

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electrónica



Verificación y Corrección de la Red de Radioenlaces de la Junta Administradora de  
Servicios Eléctricos de Cartago (JASEC)

Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en  
Electrónica con el grado académico de Licenciatura

John Arellano Maroto

Cartago, mayo de 2013

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

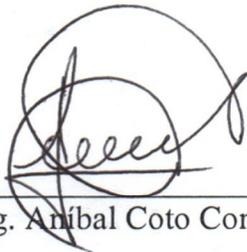
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA

PROYECTO DE GRADUACION

TRIBUNAL EVALUADOR

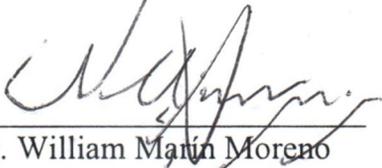
Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal

  
Ing. Aníbal Coto Cortez  
Profesor lector



  
Ing. Nestor Hernández Hostaler  
Profesor lector

  
Ing. William Marín Moreno  
Profesor asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica.

Cartago, mayo de 2013

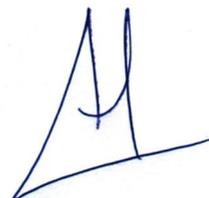
### **Declaratoria de autenticidad:**

Por medio de la presente, yo, John Arellano Maroto, cédula 3-385-650, declaro que la realización de este documento ha sido hecha por mi persona utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia asumo la responsabilidad total por el documento realizado y por su contenido correspondiente, el cual es una producción original y autentica y o corresponde a plagio de ningún tipo.

Cartago, mayo de 2013



---

John Steve Arellano Maroto

Céd: 303850650

## **Resumen.**

La Junta Administrativa del Servicio Eléctrico de Cartago (JASEC), en su afán de brindar un mejor servicio a sus abonados, en los últimos años ha percibido la necesidad de monitorizar la red inalámbrica de Cartago.

Para ello se han colocado radios inalámbricos en diferentes puntos de la provincia de Cartago, con el fin de recibir la información, procedente de los re conectadores ubicados en la red eléctrica. El viaje de la información presenta problemas, ya que la información no se ve de una manera adecuada en el sistema SCADA.

Es por esto que surge la opción de verificar todos los puntos inalámbricos y corregir los problemas presentes en dichos puntos, además el diseño de nuevos enlaces inalámbricos, si así se requiere.

Por último, los puntos repetición de dicha red inalámbrica, se encuentran sin una fuente auxiliar de energía, para ello se decide hacer un estudio de cuanta energía consumen dichos puntos y así hacer la recomendación de cual UPS es la más correcta.

**Palabras Claves:** Inalámbrico, verificar, corregir, UPS.

## **Abstract.**

The Junta Administrativa del Servicio Eléctrico de Cartago (JASEC), in an effort to provide better service to its subscribers, in recent years has seen a need to monitor the wireless network of Carthage.

This wireless radios have been placed in different parts of the province of Cartago, in order to receive information from reclosers located in the grid. The journey of the information presented problems, because the information is not in a proper way in the SCADA system.

This is why there is the option to check all wireless points and correct the problems in these points, and the design of new wireless links, if required.

Finally, repeat points that wireless network, there are no auxiliary power source, this will decide to do a study of how much energy and consume these items and make a recommendation which UPS is correct.

**Keywords:** Wireless, verify, correct, UPS.

## **Dedicatoria.**

A Dios, que me ha dado las fuerzas para seguir adelante en todo momento.

A mi madre, Maribel Maroto Mata, a la mujer que más quiero en la vida, persona que me ha formado y ha dado siempre lo mejor de sí, a la mujer que siempre se ha preocupado por mi bienestar, sin ella no lo hubiera logrado.

También a mi padre, Jorge Arellano Céspedes al cual quiero mucho, que es mi ejemplo de esfuerzo, responsabilidad, puntualidad y trabajo, la persona que siempre se ha preocupado porque no me falte nada, le dedico es gran logro.

Por último, a mis hermanos, Sharon y Jorge Paolo, que han visto mi esfuerzo a lo largo de estos años.

## **Agradecimiento.**

Primero que todo, agradecido con DIOS, que en él todo lo puedo.

Agradezco a la personas del Centro de Control El Bosque, ya que con su ayuda y confianza, contribuyeron al éxito de este proyecto, al Ing. Mario Jiménez Brenes por la ayuda que me brindo en toda momento.

También agradecer a los profesores de la escuela de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica, por ser guías excelentes guías, durante todos los años de estudio en este centro

Por último un especial agradecimiento al profesor Ing. William Marín Moreno, quien con sus observaciones me ayudó a salir adelante con este proyecto.

# Índice general

<b>Declaratoria de autenticidad:</b> .....	<b>iii</b>
<b>Resumen.</b> .....	<b>iv</b>
<b>Abstract.</b> .....	<b>v</b>
<b>Dedicatoria.</b> .....	<b>vi</b>
<b>Agradecimiento.</b> .....	<b>vii</b>
<b>Capítulo 1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Entorno del Proyecto.....	1
1.2 Problema. ....	3
<b>Capítulo 2 META Y OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
2.1 META. ....	5
2.2 OBJETIVO GENERAL. ....	5
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. ....	5
<b>Capítulo 3 MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>6</b>
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA. ....	6
3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS FUNDAMENTOS TEÓRICOS NECESARIOS PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA. ....	6
3.2.1 Antenas.....	6
3.2.2 Tipos de antenas.....	6
a) Isotrópicas .....	6
b) Dipolo Hertziano .....	7
c) De lazo .....	7
d) Parabólicas.....	7
e) Bocinas rectangulares.....	7
f) Monopolos verticales.....	7
g) Antenas impresas .....	7
3.2.3 Patrón de Radiación.....	8
3.2.4 Línea Vista. ....	8
3.2.5 Zona de Fresnel. ....	8
3.2.6 Pérdidas en el Espacio Libre. ....	9
3.2.7 Potencia Activa. ....	10
3.2.8 Potencia Reactiva. ....	10
3.2.9 Potencia Aparente.....	11
3.2.10 Factor de Potencia. ....	12
3.2.11 Cluster de punto de acceso (AP). ....	13
3.2.12 Modulo Suscriptor (SM). ....	14
3.2.13 Antena GPS. ....	15
3.2.14 Módulo Backhaul (BH).....	15
3.2.15 Módulo de administración de Clúster CMM.....	16

<b>Capítulo 4</b>	<b>PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO .....</b>	<b>18</b>
4.1	RECONOCIMIENTO Y DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.....	18
4.2	OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	18
4.3	IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	18
<b>Capítulo 5</b>	<b>DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN. ....</b>	<b>20</b>
5.1	ANÁLISIS DE SOLUCIONES Y SELECCIÓN FINAL.....	20
5.1.1	Diseño del enlace inalámbrico Patalillo – Centro De Control El Bosque. ....	28
a)	Datos del enlace Patalillo – Colegio de Pacayas. ....	28
b)	Datos del enlace Colegio Pacayas – Lago Sur. ....	29
c)	Datos del enlace Lago Sur – Cerro Gurdian. ....	30
d)	Datos del enlace Cerro Gurdian – Centro Control El Bosque. ....	31
5.1.2	Diseño de la tercera etapa de la red inalámbrica JASEC. ....	35
a)	Datos del enlace Cerro Gurdian – Centro Control El Bosque. ....	35
b)	Datos del enlace Cerro Gurdian – Estadio Paraíso. ....	36
c)	Datos del enlace Cerro Gurdian – Gradería Estadio Paraíso. ....	37
d)	Datos del enlace Cerro Gurdian – Llanos de Santa Lucia. ....	38
e)	Datos del enlace Cerro Gurdian – Norte Cementerio Paraíso. ....	39
f)	Datos del enlace Cerro Gurdian – Oeste Cementerio Paraíso. ....	40
g)	Datos del enlace Cerro Gurdian – Mormones. ....	41
h)	Datos del enlace Cerro Gurdian – Lucas. ....	42
i)	Datos del enlace Cerro Gurdian – UCR.....	43
j)	Datos del enlace Cerro Gurdian – Liceo Paraíso. ....	44
k)	Datos del enlace Guayabal – Centro Control El Bosque. ....	45
l)	Datos del enlace Guayabal – Este Paseo Metrópoli.....	46
m)	Datos del enlace Tierra Blanca – Centro Control El Bosque.....	47
n)	Datos del enlace Tierra Blanca – Oeste Paseo Metrópoli.....	48
5.1.3	Calculo de la cantidad de baterías para las UPS. ....	49
<b>Capítulo 6</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS. ....</b>	<b>52</b>
6.1	ANÁLISIS .....	52
<b>Capítulo 7</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>56</b>
7.1	CONCLUSIONES .....	56
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>57</b>
	<b>Anexo .....</b>	<b>59</b>
	<b>Anexo A</b> Tabla con los nombres y direcciones IP, para cada punto de la red inalámbrica de JASEC.....	59
	<b>Anexo B</b> Hoja de Datos del Radio PTP 100.....	63

## Índice de figuras

<b>Figura 1.2</b>	Distribución de las instalaciones y cobertura distrital de JASEC [2] .....	1
<b>Figura 1.3</b>	Red inalámbrica de JASEC primera etapa [15].....	2
<b>Figura 1.4</b>	Red inalámbrica de JASEC segunda etapa [15].....	3
<b>Figura 3.1</b>	Equipo Motorola Canopy, necesario para la solución del problema [11].....	13
<b>Figura 3.2</b>	Cluster Canopy Motorola [11] .....	14
<b>Figura 3.3</b>	Modulo Suscriptor Canopy Motorola [11].....	14
<b>Figura 3.4</b>	GPS Canopy Motorola [11] .....	15
<b>Figura 3.5</b>	Modula Backhaul Canopy Motorola [11].....	16
<b>Figura 3.6</b>	CMM Canopy Motorola [11] .....	16
<b>Figura 3.7</b>	Ejemplo de interface gráfica del software de configuración de los equipos Canopy Motorola [12].....	17
<b>Figura 5.1</b>	Ejemplo de como se verificó la comunicación con el Centro de Control El Bosque.....	20
<b>Figura 5.2</b>	Ubicación geográfica de los puntos involucrados en el enlace Patalillo – Centro Control El Bosque. ....	26
<b>Figura 5.3</b>	Ubicación de los puntos del enlace inalámbrico en el mapa de nivel.....	26
<b>Figura 5.4</b>	Caracterización de la antena Canopy Motorola en Radio Mobile. ....	27
<b>Figura 5.5</b>	Enlace Inalámbrico Patalillo – Colegio de Pacayas.....	28
<b>Figura 5.6</b>	Enlace Inalámbrico Colegio Pacayas – Lago Sur.....	29
<b>Figura 5.7</b>	Enlace Inalámbrico Lago Sur – Cerro Gurdian. ....	30
<b>Figura 5.8</b>	Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Centro Control El Bosque.....	31
<b>Figura 5.9</b>	Enlaces Inalámbricos desde Patalillo hasta Centro Control El Bosque.....	32
<b>Figura 5.10</b>	Ubicación geográfica de los puntos involucrados en la tercera etapa de la red inalámbrica JASEC. ....	34
<b>Figura 5.11</b>	Ubicación de los puntos del enlace inalámbrico de la tercera etapa, en el mapa de nivel.....	35
<b>Figura 5.12</b>	Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Centro Control El Bosque. ....	35
<b>Figura 5.13</b>	Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Estadio Paraíso.....	36
<b>Figura 5.14</b>	Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Gradería Estadio Paraíso.....	37
<b>Figura 5.15</b>	Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Llanos de Santa Lucia. ....	38
<b>Figura 5.16</b>	Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Norte Cementerio Paraíso. ....	39
<b>Figura 5.17</b>	Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Oeste Cementerio Paraíso.....	40
<b>Figura 5.18</b>	Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Mormones.....	41
<b>Figura 5.19</b>	Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Lucas.....	42
<b>Figura 5.20</b>	Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – UCR. ....	43
<b>Figura 5.21</b>	Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Liceo Paraíso. ....	44
<b>Figura 5.22</b>	Enlace Inalámbrico Guayabal – Centro Control El Bosque. ....	45

<b>Figura 5.23</b>	Enlace Inalámbrico Guayabal – Este Paseo Metrópoli. ....	46
<b>Figura 5.24</b>	Enlace Inalámbrico Tierra Blanca – Centro Control El Bosque. ....	47
<b>Figura 5.25</b>	Enlace Inalámbrico Tierra Blanca – Oeste Paseo Metrópoli. ....	48
<b>Figura 5.26</b>	Enlaces Inalámbricos de la tercera etapa de la red inalámbrica JASEC. ....	49
<b>Figura 5.27</b>	Diagrama de la secuencia de la solución final. ....	51

## Índice de tablas.

<b>Tabla 5.1</b> Lista enlaces inalámbricos sin comunicación con el Centro de Distribución El Bosque.....	21
<b>Tabla 5.2</b> Enlaces inalámbricos a los que falta la solución del problema. ....	24
<b>Tabla 5.3</b> Coordenadas geográficas de los diferentes puntos involucrados en el enlace Patalillo Centro de Control El Bosque.....	25
<b>Tabla 5.4</b> Coordenadas geográficas de los diferentes puntos involucrados en los enlaces de la tercera etapa de la red inalámbrica JASEC.....	33
<b>Tabla 5.5</b> Medición de corriente para el cálculo del consumo de potencia de los equipos. ..	49

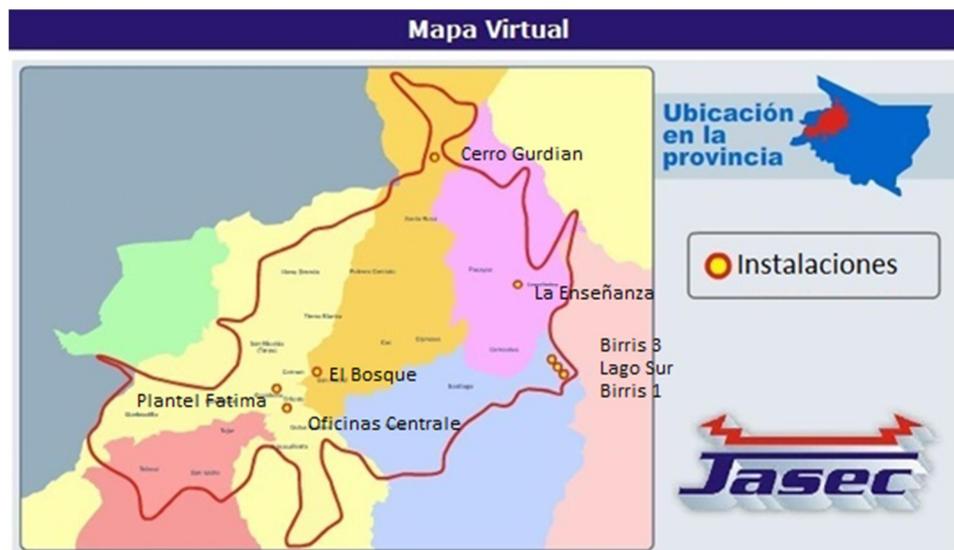
## Capítulo 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 Entorno del Proyecto.

