmitir electricidad esto limita su aplicación donde el terminal de recepción debe ser energizado desde una línea eléctrica. Es afectada por el agua ya que esta corroe la superficie del vidrio y resulta ser el mecanismo más importante para el envejecimiento de la fibra óptica.

**5.2.2 Metro Ethernet** Es una arquitectura de red de banda ancha que está destinada para redes metropolitanas, de alta velocidad. Estas redes soportan una amplia gama de servicios, aplicaciones, incluyendo soporte a tráfico en tiempo real, como puede ser telefonía IP y video IP, tráfico que resulta especialmente sensible a retardo. Es una tecnología empleada para conectar a varias LANs separadas por grandes distancias geográficas.

## 35

### **^Ventajas**

Este sistema permite ofrecer un ancho de banda alto a bajo costo garantizando una red privada con conexión sencilla, con velocidades de transmisión de hasta 10 Gbps y bajos costos en la implementación de la infraestructura

### **Desventajas**

Actualmente la empresa que brinda servicio Metro Ethernet no tiene la capacidad de brindar un servicio de alta calidad y fiabilidad, además su equipo de mantenimiento y de respuesta a fallas es muy deficiente. No es una red muy segura debido a que se puede dar accesos entre usuarios ya que emplean el mismo medio.

**5.2.3 Enlaces microondas** Es un medio de transmisión de datos o voz que emiten señales usando como medio la atmosfera terrestre, no necesita de un medio físico para transmitir, provee conectividad entre dos sitios con línea de vista en frecuencias desde 300 MHz hasta los 300GHz, para una mejor emisión y recepción estos se encuentran en la cima de torres, para radioenlace se usan equipos de radio con frecuencias de portadora por encima de 1 GHz, pudiendo transmitir información a grandes velocidades según los equipos que se empleen, su implementación es de bajo costo y en corto tiempo. Se utiliza comúnmente

para transmitir información entre localidades que recorren largas distancias con la posibilidad de instalar repetidores y poder llegar a distancias remotas.

### **Ventajas**

Son considerablemente más económicos, con fácil y rápida instalación, el mantenimiento de las mismas es de bajo costo y de actuación rápida. Puede transmitirse por la atmosfera terrestre lo que te permite superar irregularidades de terreno que suelen ser las limitaciones más comunes, pudiendo llegar a cualquier ubicación geográfica, la calidad y velocidades de transmisión son regulaciones que se aplican a los equipos de trabajo ya que las características del medio de trasmisión son esencialmente constantes en el ancho de banda.

## **36**

Los enlaces microondas pueden brindar velocidades altas, incluso mayores a 2 Gbps.

### **Desventajas**

Para poder transmitir información el emisor y receptor deben tener línea de vista directa, se debe tener acceso adecuado a las estaciones repetidoras, además se debe contar con equipos de alta potencia para transmitir información a largas distancias. Las adecuaciones correctas para estaciones de telecomunicaciones en algunos casos generan altos costos.

### **5.3 Fase III: Selección de la tecnología más factible para realizar la migración del radio Ericsson.**

Para elegir la solución más productiva e idónea se procedió a realizar una evaluación de distintas variables tales como el rendimiento que brinda cada posible solución, el costo de la misma y el tiempo de ejecución y puesta en servicio. Al ver la compatibilidad con los recursos de la empresa, se decidió proponer una interconexión mediante el uso de enlaces microondas, debido a que ya existe un enlace en funcionamiento al cual solo se le quiere reemplazar la tecnología existente por otra que presente menos

fallas, también al bajo costo que implica realizar esto y a la posibilidad de utilizar equipos de bajo costo con buen rendimiento y altas velocidades de transmisión.

Luego de recibir por parte del personal de almacén e inventario el listado de los equipos y modelos disponibles que cumplen los requisitos para ser instalados en el enlace afectado de ZONA IND. GUACARA contra GUACARA se acordó escoger la Tecnología NERA EDGE como radio a utilizar en el enlace de microondas la cual se indicara en la metodología como se deberá realizar la migración de los equipos que actualmente son utilizados en dicho enlace. Se tomaron en cuenta las características técnicas de los equipos, la cantidad de repuestos y cantidad de equipos disponibles en los almacenes de la corporación Digitel C.A necesarios para el buen funcionamiento de este enlace.

### 37

Se procedió a escoger la Tecnología NERA EDGE ya que es una tecnología que la Corporación Digitel C.A posee y tiene disponibilidad inmediata para sustituciones, posee el personal capacitado para la instalación y mantenimiento de estos equipos, el uso de esta tecnología representaría un ahorro considerable para la corporación ya que no habría que realizar una gran inversión para realizar la migración en dado caso que esta propuesta sea aprobada por el departamento de ingeniería

#### 5.4 Fase IV: Elaboración de la metodología general para poder realizar la migración del radio Ericsson.

##### 5.4.1 Soporte de los parámetros utilizados en el diseño del radioenlace

<b>DATO</b>	<b>VALOR</b>	<b>SE OBTUVO DE</b>
FRECUENCIA OPERACION	19370 MHZ	VER ANEXO "F"
COORDENADAS ZONA IND GUACARA		RADIO MOBILE
COORDENADAS GUACARA		RADIO MOBILE
ALTURA ANTENA	TX: 28 m	VER ANEXO "G"

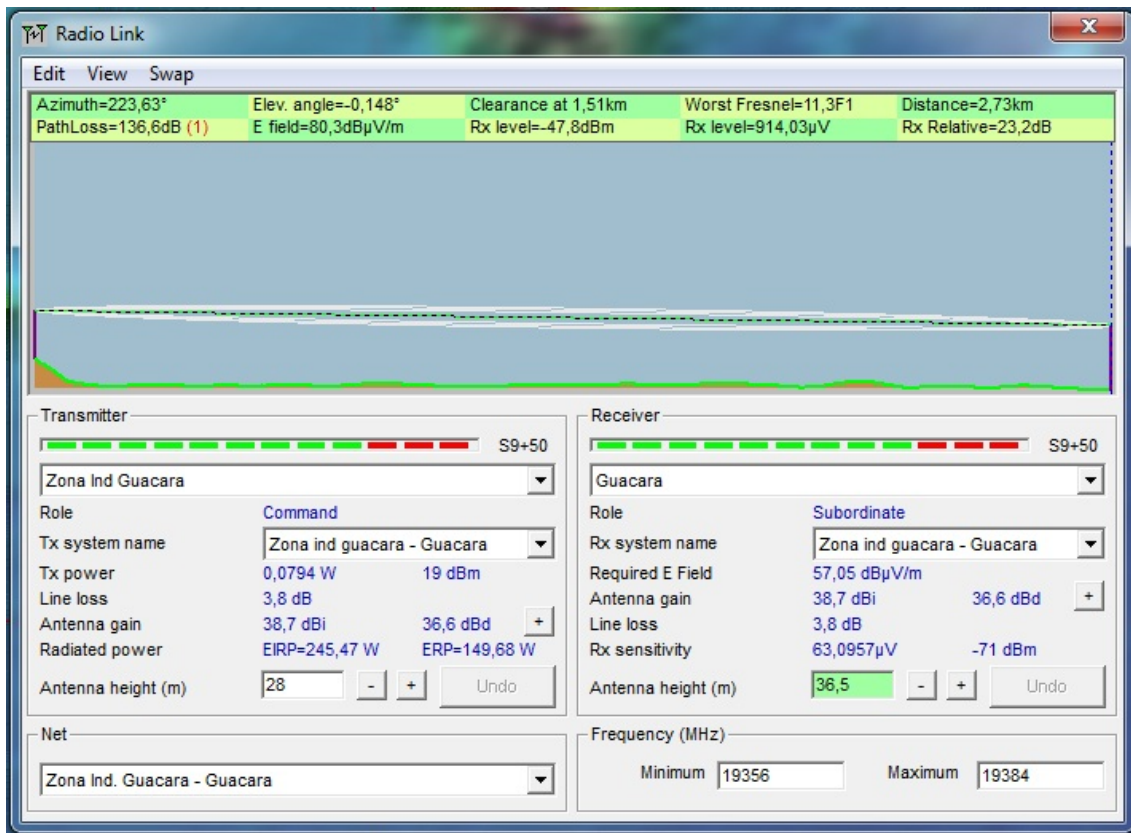
	RX: 36,5 m	
ALTURA DEL TERRENO	TX : 456,47 m RX : 439,15 m	VER ANEXO "G"
GANANCIA ANTENA	TX y RX : 38,7 dB	VER ANEXO "B"
POTENCIA TX	19 dB	VER ANEXO "H"
UMBRAL RECEPTOR	-71 dBm	VER ANEXO "A"
PERDIDA DIPLEXOR	3,8 dB	VER ANEXO "D"

