

Unidad I: Dimensionamiento

Ing. Deysi Inca Balseca



Contenido

Planificación en redes de área local inalámbricas en escenarios internos

- Introducción
- Métodos y materiales
- Herramientas de planificación y diseño de redes LAN inalámbricas

Planificación y despliegue

- Métodos
- Dimensionamiento
- Selección y configuración Hardware

Instalación en exteriores

- Planificación y dimensionamiento
- Instalación de redes inalámbricas 802.11
- Cálculo de capacidad
- Cálculo del presupuesto del Enlace

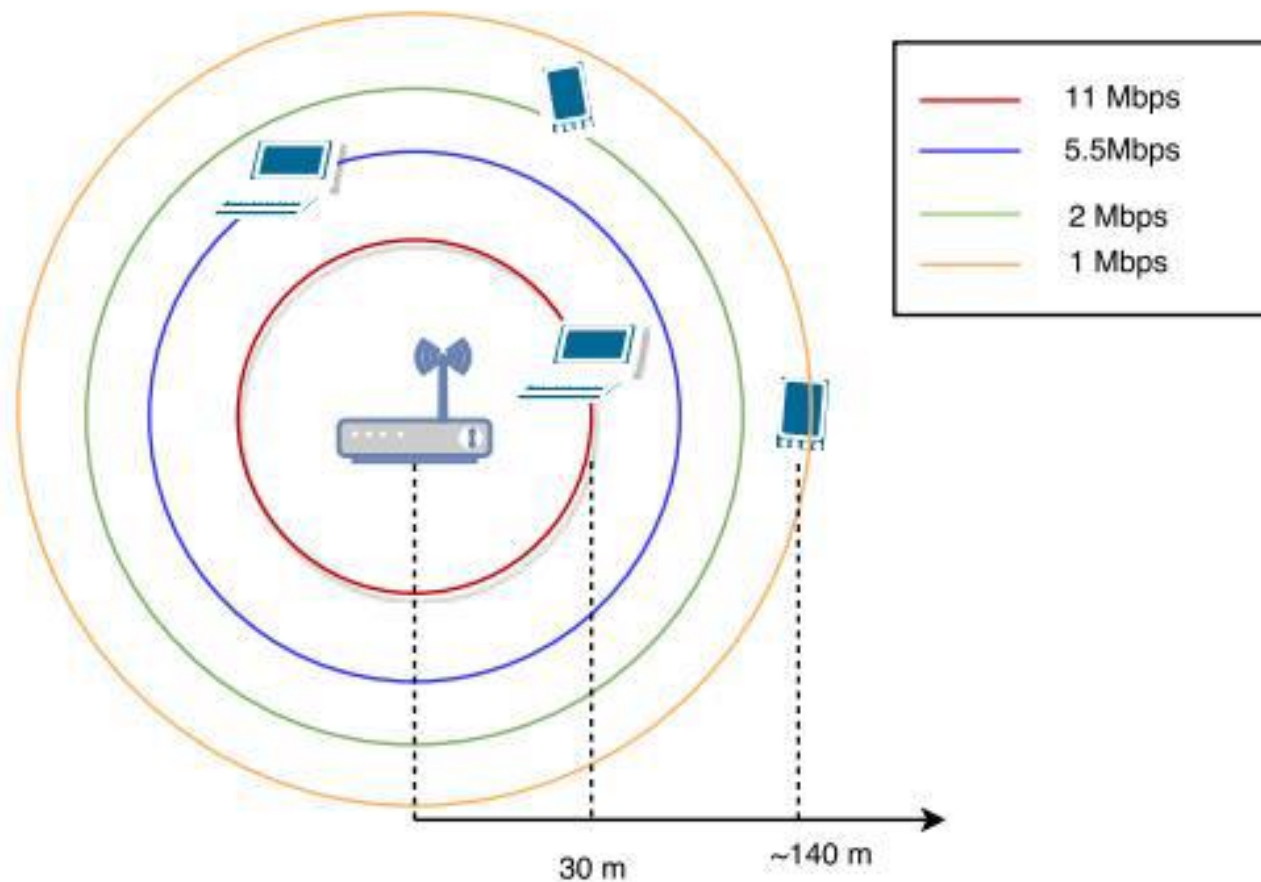
Mantenimiento, monitoreo y sostenibilidad

