



**MANUAL Y  
CONTENIDO DEL  
SOFTWARE**



**Software Educativo para Análisis de Modelos de Propagación  
en Exteriores y las Comunicaciones Inalámbricas**

# **MANUAL Y CONTENIDO DEL SOFTWARE**

**2023**

## CONTENIDO

|  |     |
|--|-----|
| <b>RESUMEN .....</b>   | 4   |
| <b>OBJETIVO PRINCIPAL DEL SOFTWARE.....</b>                                    | 5   |
| <b>REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA E INSTALACIÓN .....</b>                          | 5   |
| <b>CONTENIDO DE LA PAGINA DE INICIO .....</b>                                  | 6   |
| <b>MODULO INICIO.....</b>  | 7   |
| <b>MODULO CONTENIDO.....</b>   | 10  |
| <b>    UNIDAD 1 MODELOS DE PROPAGACIÓN .....</b>                               | 11  |
| Modelo de Propagación Outdoor - Exteriores .....                               | 17  |
| Modelos para Sistemas Con Y Sin Línea de Vista .....                           | 54  |
| <b>    UNIDAD 2 COMUNICACIONES INALÁMBRICAS .....</b>                          | 61  |
| Comunicaciones Inalámbricas PMR, WIFI, WIMAX, LDSM.....                        | 63  |
| Sistemas TETRA, DECT y Radio Mensajería .....                                  | 68  |
| Sistemas TRUNKING .....  | 72  |
| <b>    UNIDAD 3 TELEFONÍA MÓVIL TERRESTRE .....</b>                            | 76  |
| Sistemas GSM, GPRS, PCS .....  | 80  |
| Sistemas Móviles 4G-LTE, 5G e IOT.....   | 84  |
| <b>    UNIDAD 4 INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE COMUNICACIONES SATELITALES.....</b> | 88  |
| Satélites Orbitales y GeoSíncronos: GEO, MEO, LEO .....                        | 92  |
| Parámetros y Ecuaciones de un Sistema Satelital.....                           | 96  |
| <b>MODULO CALCULAR.....</b>  | 107 |
| <b>MODULO GUÍA LABORATORIO .....</b>   | 112 |
| <b>MODULO EVALUACIÓN .....</b>   | 113 |
| <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>  | 115 |

## RESUMEN

El software educativo **SEAMPE** está compuesto por cinco módulos (**INICIO, CONTENIDO, CALCULAR, GUÍA DE LABORATORIO Y EVALUACIÓN**).

De esta manera el módulo **INICIO**, comprende el documento guía o manual del usuario en el software educativo.

En cuanto al módulo **CONTENIDO**, está dividido en cuatro Unidades de las temáticas principales de la siguiente forma:

- **UNIDAD 1: MODELOS DE PROPAGACIÓN**
- **UNIDAD 2: COMUNICACIONES INALÁMBRICAS**
- **UNIDAD 3: TELEFONÍA MÓVIL TERRESTRE**
- **UNIDAD 4: INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE COMUNICACIONES SATELITALES**

Para el módulo **CALCULAR**, se trata de una calculadora para los seis modelos de propagación de exteriores, seleccionados para este software educativo, como son:

- **MODELO 1: Walfish - Ikegami**
- **MODELO 2: The COST 231 – Hata**
- **MODELO 3: ITU – Recomendación P. 1546-5**
- **MODELO 4: Erceg C o SUI**
- **MODELO 5: Okumura - Hata**
- **MODELO 6: 3D – UMI LOS y 3D – UMI NLOS**

El módulo **GUÍA DE LABORATORIO**, está compuesto por una aplicación práctica, basada en las unidades del módulo **CONTENIDO**.

Y como último el módulo **EVALUACIÓN**, que comprende una serie de preguntas relacionadas con el contenido del software, permite al usuario evaluar su autoaprendizaje.

## OBJETIVO PRINCIPAL DEL SOFTWARE

El objetivo fundamental de este software, es conocer las características primordiales de los parámetros que afectan los enlaces de un sistema de comunicaciones móviles, para ello se realiza la simulación analítica utilizando los modelos de propagación en exteriores más representativos que facilitan el proceso de cálculo de los enlaces para predecir los niveles de potencia.

Se pretende potenciar la capacidad para desarrollar y llevar a cabo: laboratorios y simulaciones adecuadas, con el fin de analizar, procesar e interpretar datos utilizando conceptos de la ingeniería en Telecomunicaciones de esta manera lograr y obtener conclusiones basadas en características científicas.

## REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA E INSTALACIÓN

Considere los siguientes requerimientos básicos de la computadora antes de ser instalado el software educativo **SeAmpE**.

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>CPU</b>               | Que tenga cualquier buscador web como: Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge, Opera entre otros. |
| <b>RAM</b>               | 970 MB  |
| <b>SISTEMA OPERATIVO</b> | Windows, Mac OS, Linux Ubuntu entre otros.  |

Cumpliendo con los requerimientos anteriormente mencionados, se da proceso a la correcta instalación del programa.

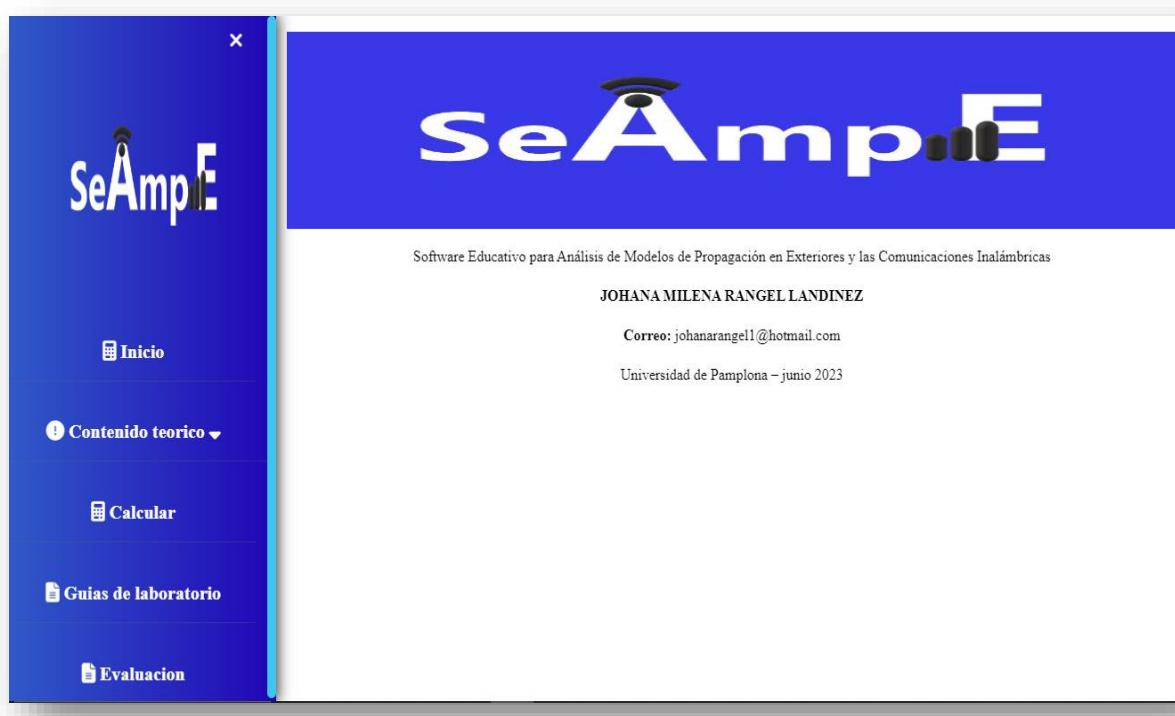
Para ello siga los pasos:

1. Descargue en el computador el archivo.
2. Guárdelo en la carpeta de preferencia.
3. Descomprima o ejecute el archivo.

## CONTENIDO DE LA PAGINA DE INICIO

Una vez abierto el software se observa la pantalla de inicio de este.

**Figura 1**  
*Pantalla de Inicio de seAmpE*



## MODULO INICIO

El **Modulo INICIO**, le permite ver un video tutorial para ello dar click en reproducir, puede agrandar la pantalla subir y bajar el volumen, también detener o pausar el video en el momento que desee. puede encontrar este Manual del Software, para leerlo dar click sobre el link.

**Figura 2**  
*Modulo Inicio de seAmpE*



Si se quiere tener la pantalla completa se da click en la 1 (Figura 3) y este se menú se desplaza a la izquierda, en la parte superior derecha podrá observar en que modulo del software se encuentra click en 2 (Figura 4).

**Figura 4**  
*Vista Para Usar Entorno de Comunicación*

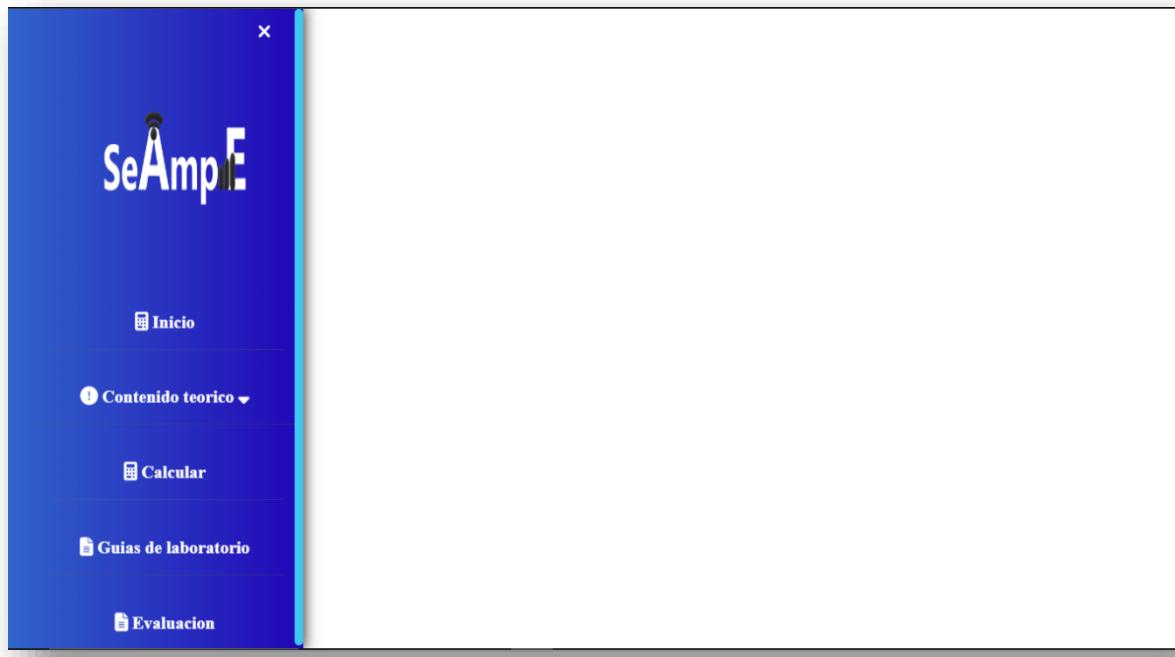


**Figura 3**  
*Vista con Entorno de Comunicación*



También puede encontrar en esta pantalla de principal los módulos que comprende el software educativo: **CONTENIDO 1**, **CALCULAR 2**, **GUÍA DE LABORATORIO 3**, **EVALUACIÓN 4**, para ingresar en ellas se da click sobre cada una de estas.

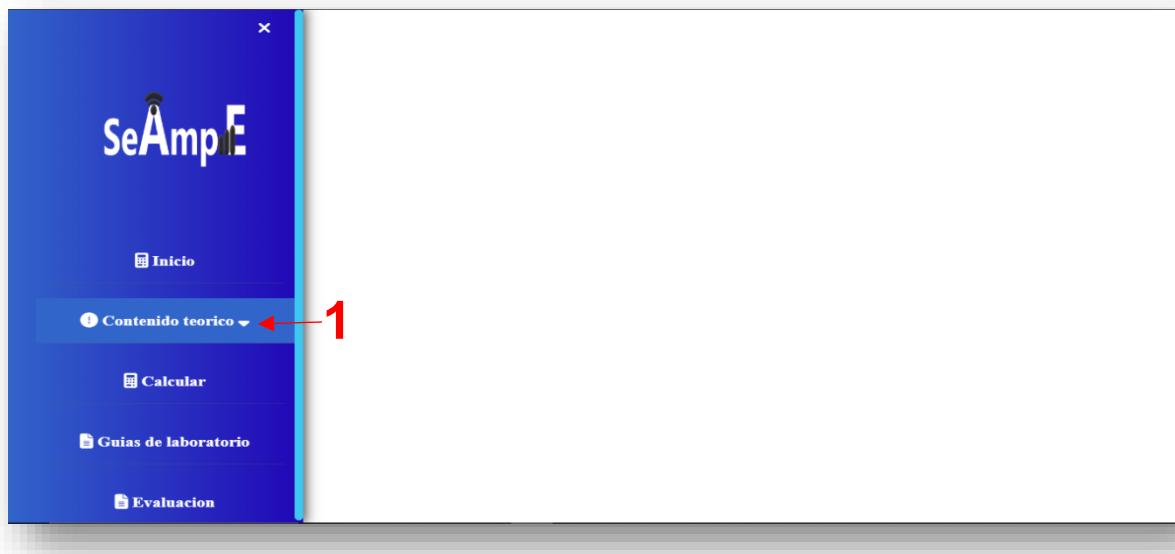
**Figura 5**  
Modulos de seAmpE



## MODULO CONTENIDO

Para el ingreso a este módulo se da click en sobre el (1), se despliega la lista de las 4 unidades que componen este módulo.

**Figura 6**  
*Modulo Contenido Teórico de seAmpE*



**Figura 7**  
*Modulo Contenido Teórico abierto en seAmpE*



A continuación, se describe unidad por unidad del módulo contenido.

## UNIDAD 1 MODELOS DE PROPAGACIÓN

Esta unidad está compuesta por 3 temas.

De este modo para tema: **Concepto de Modelos De Propagación**, se encuentra con un video explicativo de este concepto puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este.

**Figura 8**  
Unidad 1 del Módulo Contenido Teórico en seAmpE

The screenshot shows the seAmpE platform interface. On the left, there's a sidebar with icons for Inicio, Contenido teórico (selected), Calcular, Guías de laboratorio, and Evaluación. Under 'Contenido teórico', there are links to UNIDAD I - MODELOS DE PROPAGACIÓN, UNIDAD II - COMUNICACIONES INALÁMBRICAS, UNIDAD III - CARACTERÍSTICAS DEL CANAL INALÁMBRICO, and UNIDAD IV - INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE COMUNICACIONES SATELITALES. The main content area has a title 'Concepto de modelos de propagación'. Below it is a video player with the title 'MODELOS DE PROPAGACIÓN' and a progress bar at 0:03 / 2:35. To the right of the video, there's a section titled 'Las clasificaciones de los modelos de propagación de acuerdo a la técnica de diseño:' with four categories: 'EMPÍRICO', 'SEMI EMPÍRICOS', 'DETERMINISTAS', and 'ESTADÍSTICOS'. Below this, another section titled 'MODELOS DE PROPAGACIÓN De acuerdo al ambiente' shows two categories: 'INDOOR- INTERIORES' and 'OUTDOOR- EXTERIORES'. At the bottom, there are two expandable sections: 'MODELO DE PROPAGACIÓN EN EXTERIORES' and 'MODELOS PARA SISTEMAS CON Y SIN LÍNEA DE VISTA'.

La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

### ¿Qué es un modelo?

Un modelo es una representación simplificada de la realidad, por medio de un conjunto de restricciones e hipótesis.

### ¿Qué es un modelo de propagación?

Un modelo de propagación es un conjunto de expresiones matemáticas, diagramas y algoritmos usados para representar las características de radio de un ambiente dado.

Los modelos de propagación permiten predecir el comportamiento de las señales electromagnéticas en un ambiente determinado, lo cual es indispensable en sistemas de radiofrecuencia y en general cualquier tipo de sistema de comunicación inalámbrico.

Los modelos de propagación predicen la perdida por trayectoria que una señal de RF pueda tener entre una estación base y un receptor sea móvil o fijo. La ventaja de modelar radiocanales teniendo en cuenta las características de la trayectoria entre Transmisor(Tx) y Receptor (Rx), es conocer la viabilidad de los proyectos que se deseen planear en determinados sectores, de esta manera se podrá hacer una estimación acerca de la necesidad, costos y capacidad de los equipos requeridos.

Los modelos de propagación son fundamentales en las redes móviles, ya que a través de ellos se puede predecir la potencia analizando las variables y parámetros que son útiles al momento de recibir la señal en un punto determinado por cierta distancia, con lo cual se determinara la ubicación requerida de los equipos y elementos de los sistemas de radio comunicaciones como: infraestructura, equipos de radio, antenas, repetidores entre otros. Estos modelos contienen características importantes de acuerdo a las condiciones topográficas del sitio de estudio, siendo útiles para los diseños correspondientes, por lo cual estos saberes son importantes en la formación académica y profesional de un estudiante de ingeniería en telecomunicaciones.

Este tema también trae una **clasificación de los modelos de propagación** según su diseño o según su ambiente, para ver la información de este dar click sobre el modelo que quiere observar.

**Figura 9**

Vista de Clasificación de los Modelos de Propagación en seAmpE



Para los **Modelos Empíricos** se observa de la siguiente manera (Figura 10), se encuentra texto, audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea), y una tabla.

**Figura 10**  
Vista Modelos Empíricos en seAmpE

The screenshot shows the seAmpE application window. On the left, there's a sidebar with a logo, navigation links like 'Inicio' and 'Contenido teórico', and sections for 'UNIDAD I - MODELOS DE PROPAGACIÓN' and 'UNIDAD II - COMUNICACIONES INALÁMBRICAS'. The main area has a title 'EMPIRICO' with a description: 'Estos se basan en numerosas medidas y observaciones de campo sobre el ambiente de propagación en condiciones reales, a partir de las cuales se obtienen fórmulas por medio de ajustes.' Below this are two video player controls labeled '¿De qué depende su precisión?' and 'Aqui se destacan los modelos:'. A table follows:

| Recomendación UIT-R P.1546 | Hata                        |
|----------------------------|-----------------------------|
| COST-231 Hata              | London de Ibrahim y Parsons |
| Allsebrook's               | McGeehan y Griffiths        |
| Atefi y Parsons            | Lee                         |

On the right, there are buttons for 'ESTADÍSTICOS' and 'EXTERIORES'.

#### Contenido audio (1):

Estos modelos, son principales utilizados para estimar la perdida por trayectoria. Aunque también, es posible predecir otros fenómenos como, por ejemplo: Multitrayectoria y Desvanecimiento.

La principal ventaja de este tipo de modelos es que, se tienen en cuenta de forma implícita las influencias propias del entorno en su conjunto, sin ser reconocidas de manera aislada.

#### Contenido audio (2):

Su precisión depende no sólo de la precisión de las medidas, si no de la similitud entre el entorno donde fueron llevadas a cabo las medidas y el entorno analizar.

También, se relaciona con la cantidad de muestras obtenidas y por su puesto la consideración de los errores que se puedan occasionar en el procesamiento de la información.

Para los **Modelos Semi empíricos** se observa de la siguiente manera (Figura 11), se encuentra texto y una tabla.

**Figura 11**  
Vista Modelos Semi Empíricos en seAmpE

The screenshot shows the seAmpE software interface. On the left, there's a sidebar with navigation links: 'Inicio', 'Contenido teorico', 'UNIDAD I - MODELOS DE PROPAGACIÓN', 'UNIDAD II - COMUNICACIONES INALÁMBRICAS', and 'UNIDAD III - CARACTERÍSTICAS DEL CANAL DE ESTUDIO'. The main content area has a title 'SEMI EMPIRICO' with a video player at the top showing '0:03 / 2:35'. Below the video, a text box states: 'Estos se basan en teorías físicas y mecanismos de propagación de las ondas electromagnéticas. Incorporan algunas características del entorno (por lo que requieren datos de morfología del terreno) y se complementan con medidas para el ajuste de sus parámetros.' A list titled 'Se destacan los modelos:' includes Egli, Walfish, Okumura, Longley-Rice, and Ikegami.

Para el **Modelo Determinista**, se observa de la siguiente manera (Figura 12), se encuentra texto audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea), y una tabla.

**Figura 12**  
Vista Modelo Determinista en seAmpE

The screenshot shows the seAmpE software interface. The sidebar is identical to Figura 11. The main content area has a title 'DETERMINISTAS' with a video player at the top showing '0:00 / 0:35'. Below the video, a text box states: 'Estos se basan en la representación matemática de las leyes de propagación de ondas electromagnéticas, normalmente toman como referencia las leyes de Maxwell con el fin de predecir intensidad de la señal recibida.' A list titled 'Aquí se destacan los modelos:' includes Modelo Flat edge, Walfish - Bertoni, COST 231 231-Walfish-Ikegami, Sakagami - Kubai Model, MBX para macro células, Ikegami Model, Modelo de Friss, Modelo de dos rayos, and Difracción de objetos.

Contenido audio:

Estos modelos, no se utilizan en el diseño de sistemas de comunicación ya que su fundamento son las leyes físicas y se realizan los análisis matemáticos para referenciar el fenómeno y comportamiento particular de las ondas.

Cuando se desea representar un sistema de radiocomunicaciones, este tipo de modelo carece de incertidumbre para considerar las posibles variables del entorno y por ende los cambios de estado del sistema se pueden predecir con seguridad, es decir se obtiene su solución óptima.

Para el **Modelo Estadístico**, se observa de la siguiente manera (Figura 13), se encuentra texto audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea), y una tabla.

**Figura 13**  
Vista Modelo Estadístico en seAmpE

ESTADISTICO

Es la representación del comportamiento de las variables aleatorias en los que existe una secuencia cambiante de eventos que se analizan probabilísticamente durante un intervalo de tiempo.

¿De qué depende su precisión?

Aquí se destacan los modelos:

|                         |
|-------------------------|
| Estadística inferencial |
| Estadística descriptiva |

ESTADISTICOS

EXTERIORES

UNIDAD I - MODELOS DE PROPAGACIÓN

UNIDAD II - COMUNICACIONES INALAMBRICAS

UNIDAD III - CARACTERISTICAS DEL CANAL INALAMBRICO

MODELO DE PROPAGACIÓN EN EXTERIORES

MODELOS PARA SISTEMAS CON Y SIN LINEA DE VISTA

Contenido audio:

La precisión depende de la cantidad considerable de muestras que se recolectan del ambiente de propagación a estudiar, a mayor cantidad de datos mayor es la precisión del modelo, en el caso del comportamiento de la energía o potencia en el espectro radioeléctrico se estudian:

Las funciones de distribución de probabilidad, las variables aleatorias log-normales, las correlaciones matemáticas y los métodos estadísticos; por clasificación, por asociación y por segmentación.

Para los **modelos según su ambiente**, se encuentra estos en forma de mapa conceptual, para ver la información de este dar click sobre el modelo que quiere observar.

Para los **Modelos Indoor – Interiores**, se observa de la siguiente manera (Figura 14), se encuentra texto, audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea), y una tabla.

**Figura 14**  
Vista Modelos Indoor- Interiores en seAmpE

The screenshot shows the seAmpE software interface. On the left, there's a sidebar with navigation links: Inicio, Contenido teórico (with UNIDAD I - MODELOS DE PROPAGACIÓN selected), UNIDAD II - COMUNICACIONES INALÁMBRICAS, UNIDAD III - CARACTERÍSTICAS DEL CANAL INALÁMBRICO, Calcular, Guías de laboratorio, and Evaluación. The main area has a title 'Concepto de modelos de propagación' and a sub-section 'Modelo Indoor - Interiores:'. It contains a text box explaining indoor propagation characteristics, two video player controls (one for text and one for characteristics), and a table comparing different indoor propagation models. The table has two columns: 'Características:' and 'Modelo Indoor basado en ondas electromagnéticas'. The table rows include:

| Características:                                    | Modelo Indoor basado en ondas electromagnéticas    |
|---|--|
| Modelo teórico basado en ondas electromagnéticas    | Keenan - Montiev model                             |
| Modelo de transmisión en espacio libre              | Multi - Wall Model                                 |
| Modelo de dos rayos                                 | Montiev - Simplificado                             |
| Modelo Longley - Rice                               | Modelo de una pendiente                            |
| Log - Normal Shadowing Path Loss Model              | Ericsson múltiples                                 |
| Log - Distance                                      | Factor de atenuación                               |
| Modelo simplificado por el número de suelos y muros | Modelos FDTD                                       |
| Dual Sippe - Model                                  | Modelo de Perdida de Trayecto basado en COST - 231 |

#### Contenido audio (1):

Se debe tener claro que, en la propagación dentro de construcciones, se es necesario considerar muchos factores y fenómenos que la afecta, como lo son: La reflexión, dispersión y difracción; pero bajo condiciones mucho más variables que las que se acostumbran considerar para otros modelos. Ya que, en entornos cerrados, los niveles de señal fluctúan en mayor medida que en los entornos abiertos. Esta diferencia se explica en el hecho de que, en una localización específica, el campo eléctrico, se forma por un número mucho mayor de componentes indirectos que en el caso de un entorno abierto.

#### Contenido audio (2):

En cuanto a las características. Los modelos de propagación en interiores, difieren de los modelos de propagación tradicionales en dos aspectos: El primero, es que las distancias cubiertas son mucho más pequeñas. Y el segundo, es el componente variable del entorno es mucho mayor para separaciones más pequeñas entre transmisor y receptor. También, es importante mencionar, que estos modelos permiten: Predecir los niveles de señal al interior de las construcciones como redes inalámbricas, ejemplo: Wifi, o redes heterogéneas con pico celdas y femtoceldas.

### Modelo de Propagación Outdoor - Exteriores

Para los **Modelos Outdoor – Exteriores**, se observa de la siguiente manera (Figura 15), se encuentra texto y una tabla.