Tabla 1: Soporte de los parámetros utilizados en el cálculo del radioenlace

Fuente: El autor

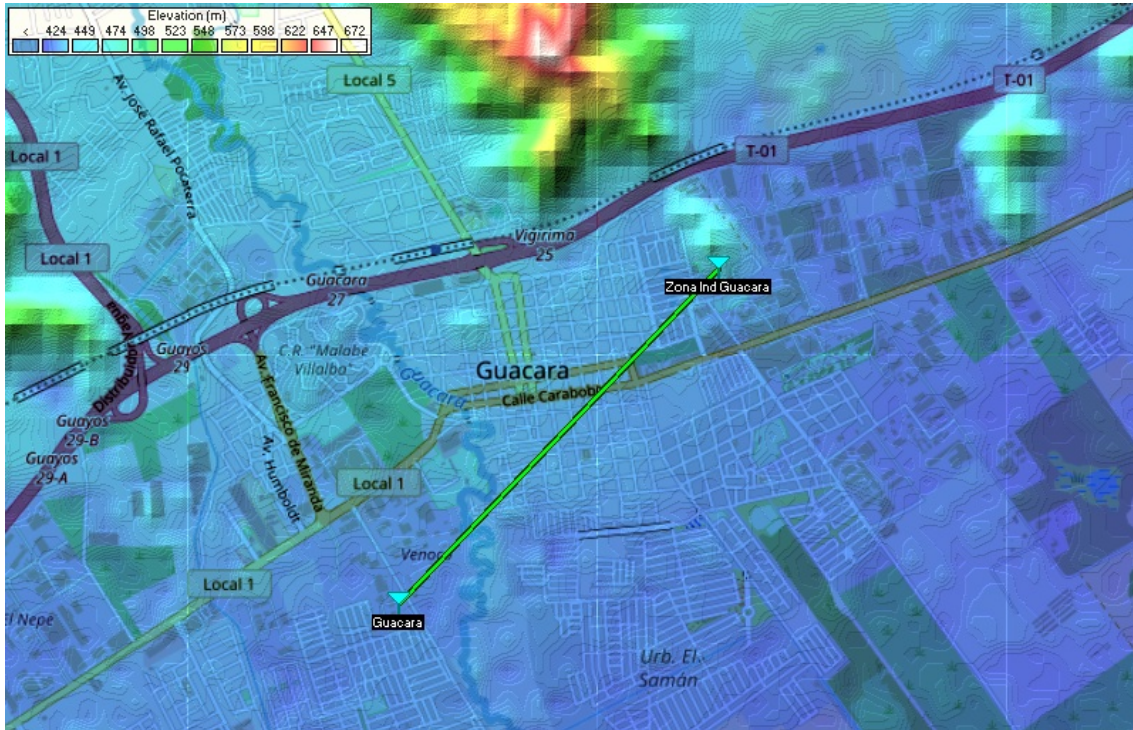
### 39

En la figura 5 se muestran los parámetros del enlace punto a punto en el software Radio Mobile



Fuente: Radio Mobile

En la figura 6 se puede observar la ubicación geográfica de las dos estaciones del radioenlace



Fuente: Radio Mobile

## 5.4.2 Cálculos teóricos del radioenlace

### 5.4.2.1 Calculo del horizonte geométrico ( $d_h$ ) con respecto a la altura sobre el nivel del mar de la antena transmisora (Tx)

El horizonte geométrico, define el lugar geométrico donde las ondas radioeléctricas provenientes de la antena transmisora son tangentes a la superficie de la tierra, es decir, delimitan la distancia entre la antena transmisora, hasta un punto donde se observa la máxima visibilidad directa. El horizonte geométrico se calcula a través de la siguiente ecuación

$$d_h = \sqrt{2 \times a_e \times h_{tx}} \text{ (Km)}$$

Ecuación 5: Fórmula para calcular el horizonte geométrico

41

Donde:

$$a_e = \text{Radio ficticio de la tierra} = 6370 \text{ Km}$$

$$h_{tx} = \text{Altura de la antena sobre el nivel del mar (km)} = 0.4845$$

Obteniendo como resultado:

$$d_h = 78,57 \text{ Km}$$

Este resultado, evidencia que existe línea de vista geométrica entre la antena transmisora y la antena receptora, debido a que como se ha mencionado con anterioridad en enlace está comprendido en una distancia de 2,73 Km, y la visibilidad definida por el horizonte geométrico supera la misma.

#### **5.4.2.2 Calculo del horizonte radioeléctrico ( $d_{hr}$ ) con respecto a la altura sobre el nivel del mar de la antena transmisora**

El horizonte radioeléctrico permite superar al horizonte geométrico determinado por la curvatura de la tierra, tomando en cuenta las condiciones de refracción que ocurren en la atmosfera terrestre con respecto al factor de radio ficticio de la tierra (K). El horizonte radioeléctrico se calcula de la siguiente manera

$$d_{hr} = \sqrt{2 \times k \times a_e \times h_{tx}} \text{ (Km)}$$

Ecuación 6: Fórmula para calcular el horizonte radioeléctrico

Donde:

$$K = \text{Factor del radio ficticio de la tierra} = 4/3$$

El factor de radio ficticio de la tierra utilizado es el establecido por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT-R P.530-12)

Después de realizar el cálculo correspondiente se obtiene:

$$d_{hr} = 90,7 \text{ Km}$$

Por lo tanto se puede observar que la antena receptora del sistema de radioenlace se encuentra ubicada dentro del área de cobertura que posee el horizonte radioeléctrico, lo que significa que existe línea de vista radioeléctrica, lo cual es favorable porque el fenómeno de refracción no afecta la señal transmitida por el sistema de microondas.