El proyecto se realizó en la empresa Junta Administrativa del Servicio Eléctrico de Cartago (JASEC), dedicada, como su nombre lo indica a brindar servicios eléctricos a la provincia de Cartago, esta cuenta con varias instalaciones distribuidas en gran parte de la provincia, las cuales son:

- Oficinas centrales, en el centro de la provincia.
- Plantel de Fátima.
- Centro de distribución El Bosque.
- Planta Hidroeléctrica Birris 1.
- Embalse Lago Sur.
- Planta Hidroeléctrica Birris 3.
- Embalse La Enseñanza.
- Cerro Gurdian.

En la figura 1.1 se puede ver la distribución de los sitios antes mencionados y de la cobertura que brinda la empresa con sus servicios.



**Figura 1.1** Distribución de las instalaciones y cobertura distrital de JASEC [2]

En el Centro Control El Bosque, se encuentra un patio de interruptores, donde se recibe corriente eléctrica que proviene de la subestación Cóncavas, propiedad del ICE y la distribuye hacia Cartago, Pacayas y Birrís. En Centro Control se encargan de la monitorización de toda la red eléctrica de JASEC, gracias a radioenlaces ubicados en distintos puntos de la provincia, que hacen llegar la información de cualquier daño o desperfecto que se de en la red eléctrica.

Estos radioenlaces tienen diferentes puntos de repetición, los cuales son, Guayabal, Tierra Blanca, Gurdian, La Enseñanza, Lago Sur, EL Yas y Cot. Todos estos repetidores envían la información de la red eléctrica a un punto final, ubicado en El Bosque de Oreamuno, como se muestra en las figuras 1.2 y 1.3. Dando una adecuada cobertura a eventuales desperfectos que se presenten en dicha red.

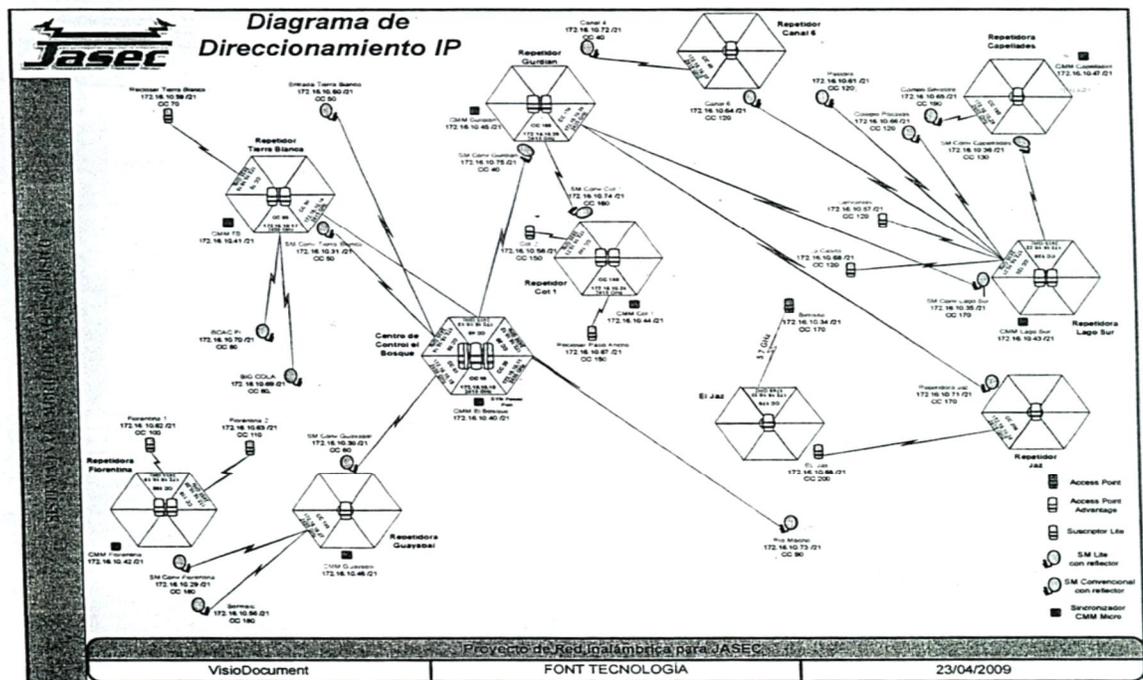


Figura 1.2 Red inalámbrica de JASEC primera etapa [15]

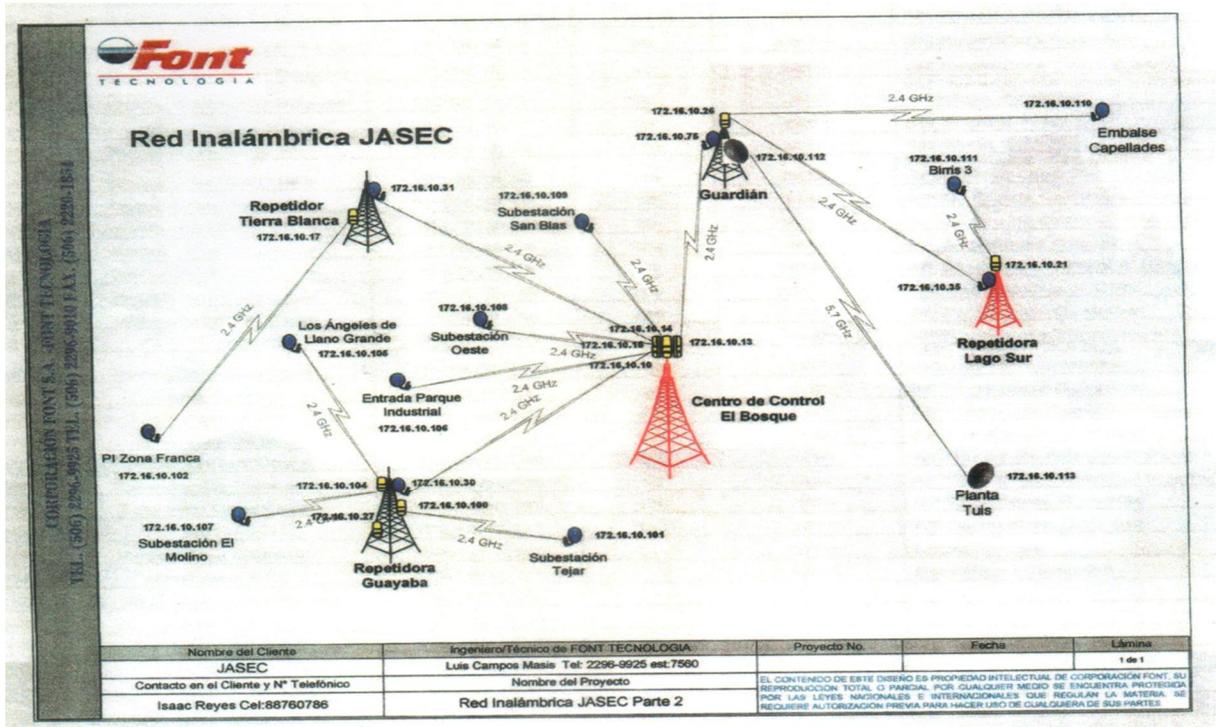


Figura 1.3 Red inalámbrica de JASEC segunda etapa [15]

## 1.2 Problema.

La monitorización se realiza gracias a la información que viaja por medio de radioenlaces, estos se encuentran ubicados en los cantones Central, Oreamuno, El Guarco, Paraíso y Alvarado.

Estos radioenlaces deben de funcionar adecuadamente para que la información viaje sin ningún problema y así se pueda realizar la monitorización adecuada de la red eléctrica de JASEC, además los puntos de repetición son de suma importancia, ya que debido a la distancia de las diferentes fuentes de información, no se pueden hacer radioenlaces a gran distancia y es por esto que se da la participación de los puntos de repetición.

Como se mencionó anteriormente la red tiene diferentes puntos de repetición, pero hay algunos puntos que se encuentran sin suficiente potencia de transmisión o que por diferentes razones, su línea vista se encuentra obstaculizada.

Esto hace que la información no llegue al Centro Control El Bosque, donde es expuesta la en una serie de monitores y se puede observar claramente la división de la red eléctrica. En estos monitores se ven sectores que no trabajan del todo y otros que trabajan por lapsos de tiempo.

Por otro lado los puntos de repetición no tienen una fuente de alimentación auxiliar, agravando muchísimo más el viaje de la información.

## **Capitulo 2 META Y OBJETIVOS**

### **2.1 META.**

Que todos los puntos de repetición, tengan buena comunicación con el centro de distribución El Bosque.

### **2.2 OBJETIVO GENERAL.**

Observar la información de toda la red eléctrica de JASEC, en los monitores del centro de distribución El Bosque, para poder atender los desperfectos y quejas de los usuarios.

### **2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

Que todos los puntos de repetición estén activos, tengan el ancho de banda adecuado y que su línea vista no este se encuentre obstaculizada.

Corregir los problemas que se presenten en cada punto de repetición, con respecto al hardware que se encuentre defectuoso y este causando problemas con la comunicación de los enlaces.

Implementar una fuente de energía auxiliar, en caso que la fuente de energía primaria falle.

## **Capitulo 3 MARCO TEÓRICO**

### **3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.**

La red inalámbrica de JASEC se diseñó e implementó por corporación FONT Costa Rica, esta se realizó en dos etapas, la primera etapa en el año 2009 y la segunda etapa en el año 2010. Esta red se encuentra ubicada a lo largo de cinco cantones de la provincia de Cartago los cuales son: Central, Oreamuno, El Guarco, Paraíso y Alvarado, la señal viaja por diferentes puntos de repetición y llega al Centro de Control El Bosque.

Esta red se creó con el fin de monitorizar y controlar los reconectores que se encuentran en el tendido eléctrico en vía pública, esto para poder ser controlados desde un sistema SCADA que se encuentra en la sala de Operadores del Centro de Control El Bosque.

### **3.2 DESCRIPCIÓN DE LOS FUNDAMENTOS TEÓRICOS NECESARIOS PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.**

#### **3.2.1 Antenas.**

Las antenas son dispositivos que convierten las ondas dirigidas en una guía de onda, también conocida como línea de transmisión, en ondas radiadas que viajan en el espacio libre.

#### **3.2.2 Tipos de antenas.**

##### **a) Isotrópicas**

Esta es una antena que físicamente no existe, ya que son ideales, esto debido a que transmiten la potencia de igual manera en todas las direcciones. Además si se ve el patrón de radiación en 3D, este sería una esfera.

b) Dipolo Hertziano

Este tipo de antena está construida por dos conductores cilíndricos, donde la corriente viaja uniformemente, estos cilindros están conectados por un alambre pequeño y delgado.

c) De lazo

Son antenas que están hechas por un cable en forma de círculo, tienen la particularidad, que si las dimensiones del lazo son muy pequeñas, con respecto a la longitud de onda, la corriente en el lazo es constante y su patrón de radiación es similar al de un dipolo. Por otro lado si las dimensiones del lazo no son muy pequeñas, comparadas con la longitud de onda, la forma del patrón de radiación tendrá forma característica.

d) Parabólicas

Esta antena está construida por una fuente y un conductor en forma parabólica, llamado plato reflector. El plato reflector hace que las ondas electromagnéticas sean reflejadas en forma simétrica, hacia la fuente.

e) Bocinas rectangulares

Esta antena es una guía de onda particular, con dimensiones crecientes. Donde su objetivo es acoplar al espacio, con un mínimo de reflexión, la energía de una onda que viaja en una guía.

f) Monopolos verticales

Este tipo de antena tiene referenciado un extremo a tierra, la tierra es la encargada de producir un efecto reflectivo sobre la señal a enviar. La superficie conductora es la encargada de crear el efecto imagen, es decir se tendrá el reflejo del monopolo.

g) Antenas impresas

Las antenas impresas son muy utilizadas en la tecnología de microondas. Tienen la ventaja de que son muy pequeñas, estas se pueden introducir fácilmente en circuitos electrónicos

### **3.2.3 Patrón de Radiación.**

El patrón de radiación, es la representación gráfica de las propiedades que irradia la antena, en distintas direcciones en el espacio libre. Con la antena situada en el origen del sistema de coordenadas, se puede expresar el campo eléctrico en función de las variables angulares.

También la densidad de potencia es proporcional al cuadrado del módulo del campo eléctrico, por lo que el diagrama de potencia contiene la misma información que el diagrama de radiación de campo.

El patrón de radiación, se puede representar en forma tridimensional. En la siguiente figura tridimensional, se puede observar tanto el campo magnético, como el campo eléctrico.

### **3.2.4 Línea Vista.**

El término línea vista, con sus siglas en inglés LOS (Line of Sight), es un camino limpio sin obstrucciones entre dos antenas, si podemos ver el punto B desde el punto A, tenemos línea vista. Es importante tener en cuenta que la línea vista, que necesitamos para tener una conexión inalámbrica óptima desde el punto A hasta el punto B tiene la forma de un elipsoide. Su ancho puede ser descrito por medio del concepto de zonas de Fresnel.

Se debe tener en cuenta que cuando se instalan equipos inalámbricos, se debe transmitir a través de la menor cantidad de materiales, esto para evitar la pérdida de información que se pueda reflejar materiales metálicos y de concreto.

### **3.2.5 Zona de Fresnel.**

Es una zona de despeje que se debe tener en consideración a la hora de diseñar un radio enlace, tomando en cuenta que las dos antenas se deben ver. Esto deriva de la teoría electromagnética, ya que las ondas viajan en el espacio libre, la

expansión se da por la reflexión y cambios de fase al pasar por un obstáculo. Al final se da un aumento o disminución del nivel de señal recibida.

Se debe considerar que no haya obstrucción del 40% en la primera zona de Fresnel. Primero se debe determinar la línea de vista para luego establecer las zonas de Fresnel. Ahora la zona que rodea la línea vista, son las zonas de Fresnel. La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel es la siguiente.

$$r_n = 548 \sqrt{\frac{nd_1d_2}{fd}} \quad (1)$$

Dónde:

$r_n$  Es el radio de la enésima zona de Fresnel [m].

$d_1$  Es la distancia desde el transmisor al objeto en [Km].

$d_2$  Es la distancia desde el objeto al receptor en [Km].

$d$  Es la distancia total del enlace en [Km].

$f$  Es la frecuencia en [MHz].

### **3.2.6 Pérdidas en el Espacio Libre.**

Estas se relacionan con toda la atenuación de la señal que ocurre desde que la señal sale desde la antena transmisora hasta llegar a la antena receptora.

La potencia de la señal de radio se perderá en el aire, aun así en el vacío perfecto las ondas perderán energía, esto debido a que las mismas irradian su energía en todas las direcciones. Se debe tener claro que esto no se relaciona con la lluvia, la niebla, el aire o cualquier otro factor que puedan presentar en ese preciso momento en el espacio libre.

