

# Análisis y diseño de comunicación punto a punto para enlace de datos Analysis and design of point-to-point communication for data link

Torres Vásquez, M.<sup>1</sup>, Pérez Uc, D.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>División Ing. en Sistemas Computacionales, Instituto Tecnológico Superior de Centla  
Calle Ejido, s/n. 186751 Frontera Centla, Tabasco. México.

<sup>2</sup>División Ing. en Electromecánica, Instituto Tecnológico Superior de Centla  
Calle Ejido, s/n. 186751 Frontera Centla, Tabasco. México.

<sup>1</sup>mtorresv@itscentla.edu.mx, <sup>2</sup>daniel\_perezuc@cenidet.edu.mx

Fecha de recepción: 15 de junio 2017

Fecha de aceptación: 2 de febrero 2018

**Resumen.** En el presente documento, se realizó un análisis de un sistema ISP, para el cual se determinaron el tipo de antenas que se utilizaron para el enlace multipunto al igual que las pérdidas en el espacio exterior, la zona Fresnel, y los perfiles de elevación, para este proyecto se realizó un análisis de las necesidades del sistema con el estudio realizado se determina cual es el tipo de antena, la altura de las torres tanto para recepción como transmisión, los cálculos son respaldados por el software Radio Mobile, el cual nos permitió corroborar los datos y así tomar las decisiones pertinentes.

**Palabras Clave:** Radiación solar, radiación máxima, perfil diurno.

**Summary.** In the present document, an analysis was performed about a system ISP, for which we determined the kind of antennas that were used for the multipoint link as well as losses in outer space, the fresnel zone and the elevation profiles for this project was performed with an analysis of the system's needs, with the study made it we determined which is the type of antenna. The height of the towers so much for reception and transmission the calculations are supported by software "Radio mobile" which allowed us corroborate dates and so, make the most relevant decisions.

**Keywords:** Solar radiation, radiation maximum, day profile.

## 1 Introducción

El documento presenta de forma gráfica los enlaces de los diferentes puntos al igual que el radio de transmisión de 5km, el software Radio Mobile es pieza fundamental para la realización de la investigación, se realizó un presupuesto de los equipos para determinar el costo total de ellos, en el documento se puede ver claramente y de forma detallada lo necesario para hacer posible una transmisión punto a punto y multipunto de forma inalámbrica.

El método de comprobación es una tabla la cual nos determina el margen del Umbral de recepción el cual debe ser superior a 10 dB para saber que los enlaces son los idóneos y así evitar pérdidas de información o una mala inversión

### A. Enfoque del proyecto

El objetivo del proyecto es el análisis de las redes de comunicación en las bandas de frecuencia en las que trabajan las tecnologías WiFi y WiMAX, Particularmente la observación de las pérdidas de inserción que se producen en los enlaces transmisión-recepción debidas a obstáculos en interiores y exteriores. Las pérdidas por inserción representan la reducción que sufre la señal en dB, cuando entre emisor y receptor, se inserta un material. Estas pueden ser paredes, ventanas, puertas, personas o cualquier objeto que se pueda encontrar en el interior de un edificio o en un recinto cerrado. En el exterior podemos encontrar también algunos de estos tipos de obstáculos, así como también la vegetación y árboles, unos de los más importantes factores para tener en cuenta en un radioenlace exterior.

Todos los posibles resultados que se analizarán durante el proyecto pretenden servir de apoyo para el estudio de la cobertura de cada uno de estos diferentes sistemas, de tal manera que un impacto y una serie de pautas para tener en cuenta cuando se quiera realizar un determinado enlace inalámbrico. Por ello el objetivo principal será el análisis de las pérdidas de inserción producidas por estos materiales para las tres frecuencias en las que trabaja este tipo de tecnologías: 2.4 GHz, 3.3 GHz, 5.5 GHz. (Baran, 1992):