#### **5.4.2.3 Cálculo de la pérdida básica de transmisión en el espacio libre (PEL)**

Como lo señala la UIT-R P.525-2, cuando se trata de un enlace punto a punto, es preferible calcular la atenuación en el espacio libre entre antenas isótropas, tomando en cuenta la frecuencia de trabajo y la distancia entre la antena transmisora y la antena receptora

$$PEL = 32,4 + 20\text{Log}f + 20\text{Log}d \text{ (dB)}$$

Ecuación 7: Fórmula para calcular PEL

Donde:

$$f = \text{Frecuencia de trabajo (MHZ)} = 19730 \text{ MHZ}$$

$$d = \text{Distancia entre el transmisor y el receptor (Km)} = 2,73 \text{ Km}$$

Obteniendo como resultado

$$PEL = 125,025 \text{ dB}$$

#### **5.4.2.4 Cálculo de la pérdida específica de lluvias**

Las ondas de radio que se propagan a través de una región lluviosa se atenúan como consecuencia a la absorción de potencia que se produce en un medio dieléctrico con pérdidas como es el agua. Esto depende de la intensidad de la precipitación (medida en mm/h), de manera que cuanto más intensa es esta mayor es la atenuación. La atenuación específica por la lluvia se puede calcular a través de la siguiente ecuación

$$\gamma = K \times R^{\alpha}$$

Ecuación 8: Formula para el cálculo de la atenuación específica de lluvias

Donde:

R= Razón de lluvia

K y  $\alpha$  = Constantes que dependen de la frecuencia ( h = horizontal, v = vertical )

Frecuencia GHz	Kh	h	Kv	v
19	0,08084	1,0691	0,08642	0,9930

Tabla 2: Coeficientes que dependen de la frecuencia para estimar la atenuación específica debida a la lluvia

Fuente: Rec. UIT-R P.838-3 (ver anexo “C”)

De la tabla anterior se deduce que la atenuación es ligeramente superior para polarización horizontal que para la polarización vertical debido a la forma que adquieren las gotas de lluvia durante la caída por lo que las constantes seleccionadas son

$$K_v = 0,08642$$

$$v = 0,9930$$

$K$  y  $v$  son unas constantes que dependen de la frecuencia y de la polarización de la onda electromagnética. Para obtener de la intensidad de lluvia  $R$ (mm/h) se estudia el comportamiento estadístico de la lluvia. Para la predicción de la atenuación producida por la lluvia se necesita información sobre las estadísticas de la intensidad de precipitación. En la Recomendación UIT-R PN.837 (ver tabla 3) se proporcionan valores de  $R$  excedidos durante determinados porcentajes de tiempo y para distintas zonas hidrometeorológicas mundiales. Se puede observar en el mapa de zonas hidrometeorológicas. En el caso específico de este enlace corresponde a la zona mundial N.

Porcentaje del Tiempo %	R (mm/h) Zona N
1,0	5
0,3	15
0,1	35
0,03	65
0,01	95
0,003	140
0,001	180

Tabla 3: Intensidad de la lluvia excedida (mm/h)

Fuente: Rec. UIT-R PN.837-1

De la tabla se deduce que para la zona N llueve más de 95 mm/h durante menos del 0,01% del tiempo. Por lo tanto, si se desea que nuestro sistema presente una disponibilidad del 99,99% (poco más de 52 minutos indisponibilidad en todo un año), será necesario realizar el diseño del mismo teniendo en cuenta una intensidad de lluvia  $R = 95$  mm/h en el instante de calcular las atenuaciones.

$$\gamma = 0,08642 \times 95^{0,9990}$$

$$\gamma = 7,95 \text{ dB/Km}$$

Luego el cálculo de las pérdidas por lluvia se realizaría de la siguiente manera

$$L_{LLUVIA} = \gamma \times d$$

Ecuación 9: Fórmula para calcular la pérdida específica por lluvia

Donde

$d$  = distancia entre las antenas (Km)

$$L_{LLUVIA} = 7,95 \text{ dB/Km} \times 2,73 \text{ Km}$$

$$L_{LLUVIA} = 21,70 \text{ dB}$$

#### 5.4.2.5 Calculo de la potencia en el receptor

Permite determinar la potencia en la entrada del receptor

$$Prx_{(dbm)} = Ptx_{(dbm)} + G_{tx} + G_{rx} - PEL - L_{diplexer_{tx}} - L_{diplexer_{rx}} - L_{LLUVIA}$$

Ecuación 10: Fórmula para calcular la potencia recibida en el receptor

$$Prx_{(dbm)} = 19 \text{ dB} + 38,7 \text{ dB} + 38,7 \text{ dB} - 125,025 \text{ dB} - 3,8 \text{ dB} - 3,8 \text{ dB} - 21,70 \text{ dB}$$

$$Prx_{(dbm)} = -57,93 \text{ dBm}$$

#### 5.4.2.6 Calculo del margen del sistema

$$FM = Ptx_{(dbm)} - Cmin$$

Ecuación 11: Fórmula para calcular el margen del sistema

Donde

$Cmin$  = Umbral del receptor

$$FM = -57,93 \text{ dBm} - (-71 \text{ db})$$

$$FM = 13,07 \text{ dB}$$

Este resultado evidencia que el enlace se mantendrá operativo aún bajo las peores condiciones de lluvia, ya verificado que en enlace es viable se procede a describir los pasos metodológicos para realizar esta migración

### **5.4.3 Metodología general para realizar la migración**

**5.4.3.1 Paso 1:** Aprobación del proyecto por la Corporación Digitel C.A

**5.4.3.2 Paso 2:** Asignación de la contratista para realizar el trabajo

**5.4.3.3 Paso 3:** Solicitud de permiso ante el contratante

**5.4.3.3.1** Recepción entra la contratista y la corporación Digitel C.A, via correo electrónico en todo momento, para dar inicio a la realización del servicio de instalación del enlace de microondas

**5.4.3.3.2** Digitel entrega la información necesaria para la ejecución del trabajo y posteriormente solicita a la contratista el personal para que realice la instalación de los equipos necesarios al cliente contratante

**5.4.3.3.3** La contratista envía por correo electrónico, la apertura de un número de permiso de trabajo y se indican las personas que asistirán al sitio. Digitel asigna un número en particular a estos permisos generado por una aplicación llamada REMEDY

**5.4.3.3.4** Antes de ingresar al sitio el día de la visita previa y el día de inicio del trabajo, se solicita el acceso a la estación base, bien sea a través de llamadas o mensajes según lo establezca la corporación Digitel C.A

**5.4.3.3.5** Al ingresar a la estación base se procede a realizar el trabajo que consta de la instalación de los equipos de los enlaces de microondas

**5.4.3.4 Paso 4:** Entrega de equipos (Radios y antenas) al contratista asignado

**5.4.3.5 Paso 5:** Inspección previa al sitio (factibilidad de instalación)

Se realiza una visita previa a la fecha de ejecución del trabajo. Con la finalidad de investigar que esté disponible el espacio a usar dicha instalación, que tengas las condiciones adecuadas al equipo. Y eso comprende: aire acondicionado, el aterramiento en los puntos eléctricos o que tenga una barra de aterramiento

**5.4.3.6 Paso 6:** Instalación del radio transmisor en el RACK

Se introduce el radio transmisor en los alojamientos correspondientes del rack, se atornilla los cuatro (4) tornillos que fijan el radio transmisor al rack

**5.4.3.7 Paso 7:** Armado y verificación los conectores necesarios para la instalación

**5.4.3.8 Paso 8:** Instalación adecuada de la antena a la altura y vista requerida por el proyecto elaborado por la corporación Digitel C.A

**5.4.3.9 Paso 9:** Instalación y peinado adecuado del cableado

**5.4.3.10 Paso 10:** Correcto aterramiento de antena y radio

El radio transmisor tiene un punto de aterramiento de donde sale el cable de tierra, el cual se peina hasta la barra de aterramiento del rack y del rack sale otro cable hasta la barra de aterramiento del cuarto de datos



**5.4.3.12.1** Cubrir el conector del cable coaxial con dos (2) vueltas de teipe

**5.4.3.12.2** Cubrir la capa de teipe con tres (3) vueltas de vulco

**5.4.3.12.3** Cubrir la capa de vulco con tres (3) vueltas de teipe utilizado inicialmente

**5.4.3.13 Paso 13:** Configuración del radio de acuerdo especificaciones del proyecto elaborado por la corporación Digitel C.A

**5.4.3.13.1** Entrar al equipo

La computadora debe estar conectada al puerto ETH1 del radio e ingresar a la ip que trae predeterminado el radio para su acceso la cual es 10.0.0.0, nos pedirá un usuario y contraseña y están vienen predeterminadas como admin/admin



Figura 8: Acceso al radio NERA EDGE

Fuente: Manual NERA EDGE

### 5.4.3.13.2 Ver los parámetros luego de acceder

Si no hubo problemas para ingresar podremos ver una pantalla como esta

The screenshot displays the NERA Evolution Series - EDGE web interface. The top navigation bar includes links for Home, Configuration, Test Functions, Fault, Performance, Security, and Log Out. The main content area is divided into 'Local' and 'Remote' sections, each containing two tables: 'Parameters' and 'Performance'.