Las pérdidas en el espacio libre, miden la potencia que se pierde en el espacio libre, esto sin considerar ningún tipo de obstáculo. Además hay que tener en cuenta que la señal se debilita gracias a la expansión de la superficie terrestre, que tiene una forma

esférica. En la siguiente ecuación se presenta la forma de calcular de forma matemática las posibles pérdidas en el espacio.

$$FSL_{dB} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 32,6 \quad (2)$$

d= distancia

f= frecuencia

K= constante que depende de las unidades usadas para d y f.

### **3.2.7 Potencia Activa.**

Esta se da cuando se conecta una carga resistiva a un circuito, el cual es alimentado por corriente alterna, el trabajo que genera dicha carga determinara la potencia activa que tendrá que proporcionar la FEM (Fuerza Electromotriz). Dicha potencia se representa con la letra P y su unidad de medidas es el Watt (W), además la ecuación que representa la potencia activa y que consume un equipo eléctrico de corriente alterna es la siguiente:

$$P = V \cdot I \cos(\varphi) \text{ [W]} \quad (3)$$

Dónde:

P: Potencia de consumo eléctrico

I: Intensidad de corriente que fluye por el circuito, en ampere [A]

Cos ( $\varphi$ ): Valor del factor de potencia.

V: Tensión eléctrica en voltios [V]

### **3.2.8 Potencia Reactiva.**

Esta potencia es consumida por los circuitos de corriente alterna, que tienen cargas reactivas, como por ejemplo, transformadores, motores y otros dispositivos que contengan bobinados. Estos consumen la potencia activa de la FEM, pero además también consumen la potencia reactiva. Se debe tener claro que la potencia reactiva

no proporciona ningún tipo de trabajo, pero es necesaria para que los bobinados generen el campo magnético para poder trabajar.

La potencia reactiva se mide en volt-ampere reactivo (VAR). Y la ecuación que representa la potencia reactiva en un circuito eléctrico es la siguiente:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \text{ [VAR]} \quad (4)$$

Dónde:

Q: Valor de la carga reactiva o inductiva [VAR].

S: Valor de la potencia aparente o total [VA].

P: Valor de la potencia activa [W].

### **3.2.9 Potencia Aparente.**

También conocida como potencia total (S), es resultado de la suma de potencias, activa y reactiva. Esta potencia es la que realmente suministra una planta eléctrica cuando se encuentra funcionando al vacío, es decir, cuando no tiene ningún tipo de carga conectada, mientras que la potencia que consume las cargas, es potencia activa.

Su unidad de medida es el volt-ampere (VA). La ecuación para hallar el valor de este tipo de potencia es la siguiente:

$$S = V \cdot I \text{ [VA]} \quad (5)$$

S: Potencia aparente o total, expresada en volt-ampere [VA].

V: Tensión eléctrica en voltios [V].

I: Intensidad de corriente, en ampere [A].

### 3.2.10 Factor de Potencia.

Este se define como el cociente de la potencia activa entre la potencia aparente.

$$FP = \frac{P}{S} = \cos(\theta) \quad (6)$$

La fórmula anteriormente presentada, es utilizada para describir cuanta energía eléctrica se ha convertido en trabajo.

El ángulo  $\phi$  indica si las señales de tensión y corriente se encuentran en fase. Dependiendo del tipo de carga, el factor de potencia puede ser:

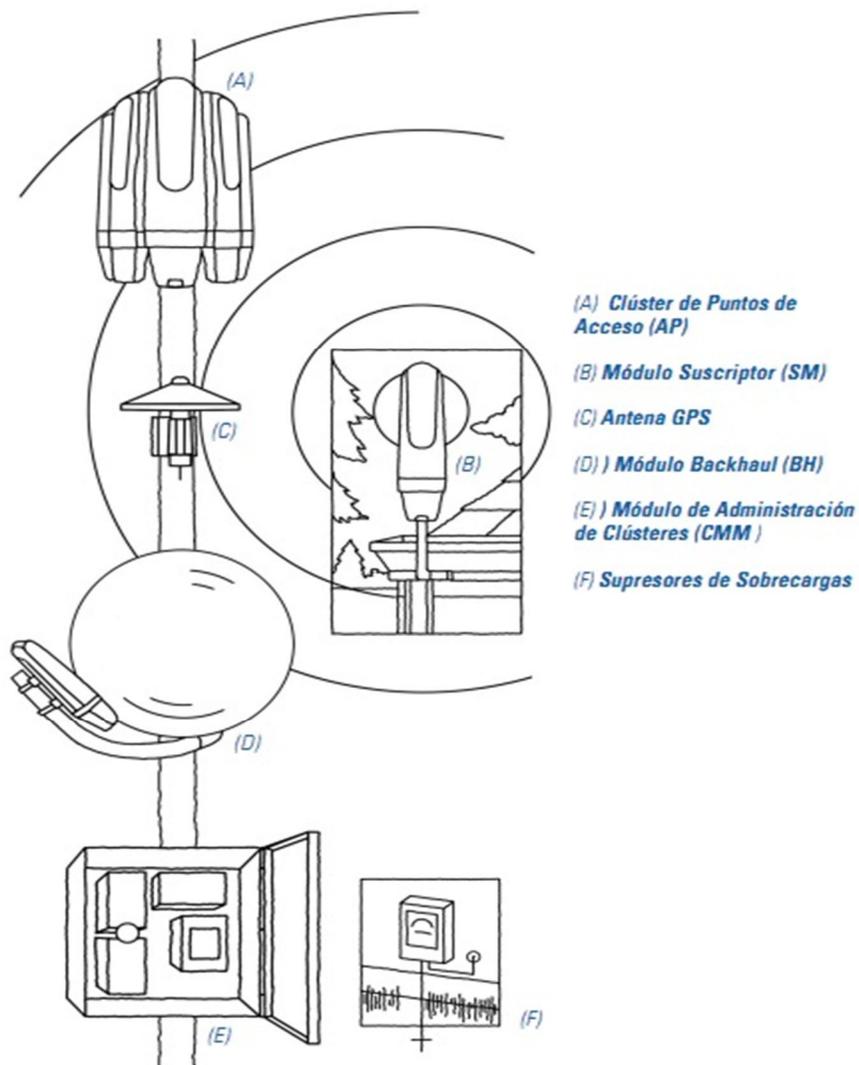
- Igual a 1.
- Adelantado.
- Retrasado.

En las cargas inductivas, la corriente se encuentra retrasada respecto a la tensión, por lo tanto  $< 0$ , lo que involucra que el factor de potencia se considera retrasado.

En las cargas capacitivas, la corriente se encuentra en adelanto respecto al voltaje, por lo tanto  $> 0$ , lo que implica que el factor de potencia se considera en adelanto.

Para las cargas resistivas, la tensión y la corriente se encuentran en fase, por lo tanto  $= 0$ , lo que determina un factor de potencia unitario.

En la figura 3.1 se muestran los componentes necesarios, que se utilizaron en diferentes puntos de la red inalámbrica JASEC.



**Figura 3.1** Equipo Motorola Canopy, necesario para la solución del problema [11]

### 3.2.11 Cluster de punto de acceso (AP).

Este dispositivo es el encargado de recibir la información de la comunidad de suscriptores de la red. Inicialmente incluye seis módulos AP, estos funcionan con una antena direccional de 60 grados. Un solo clúster AP puede prestar servicios a un máximo de 1200 Módulos Suscriptores, este clúster tendrá una cobertura en todas las direcciones, lo que quiere decir que puede recibir información en un radio de 360 grados.



**Figura 3.2** Cluster Canopy Motorola [11]

### **3.2.12 Modulo Suscriptor (SM).**

El modulo suscriptor es el encargado de enviar la información a los puntos de acceso (AP), estos tienen la ventaja de que se pueden conectar diferentes módulos suscriptores en un mismo punto con la ayuda de un switch.



**Figura 3.3** Modulo Suscriptor Canopy Motorola [11]

### 3.2.13 Antena GPS.

Esta antena es la encargada de alimentar al Receptor GPS en el Módulo de Administración de Clústeres (CMM), el CMM tiene la función de generar pulsos de sincronización, los cuales son de suma importancia en el sistema.



Figura 3.4 GPS Canopy Motorola [11]

### 3.2.14 Módulo Backhaul (BH).

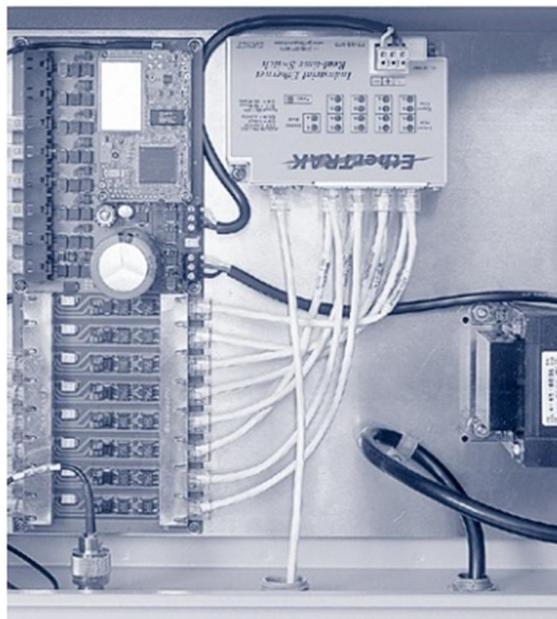
Este se encarga de comunicar dos puntos de la red inalámbrica, esto quiere decir que se puede comunicar con otro backhaul, se debe tener en cuenta que para poder comunicar dos BH uno debe ser master y otro slave.



**Figura 3.5** Modula Backhaul Canopy Motorola [11]

### **3.2.15 Módulo de administración de Clúster CMM.**

El CMM es el encargado de suministrar la alimentación para hasta seis unidades AP. Este contiene un receptor para el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y un Conmutador Ethernet reforzado.



**Figura 3.6** CMM Canopy Motorola [11]

Una vez presentadas las partes físicas del sistema Canopy Motorola, se presenta el software en una serie de páginas web para configurar y monitorizar la unidad. La siguiente es una referencia rápida de los puntos importantes de los cuales se encarga este software:

- Quick Start
- Status
- Configuration
- IP Configuration
- Event Log
- LUID Select
- Link Test
- Time & Date
- Sessions
- GPS Status
- Ethernet Stats
- Expanded Stats



<b>Quick Start</b>	<b>Device Information</b>	
<b>Status</b>	Device type	5.2GHz - Multipoint - Access Point - 0a-00-3e-00-29-37
<b>Configuration</b>	Software Version	CANOPY4.1 Nov 04 2003 10:38:27 AP-DES
<b>IP Configuration</b>	Software Boot Version	CANOPYBOOT 1.1
<b>Event Log</b>	FPGA Version	06240308 (DES)
<b>LUID Select</b>	Uptime	00:01:57
<b>Link Test</b>	System Time	12:01:10 11/21/2003
<b>Time &amp; Date</b>	Ethernet Interface	100Base-TX Full Duplex
<b>Sessions</b>	<b>Access Point Stats</b>	
<b>GPS Status</b>	Registered SM Count	0
<b>Ethernet Stats</b>	GPS Sync Pulse Status	Generating Sync
<b>Copyright</b>	<b>Site Information</b>	
<b>Expanded Stats</b>	Site Name	No Site Name
	Site Contact	No Site Contact

**Figura 3.7** Ejemplo de interface gráfica del software de configuración de los equipos Canopy Motorola

[12]

## **Capítulo 4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO**

### **4.1 RECONOCIMIENTO Y DE SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.**

Con lo que respecta al reconocimiento del problema, se dieron diferentes actividades, en su gran mayoría conversaciones con el Ing. Mario Jiménez, Brenes, además recomendaciones de personeros de la corporación FONT. Otra fuente útil ha sido el estudio de proyectos similares.

### **4.2 OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.**

En su gran mayoría las fuentes empleadas para lograr la comprensión del problema a solucionar, fueron conversaciones con el ingeniero encargado del Centro de Control JASEC y técnicos, cuyos puntos de vista y criterios, fueron fundamentales para poder escoger la solución del proyecto, también fue de mucha utilidad el uso de información técnica, por ejemplo, hojas de datos y demás material encontrado en la red.

Una forma de evaluar la información encontrada y recopilada, se consultó con distintos personeros del Centro de Control El Bosque, estos con mucha amabilidad brindaron sus consejos, además se empleó un análisis de costos para ubicar una parte de la solución del proyecto del presupuesto.

### **4.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.**

Primeramente se verifico el funcionamiento de todos los puntos inalámbricos de la red, esto para conocer cómo se encontraba la comunicación con el Centro de Control El Bosque.

Luego se realizaron giras a los distintos puntos inalámbricos que tenían dificultades de comunicación, con el fin de conocer las características que ocasionan el problema y así buscar la solución más adecuada.

Además, la implementación de la solución se fundamentó en las características técnicas de los equipos con los que cuenta la red inalámbrica, debido a que el proyecto tiene diseño, y por tanto, las características eléctricas y técnicas eran la herramienta más fiable para verificar que la solución fuere factible. Seguido de conocer las características de los equipos, se realiza el diseño de los enlaces de los diferentes puntos que hacen falta por integrar a la red, se utiliza software especializado para el diseño de enlaces inalámbricos.

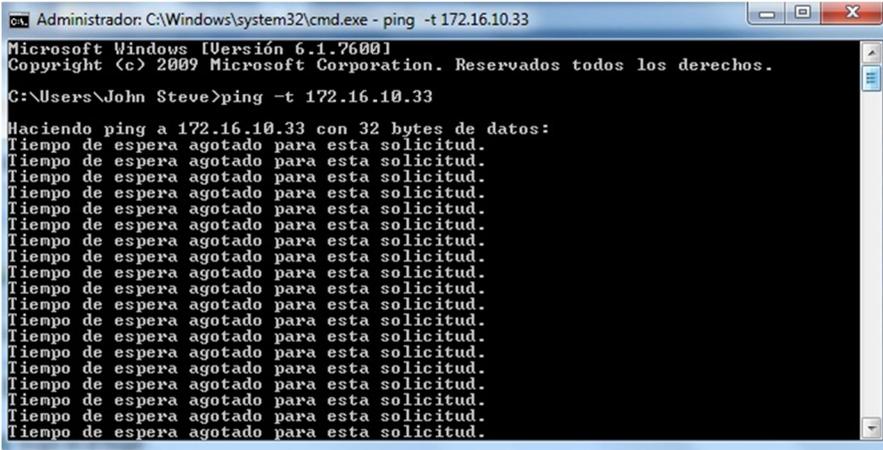
Por último, se mide la corriente que consumen los equipos encargados de la comunicación, esto para poder calcular la potencia que consumen dichos equipos y hacer los cálculos necesarios, para saber que potencia debe tener la fuente de energía auxiliar y hacer la recomendación al ingeniero encargado del Centro de Control El Bosque.

## Capítulo 5 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SOLUCIÓN.

### 5.1 ANÁLISIS DE SOLUCIONES Y SELECCIÓN FINAL.

Este proyecto está constituido de tres partes principales, las cuales con: etapa de verificación, corrección de problemas de transmisión de información y la etapa de diseño.