**Figura 15**  
Vista Modelo Outdoor-Exteriores en seAmpE

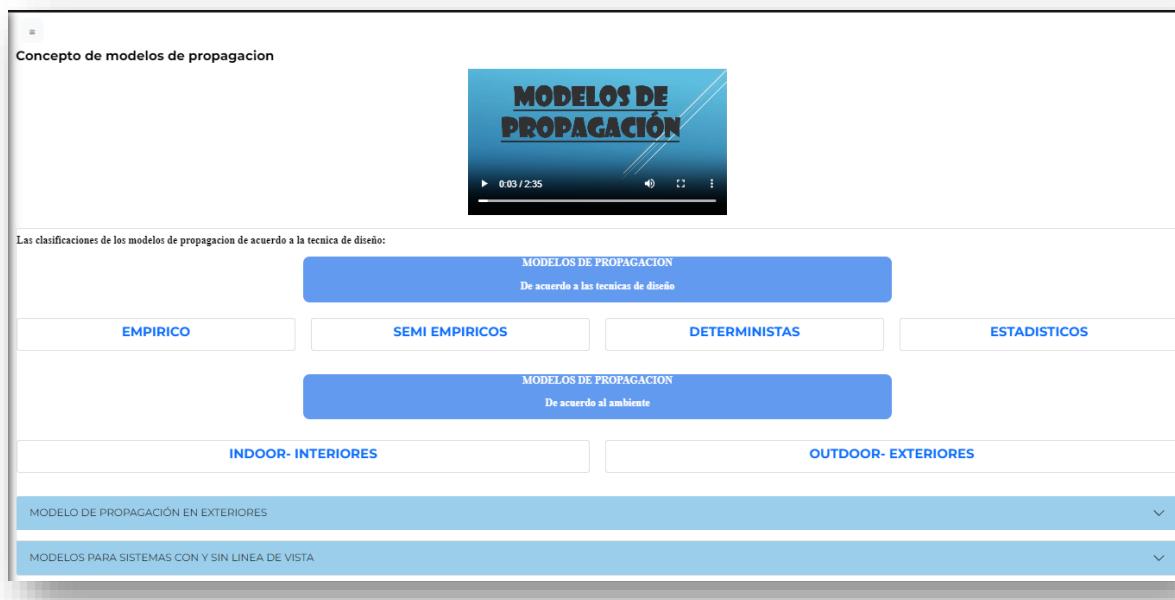
The screenshot shows the seAmpE software interface. On the left, there's a sidebar with navigation options: Inicio, Contenido teórico (with a dropdown menu for UNIDAD I - MODELOS DE PROPAGACIÓN, UNIDAD II - COMUNICACIONES INALÁMBRICAS, UNIDAD III - CARACTERÍSTICAS DEL CANAL INALÁMBRICO, and UNIDAD IV - INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE COMUNICACIONES SATELITALES), Calcular, and Guías de laboratorio. The main area has tabs for LISTAS, ESTADÍSTICOS, and OUTDOOR- EXTERIORES (which is currently selected). A central modal window titled 'Concepto de modelos de propagación' is open, specifically the 'Modelo Indoor - Interiores' tab. It contains descriptive text about indoor propagation and a table comparing various indoor models. Below the table, another table lists outdoor models. The bottom right corner of the main window shows the page number '231'.

| Modelo teórico basado en ondas electromagnéticas    | Keenan - Motley model                              |
|---|--|
| Modelo de transmisión en espacio libre              | Multi - Wall Model                                 |
| Modelo de dos rayos                                 | Motley - Simplificado                              |
| Modelo Longley - Rice                               | Modelo de una pendiente                            |
| Log - Normal Shadowing Path Loss Model              | Ericsson múltiples                                 |
| Log - Distance                                      | Factor de atenuación                               |
| Modelo simplificado por el número de suelos y muros | Modelos FDTD                                       |
| Dual Slope - Model                                  | Modelo de Perdida de Trayecto basado en COST - 231 |

| Características: |                         |
|------------------|-------------------------|
| 0:00 / 0:41      | [Video player controls] |

Para ingresar al tema 2 de esta unidad 1, se da click en la fecha al final de este dónde se despliega el contenido de este tema.

**Figura 16**  
*Ingreso a los temas de la Unidad 1 en seAmpE*



The screenshot shows the 'Concepto de modelos de propagacion' topic in the seAmpE software. At the top, there is a video player with the title 'MODELOS DE PROPAGACIÓN' and a progress bar showing 0:03 / 2:35. Below the video, there is a classification chart for propagation models based on design techniques:

| MODELOS DE PROPAGACION<br>De acuerdo a las técnicas de diseño |                |               |              |
|---|----------------|---------------|--------------|
| EMPIRICO  | SEMI EMPIRICOS | DETERMINISTAS | ESTADISTICOS |

Below this, another classification chart based on environment is shown:

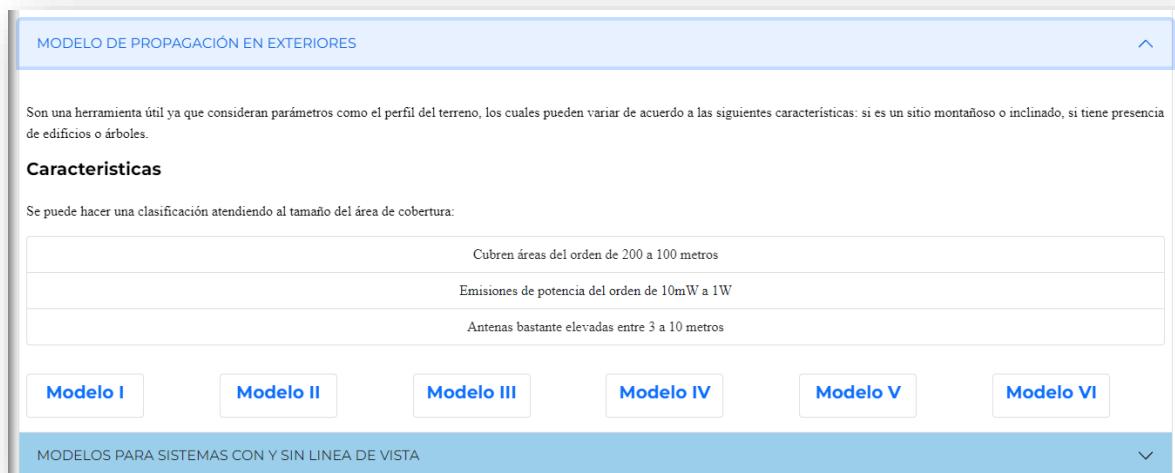
| MODELOS DE PROPAGACION<br>De acuerdo al ambiente |                     |
|--|---------------------|
| INDOOR- INTERIORES                               | OUTDOOR- EXTERIORES |

At the bottom, there are two expandable sections:

- MODELO DE PROPAGACIÓN EN EXTERIORES
- MODELOS PARA SISTEMAS CON Y SIN LINEA DE VISTA

De este modo para tema: **Concepto de Modelo de Propagación Outdoor - Exteriores**, se encuentra un texto con la definición, una tabla y los seis modelos en exteriores seleccionados que calcula el software.

**Figura 17**  
*Vista Modelos de Propagación en Exteriores en seAmpE*



The screenshot shows the 'MODELO DE PROPAGACIÓN EN EXTERIORES' section in the seAmpE software. It includes the following content:

### Características

Son una herramienta útil ya que consideran parámetros como el perfil del terreno, los cuales pueden variar de acuerdo a las siguientes características: si es un sitio montañoso o inclinado, si tiene presencia de edificios o árboles.

Se puede hacer una clasificación atendiendo al tamaño del área de cobertura:

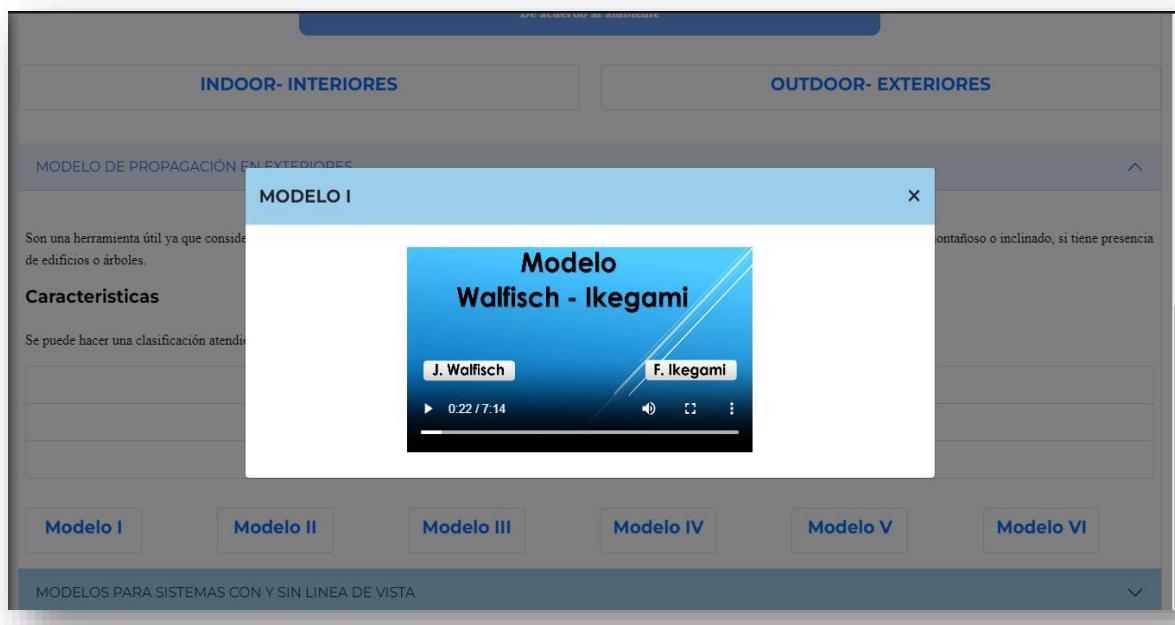
|   |
|---|
| Cubren áreas del orden de 200 a 100 metros    |
| Emissions de potencia del orden de 10mW a 1W  |
| Antenas bastante elevadas entre 3 a 10 metros |

Below the table, there are six buttons labeled 'Modelo I' through 'Modelo VI'. At the bottom, there is an expandable section:

MODELOS PARA SISTEMAS CON Y SIN LINEA DE VISTA

Para ingresar al **Modelo Walfisch – Ikegami**, se da click sobre este, donde se encuentra un video explicativo se puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este. Se observa de la siguiente manera:

**Figura 18**  
Vista Modelo I . Walfisch Ikegami en seAmpE



La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

### MODELO WALFISCH – IKEGAMI

Se desarrolló a partir de una descripción estadística precisa en un entorno urbano, es el resultado de la fusión de los modelos J. Walfisch y F. Ikegami, el estudio es de tipo empírico y fue desarrollado y mejorado años siguientes, para transformarse en el denominado COST-Walfisch-Ikegami.

En cuanto a la precisión se considera bastante alta ya que, en los entornos urbanos, especialmente la propagación sobre tejados es la parte más dominante.

Este modelo considera solamente los edificios en el lugar vertical entre el transmisor y el receptor.

En cuanto a sus Características tenemos:

Normalmente examina, el rango de frecuencias de: 800 a los 2000 Mega Hertz.

La altura del transmisor es de: 4 a 50 metros.

La altura del receptor es de: 1 a 3 metros y la distancia, entre el transmisor y el receptor.

Ahora bien, este modelo trabaja en dos situaciones:

Entonces, la primera situación es: cuando existe la presencia, de línea de vista, entre las antenas, en pocas palabras, cuando no interfieren obstáculos entre estas. De este modo, para hallar las perdidas, con línea de vista se tiene la siguiente ecuación:

$$Lp(dB) = 42,6 + 26 \log(d) Km + 20 \log(f) Mhz$$

Para la segunda situación, es cuando no existe la presencia de línea de vista entre las antenas en pocas palabras cuando si interfieren obstáculos entre estas.

De este modo, para hallar las perdidas con línea de vista se tiene la siguiente ecuación. Donde:

$$Lb = L_o + L_{rts} + L_{msd}$$

Donde:

$L_o$  = Pérdidas por espacio libre

$L_{msd}$  = Pérdidas por difracción de multiples esquinas de los techos de los edificios  
(Walfisch)

$L_{rts}$   
= Pérdidas debido a una única difracción final cuando la onda se propaga hacia la calle  
(Ikegami)

Ahora veremos, cómo hallar los valores de las expresiones mencionadas anteriormente. Para hallar el valor de:  $L_o$  aplicamos la siguiente formula:

$$L_o = 32.4 + 20\text{Log}(d) + 20\text{Log}(fc)$$

Para hallar el valor de  $L_{rts}$  aplicamos la siguiente formula:

$L_{rts}$ : Pérdidas debido a una única difracción final cuando la onda se propaga hacia la calle (Ikegami)

$$L_{rts} = -16.9 - 10\text{Log}W + 10\text{Log}(fc) + 20\text{Log}(\Delta h_m) + L_{ori}$$

Donde:

$W(m)$ : Ancho de la calle

$\Delta h_m$ : La diferencia entre la altura medida de los edificios( $h_{roof}$ ) y la altura de la antena móvil( $h_m$ )

$$\Delta h_m: h_{roof} - h_m$$

Para hallar  $L_{ori}$  serán las pérdidas al ángulo de la incidencia del rayo directo respecto a la calle, para esta tenemos las siguientes condiciones:

$$L_{\text{ori}} = \begin{cases} -10 + 0.354(\phi), & 0 \leq \phi < 35^{\circ} \\ 2.3 + 0.075(\phi - 35^{\circ}), & 35^{\circ} \leq \phi < 55^{\circ} \\ 4.0 - 0.114(\phi - 55^{\circ}), & 55^{\circ} \leq \phi < 90^{\circ} \end{cases}$$

Donde, dependerá del ángulo de inclinación con respecto a la calle.

Para hallar la última expresión que sería:  $L_{\text{msd}}$  Se tiene la siguiente ecuación:

$L_{\text{msd}}$  = Pérdidas por difracción de multiples esquinas de los techos de los edificios (Walfisch)

Donde:

$b(m)$ : Distancia entre los edificios

$d(m)$ : Separación entre transmisor y receptor

$L_{h_{\text{te}}}$ : Pérdidas debido a la altura de la estación base

$L_{h_{\text{te}}}$  son las pérdidas a la altura de la estación base. Para esta, tenemos las siguientes condiciones:

$$L_{h_{\text{te}}} = \begin{cases} -18\log(1 + \Delta h_{\text{te}}), & h_{\text{te}} > h_{\text{roof}} \\ 0, & h_{\text{te}} \leq h_{\text{roof}} \end{cases}$$

Donde:

$h_{\text{te}}(m)$ : Altura de la estación base

$h_{\text{roof}}(m)$ : Altura de los edificios del entorno

$\Delta h_{\text{te}}$ :  $h_{\text{te}} - h_{\text{roof}}$

Para hallar  $K_a$  que es el incremento de las pérdidas para las estaciones base que están por debajo, de las azoteas de los edificios adyacentes. Se tienen las siguientes condiciones:

$$K_a = \begin{cases} 54 & h_{\text{te}} > h_{\text{roof}} \\ 5 - 0.8\Delta h_{\text{te}} & d \geq 0.5 \text{ Km and } h_{\text{te}} \leq h_{\text{roof}} \\ 54 - 1.6\Delta h_{\text{te}} & d < 0.5 \text{ Km and } h_{\text{te}} \leq h_{\text{roof}} \end{cases}$$

Para hallar  $K_d$  que está relacionado con el control de la dependencia entre las perdidas por difracción de múltiples esquinas, y la distancia. Se tienen las siguientes condiciones:

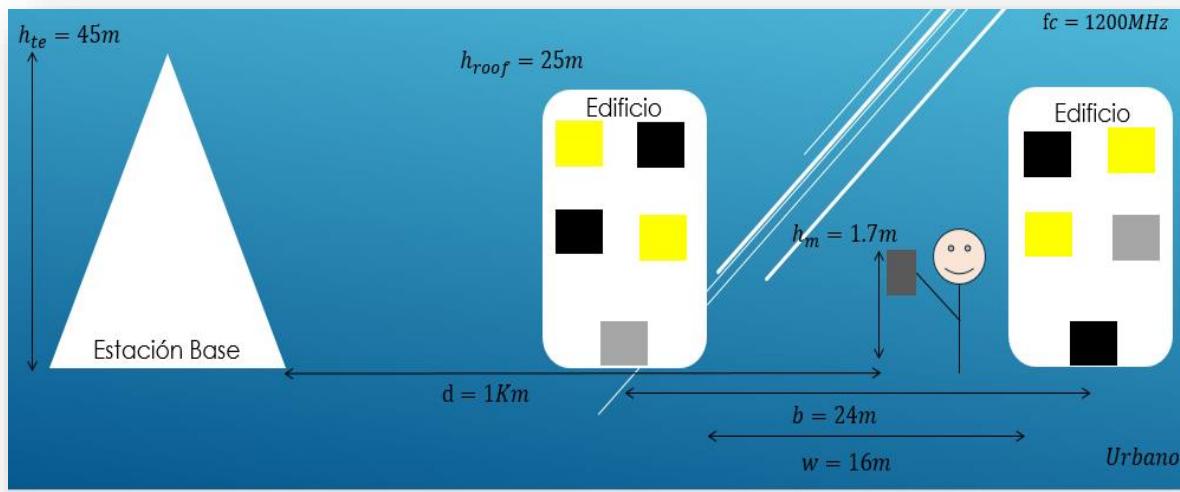
$$K_d = \begin{cases} 18, & h_{\text{te}} > h_{\text{roof}} \\ 18 - \frac{15\Delta h_{\text{te}}}{h_{\text{roof}}}, & h_{\text{te}} \leq h_{\text{roof}} \end{cases}$$

Para hallar  $K_f$  que es quien controla la dependencia de dichas perdidas con la frecuencia de operación. Se tienen las siguientes condiciones, teniendo en cuenta, si es un ambiente suburbano o si es urbano.

$$K_f = \begin{cases} -4 + 0.7 \left( \frac{f_c}{925} - 1 \right), & \text{Suburbano} \\ -4 + 1.5 \left( \frac{f_c}{925} - 1 \right), & \text{Urbano} \end{cases}$$

Ahora, se aplicará un ejemplo.

Este nos dice que observemos la imagen y de acuerdo a estos datos hallar: las pérdidas de propagación, aplicando el modelo Walfisch Ikegami:



Entonces, a primera vista se observa que este sistema es: sin línea de vista entre el transmisor y el receptor, también, encontramos todos los datos necesarios para la aplicación de este modelo.

De esta forma, procedemos aplicar el modelo cuando no se tiene línea de vista. Para lo cual traemos la ecuación correspondiente a este, que es la siguiente:

$$L_b = L_o + L_{rts} + L_{msd}$$

Hallaremos  $L_o$  para esto aplicamos la fórmula:

$$L_o = 32.4 + 20 \log(d) + 20 \log(fc)$$

Donde, reemplazamos los datos que fueron suministrados en la imagen del ejercicio, resolvemos y tendremos el valor de las perdidas en espacio libre  $L_o$

$$L_o = 32.4 + 20 \log(1) + 20 \log(1200)$$

$$L_o = 93.98362492 \text{ dB}$$

Ahora, tenemos el  $L_{rts}$  para la cual la ecuación es la siguiente:

$$\begin{aligned} L_{rts} &= -16.9 - 10\log(w) + 10\log(fc) + 20\log(\Delta h_m) + L_{ori} \\ L_{rts} &= -16.9 - 10\log(w) + 10\log(fc) + 20\log(23.3) + L_{ori} \end{aligned}$$

Para hallar el  $\Delta h_m$  recordemos que es la diferencia entre la altura medida de los edificios y la altura de la antena móvil, esto nos quedaría así:

$$\Delta h_m: 25 - 1.7 = 23.3$$

Para hallar  $L_{ori}$  traemos las condiciones y tenemos en cuenta el ángulo que es de 50 grados según el ejercicio, la que cumple con esto es la segunda condición y aplicamos esta:

$$L_{ori} = \begin{cases} -10 + 0.354(\emptyset), & 0 \leq \emptyset < 35^0 \\ 2.3 + 0.075(\emptyset - 35^0), & 35^0 \leq \emptyset < 55^0 \\ 4.0 - 0.114(\emptyset - 55^0), & 55^0 \leq \emptyset < 90^0 \end{cases}$$

$$\begin{aligned} L_{ori} &: 2.3 + 0.075(50^0 - 35^0) \\ L_{ori} &: 3.425 \text{ db} \end{aligned}$$

Ya tenemos todos los valores, así que reemplazamos y obtenemos el resultado.

$$\begin{aligned} L_{rts} &= -16.9 - 10\log(w) + 10\log(8fc) + 20\log(\Delta h_m) + L_{ori} \\ L_{rts} &= -16.9 - 10\log(16) + 10\log(1200) + 20\log(23.3) + 3.425 \\ L_{rts} &= 32.6227 \text{ dB} \end{aligned}$$

Para  $L_{msd}$  se tiene la siguiente ecuación:

$$L_{msd} = Lh_{te} + K_a + K_d \log(d) + K_f \log(f_c) - 9\log(b)$$

Para hallar  $Lh_{te}$  traemos las condiciones y aplicamos la primera ya que  $h_{te}$  es mayor que  $h_{roof}$

$$Lh_{te} = \begin{cases} -18\log(1 + \Delta h_{te}), & h_{te} > h_{roof} \\ 0, & h_{te} \leq h_{roof} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} h_{te} &: 45 \text{ m} \text{ y } h_{roof}: 25 \text{ m} \\ \Delta h_{te} &: h_{te} - h_{roof} \\ \Delta h_{te} &: 20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Lh_{te} &: 18\log(1 + \Delta h_{te}) \\ Lh_{te} &: 18\log(1 + 20) \end{aligned}$$

$$L_{h_{te}}: -23.79994731$$

Ahora para hallar el  $K_a$  traemos las condiciones y aplicamos la primera ya que  $h_{te}$  es mayor que el  $h_{roof}$

$$h_{te}: 45m \text{ y } h_{roof}: 25m$$

$$K_a = \begin{cases} 54 & h_{te} > h_{roof} \\ 5 - 0.8\Delta h_{te} & d \geq 0.5 \text{ Km and } h_{te} \leq h_{roof} \\ 54 - 1.6\Delta h_{te} & d < 0.5 \text{ Km and } h_{te} \leq h_{roof} \end{cases}$$

Para  $K_d$  se traen las condiciones y se aplica la primera:

$$h_{te}: 45m \text{ y } h_{roof}: 25m$$

$$K_d = \begin{cases} 18, & h_{te} > h_{roof} \\ 18 - \frac{15\Delta h_{te}}{h_{roof}}, & h_{te} \leq h_{roof} \end{cases}$$

El  $K_f$  se debe tener en cuenta el tipo de zona que en este caso nos dice que es urbano, aplicamos la condición y obtenemos:

$$K_f = \begin{cases} -4 + 0.7 \left( \frac{f_c}{925} - 1 \right), & \text{Suburbano} \\ -4 + 1.5 \left( \frac{f_c}{925} - 1 \right), & \text{Urbano} \end{cases}$$

$$K_f: -4 + 1.5 \left( \frac{1200}{925} - 1 \right)$$

$$K_f: -3.554054054$$

Ya conocemos todos los valores para: las perdidas por difracción de múltiples esquinas de los techos de los edificios, podemos reemplazar y hallar el siguiente valor:

$$\begin{aligned} L_{msd} &= L_{h_{te}} + K_a + K_d \log(d) + K_f \log(f_c) - 9 \log(b) \\ L_{msd} &= -23.7999 + 54 + 18 \log(1) + (-3.5540) \log(1200) - 9 \log(24) \\ L_{msd} &= 6.834788676 \text{ dB} \end{aligned}$$

Finalmente, ya tenemos los valores. Así que reemplazamos y hallamos las perdidas según el modelo.

$$\begin{aligned} L_b &= L_o + L_{rts} + L_{msd} \\ L_b &= 93.98362492 + 32.6222 + 6.8347 \end{aligned}$$

$$L_b = 133.4406867 \text{ dB}$$

Para ingresar al **Modelo Cost 231 – Hata**, se da click sobre este, donde se encuentra un video explicativo se puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este. Se observa de la siguiente manera:

**Figura 19**

Vista Modelo II. Cost 231 – Hata en seAmpE



La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

### Modelo COST 231 – Hata

Este modelo desarrollado por la Cooperativa Europea para Investigación Científica y Técnica (COST), para utilizar y mejorar los resultados de las tablas y las curvas obtenidas por Okumura en el rango de frecuencias entre 150MHz y 2000MHz con el fin de implementar el sistema GSM1800 en Europa, de allí surge el nombre de COST-231 Hata.

Algunas de las características representativas de este modelo son:

Frecuencia: 150MHz – 2000MHz

Altura de la antena estación base (hb): 30 – 200 metros.

Altura de la antena estación móvil (hm): 1 – 10 metros.

La distancia entre la estación base y la móvil: 1 – 20 Kilómetros.

Para hallar las pérdidas en un ambiente urbano se emplea la siguiente ecuación:

$$P_{Lo(urbano)} = 46.3 + 33.9 \log_{10}(f) - 13.82 \log_{10}(h_b) - (ah_m) \\ - (44.9 - 6.55 \log_{10} h_b) \log_{10} d + C_f$$

Donde:

$P_L$  = Son las pérdidas y se expresa en dB

$h_b$  = Altura de la antena de la estación base (m)

$f$  = Frecuencia de operación del sistema a estudiar en MHz

$h_m$  = Altura de la antena de la estación móvil (m)

$C_f$  = Factor de corrección para tomar en cuenta el ambiente de propagación

Donde se tiene en cuenta la siguiente tabla:

|           |   |
|-----------|---|
| $C_f = 0$ | Para ciudad media y zonas suburbanas con una densidad de árboles moderada |
| $C_f = 3$ | Para centros metropolitanos   |

$a(h_m)$  = Factor de corrección de la altura de la antena de la estación móvil en db

Se establece una división del factor de corrección de la altura de la antena de la estación móvil  $a(h_m)$  cuando se caracteriza el ambiente bajo las siguientes condiciones:

- ✓ Para ciudades pequeñas o medianas

$$a(h_m) = (1.1 \log f - 0.7)h_m - (1.56 \log f - 0.8) \quad dB$$

$h_m$  toma Valores entre: 1m – 10m

- ✓ Para ciudades grandes

$$a(h_m) = 3.2(\log 11.75 h_m)^2 - 4.97 \quad dB$$

En el caso de las zonas:

- Para zonas suburbanas:

$$P_{l(sub)} = P_{Lo(urbana)} - 2\left(\log \frac{fc}{28}\right)^2 - 5.4$$

- Para zonas abiertas:

$$P_{l(abi)} = P_{Lo(urbana)} - 4.78(\log fc)^2 + 18.33 \log fc - 40.94$$

Acabamos de ver las ecuaciones que hacen parte de este modelo, pero para darle uso se aplica el siguiente ejemplo.

Dice, que teniendo en cuenta los datos se deben hallar las pérdidas por trayecto.

Donde, se debe aplicar el modelo explicado anteriormente COST – 231 Hata.

Observando los datos:

$f: 1000 \text{ Mhz}$

$d: 15 \text{ Km}$

$h_b$ (Altura estación base): 100m

$h_m$ (Altura estación móvil): 5m  
 Zona: Suburbana  
 $c_f$ : 0  
 Ciudades pequeñas o medianas

Si analizamos los datos, todos cumplen con las características del modelo. De este modo procedemos a resolver. Entonces, lo primero que se hace es resolver la fórmula:

$$P_{Lo(urbano)} = 46.3 + 33.9 \log_{10}(f) - 13.82 \log_{10}(h_b) - (ah_m) \\ - (44.9 - 6.55 \log_{10} h_b) \log_{10} d + c_f$$

Donde, el único valor que no conocemos es el factor de corrección de la altura de la antena de la estación móvil los demás fueron dados en el ejercicio. Si recordamos, para hallar este valor debemos mirar el tipo de zona en la que se va a trabajar, el ejercicio nos dice que la ciudad era pequeña o mediana, para lo cual, traemos la ecuación que pertenece a este tipo de característica, que sería esta:

$$a(h_m) = (1.1 \log f - 0.7)h_m - (1.56 \log f - 0.8) \quad dB$$

Ahora, procedemos a reemplazar los valores de la frecuencia y la altura de la estación móvil.

$$a(h_m) = (1.1 \log(1200) - 0.7) * 5 - (1.56 \log(1000) - 0.8)$$

Esto nos da como resultado:

$$a(h_m) = 9.12 \text{ dB}$$

Ese resultado es el valor de corrección de la altura de antena de la estación móvil que nos hacía falta en la formula anterior.