**Local Station Parameters:**

Parameters	Status
Station name:	LEFT
Terminal name:	Terminal
Link Config:	None Protection
Tx-frequency:	19370 MHz
Rx-frequency:	18360 MHz
BW/Capacity:	28 MHz - 111 Mb/s
# of E1:	10 (20.48 Mb/s)
ACH/TX Capacity(current):	Enabled - 89 Mb/s
IP address:	137.133.10.81

**Local Station Performance:**

Parameters	Performance
Output power:	20.0 dBm
RCVR level:	-67.0 dBm
SNR:	24.75 dB
ES last hour:	4
Tx Link utilization(24h):	< 24h - no data
Alarms details:	7C,0M,5W

**Remote Station Parameters:**

Parameters	Status
Station name:	Right
Terminal name:	Right
Link Config:	None Protection
Tx-frequency:	18360 MHz
Rx-frequency:	19370 MHz
BW/Capacity:	28 MHz - 111 Mb/s
# of E1:	10 (20.48 Mb/s)
ACH/TX Capacity(current):	Enabled - 89 Mb/s
IP address:	137.133.10.182

**Remote Station Performance:**

Parameters	Performance
Output power:	20.0 dBm
RCVR level:	-67.0 dBm
SNR:	25.48 dB
ES last hour:	10
Tx Link utilization(24h):	< 24h - no data
Alarms details:	8C,0M,5W

At the bottom right, a warning icon indicates: "Highest severity in the system is CRITICAL".

Three callout boxes with arrows point to specific areas: "PARAMETROS DEL ELEMENTO" points to the Local Parameters table; "DATOS ALARMA" points to the Alarms details in the Local Performance table; "ELEMENTOS REMOTOS" points to the Remote Parameters table.

Figura 9: Parámetros del equipo

Fuente: Manual NERA EDGE

### 5.4.3.13.3 Configuración de la fecha y del STNP

Se hace clic en la pestaña time and STNP y observaremos lo siguiente

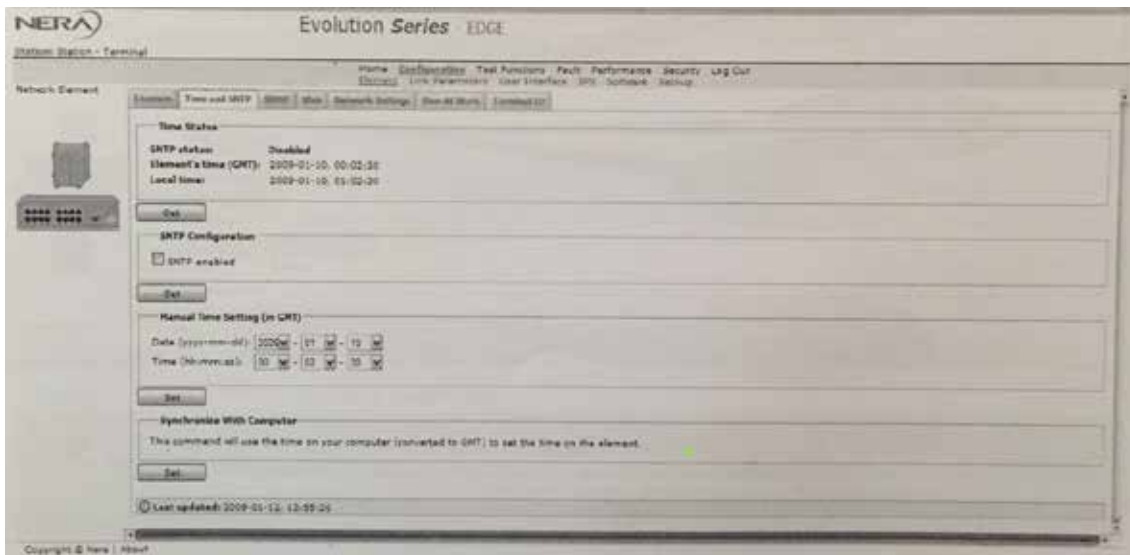


Figura 10: Configuración de fecha y STNP

Fuente: Manual NERA EDGE

### 5.4.3.13.4 Configurar la IP en el radio

El departamento de backbound ip de la Corporacion Digitel C.A debe proveer los siguientes datos: Direccion IP, Mascara de sub red y puerta de enlace predeterminada los cuales serán ingresados en las siguientes casillas

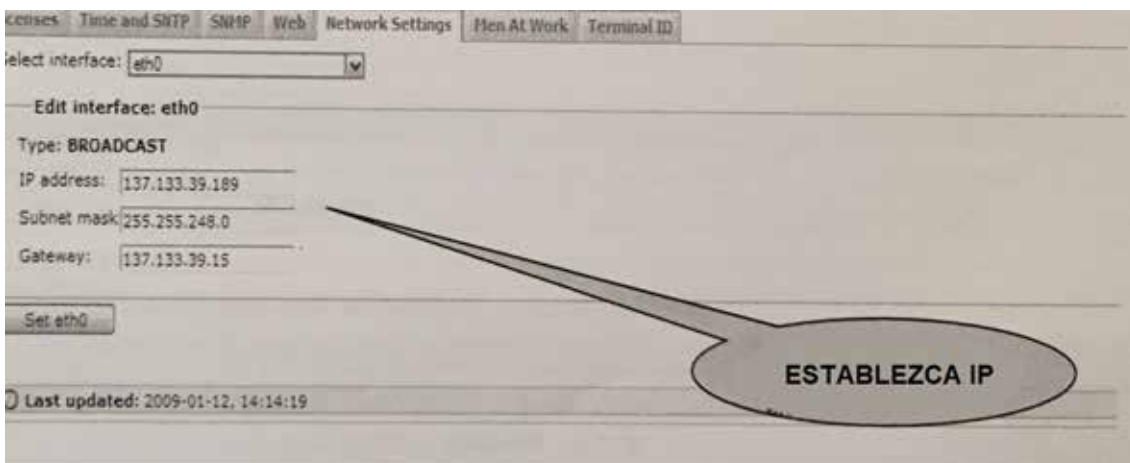


Figura 11: Configuración IP del radio

Fuente: Manual NERA EDGE

### 5.4.3.13.5 Configuración del nombre de la estación y terminal

En la pestaña “TERMINAL ID” se configura el nombre del terminal y la estación en la cual este radio va a trabajar