- Mantenimiento y soluciones
- Monitoreo de la red
- Simulaciones y aplicaciones



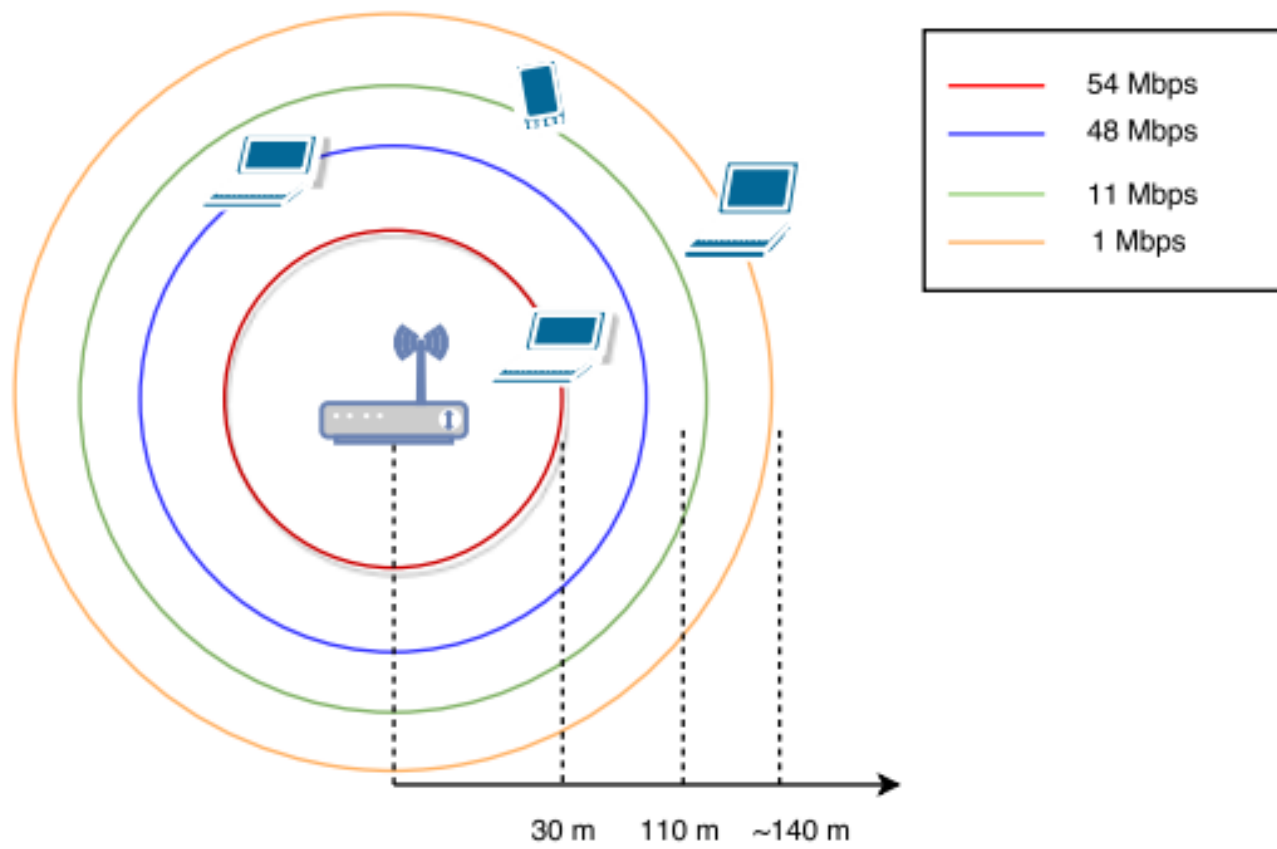
Introducción

- En la tecnología utilizada por 802.11 b es DSSS, que permite un máximo alcance de casi 100 m.
- l.



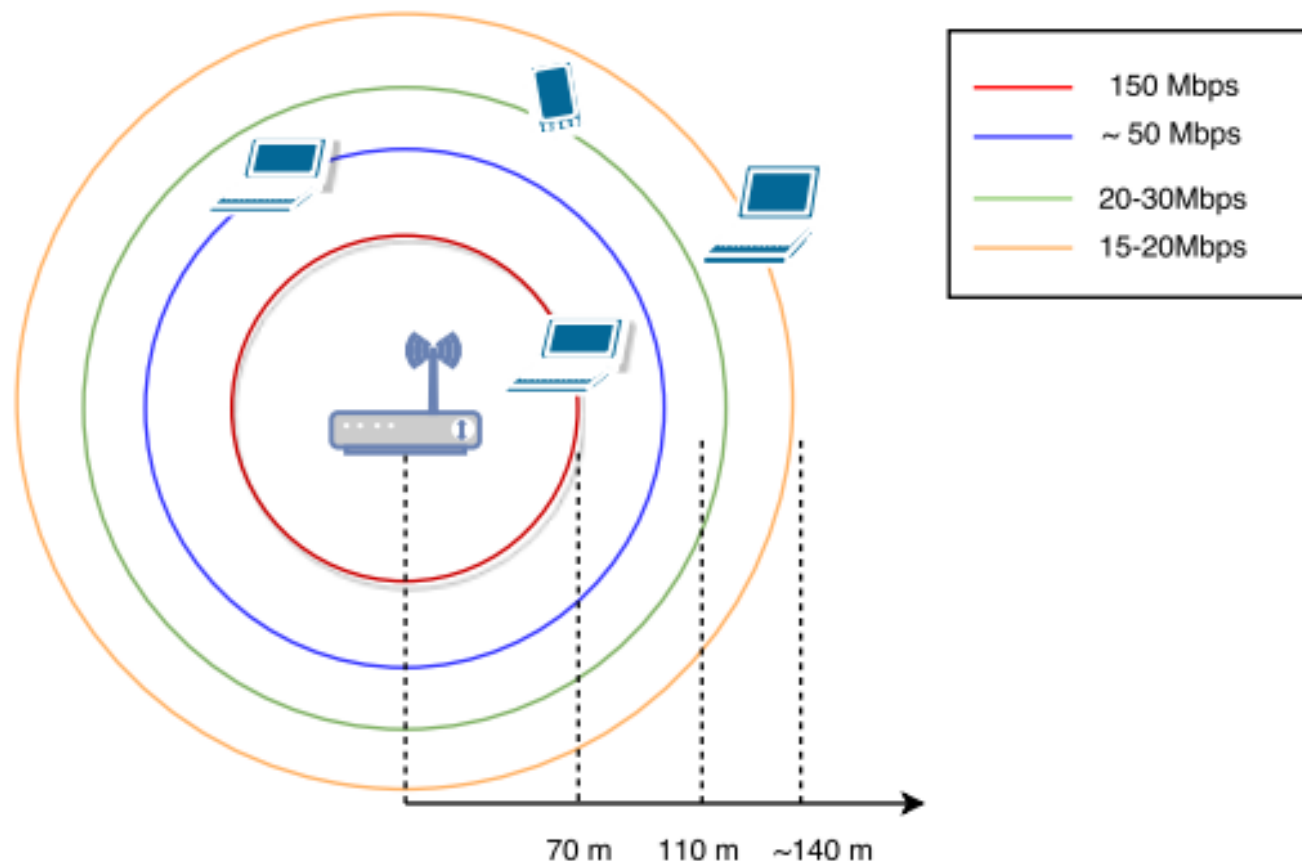
Introducción

- En cambio 802.11g utiliza OFDM para aumentar su tasa de transmisión.



Introducción

- Por otro lado, la cobertura y tasas de transmisión aumentan cuando se trata de 802.11n, esta familia del estándar, sigue utilizando OFDM, pero gracias a su versatilidad en la implementación sobre las bandas de 2.4 GHz o 5 GHz, se desarrollan canales de ancho de banda de 40 MHz; alcanzando tasas de transmisión de hasta 250 Mbps a casi 250 m.