Primeramente, se recomendó realizar una gira a todos los puntos de la red inalámbrica JASEC, para hacer un primer chequeo. Luego de haber conversado con el ingeniero encargado, se decidió hacer una revisión general de todos los puntos de la red inalámbrica (véase Anexo A), de forma remota, para reducir costos de transporte y luego se dedica tiempo a los puntos que realmente tienen problemas. Esta revisión se realizó utilizando peticiones de ICMP se verificó el funcionamiento de todos los radios y todas la direcciones IP de los radios que conforman la red inalámbrica como se muestra en la figura 5.1, de esta forma se verifico la comunicación de los radios, donde se obtuvo una muy buena respuesta.



```
Administrator: C:\Windows\system32\cmd.exe - ping -t 172.16.10.33
Microsoft Windows [Versión 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
C:\Users\John Steve>ping -t 172.16.10.33
Haciendo ping a 172.16.10.33 con 32 bytes de datos:
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
```

Figura 5.1 Ejemplo de como se verificó la comunicación con el Centro de Control El Bosque.

Seguido se planeó una gira a todos los puntos que se encontraban con problemas, con personeros de Corporación FONT, para realizar las respectivas correcciones a los problemas que impedían la correcta comunicación de los radios de la red inalámbrica, en la tabla 5.1 se puede observar los puntos inalámbricos que no tiene comunicación con el Centro de Control El Bosque.

**Tabla 5.1** Lista enlaces inalámbricos sin comunicación con el Centro de Distribución El Bosque.

<b>Enlace Inalámbrico</b>	<b>Dirección IP</b>
<b>Big Cola</b>	172.16.10.69
<b>Recloser Tierra Blanca</b>	172.16.10.59
<b>Recloser Paso Ancho</b>	172.16.10.67
<b>CMM Cot1</b>	172.16.10.44
<b>Repetidor Cot 1</b>	172.16.10.23
	172.16.10.24
<b>SM Conv Cot 1</b>	172.16.10.74
<b>Canal 4</b>	172.16.10.72
<b>Repetidor Canal 6</b>	172.16.10.37
<b>El Jaz</b>	172.16.10.33
<b>Birrisito</b>	172.16.10.34
<b>Cervantes</b>	172.16.10.57
<b>Campo Silvestre</b>	172.16.10.65

<b>Sub Estación El Molino</b>	172.16.10.107
<b>Sub Estación San Blas</b>	172.16.10.109
<b>Gurdian</b>	172.16.10.76

Luego de saber cuáles son los puntos inalámbricos que tienen problemas de comunicación, se realizó una gira por estos lugares, para conocer el estado de los equipos de la red de radioenlaces de JASEC, se encontraron diferentes desperfectos en los equipos, donde se pueden mencionar algunos:

- Cot 1, el transformador encargado de la alimentación de los equipos se encuentra desconectado.
- Repetidora canal 6, se roban radio de transmisión.
- Canal 4, se comunica con canal 6.
- Repetidora el Yas, su gabinete se encuentra lleno de agua en su totalidad, ocasionando un desperfecto en los equipos.
- Cervantes, el abanico se encuentra dañado y un árbol obstaculiza la línea vista.
- Campo silvestre, se construyó un supermercado en medio del radio encargado de llevar la información al Centro de Control El Bosque.
- Cerro Gurdian, la prensa encargada de sostener el radio se encontraba quebrada, esto imposibilita la correcta comunicación.

Después de conocer los problemas que imposibilitaban la comunicación con el Centro de Control El Bosque, se programó una gira con personeros de Corporación Font, para corregir estos problemas de forma inmediata. A continuación se menciona la forma en que se corrigieron dichos problemas.

- Repetidora del Cerro Gurdian, se cambia la antena con la dirección 172.16.10.25, la cual se encontraba dañada, debido a que el equipo se desprende y llena de agua, se cambia y configura, la misma queda trabajando con normalidad.
- Sub Estación San Blas, el equipo que se encuentra en este lugar no está alimentado, se alimenta momentáneamente para hacer pruebas de funcionamiento, el equipo se encuentra en excelentes condiciones.
- Recloser Tierra Blanca, no se comunica con la Repetidora Tierra Blanca, esto gracias a que un árbol interrumpe la línea vista de la señal, el compañero William Gonzales, pide permiso al dueño del terreno para poder cortar el árbol y mejorar la comunicación entre estos dos puntos.
- Campo Silvestre, el supermercado EcoMarket, interrumpe la línea vista de la señal con la repetidora Capellades, para este caso se va a cambiar la ubicación del equipo y se debe diseñar el enlace nuevamente.
- Embalse Capellades, este se encuentra en buen estado, el equipo de este punto esta desconectado de la red, se deja todo como se encontró.
- Repetidora Capellades, este punto se encuentra en buen estado, pero se recomienda hacer una corta de árboles para evitar la interrupción de la comunicación.
- Repetidora Lago Sur, este punto se encontraba sin alimentación, se soluciona el problema, luego se realizan pruebas de comunicación y el equipo trabaja sin ningún problema.
- Repetidora Canal 6, en este punto se reemplaza la antena defectuosa que se comunica con el punto ubicado en canal 4, se configura y trabaja con normalidad.

- Canal 4, en este punto los equipos se encontraban sin alimentación, se procede a alimentar el gabinete, se hacen pruebas de comunicación con los equipos ubicados en Cerro Gurdian y con la repetidora canal 6, donde el equipo trabaja sin ningún problema.
- Repetidora El Jaz, en este punto se cambia el gabinete ya que el mismo se encontraba en mal estado, esto porque el equipo estaba totalmente mojado, se coloca el gabinete de Rio Macho y se procede a la configuración del equipo.
- Subestación Molino, se encontraba sin alimentación, se alimenta y se revisa que los equipos no hayan sufrido ningún daño.

Seguido se volvió a revisar nuevamente el estado de la red inalámbrica de JASEC, para corroborar el estado de la misma y verificar los puntos en los cuales se realizaron trabajos correctivos. En la tabla 6.3, se muestra los puntos inalámbricos donde falta la solución de su problema, debido a que se debe esperar que otros personeros de la empresa JASEC realicen labores previas.

**Tabla 5.2** Enlaces inalámbricos a los que falta la solución del problema.

<b>Enlace Inalámbrico</b>	<b>Dirección IP</b>
<b>CMM Cot1</b>	172.16.10.44
<b>Repetidor Cot 1</b>	172.16.10.23
	172.16.10.24
<b>SM Conv Cot 1</b>	172.16.10.74
<b>Campo Silvestre</b>	172.16.10.85

En la tabla 5.2 se muestran los enlaces que aún faltan por corregir sus problemas, para poder solucionar el problema de los quipos instalados en la repetidora de Cot 1, se debe esperar a que personeros de JASEC, instalen un transformador encargado de alimentar todos los equipos de la comunicación inalámbrica de este punto. En lo que respecta a los equipos de Campo Silvestre, estos se van a reubicar, para poder comunicar otro sector de la red eléctrica de JASEC, a continuación se mostrara el diseño de del respectivo enlace inalámbrico.

Primeramente se tuvo que hacer una gira por los diferentes lugares involucrados en el diseño de este enlace, con el fin de saber las coordenadas geográficas, estas se muestran en la tabla 5.3

**Tabla 5.3** Coordenadas geográficas de los diferentes puntos involucrados en el enlace Patalillo Centro de Control El Bosque.

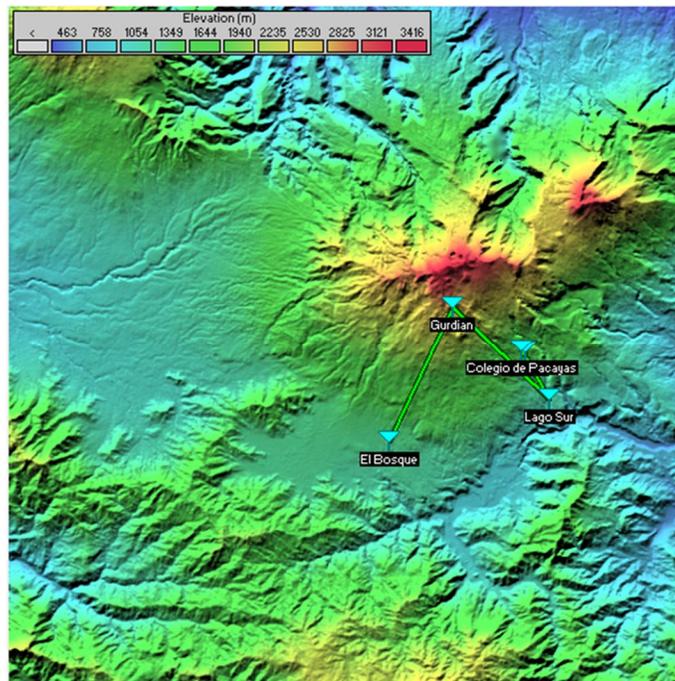
<b>Nombre</b>	<b>Coordenada</b>
<b>Centro Control El Bosque</b>	N 9,96032
	O 83,89369
<b>Patalillo</b>	N 9,92019
	O 83,80239
<b>Colegio Pacayas</b>	N 9,92063
	O 83,80445
<b>Gurdian</b>	N 9,94983
	O 83,85133
<b>Lago Sur</b>	N 9.88788
	O 83.78591

Seguido se introdujeron estos datos en Google Earth y así poder asociar las coordenadas geográficas con Radio Mobile, en la figura 5.2 se muestran la ubicación de los puntos en el mapa de Google Earth.



**Figura 5.2** Ubicación geográfica de los puntos involucrados en el enlace Patalillo – Centro Control El Bosque.

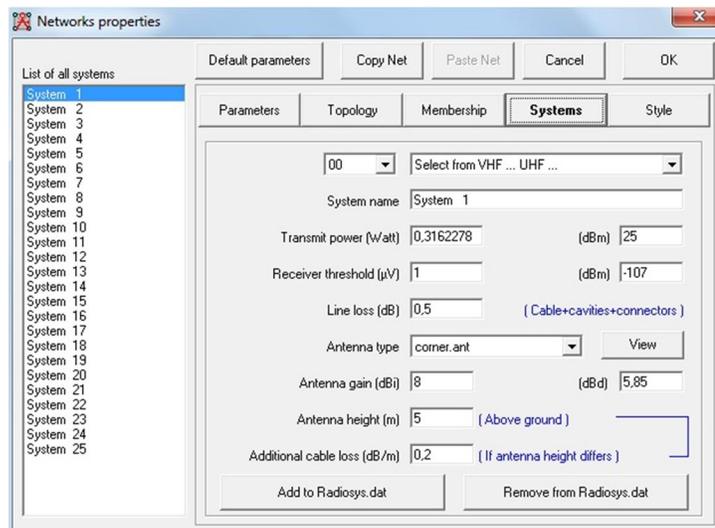
Después se asociaron las ubicaciones de Google Earth con Radio Mobile, para ubicar los puntos del nuevo enlace inalámbrico en el mapa de nivel, en la figura 5.3 se muestran dichos puntos en el mapa de nivel.



**Figura 5.3** Ubicación de los puntos del enlace inalámbrico en el mapa de nivel.

Inmediatamente en Radio Mobile se caracteriza la antena a utilizar, esto para poder diseñar dicho enlace. Además se modifican las características de la red, donde se pueden mencionar las siguientes características:

- Frecuencia, máxima y mínima.
- Tipo de clima.
- Tipo de terreno.
- Miembros de la red.
- Topología de la red.



**Figura 5.4** Caracterización de la antena Canopy Motorola en Radio Mobile.

A continuación se muestran los datos obtenidos para el diseño de los enlaces, donde se puede observar datos de suma importancia como lo son, la línea vista y las pérdidas en el espacio libre.

## 5.1.1 Diseño del enlace inalámbrico Patalillo – Centro De Control El Bosque.

a) Datos del enlace Patalillo – Colegio de Pacayas.

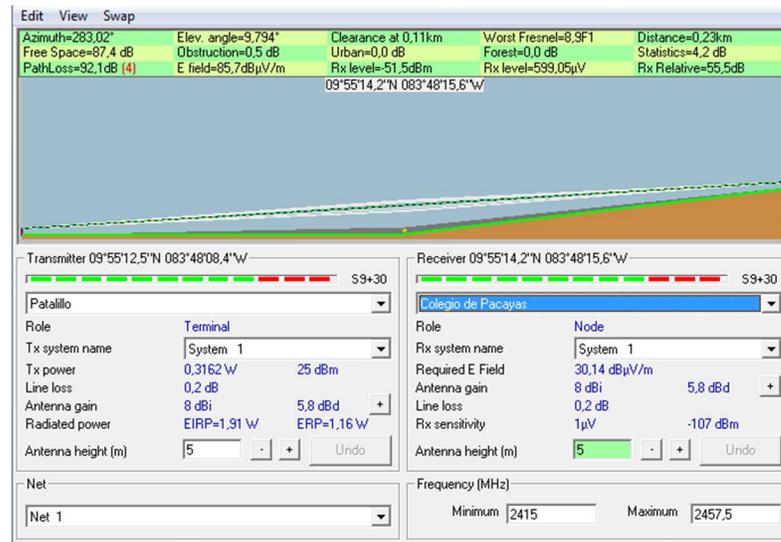


Figura 5.5 Enlace Inalámbrico Patalillo – Colegio de Pacayas.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(0,23 [km])$$

$$FSL_{dB} = 87,64 dB$$

Presupuesto para el enlace completo

*Nivel de Señal Recibida =*

$$\begin{aligned} & \text{Potencia del Transmisor [dBm]} - \text{Pérdidas en el Cable TX [dB]} + \\ & \text{Ganancia de Antena TX [dBi]} - \text{Pérdidas en la trayectoria en el espacio libre [dB]} + \\ & \text{Ganancia de Antena RX [dBi]} - \text{Pérdidas en el Cable RX [dB]} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\text{Nivel de Señal Recibida} = 25 - 0,2 + 8 - 87,64 + 8 - 0,2$$

$$\text{Nivel de Señal Recibida} = -47,04dBm$$

b) Datos del enlace Colegio Pacayas – Lago Sur.