Se procede a reemplazar el valor hallado, como se muestra a continuación:

$$P_{Lo(urbano)} = 46.3 + 33.9 \log_{10}(1000) - 13.82 \log_{10}(100) - (9.12) \\ - (44.9 - 6.55 \log_{10}(100)) \log_{10}(15) + 0$$

Se realiza el cálculo y de esta manera nos da el siguiente resultado:

$$P_{Lo(urbano)} = 73.84029796 \text{ dB}$$

Ya tenemos las perdidas en un ambiente urbano, pero debemos recordar que el ejercicio nos da un tipo de zona suburbana, para lo cual se trae la ecuación:

- Para zonas suburbanas

$$P_{l(sub)} = P_{Lo(urbana)} - 2 \left( \log \frac{fc}{28} \right)^2 - 5.4$$

Para este tipo de zona, donde el valor de  $P_{Lo(urbana)}$  es el valor hallado anteriormente. De esta manera, se realiza el reemplazo de datos, y así tendríamos el valor de las perdidas por trayecto. De esta manera finalizaría el ejemplo.

Para ingresar al **Modelo ITU – Recomendación P. 1546-5**, se da click sobre este, donde se encuentra un video explicativo se puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este. Se observa de la siguiente manera:

**Figura 20**

Vista Modelo III. ITU-Recomendación P.1546-5 en seAmpE



La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

## Modelos ITU-Recomendación.P.1546-5

Debido a la complejidad de los fenómenos ambientales y características de los equipos de radio transmisión a menudo es difícil seleccionar el mejor modelo para una aplicación, sin embargo, las recomendaciones elaboradas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones, son una buena fuente de referencia en esta situación porque, resume algunos procedimientos recomendados.

Una de estas recomendaciones en el estudio del espectro y la propagación es la Recomendación ITU- P.1546- 5. que se pueden obtener en el siguiente link: <http://www.itu.int/ITU-R/>.

De esta manera, en este video se trata de resumir esta recomendación cabe mencionar que es una recomendación extensa, por lo que solo en este caso se tomaran algunas características

- El modelo es útil para alcances mayores de hasta: 1000 kilómetros.
- Se basa, en serie de curvas o tablas originadas a partir de mediciones que permiten hacer predicciones para macro células de área amplia para aplicaciones de radiodifusión y de acceso inalámbrico.
- Se basa en la interpolación y extrapolación de las curvas de intensidad de campo eléctrico.
- Banda de frecuencias de 30 MHz a 3000 MHz
- Distancias entre el transmisor y el receptor de: 1 a 1000 Kilómetros.

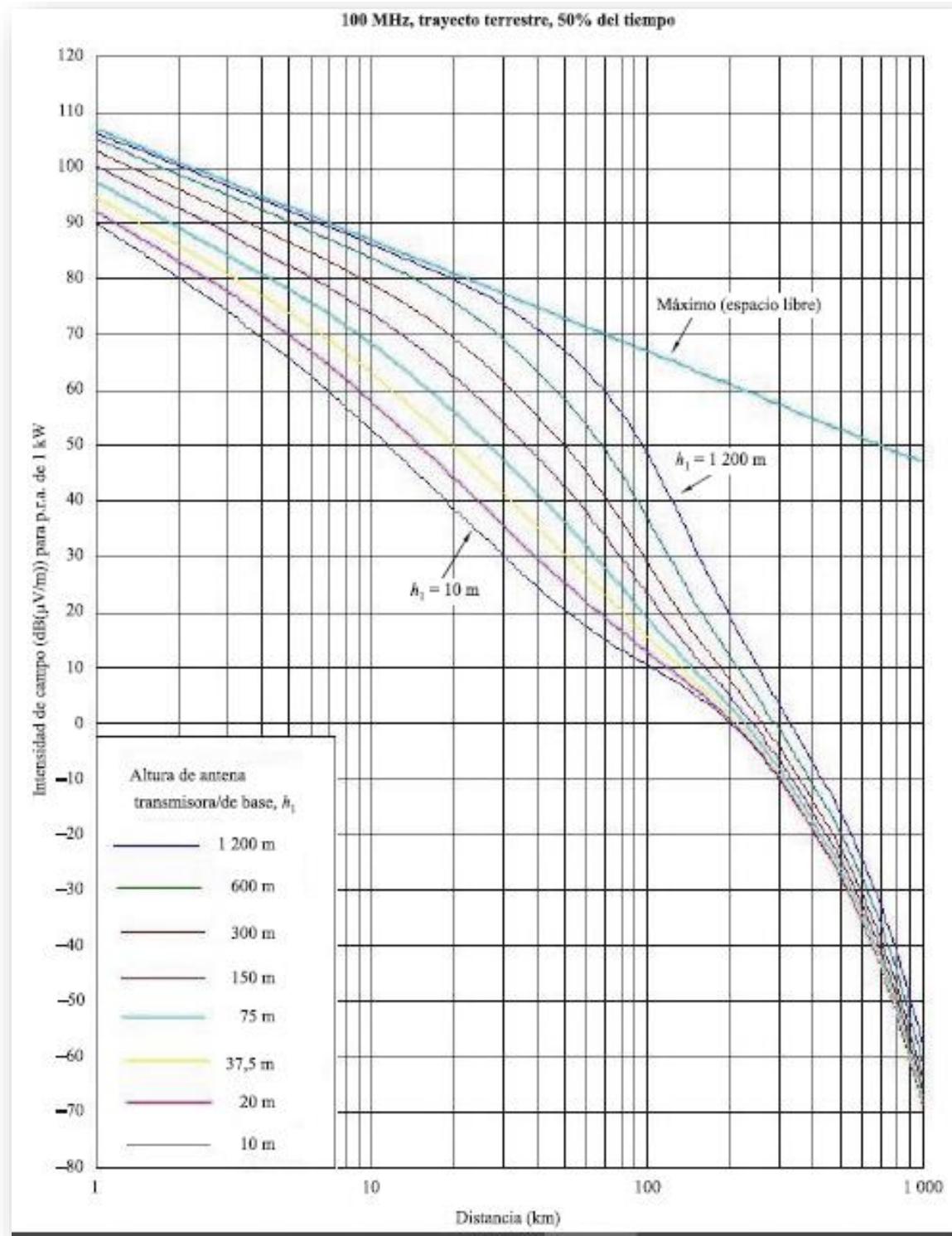
Este video, se enfocará en la gama de frecuencias de los: 30 a 300 MHz.

Las curvas de intensidad de campo, en función de la distancia que se mostraran corresponden a una frecuencia de: 100 MHz.

Representa los valores de intensidad de campo rebasados en el 50% de las ubicaciones dentro de un área de aproximadamente 500 por 500 metros, durante el 50% del trabajo en un trayecto terrestre.

**Figura 21**

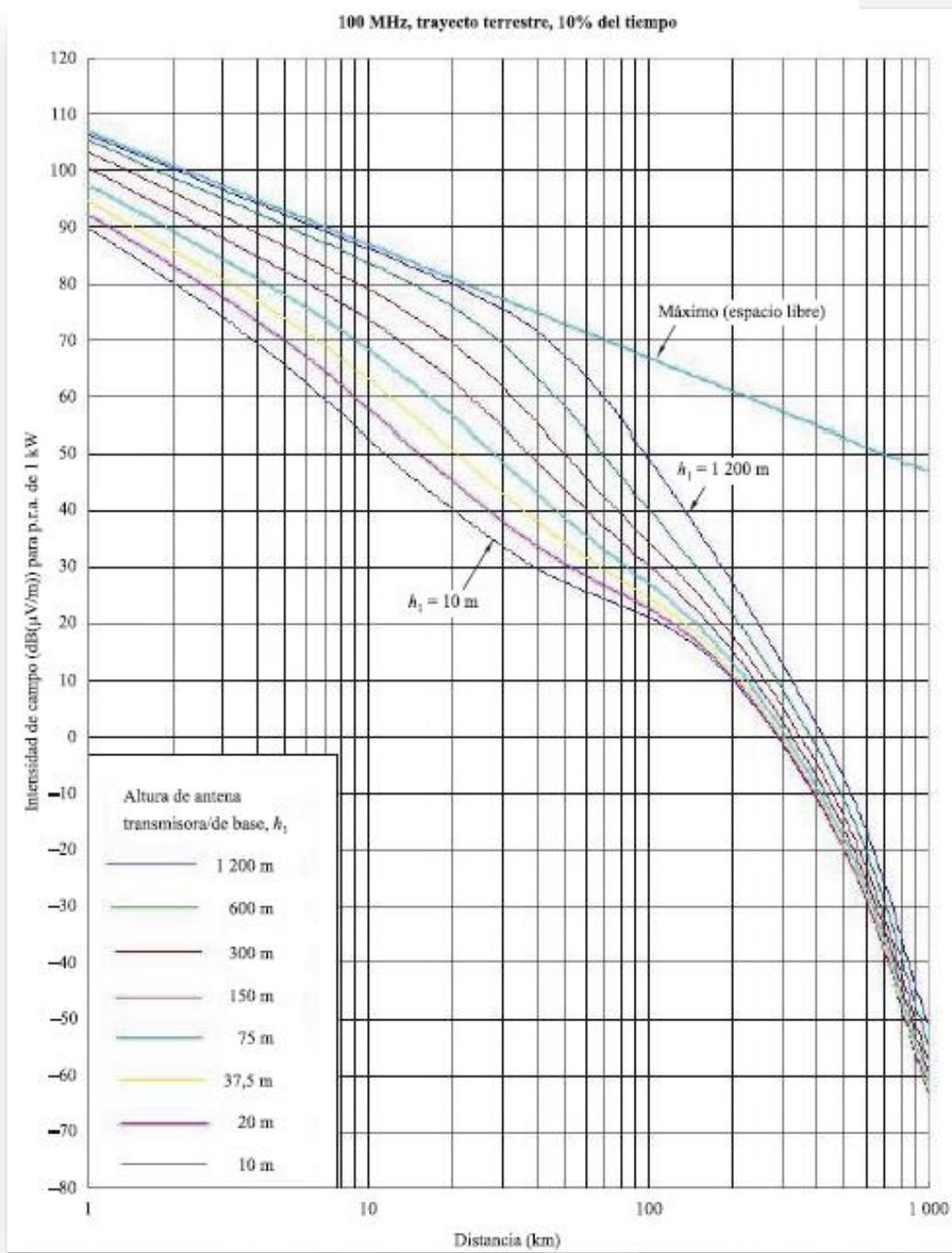
Curvas de Intensidad para un Trayecto Terrestre a un 50% del Tiempo.



En la siguiente imagen, la curva para un trabajo del 10% en un ambiente terrestre, las indicaciones de la gráfica son las mismas que mencione anteriormente altura de la antena transmisora, intensidad de campo y distancia.

**Figura 22**

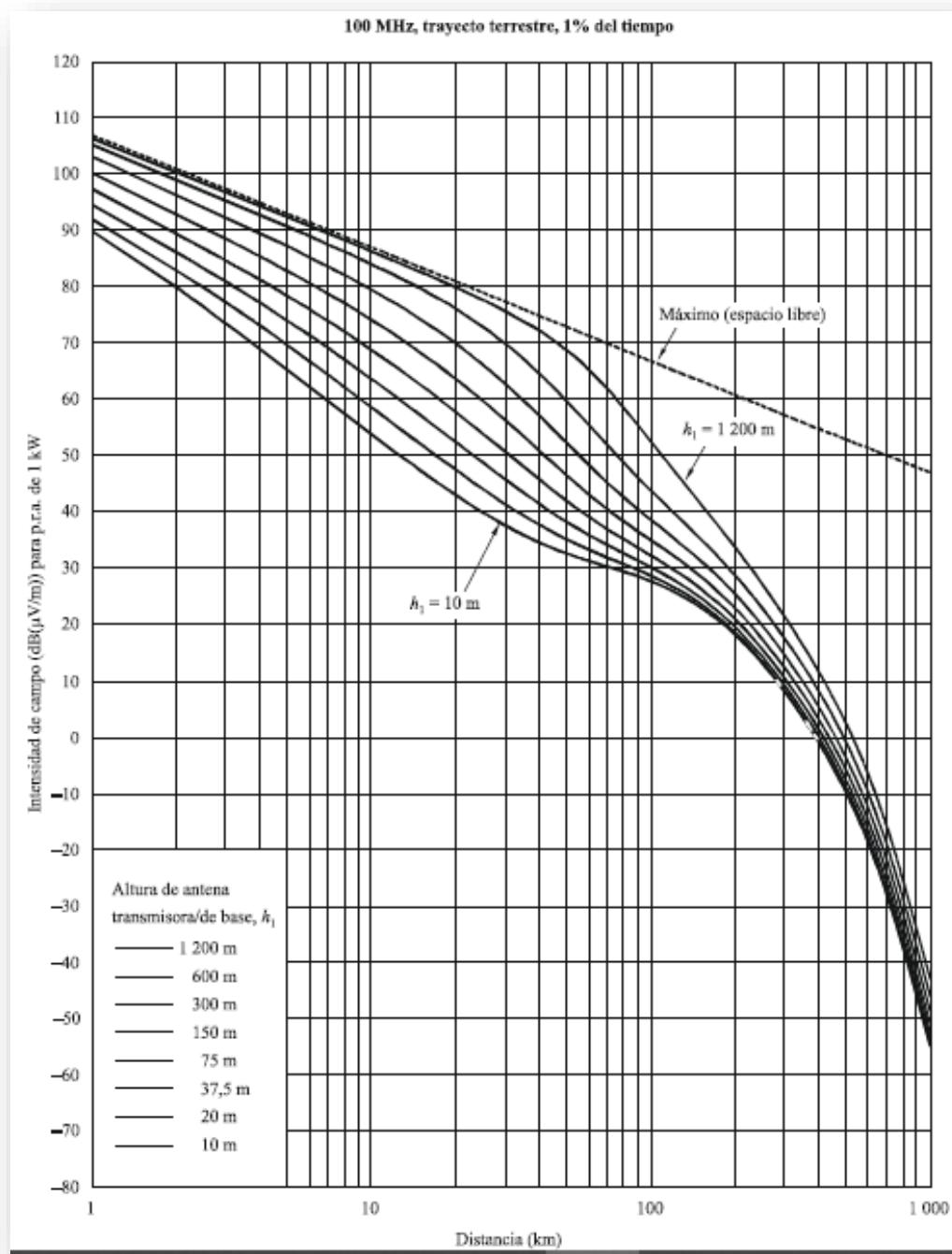
Curvas de Intensidad para un Trayecto Terrestre a un 10% del Tiempo.



En esta gráfica, se tiene para un trayecto terrestre, al igual que las anteriores, pero para un trabajo del 1%.

**Figura 23**

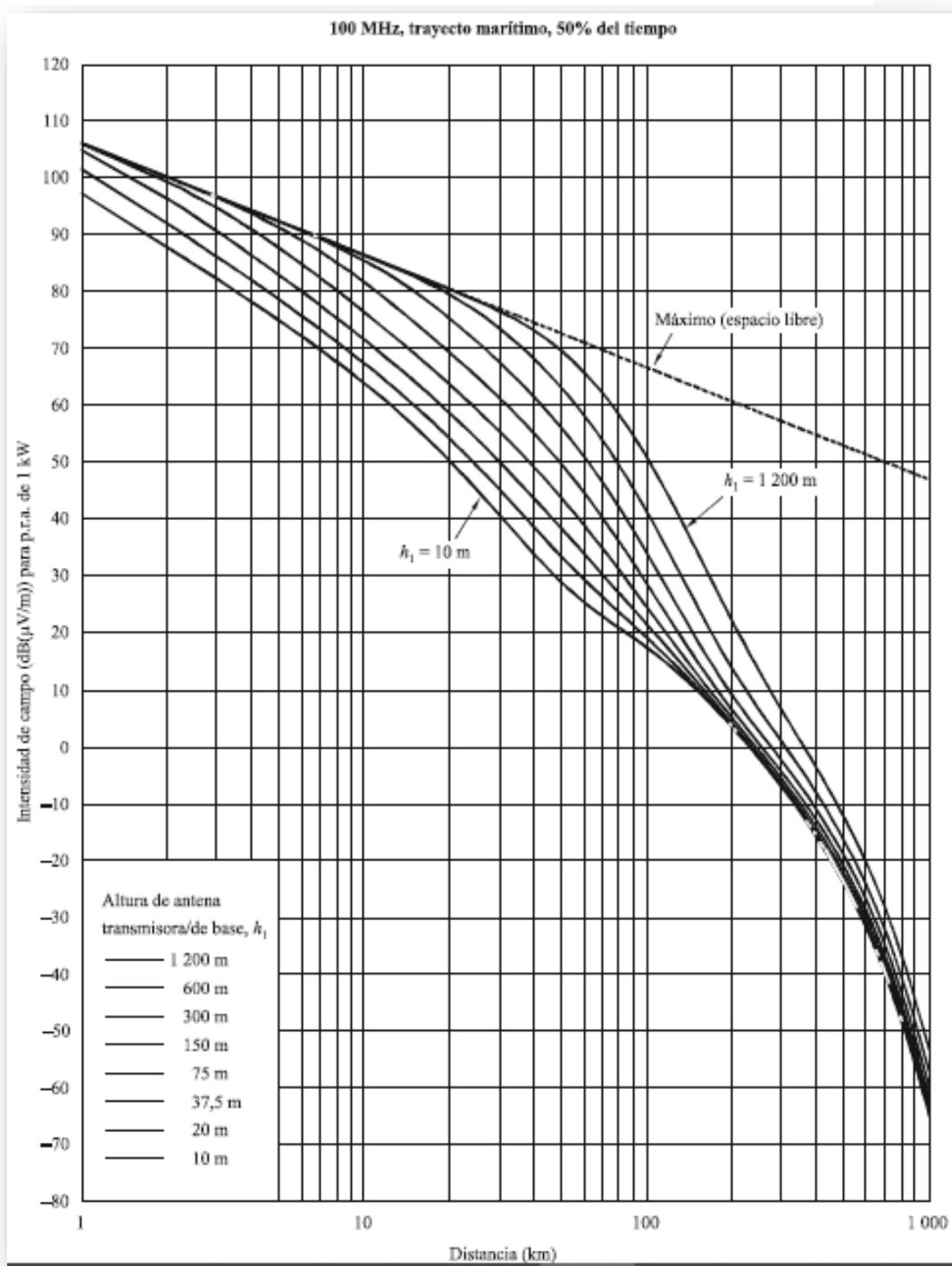
*Curvas de Intensidad para un Trayecto Terrestre a un 1% del Tiempo.*



Seguimos, con esta gráfica, que va a trabajar en este caso para un trayecto marítimo, con un 50% de trabajo.

**Figura 24**

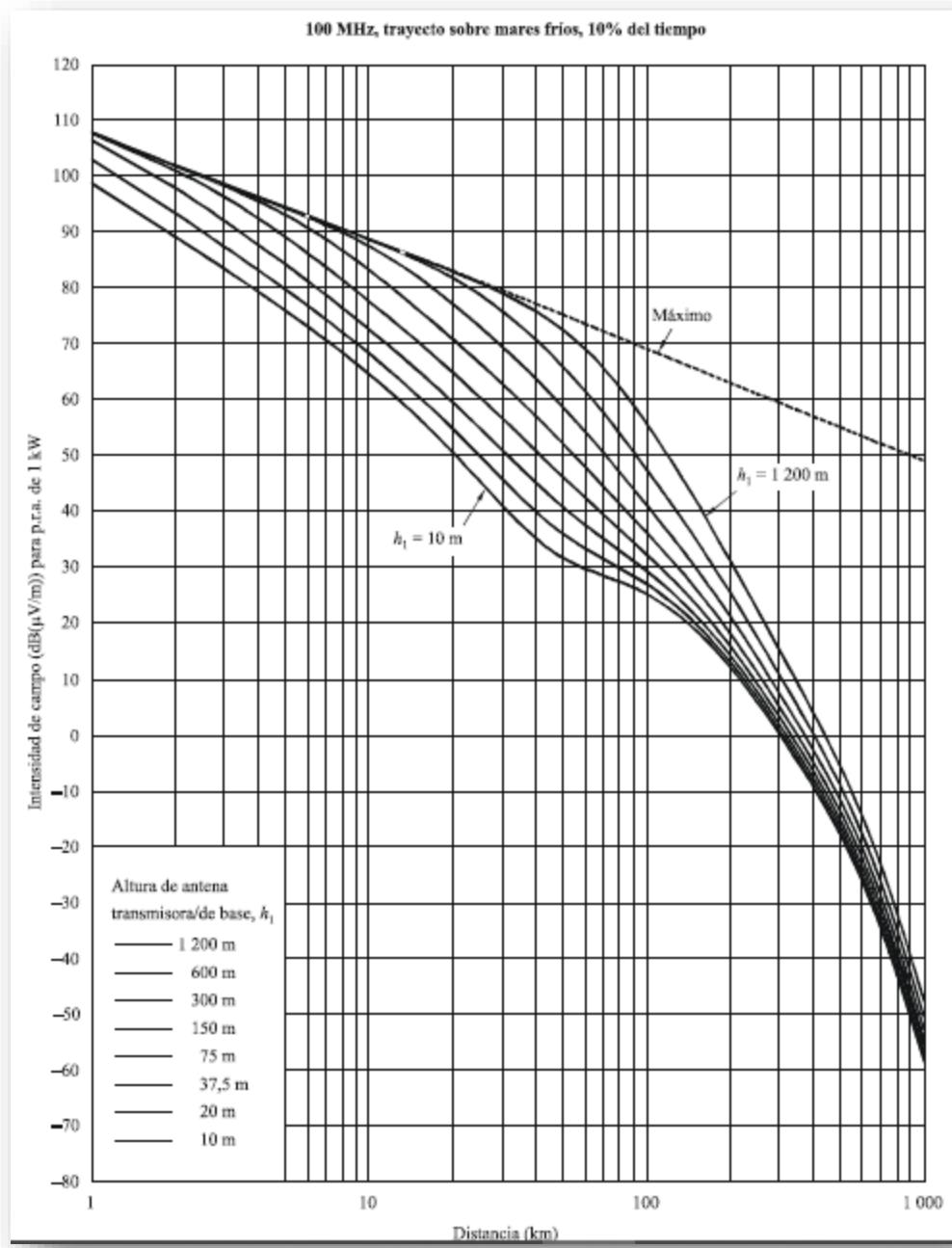
*Curvas de Intensidad para un Trayecto Marítimo a un 50% del Tiempo.*



En esta, se tiene un trayecto sobre mares fríos, pero para un 10% de trabajo.

**Figura 25**

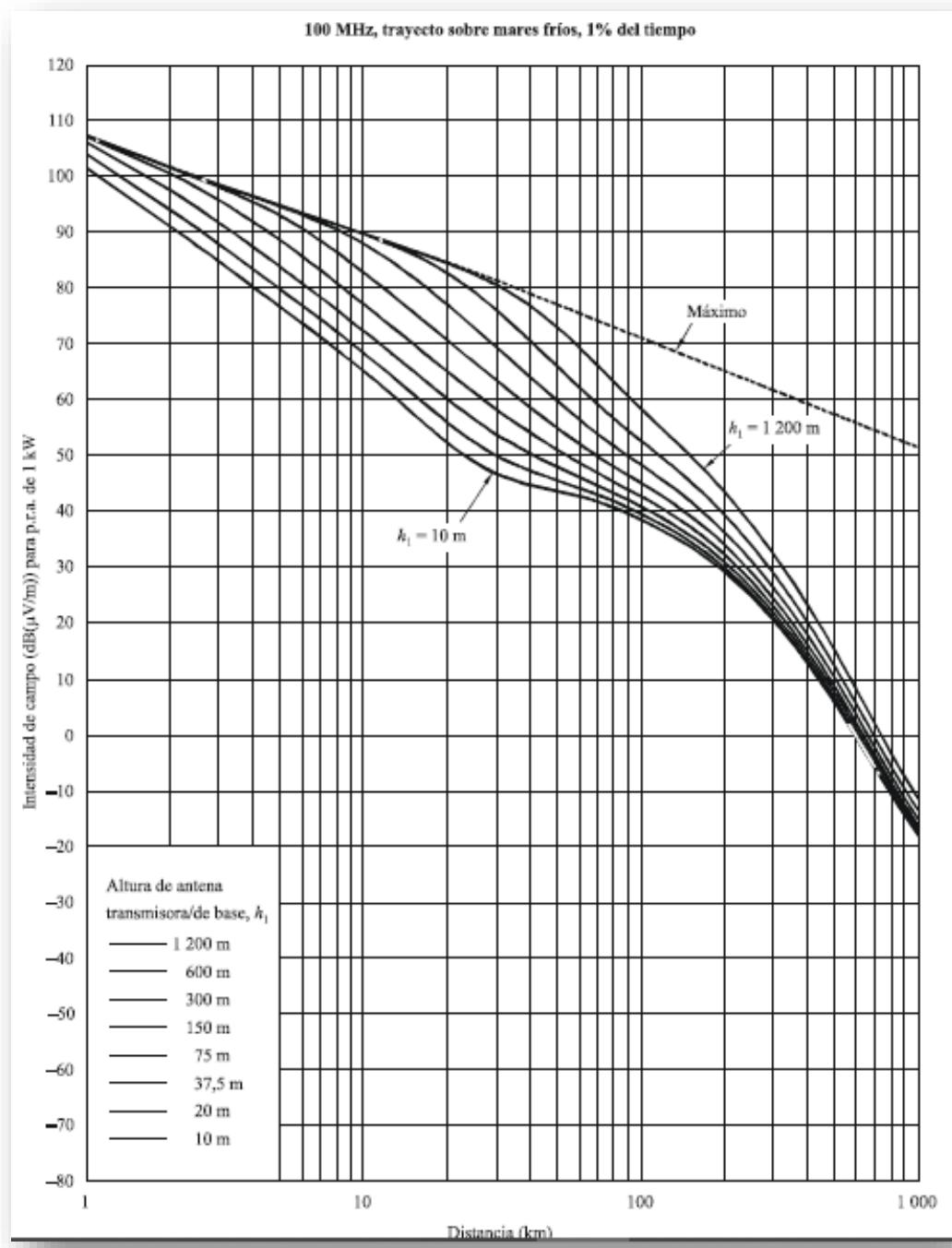
*Curvas de Intensidad para un Trayecto sobre Mares Fríos a un 10% del Tiempo.*



Y esta de acá, va ser para los mares fríos, pero en un 1% de trabajo.