Dimensionamiento - Clasificación de clientes

- Estimar la capacidad de un canal es importante para el dimensionamiento de una red y por eso la clasificación de los clientes juega un papel importante para conocer la red. hay que entender que es diferente hablar de tasa de transmisión y rendimiento de la red (*throughput* en inglés).
- La tasa de transmisión se refiere a la velocidad en el que el dispositivo es capaz de intercambiar símbolos, el *throughput* es la tasa efectiva que siente el dispositivo en la red. No hay que confundirlas puesto que el *throughput* también tiene unidades de bits por segundo [bps]; por ejemplo 54 Mbps quiere decir que cada segundo se puede enviar hasta 54 Mb. Entonces si los usuarios quisieran enviar más de 54 Mb a través del enlace, el tiempo que necesitarán será de más de un segundo y cuando esto sucede se coloca en una cola de paquetes a enviar.
- **¿Cuánto rendimiento (*throughput*) necesitarán los usuarios en la red?** esa pregunta depende del número de usuarios y la densidad de usuarios en cada área de cobertura además del tipo de tráfico que demanden sus aplicaciones. Para eso se presenta una tabla con la clasificación de las aplicaciones más importantes en una red WIFI y sus requerimientos.



Dimensionamiento - Clasificación de clientes

Aplicación o Tipo de Servicio	Rendimiento	Comentarios
Mensajería Instantánea	< 1 kbps	Es un tipo de tráfico asincrónico sin periodicidad que puede ser modelado como un tráfico TCP.
Email	1 kbps -100 kbps	Es un tipo de tráfico asincrónico, sin periodicidad, puede tolerar la latencia , le importa únicamente la calidad de la información es considerado como un tráfico TCP.
Buscadores Web	500 kbps - 1Mbps	Es asincrónico, únicamente cuando el usuario lo requiera. Tolera la latencia alta, este tipo de servicio demanda la descarga de imágenes (páginas web interfaz gráfica). Puede ser modelado como un tráfico TCP.
Streaming Audio	96 kbps- 160 kbps	Este servicio al ser de tipo streaming, muchas veces es una aplicación de real time, donde la latencia debe ser reducida al máximo. Se puede modelar como un tráfico UDP.
Voz sobre IP (VoIP)	5 kbps -93 kbps	Este Servicio de tipo real time no acepta latencias altas. Debe ser modelado como tráfico UDP
Streaming de Video	1 Mbps -5 Mbps	Este servicio al ser de tipo streaming, muchas veces es una aplicación de real time, donde la latencia debe ser reducida al máximo. Se puede modelar como un tráfico UDP.



Dimensionamiento - Clasificación de clientes

Smartphones	802.11n/g/b	11 dBm	65 Mbps – 72 Mbps
Tablets	802.11n	11 dBm – 14 dBm	65 Mbps – 72 Mbps
PCs de alto rendimiento	802.11	17 dBm – 20 dBm	216 Mbps
Telefonos VoIP	802.11 a/b/g	11 dBm – 16 dBm	54 Mbps



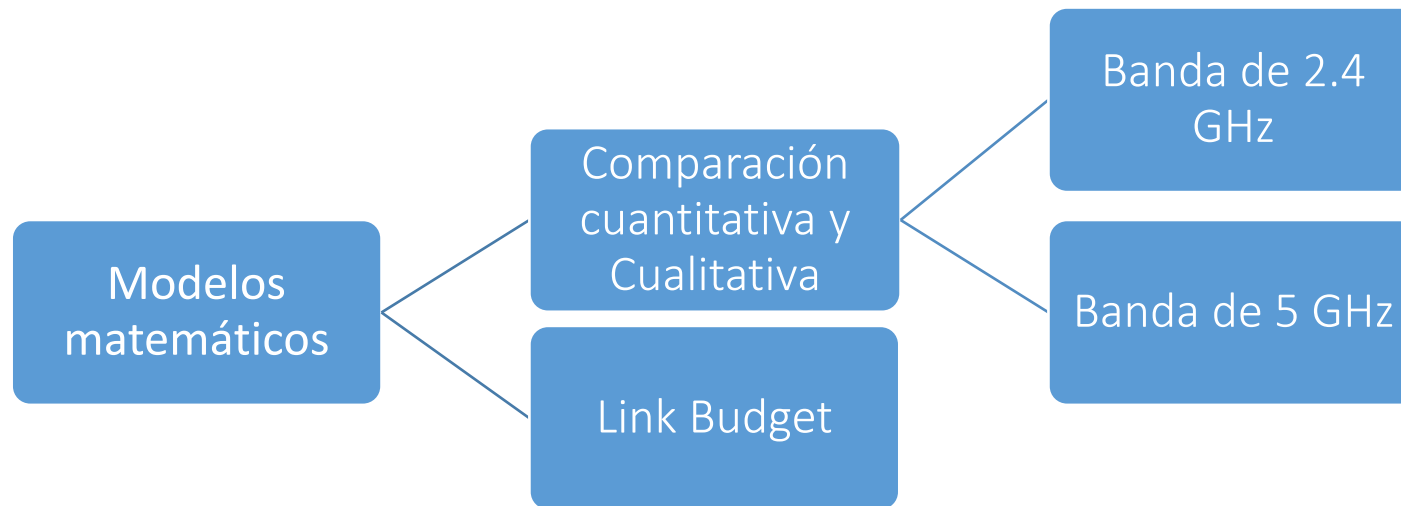
Dimensionamiento - Indicadores de Desempeño Red WIFI

- A continuación, se muestra los indicadores de desempeño de una red WIFI, por medio de los siguientes es posible encontrar el nivel de satisfacción que percibe el usuario al conectarse a una red WIFI.