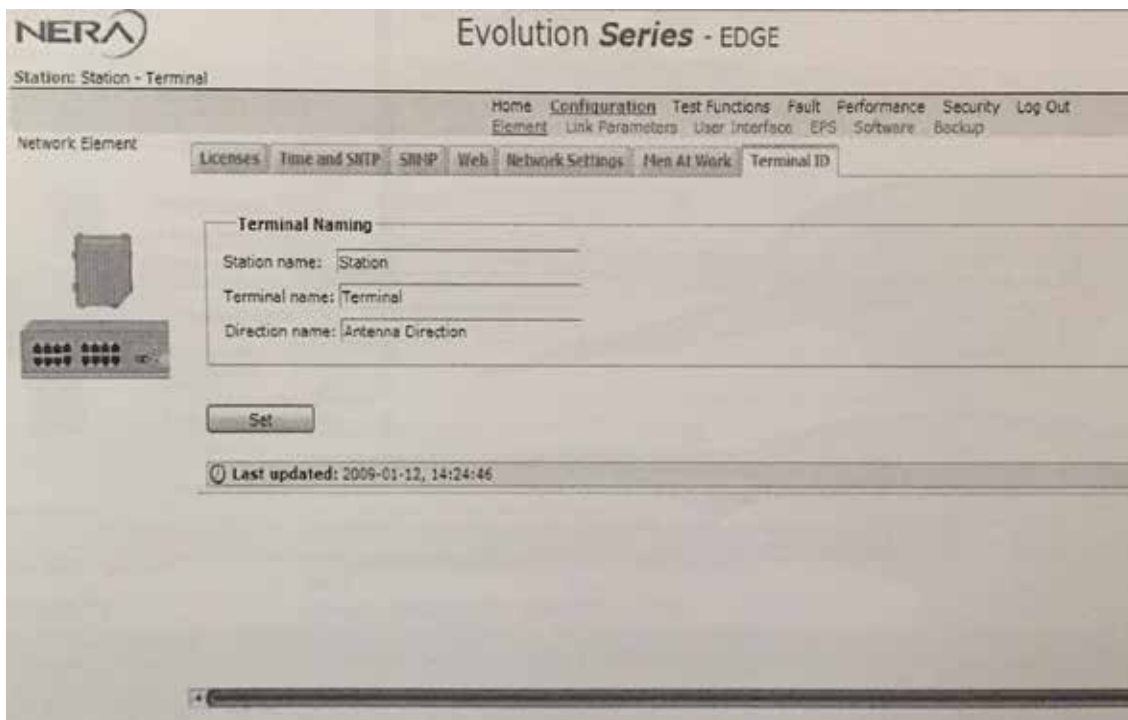


Figura 12: Configuración del nombre de la estación y terminal

Fuente: Manual NERA EDGE

### 5.4.3.13.6 Configuración del ancho de banda, capacidad de E1, frecuencia y diplexer

En la pestaña “link parameters” observaremos la siguiente ventana donde configuraremos el ancho de banda y la capacidad de los E1 de nuestro enlace

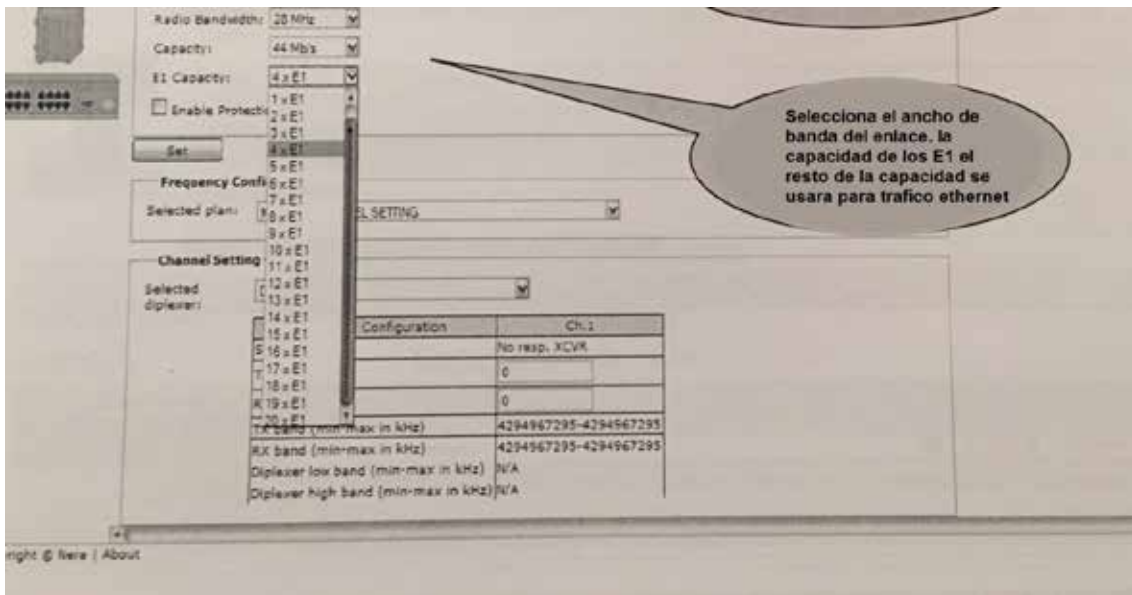


Figura 13: Configuración del ancho de banda y capacidad del enlace y E1

Fuente: Manual NERA EDGE

Más abajo en la misma pestaña veremos la opción de configurar el plan de frecuencia y el código del diplexer donde se indicara que estación estará en HIGH y cual en LOW

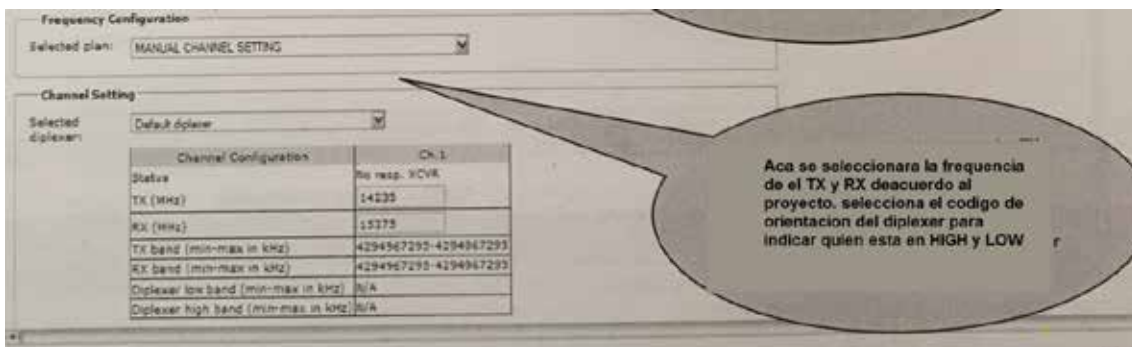


Figura 14: Configuración de la frecuencia y diplexer

Fuente: Manual NERA EDGE

**5.4.3.14 Paso 14:** Alineación del enlace por voltaje a través de un tester

El personal de la contratista conecta un multímetro a la antena, el cual se ajusta como voltímetro y se direcciona la antena, midiendo el nivel de voltaje. En el caso de los equipos NERA EDGE mientras más bajo sea el nivel de voltaje mayor alineación tienen las antenas del enlace.

**5.4.3.15 Paso 15:** Verificación de las pérdidas del enlace a través de una prueba de BER (Bit Error Relation)

Después de alineada la antena se procede al paso de la medición del BER, en este caso es un parámetro que indica la tasa de error de bit error, Digitel procede a colocar el equipo en el lado del transmisor y hacer un lazo en el lado del receptor, se mide la tasa de BER, si la tasa de BER medida es menor al BER que tenemos en el fabricante, el enlace se considera que está funcionando y luego se procede a la certificación

**5.4.3.16 Paso 16:** Certificación del enlace, por parte del personal de la corporación Digitel C.A

La certificación de que el enlace esté funcionando perfectamente lo realiza el personal de Digitel y aquí ya no participa la contratista que instaló el nuevo enlace con la tecnología NERA EDGE

## CONCLUSIONES

Durante la realización de cualquier trabajo de campo existen factores de mucha relevancia que muchas veces a los seres humanos se les escapan de las manos principalmente uno de estos factores es el tiempo. El ahorro de este factor es indispensable sobre todo cuando en los proyectos que están por realizarse existe la inversión de dinero. El impulso por administrar de la mejor forma este recurso para lograr con los objetivos trazados generalmente induce a los errores de factor humano, errores que luego implican mucho más tiempo perdido mejorando las condiciones iniciales en las que se entregó operativamente cualquier proyecto.