### B. Redes inalámbricas

Las redes inalámbricas permiten una mayor comodidad y un ahorro de dinero en infraestructura gracias a la ausencia del medio físico de transporte. Por otra parte, este tipo de redes suele contar con una seguridad menor ya que, si no se dispone de una protección adecuada, existe una clara amenaza de intrusos u otros factores que

podrían afectar al sistema. Aun así, las pequeñas empresas o usuarios pueden disfrutar de muchas ventajas utilizando una red inalámbrica:

- *Comodidad*
- *Movilidad*
- *Productividad*
- *Instalación sencilla*
- *Capacidad de ampliación*
- *Menor costo*

### C. Mecanismos de propagación.

Las bandas UHF (ondas radio) y SHF (microondas) serán las utilizadas a lo largo del proyecto ya que caracterizan las tecnologías Wi-Fi y WiMAX y son el rango de frecuencia donde van a trabajar nuestras antenas: 915 MHz, 2,4 GHz, y 5.5 GHz (Davis, 1995).

## 1.1 El principio de Huygens.

El principio de Huygens es un método de análisis aplicado a los problemas de la propagación de donde en el límite de campo lejano. Establece que cada punto de un frente de onda que avanza es, de hecho, el centro de una nueva perturbación y la fuente de un nuevo tren de ondas; y que esa onda avanzando en conjunto puede ser definido como la suma de todas las ondas secundarias surgidas por el medio ya atravesado.

Este principio va a ayudarnos a comprender los mecanismos de propagación, tanto la difracción como las zonas Fresnel, la necesidad de línea visual, y el hecho de que algunas veces las ondas voltean las esquinas, más allá de la línea visual (Boyle, 1995).

## 1.2 Propagación y pérdidas en el espacio libre.

Cuando una onda se propaga en el espacio o en el aire, se esparce sobre una superficie cada vez mayor a medida que se aleja del transmisor. La potencia que se puede apreciar en el receptor disminuye con el cuadrado de la distancia al transmisor. A esto se le denomina “perdida en el espacio libre (FSL)” y su cálculo viene dado por dos tipos de expresiones que varían según la distancia del enlace:

$$FSL(dB)=20 \log_{10}(d1)+20 \log_{10}(f)+32.44 \quad (1)$$

$$FSL(dB)=20 \log_{10}(d2)+20 \log_{10}(f)+92.44 \quad (2)$$

Donde:

- $d1(m)$ : Distancia para enlaces de corto alcance (unos metros hasta 1Km).
- $d2(Km)$ : distancia para enlaces de largo alcance (superiores a 1km).
- $f(GHz)$ : Frecuencia de operación.

Para frecuencias de 2.4 GHz.

$$FSL(dB)=100+20 \log_{10} D \quad (3)$$

## 1.3 Línea Visual y Zonas de Fresnel.

A medida que avanzan los haces de onda por un determinado medio, estos comienzan a ensanchar. A su vez las ondas microondas usadas en las redes inalámbricas tienen una longitud de onda de unos pocos centímetros y por consiguiente, sus haces son más anchos y necesitan más espacio, es decir una línea visual (LOS) con una determinada anchura. Por lo que surge la necesidad de caracterizar un cierto espacio para que la onda no se vea afectada y pierda las características desde el inicio de su propagación, de ahí del concepto de las Zonas de Fresnel.

Sabemos por el principio de Huygens que cada punto de un frente de onda, comienzan a surgir nuevas ondas circulares y estas pueden interferir unas con otras. La teoría de la Zona de Fresnel examina a la línea desde la transmisión hasta la recepción y luego al espacio alrededor de esa línea que contribuye a lo que está llegando a la antena receptora.

Específicamente, si la zona 1 de Fresnel fuera bloqueada por un obstáculo, ya sea un árbol o un edificio, la señal será atenuada. Entonces, cuando planeamos enlaces inalámbricos, debemos asegurarnos de que esta zona 1 de Fresnel va a estar libre de obstáculos, es decir, que se considere meramente propagación por espacio libre. En

la práctica en redes inalámbricas nos conformamos con que al menos el 70% de la “Primera Zona de Fresnel” este libre (Flikenger, 2005).