Indicador	Descripción
Eficiencia del Canal	Le eficiencia del canal indica que tanta información buena y valida fue transmitida a través del mismo.
Potencia Recibida	La potencia recibida en una red bajo el protocolo 802.11 indica la cantidad de potencia recibida en un área de cobertura. Con este indicador es posible encontrar el SNR que existe en la red. Por medio de este indicador el usuario es capaz de escoger la mejor tecnología que se ajuste para sus necesidades.
Probabilidad de Bloqueo	La probabilidad de bloqueo es un índice de desempeño para este trabajo de grado, ya que muestra en que momento el AP modelado con una cola M/M/1 entrará en bloque de servicios. Comúnmente los fabricantes de AP's diseñan los equipos con una capacidad máxima de clientes.
Existencia de Interferencia	Indicador importante que influye en la calidad del servicio de WIFI, si existe mucha interferencia, la perdida de paquetes aumenta, la retransmisiones también aumentan y eso hace inmediatamente que la eficiencia del canal disminuya importantemente.
Velocidad de transmisión por usuario	Al ser WIFI un medio inalámbrico y compartido con otros usuarios de la misma red, contar una velocidad de transmisión buena para el usuario es un indicador de desempeño.
Ancho del canal	WIFI puede trabajar en dos bandas de frecuencias 2.4 GHz y 5 GHz. Elegir la mejor banda de frecuencia ayudará a reducir la interferencia, esto se da gracias a escoger el mejor ancho de banda del canal por el que se va transmitir.



Modelos matemáticos para el dimensionamiento de una red WIFI basado en los parámetros de desempeño



Comparación cuantitativa y Cualitativa de las bandas de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz.

Banda 2,4 GHz

- Se encuentra en la banda ISM (*Industrial Scientific and Medical* en inglés) que es una banda libre sin muchas reglamentaciones puesto que está diseñada para el desarrollo de aplicaciones médicas y científicas. Las bandas ISM son definidas por la ITU para que sean universales.
- Por la misma razón de encontrarse en la banda de 2.4 GHz, se presta para que haya más interferencia de lo normal. Interferencia por parte de las siguientes aplicaciones: Calentamiento de comida por medio de radio frecuencia (Uso de hornos microondas), procesos médicos como la diatermia, radiología, manejo de lámparas fluorescentes y de plasma para fines científicos, aplicaciones Non-ISM como Bluetooth y Zigbee.
- En 2.4 GHz trabaja: 802.11b, 802.11g, 802.11n
- En WIFI la división de la banda de frecuencia se hace en 13 canales con un ancho de banda de: 20 MHz. No configurables.
- La banda de 2.4 maneja longitudes de onda más largas: 0.12 m – 0.125 m.

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{2.4 \text{ GHz}}$$



Comparación cuantitativa y Cualitativa de las bandas de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz.

Banda 2,4 GHz

- Cuenta únicamente con 3 canales sin solapamiento: 1, 6 y 11.
- Es la más usada actualmente
- Posee bajas tasas de transmisión.
- Menos sensible a atenuación por fenómenos físicos de propagación
- Dominio de regulaciones para Colombia: FCC o las regulaciones de las Américas (América central, América del sur y América del norte)

- .



Comparación cuantitativa y Cualitativa de las bandas de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz

Banda 5 GHz

- No es una banda muy comercializada lo que la convierte en una banda actualmente libre y menos utilizada que la banda de 2.4 GHz.
- Es conocida como la banda de frecuencia UNII (en Inglés *Unlicensed National Information Infrastructure*).
- Cuenta con 23 sin solapamiento.
- En la banda de 5 GHz trabaja: 802.11a y 802.11ac
- En WIFI la división del canal se puede hacer con anchos de 20 MHz, 40 MHz y hasta 80 MHz. Esto quiere decir que se pueden configurar los canales según el cliente lo prefiera.
- La banda 5 GHz maneja longitudes de onda más cortas: 0.05 m - 0.06 m. Esto conlleva a que las tecnologías que trabajan sobre la banda de 5 GHz tengan menor cobertura o alcance que las tecnologías que trabajan sobre la banda 2.4 GHz. Ec (4.1.1).
- Posee altas tasas de transmisión.
- Más sensible a fenómenos físicos de propagación.
- Dominio de regulaciones para Colombia: FCC o las regulaciones de las Américas (América central, América del sur y América del norte)
- Desde el 2007 es necesario que todos los equipos que trabajen sobre esta banda de frecuencia cuenten con las habilidades de Selección dinámica de frecuencia (en inglés *DFS*) y control de potencia transmitida (en inglés *TPC*). Evitar interferencia con aplicaciones de radares militares y estaciones meteorológicas.



Comparación cuantitativa y Cualitativa de las bandas de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz

- A continuación, se muestran unas tablas que muestran las reglamentaciones en potencia de cada banda de frecuencia determinada por FCC

Banda	Uso Permitido	Potencia transmitida máx
U-NII-1	Indoor	17 dBm
U-NII-2	Indoor – Outdoor	24 dBm
U-NII-2 Extended	Indoor – Outdoor	24 dBm
U-NII-3	Indoor – Outdoor	30 dBm

- En seguida se muestra la tabla de reglamentaciones de potencia para la banda de 2.4 GHz, en la configuración (POINT TO MULTI-POINT) en relación a la ganancia de la antena (dBi)

Potencia Transmitida [dBm]	Ganancia de la Antena [dBi]	ERIP [dBm]
30	6	36
27	15	42
24	24	48
22	30	52



Comparación cuantitativa y Cualitativa de las bandas de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz

Link Budget.

- Un Parámetro importante a la hora del dimensionamiento de una red WIFI es la Potencia con la que se puede transmitir (la potencia de transmisión con la que cuenta el equipo en la tecnología que trabaja) y una aproximación de la potencia que puede llegar a recibir un usuario a una distancia determinada. Para este Link Budget se trabajará con respecto a las pérdidas ocasionada por el fenómeno de pérdidas en el camino (*Pathloss* en inglés) y atenuaciones causada por paredes con valor típico de 15 dB (Este valor depende del material y la forma de las paredes sin embargo, es un valor típico). Dentro de este procedimiento es necesario, tener presente el valor de sensibilidad o mínimo valor de señal recibida (*Minimum Received Signal Level* en inglés) depende de las especificaciones que dan los fabricantes y comúnmente están entre -75 dBm y -95 dBm



Comparación cuantitativa y Cualitativa de las bandas de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz

- Link Budget

Primer Paso:

- Es necesario hallar la ganancia total entre el AP y el cliente más alejado en la planta física, para eso se debe aplicar la siguiente formula:
- $$\text{Ganancia Total} = \text{Tx Power AP} + \text{Ganancia de la Antena AP} - \text{Perdidas por cable AP} + \text{Ganancia Antena Host} - \text{Perdidas por Cable Host}$$
- Las pérdidas ocasionadas por los cables que conectan los equipos están cercanas a los 2 o 3 dB. Para el desarrollo del trabajo de grado se considerará como el peor de los casos; es decir 3 dB.