**Figura 26**

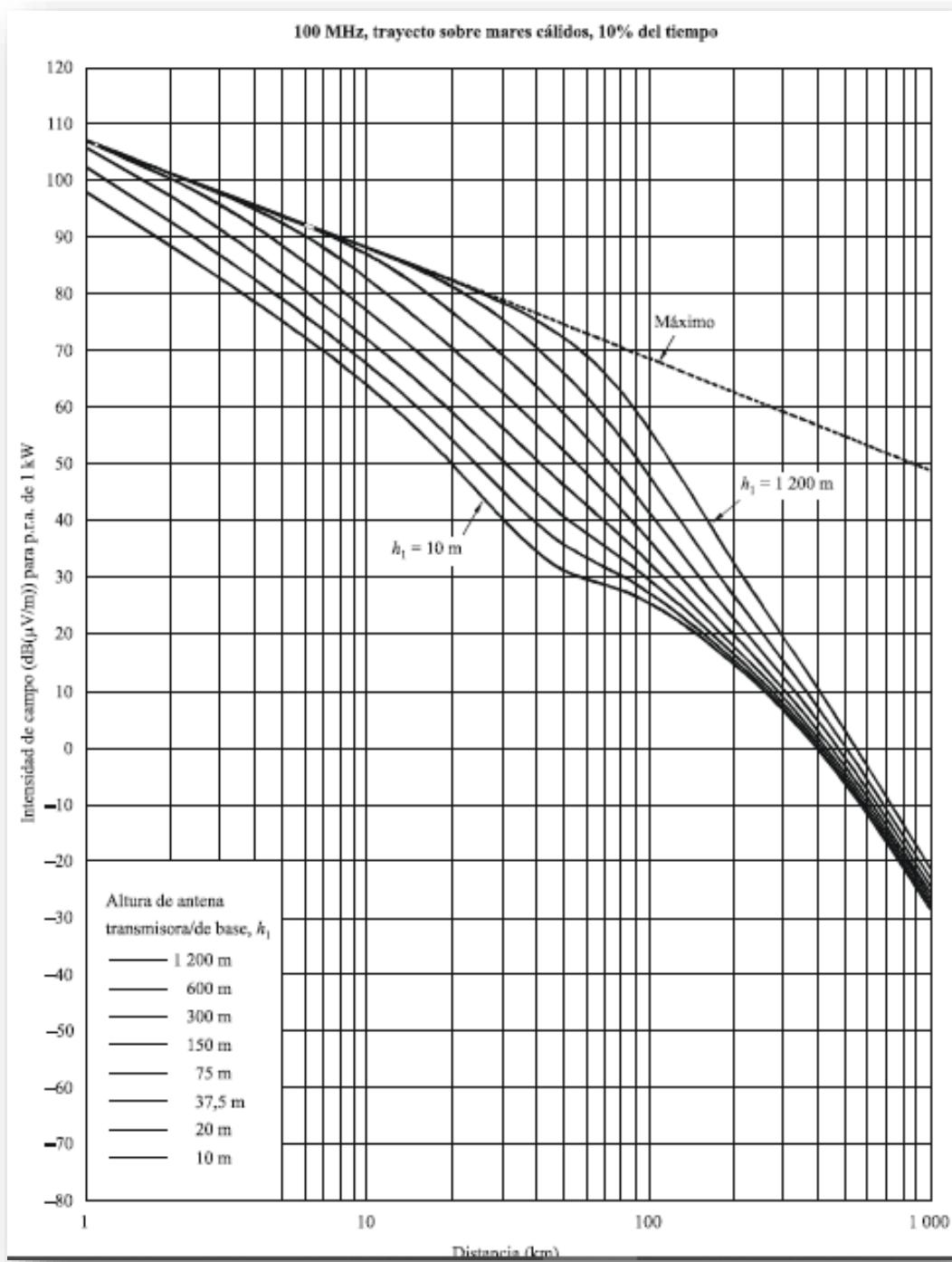
Curvas de Intensidad para un Trayecto sobre Mares Fríos a un 1% del Tiempo.



En cuanto a mares cálidos se tiene esta para un 10% del trabajo.

**Figura 27**

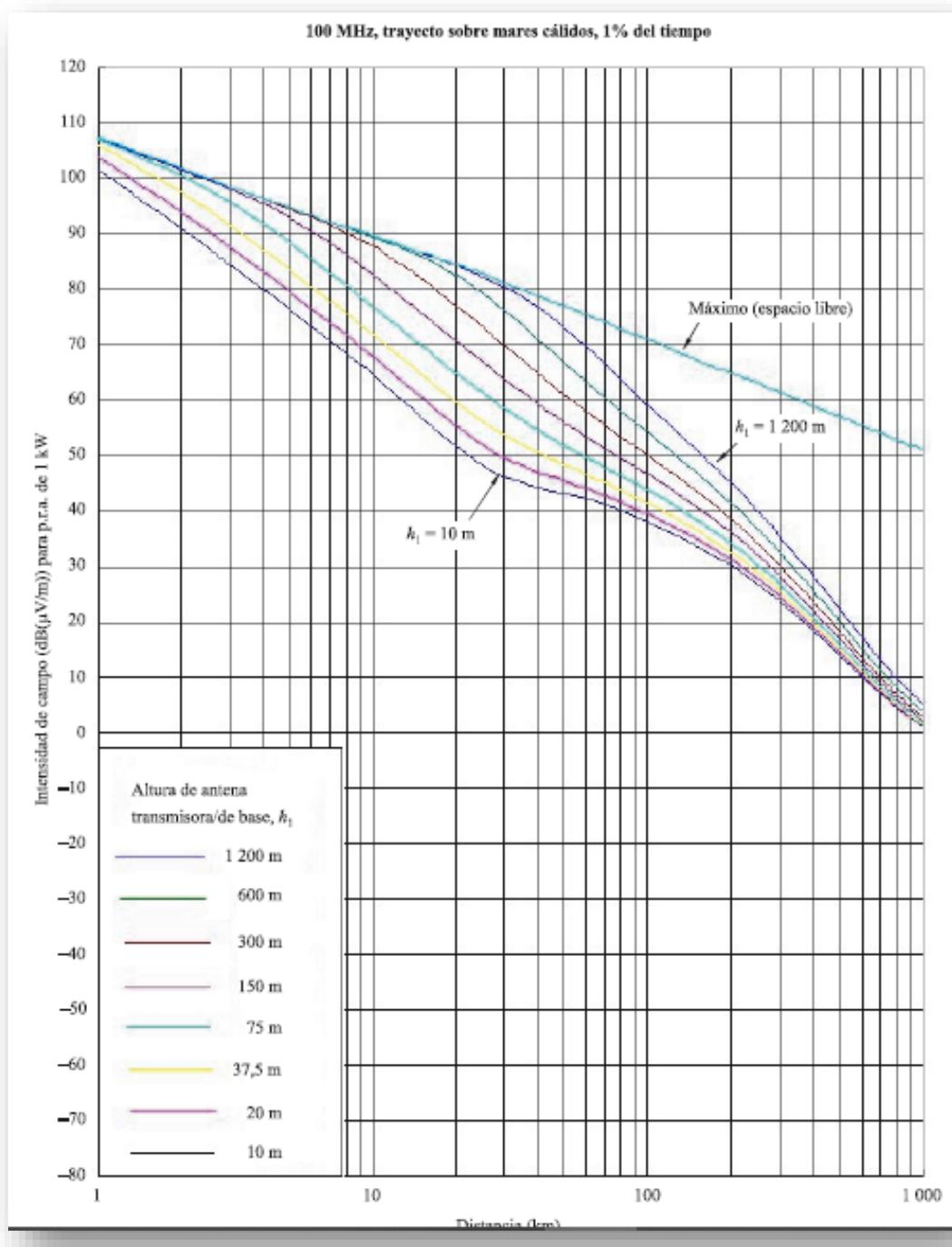
*Curvas de Intensidad para un Trayecto sobre Mares Cálidos a un 10% del Tiempo.*



Y esta otra, para un 1% del trabajo.

**Figura 28**

*Curvas de Intensidad para un Trayecto sobre Mares Cálidos a un 1% del Tiempo.*



Nota: Como mencionaba anteriormente, en este caso solo se mostraron las curvaturas para una gama de: los 30 a 300 MHz.

Recordando que también existe la recomendación para gamas de los 300 a 1000MHz. Y gamas de frecuencia de 1000 a 3000 MHz.

Para trayectos terrestres, marítimos entre otros. Para obtener una mayor información ir directamente a la página web de las ITU- Recomendación, y buscar esta recomendación: ITU, - R. P. 1546-5.

Ahora, para hallar los valores máximos de la intensidad de campo. Donde, esta no debe rebasar un valor máximo de una E máxima, está dada por la siguiente formula.

$$E_{\max} = E_{fs} \quad dB(\mu V/m) \quad \text{Para trayectos terrestres}$$
$$E_{\max} = E_{fs} + E_{se} \quad dB(\mu V/m) \quad \text{Para trayectos marítimos}$$

Donde  $E_{se}$  es una corrección de mejora para curvas de trayectos marítimos dada por:

$$E_{se} = 2,38\{1 - \exp(-d/8,49)\} \log(50/t) \quad dB$$

Donde:

$d$  = distancia (Km)

$t$  = porcentaje de tiempo

Para determinar la altura de la antena transmisora de base,  $h_1$

La altura de la antena transmisora de base  $h_1$  que se ha de utilizar en el cálculo depende del tipo y la longitud del trayecto. Entonces, para trayectos terrestres la altura efectiva de esta antena transmisora de base se define la altura en metros, por encima del nivel medio del terreno, para distancias correspondidas entre: 3 y 15 kilómetros.

Cuando no se dispone información sobre el terreno para efectuar las predicciones de propagación, el valor de  $h_1$ , se calcula de acuerdo a la longitud del trayecto  $d$ .

Como se muestra aquí:

$$h_1 = h_a \quad m \quad \text{Para } d \leq 3 \text{ Km}$$
$$h_1 = h_a + (h_{eff} - h_a)(d-3)/12 \quad m \quad \text{para } 3 \text{ Km} < d < 15 \text{ km}$$

Donde:  $h_a$  es la altura sobre el suelo.

También, se puede conseguir información de la altura de la antena transmisora si se tiene información sobre el terreno.

Si los trayectos terrestres son: 15 kilómetros o superiores, se debe estudiar la recomendación ITU de este modelo.

Entonces:

$$L(\text{dB}) = 139,3 - E + 20\log f$$

Donde E está dado en dBµ V/m y la frecuencia en MHz

Cuando no se tiene el campo eléctrico, se puede hallar mediante las gráficas de curvatura mostradas anteriormente, en el caso de esta explicación la recomendación ITU R-P y también haciendo base en diferentes artículos investigativos para la aplicación de la gama de frecuencias utilizadas en este video, se puede aplicar la siguiente formula.

$$E = 106,9 - 20\log(d_{\text{slope}})$$

Donde, el valor  $d_{\text{slope}}$  se halla de esta manera:

$$d_{\text{slope}} = \sqrt{d^2 + 10^{-6}(h_t - h_r)^2}$$

$h_t$  = Altura de la antena transmisora

$h_r$  = Altura de la antena receptora

Ahora, se aplicará un Ejemplo:

Teniendo solamente en cuenta las características habladas en este video, se tienen los siguientes datos:

Una frecuencia de: 300 MHz.

Una distancia de: 100 Kilómetros.

Una altura de la antena receptora de: 3 metros.

Una altura de la antena Transmisora de: 5 metros.

Un porcentaje de trabajo: 50%.

Un trayecto terrestre.

Nos piden hallar las pérdidas de propagación, dando uso de la Recomendación ITU.

P. 1546 - 5

Si observamos, los datos suministrados cumplen con las características expuestas en este video, para lo cual podemos aplicar la fórmula de las pérdidas por trayectoria que sería la siguiente:

$$L(\text{dB}) = 139,3 - E + 20\log f$$

Donde E está dado en dBµ V/m y la frecuencia en MHz.

Pero, en este caso no tenemos el valor del campo eléctrico, para lo cual debemos aplicar la siguiente formula de campo eléctrico:

$$E = 106,9 - 20\log(d_{\text{slope}})$$

En esta fórmula de campo eléctrico, el valor  $d_{\text{slope}}$  es una distancia, y se halla con la siguiente ecuación:

$$d_{\text{slope}} = \sqrt{d^2 + 10^{-6}(h_t - h_r)^2}$$

$h_t$  = Altura de la antena transmisora

$h_r$  = Altura de la antena receptora

De este modo, reemplazamos el valor de la distancia entre el transmisor y receptor, también, las alturas de las antenas de transmisión y recepción.

Y nos da el siguiente resultado:

$$d_{slope} = \sqrt{100^2 + 10^{-6}(5-3)^2}$$
$$d_{slope:100m}$$

Ese resultado, lo llevamos y reemplazamos en la fórmula del campo eléctrico, y obtenemos lo siguiente:

$$E = 106,9 - 20\log(d_{slope})$$
$$E = 106,9 - 20\log(100)$$
$$E = 66.9 \text{ db } (\mu V/m)$$

El cual, será llevado a la formula principal de las perdidas por trayecto, reemplazamos valores hallados, y así tenemos el valor de estas pérdidas por trayecto:

$$L_b = 139,3 - E + 20\log(f)$$
$$L_b = 139,3 - 66.9 + 20\log(300)$$
$$L_b = 121.9424 \text{ dB}$$

De este modo aplicaríamos esta recomendación. Nuevamente recordar, que depende de los datos del problema, si no, llegase a cumplir con los expuestos en este video ir a la recomendación: ITU P.1546-5, y examinar los demás anexos.

Para ingresar al **Modelo Erceg C o SUI**, se da click sobre este, donde se encuentra un video explicativo se puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este. Se observa de la siguiente manera:

**Figura 29**

Vista Modelo IV. Erceg C o SUI en seAmpE



La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

### **Modelo Erceg C o SUI:**

Te cuento que un grupo de WiMax 802.16, del IEEE. Junto con la Universidad de Stanford hicieron una investigación extensa para desarrollar un modelo para entornos suburbanos.

Donde se halló, un modelo de perdida de propagación. SUI. La metodología utilizada en este modelo, se basa en una base de datos experimentales recopilados por AT&T Wireless Services en los Estados Unidos, para más de 90 macro celdas que trabajan en la frecuencia de: 1.9 GHz, la principal fuente de información se obtuvo de New Jersey Chicago Atlanta y Dallas, es aplicable a sistemas sin línea de vista para equipos terminales ubicados en las azoteas, ventanales, y techos.

También, se establecieron 3 tipos de escenarios del estudio geográfico.  
Como se muestra en la siguiente tabla:

| Parámetro del modelo | TERRENO A | TERRENO B | TERRENO C |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| A                    | 4.6       | 4.0       | 3.6       |
| B                    | 0.0075    | 0.0065    | 0.005     |
| C                    | 12.6      | 17.1      | 20        |
| S                    | 10.6      | 9.6       | 8.2       |
| H                    | 10.8      | 10.8      | 20        |

Se observa un terreno A, B y C, en el cual, cada uno tiene su respectiva descripción de aplicabilidad.

Ahora, se tienen unas características para este tipo de modelo:

- El tamaño de las celdas es menor de 10 kilómetros.
- La altura de la antena de receptor es de 2 a 10 metros.
- La altura de antena de la estación base va de 10 a 80 metros.

La fórmula para hallar las pérdidas por trayectoria, de este modelo es la siguiente.  
Donde:

$$Lb = A + 10Y \log_{10} \left( \frac{d}{d_0} \right) + X_f + X_h + S$$

*Lb*: pérdidas básicas del trayecto

*A*: Perdidas en el espacio libre

*Y*: Exponentes de pérdidas

*d*: Distancia en metros entre la estación base (BS) y la estación móvil(MS)

*d<sub>0</sub>*: Distancia de referencia (100m)

*X<sub>f</sub>*: Factor de corrección para frecuencia

*X<sub>h</sub>*: Factor de corrección para la altura de la antena del receptor

*S*: Efecto de sombreado

De ese modo, para hallar el valor de las perdidas en el espacio libre se aplica la siguiente ecuación.

Donde:

$$A = 20 \log_{10} \left( \frac{4\pi d_0 f}{c} \right)$$

*d<sub>0</sub>*: Es la distancia de referencia que equivale a: 100 metros.

*f*: Es la frecuencia, de operación del sistema.

*c*: la velocidad de la luz.

Ahora, para hallar el exponente de pérdidas se aplica la siguiente ecuación:

$$Y = a - b h_b \left( \frac{c}{h_b} \right)$$

Donde, se va a tener en cuenta la siguiente tabla:

| Parámetro del modelo | TERRENO A | TERRENO B | TERRENO C |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| A                    | 4.6       | 4.0       | 3.6       |
| B                    | 0.0075    | 0.0065    | 0.005     |
| C                    | 12.6      | 17.1      | 20        |
| S                    | 10.6      | 9.6       | 8.2       |
| H                    | 10.8      | 10.8      | 20        |

Contiene parámetros del modelo de acuerdo al tipo de terreno que se vaya a estudiar. Para hallar el factor de corrección para la frecuencia, se aplica la siguiente ecuación:

$$X_f = 6 \log_{10} \left( \frac{f}{2000} \right)$$

Donde, f es la frecuencia de operación del sistema.

Para hallar el valor de corrección y para la altura de la antena del receptor, se aplica la ecuación:

$$X_h = H \log_{10} \left( \frac{hr}{2000} \right)$$

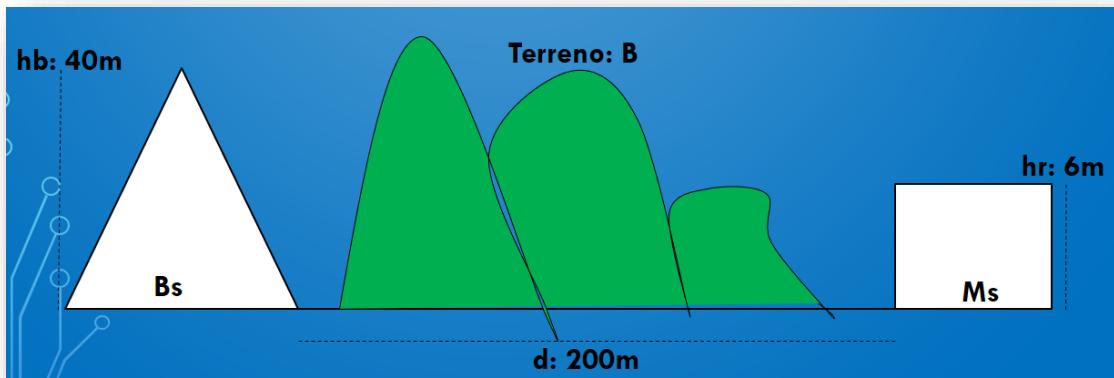
Donde, H se halla mediante la siguiente tabla, teniendo en cuenta el tipo de terreno.

| Parámetro del modelo | TERRENO A | TERRENO B | TERRENO C |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| A                    | 4.6       | 4.0       | 3.6       |
| B                    | 0.0075    | 0.0065    | 0.005     |
| C                    | 12.6      | 17.1      | 20        |
| S                    | 10.6      | 9.6       | 8.2       |
| H                    | 10.8      | 10.8      | 20        |

Y, hr es la altura de la antena receptora. Y finalmente, para hallar el efecto sombreado, se observa la tabla y se extrae el valor según las condiciones del problema.

Ahora, se aplicará un ejemplo. En el siguiente esquema, problemático aplique el modelo Erceg C, o SUI.

Nota: Utilice un terreno tipo B, y halle el factor de pérdidas, en el trayecto.



Primero sacamos los datos:

La Frecuencia de: 2000 MHz.

Altura Base de: 40 metros.

Altura Receptor de: 6 metros.

Una distancia de: 200 metros.

Y, la distancia de referencia de: 100 metros.

Verifico que los datos, cumplen con las características del modelo de esta manera aplico la fórmula de pérdidas en el trayecto que es la siguiente:

$$L_b = A + 10Y\log_{10}\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_f + X_h + S$$

Lo primero que voy hallar, son las pérdidas de espacio libre. La cual es la siguiente:

$$A = 20\log_{10}\left(\frac{4\pi d_0 f}{c}\right)$$

De este modo, reemplazo los valores de los datos que conocemos como lo son la distancia de referencia, la frecuencia, y la velocidad de la luz:

$$A = 20\log_{10}\left(\frac{4\pi(100m)(2000)}{3 \times 10^8}\right)$$

De este modo el resultado sería el siguiente:

$$A = -41.5376 \text{ db}$$

Ahora se halla el exponente de perdidas, aplico la siguiente formula:

$$Y = a - bh_b \left(\frac{c}{h_b}\right)$$

Aquí debo utilizar la siguiente tabla, entonces, busco el parámetro a recuerdo que el ejercicio nos plantea un tipo de terreno B, este sería el valor de a. Para el parámetro b, y de acuerdo al tipo de terreno B este sería el valor de b. Para el parámetro c, y de acuerdo al tipo de terreno B este sería el valor de c.

| Parámetro del modelo | TERRENO A | TERRENO B | TERRENO C |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| a                    | 4.6       | 4.0       | 3.6       |
| b                    | 0.0075    | 0.0065    | 0.005     |
| c                    | 12.6      | 17.1      | 20        |
| s                    | 10.6      | 9.6       | 8.2       |
| H                    | 10.8      | 10.8      | 20        |

De este modo, reemplazo los parámetros a, b y c, en la ecuación y obtengo el siguiente resultado.

$$Y = 4.0 - 0.0065(40m) \left( \frac{17.1}{40m} \right)$$

$$Y = 3.8888 \text{ db}$$

Para hallar, el factor de corrección para la frecuencia aplico la siguiente formula:

$$X_f = 6 \log_{10} \left( \frac{f}{2000} \right)$$

Donde, reemplazo el valor de la frecuencia de operación en el sistema y de este modo obtengo el siguiente resultado:

$$X_f = 6 \log_{10} \left( \frac{2000}{2000} \right)$$

$$X_f = 0 \text{ db}$$

Ahora, para hallar el factor de corrección para la altura de la antena del receptor aplico la siguiente formula:

$$X_h = H \log_{10} \left( \frac{hr}{2000} \right)$$

Donde, para hallar el valor de H debo hacer uso de la tabla, de esta forma busco el parámetro del modelo que es H observo el tipo de terreno que es B, y así obtengo el valor:

| Parámetro del modelo | TERRENO A | TERRENO B | TERRENO C |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| a                    | 4.6       | 4.0       | 3.6       |
| b                    | 0.0075    | 0.0065    | 0.005     |
| c                    | 12.6      | 17.1      | 20        |
| s                    | 10.6      | 9.6       | 8.2       |
| H                    | 10.8      | 10.8      | 20        |

Así, que reemplazo el valor en la formula y me obtengo el siguiente resultado:

$$X_h = 10.8 \log_{10} \left( \frac{6m}{2000} \right)$$

$$X_h = -27.2470 \text{ db}$$

El último término de la ecuación principal por hallar es el efecto de sombreado. Para el cual hago uso de la tabla, entonces, ubico el parámetro del modelo y el tipo de terreno B, y obtengo el valor de este:

| Parámetro del modelo | TERRENO A | TERRENO B | TERRENO C |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| a                    | 4.6       | 4.0       | 3.6       |
| b                    | 0.0075    | 0.0065    | 0.005     |
| c                    | 12.6      | 17.1      | 20        |
| s                    | 10.6      | 9.6       | 8.2       |
| H                    | 10.8      | 10.8      | 20        |

Ahora, ya tengo todos los parámetros de la ecuación, de esta manera proceso a reemplazarlos y así hallar el valor de las pérdidas por trayecto de este modelo que sería la siguiente:

$$Lb = -41.5376 + 10(3.8888) \log_{10} \left( \frac{200}{100} \right) + 0 + (-27.2470) + 9.6$$

$$Lb = -47.4781 \text{ dB}$$

Para ingresar al **Modelo Okumura - Hata**, se da click sobre este, donde se encuentra un video explicativo se puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este. Se observa de la siguiente manera:

**Figura 30**

Vista Modelo V. Okumura Hata en seAmpE



La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

#### **Modelo Okumura - Hata:**

Este, es un método establecido por Masaharu hata en el año de 1980, que tomo como base los trabajos realizados de los resultados de las campañas de medidas realizadas por Yoshihisa Okumura, en la ciudad de Tokio en Japón, utiliza sistemas de ecuaciones para calcular las pérdidas de propagación en diferentes tipos de zonas (urbana, semi urbana y abierta o rural), es un referente para la planificación y dimensionamiento de enlaces de radio propagación.

La pérdida de propagación, para una zona urbana se da mediante la siguiente ecuación:

$$L = 69,55 + 26,16 \log f - 13,82 \log h_1 - a(h_2) + (44,9 - 6,55 \log h_1) \log d \quad (1)$$

La cual, para esta explicación será marcada con un: 1, para tenerla en cuenta más adelante. Donde, se tienen las siguientes características:

$f$  = Frecuencia de operación, valida entre 150Mhz y 1500MHz

$d$  = Distancia entre transmisor y receptor, entre 1Km y 20 Km

$h_1$  = Altura efectiva de la antena transmisora, entre 30m y 200m

$h_2$  = Altura efectiva de la antena receptora, entre 1m y 20m

$a(h_2)$  es un factor de corrección que va a depender de la altura de la antena receptora, la frecuencia y el tipo de área o zona de servicio.

Para este caso, se deben tener en cuenta el tipo de ciudad. Entonces, para ciudades medianas y pequeñas se utiliza la siguiente ecuación:

$$ah_2 = (1,1\log f - 0,7)h_2 - 1,52\log f + 0,8$$

Donde,  $h_2$  es la altura de la antena receptora y  $f$  la frecuencia de operación del sistema. En el caso, de que se trate de una ciudad grande se utiliza la siguiente ecuación:

$$a(h_2) = \begin{cases} 18,29[\log(1,54h_2)]^2 - 1,1; & f < 300\text{MHz} \\ 3,2[\log(11,75h_2)]^2 - 4,97; & f \geq 300\text{MHz} \end{cases}$$

Donde,  $h_2$  es la altura de la antena receptora, se debe observar si la frecuencia de operación del sistema es menor o mayor de 3000 MHz, de ese modo aplicar la correspondiente.

Para hallar las pérdidas dependiendo del tipo de zona se da de la siguiente manera. En el caso de una zona suburbana, la pérdida de propagación se daría por la siguiente ecuación:

$$L_{su} = L_u - 2[\log\left(\frac{f}{28}\right)]^2 - 5,4$$

Donde el valor de  $L_u$  corresponde a las pérdidas de propagación para áreas urbanas dadas por la expresión que anteriormente llamamos. (1)

Para zonas rurales o abiertas, la pérdida de propagación se da con la siguiente ecuación:

$$L_r = l_u - 4,78(\log f)^2 + 18,33\log f - 40,94$$

Donde  $l_u$  es el valor de la expresión llamada anteriormente (1). Y  $f$  es la frecuencia de operación del sistema.

A continuación, se desarrolla un ejemplo para aplicar este modelo. El cual nos dice que, con los siguientes datos, hallar la perdida de propagación, donde debe aplicarse el modelo Okumura Hata.