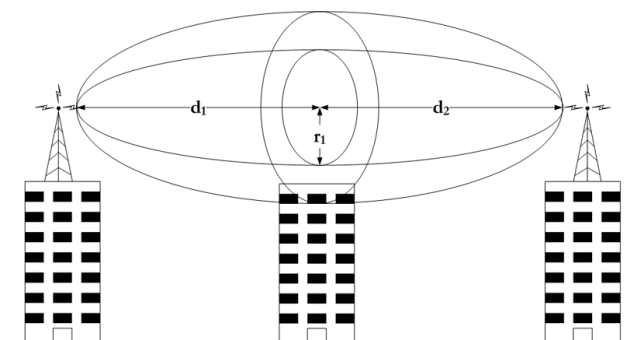


Figura. 1. Ejemplo de una Zona Fresnel

## 2 Panorama reducido del estado del arte relacionado con la problemática afrontada

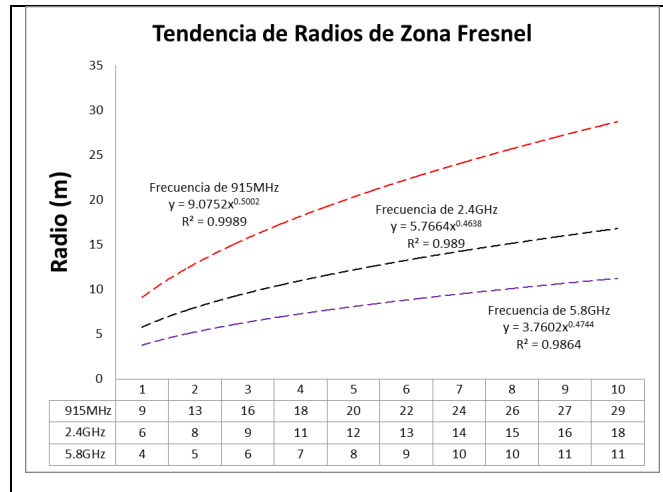
Según (Blanco, 2012) Las antenas son componentes indispensables de cualquier sistema de comunicación inalámbrica, debido a la importancia y también por la creciente demanda de las ofertas en los sistemas de telecomunicaciones. Especialistas en el área han realizado investigaciones para el estudio de las antenas, donde se observan sus propiedades generales y también por cada tipo, de acuerdo a su clasificación. Siempre buscando de mejorar el alcance y la recepción de la señal.

En la comunidad Wireless de Bilbao, España, Bilbowireless, tenían un gran problema con las antenas (como en muchas otras comunidades) ya que no podían pagar los altos costos de una antena comercial, lo que los llevo a buscar una solución. Investigado en Internet y en bibliotecas encontraron cierta cantidad de información que les sirvió de base. Pero, para una comprensión profunda del funcionamiento de ciertos tipos de antenas hay que tener un mayor conocimiento. Con la adhesión de miembros a Bilbowireless con experiencia en materia de telecomunicaciones y radiofrecuencia, permitió ir un poco más allá de construir los modelos obtenidos. Y hacer sus pequeñas modificaciones propias en diseño de antenas, así como de facilitar el acceso a sus experiencias en esta área. Experiencias y conocimientos que sirvieron de aporte para la investigación sobre todo en el área de diseño y construcción (Pérez, 2009 citado por Blanco, 2012).

Otras comunidades Wireless que sirvieron de contribuyeron a la investigación fueron: FRARS (Flight Refuelling Amateur Radio Society) de EEUU, que además de ofrecer artículos en materia del mundo de la radio frecuencia y un foro virtual, también brindan servicio de conexión gratuita a través de su red inalámbrica; red que nutren con antenas fabricadas por ellos mismos (G4RFR (Administrador website), 2009 citado por Blanco, 2012). Los miembros de Seguridad Wireless de Chile, que tratan fundamentalmente aspectos relacionados con la seguridad en la conexión inalámbrica, sin dejar de lado el análisis de materiales y componentes de los diversos tipos de tarjetas y antenas inalámbricas comerciales (Mamposta (Administrador webzine), 2009 citado por Blanco, 2012).