Este proyecto se realizó con el objetivo de brindar una herramienta a la corporación Digitel C.A para que mejore la calidad de tiempo tanto para sus empleados directos como indirectos e incluso sus clientes ofreciéndoles un servicio de alta calidad.

Las metodologías contienen especificaciones técnicas u otros criterios precisos para ser usados consistentemente como reglas, guías o definiciones de características, para asegurar que los materiales, productos, procesos y servicios se ajusten a su propósito. En el caso de las telecomunicaciones, una metodología es un conjunto de normas y recomendaciones técnicas que regulan la transmisión en los sistemas de comunicaciones, este proyecto realizado la metodología cumple su función como guía de pasos que va describiendo un proceso el cual debe verificarse etapa a etapa.

El mantenimiento de una red de telefonía para cualquier empresa es de gran costo entendiendo que siempre existirá instalaciones de radioenlaces nuevos con el objeto de ampliar la red por lo que es constante los cambios. La metodología de los pasos referentes a la instalación de los radioenlaces se realizó de la manera más estándar y general para ser aprovechada por los empleados de la corporación Digitel C.A siendo una base de datos vanguardista y disponible a cambios en el futuro que pudiera presentarse tanto en las tecnologías como en la empresa misma, solo es el inicio de una herramienta que sin duda crecerá y se espera documente en su totalidad toda la red de la corporación Digitel C.A y

principalmente le dará como beneficio a la corporación el ahorro de tiempo al tener organizada y documentada las condiciones iniciales de sus enlaces, los datos principales de Sus enlaces, los datos principales de clientes y contratistas y mayor alcance, proporcionando un seguimiento completo de toda la red y los agentes externos involucrados en todo este proceso.

Durante todo este proceso de aprendizaje desde la formulación del proyecto hasta su entrega a la corporación Digitel C.A se descubrió un mundo interesante e incomparable cargado de tecnologías y definiciones nuevas que fueron enriquecedoras a nivel profesional. También se pudo conocer de cerca el trabajo de campo que se realiza, compartir con las personas encargadas de las estaciones da un punto de vista totalmente diferente y aprender que la improvisación es su herramienta más utilizada, como ingenieros es importante la practicidad de resolver los problemas siempre y cuando podamos ser parte de una solución confiable y que ofrezca calidad de servicio. Día a día el mundo va evolucionando y el ser humano es parte de esta evolución por que la estandarización de todos los procesos tecnológicos y no tecnológicos ya son totalmente esquematizados

### **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a la corporación Digitel C.A la implementación del uso de esta metodología
- Se recomienda a la corporación Digitel C.A la contratación de personas capacitadas para el trabajo de campo, ya que la persona que no está debidamente adiestrado y no cuenta con la experiencia suficiente, trae como consecuencias que el proceso de instalación no sea efectivo y se presente errores y por consiguiente retrasos de tiempo
- Facilitar al personal a ingresar y al existente, el fácil acceso de este manual
- Se recomienda que la corporación Digitel C.A adquiera su sede propia y evitar problemas de ingreso debido a solicitud de permiso logia

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Bibliográficas

Guía de la Academia de Networking de Cisco Systems. (2010). Sistema de Operatividad de la Red. Colombia: Editorial Sypal.

Arias, F. (2010). **El Proyecto de Investigación** Caracas: Editorial Espíteme.

Araque, A. (2015). **Impacto de la calidad del servicio y gestión de relaciones con el cliente en las empresas Movistar, Movilnet y Digitel, ubicadas en el Municipio Baruta. Caracas.** Trabajo de Grado No Publicado. Universidad Santa María. Caracas.

Hernández, R. (2009). **Metodología de la Investigación** México, Editorial Trillas.

Rinaudo, V. (2014). **Plan de mejora de una infraestructura común de telecomunicaciones, en el Metrópolis Shopping Center, ubicado en el Municipio San Diego del estado Carabobo.** Trabajo de grado No Publicado. Universidad de Carabobo. Valencia.

Zanetti, A. (2010). **Red y Operatividad de Telefonía.** Madrid: Océano.

Gonzales, L. (2015). **Propuesta para la mejora de la red de enlaces de microondas del Grupo Inversiones Geandina C.A Valencia Estado Carabobo.** Informe de Pasantías. Universidad José Antonio Páez (UJAP). Valencia, Venezuela.

### Electrónicas

AirFiber 11FX [Documento en línea]. Disponible:  
<https://www.ubnt.com/airfiber/airfiber-11fx/>. [Consulta: Julio 2018].

AirFiber AF 11G35 [Documento en línea]. Disponible:  
[https://dl.ubnt.com/datasheets/airfiber/airFiber\\_AF-11G35\\_DS.pdf](https://dl.ubnt.com/datasheets/airfiber/airFiber_AF-11G35_DS.pdf) [Consulta:  
Julio 2018].

Buettrich, S. (2007). **Cálculo de Radioenlace**. [Documento en línea]. Disponible:  
[http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless\\_es/files/06\\_es\\_calculode-radioenlace\\_guia\\_v02.pdf](http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculode-radioenlace_guia_v02.pdf) [Consulta: Octubre 2017].

<http://es.ccm.net/contents/257-tipos-de-radios>

[http://contenidos.educarex.es/mci/2009/43/TEMA7/tipos\\_de\\_enlaces\\_de\\_microondas\\_clasificacion.html](http://contenidos.educarex.es/mci/2009/43/TEMA7/tipos_de_enlaces_de_microondas_clasificacion.html)

## ANEXOS

## ANEXO A Umbral de recepción del radio NERA EDGE



## 4.2.8. Receiver Threshold 4 QAM - 28 MHz BW

Frequency band: [GHz]	7	8	11	13	15	18	23	26	38
BER ≤ 10-6 [dBm]	-84	-84	-83.5	-83	-83	-82	-82	-81.5	-79.5
BER ≤ 10-8 [dBm]	-82.5	-82.5	-82	-82	-81.5	-81	-81	-80	-78.5
BER ≤ 10-10 [dBm]	-81.5	-81.5	-81	-81	-80.5	-80	-80	-79	-77.5

Table 4-8 Receiver threshold 4 QAM in 28 MHz channel

## 4.2.9. Receiver Threshold 16 QAM - 28 MHz BW

Frequency band: [GHz]	7	8	11	13	15	18	23	26	38
BER ≤ 10-6 [dBm]	-78	-77.5	-77.5	-77	-77	-76	-76	-75.5	-73.5
BER ≤ 10-8 [dBm]	-76.5	-76.5	-76	-75.5	-75.5	-75	-75	-74	-72.5
BER ≤ 10-10 [dBm]	-75.5	-75.5	-75	-74.5	-74.5	-73.5	-73.5	-73	-71

Table 4-9 Receiver threshold 16 QAM in 28 MHz channel

## 4.2.10. Receiver Threshold 32 QAM - 28 MHz BW

Frequency band: [GHz]	7	8	11	13	15	18	23	26	38
BER ≤ 10-6 [dBm]	-75	-75	-74.5	-74	-74	-73	-73	-72.5	-70.5
BER ≤ 10-8 [dBm]	-74	-74	-73.5	-73	-73	-72	-72	-71.5	-69.5
BER ≤ 10-10 [dBm]	-73	-73	-72.5	-72	-72	-71	-71	-70.5	-68.5