Los datos dado son los siguientes:

Una frecuencia de: 1000MHz.

Una distancia entre el transmisor y receptor de: 10 kilómetros.

Una altura de la antena transmisora de: 100 metros.

Una altura de antena receptora de: 5 metros.

Se trabajará en una ciudad: mediana.

Zona: suburbana.

Observo que los datos cumplen con las características del modelo. Así, de esta manera aplico la ecuación de pérdidas para este caso que es la siguiente:

$$L = 69,55 + 26,16\log f - 13,82\log h_1 - a(h_2) + (44,9 - 6,55\log h_1)\log d$$

En la cual observamos que se debe hallar el valor del factor de corrección  $a(h_2)$

El ejercicio nos plantea que se trabaja en una ciudad mediana. Para lo cual utilizo la ecuación de este tipo:

$$ah_2 = (1,1\log f - 0,7)h_2 - 1,52\log f - 0,8$$

Donde, reemplazo el valor de la altura de la antena receptora, también el valor de la frecuencia de operación del sistema:

$$ah_2 = (1,1\log 1000 - 0,7) * 5 - 1,52\log 1000 - 0,8$$

Y obtengo el siguiente resultado:  $ah_2 = 7.64 \text{ dB}$

El cual será llevado a la ecuación principal de la siguiente manera. Reemplazo datos, y obtengo:

$$L: Lu = 69,55 + 26,16\log f - 13,82\log h_1 - a(h_2) + (44,9 - 6,55\log h_1)\log d$$

$$L: Lu = 69,55 + 26,16\log(1000) - 13,82\log(100) - 7.64$$

$$+ (44,9 - 6,55\log(100))\log(10)$$

$$L: Lu = 144.55 \text{ dB}$$

Recordemos que el ejercicio nos plantea un tipo de zona la cual es sub urbana, para lo cual aplico la siguiente ecuación:

$$L_{su} = Lu - 2[\log\left(\frac{f}{28}\right)]^2 - 5,4$$

Ya tenemos el valor de  $Lu$  que fue hallado anteriormente, de este modo reemplazo este valor y el valor de la frecuencia de operación:

$$L_{su} = 144.55 - 2[\log\left(\frac{1000}{28}\right)]^2 - 5,4$$

Para lo cual nos da el siguiente resultado, el cual son las pérdidas en una zona suburbana:

$$L_{su} = 134.0168 \text{ dB}$$

Para ingresar al **Modelo 3D- UMi LOS y 3D –UMi NLOS**, se da click sobre este, donde se encuentra un video explicativo se puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este. Se observa de la siguiente manera:

**Figura 31**

Vista Modelo 3D- UMi LOS y 3D- UMi NLOS en seAmpE



La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este man

Para el Modelo de canal 3D. Se inició un estudio en enero de 2013, con el objetivo de incorporar un modelo de canal 3D dentro de la metodología de evaluación 3GPP.

Algunas de acontecimientos que dieron a este modelo:

- Son modelos procesores de modelos como el 2d de SCM (modelo de canal especial para simulaciones MIMO)
- La recomendación ITU. M 2135-1, que son las directrices para la evaluación de las tecnologías de interfaz de radio para IMT Advanced.
- También para el modelo de canal 2D de Winnerii.

Los modelos 2D, se sitúan en un plano de dos dimensiones donde se localizan los dispersores, reflectores y por supuesto las antenas. Esto limita las técnicas de

transmisión MIMO como la formación del haz, el pre codificado, el multiplexeo espacial y el multi uso mimo.

De este modo, con el fin de incluir más técnicas como: La formación del haz de elevación específica para MIMO o lo que se conoce como full dimensión mimo, donde la transmisión sea adaptada tanto en elevación como en el plano azimut, o la sectorización vertical. Es por ello que se hizo necesaria la inclusión de un modelo de canal 3D.

A continuación, se definirán los tres tipos de escenarios más típicos de este estudio de modelo 3D:

- Esta el 3D-UMi, trabaja en micro celdas urbanas con elevadas densidades. En este, la estación base se encuentra por debajo de los edificios que la rodean.
- Para el 3D-UMa, trabaja en macro celdas urbanas con elevada densidad. En este, la estación base está por encima de los edificios que la rodean.
- Y, por último, el 3D-UMa – H, trabaja en macorceldas urbanas con un edificio por sector.

Algunas características de este modelo:

En modelos de canal 3D es aplicable a frecuencias de: 2 a 6 GHz, con hasta un ancho de banda de: 100 MHz.

Trabaja en estados: Con línea de vista y sin línea de vista.

Entonces, para el modelado de pérdidas del camino con línea de vista.

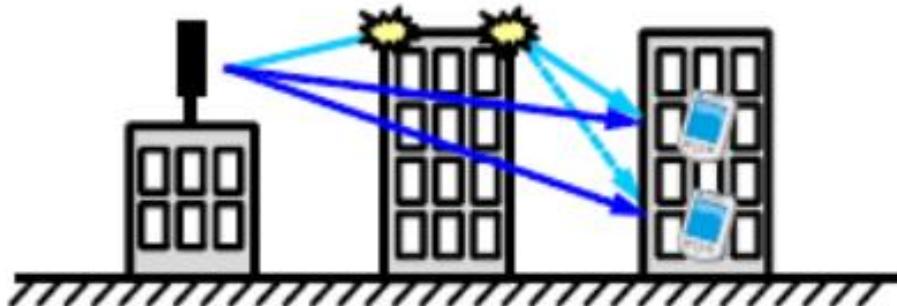
El 3GPP decidió modelar las pérdidas del trayecto LOS usando la distancia 3D, junto con los coeficientes dados por la ITU para las ecuaciones de pérdidas del trayecto de los escenarios 3D- UMa y 3D- UMi. Esto proporcionó una aproximación razonable al modelo COST 231 y no precisa de las dimensiones de los edificios.

De este modo el modelo de pérdidas con línea de vista de la ITU se trata de una ecuación con dos pendientes de pérdidas, la primera de 22 dB por década y la segunda más pronunciada. El punto de transición entre ambas pendientes se le denomina punto de ruptura, y depende de la reflexión dominante que puede añadirse (constructiva o destructivamente) al rayo directo recibido localizado en la calle.

Ahora para los sistemas sin línea de vista:

**Figura 32**

Diagrama de un Sistema con Línea de Vista



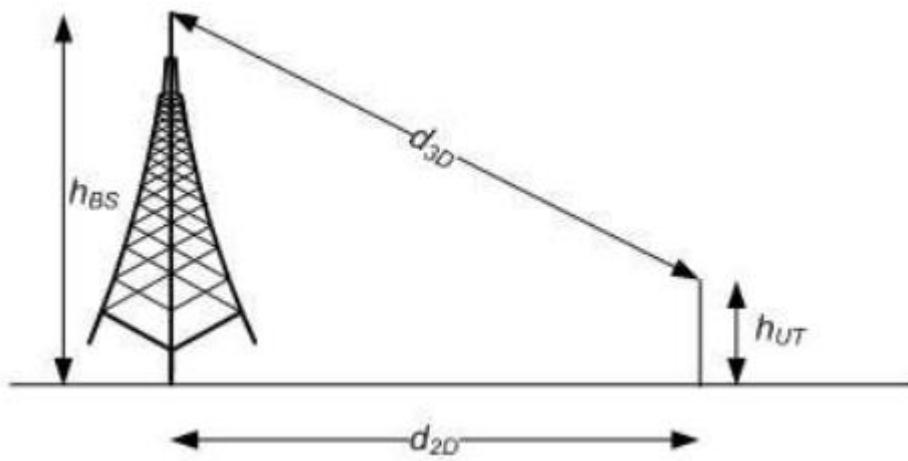
Nota. Escenario 3D-UMi Sin Línea de Vista, (Garcia Rueda, 2016), (oa.upm.es)

En los escenarios 3D-UMi los trayectos de propagación dominantes viajan a través y alrededor de los edificios, incluso puede recibir señal de la propagada por encima de las azoteas.

A continuación, los modelos de pérdidas del camino, para lo cual en primer lugar necesitamos definir las distancias como se muestran en la siguiente imagen.

**Figura 33**

Diagrama de las Distancias para 3D-UMi



Nota. Definición de distancias para exteriores, (Garcia Rueda, 2016), (oa.upm.es)

Para de este modo, después poder utilizarlas de la siguiente manera: Si hablamos de los escenarios con línea de vista, aplicamos la siguiente ecuación.

Escenario: 3D-UMi LOS: Perdidas del camino[dB], fc [GHz], d[m] Rango de aplicación

$$PL = 22.0 \log_{10}(d_{3D}) + 28.0 + 20\log_{10}(fc) \quad 10m < d_{2D} < d'_{Bp}$$

Para escenarios sin línea de vista, tenemos la siguiente ecuación. Observar los parámetros que cada una de estas que se deben tener en cuenta.

Escenario: 3D-UMi NLOS:

$$PL = \max(PL_{3D-UMi-NLOS}, PL_{3D-UMi-Los}) \quad 10m < d_{2D} < 2000m \quad h_{bs} = 10m$$

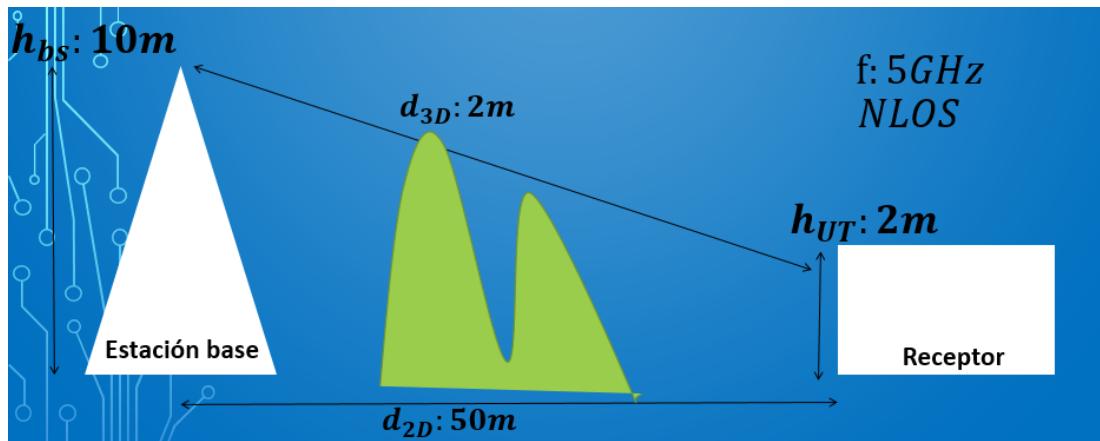
$$PL_{3D-UMi-NLOS} = 36.7\log_{10}(d_{3D}) + 22.7 + 26\log_{10}(f_c) - 0.3(h_{UT} - 1.5)$$

Rango de aplicación:  $10m < d_{2D} < 200m$ ,  $h_{bs} = 10m$ ,  $1.5m \leq h_{UT} \leq 22.5m$

A continuación, se plantea un ejemplo para este tipo de modelo. Nos dice que, de acuerdo a la imagen se debe calcular la pérdida de propagación aplicando el modelo 3D – UMi.

**Figura 34**

Diagrama Ejemplo Modelo 3D-UMi NLOS



Si observamos la imagen notamos que se tienen un sistema sin línea de vista, de esta manera procedemos aplicar la siguiente ecuación:

$$PL_{3D-UMi-NLOS} = 36.7\log_{10}(d_{3D}) + 22.7 + 26\log_{10}(f_c) - 0.3(h_{UT} - 1.5)$$

Donde, en el ejercicio tenemos los datos de la distancia, la frecuencia y la altura de la antena de recepción. De ese modo, se reemplazan los datos:

$$PL_{3D-UMi-NLOS} = 36.7\log_{10}(100) + 22.7 + 26\log_{10}(56) - 0.3(2 - 1.5)$$

Y se obtiene el siguiente resultado:

$$Pl_{3D-UMi-NLOS} = 141.4028 \text{ dB}$$

Así, se aplica este modelo para el caso de un sistema sin línea de vista.

### Modelos para Sistemas Con Y Sin Línea de Vista

Para ingresar al tema 3 de esta unidad 1, se da click en la fecha al final de este dónde se despliega el contenido de este tema.

El tema **Modelos Para Sistemas Con y Sin Línea de Vista**, se observa de la siguiente manera (Figura 35), se encuentra un video y tres ejemplos de modelos que se utilizan con estos sistemas.

**Figura 35**

Vista Modelos Para Sistemas Con y Sin Línea de Vista en seAmpE

The screenshot shows a software interface titled 'MODELO DE PROPAGACIÓN EN EXTERIORES'. Under the 'MODELOS PARA SISTEMAS CON Y SIN LINEA DE VISTA' section, there is a video player window titled 'SISTEMAS CON LÍNEA DE VISTA Y SIN LÍNEA DE VISTA'. The video content is about 'Transmisión por ondas de Radio' and lists two points: 'No necesitan de un medio físico' and 'Se dan en línea recta.'. Below the video player, a note states 'Nota: Este video no cuenta con audio'. At the bottom of the video player, there is a progress bar showing '0:10 / 0:46'. Below the video player, there is a section titled 'Algunos modelos representativos:' with three buttons: 'Modelos Friis', 'Modelos dos Rayos', and 'Modelos Walish - Ikegami'.

Al ingresar al tema tres de la unidad 1. Se encuentra con un video explicativo de este concepto puede reproducir, pausar, este no contiene ningún tipo de sonido, y ampliar la pantalla de este.

La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

## Contenido del video: SISTEMAS CON LÍNEA DE VISTA Y SIN LÍNEA DE VISTA

Transmisión por ondas de Radio:

- No necesitan de un medio físico
- Se dan en línea recta
- No son visibles para nosotros

## SISTEMAS CON LÍNEA DE VISTA

Hacen referencia a un camino limpio sin obstrucciones, entre las antenas transmisoras y receptoras.

## SISTEMAS SIN LÍNEA DE VISTA

Hacen referencia a un camino con obstáculos (árboles, edificios, personas etc.), entre las antenas transmisoras y receptoras.

Para ingresar a los modelos donde se aplican los Sistemas con Línea de Vista, se da click dentro del modelo que se quiere observar, el cual abre una ventana que contiene un video explicativo del modelo que selecciono. Puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este.

De esta manera el contenido para el video del **Modelo de Friis**:

**Figura 36**

Vista Modelo de Friis en seAmpE



La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

## Modelo FRIIS

Engloba parámetros básicos y necesarios en una ecuación para predecir el nivel de potencia de la señal entre un Transmisor y el Receptor. Ideal para un trayecto donde existe Línea de Vista(LOS), sin obstáculos u objetos. Este modelo ideal, propone que, en términos básicos se predice que la potencia disminuye en función de la separación d (distancia) entre transmisor (Tx) y el receptor (Rx) esto está representando por la ecuación de Friis:

$$Pr(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{4\pi^2 d^2 L}$$

Pt: Potencia Transmitida

Pr: Potencia recibida la cual es función de la separación Tx – Rx (Transmisor – Receptor)

Gt: Ganancia de antena Transmisora

D: Distancia de separación entre el Transmisor (Tx) y el receptor (Rx) dada en metros.

L: Factor de pérdida del sistema no relacionada a la propagación.

$\lambda$ : Longitud de onda en metros.

### Las pérdidas por trayectoria:

Las pérdidas por trayectoria se representan como, la atenuación de la señal de forma positiva medida en dB, se define como la diferencia en dB entre la potencia mitigada trasmitida efectiva y la potencia recibida. Puede incluir o no el efecto de las ganancias de la antena.

- Cuando se incluyen ganancias de antena:

$$PL(dB) = 10 \log \frac{P_t}{Pr} = -10 \log \left( \frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \right)$$

- Cuando se excluyen ganancias de antena:

$$PL(dB) = 10 \log \frac{P_t}{Pr} = -10 \log \left( \frac{\lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \right)$$

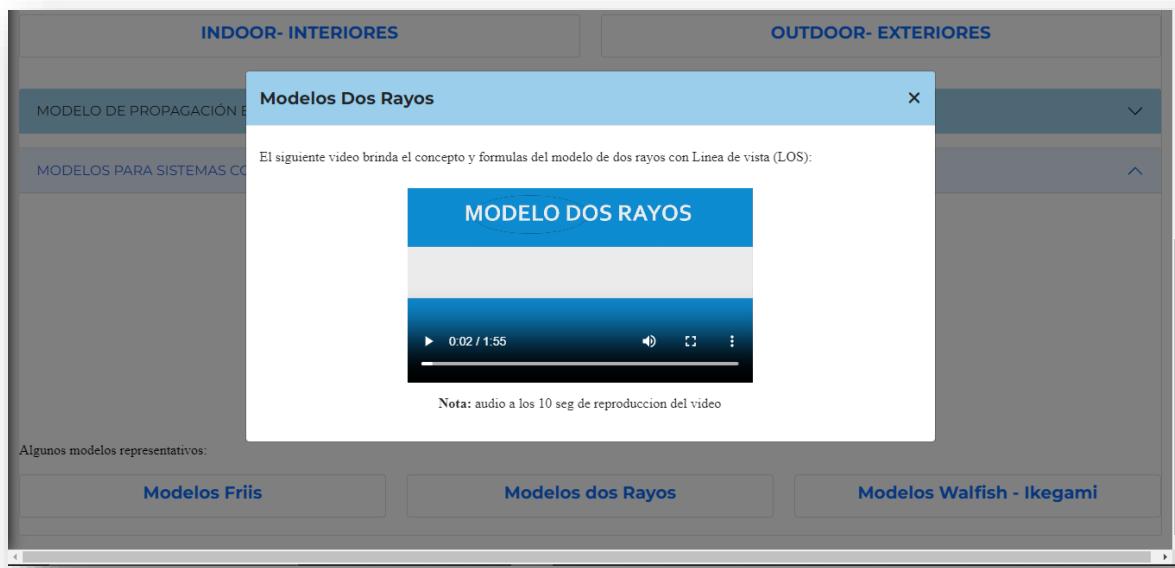
### CARACTERISTICAS:

En la práctica la ecuación de Friis se aplica en los sistemas solo para hallar la potencia de recepción para valores de distancias que estén en la región de campo lejano (far-field) de antena transmisora.

Para modelar un enlace en función de la ecuación de Friis se establece que la potencia recibida se calcula para la región de campo lejano de una antena. Si la antena tiene una dimensión global máxima de valor D (diámetro de haz en el acoplador de salida), la región de campo lejano se considera que existe solo a distancias mayores de R.

De esta manera el contenido para el video del **Modelo dos Rayos**:

**Figura 37**  
Vista Modelo Dos Rayos en seAmpE



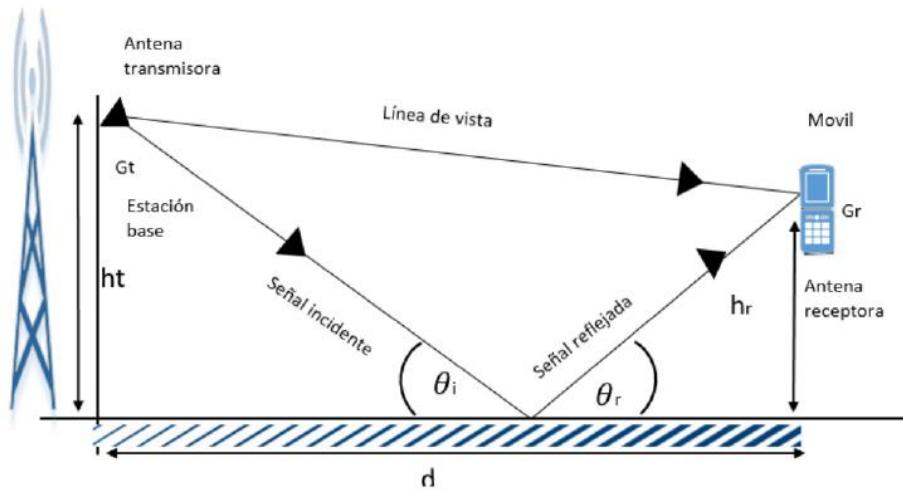
La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

### Modelo dos Rayos

Es un modelo muy útil que se basa en óptica, y considera tanto la transmisión directa como una componente de propagación reflejada en la tierra entre el Transmisor y el Receptor.

Es un modelo analítico, más preciso, que el modelo de perdida en espacio libre (PEL). Utilizado en sistemas móviles porque considera que puede predecir la intensidad de la señal a gran escala, a distancias de varios kilómetros para sistemas de radio móviles. Tomando en cuenta, que las antenas del sistema celular deben tener una altura mínima de: 50 metros.

**Figura 38**  
Diagrama Reflexión de dos rayos

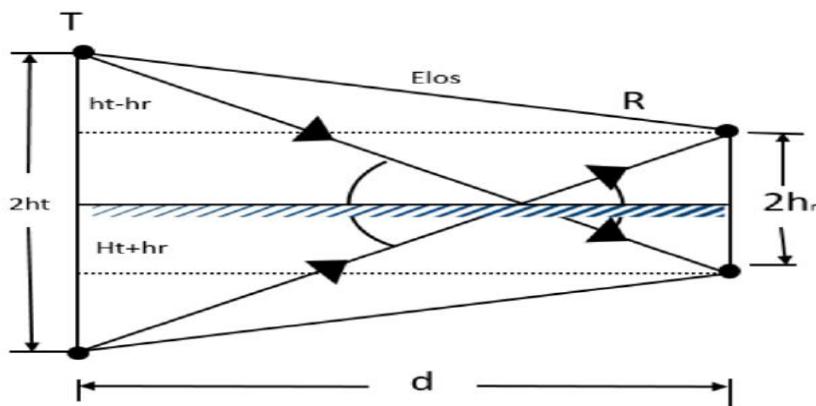


Nota. Modelo de reflexión de dos rayos, parámetros básicos, (Herrera Rubio J. E., 2020) ([repositoriodspace.unipamplona.edu.co](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co))

En condiciones perfectas los trayectos se consideran planos y con Línea de Vista (LOS), teniendo presente algunas decenas de kilómetros entre el Transmisor y el equipo de Recepción para las pruebas o cálculos pertinentes.

Observando la figura. Se utiliza de forma gráfica un esquema, para poder entender los parámetros básicos. Por medio de la teoría de imágenes, donde la descomposición de los trayectos en el plano reflejado da un mejor entendimiento en el modelo de dos Rayos.

**Figura 39**  
Diagrama Metodos de Imagenes

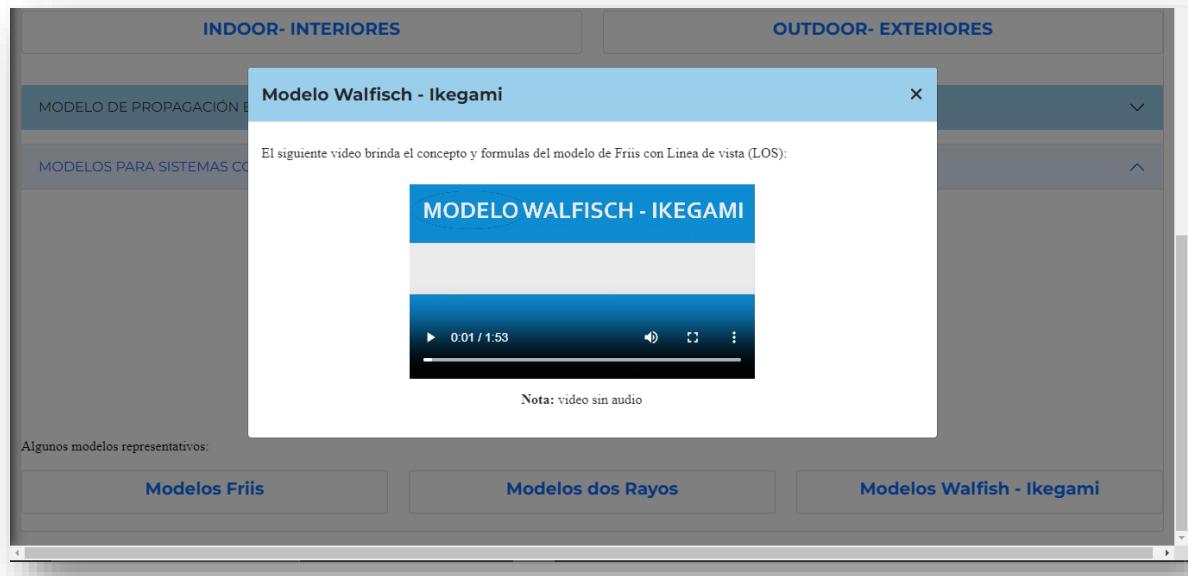


*Nota.* Método de imágenes, cálculo de la diferencia de ruta entre la línea de vista y las rutas de reflexión por efecto del suelo, (Herrera Rubio J. E., 2020) ([repositoriodspace.unipamplona.edu.co](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co))

De esta manera el contenido para el video de **Walfisch – Ikegami** para Sistemas con y Sin Línea de Vista:

**Figura 40**

Vista Modelo Walfisch - Ikegami en seAmpE

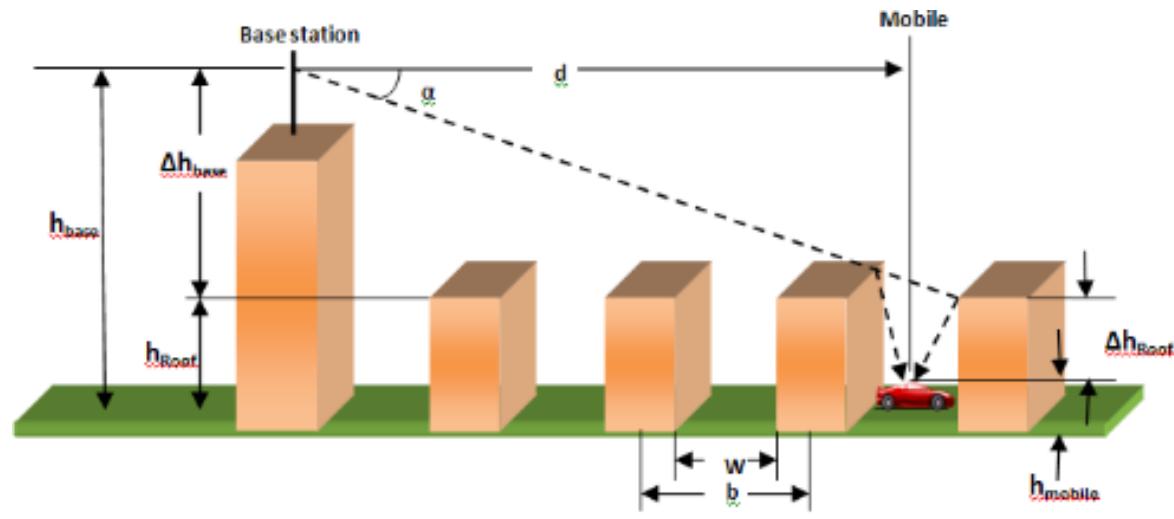


La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

### **Modelo Walfisch – Ikegami**

Es el resultado de la fusión de los modelos Walfisch e Ikegami. Está basado en varios parámetros urbanos tales como densidad del edificio, altura promedio de este y el ancho de las calles.