## 3 Descripción de la metodología o técnica usada.

Comenzaremos calculando “La Primera Zona Fresnel” de la ecuación 4, para tres diferentes frecuencias que son las más comunes en las antenas, las distancias son de 1 a 10 Km, para ver la variación en la zona Fresnel y tomar una decisión de que frecuencia será la apropiada, para la selección de nuestras antenas de tipo sectorial más adelante en el documento haremos cálculos de la zona fresnel con la frecuencia que seleccionamos y los puntos que marcamos para los diferentes enlaces (Kulmann F, 1997), (Prasad, 1997) . En la figura 2 podemos observar los resultados para las tres frecuencias (915 Mhz, 2.4 Ghz y 5.8 Ghz) que se calcularon.



**Figura. 2.** Tendencia de Radios de Zona Fresnel

### 3.1 Pérdidas en el espacio libre

Las pérdidas en el espacio exterior son de vital importancia para esta investigación tomaremos unas muestras a diferentes frecuencias utilizando la ecuación (1), para pérdidas en el espacio libre veremos cómo varían las pérdidas.

**Tabla 1.** Pérdidas en el exterior

Distancia	915MHz	2.46 GHz	5.8GHz
1Km	91dB	100dB	106dB
2Km	97dB	106dB	112dB
3Km	101dB	109dB	118dB
4Km	103dB	112dB	124dB
5Km	105dB	114dB	130dB
6Km	107dB	115dB	136dB
7Km	108dB	117dB	142dB
8Km	109dB	118dB	148dB
9Km	110dB	119dB	154dB
10Km	111dB	120dB	160dB

## 4 Resultados experimentales

### 4.1. Selección de equipo y su justificación

Se determina que el tipo de antena que más conveniente, es el de tipo sectorial, ya que cubre ángulos de 90° y 120°, para la cobertura. Utilizando antenas sectoriales, si llegara a fallar una de ellas solo se perdería la conexión para un sector, pero no de todos los clientes, y este tipo de antena es más recomendable para enlaces a mayor distancia poseen una mejor ganancia y poder de transmisión. Dando los siguientes puntos como referencia para cobertura:

**Tabla 2.** Distancias del enlace punto a multipunto del ITSCe

Puntos de interés.	Distancia en: m	Distancia en: Km
Siglo XXI	307.78m	0.307Km
Sanatorio naval	842.02m	0.842Km
INFONAVIT	842.45m	0.842Km
Grijalva 2 colonia	1,902.51m	1.90Km
Naval	2,292.72m	2.29Km
Arenal.	1,495.08m	1.50Km
Centro Frontera	1,443.92m	1.44Km

Para la decisión de la antena hay que considerar su ganancia en dBi y el tipo de frecuencia más acorde. Recordando que las antenas de 5.8 GHz son más costosas que las 2.4 GHz y con un presupuesto limitado es apropiado utilizar la frecuencia 2.4 GHz la cual nos permite transmitir en un radio de 5 Km de una forma óptima.

#### 4.2. Cálculos para la primera zona Fresnel

El cálculo se realizó tomando en cuenta la frecuencia que utilizamos que es de 2.4 GHz. Se realizó el análisis para los 10 puntos que tomamos en consideración para los cuales nos arrojó la siguiente tabla de datos.

**Tabla 3.** Zona Fresnel.

Puntos de interés.	Distancia en: Km	2.4GHz	70%
Siglo XXI	0.307Km	3.09m	2.16m
Sanatorio naval	0.842Km	5.12m	3.58m
INFONAVIT	0.842Km	5.12m	3.58m
Grijalva 2 colonia	1.90Km	7.7m	5.39m
Naval	2.29Km	8.45m	5.91m
Arenal.	1.50Km	6.84m	4.78m
Centro Frontera	1.44Km	6.7m	4.69m

Posteriormente se calcularon las pérdidas en el espacio exterior en la que utilizamos la distancia en kilómetros y la fórmula que se utiliza para una antena de 2.4 GHz.