Table 4-10 Receiver threshold 32 QAM in 28 MHz channel

## ANEXO B Ganancia de la antena del radio NERA EDGE

### TECHNICAL SPECIFICATIONS - GENERAL:

Data-rate:	The ODU hardware supports data-rates up to 311 Mb/s. Easy upgrades by SW-licenses	
<b>Power Supply:</b> -48 (-40.5 to -57) VDC	<b>Power Consumption (1+0):</b> Terminal 6-11 GHz SP, 1+0: average 65 W Terminal 13-38 GHz, 1+0: average 52 W Terminal 5-11 GHz HP, 1+1: average: 150W	<b>Temperature Range (operational):</b> Indoor equipment: -5°C to +55°C (+23°F to +131°F) Outdoor equipment: -33°C to +55°C (-27°F to +131°F)
Weight and Dimensions:	IFU (1+0/HSB): 17.5" x 8.9" x 11RU / 444mm x 225mm x 44mm. Weight: 5.5 lbs / 2.5 kg ODU 6-11 GHz: 8.9" x 5.5" x 9.4" / 227mm x 140mm x 240mm. Weight: 17.7 lbs / 8.0 kg ODU 13-40 GHz: 8.1" x 5.2" x 8.3" / 206mm x 132mm x 210mm. Weight: 14.3 lbs / 6.5 kg All Indoor Rack: standard 19" with height = 7ft.	
Max Receive Level (BER<10 <sup>-6</sup> ):	5-18 GHz: -17dBm, 23-40 GHz -20dBm	
Coupler Loss:	Symmetrical coupler: 3.4 dB. Asymmetrical coupler: 1.5/6.5 dB	
Emission Designator:	[BW]MoD7W. Example: 23GHz in a 50MHz ch., EM=50MoD7W (BW figures from tables above)	

### Antenna Interfaces – Split Mount:

Frequency band [GHz]:	5	L6/U6	7/8	10/11	18/23	39
Diplexer- and HSB-Coupler- Interface	Coaxial (N-connector)	PDR70	CBR84	CBR100	CBR220	CBR320
Matching Flanges/Interface	N-female connector	PDR70 / CPR137G	UBR84 or PBR84	UBR100 or PBR100	UBR220 or PBR220	UBR320 or PBR320



### Antenna Feeder Interfaces – All Indoor:

Frequency band [GHz]:	5	L6/U6	7/8	10/11
Branching Interface to Antenna-Feeder	PDR48	PDR70	PDR84	PDR100
Matching Flanges	PDR48 / CPR187G	PDR70 / CPR137G	PDR84 / CPR112G	PDR100 / CPR90G
Matching Waveguide	R48 / WR187	R70 / WR137	R84 / WR112	R100 / WR90

### ANTENNAS – Integrated and Detached:

FREQUENCY BAND [GHz]:		5.9-6.9	7.1-8.5	10.7-11.7	17.7-19.7	21.2-23.6	37.0-40.0
Antenna Gain (centre) [dB]	1ft	-	-	-	34.0	35.3	40.1
	2ft	-	30.7	37.4 (2.5ft)	38.7	40.4	45.2
	3ft	-	33.9	-	41.0	43.0	-
	4ft	-	37.3	40.4	44.5	46.5	-
	6ft	39.4 (6.5ft)	40.8	43.6	47.8	49.3	-
	8ft /10ft	41.4 / 43.3	-	-	-	-	-

ANEXO C Valores de K y según la polarización de acuerdo a la ITU-R P838-3

**Rec. UIT-R P.838-3**

Frecuencia (GHz)	$k_H$	$\alpha_H$	$k_V$	$\alpha_V$
10	0,01217	1,2571	0,01129	1,2156
11	0,01772	1,2140	0,01731	1,1617
12	0,02386	1,1825	0,02455	1,1216
13	0,03041	1,1586	0,03266	1,0901
14	0,03738	1,1396	0,04126	1,0646
15	0,04481	1,1233	0,05008	1,0440
16	0,05282	1,1086	0,05899	1,0273
17	0,06146	1,0949	0,06797	1,0137
18	0,07078	1,0818	0,07708	1,0025
19	0,08084	1,0691	0,08642	0,9930
20	0,09164	1,0568	0,09611	0,9847
21	0,1032	1,0447	0,1063	0,9771
22	0,1155	1,0329	0,1170	0,9700

## ANEXO D Perdidas por diplexor



#### 4.4. Diplexer and Antenna Interface

##### 4.4.1. General description

The diplexer determines the ODU sub-band coverage and duplex spacing. Most frequency bands are divided into only two sub-bands. See APPENDIX 1 for details. The same diplexer is used both for high and low subband, and since the diplexer is a detachable unit it can be changed and turned in field. This simplifies planning and maintenance. ODU transmit and receive frequency can be set to any frequency within the given pass-band range.

##### 4.4.2. RF-Coupler

The additional loss for RF-Coupler is given in Table 4-15. The RF-Coupler is used in protected configurations and single polarized 2+0 systems.

	Symmetrical RF-Coupler		Asymmetrical RF-Coupler			
			Main		Protection	
	Nom	Max	Nom	Max	Nom	Max
Transmission loss [dB] TX or RX	3.4	3.8	1.5	2	6.5	7

Table 4-15 RF-coupler loss

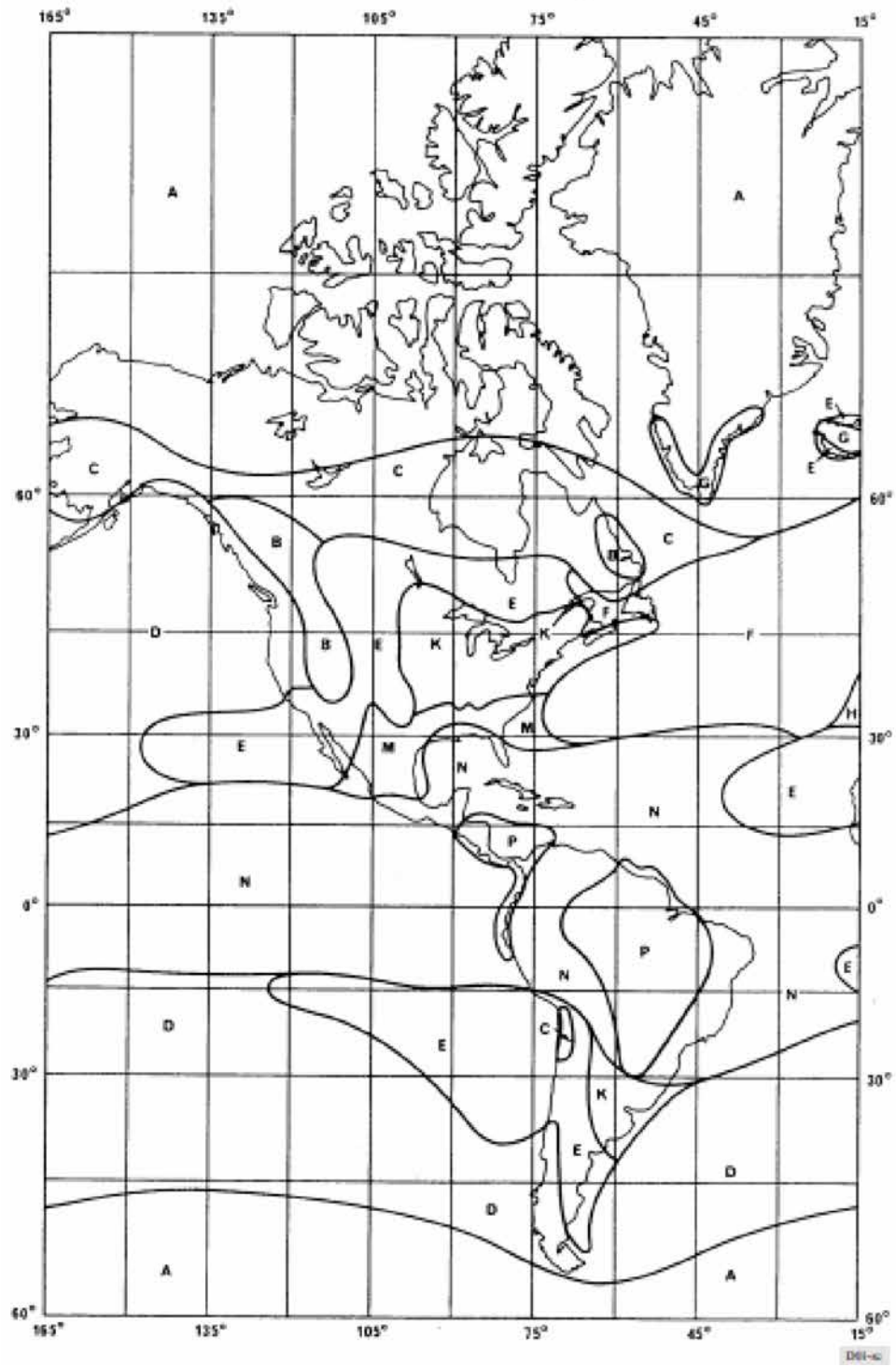
##### 4.4.3. Interface to Antenna feeder system – non integrated antennas