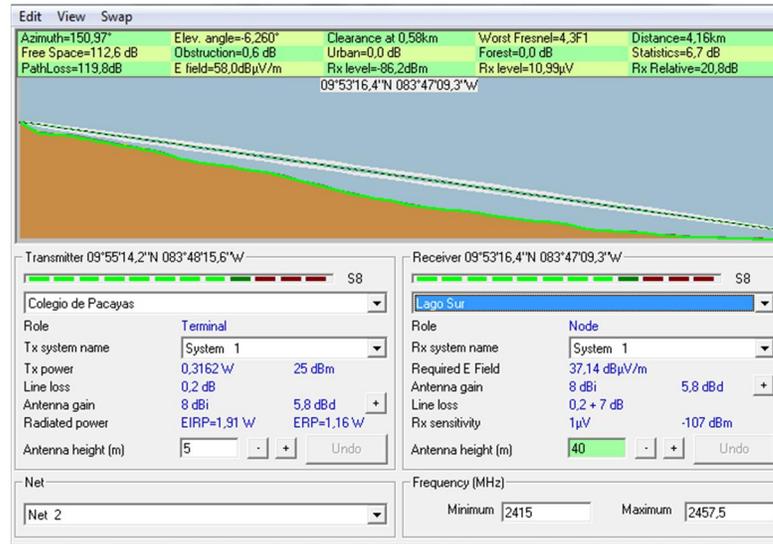


Figura 5.6 Enlace Inalámbrico Colegio Pacayas – Lago Sur.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(4,16[km])$$

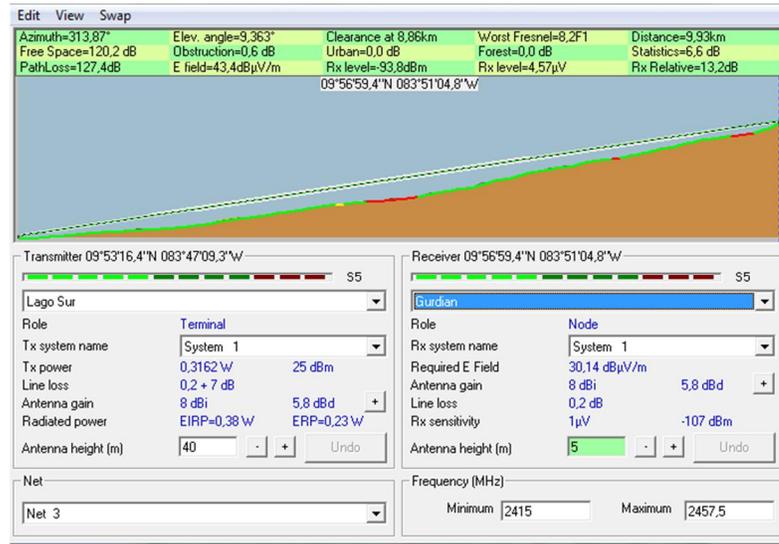
$$FSL_{dB} = 112,79 \text{ dB}$$

Presupuesto para el enlace completo

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = 25 - 0,2 + 8 - 112,79 + 8 - 0,2$$

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = -72,19 \text{ dBm}$$

c) Datos del enlace Lago Sur – Cerro Gurdian.



**Figura 5.7** Enlace Inalámbrico Lago Sur – Cerro Gurdian.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(9,93[km])$$

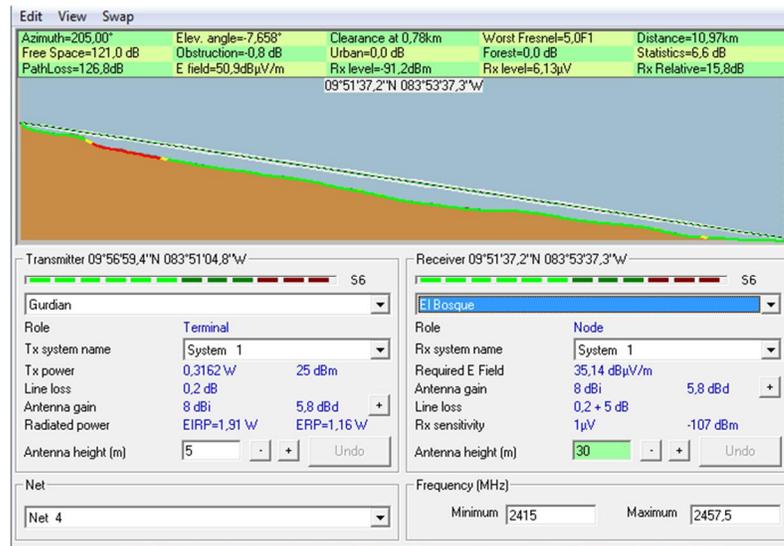
$$FSL_{dB} = 120,34 \text{ dB}$$

Presupuesto para el enlace completo

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = 25 - 0,2 + 8 - 120,34 + 8 - 0,2$$

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = -79,74dBm$$

d) Datos del enlace Cerro Gurdian – Centro Control El Bosque.



**Figura 5.8** Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Centro Control El Bosque.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

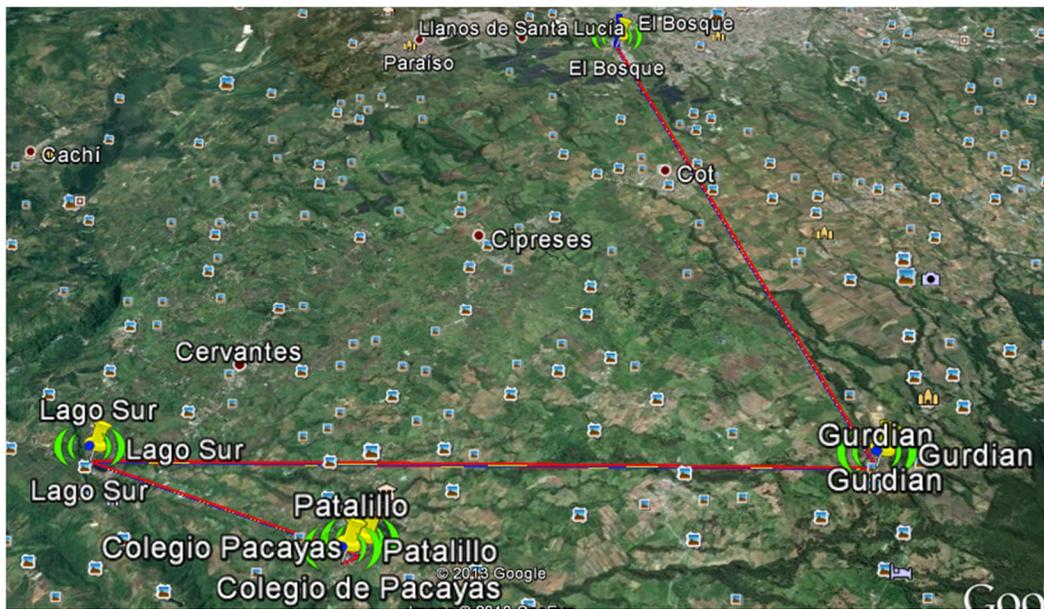
$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(10,97[km])$$

$$FSL_{dB} = 121,21 dB$$

Presupuesto para el enlace completo

$$Nivel\ de\ Señal\ Recibida = 25 - 0,2 + 8 - 121,21 + 8 - 0,2$$

$$Nivel\ de\ Señal\ Recibida = -80,61dBm$$



**Figura 5.9** Enlaces Inalámbricos desde Patalillo hasta Centro Control El Bosque.

Para el diseño de la tercera etapa de la red inalámbrica JASEC, se realizó una gira por todos los puntos involucrados, para saber sus coordenadas geográficas, esto con el fin de introducirlo en la herramienta de Google Earth y luego asociarlo a Radio Mobile.

**Tabla 5.4** Coordenadas geográficas de los diferentes puntos involucrados en los enlaces de la tercera etapa de la red inalámbrica JASEC.

<b>Nombre</b>	<b>Coordenada</b>
<b>Centro Control El Bosque</b>	N 9,96032
	O 83,89369
<b>Repetidora Guayabal</b>	N 9.83617
	O 83.946661
<b>Este Paseo Metrópoli</b>	N 9,86759
	O 83,94080
<b>Oeste Paseo Metrópoli</b>	N 9,86795
	O 83,94311
<b>Estadio Paraíso</b>	N 9,84149
	O 83,87842
<b>Gradería Estadio Paraíso</b>	N 9,84204
	O 83,87829
<b>Llano de St Lucia</b>	N 9,84007
	O 83,87739
<b>Norte Cementerio Paraíso</b>	N 9,83991
	O 83,87348
<b>Oeste Cementerio Paraíso</b>	N 9,83998
	O 83,87625
<b>Mormones</b>	N 9,841792
	O 83,86698
<b>Lucas</b>	N 9,83756
	O 83,86645
<b>UCR</b>	N 9,82447
	O 83,86707
<b>Liceo Paraíso</b>	N 9,83408
	O 83,86707

En la figura 5.10 se puede ver la ubicación de los puntos inalámbricos a diseñar.



**Figura 5.10** Ubicación geográfica de los puntos involucrados en la tercera etapa de la red inalámbrica JASEC.

Seguido se asociaron las ubicaciones de Google Earth con Radio Mobile, para ubicar los puntos de los nuevos enlaces inalámbricos en el mapa de nivel, en la figura 5.11 se muestran dichos puntos en el mapa de nivel.

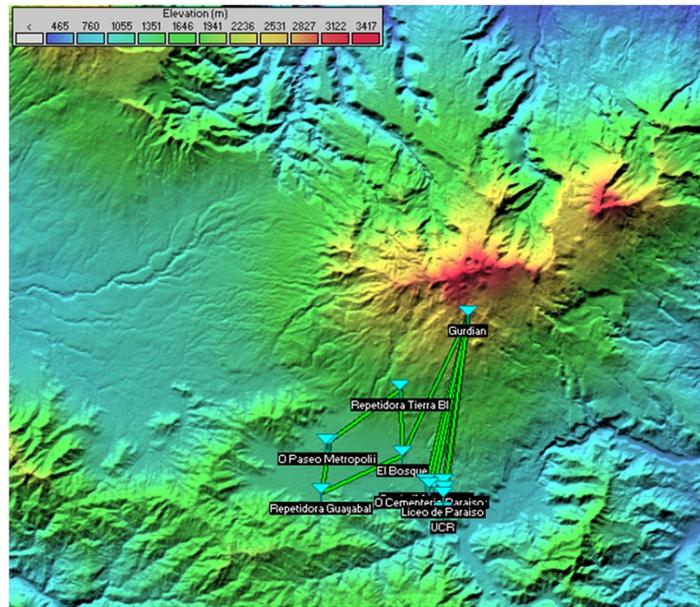


Figura 5.11 Ubicación de los puntos del enlace inalámbrico de la tercera etapa, en el mapa de nivel.

### 5.1.2 Diseño de la tercera etapa de la red inalámbrica JASEC.

#### a) Datos del enlace Cerro Gurdian – Centro Control El Bosque.

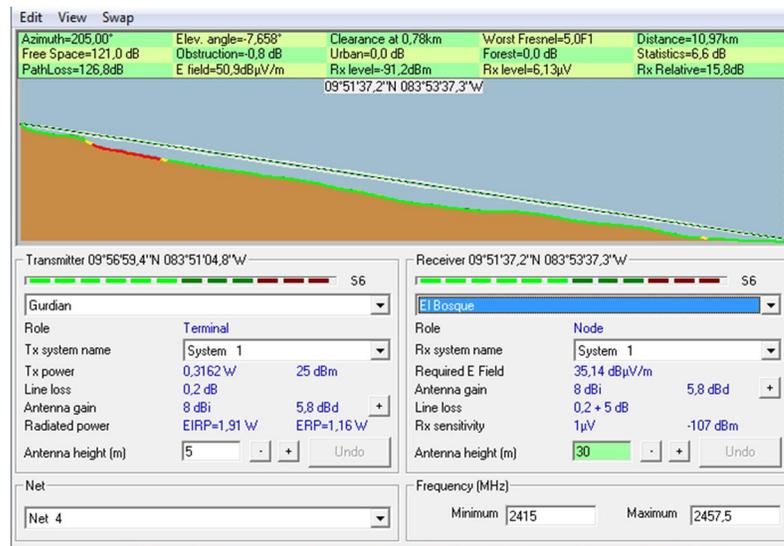


Figura 5.12 Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Centro Control El Bosque.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(10,97[km])$$

$$FSL_{dB} = 121,21 \text{ dB}$$

Presupuesto para el enlace completo

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = 25 - 0,2 + 8 - 120,34 + 8 - 0,2$$

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = -80,61 \text{ dBm}$$

b) Datos del enlace Cerro Gurdian – Estadio Paraíso.

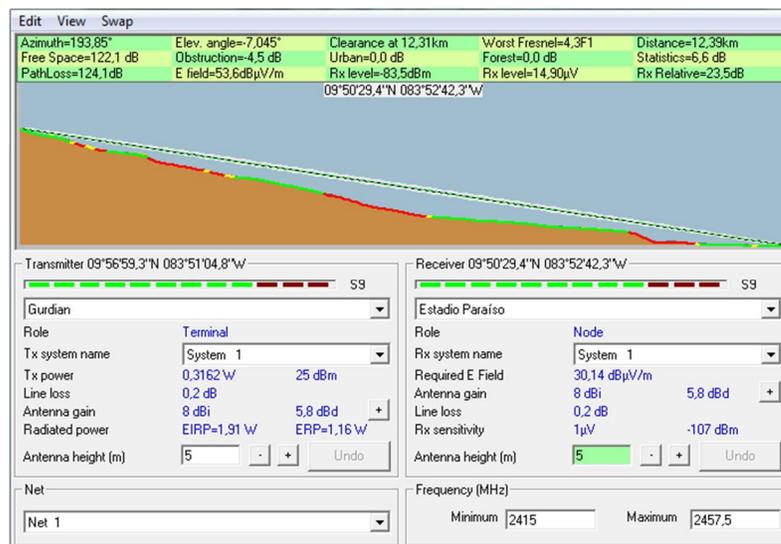


Figura 5.13 Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Estadio Paraíso.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(12,39[km])$$

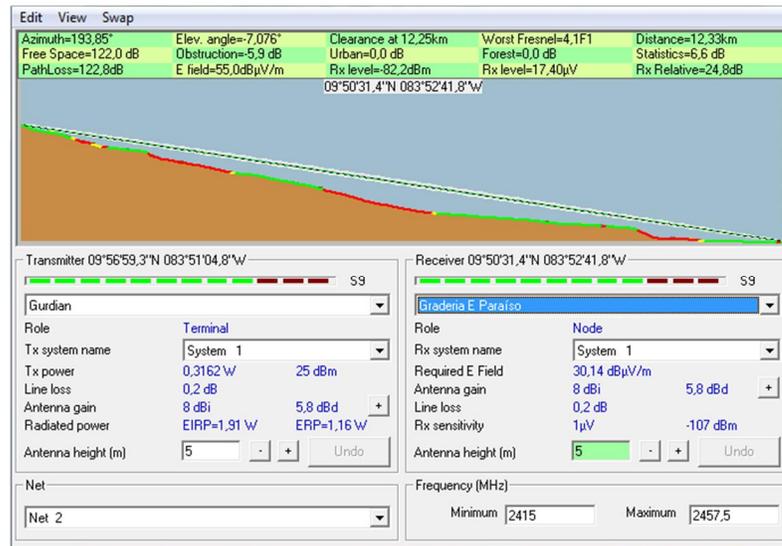
$$FSL_{dB} = 122,27 \text{ dB}$$

Presupuesto para el enlace completo

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = 25 - 0,2 + 8 - 122,27 + 8 - 0,2$$

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = -81,67 \text{ dBm}$$

c) Datos del enlace Cerro Gurdian – Gradería Estadio Paraíso.