**Figura 41**  
*Diagrama Walfisch - Ikegami*



Nota. Modelo de trayectoria de Walfisch – Ikegami, parámetros básicos, (Agbinya, s.f.)  
(researchjate.net)

## CARACTERISTICAS

- Considera solamente los edificios en el lugar vertical entre el transmisor y el receptor.
- Tiene una precisión el modelo es bastante alto ya que, en los entornos urbanos especialmente la propagación sobre los tejados es la parte más dominante.
- Normalmente examina el rango de frecuencias de: 800 – 2000MHz
- La altura del Transmisor es de: 4 – 50 metros
- La altura del Receptor es de: 1 – 3 metros.

Situaciones sobre las que trabaja este modelo:

Con línea de vista (LOS):

$$PL(dB) = 42,6 + 26 \log(d) Km + 20 \log(f) Mhz$$

Sin línea de vista (NLOS):

$$Lb = L_o + L_{rts} + L_{msd}$$

Lo: Perdidas por espacio libre.

Lmsd: Perdidas por difracción de multiples esquinas de los techos de los edificios (Walfisch).

Lrts: Perdidas debido a una única difracción final cuando la onda se propaga hacia la calle (Ikegami).

Nota: Estudiar con detalle el modelo COST231-WALFISCH-Ikegami

## UNIDAD 2 COMUNICACIONES INALÁMBRICAS

Esta unidad está compuesta por 4 temas.

**Figura 42**

Vista Contenido de la Unidad II en seAmpE

The screenshot shows the user interface of the seAmpE platform. On the left, there's a vertical sidebar with a dark blue background. At the top of the sidebar is the 'SeAmpE' logo. Below it are several menu items: 'Inicio', 'Contenido teórico' (which is expanded, showing 'UNIDAD I - MODELOS DE PROPAGACIÓN'), 'UNIDAD II - COMUNICACIONES INALÁMBRICAS' (which is highlighted in a light blue box), 'UNIDAD III - CARACTERÍSTICAS DEL CANAL INALÁMBRICO', and 'UNIDAD IV - INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE COMUNICACIONES SATELITALES'. The main content area has a white background. At the top, it says 'Concepto de Comunicaciones Inalámbricas:' followed by a video player window. The video player shows a thumbnail with the text 'CONCEPTO DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS' and a play button indicating 0:11 / 6:36. Below the video player are three collapsed sections with arrows: 'COMUNICACIONES INALAMBRICAS PMR, WIFI, WIMAX, LMDS', 'SISTEMAS TETRA, DECT, RADIO MENSAJERIA', and 'SISTEMAS TRUNKING'.

Al ingresar encontramos tema: **Historia de las Comunicaciones Inalámbricas**, se encuentra con un video explicativo de este concepto puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este.

La información o contenido de este video es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

### Concepto de Comunicaciones Inalámbricas

Hola, quiero contarte que las comunicaciones inalámbricas hacen parte de nuestra vida diaria ya que nos brindan: Información, Entretenimiento y por supuesto comunicación entre otras.

Pero para poder comprender mejor este concepto hablemos un poco de su historia. ¿Has pensado como era la comunicación en la antigüedad?

La técnica de comunicación no eléctrica para la transferencia de información se daba en medios de transporte físico como la mensajería utilizada por el imperio

incaico que consistía en corredores jóvenes que llevaban el mensaje de forma hablada o mediante quipus (Instrumento de almacenamiento de información costaba de cuerdas de lana o algodón de diversos colores con nudos).

Otros sistemas eran las señales de humo, las palomas mensajeras, mensajes en piedras entre otras muchas más herramientas utilizadas como medio de comunicación.

Ahora bien, ¿cómo se dio el inicio de las comunicaciones modernas?

Teuento que el año de 1684, un científico llamado Robert Hooke creó unos paneles móviles que codificaban las letras del alfabeto. Otro intento de comunicar señales visuales fue por medio de un sistema llamado semáforo de Chappe que consistía de un poste con brazos móviles, este avance tecnológico vio la luz a finales del siglo XVIII en Francia. Los holandeses utilizaron un sistema experimental similar durante la campaña de los diez días contra la revuelta belga en 1831/1832. En 1837, la Cámara de Representantes aprobó una resolución en la que solicitaba al Secretario del Tesoro que investigara la viabilidad de establecer dicho sistema en los Estados Unidos.

Muy bien, ya sabemos un poco de la historia de la forma de comunicación en la antigüedad. Pero, ¿Cómo fue la era de las comunicaciones inalámbricas?

Bueno, poco después del descubrimiento del electromagnetismo. Hubo la demostración práctica de la telegrafía (eléctrica) de Joseph Henry y Samuel Morse en 1832.

En la década de 1840, redes de telégrafos se construyeron en la costa este de los Estados Unidos y California.

En 1858, se da el primer cable transatlántico.

En 1864, James Maxwell postuló el principio de propagación inalámbrica, que fue certificada y demostrada por Heinrich Hertz en 1880 y 1887 respectivamente.

En 1876, Alexander Graham patentó el teléfono. Marconi y Popov comenzaron a experimentar con el radiografo poco después.

En 1897, Marconi patentó un sistema inalámbrico completo, donde su desarrollo se basó en 14 patentes de Nikola Tesla.

En 1904, con la invención del diodo por Fleming.

Y en 1906, el tríodo por Lee de Forest lograron un rápido desarrollo en la telefonía de larga distancia(radio).

La invención del transistor el desarrollo de los sistemas electrónicos fundó el camino para los sistemas electrónicos que permitieron fabricar dispositivos y equipos electrónicos portátiles que permitirían una comunicación inalámbrica más práctica

¿Sabes cómo funciona la comunicación inalámbrica en la actualidad?

Bueno. Cuando 2 dispositivos se conectan inalámbricamente, intercambian información o datos por medio del aire, pueden estar a centímetros, metros o kilómetros de distancia.

Los dispositivos móviles utilizan ondas de radio, pero utilizan tecnología digital para comunicarse a una estación base. De esta manera se puede enviar voz, datos como imágenes, textos, correos, conexión a páginas web o internet entre otras muchas otras características.

Pero, ¿Cómo se transmite la información?

Te daré el siguiente ejemplo:

Al realizar una llamada, lo primero que sucede es que un chip convierte la voz analógica en una corriente digital de 1 y ceros, esta corriente es codificada en una onda de radio frecuencia, pero como puede ser muy grande distancia provoca que sea débil la señal por ello debe amplificarse antes de transmitirse.

Luego la señal llega a la estación base, se envía hacia un centro de intercambio móvil donde se determina como se distribuirá. Para el dispositivo que recibe esta llamada el proceso es opuesto entonces se extrae la información digital de la señal de radio frecuencia y la señal de voz de la información digital.

En resumen, los datos se digitalizan, codificados en la onda de radio amplificados y se envían a su destino.

Como se pudo observar la forma actual de la comunicación inalámbrica se debe gracias a todos los valiosos aportes hechos por los científicos que han permitido mejorar la forma de comunicarnos.

### Comunicaciones Inalámbricas PMR, WIFI, WIMAX, LDSM

El tema **Comunicaciones Inalámbricas PMR, WIFI, WIMAX, LDSM**, se observa de la siguiente manera (Figura 43), se encuentra con cada una de las tecnologías o sistemas.

**Figura 43**

Vista del Tema Comunicaciones Inalámbricas PMR, WIFI, WIMAX, LMDS en seAmpE

The screenshot shows the seAmpE platform interface. On the left, a vertical sidebar lists navigation options: Inicio, Contenido teórico (with sub-options UNIDAD I - MODELOS DE PROPAGACIÓN, UNIDAD II - COMUNICACIONES INALÁMBRICAS, UNIDAD III - CARACTERÍSTICAS DEL CANAL INALÁMBRICO, and UNIDAD IV - INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE COMUNICACIONES), Calcular, Guías de laboratorio, and Evaluación. The main content area is titled "Concepto de Comunicaciones Inalámbricas". It features a video player with the title "CONCEPTO DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS" and a duration of 0:11 / 6:36. Below the video are two expandable sections: "COMUNICACIONES INALÁMBRICAS PMR, WIFI, WIMAX, LMDS" and "SISTEMAS TETRA, DECT, RADIO MENSAJERIA". At the bottom, there are four buttons labeled PMR, WIFI, WIMAX, and LMDS.

Para ingresar a la tecnología que se requiera se da click sobre ella, esta abre una nueva ventana, al ingresar al tema **PMR** de la unidad 2. Se observa de la siguiente manera (Figura 44), se encuentra un texto, un gif que contiene los grandes hitos de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

**Figura 44**

Vista del tema PMR en seAmpE

The screenshot shows the "PMR" topic details within the seAmpE platform. The left sidebar remains the same as in Figure 43. The main content area is titled "Concepto de Comunicaciones Inalámbricas: PMR". It contains a text block about PMR (Radios Móviles Privadas) and their use by organizations like police and fire departments. Below this is a section titled "Historia" (History) with a timeline of milestones from 1928 to 1990. The timeline includes: 1928 (Primer sistema PMR que se puso en funcionamiento en EEUU para avisos a vehículos policiales), 1935 (Irgió el primer sistema de radio bidireccional aplicado a una red de servicios antiguamente Bomberos), 1940 (Con el desarrollo de la tecnología de la radio móvil se crearon las primeras unidades mejorando la potencia y la duración de la batería), 1950 (Aparecen los primeros sistemas automáticos en que la asignación de llamadas dejó de ser manual), 1960 (Las redes privadas comienzan a popularizarse), 1970 (Sistemas trunking), 1980 (Sistemas trunking), 1985 (El avance de la tecnología de los microcircuitos para la fabricación de sistemas móviles como tarjetas de memoria y procesadores selectivos. Se introdujeron los mecanismos PTTS y TDMA para hablar), and 1990 (Continuación de los sistemas PMR. Y en 1990 se establecieron las normas para que las diferentes tecnologías pudieran interconectar y mejorar la compatibilidad de los sistemas). At the bottom, there is a video player titled "Aplicaciones o usos:" with a duration of 0:00 / 0:34.

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

Contenido audio:

Las redes PMR. Son de gran utilidad puesto que nos facilitan, que los terminales dentro de un entorno, se conecten al centro de control y luego éste la distribuye de las siguientes maneras: a estación, a través de la estación base fijos mediante línea telefónica. De este modo alguna de las aplicaciones de PMR, es gestionar las radiocomunicaciones en flotas que brindan servicios tales como:  
Seguridad, bomberos, taxis, entre otras.

al ingresar al tema **WIFI** de la unidad 2. Se observa de la siguiente manera (Figura 45), se encuentra un texto, una imagen, un gif que contiene los grandes hitos de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

**Figura 43**  
Vista tema WiFi en seAmpE

The screenshot shows the 'Wifi familia IEEE' section of the WiFi topic in seAmpE. It includes a table comparing IEEE 802.11 standards based on Type of Network (WLAN), Name (Wi-Fi), Standard, Frequency Band, and Nominal Range. Below this is a 'Historia' section titled 'Grandes Hitos del WIFI' with a timeline from 1997 to 2019, and a 'Ventajas' section at the bottom.

| Tipo de Red | Nombre  | Estándar       | Banda de Frecuencia | Rango Nominal |
|-------------|---------|----------------|---------------------|---------------|
| WLAN        | Wi - Fi | IEEE 802.11    | 2.4 / 5 GHz         | 100 m         |
|             |         | IEEE 802.11 a  | 5 GHz               | 100 m         |
|             |         | IEEE 802.11 b  | 2.4 GHz             | 100 m         |
|             |         | IEEE 802.11 g  | 2.4 GHz             | 100 m         |
|             |         | IEEE 802.11 n  | 2.4 / 5 GHz         | 250 m         |
|             |         | IEEE 802.11 ac | 5 GHz               | 250 m         |

**Historia**

**Grandes Hitos del WIFI**

- 1997: Nace la primera versión del estándar 802.11.
- 1999: Primeros Chips Wi-Fi se incluyen en potestiles de consumo.
- 2002: Primer vuelo comercial donde los pasajeros pudieron conectarse a WiFi.
- 2004: Uno de cada cuatro hogares del mundo están conectados mediante WiFi.
- 2009: Llega WiFi 6, con una base tecnológica similar a 5G.
- 2012: Se lanza el estándar 802.11n.
- 2013: El estándar WiFi 5 alcanza una velocidad máxima superior a 1Gbps.
- 2019: Llega WiFi 6.

**Ventajas**

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual. pagina #####

Contenido audio:

Algunos beneficios o Ventajas de Wi-Fi. 1: Permite un Acceso extendido: da el acceso, a lugares donde los cables no pueden ir, o donde es demasiado caro para instalarlos. 2: Permite la Reducción de costos. 3: Permite Movilidad, al ser una red inalámbrica. Y, por último, permite Flexibilidad.

Al ingresar al tema **WIMAX** de la unidad 2. Se observa de la siguiente manera (Figura 46), se encuentra un texto, una imagen, un gif que contiene los grandes hitos de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

**Figura 44**

Vista tema WiMax en seAmpE

The screenshot shows a summary card for WiMax with the following details:

| Tipo de Red | Nombre | Estándar    | Banda de Frecuencia  | Rango Nominal |
|-------------|--------|-------------|----------------------|---------------|
| WMAN        | Wi Max | IEEE 802.16 | 2-11 GHz y 10-66 Ghz | 50 Km         |

Below the card is a section titled "Historia:" (History) featuring a timeline titled "GRANDES HITOS DE WIMAX" (Great Hits of WiMAX) with four entries:

| Año  | Estándar     | Descripción   |
|------|--------------|---|
| 2001 | 802.16       | Originalmente este estándar finalizó en este año. Trabajaba en la banda: 10 en los 60 Ghz. Exigía visibilidad directa.  |
| 2003 | 802.16a      | Extendía el estándar original para bandas de frecuencia más bajas, permitía la comunicación sin visibilidad directa.  |
| 2004 | 802.16d      | Más conocido como 802.16-2004, este unificaba ambos estándares en uno solo.   |
| 2005 | 802.16e-2005 | Se diseña el estándar 802.16e, que incluía soporte para la movilidad con velocidades hasta 120 Km/h. Con soporte para la itinerancia. Este estándar ha pasado a ser conocido como 802.16e-2005. |

At the bottom of the screenshot, there is a media control bar with a play button, a progress bar showing 0:00 / 0:45, and other standard video controls.

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

Contenido audio:

Algunos beneficios o Ventajas de WiMax:

1. Permite mayores coberturas. Además, no requiere de visión directa.
2. Posee un sistema escalable, está diseñado para que escale a varios cientos de usuarios cómodamente.
3. Entrega una tasa de transferencia alta. Y, por último, Calidad de servicio, que permiten servicios incluyendo voz y video que requieren de baja latencia

Al ingresar al tema **LMDS** de la unidad 2. Se observa de la siguiente manera (Figura 47), se encuentra un texto, un gif que contiene características del origen de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

**Figura 45**

Vista tema LMDS en seAmpE

The screenshot shows a slide titled "LMDS". At the top, there is a text block: "Cuando hablamos de LMDS (Los sistemas de distribución local multipunto). Nos referimos a una representación de una tecnología de acceso inalámbrico de banda ancha. Se aplica para el acceso a internet a alta velocidad, telefonía, transmisión de datos entre otros. Requiere de una línea de vista entre el transmisor y el receptor." Below this, there is a central title "ORIGEN DE LMDS" with the subtitle "(SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN LOCAL MULTIPUNTO)". Six callout boxes point to this title from around it. The boxes contain the following text:

- Tiene su origen a finales de los 80 en los EEUU
- Por el ingeniero Bernad Bossard
- Ideó el proyecto de distribuir señales de vídeo analógicas utilizando un esquema Fm
- Posteriormente la FCC (Comisión Federal de Comunicaciones), autorizó su uso para trasmisiones bidireccionales multipunto.
- Se diseño originalmente para la transmision de televisión multicanal
- Se basó en una estructura punto-multipunto y en una zona del espectro electromagnético de banda Ka de 28Ghz

At the bottom of the slide, there is a media control bar with a play button, a progress bar showing "0:00 / 0:27", a volume icon, and a three-dot menu icon.

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

Contenido audio:

Debido a la anchura de su banda disponible, LMDS puede dar soporte a una gran variedad de servicios simultáneos. Algunos de ellos son:

1. El acceso a Internet de alta velocidad.
2. La televisión digital multicanal Videoconferencia
3. La telefonía: local, nacional e internacional. Y, por último, Servicios de voz Ip

### Sistemas TETRA, DECT y Radio Mensajería

El tema **Sistemas TETRA, DECT y Radio Mensajería**, se observa de la siguiente manera (Figura 48), se encuentra con cada una de estos estándares o sistemas.

**Figura 46**

Vista tema Sistemas TETRA, DECT, Radio Mensajería en seAmpE

The screenshot shows a software application window titled 'seAmpE'. At the top, there is a video player displaying a slide with the title 'CONCEPTO DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS'. Below the video, there is a navigation menu with several sections: 'COMUNICACIONES INALAMBRICAS PMR, WIFI, WIMAX, LMDS', 'SISTEMAS TETRA, DECT, RADIO MENSAJERIA' (which is currently expanded, showing three sub-options: 'TETRA', 'DECT', and 'RADIO MENSAJERIA'), and 'SISTEMAS TRUNKING'. The 'TETRA' option is highlighted with a blue border.

Para ingresar a la tecnología que se requiera se da click sobre ella, esta abre una nueva ventana, al ingresar al tema **TETRA** de la unidad 2. Se observa de la siguiente manera (Figura 49), se encuentra un texto, una tabla, un gif que contiene características de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

**Figura 47**  
Vista tema TETRA en seAmpE

**TETRA (Terrestrial Trunked Radio)**

Es un estándar definido por el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI). Define un sistema móvil digital de radio y nace con el objeto de unificar diversas alternativas de interfaces de radio digitales para la comunicación entre los profesionales de los servicios de emergencias y servicio público. TETRA, es un sistema móvil radioeléctrico de calidad elevada que ha sido desarrollado principalmente para usuarios profesionales, tales como los servicios de emergencia y los transportes públicos. Cumple especificaciones radioeléctricas de servicios móviles que proporcionan una capacidad completa, que abarca las comunicaciones con concentración de enlaces, comunicaciones sin concentración de enlaces y comunicaciones directas de móvil a móvil.

**Se emplean en muchas industrias, entre ellas las siguientes:**

|                   |            |
|-------------------|------------|
| Seguridad pública | Petroleo   |
| Gas               | Transporte |
| Ambulancias       | Bomberos   |
| Policia           | logistica  |

**TETRA  
(TERRESTRIAL TRUNKED RADIO)**

Está concebido para funcionar en las bandas por debajo de 1 GHz, y la estructura de canal de 25 KHz le permite ajustarse fácilmente en las bandas de frecuencias de los sistemas de radiotelefonía privada PMR existentes.

Las especificaciones cubren servicios de telecomunicación distintos correspondientes a:

- Voz más datos.
- Datos en paquetes optimizados y modo directo

Ventajas:

▶ 0:00 / 0:48

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

Contenido audio:

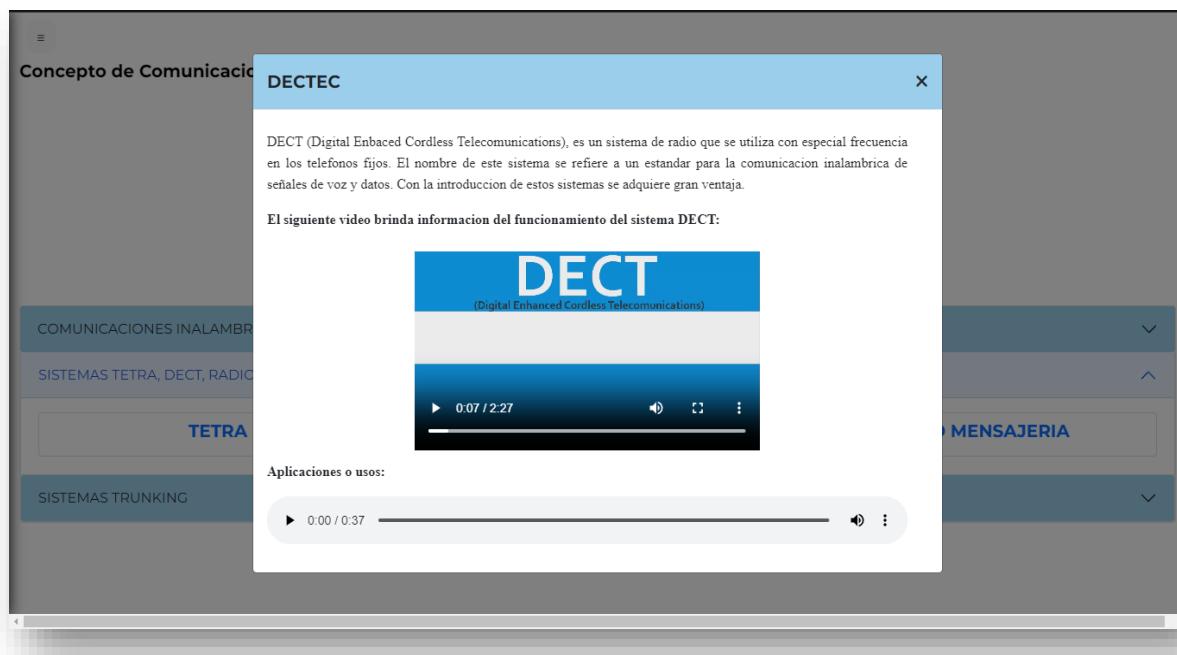
Te diré, 6 ventajas de los sistemas, TETRA:

1. Utiliza una banda de frecuencia baja, en consecuencia, una menor cantidad de equipos repetidores para dar cobertura a una misma zona geográfica.
2. Infraestructura propia y dedicada para situación crítica o de alto performance.

3. Puede trabajar en modo terminal a terminal DMO, en caso, de fallo en las comunicaciones.
4. Es un sistema digital más moderno que GSM, con calidad de audio superior.
5. Aprovechamiento del canal, permite comunicaciones semi-duplex.
- Y 6. Son utilizados en su generalidad, en Misión crítica, seguridad pública, bomberos y otros servicios de alta demanda

Al ingresar al tema **DECT** de la unidad 2. Se observa de la siguiente manera (Figura 50), se encuentra un texto, un video y un audio los cuales (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

**Figura 48**  
Vista tema DECT en seAmpE



Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

#### **Descripción del video Funcionamiento del sistema DECT:**

##### **DECT. ¿Cómo Funciona?**

Este sistema contiene una estación base o parte fija, y otra, es un teléfono fijo, o la parte portátil del sistema, estas 2 componentes, se intercambian de forma constante.

Ahora bien. La estación base, constituye el puente entre, la conexión telefónica, de internet y los terminales. Puede ser, una estación base DECT, con o sin contestador automático, o un router, DSL, con función DECT, por supuesto.

Cabe mencionar que es posible conectar varias estaciones base para formar una red. Esto se suele utilizar para coberturas telefónicas más amplias. Los sistemas unicelulares y multicelulares permiten una transición suave.

El teléfono es la contraparte de la estación base. Suele ser el auricular inalámbrico el que se conecta a la estación base.

Ya sabemos cómo está conformado en sistema, pero **¿Cómo funciona este sistema DECT?**

Bueno, la estación base transmite continuamente la llamada señal de baliza. Esto puede ser recibido por un teléfono cercano esta señal muestra al terminal la información necesaria para conectarse y enviar datos a través de esta estación base. Cuando la estación base y el micro teléfono se hayan sincronizado entonces se pueden realizar llamadas inalámbricas.

Cuando se transmiten datos del terminal a la estación base, hay un retardo medio de 10ms que en la práctica es mucho mejor que la transmisión por Wifi o bluetooth.

1994: en un principio era solo posible la comunicación entre dispositivos (teléfono y estación base) de un fabricante cosa que cambio en 1994 pudiendo adaptarse a las necesidades del usuario.

Contenido audio:

Algunas de las ventajas de los sistemas DECT:

1. Gran alcance, en interiores hasta 50m y en exteriores hasta 300m.
  2. Buen ahorro de energía
  3. Buena seguridad en lo se escucha
  4. Mejor calidad de sonido que estándares anteriores a este
  5. Posibilidad de uso simultáneo de varios teléfonos
  6. Cambio automático de estación de base lo que se conoce como Handover.
- Entre muchas más

Al ingresar al tema **Radio Mensajería** de la unidad 2. Se observa de la siguiente manera (Figura 51), se encuentra un texto, un video (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea, cabe mencionar que este tiene audio en mitad final del video).

**Figura 49**

Vista tema Radio Mensajería en seAmpE

### Radio mensajería

La radio mensajería es un servicio de telecomunicaciones, que permite recibir mensajes orales o escritos en pequeños terminales portátiles de recepción de radio (generalmente llamados mensáfonos), que son suministrados a los abonados.

Los emisores deben comunicar telefónicamente el mensaje indicando el código de identificación de abonado al que va destinado, a un centro de recogida de mensajes, donde se realiza la difusión vía radio de los mismos.

La evolución de la radio mensajería en el siguiente video:



Evolución de la Radio Mensajería

▶ 0:03 / 1:14

Nota: audio después de los 40 seg de reproducción.

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

### Evolución de la Radio Mensajería

Antes: Los sistemas de mensaje oral que fueron los primeros en aparecer, es el operador el que dicta en voz el mensaje a través de una emisora de radio, con una codificación que permite que sea recibido exclusivamente por el abonado al que va dirigido. En cuanto a la actualidad de los sistemas de Radio Mensajería: La mayoría de estos servicios, se basan en un sistema informático, en el que, el operador introduce en un teclado, el texto del mensaje y el código del abonado al que va dirigido, el sistema se encarga de la codificación, y el envío vía radio del texto, que el usuario recibe en su terminal, donde queda memorizado, pudiendo visualizarlo, en una pantalla de cristal líquido.

### Sistemas TRUNKING

El tema **Sistemas TRUNKING**, se observa de la siguiente manera (Figura 52), se encuentra con cada una de estos estándares o sistemas.

Contiene un texto, un gif de las características del sistema, un audio (se puede reproducir o pausar en el momento que se desee). Y dos sistemas **RTGC** y **AMPS**.

### **Figura 50 Vista**

#### *Tema Sistemas Trunking en seAmpE*

SISTEMAS TETRA, DECT, RADIO MENSAJERIA

SISTEMAS TRUNKING

Son también conocidos como acceso troncalizado, es un sistema de radio bidireccional capaz de gestionar los canales que permiten a los usuarios "compartir" múltiples frecuencias de comunicación. En otras palabras, es un sistema de irradiación para que radios portátiles y móviles se comuniquen. Las redes de telecomunicaciones en todo el mundo se basan en enlaces troncales que, como su nombre lo indica, funcionan como un árbol cuyo tronco es la línea principal y las ramas las líneas de comunicación.