The interface between the ODU-Diplexer (1+0 configuration) or HSB-coupler (HSB configuration) and the antenna feeder system is rectangular waveguide. The ODU-Diplexer and HSB-coupler flange types and corresponding waveguides to be used (if remote mount) is shown in Table 4-16. The ODU-Diplexer and HSB-coupler aluminum flanges are protected by chromate coating.

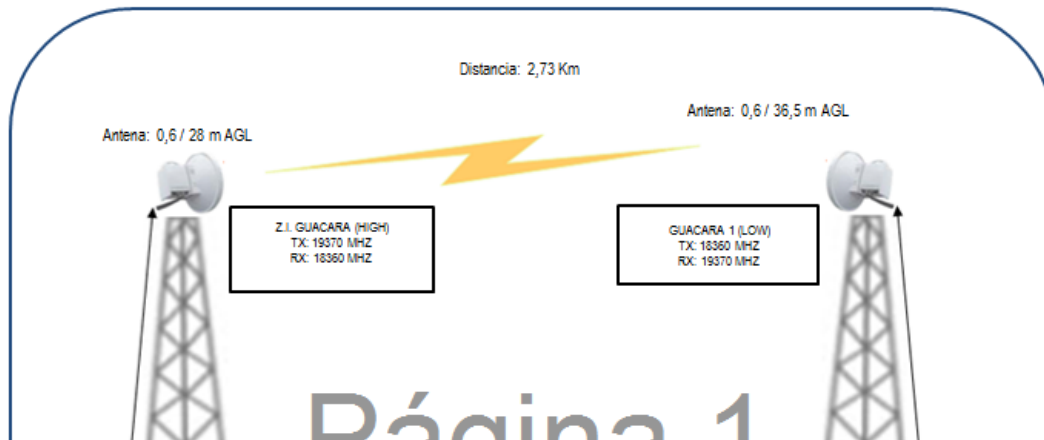
Frequency band [GHz]	7/8	11	13	15	18/23/26	38
Waveguide (remote mount)	R84 / WR112	R100 / WR90	R120 / WR75	R140 / WR62	R220 / WR42	R320 / WR28
ODU-Diplexer and HSB-Coupler Flange types	CBR84	CBR100	CBR120	CBR140	CBR220	CBR320
						

Table 4-16 ODU flanges and waveguide

**ANEXO E** Mapa de América indicando las zonas meteorológicas (ver tabla 3)



## ZI GUACARA - GUACARA



### ANEXO G Datos técnicos del enlace

	Zona Industrial Guacara	Guacara
<b>Elevation (m)</b>	456.37	439.15
<b>Latitude</b>	10 13 58.81 N	10 12 54.60 N
<b>Longitude</b>	067 52 00.72 W	067 53 02.80 W
<b>True azimuth (°)</b>	223.76	43.76
<b>Vertical angle (°)</b>	-0.19	0.17
<b>Antenna model</b>	ANT2 0.6 18 HPX	ANT2 0.6 18 HPX
<b>Antenna height (m)</b>	28.00	36.50
<b>Antenna gain (dBi)</b>	38.90	38.90
<b>TX line type</b>	SXX 111 0323/2	SXX 111 0323/2
<b>TX line length (m)</b>	0.90	0.90
<b>TX line unit loss (dB /100 m)</b>	88.89	88.89
<b>TX line loss (dB)</b>	0.80	0.80
<b>Connector loss (dB)</b>	0.10	0.10
<b>Miscellaneous loss (dB)</b>	1.50	1.50
<b>Frequency (MHz)</b>	18000.00	
<b>Polarization</b>	Vertical	
<b>Path length (km)</b>	2.73	
<b>Free space loss (dB)</b>	126.30	
<b>Atmospheric absorption loss (dB)</b>	0.32	
<b>Net path loss (dB)</b>	53.62	53.62
<b>Radio model</b>	TN18/2XAHA/028/0128/T1A	TN18/2XAHA/028/0128/T1A
<b>TX power (watts)</b>	0.20	0.20
<b>TX power (dBm)</b>	23.00	23.00
<b>EIRP (dBm)</b>	59.50	59.50
<b>Emission designator</b>	25M4D7W	25M4D7W
<b>RX threshold criteria</b>	BER 10-6	BER 10-6

### ANEXO H Potencia del transmisor

## 4. RADIO CHARACTERISTICS

### 4.1. Transmitter Characteristics

The Transmitter is kept muted until the terminal is configured with relevant RF frequencies. The same applies to the situation where the IFU is replaced by a spare IFU.

#### 4.1.1. Nominal Output Power

The tolerance is  $\pm 1.5$  dB for 7 & 8 GHz and  $\pm 2$  dB for 13-38 GHz. Typical values measured with modulation (PRBS-data). Ref. Point C' [dBm]. For RF-Coupler loss see chapter 4.4.2.

Modulation	Frequency band: [GHz]								
	7	8	11	13	15	18	23	26	38
Fixed 4 QAM	+23	+23	+25	+22	+22	+20	+20	+19.5	+19
Fixed 16 QAM	+23	+23	+25	+22	+22	+20	+20	+19.5	+19
Fixed 32 QAM	+22	+22	+24	+21	+21	+19	+19	+18.5	+18
Adaptive Modulation	+23	+23	+25	+22	+22	+20	+20	+19.5	+19

Table 4-1 Nominal output power

#### 4.1.2. Automatic/Manual Power Control (ATPC/MTPC)

ATPC is an optional feature, which is aimed to drive the TX power amplifier output level from a proper minimum, which is calculated to facilitate the radio network planning and is used in the case of normal propagation, up to a maximum value, which is given in Table 4-1. When ATPC is disabled (i.e. MTPC mode), the output power can be set by the user.

##### ATPC-figures:

Transmitter power output regulation speed: > 50 dB/s  
 Typical ATPC-range: 20-25 dB  
 Guaranteed ATPC-range: 20 dB

Nominal input level is adjustable by the user.  
 Adjustment range: -30 dBm to -60 dBm

##### MTPC figures:

Typical MTPC range: 20-25 dB

##### Range with ETSI mask compliance <sup>1</sup>

7-23 GHz ODU: 15 dB  
 26-38 GHz ODU: 10 dB

Step size: 0.1 dB  
 Accuracy: Ref Corresponding Output Power Tolerance

#### 4.1.3. TX oscillator frequency tolerance

Frequency tolerance:  $\leq \pm 5$  ppm.



Torre de comunicaciones de la estación ZONA IND GUACARA



Equipos ubicados en el APM de la estación ZONA IND GUACARA