**Figura 5.14** Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Gradería Estadio Paraíso.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(12,33[km])$$

$$FSL_{dB} = 122,22 \text{ dB}$$

Presupuesto para el enlace completo

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = 25 - 0,2 + 8 - 122,22 + 8 - 0,2$$

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = -81,62 \text{ dBm}$$

d) Datos del enlace Cerro Gurdian – Llanos de Santa Lucia.

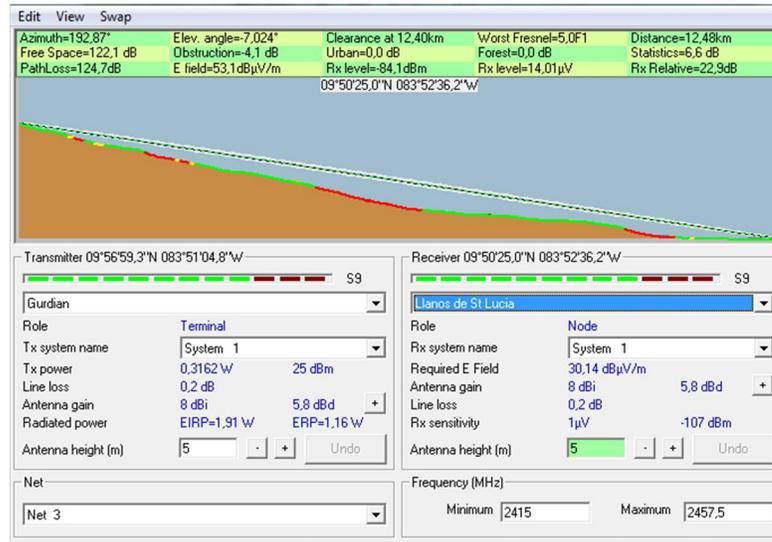


Figura 5.15 Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Llanos de Santa Lucia.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(12,48[km])$$

$$FSL_{dB} = 122,33 \text{ dB}$$

Presupuesto para el enlace completo

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = 25 - 0,2 + 8 - 122,33 + 8 - 0,2$$

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = -81,73dBm$$

e) Datos del enlace Cerro Gurdian – Norte Cementerio Paraíso.

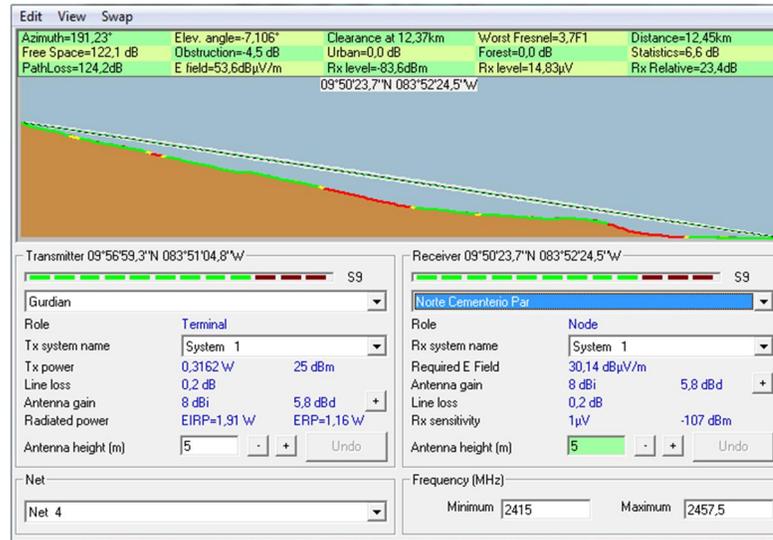


Figura 5.16 Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Norte Cementerio Paraíso.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(12,45[km])$$

$$FSL_{dB} = 122,31 \text{ dB}$$

Presupuesto para el enlace completo

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = 25 - 0,2 + 8 - 122,33 + 8 - 0,2$$

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = -81,71 \text{ dBm}$$

f) Datos del enlace Cerro Gurdian – Oeste Cementerio Paraíso.

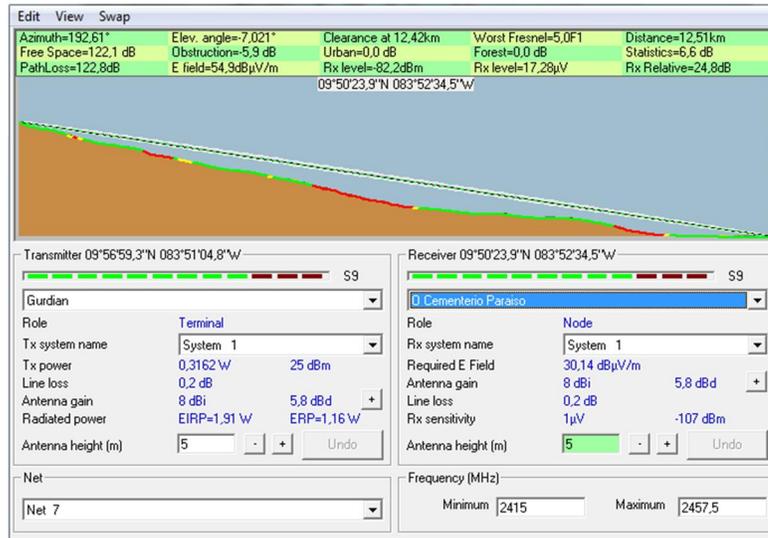


Figura 5.17 Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Oeste Cementerio Paraíso.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(12,51[km])$$

$$FSL_{dB} = 122,35 \text{ dB}$$

Presupuesto para el enlace completo

$$\text{Nivel de Señal Recibida} = 25 - 0,2 + 8 - 122,35 + 8 - 0,2$$

$$\text{Nivel de Señal Recibida} = -81,75 \text{ dBm}$$

g) Datos del enlace Cerro Gurdian – Mormones.

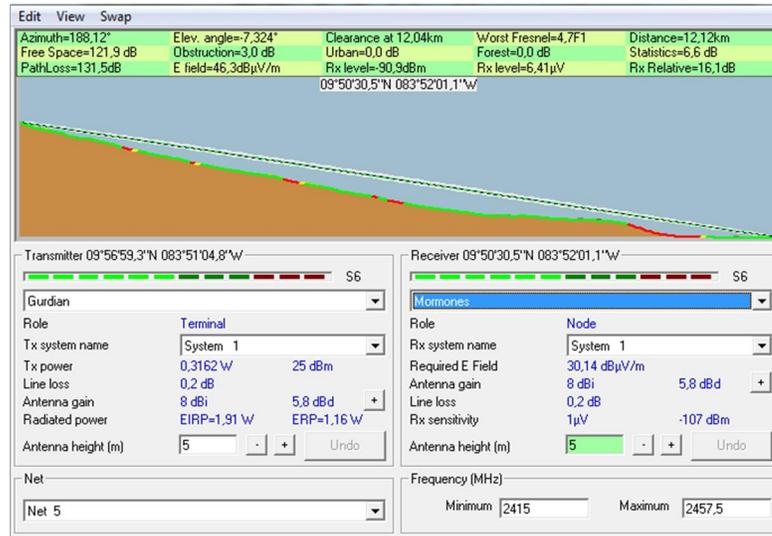


Figura 5.18 Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Mormones.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(12,12[km])$$

$$FSL_{dB} = 122,08 \text{ dB}$$

Presupuesto para el enlace completo

$$Nivel \text{ de Señal Recibida} = 25 - 0,2 + 8 - 122,08 + 8 - 0,2$$

$$Nivel \text{ de Señal Recibida} = -81,48 \text{ dBm}$$

h) Datos del enlace Cerro Gurdian – Lucas.

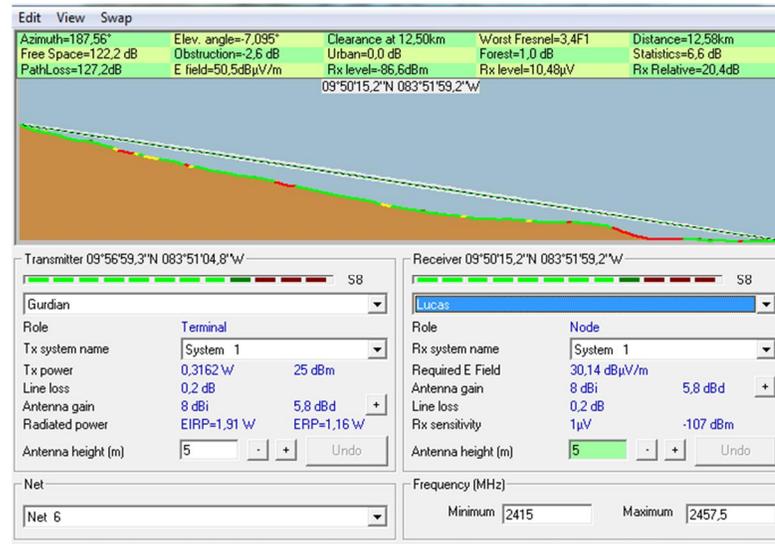


Figura 5.19 Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Lucas.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(12,58[km])$$

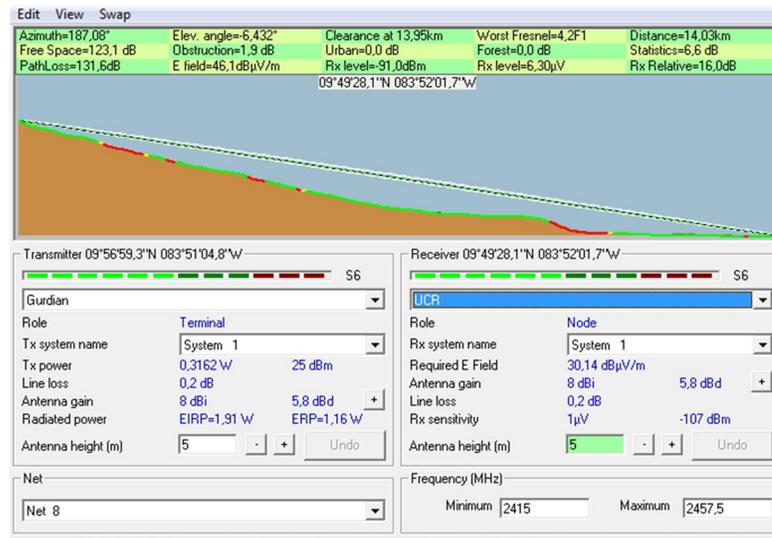
$$FSL_{dB} = 122,40 \text{ dB}$$

Presupuesto para el enlace completo

$$N_{\text{Nivel de Señal Recibida}} = 25 - 0,2 + 8 - 122,40 + 8 - 0,2$$

$$N_{\text{Nivel de Señal Recibida}} = -81,8 \text{ dBm}$$

i) Datos del enlace Cerro Gurdian – UCR.



**Figura 5.20** Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – UCR.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(14,03[km])$$

$$FSL_{dB} = 123,35 \text{ dB}$$

Presupuesto para el enlace completo

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = 25 - 0,2 + 8 - 123,35 + 8 - 0,2$$

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = -82,75 \text{ dBm}$$

j) Datos del enlace Cerro Gurdian – Liceo Paraíso.

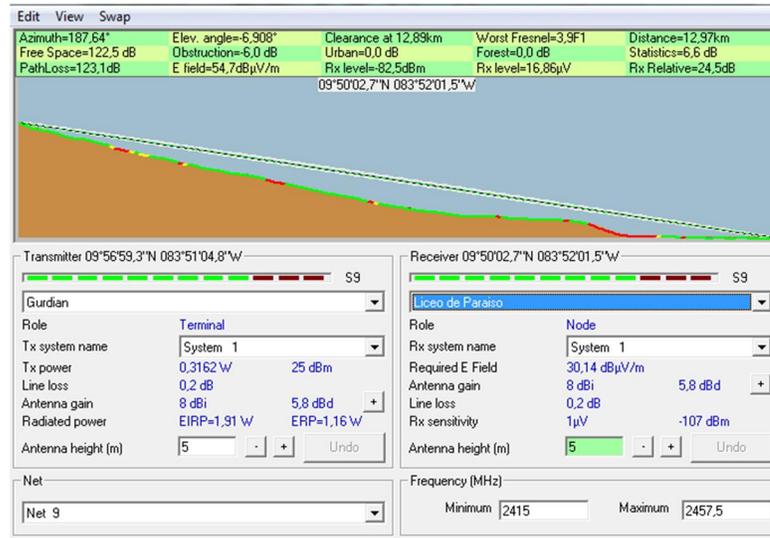


Figura 5.21 Enlace Inalámbrico Cerro Gurdian – Liceo Paraíso.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(12,97[km])$$

$$FSL_{dB} = 122,66 \text{ dB}$$

Presupuesto para el enlace completo

$$Nivel \text{ de Señal Recibida} = 25 - 0,2 + 8 - 122,66 + 8 - 0,2$$

$$Nivel \text{ de Señal Recibida} = -82,00 \text{ dBm}$$

k) Datos del enlace Guayabal – Centro Control El Bosque.

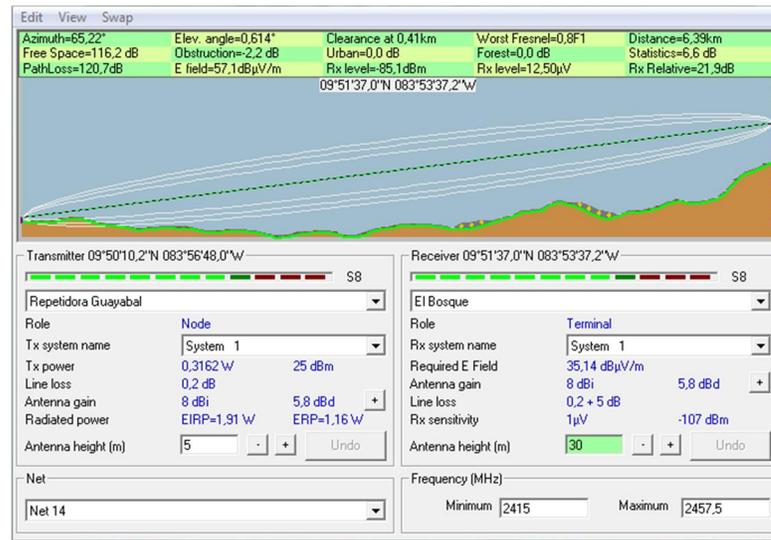


Figura 5.22 Enlace Inalámbrico Guayabal – Centro Control El Bosque.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(6,39[km])$$

$$FSL_{dB} = 116,52 \text{ dB}$$

Presupuesto para el enlace completo

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = 25 - 0,2 + 8 - 116,52 + 8 - 0,2$$

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = -75,92 \text{ dBm}$$

I) Datos del enlace Guayabal – Este Paseo Metrópoli.