CARACTERISTICAS:

1 Estructura de red celular (Independientes de las redes públicas de telefonía móvil)

2 Los usuarios comparten los recursos del sistema de forma automática y organizada.

3 Cuando se requiere, por el tipo de servicio, es posible el establecimiento de canales prioritarios de emergencia que predominarían sobre el resto de comunicaciones del grupo.

VENTAJAS:

0.00 / 0.23

RTGC

AMPS

Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual.

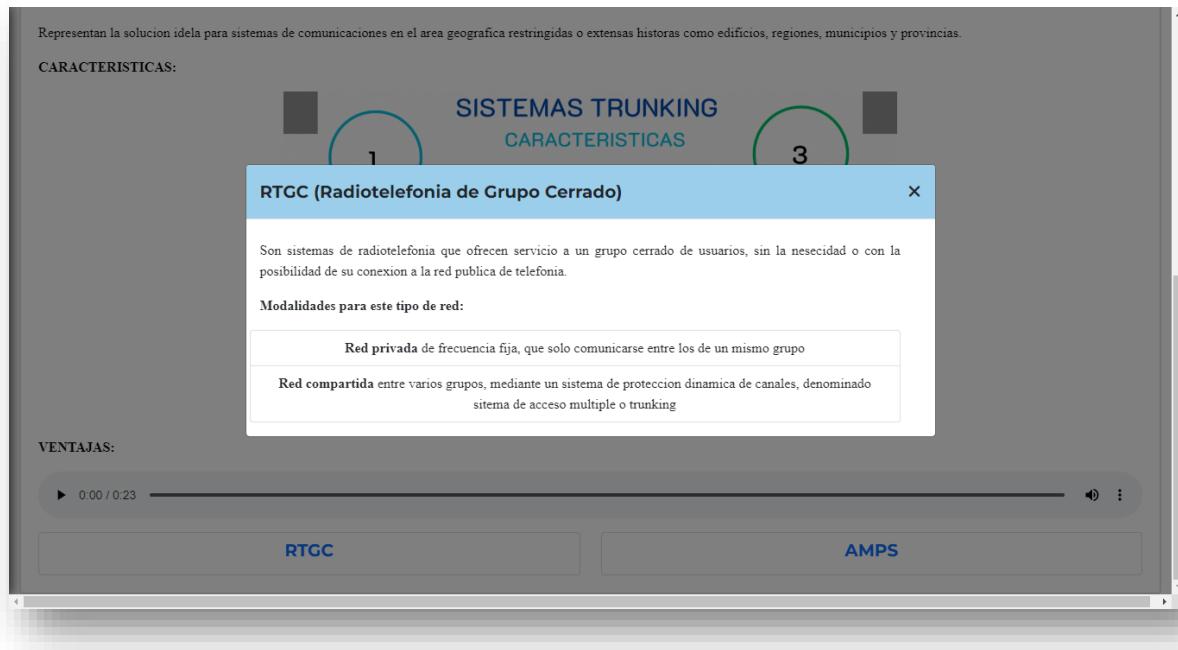
Contenido audio:

Algunas de las ventajas de un sistema Trunking son:

1. Da prioridad a las llamadas de emergencia y ordinarias
2. El usuario puede ser localizado por medio de GPS
- Y 3. Modulación de FM. Entre otras.

Para ingresar al sistema que se requiera se da click sobre este, se abre una nueva ventana, al ingresar al sistema **RTGC** se observa de la siguiente manera (Figura 53), se encuentra texto y una tabla.

**Figura 51**  
Vista tema RTGC en seAmpE



Al ingresar al sistema **AMPS**, se observa de la siguiente manera (Figura 54), se encuentra un texto, un audio y un video que se pueden reproducir y pausar en el momento que se desee.

**Figura 52**  
Vista tema AMPS en seAmpE



**Contenido audio:**

¿Qué es la primera generación móvil?

La primera generación o 1G de la telefonía móvil, hizo su aparición en el año 1979. Se caracterizó por ser analógica, y estrictamente para voz. En esta generación, la calidad de los enlaces de voz, era muy baja. Lo que provocaba que la velocidad y la transferencia entre celdas sea muy imprecisa. También, tenían baja capacidad basadas en FDMA (Acceso múltiple por división de frecuencia), y la seguridad no existía.

La tecnología predominante, de esta generación 1G es: AMPS (Sistema Telefónico Móvil Avanzado).

**Contenido del video:**

Bueno, AMPS, y los sistemas telefónicos móviles, del mismo tipo dividen el espacio geográfico en una red de celdas o simplemente celdas, de tal forma que las celdas adyacentes, nunca usen las mismas frecuencias y así de este modo evitar interferencias.

Aparecen en estos sistemas AMPS, dos características que son:

1. Reutilización de frecuencias: este mecanismo, permite un numero de conversaciones concurrentes, mucho mayor, que el número de canales de voz, derivados de la parcelación del espectro asignado.
2. División de celdas, o la adición de celdas entre las celdas existentes:

La reutilización de frecuencias, es una herramienta que conjuntamente con la anterior, daba mayor vida útil a este sistema. Antes de que este se viera completamente limitado por la saturación e interferencia. Entonces, para poder establecer la comunicación, entre usuarios que ocupaban distintas celdas. Como, por ejemplo: Una celda A, con una celda B. Para ello, se interconectan todas las estaciones base a un MTSO (Oficina de Comutación de Telefonía móvil), o también llamado: MSC (Centro de Comutación Móvil). A partir de aquí, se establece una jerarquía como la del sistema telefónico ordinario.

## UNIDAD 3 TELEFONÍA MÓVIL TERRESTRE

Esta unidad está compuesta por 3 temas.

**Figura 53**  
Vista Unidad III. Telefonía Móvil Terrestre en seAmpE

The screenshot shows the seAmpE platform interface. On the left, there is a vertical sidebar with the seAmpE logo at the top. Below it are three buttons: "Inicio", "Contenido teorico" (which is expanded to show a list of topics), and "Calcular". The "Contenido teorico" section contains the following topics:

- UNIDAD I - MODELOS DE PROPAGACIÓN
- UNIDAD II - COMUNICACIONES INALAMBRICAS
- UNIDAD III - CARACTERISTICAS DEL CANAL INALAMBRICO
- UNIDAD IV - INTRODUCCION A SISTEMAS DE COMUNICACIONES SATELITALES

The main content area is titled "TELEFONIAS MOVILES CDMA, TDMA, CDPD" and contains three sub-sections: "CDMA", "TDMA", and "CDPD". Below these, there are two collapsed sections: "SISTEMAS GSM, GPRS, PCS" and "SISTEMAS MOVILES 4G-LTE, 5G IoT".

Para ingresar al tema 1 de esta unidad se da click en la fecha al final de este dónde se despliega el contenido de este tema.

**Figura 54**  
Vista tema Telefonías Móviles CDMA, TDMA, CDPD en seAmpE

This screenshot shows the detailed view of the "TELEFONIAS MOVILES CDMA, TDMA, CDPD" topic. The main content area is divided into three separate sections: "CDMA", "TDMA", and "CDPD", each represented by a white rectangular box. Below these sections, there are two collapsed sections: "SISTEMAS GSM, GPRS, PCS" and "SISTEMAS MOVILES 4G-LTE, 5G IoT".

De este modo para tema: **Telefonías Móviles – CDMA, TDMA, CDPD**, se encuentran las tecnologías de este tema, para ingresar a estas se da click sobre la que se requiera, esta abre una nueva ventana, al ingresar al tema **CDMA**, se observa de la siguiente manera (Figura 57), se encuentra un texto, un gif con características de este, y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea)

**Figura 55**  
Vista tema CDMA en seAmpE

**Acceso multiple por Division de Codigo**

Es un protocolo de acceso múltiple para los sistemas de comunicación celular móvil, en otras palabras, es una técnica que permite que varios usuarios puedan acceder a un mismo medio de comunicaciones.

CARACTERISTICAS:

```
graph TD; A[Controlar el acceso de los usuarios.] --- B[Asignar recursos de modo que el medio de transmisión se utilice eficientemente.]; B --- C[Permitir que todos los usuarios tengan la misma capacidad]; C --- D[CDMA  
ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISION DE CÓDIGO  
CARACTERISTICAS]; D --- E[Flexibilidad para permitir diferentes tipos de tráfico.]; D --- F[Estabilidad, es decir que cada vez que se presente un cambio del sistema se debe llegar a un nuevo punto de equilibrio.]; D --- G[Robustez respecto a fallas en el equipo.]
```

Ventajas:

▶ 0:00 / 1:03

La información o contenido de este es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

#### Contenido Audio:

Algunas ventajas, de estos sistemas CDMA:

1. Posee capacidad no rígida, lo que quiere decir que no está limitada rigurosamente debido a que sufre degradación paulatina por interferencia.
2. Permite una transferencia de llamadas entre celdas no rígidas.
3. Tiene diversidad inherente.
4. Utiliza eficientemente el espectro.

5. Simplifica la planeación y el desarrollo del sistema.
6. Incrementa la capacidad del sistema, en comparación con: TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo), y FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia).
7. Permite, fácil transición de sistema analógico a digital.
- Y 8. Puede coexistir con los sistemas ya instalados y puede hacerse, una migración a largo plazo.

Al ingresar al tema **TDMA**, se observa de la siguiente manera (Figura 58), se encuentra un texto, un gif con características de este, y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea)

**Figura 56**  
Vista tema TDMA en seAmpE

**Acceso Multiple por Division De Tiempo**

RRepresenta el acceso múltiple por división de tiempo, es una tecnología que permite múltiples conversaciones compartiendo el mismo canal de radio. Es un tipo de modulación digital. Los proveedores de telefonía móvil pueden usarla para transmitir datos.

**CARACTERISTICAS:**

| <b>TDMA</b> (Acceso Múltiple por División de Tiempo)<br>CARACTERISTICAS |   |
|---|---|
| <b>1</b>  | Se divide el canal en ranuras temporales o Slots.   |
| <b>2</b>  | Uso mayoritario en sistemas 2G: GSM.  |
| <b>3</b>  | Una única frecuencia.   |
| <b>4</b>  | Una trama consta de N Slots, asignados a cada uno de los usuarios.  |
| <b>5</b>  | En el multirayecto, se emplea una sola portadora para dar servicio a varios canales mediante compartición temporal.   |
| <b>6</b>  | Cada estación móvil extrae la información en el intervalo temporal que tiene asignado y de ella se obtiene referencia de portadora , temporización y sincronización de la trama |

Ventajas:

▶ 0:00 / 0:43

La información o contenido de este es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

#### Contenido Audio:

Algunas ventajas de la tecnología, TDMA (Acceso múltiple por división de tiempo)

1. Ahorro energético, debido a la transmisión, a ráfagas.
2. La transmisión discontinua facilita los traspasos.
3. No se requieren duplexores incluso con FDD.
4. Asignación dinámica de capacidades.
5. Puede ser adaptado para transmitir voz y datos, soporta diferentes velocidades.
6. Esta tecnología, divide a sus usuarios en tiempo asegura que no experimentaran interferencias de otras transmisiones simultáneas.

Al ingresar al tema **CDPD**, se observa de la siguiente manera (Figura 59), se encuentra un texto, una tabla, un gif con características de este.

**Figura 57**

Vista tema CDPD en seAmpE

**CDPD (Red celular Digital para Paquetes de Datos)**

Tecnología inalámbrica que facilita la transmisión de datos a través de partes de una red telefónica que no sean utilizadas. Es una completa red móvil de datos (arquitectura de red) que incluye la definición de radio, los mecanismos para compartir canales, los mecanismos para asegurar la movilidad en área local y amplia, los protocolos y procedimientos de interpretación entre sistemas entre otros.

**Objetivos:**

|  |
|--|
| 1. Conseguir un estándar único que pueda inter operar con múltiples proveedores de servicios |
| 2. Está diseñado para soportar IP y los protocolos de redes sin conexión de la ISO           |

El sistema esta estructurado siguiendo los 7 niveles del modelos OSI:

**Estructura:**

OSI-Modelo de Referencia de Capa de Red

|   |  |
|---|--|
| 7 | Permiten la gestión de movilidad o la habilidad para enviar paquetes al aparato móvil correcto   |
| 6 |  |
| 5 |  |
| 4 |  |
| 3 |  |
| 2 | Permiten la función de acceso a la red, y tratan con los protocolos y procesos que permiten a los aparatos móviles comunicar con la red a través de un canal de radio. |
| 1 |  |

La información o contenido de este es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

## Sistemas GSM, GPRS, PCS

El tema **Sistemas GSM, GPRS y PCS**, se observa de la siguiente manera (Figura 60), se encuentra con cada una de estos estándares o sistemas.

**Figura 58**

Vista tema *Sistemas GSM, GPRS, PCS* en seAmpE

The screenshot shows a web-based learning environment. On the left, there is a vertical sidebar with a dark blue background and white text. It features the logo 'SeAmpE' at the top, followed by navigation links: 'Inicio', 'Contenido teórico' (with a downward arrow), and four units: 'UNIDAD I - MODELOS DE PROPAGACIÓN', 'UNIDAD II - COMUNICACIONES INALÁMBRICAS', 'UNIDAD III - CARACTERÍSTICAS DEL CANAL INALÁMBRICO' (which is highlighted with a light blue background), and 'UNIDAD IV - INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE COMUNICACIONES SATELITALES'. Below these is a link to 'Resumen'. The main content area has a light gray background. At the top, it says 'TELEFONÍAS MÓVILES CDMA, TDMA, CDPD' with a dropdown arrow. Below that is a section titled 'SISTEMAS GSM, GPRS, PCS' with three buttons: 'GSM' (highlighted in blue), 'GPRS', and 'PCS'. Underneath this is another section titled 'SISTEMAS MÓVILES 4G-LTE, 5G IoT' with a dropdown arrow. The overall interface is clean and organized, typical of educational software.

Para ingresar a la tecnología que se requiera se da click sobre ella, esta abre una nueva ventana, al ingresar al tema **GSM** de la unidad 3. Se observa de la siguiente manera (Figura 61), se encuentra un texto, una tabla, un gif que contiene algunos hitos de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

**Figura 59**

Vista tema GSM en seAmpE

**GSM (Group Special Mobil)**

Fue el intento europeo de unificar los distintos sistemas móviles digitales y sustituir a los análogos. Diseñado con la posibilidad de que varios operadores pudieran compartir el espectro la red GSM, de segunda generación (2G), permite conexiones tanto de datos como de voz.

GSM tiene cuatro versiones principales basadas en la banda:

|            |
|------------|
| GSM - 850  |
| GSM - 900  |
| GSM - 1800 |
| GSM - 1900 |

**HISTORIA:**

The timeline highlights the following milestones:

- 1982: El CEPT inicia un sistema GSM.
- 1985: El CEPT concreta las fechas para su desarrollo y lanzamiento.
- 1986: El CEPT prueba estos sistemas experimentales en París.
- 1987: Frecuencias a 900-960 MHz de trabajo 928-940 MHz de tráfico.
- 1988: La ETSI crea un grupo de trabajo dedicado a GSM.
- 1989: Se establecen las especificaciones finales de la fase 1.
- 1990: Nueva asignación de frecuencias GSM 1900: 1710-1785 MHz de trabajo 1805-1880 MHz de tráfico.
- 1991: Primera llamada oficial con un móvil GSM.
- 1992: Aprobado en el primer país firmante no europeo del sistema GSM.
- 1993: Desarrollo de la fase 2 (operando en 1900 MHz).
- 1994: Conclusión de las especificaciones de la fase 2+.

0:00 / 0:55

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

Contenido audio:

Algunas de las ventajas de los sistemas GSM:

1. Cobertura extensa: tiene un espectro armonizado, lo que significa que los usuarios pueden operar en diferentes bandas de frecuencia, los usuarios se pueden transferir fácilmente entre las redes y mantener el mismo número.
2. Gran variedad de teléfonos: Debido a su utilización en todo el mundo, hay una mayor variedad de teléfonos que operan en GSM.
3. Permite la transmisión y recepción de información multimedia.
4. Ofrece múltiples servicios como: Mensajería de Texto, Identificador de llamada, llamada entrante, llamada saliente, llamada en espera, correo de voz, entre otros.

Al ingresar al tema **GPRS** de la unidad 3. Se observa de la siguiente manera (Figura 62), se encuentra un texto, un gif que contiene algunas características de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

## **Figura 60**

### Vista tema GPRS en seAmpE

**GPRS (Servicio General de Paquetes via Radio)**

Es un sistema de comunicaciones móvil que se creó en la década de los 80. Fue bautizada como la generación 2.5, trajo varios cambios y aportes innovadores a las comunicaciones móviles es una extensión mejorada del GSM.

GPRS es una técnica de conmutación de paquetes que emplea una codificación reducida del canal, tiene la capacidad para suministrar datos directamente al terminal de usuario, incluso si este se encuentra apagado o fuera de cobertura.

**CARACTERISTICAS:**

The diagram consists of a central circle containing the text "GRPS" and "Servicio General de Paquetes via Radio". Five blue circles are arranged around it, each containing a number and a descriptive sentence. Small colored circles (blue, green, and yellow) are scattered around the main circles.

- 1** La facturación se realiza en función del consumo de datos y no del tiempo de conexión, un usuario puede mantenerse conectado de forma permanente.
- 2** Cuenta con los beneficios del sistema GSM, como: Servicio de mensaje corto(SMS), servicio de mensajería multimedia (MMS) y otros.
- 3** Permite descargar archivos de manera mucho mas rápida que por medio de tecnologías predecesoras.
- 4** Basado en tecnología GSM, permite una comunicación permanente y estable durante la realización de llamadas de voz.
- 5** Realiza llamadas de voz sin cortar la transmisión de datos en el equipo, ya que el GPRS trabaja de manera simultanea al sistema GSM(solo en equipos clase A)

**CARACTERISTICAS**

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

## Contenido audio:

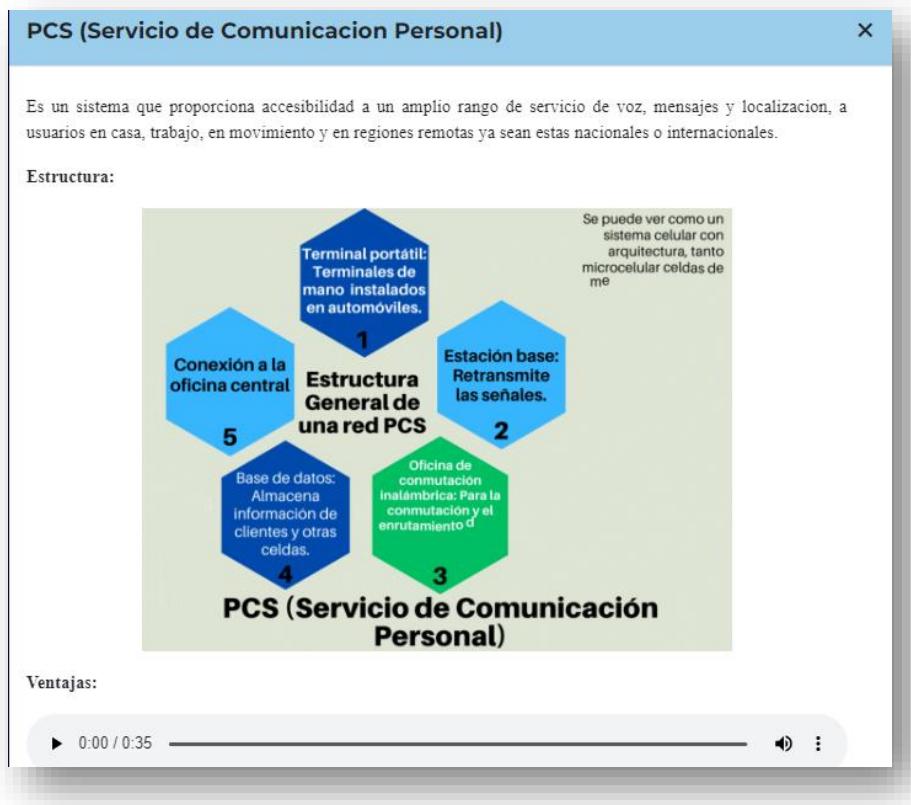
Algunas de las ventajas de estos sistemas, GRPS son:

1. Puede brindar una velocidad de conexión 5 veces mayor que su predecesora GSM.
  2. Ofrece un amplio número de servicios que van más allá de las llamadas de voz.
  3. No existe tarificación por tiempo de conexión, siendo esta realizada a partir del volumen de datos utilizados.

Y 4. Al utilizar un modo asimétrico de transmisión, la velocidad de transferencia se optimiza según el uso que se le dé a la red.

Al ingresar al tema **PCS** de la unidad 3. Se observa de la siguiente manera (Figura 63), se encuentra un texto, un gif que contiene la estructura de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

**Figura 61**  
Vista tema PCS en seAmpE



Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

Contenido audio:

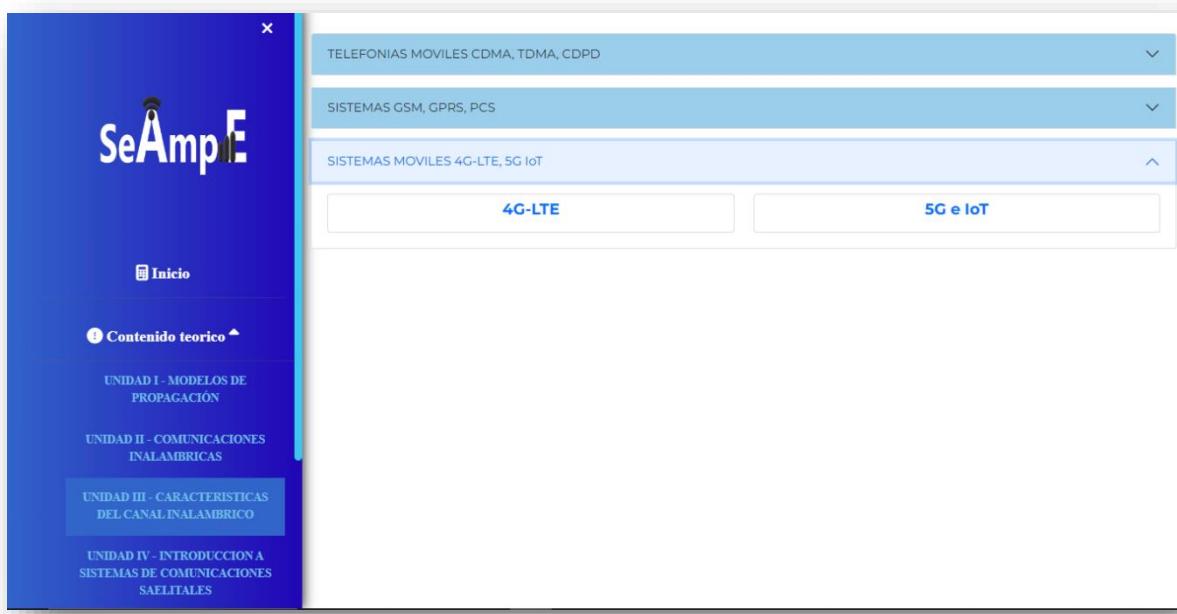
Algunas de las ventajas de los sistemas, PCS:

1. Movilidad personal y de terminal: ofrece comunicación sin importar la localización del usuario.
2. Servicios multimedia de calidad: Ofrece servicios multimedia con buena calidad de voz, velocidades de datos entre otros.
3. Servicio de Roaming global y automático, sin limitaciones a una red.
- Y 4. Alta capacidad.

## Sistemas Móviles 4G-LTE, 5G e IOT

El tema **Sistemas Móviles 4G - LTE, 5G e IOT**, se observa de la siguiente manera (Figura 64), se encuentra con cada una de estos estándares o sistemas.

**Figura 62**  
Vista tema Sistemas Móviles 4G-LTE, 5G e IOT



Para ingresar a la tecnología que se requiera se da click sobre ella, esta abre una nueva ventana, al ingresar al tema **4G - LTE** de la unidad 3. Se observa de la siguiente manera (Figura 65), se encuentra un texto, un gif que contiene algunos hitos de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

**Figura 63**

Vista tema 4G- LTE en seAmpE

**4G - LTE()**

4G hace referencia a la cuarta generación de rede móviles y LTE es sinónimo de Evolución a Largo Plazo. Es un estándar para la comunicación inalámbrica de datos a alta velocidad. Expande el tamaño de la red y la velocidad mediante el uso de una estructura de red rediseñada produciendo mayor velocidad y potencia en la comunicación, es la red más popular.

**Historia:**

The diagram is a timeline titled "4G - LTE HITOS" (Milestones). It shows various events in boxes connected to a central timeline line. The events are as follows:

- 2002: ITU establece la visión estratégica de 4G
- 2006: La empresa Sprint Nextel anuncia que invertiría 5 millones de dólares en tecnología WiMax
- 2007: La firma japonesa NTT DoCoMo testeó un sistema prototípico de 4G
- 2008: HTC anuncia el primer móvil habilitado para WiMax conocido como Max 4G
- 2013: En Colombia el MinTic subasta 6 espectros en la red 4G, se originan 2 nuevos operadores móviles
- 2011: La empresa EPM, anuncia el lanzamiento de 4G - LTE en Colombia para el año 2012
- 2010: Entel lanza la tecnología 4G - LTE para Bolivia
- 2009: La empresa Letonia LRTC anuncia la primera red 4G operativa en los países bálticos
- 2010: En Letonia la empresa LMT inaugura la red LTE 5G en modo prueba en el 50% de la población
- 2010: Sprint Nextel lanza el primer móvil inteligente WiMax en EE.UU., conocido como HTC Evolution 4G

**Ventajas:**

▶ 0:00 / 0:49

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

### Contenido Audio:

Algunas ventajas de 4G-LTE:

1. Conexión a internet con velocidades hasta 10 veces más rápidas que con otras redes de 3G.
2. Acceso a todo Smartphone con acceso a redes 4G la posibilidad de conectarse desde cualquier país del mundo.
3. Mejor definición y alta velocidad en red para servicios multimedia.
4. Esta tecnología permite hacer streaming en tiempo y real y con muy buena definición.
5. Asegura a los usuarios soporte necesario para la movilidad y compatibilidad entre los sistemas, con lo cual se podrá utilizar de banda ancha en cualquier momento y lugar.

Al ingresar al tema **5G e IOT** de la unidad 3. Se observa de la siguiente manera (Figura 66), se encuentra un texto, un gif que contiene algunas ventajas de este sistema y un video (se puede reproducir y pausar, subir y bajar el volumen en el momento que se desea).

**Figura 64**

Vista tema 5G e IoT en seAmpE

The screenshot shows a presentation slide titled '5G E IoT'. The content is divided into two main sections: 'Cuando hablamos de 5G' and 'Cuando hablamos de IoT'. Below these sections is a 'Ventajas:' section containing a circular diagram with ten items, each with a checkmark.

**Cuando hablamos de 5G:**

When we talk about 5G, we refer to the fifth generation of cellular wireless technology, which offers higher speeds, more consistent connections, and improved network capacity compared to previous generations. It allows for better connectivity and faster data transmission, enabling various applications like remote control, autonomous vehicles, and smart homes.