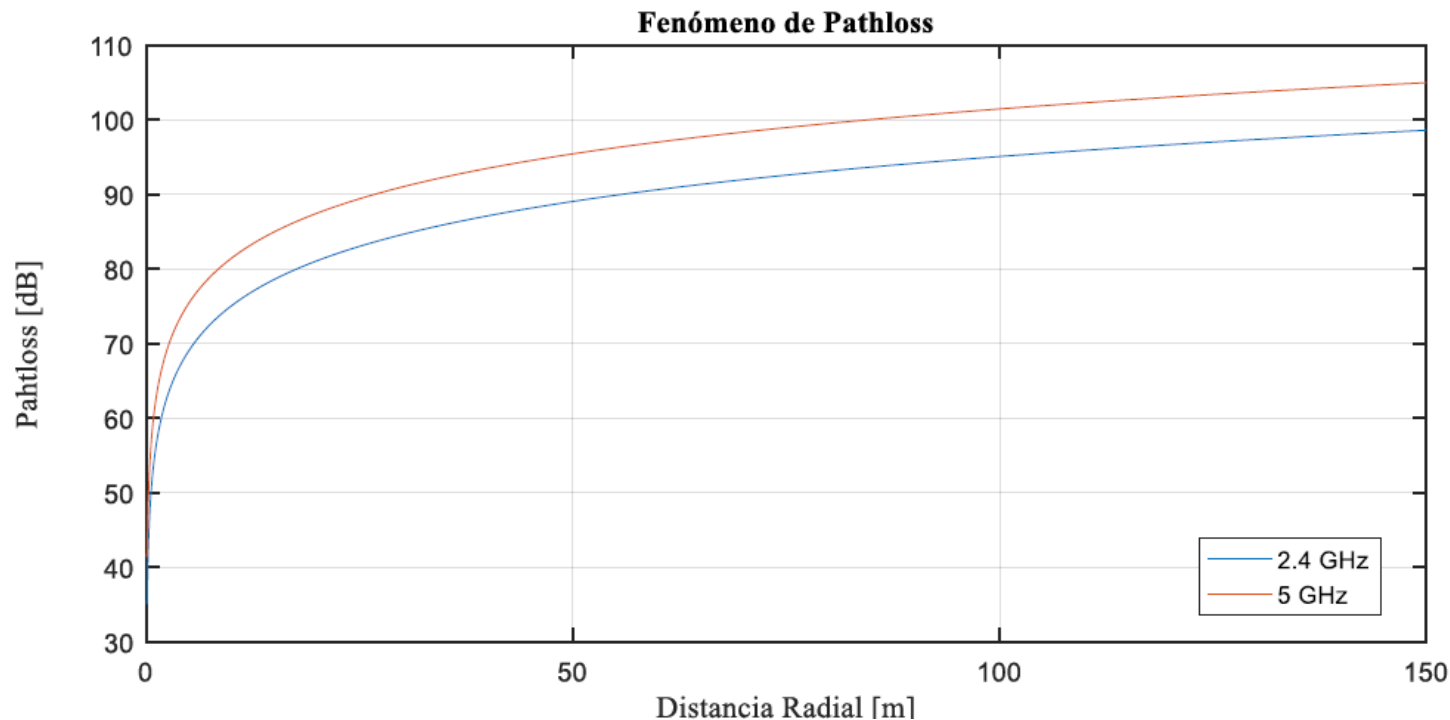


Comparación cuantitativa y Cualitativa de las bandas de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz

- **Encontrar las pérdidas por *Pathloss* y atenuaciones:** Para desarrollar la siguiente fórmula es necesario saber cuál es la distancia del cliente o host más alejado en metros y luego si pasar a desarrollar la ecuación, la frecuencia de trabajo está en mega Hertz.

$$\text{Pathloss} = 20 \log d + 20 \log f - 27.55 + \text{Atenuaciones por Paredes}$$

- El comportamiento de la ecuación se puede observar en la siguiente gráfica, en donde se muestra el comportamiento del fenómeno de *Pathloss indoor* en función de la distancia radial; en este caso va de 0.1 cm hasta 150 m



Fenómeno de Pathloss en Función de la Distancia y la Frecuencia de trabajo



Comparación cuantitativa y Cualitativa de las bandas de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz

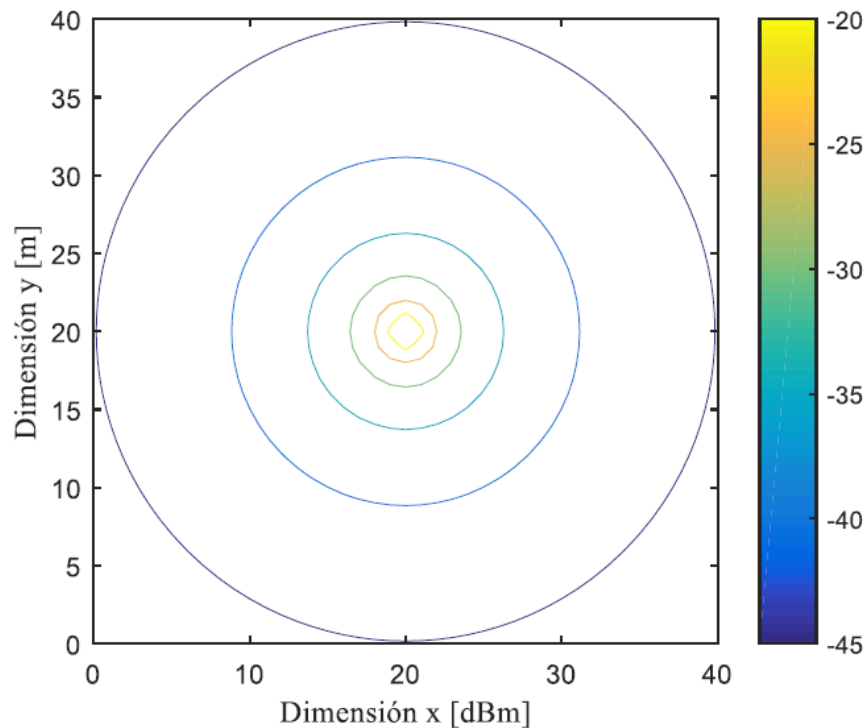
- **Encontrar la diferencia entre la ganancia total y el *Pathloss*:** De esta manera se puede encontrar que si la diferencia es más grande que la sensibilidad la recepción de la señal es buena o diferenciable del ruido
- $\text{Ganancia Total} - \text{Pathloss} > \text{minimum RSL} \rightarrow$ Buena recepción por parte del Cliente
 $\text{Ganancia Total} - \text{Pathloss} < \text{minimum RSL} \rightarrow$ Mala recepción por parte del Cliente
- A continuación, se muestran algunos resultados de las funciones que calculan el *Pathloss* y la Potencia recibida. Las dos primeras muestran el fenómeno al ser estudiado en puntos radiales desde el centro de un área cuadrada de 40 x 40 m y con los siguientes parámetros:
 - Potencia Transmitida= 20 dBm
 - Ganancia de la antena (Receptora – Transmisora) = 10 dBi
 - Frecuencia de Trabajo = [2.4 GHz, 5 GHz]