**Tabla 4.** parámetros calculados para una frecuencia 2.4 GHz.

Distancia.	Puntos.	FSL.
0.307Km	Siglo XXI	-89.7 dB
0.842Km	Sanatorio naval	-98.5 dB
0.842Km	INFONAVIT	-98.5 dB
1.90Km	Grijalva 2 colonia	-105.5 dB
2.29Km	Naval	-107.1 dB
1.50Km	Arenal.	-103.5 dB
1.44Km	Centro Frontera	-103.1 dB

En nuestra tabla vemos de forma más ordenada las pérdidas en el espacio exterior con condiciones óptimas las cuales no incluyen la lluvia entre otros factores que pudiesen interferir en una buena transmisión. Más adelante explicaremos más acerca de este tema donde se toma en cuenta los factores climatológicos.

### 4.3 Margen del umbral de recepción

Con los datos proporcionados hasta a hora podemos realizar nuestros presupuestos de enlaces los cuales incluyen potencia en las antenas, sus ganancias, la sensibilidad en el receptor, perdidas en el espacio exterior para así sacar el margen del umbral de recepción. Para calcular los datos decibeles obtenidos en la tabla cinco, se uso la formula:  $\text{dBm} = \log(\text{mW}) * 10$ .

**Tabla 5.** Ejemplo de margen del umbral de recepción

Datos.	Elementos.	Valores.
Siglo XIX Distancia: 0.307km	Salidas de trasmisor.	28 dBm
	Cablesy Conectores.	-3 dB
	Antena Tx	14.5 dBi
	FSL	-89.7 dB
	Antena Rx	8.7 dBi
	Cables y Conectores	-3 dB
	Nivel esperado	-44.5 dBm
	Sensibilidad del receptor	-83 dBm
	Total (margen)	38.5 dB

Es de vital importancia que para una buena transmisión el margen sea siempre mayor a 10 de lo contrario tendremos perdidas de información o los equipos no se conectaran entre sí.

## 5 Conclusiones y trabajos futuros de investigación

En el trabajo se pudieron determinar de forma analítica los factores que afectan la transmisión y del mismo modo se pudieron corroborar con el software Radio Mobile y Google Earth, los cuales nos dieron una visión amplia de los sistemas a utilizar, llegado así a poder determinar los equipos idóneos para el tipo de transmisión reduciendo significativamente tanto los precios en los equipos como también las pérdidas de las antenas. Los estudios en el terreno nos arrojaron parámetros de mucha importancia para la investigación, tales como el utilizar 2 antenas de tipos sectorial de 120° las cuales cubren perfectamente los enlaces ya que el estudio de campo arrojó que en la parte trasera de la universidad no se encuentra ningún poblado al cual ofrecer los servicios de internet, abaratando así los costos en los equipos.

Uno más de los factores a los cuáles se le dio solución con la investigación es determinar las variaciones en el terreno como pudimos corroborar en el trabajo vemos claramente que la ciudad no posee demasiadas variaciones en el terreno lo que facilita las transmisiones.

## Referencias

- [1] Baran, N. Redes inalámbricas. . PC/tips byte, 94-98. (1992).
- [2] Bastes, R. Comunicaciones en redes inalámbricas. Mexico: McGraw-Hill. (1994).
- [3] Blanco, M. V. UDO Space. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Oriente: [http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/bitstream/123456789/3178/1/TESIS\\_MB.pdf](http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/bitstream/123456789/3178/1/TESIS_MB.pdf). (2012).
- [4] Boyle, P. Sin conexión. Revista PC/Magazine, 86-97. (1995).
- [5] Davis, P. Redes de Área local Inalámbricas. Mexico: McGraw-Hill. (1995).
- [6] Flikenger, R. Redes Inalambricas. Ed tercera: BookSprint. (2005).
- [7] Kulmann F, C. A. Información y telecomunicaciones. Mexico: Fondo de la Cultura. (1997).
- [8] Prasad, R. Reseña de las comunicaciones personales inalámbricas. Communication Magazine, 104 -108. (1997).