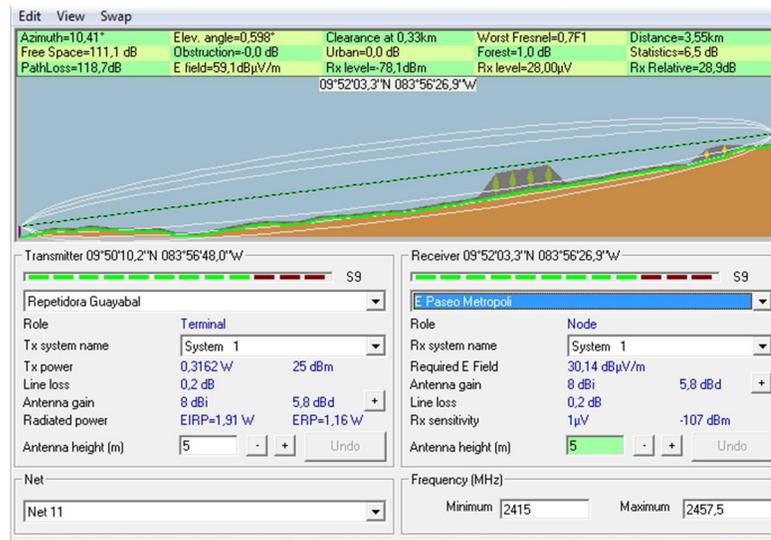


Figura 5.23 Enlace Inalámbrico Guayabal – Este Paseo Metrópoli.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(3,55[km])$$

$$FSL_{dB} = 111,41 \text{ dB}$$

Presupuesto para el enlace completo

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = 25 - 0,2 + 8 - 111,41 + 8 - 0,2$$

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = -70,81 \text{ dBm}$$

m) Datos del enlace Tierra Blanca – Centro Control El Bosque.

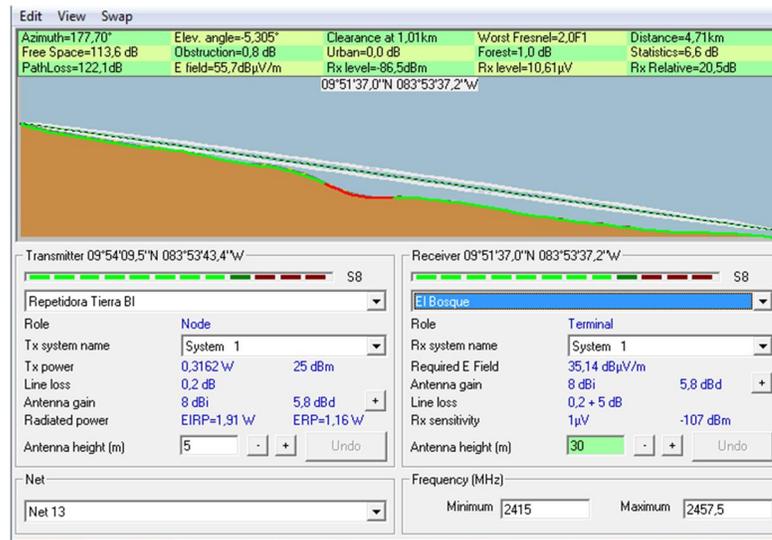


Figura 5.24 Enlace Inalámbrico Tierra Blanca – Centro Control El Bosque.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(4,71[km])$$

$$FSL_{dB} = 113,87 \text{ dB}$$

Presupuesto para el enlace completo

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = 25 - 0,2 + 8 - 113,87 + 8 - 0,2$$

$$Nivel \ de \ Señal \ Recibida = -73,27 \text{ dBm}$$

n) Datos del enlace Tierra Blanca – Oeste Paseo Metrópoli.

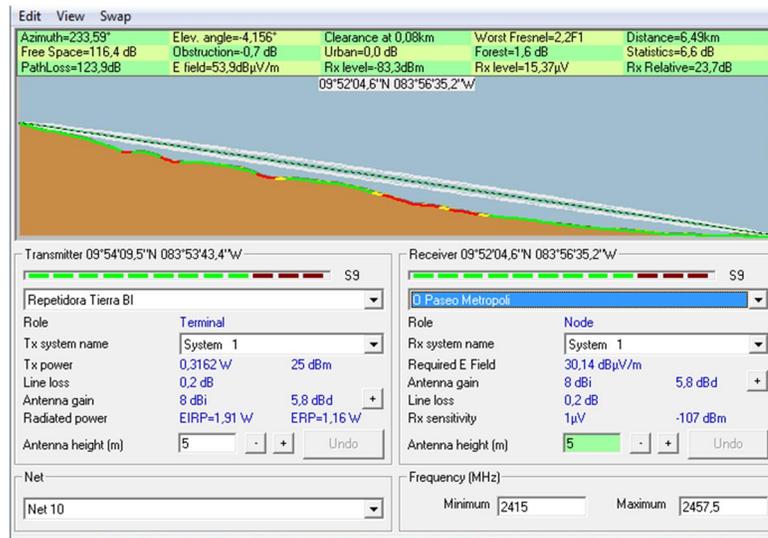


Figura 5.25 Enlace Inalámbrico Tierra Blanca – Oeste Paseo Metrópoli.

Calculo las perdidas en el Espacio Libre.

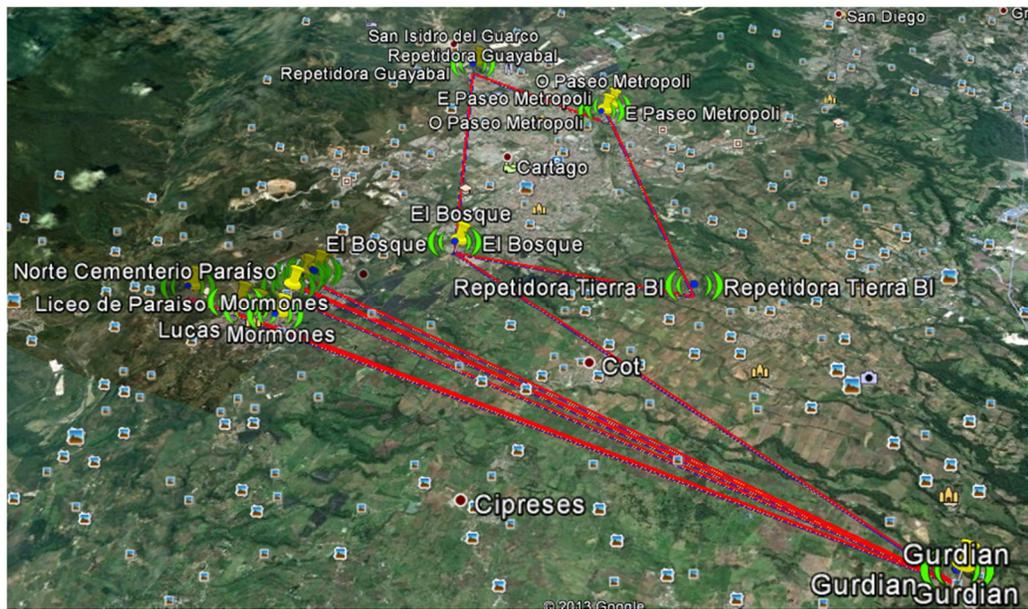
$$FSL_{dB} = 32,6 + 20 \cdot \log(2457,5 [Mhz]) + 20 \cdot \log(6,49[km])$$

$$FSL_{dB} = 116,65 \text{ dB}$$

Presupuesto para el enlace completo

$$Nivel \text{ de Señal Recibida} = 25 - 0,2 + 8 - 116,65 + 8 - 0,2$$

$$Nivel \text{ de Señal Recibida} = -76,05 \text{ dBm}$$



**Figura 5.26** Enlaces Inalámbricos de la tercera etapa de la red inalámbrica JASEC.

Se encontraron tres posibles lugares a los cuales se podían realizar las mediciones de corriente, para saber cuánta potencia se consume en los puntos de repetición y así hacer los cálculos necesarios de la energía, para hacer las recomendaciones necesarias en cuanto a las UPS, los puntos fueron Repetidora Guayabal, Repetidora Cot 2 y Repetidora Tierra Blanca, por cercanía, facilidad y cantidad de equipo, se escogió la Repetidora Cot 2, a la cual se le realizaron varias mediciones de consumo de corriente y estas se realizaron varias veces en diferentes días.

### 5.1.3 Cálculo de la cantidad de baterías para las UPS.

Por último, para la escogencia de las UPS como suministro auxiliar de energía, se hizo una medición de corriente con un amperímetro de gancho, para ello se realizaron tres mediciones, estas se muestran en la tabla 5.5.

**Tabla 5.5** Medición de corriente para el cálculo del consumo de potencia de los equipos.

Medición	Amperios [A]
1	0,6
2	0,6
3	0,6

Luego se calculó la potencia que consumen los equipos encargados de la comunicación inalámbrica, donde primero se calcula la potencia aparente para luego hacer el cálculo de la potencia activa.

Potencia Aparente:

$$S = V \times I$$

$$S = 120 \times 0,6$$

$$S = 72 [VA]$$

Potencia Activa:

$$P = V \cdot I \cos(\varphi)$$

$$P = 72 \cdot 0,9$$

$$P = 64,8 [W]$$

Teniendo en cuenta la cantidad de potencia aparente y potencia activa, que consumen los equipos de comunicación inalámbrica, se procede a calcular la cantidad de baterías necesarias, esto con el fin de saber la potencia a la que deben trabajar las UPS.

$$\text{Tiempo en minutos de duración de un UPS} = \left( \frac{N \times V \times AH \times Eff}{VA} \right) \times 60 \quad (8)$$

N = número de baterías en el UPS

V = voltaje de las baterías

AH = Amperios-Hora de las baterías

Eff = eficiencia de la UPS

VA = Volti-Amperios del UPS

Calculo de la cantidad de baterías que tiene que tener la UPS para poder suministrar un tiempo mínimo de 360 minutos

$$\text{Tiempo en minutos de duración de un UPS} = \left( \frac{N \times V \times AH \times Eff}{VA} \right) \times 60$$

$$360 = \left( \frac{N \times 12 \times 9 \times .95}{72} \right) \times 60$$

$$N = 4,21 \text{ baterias}$$

Como podemos observar en la figura x.x, se muestra la secuencia la solución final, para este proyecto.



**Figura 5.27** Diagrama de la secuencia de la solución final.

## Capítulo 6 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

### 6.1 ANÁLISIS

En la presente sección se proceda a explicar detalladamente los resultados expuestos en el apartado anterior.

En el anexo A se muestra un listado de todos los puntos inalámbricos de la red JASEC, que presentaron problemas de comunicación, lo cual se debe a diferentes problemas, entre ellos se pueden mencionar:

- Falta radio de comunicación.
- Obstrucción de línea vista.
- Deterioro de gabinetes de comunicación.
- Falta de platos reflectores para aumentar la ganancia del enlace.
- Falta de alimentación, para que los equipos trabajen.
- Radios de comunicación tienen una dirección errónea.
- Equipos se encuentran apagados.

Como se puede observar en los puntos anteriores, la mayoría de problemas son rápidos de solucionar, como por ejemplo colocar el radio de comunicación, alimentar los equipos de comunicación con energía eléctrica y alinear correctamente los equipos entre sí. Pero los otros puntos no son tan fáciles de solucionar ya que se debe hacer un estudio, tanto para saber si con la colocación de un plato reflector es solución a los problemas de comunicación o por el contrario se debe diseñar por completo el enlace inalámbrico, ya que su línea vista esta obstaculizada.

Para poder solucionar los problemas en lo que a línea vista se refiere, primero se tuvo que conocer las coordenadas geográficas donde los equipos se deben colocar, es por esto que se realiza una gira para recolectar dicha información, en la tabla 5.3 se muestra dicha información, además en la figura 5.2 se observa la ubicación de los equipos, para el nuevo enlace inalámbrico, que llevara la información desde Patalillo hasta Centro Control El Bosque.

Luego en la figura 5.3, se observa el mapa de nivel, este es de suma importancia ya que nos indica si la línea vista de los nuevos enlaces inalámbricos, se encuentra obstruida.

Para este enlace se observa que la información no tendrá problema en llegar al Centro Control El Bosque, esto debido a que la señal recibida de cada uno de los enlaces que conforman el enlace en total, estará por encima de la sensibilidad de recepción la cual es de -79 dB. En las figuras 5.5 y 5.6, se observa con claridad que cada uno de los niveles de recepción está por debajo de la sensibilidad de recepción y queda reafirmado en los cálculos que se hacen utilizando la ecuaciones 7. Para los enlaces de Lago Sur - Cerro Gurdian y Cerro Gurdian - Centro Control El Bosque, se debe colocar un plato reflector en cada radio, ya que el nivel de señal recibido está por debajo de la sensibilidad de recepción, como se observa en las figuras 5.7, 5.8 y se vuelve a demostrar con la ecuación 7. Con el plato reflector se tendrá una ganancia de 18dB en cada radio y así poder tener estos enlaces por encima de la sensibilidad de recepción. En la figura 5.9 se muestra al final como debe quedar el enlace en total.

Por otro lado en para el diseño de la tercera etapa de la red inalámbrica JASEC, de igual manera que para el enlace Patalillo – Centro Control El Bosque, se realizó una gira para poder conocer las coordenadas geográficas donde se van a colocar los nuevos equipos de esta tercer etapa, en la tabla 5.4 se muestran las coordenadas de dichos puntos. En la figura 5.10 se muestran la ubicación de los puntos geográficos utilizando la herramienta de Google Earth, también en la figura 5.11 se muestra la ubicación de los puntos en el mapa de nivel utilizando la herramienta Radio Mobile.

Se debe de tener en cuenta que los enlaces de las figuras 5.13, 5.14, 5.15, 5.16, 5.17, 5.18, 5.19, 5.20 y 5.21, son enlaces directos al Cerro Gurdian, a los cuales se les debe de colocar plato reflector debido a que los niveles de señal recibida es menor a la sensibilidad de recepción, donde queda demostrado con la ecuación 7, queda comprobado que los niveles de señal recibida es menor a la necesaria, que es de -79 dB.

Para los equipos que se colocaran en las cercanías del Centro Comercial Paseo Metrópoli, primeramente se calculó presupuesto del enlace de las repetidoras Gauyabal y Tierra Blanca asía el Centro Control El Bosque, debido a que se ocupan para hacer llegar la información desde el Centro Comercial Paseo Metrópoli por medio de repetidoras. En las figuras 5.22 y 5.24 se muestran los datos que nos indican que los enlaces son posibles, los cálculos realizados con la ecuación 7 confirman que la señal recibida está por debajo del nivel de la sensibilidad de recepción sin necesidad de colocar plato reflector. Ahora los enlaces de los equipos ubicados en el Centro Comercial que van asía las repetidoras, se muestran en las figuras 5.23 y 5.25, en ellas se puede ver que los enlaces son posibles y que el resultados realizados con la ecuación 7, son mayores al nivel de sensibilidad de recepción, es por ello que no se necesita plato reflector. En la figura 5.26 se muestra la forma de la tercera etapa de la red inalámbrica JASEC.