Comparación cuantitativa y Cualitativa de las bandas de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz

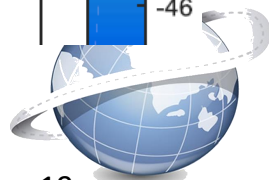
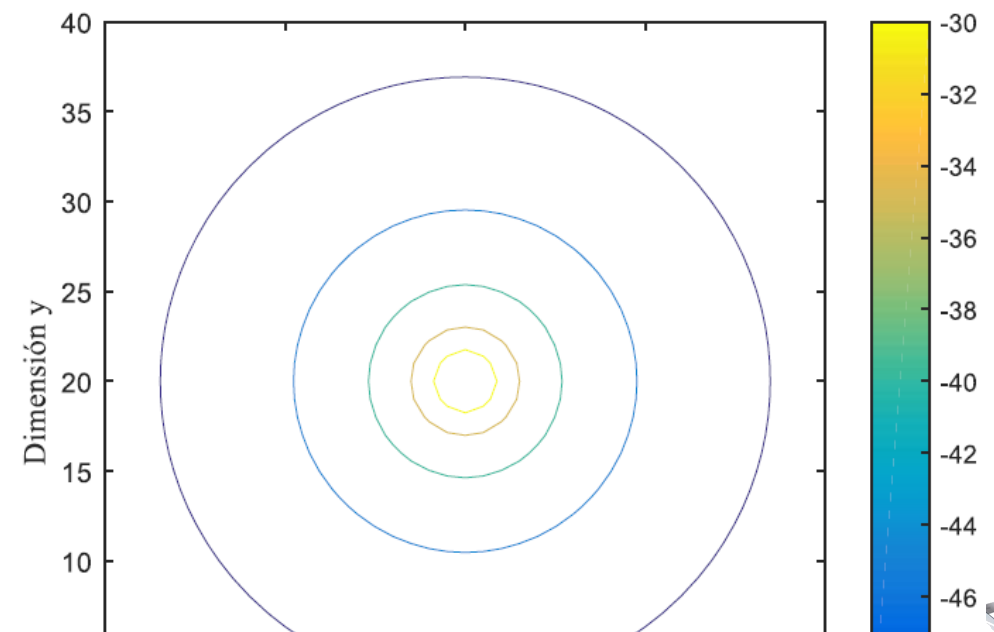
- Potencia Recibida Plano x y Radial en 2.4 GHz

Potencia Recibida en el plano xy con las perdidas de Pathloss [dBm]



Potencia Recibida Plano x y Radial en 5 GHz

Potencia Recibida en el plano xy con las perdidas de Pathloss [dBm]



Modelamiento del Tráfico y Teoría de Colas para el modelamiento de Access Point

- Para modelar un Access Point y poder aplicar algunos criterios de QoS, es necesario encontrar un modelo matemático que permita modelar un Access Point como el generador de una cola. Se llega a asociar con una cola porque el AP tiene una tasa de servicio (en este caso la tasa de transmisión física de la tecnología) y una tasa de llegadas o demanda de servicio por los usuarios que depende de la densidad de usuarios presente en el área de cobertura y la probabilidad con la que quieren transmitir es decir estar activos. Como estos dos procesos son definidos como no determinísticos, los modelos de colas más acercados en este caso serán los que sigan las colas Makrovianas.
- Para el desarrollo del modelamiento de las colas, se asumirá que el tiempo de llegadas o demanda de servicio y el tiempo de servicio son independientes y además son distribuidos exponencialmente (sin memoria).



Modelamiento del Tráfico y Teoría de Colas para el modelamiento de Access Point

- Un estudio de los modelos de tráfico provee una precisa estimación de la red y herramientas vitales para el normal de la red. Los modelos de tráfico son elementos principalmente para la evaluación de la red, es por esa razón que deben ser lo más precisos posibles. Un buen modelamiento de tráfico podría ayudar directamente a mejorar alguno de los siguientes parámetros:
 - El Servicio
 - La rentabilidad o los costos
- En el presente trabajo lo que se pretende dimensionar es el parámetro del servicio por medio del QoS definido por el usuario.



Modelamiento del Tráfico y Teoría de Colas para el modelamiento de Access Point

Modelos de Tráfico

El análisis del tráfico provee información como la carga promedio que sufre la red y el ancho de banda requerido para diferentes aplicaciones, el modelamiento del tráfico de una red permite también hacer buenas suposiciones sobre futuros requerimientos y parámetros.

- Modelos de Tráfico
- Modelo de Markov Modulado con un Proceso de Poisson (MMPP)

Modelos de Colas

El modelo de colas será utilizado para modelar la capacidad de clientes activos que puede soportar un AP en una red con algunas características especiales, la elección de este modelo influye básicamente en el comportamiento que va tener la red ante posible sobrecarga y en los tiempos de espera que percibe cualquier usuario participante en la red. Se considera que este tiempo de espera es un indicador de desempeño de la red en el conjunto de las políticas de QoS. A continuación, se explican los modelos con los que lograron modelar los AP.

- M/M/1
- M/M/K



Modelamiento del Tráfico y Teoría de Colas para el modelamiento de Access Point

Modelos de Tráfico

- Modelo de Tráfico Simple.

Es el modelo más simple que existe se basa, en modelar el tráfico como un proceso de punto (en inglés *Point Proccess*). El proceso de punto se basa en una secuencia de tiempos de llegadas en instantes discretos. El modelo de tráfico simple es descrito como un proceso de conteo (en inglés *Counting Arrival o Inter Arrival Time*). Éste contiene un proceso $N(t)$, no negativo, entero y estocástico. $N(t)$ define el número de llegadas en un intervalo de tiempo $(0,t]$. Lo que significa que un proceso IAT es una secuencia aleatoria, no negativa $\{A_n\}$ que contiene los tiempos de separación entre cada llegada.

-

$$A_n = T_n - T_{n-1}$$

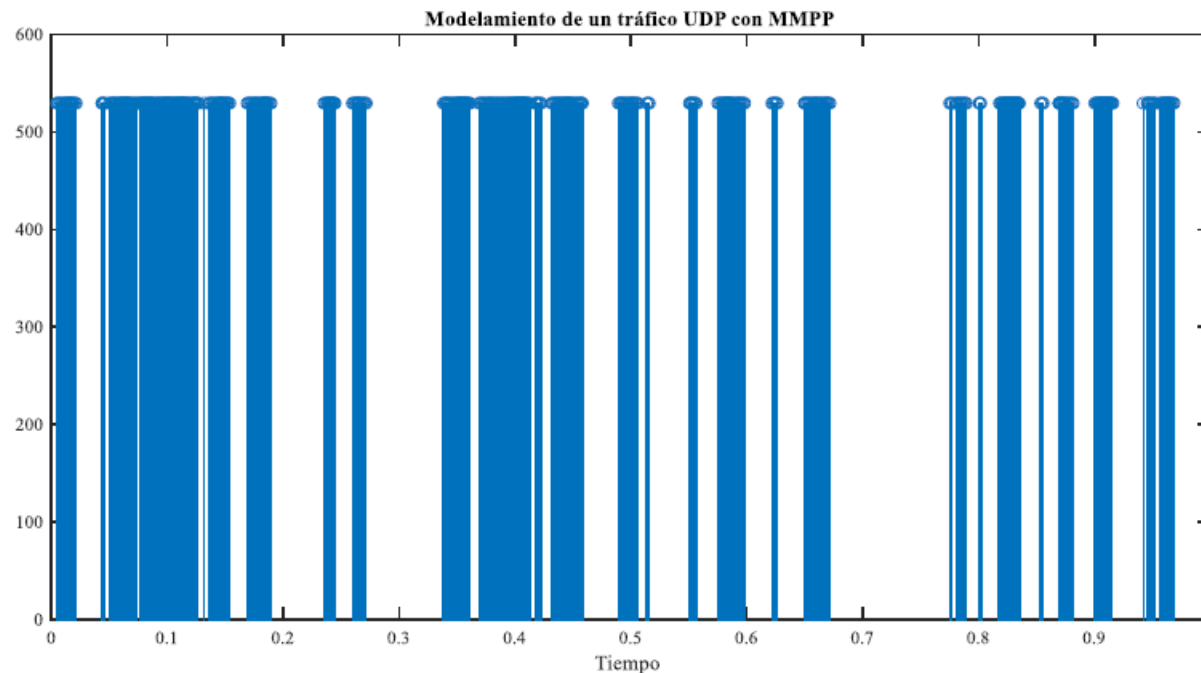


Modelamiento del Tráfico y Teoría de Colas para el modelamiento de Access Point

Modelos de Tráfico

- Modelo de Markov Modulado con un Proceso de Poisson (MMPP)

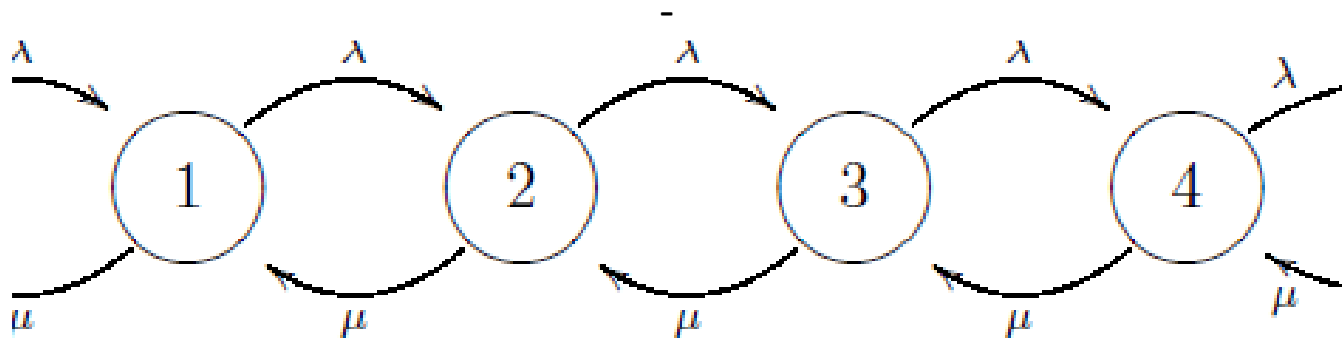
Este modelo es usado como una herramienta para el análisis de teletráfico actualmente. Se implementa más que todo para modelar tráfico donde la naturaleza de las fuentes sea de ráfagas. Este modelo fue el escogido para modelar las ráfagas UDP en modelo de simulación de capa 2 de la red. El MMPP emplea procesos auxiliares de Markov, en donde la distribución de probabilidad del tráfico, depende del estado actual de la cola. MMPP es una variación de un proceso modulado de Markov, donde los procesos auxiliares siguen una distribución Poisson.