Con lo que respecta al cálculo de energía auxiliar, primeramente se debe calcular la potencia aparente, por medio de la ecuación 5, con el fin de saber cuánta energía se debe suministrar; la cantidad de energía que se debe suministrar es de 72 VA, lo que equivale a 64,8 W.

Para saber la cantidad de energía de las UPS, se debe calcular la cantidad de baterías que deben tener las mismas. Para poder hacer estos cálculos se debe tener en cuenta las características de las baterías, éstas casi no varían entre sí. Para estos cálculos las características fueron:

- $V = 12V$
- $AH = 9AH$
- $Eff = 95\%$

Luego de saber las características de las baterías que deben de llevar las UPS, se procede a calcular el número de baterías que deben tener las mismas, para ello se utiliza la ecuación 8, donde para poder tener un tiempo de 360 minutos de energía auxiliar, las UPS deben tener 4,21 baterías.

## Capítulo 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 7.1 CONCLUSIONES

- La mayoría de problemas de comunicación de los puntos inalámbricos, son problemas de obstrucción de la línea vista y problemas en el funcionamiento de los equipos.
- Todos los puntos inalámbricos se comunican con el centro Control El Bosque.
- Cada enlace diseñado tiene la correcta comunicación con el Centro Control El Bosque, esto queda demostrado porque la señal recibida de cada punto inalámbrico, es mayor -79 dB o sea es mayor a la sensibilidad de recepción.
- Las fuentes de energías auxiliares (UPS), para cada punto de repetición, deben de ser mayores a 2200VA, y que su potencia activa sea mayor a 1900W.
- Las fuentes de energía auxiliares (UPS), deben de tener un factor de potencia mayor a 0.9, para que la potencia activa sea lo mayormente cercana a la potencia aparente.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ibarra, D. S. (2007). Diseño, construcción y caracterización de antenas para UHF. [En línea]. Recuperado el 5 de diciembre del 2012 de [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/sanchez\\_i\\_d/capitulo\\_3](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/sanchez_i_d/capitulo_3)
- [2] Junta Administrativa de Servicios Eléctricos de Cartago. [En línea]. 7 de Julio de 2012. Disponible en: <http://www.jasec.co.cr/>
- [3] Acuña, L. C. P. (2008). INTRODUCCIÓN A ANTENAS INTELIGENTES. [En línea]. Recuperado el 10 de diciembre del 2012 de <http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0828t.pdf>.
- [4] Arias, N. E. (2002). Antena bocina cuerno con reflector parabólico. Revista De Ciencias Exactas e Ingeniería Universidad Nacional. De Tucumán CET, 11 [En línea]. Recuperado el 12 de diciembre del 2012 <http://www.herrera.unt.edu.ar/revistacet/anteriores/nro22/pdf/n22inv01.pdf>
- [5] ESO, F. REDES INALAMBRICAS: WIRELESS. [En línea]. Recuperado el 13 de diciembre del 2012 [http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod\\_ense/revista/pdf/Numero\\_28/MARIA\\_TERESA\\_GARZON\\_2.pdf](http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_28/MARIA_TERESA_GARZON_2.pdf)
- [6] MENESES, I. N. G. V. M. INSTRUMENTO VIRTUAL PARA LA MEDICION Y EVALUACION DE UN PATRON DE RADIACION DE ANTENA. [En línea]. Recuperado el 13 de diciembre del 2012 <http://www.cic.ipn.mx/posgrados/images/sources/cic/tesis/B001128.pdf>
- [7] Á.C. Aznar, "Antenas", vol. 3, 2002.
- [8] Cadena, S. (2007). "Redes inalámbricas en los países en desarrollo: Una guía práctica para planificar y construir infraestructuras de telecomunicaciones de bajo costo". Hacker Friendly Publishing. [En línea]. Recuperado el 14 de diciembre del 2012

[http://books.google.es/books?hl=es&lr=lang\\_es&id=rcITyVcY7yWC&oi=fnd&pg=PP8&dq=Redes+Inal%C3%A1mbricas+en+los+Pa%C3%ADses+en+Desarrollo&ots=8GK5CG4a4Z&sig=vhAy2HQq\\_VuQKQLUcCDcQzBNRBw](http://books.google.es/books?hl=es&lr=lang_es&id=rcITyVcY7yWC&oi=fnd&pg=PP8&dq=Redes+Inal%C3%A1mbricas+en+los+Pa%C3%ADses+en+Desarrollo&ots=8GK5CG4a4Z&sig=vhAy2HQq_VuQKQLUcCDcQzBNRBw)

[9] EXISTENTE, Q. U. E. S. A. S. P., & EL POLIDUCTO ESMERALDAS–QUITO, D. E. P. ESCUELA DE INGENIERÍA [En línea]. Recuperado el 17 de diciembre del 2012 <http://dspace.epn.edu.ec/bitstream/15000/8546/4/T10905CAP3.pdf>

[10] Salas, R. N. (2007). "Máquinas eléctricas y sistemas de potencia". Pearson Educación.

[11] Motorola Inc. (2002). Guía de Inicio Rápido para el Kit Inicial Canopy. Motorola. [En línea]. Recuperado el 21 de enero del 2013 [www.aspinet.net/pdfs/Canopy/canopy\\_strtup\\_\\_Sp.pdf](http://www.aspinet.net/pdfs/Canopy/canopy_strtup__Sp.pdf)

[12] Motorola Inc. (2004). Canopy™ Access Point Module (AP) User Manual. [En línea]. Recuperado el 22 de enero del 2013 [www.azotel.com/00.../04100\\_CanopyAP.pdf](http://www.azotel.com/00.../04100_CanopyAP.pdf)

[13] Como calcular el tiempo de un UPS en modo baterías. Recuperado el 5 de Febrero del 2013 de <http://blog.fashionpcs.com/2010/02/23/calcular-tiempo-de-un-sai-modo-baterias/>

[14] Coudé, R (1997) Radio Mobile. [En línea]. Recuperado el 21 de junio del 2012 <http://www.cplus.org/rmw/english1.html>

[15] Informe Red Inalámbrica Junta Administrativa de Servicios Eléctricos de Cartago. Servicios Tecnológicos Corporación Font S.A.

## Anexo

**Anexo A** Tabla con los nombres y direcciones IP, para cada punto de la red inalámbrica de JASEC.

<b>Enlace Inalámbrico</b>	<b>Dirección IP</b>
<b>Centro Control El Bosque</b>	172.16.10.10
	172.16.10.11
	172.16.10.12
	172.16.10.13
	172.16.10.14
	172.16.10.15
<b>Cot 1</b>	172.16.10.24
	172.16.10.25
	172.16.10.58
	172.16.10.44
	172.16.10.74
	172.16.10.67
<b>Gurdian</b>	172.16.10.25
	172.16.10.26
	172.16.10.45
	172.16.10.75

<b>Canal 6</b>	172.16.10.37
	172.16.10.64
<b>Canal 4</b>	172.16.10.72
<b>Capellades</b>	172.16.10.28
	172.16.10.36
	172.16.10.47
<b>Pastora</b>	172.16.10.61
<b>Colegio de Pacayas</b>	172.16.10.66
<b>Campo Silvestre</b>	172.16.10.65
<b>Lago Sur</b>	172.16.10.21
	172.16.10.22
	172.16.10.35
	172.16.10.43
<b>Cervantes</b>	172.16.10.57
<b>La Casita</b>	172.16.10.68
<b>Repetidora El Yas</b>	172.16.10.38
	172.16.10.71
<b>El Yas</b>	172.16.10.68
	172.16.10.33

<b>Birrisito</b>	172.16.10.34
<b>Tierra Blanca</b>	172.16.10.16
	172.16.10.17
	172.16.10.18
	172.16.10.31
	172.16.10.41
<b>Entrada a Tierra Blanca</b>	172.16.10.60
<b>Recloser Tierra Blanca</b>	172.16.10.59
<b>BCAC</b>	172.16.10.70
<b>Big Cola</b>	172.16.10.69
<b>Florentina</b>	172.16.10.19
	172.16.10.20
	172.16.10.62
	172.16.10.63
	172.16.10.42
<b>Guayabal</b>	172.16.10.27
	172.16.10.30
	172.16.10.46
	172.16.10.29

	172.16.10.56
<b>Subestación El Molino</b>	172.16.10.107
<b>Subestación Tejar</b>	172.16.10.101
<b>Zona Franca</b>	172.16.10.102
<b>Parque Industrial</b>	172.16.10.106
<b>Llano Grande</b>	172.16.10.105
<b>Subestación Oeste</b>	172.16.10.108
<b>Subestación San Blas</b>	172.16.10.109
<b>Birris 3</b>	172.16.10.111
<b>Embalse Capellades</b>	172.16.10.110
<b>Planta Tuis</b>	172.16.10.113

## Anexo B Hoja de Datos del Radio PTP 100

### MOTOROLA WIRELESS BROADBAND

# PTP 100 Series

## Motorola PTP 100 Wireless Ethernet Bridges

The Motorola PTP 100 Series of Point-to-Point wireless Ethernet bridges provide a low-cost-of-entry solution for deployment, expansion and extension of broadband communications networks. The PTP 100 Series also offers the scalability of simple, affordable software key-based license upgrades for additional performance and capacity as networks grow.

An organization can begin with a system that delivers 2 Mbps of aggregate throughput at one of the lowest initial costs in the industry. When upgrades are needed, the user simply purchases software license keys that allow incremental over-the-air upgrades to 4 Mbps and to 7.5 Mbps aggregate data rates. Licenses that deliver up to 14 Mbps are also available. Upgrades are fast, easy and cost-efficient.

The PTP 100 provides access in the 2.4, 5.2, 5.4 and 5.8 GHz frequencies. Using reflectors, ranges can be extended up to 35 miles (56 kilometers) in Line-of-Sight (LOS) environments. The system also provides powerful multi-level modulation schemes to mitigate against interference. Security solutions include built-in over-the-air DES encryption with AES encryption available as an option.

### **Motorola Wireless Broadband Leadership**

The PTP 100 Series leverages Motorola's more than 80 years of wireless industry leadership, innovation and worldwide customer service and support. The PTP 100 is part of Motorola's comprehensive Point-to-Point solutions that offer high-speed connectivity - up to 300 Mbps - in challenging LOS, near-LOS and Non-LOS environments for data, voice and video communications.

### **Motorola Innovation**

Motorola's comprehensive portfolio of reliable and cost-effective wireless broadband solutions together with our WLAN solutions provide and extend coverage both indoors and outdoors. The Motorola Wireless Broadband portfolio offers high-speed Point-to-Point, Point-to-Multipoint, Mesh, WiFi and WiMAX networks that support data, voice and video communications, enabling a broad range of fixed and mobile applications for public and private systems. With Motorola's innovative software solutions, customers can design, deploy and manage a broadband network, maximizing uptime and reliability while lowering installation costs.

**SPECIFICATION SHEET**  
 PTP 100 Series  
 Motorola PTP 100 Wireless Ethernet Bridges

	<b>PTP 100 2 &amp; 4 Mbps</b>	<b>PTP 100 7.5 Mbps</b>	<b>PTP 100 14 Mbps</b>
<b>Part number</b>	5700BH02, 5700BH04 5400BH02, 5400BH04 5700BH, 5400BH 5200BH, 2400BH 5700BH20, 5400BH20 5211BH20, 2400BH20		
<b>Market availability</b>	Asia Pacific	Worldwide	Worldwide
<b>Radio Technology</b>			
Frequency Band	2400-2483 MHz, 5250-5350 MHz		
5425-5725 MHz	5470-5725 MHz,		
5725-5850 MHz	5725-5850 MHz		
Non Overlapping Channels	6		
Channel Size	20 MHz		
Channel Spacing	Every 5 MHz		
EIRP	Adjustable from 10 mW to 1.0 W		
Antenna Gain	8 dB		
Reflector Gain	18 dB		
Antenna Beamwidth	3 dB Antenna Beam with 6 degrees Azimuth & Elevation		
Modulation	High Index 2- Level FSK Optimized for Interference Rejection		High Index 4- Level FSK Optimized for Interference Rejection
Access Method	Time Division Duplex (TDD)		
<b>Performance</b>			
Typical Aggregate Useful Throughput	2 & 4 Mbps	7.5 Mbps	14 Mbps
Typical LOS Range	2 Miles (3.2 km) 5 Miles (8 km)		2.4 GHz: 2 Miles (3.2 km)
2.4 GHz:	2 Miles (3.2 km)	5.2, 5.4 & 5.7 GHz:	5.4 & 5.7 GHz: 1 Mile (1.6 km)
Typical LOS Range (With Reflector)	5.4 GHz & 5.7 GHz: 35 Miles (56 km)	2.4 GHz: 35 Miles (56 km) 5.2 & 5.4 GHz: 10 Miles (16 km) 5.7 GHz: 35 Miles (56 km)	
Latency	2.5 msec		
Encryption	DES & AES		
Receive Sensitivity	-86 dBm		-79 dB
Carrier to Interference Ratio (C/I)	~3 dB at -65 dBm		~10 dB at -65 dBm
DFS	5.4 GHz: Implements DFS and TPC		
<b>Data</b>			
Interface	10/100 Base T, half/full Duplex, Rate Auto Negotiated (802.3 compliant)		
Protocols Used	IPV4, UDP, TCP, ICMP, Telnet, HTTP, FTP, SNMP		
Network Management	HTTP, TELNET, FTP, SNMP V2c		
<b>Physical</b>			
DC Power (Typical)	0.34A@24 VDC = 8.2W		
Dimensions (Module)	11.75" H x 3.4" W x 3.4"D (29.9 cm H x 8.6 cm W x 8.6 cm D)		
Dimensions (Passive Reflector)	18" H x 24" W (45 cm H x 60 cm W)		
Weight	1 lb (.45 kg)		
Operating Temperature	-40° C to +55° C (-40° F to +131° F)		
Wind Speed Survival	190 km/hr (118 miles/hr)		
Mean Time Between Failure (MTBF)	> 40 Years		
Humidity	100%		

**STANDARDS**

CE  
 5.4 GHz: Europe EN 301 893  
 5.7 GHz: Europe EN 302 502

FCC Identification  
 2.4 GHz: ABZ89FC5808  
 5.2 GHz: ABZ89FC3789  
 5.4 GHz: ABZ89FT7623  
 5.7 GHz: ABZ89FT7630

Industry Canada (IC)  
 2.4 GHz: 109W-2400  
 5.2 GHz: 109W-5200  
 5.4 GHz: 109W-5400  
 5.7 GHz: 109W-5700G

SPECIFICATION SHEET

**MOTOROLA**

Motorola, inc. 1301 E. Algonquin Road, Schaumburg, Illinois 60196 U.S.A. [www.motorola.com/wirelessbroadband](http://www.motorola.com/wirelessbroadband)

MOTOROLA and the stylized M Logo are registered in the U.S. Patent and Trademark Office. All other products or service names are the property of their registered owners.

© Motorola, Inc. 2010