Modelamiento del Tráfico y Teoría de Colas para el modelamiento de Access Point

- Modelos de Colas
- M/M/1

Es definido como un modelo Makroviano de colas, su característica principal es que posee únicamente un solo servidor y se supone que tiene un buffer infinito (Esto significa que la cola puede ser infinitamente larga). Este modelo empieza en el estado 0 y solo será capaz de cambiar al estado 1, si y solo si ha transcurrido un tiempo distribuido exponencialmente conocido como λ o las tasas de llegadas o demanda de servicio. Ahora bien el tiempo en el que permanece en un estado $n \geq 1$ depende de λ y de μ que es otra variable distribuida exponencialmente; μ se encarga de mostrar la tasa con la que el servidor es capaz de brindar servicio a todos los integrantes de la cola. La salida de un proceso M/M/1 sigue una distribución de Poisson. Este modelo ayudo a acercarse más al dimensionamiento con los parámetros de desempeño, ya que se manejan tiempos de espera en la cola y tiempo total de servicio. El M/M/1 se podría modelar sobre una red de WIFI haciendo el supuesto que cada AP en la red WIFI tiene una cola independiente de las otras y hallando los parámetros por separado.



Modelamiento del Tráfico y Teoría de Colas para el modelamiento de Access Point

- Modelos de Colas
- M/M/1

En este modelo, se debe asegurar que la suma de todas las probabilidades de los estados estables de la cola debe ser igual a 1.

$$\sum_{j=0}^{\infty} \pi_j = 1$$
$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$
$$\pi = \rho^j (1 - \rho)$$

Se puede basar el dimensionamiento de la red WIFI basada en un parámetro de desempeño, que involucre la capacidad máxima de clientes activos en un AP, de esta manera encontrar la probabilidad con la que el AP puede llegar a bloquearse.

$$P_{\text{bloqueo}} = 1 - \sum_{j=0}^{\text{Capacidad AP}} \pi_j$$

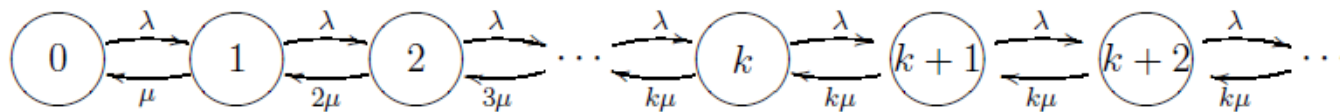
El dimensionamiento se basa en encontrar un número de AP tal que cumpla que la probabilidad de bloqueo sea menor a un umbral que el usuario va a ingresar. Si no es el caso de que sea menor entonces se procede a agregar otro AP lo que aumentaría la capacidad de clientes activos por AP haciendo que la probabilidad disminuya.



Modelamiento del Tráfico y Teoría de Colas para el modelamiento de Access Point

- Modelos de Colas
- M/M/K

Partiendo de la M/M/1 sobre una red WIFI, se podría modelar la red con una M/M/k permite modelar la cola con k servidores independientes. Para el desarrollo matemático se sigue considerando que poseen buffers infinitos. La tasa de llegadas sigue una distribución de Poisson λ y la tasa de servicio está distribuido exponencialmente en μ . Aquí cabe aclarar que el tiempo de servicio de cada servidor también está distribuido en μ . Estas dos variables aleatorias son independientes.



A partir del modelo M/M/k es posible encontrar diferentes parámetros que a la larga son importantes.

- Tiempo de Servicio: tiempo promedio de espera de cada usuario en el sistema

$$E[s] = \frac{1}{\mu}$$

- Tiempo de espera de un usuario en la cola: es el tiempo que transcurre desde el momento de pedir el servicio y el momento en el que el AP logra ofrecer el servicio a ese usuario.

$$E[W_Q] = \frac{C_k(A)}{k - A}$$



Modelamiento del Tráfico y Teoría de Colas para el modelamiento de Access Point

- Modelos de Colas
- M/M/K

Donde $C_k(A)$ representa la Fórmula de Erlang que representa la porción de tiempo en el que todos los k servidores están ocupados y por ende es posible calcular la probabilidad de encontrar un retardo en una cola M/M/k.

$$C_k(A) = \sum_{n=k}^{\infty} \pi_n = \frac{A^k}{k!} \frac{k}{k-A} \pi_0 = \frac{\frac{A^k}{k!} \frac{k}{k-A}}{\sum_{n=0}^{k-1} \frac{A^n}{n!} + \frac{A^k}{k!} \frac{k}{k-A}}$$

- (A) representa el número promedio de servidores ocupados

$$A = \lambda / \mu$$

- Tiempo total de Delay o retraso por usuario: es el tiempo total del usuario en el sistema.

$$E[D] = \frac{C_k(A)}{\mu k - \lambda} + \frac{1}{\mu}$$

- Delay Factor: es la razón entre el tiempo promedio de espera en la cola y el tiempo promedio de servicio. Se considera importante porque entre más pequeño sea significa que vale pena esperar en la cola.

$$D_f = \frac{C_k(A)}{k - A}$$

Sin embargo, no fue elegido este modelo pues la relación entre la tasa de servicio y la tasa de llenado de la cola, no debe tener relación alguna es decir deben ser independientes además la variable con la que cambia de estado depende del número de APs en el sistema, cosa que no es cierta en el modelo teórico, pues cada AP tiene su propia tasa de servicio y de llenado que si depende de la cantidad de usuarios y de la tasa de transmisión que puede ofrecer. El modelo M/M/1 proporciona las condiciones anteriores.



Modelamiento del Tráfico y Teoría de Colas para el modelamiento de Access Point

Estándares	RADIO DE COBERTURA [m]	Tasa de Transmisión [Mbps]
IEEE 802.11 b	Radio de Cobertura < 30 m	11
	30 m < Radio de Cobertura < 100 m	2
IEEE 802.11 a	Radio de Cobertura < 30 m	54
	30 m < Radio de Cobertura < 100 m	11
IEEE 802.11 g	Radio de Cobertura < 30 m	54
	30 m < Radio de Cobertura < 100 m	11
IEEE 802.11 n	Radio de Cobertura < 70 m	150
	70 m < Radio de Cobertura < 100 m	15
IEEE 802.11 ac	Radio de Cobertura < 76 m	400
	76 m < Radio de Cobertura < 100 m	54

Tasa de transmisión en función del radio de cobertura