**Cuando hablamos de IoT:**

When we talk about IoT, we refer to a revolution in technology that enables everyday objects to connect to the internet. This connection, combined with 5G, creates a world of intelligent objects that can communicate and share information, leading to significant improvements in efficiency and convenience.

**Ventajas:**

**Ventajas de unir: 5G e IoT**

- Máis velocidad de transmisión ✓
- Máis dispositivos conectados ✓
- Máis seguridad ✓
- Menor latencia ✓
- Menor consumo de energía ✓
- Mejor respuesta a los datos ✓
- Mejor optimización de los procesos ✓
- Mejor optimización de los procesos ✓
- Mejor respuesta a los datos ✓
- Mejor respuesta a los datos ✓

**¿CÓMO FUNCIONA 5G?**

Las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

Contenido del video Funcionamiento de 5G:

¿Cómo funciona la tecnología 5G?

Bueno, te cuento que al igual que las redes celulares anteriores, la tecnología 5G utiliza emplazamientos celulares que transmiten datos a través de ondas de radio. Los emplazamientos celulares se conectan a las redes con tecnología inalámbrica o con conexión por cable. La tecnología 5G funciona al modificar la forma en que se codifican los datos, lo que aumenta significativamente el número de ondas utilizables para los operadores.

La OFDM. La multiplexación por división de frecuencia ortogonal.

Es una parte esencial de la tecnología 5G. OFDM es un formato de modulación que codifica las ondas aéreas de banda alta incompatibles con 4G y ofrece una menor latencia y una mayor flexibilidad en comparación con las redes LTE.

#### Torres más pequeñas

La tecnología 5G también utiliza transmisores más pequeños colocados en edificios y otras infraestructuras. La tecnología celular 4G y las anteriores dependían de torres móviles independientes. La capacidad de hacer funcionar la red desde pequeños emplazamientos celulares permitirá utilizar muchos dispositivos a velocidades superiores.

#### Recorte de la red

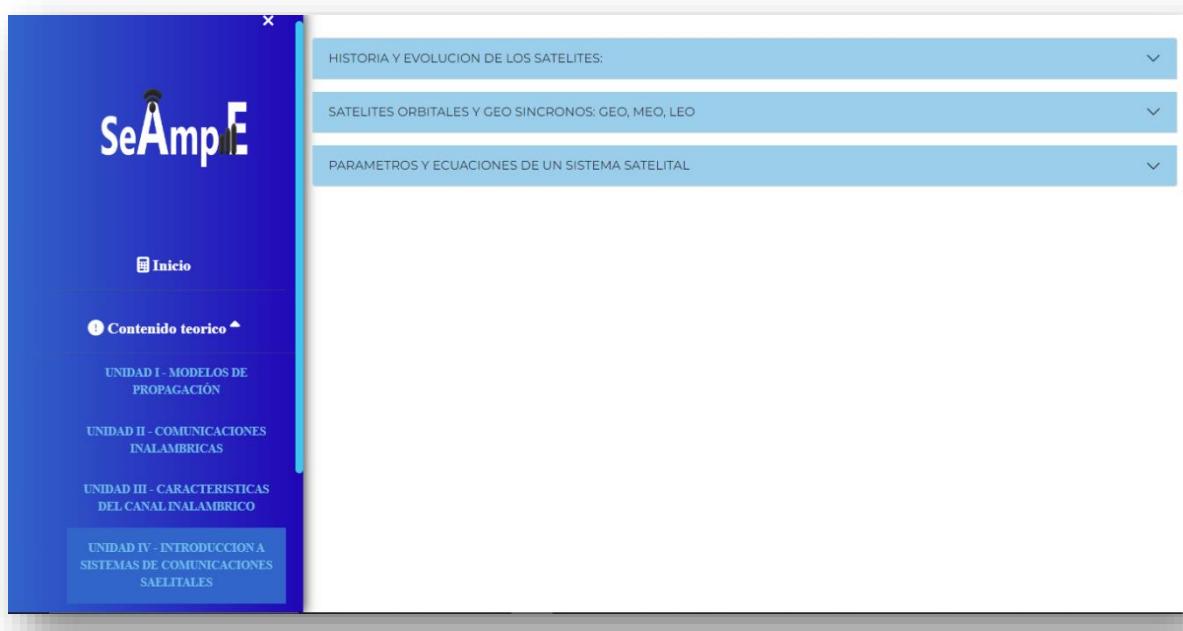
Los operadores de redes móviles utilizan la tecnología 5G para desplegar múltiples redes virtuales independientes sobre la misma infraestructura. Pueden personalizar cada corte de red para diferentes servicios y casos de empresa, como los servicios de streaming o tareas empresariales. Al formar una colección de funciones de red 5G para cada caso de uso o modelo específico, puede dar soporte a diferentes requisitos de todos los sectores verticales. La separación de servicios significa que los usuarios se benefician de una experiencia más fiable y una mayor eficiencia en sus dispositivos.

## UNIDAD 4 INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE COMUNICACIONES SATELITALES

Esta unidad está compuesta por 3 temas.

**Figura 65**

Vista Unidad IV. Introducción a Sistemas de Comunicaciones Satélites en seAmpE



Para ingresar al tema 1 de esta unidad se da click en la fecha al final de este dónde se despliega el contenido de este tema.

De este modo para tema: **Historia y Evolución de los Satélites**, se encuentra un video explicativo de este concepto puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este. También se encuentra un audio (puede reproducir o pausar en el momento que desee)

**Figura 66**  
Vista tema Satélites Artificiales en seAmpE

The screenshot shows the seAmpE learning management system interface. On the left, there's a vertical sidebar with the 'SeAmpE' logo at the top, followed by a navigation menu with the following items:

- Inicio**
- Contenido teórico** (selected)
- UNIDAD I - MODELOS DE PROPAGACIÓN
- UNIDAD II - COMUNICACIONES INALÁMBRICAS
- UNIDAD III - CARACTERÍSTICAS DEL CANAL INALÁMBRICO
- UNIDAD IV - INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE COMUNICACIONES SATELITALES

The main content area is titled "HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LOS SATELITES:" and contains the following text: "El siguiente video brinda el concepto de satélites:". Below this is a video player window with the title "SATÉLITES DEFINICIÓN" and a progress bar showing "0:01 / 6:18". Underneath the video player, there are two collapsed sections: "SATELITES ORBITALES Y GEO SINCRONOS: GEO, MEO, LEO" and "PARAMETROS Y ECUACIONES DE UN SISTEMA SATELITAL".

La información o contenido de este es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

Contenido del video Definición de Satélite Artificial:

### **Satélites y su Definición.**

#### **¿Qué es un satélite artificial?**

Es construido por el hombre, y sirve para enviar y recibir comunicaciones de uso masivo como la telefonía, Internet o la televisión. Gira alrededor de un planeta, en una órbita definida.

#### **Pero. ¿Cuáles, son las partes de un Satélite artificial?**

Bueno, una de ellas es: El **Sistema de suministro de energía**: Asegura, el funcionamiento de los sistemas. Normalmente, está constituido por paneles solares. Estos paneles solares son: dos secciones iguales, y ampliadas de forma simétrica, en las paredes, sur y norte, de un satélite. Cada una de éstas, está conformada, por tres paneles solares, y su función es, transformar la energía del sol, en energía eléctrica.

**Sistema, de control:** Es el ordenador principal del satélite y procesa las instrucciones almacenadas y recibidas desde la Tierra.

**Sistema, de comunicaciones:** Es el conjunto de antenas y transmisores, para comunicarse con las estaciones de seguimiento y así recibir instrucciones y enviar

los datos captados. Las antenas, reciben señales de radiofrecuencia de las estaciones terrenas transmisoras o de otros satélites, luego de que son amplificadas, en el satélite se envían de regreso hacia otro destino como a la Tierra, u otro satélite. En el interior de un satélite, las antenas son el puerto de entrada y salida, de los objetos electrónicos localizados dentro del satélite.

**Sistema, de posicionamiento:** Mantienen el satélite, en la posición establecida, y lo apuntan hacia su objetivo.

**Blindaje térmico:** Constituye el aislante térmico que protege los instrumentos del satélite de los cambios bruscos de temperatura a los que están sometidos. Esta protección es la que da el color dorado, característico de muchos satélites.

Y, por último, **la Carga útil:** Sistema que se encuentra en el satélite el cual otorga el enlace para la recepción y transmisión de señales de radiofrecuencia.

Estas, serían las partes más comunes y principales de los satélites. Cabe mencionar, que, dependiendo del fabricante, pueden variar sus componentes, pero aquí te mencione las más comunes y principales.

A continuación, el satélite meteorológico: Meteosat 7, en la imagen. Para este tipo de satélite y de esta manera estarían ubicados sus componentes como se muestra en la imagen.

Bueno, **los tipos de satélites artificiales:** Hay varios tipos básicos de satélites artificiales que orbitan sobre la Tierra como:

**Los Geoestacionarios:** Son aquellos, que se mueven en dirección este-oeste, por encima del Ecuador. Siguen la dirección y velocidad de la rotación de la Tierra. Y, **los Polares:** se llaman así porque, viajan de un polo a otro, en dirección norte-sur.

**Según la función que desempeñan los satélites,** los principales son:

**Satélites de comunicación:** Ayudan a transmitir, y a efectuar telecomunicaciones.

**Satélites meteorológicos:** Aquellos empleados para evaluar, medir, y predecir condiciones climáticas de la Tierra.

**Satélites de navegación:** Se usan, para conocer la posición precisa y exacta de algo o de alguien. Por ejemplo: los utilizados por los sistemas de: GPS.

**Satélites de reconocimiento:** Más conocidos como: satélites espías, se utilizan en el ámbito militar o en servicios de inteligencia.

**Satélites astronómicos:** Se fabrican para observar galaxias, planetas, asteroides u otros objetos astronómicos. Y, los **Satélites de energía solar:** Sirven como fuente de alimentación de energía; la reciben desde el sol y se re direcciona hasta las antenas de los hogares en la Tierra.

Pero, **¿Cuál es la importancia de los satélites artificiales?**

Los satélites artificiales, que logran posicionarse en la órbita terrestre, son fundamentales para el desarrollo de la especie humana y de la vida en sociedad. Los satélites, se utilizan para la investigación científica, ya que muchos de ellos son enviados al espacio con el objetivo de explorar otros planetas o cuerpos. Además, permiten observar la vida en la Tierra y estudiar fenómenos como: la deforestación, tipos de relieves, nivel de los mares y la contaminación. También, los satélites son fundamentales, para obtener información útil como: los datos del clima en algún punto específico del planeta o la necesaria para la elaboración de mapas. También son los encargados, del desarrollo de la tecnología de tipo: GPS. Que permite conocer la posición casi exacta, de cualquier objeto, sobre la superficie terrestre. Los satélites artificiales, son de gran importancia en el ámbito de las telecomunicaciones, porque transmiten mensajes e información desde un punto del planeta hacia otro. Los satélites de comunicación, envían y reciben señales que permiten el desarrollo de tecnologías y medios de comunicación como: la televisión, la radio, el teléfono celular, e internet.

Contenido Audio:

Las principales características de los satélites artificiales son:

1. Son creados por el ser humano.
2. Pueden ser esféricos, cilíndricos o cónicos. En su interior cuentan con materiales de alta delicadeza y sensibilidad.
3. Pueden ser observados desde la Tierra.
4. Deben tener una ruta o trayectoria a seguir. Cuando un satélite, tiene una trayectoria alrededor de un planeta se denomina órbita.
6. Pueden, estar activos o inactivos. Los satélites tienen una vida útil determinada por lo que, al cabo de un tiempo o debido a ciertos factores entran en desuso.
- y 7. Son lanzados en un cohete

## Satélites Orbitales y GeoSíncronos: GEO, MEO, LEO

El tema **Sistemas Orbitales y Geo Síncronos: GEO, MEO, LEO**, se observa de la siguiente manera (Figura 69), se encuentra un gif, y cada uno de los tipos de satélites

**Figura 67**

Vista tema Sistemas Orbitales y Geo Síncronos: GEO, MEO, LEO en seAmpE

HISTORIA Y EVOLUCIÓN DE LOS SATELITES.

SATELITES ORBITALES Y GEO SÍNCRONOS: GEO, MEO, LEO

Definición de los satélites Orbitales y Geo Síncronos:

**SATÉLITES ORBITALES**

Estos giran alrededor de la Tierra en un patrón elíptico o circular de bajo latitud. Se tienen las siguientes órbitas dentro de este:

**ÓRBITA PRÓGRADO:** Es cuando el satélite está girando en la misma dirección que la rotación de la Tierra y a una velocidad angular superior que la de la Tierra.

**ÓRBITA RETROGRADA:** Es cuando el satélite está girando en la dirección opuesta a la rotación de la Tierra, o en la misma dirección, pero a una velocidad angular menor a la de la tierra.

**SATÉLITES GEOSÍNCRONOS**

Geosíncrono significa que el satélite orbita con la misma velocidad angular que la de la tierra. Cuando tanto el ángulo de inclinación como la excentricidad son cero, el satélite es geostacionario sobre el ecuador. Sin embargo, cuando la inclinación no es cero, el satélite es capaz de observar regiones situadas en altas latitudes.

Satélites según su tipo:

GEO      MEO      LEO

Para ingresar a la órbita que se requiera se da click sobre ella, esta abre una nueva ventana, al ingresar al satélite tipo **GEO** de la unidad 4. Se observa de la siguiente manera (Figura 70), se encuentra un texto, una tabla, un gif que contiene algunas características de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual.

## **Figura 68**

### Vista tema GEO en seAmpE

## GEO

Los satélites de órbita geoestacionaria (GEO) siguen una órbita alrededor de la tierra sobre el ecuador en una dirección y velocidad similares a la de la rotación de la tierra. Esto permite al satélite permanecer concentrado en un área de la superficie terrestre de forma continua.

**Usos de la órbita GEO:**

Periodo orbital de: 24 horas, en ella se ubican todos los satélites que proveen: internet, televisión, telefonía y otros datos a diferentes regiones del planeta y a la detección y difusión de datos meteorológicos.

Es utilizada para colocar los satélites que deben absolutamente cubrir una región determinada o ser apuntados por antenas fijas en el suelo.

**CARACTERÍSTICAS:**

**GEO Características**

- La distancia (respecto a la Tierra) a la que se instalan: **35.786 kilómetros (plano ecuatorial de la tierra).**  
su excentricidad **0**
- Vida útil de los satélites:  
Mínimo: **3 años**  
máximo: **7 años**
- La cantidad de satélites que se necesitan para cubrir el globo terráqueo:  
**3 satélites son suficientes para dar cobertura a**
- Ancho de banda que utilizan:  
**25 a 27 GHz**

**Ventajas:**

## **Contenido Audio:**

Ventajas de la órbita GEO:

1. Amplia cobertura
  2. Alta calidad
  3. Posibilidad de utilización de aplicaciones de comunicaciones muy diversas.
  4. Su coste económico global es menor.

Y 5. Además, la sincronización de su órbita con la rotación de la tierra, convierte el proceso de seguimiento del satélite en mucho más simple que en el de las órbitas no geoestacionarias.

Al ingresar al satélite tipo **MEO** de la unidad 4. Se observa de la siguiente manera (Figura 71), se encuentra un texto, una tabla, un gif que contiene algunas

características de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

**Figura 69**  
Vista tema MEO en seAmpE

The screenshot shows a window titled "MEO". In the "Usos de la órbita MEO:" section, it says: "Los satélites MEO orbitan a una altura mayor que los LEO. Este tipo de satélites, son caracterizados por que la forma de su órbita es usualmente la de una órbita Circular intermedia (ICO). Un sistema global de comunicaciones que está trabajando sobre este tipo de órbita no necesita muchos satélites para poder cubrir todo el territorio del planeta en cuanto a señales de comunicación, a diferencia de la comunicación por medio de satélites tipo LEO." Below this, under "Usos de la órbita MEO:", there are two boxes: one stating "Usada por satélites de observación, defensa y posicionamiento." and another stating "El uso más común de estas órbitas en los sistemas satelitales de navegación global, como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) de los Estados Unidos de América, o el Sistema de Navegación Global por Satélite de la federación rusa (GLONASS)." In the "CARACTERISTICAS:" section, there is a central box labeled "MEO Características" with several surrounding callout boxes: "La distancia (respecto a la Tierra) a la que se instalan: Situados a una altitud de 300 Km a 35,786 km"; "Ancho de banda que utilizan: 1.2 Hz a 1.66 GHz. Vida útil de los satélites: 10 a 15 años"; "La cantidad de satélites que se necesitan para cubrir el globo terráqueo: Son necesarios 10 a 15 satélites para abarcar toda la tierra"; and "Debido a su altura orbital, los MEOS tienen períodos orbitales que están entre las 6 y las 12 horas por cada circunferencia alrededor de la Tierra, por lo que en casos de sistemas espaciales en órbitas MEO se utilizan varios satélites consecutivos en círculo". At the bottom left, there is a "Ventajas:" section and a media player control bar showing "0:00 / 0:55".

Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual.

### Contenido Audio:

Ventajas de la órbita, MEO:

1. Amplia cobertura.
2. Alta calidad.
3. Posibilidad de utilización en aplicaciones de comunicaciones muy diversas y su coste económico global es menor que en los otros sistemas.
4. La sincronización de su órbita con la rotación de la Tierra, convierte el proceso de seguimiento del satélite en mucho más simple que en el de las órbitas no geoestacionarias.

5. Suelen ser órbitas circulares. Al ser más altas que las LEO, la cobertura de cada satélite es mayor y por tanto se necesitan menos satélites para cubrir un área determinada.
6. Y, las pérdidas de propagación más cortas, perfectas para el uso de terminales portátiles y móviles, lo cual tiene un mercado muy amplio.

Al ingresar al satélite tipo **LEO** de la unidad 4. Se observa de la siguiente manera (Figura 72), se encuentra un texto, una tabla, un gif que contiene algunas características de este sistema y un audio (se puede reproducir y pausar en el momento que se desea).

**Figura 70**  
Vista tema LEO en seAmpE

LEO

Estos satélites son de tipo no geoestacionarios, de órbita baja y desde sus primeros lanzamientos, los cuales, a principios de los años 80, son un medio muy importante debido a su gran cobertura mundial y a que presenta una opción muy atractiva en el nivel científico.

Usos de la órbita LEO:

Se usan para proporcionar datos geológicos sobre movimiento de placas terrestres y para la industria de telefonía satelital.

CARACTERISTICAS:

LEO Características

- La distancia (respecto a la Tierra) a la que se instalan:  
Órbita baja terrestre: altitud: 160 a 2.000km  
órbitan la tierra: 160 - 2000Km y su velocidad les permite dar una vuelta al mundo en 90minutos.
- Vida útil: 3 a 7 años. Los satélites LEO necesitan estaciones sencillas, terminales portátiles, así como antenas y fuentes de poder reducidas, permitiendo una gran flexibilidad en su uso.
- Ancho de banda: 1 a 2.5GHz  
Existen 3 tipos que se diferencian en el ancho de banda que utilizan:  
LEO pequeños: Están destinados a aplicaciones de bajo ancho de banda, como los buscaperonas  
LEO grandes: Pueden manejar buscaperonas, servicios de telefonía y transmisión de datos.  
LEO de banda ancha: Conocidos como Mega LEO, operan en la franja de los Mbps
- La cantidad de satélites que se necesitan para cubrir el globo terráqueo: 40 Satélites.

Ventajas:

▶ 0:00 / 0:26

Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual.

## Contenido Audio:

Entre las ventajas de las LEO se puede decir que:

1. Al ser de baja altura, y usar satélites pequeños, el lanzamiento es fácil, y el coste mínimo.
2. La atenuación, por propagación en espacio libre, es pequeña.
- Y, 3. Los retardos de propagación, son pequeños.

## Parámetros y Ecuaciones de un Sistema Satelital

El tema **Parámetros y Ecuaciones de un Sistema Satelital**, se observa de la siguiente manera (Figura 73), se encuentra una imagen de un modelo de enlace satelital junto con un mapa con la definición de cada elemento de este, también el acceso a los parámetros del sistema Satelital y otro para las Ecuaciones del enlace Satelital.

**Figura 71**

Vista tema Parámetros y Ecuaciones de un Sistema Satelital

PARAMETROS Y ECUACIONES DE UN SISTEMA SATELITAL

Modelo basico de un sistema satelital en el siguiente diagrama:

**MODELO SATELITAL**

Las comunicaciones de los enlaces entre estaciones terrenas y los satélites están constituidos por radiación electromagnética dirigida en forma de haces. De esta manera entonces se tienen en cuenta en un modelo de enlace satelital:

**MODELOS DE ENLACE SATELITAL**

Sirve para modelar el canal por donde se envían y se reciben las señales transmitidas de la estación terrena al satélite y de este a la estación terrena.

COMPONENTES DE UN ENLACE SATELITAL:

ESTACION TERRENA

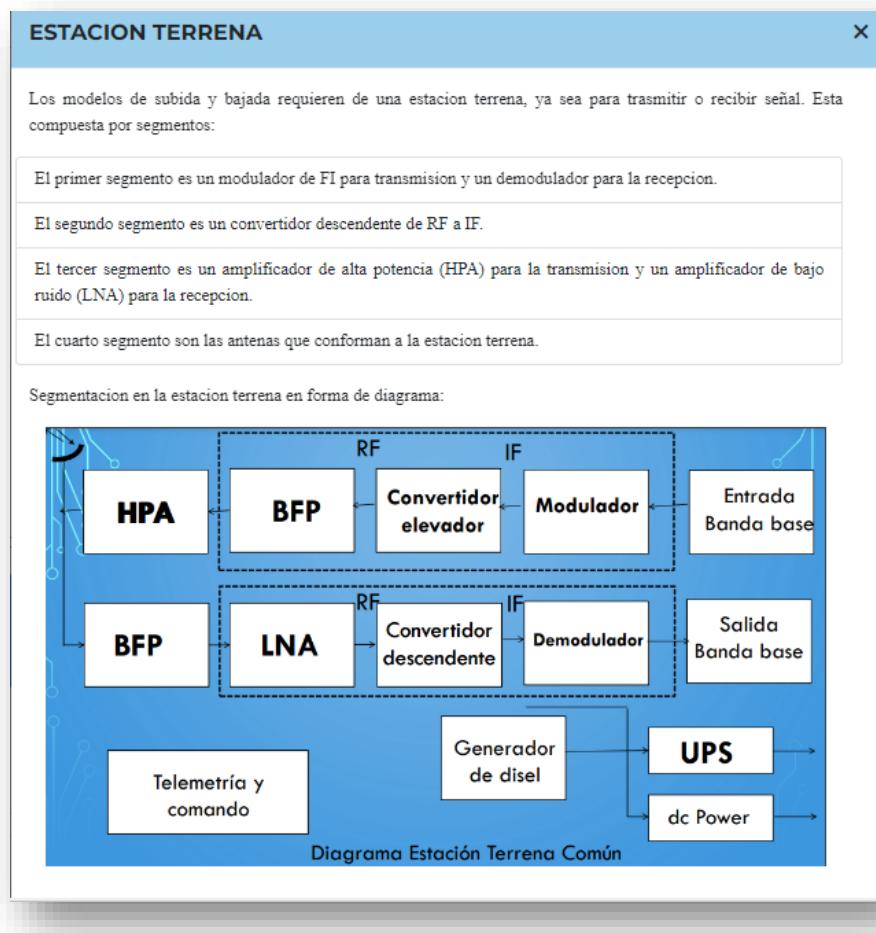
|                                    |                  |                  |
|------------------------------------|------------------|------------------|
| Enlace de subida                   | Enlace de bajada | Enlaces cruzados |
| Transpondedor                      |                  |                  |
| Parametros del Sistema Satelital   |                  |                  |
| Ecuaciones de un Sistema Satelital |                  |                  |

Para ingresar a cada elemento que se requiera se da click sobre estos, esta abre una nueva ventana, al ingresar al elemento **Estación Terrena** de la unidad 4. Se

observa de la siguiente manera (Figura 74), se encuentra un texto, una tabla, una imagen con el diagrama de esta.

**Figura 72**

Vista tema Estación Terrena en seAmpE

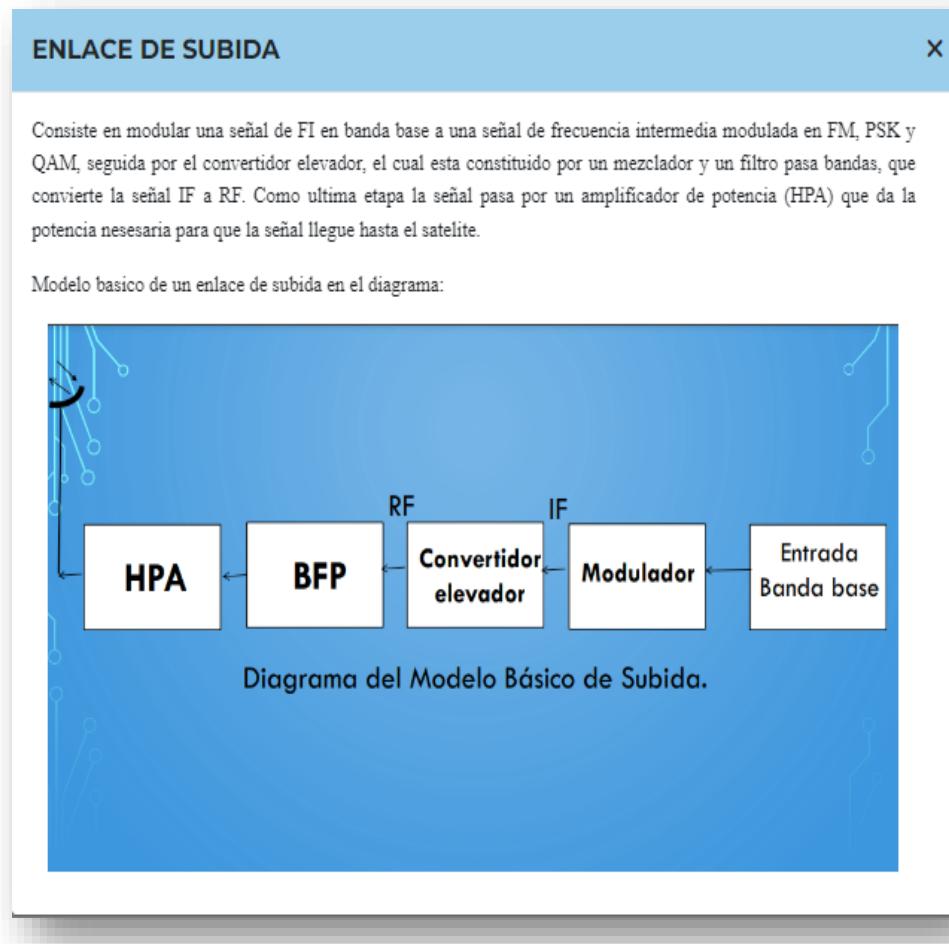


Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual.

Al ingresar al elemento **Enlace de Subida** de la unidad 4. Se observa de la siguiente manera (imagen 75), se encuentra un texto, una imagen con el diagrama de esta.

**Figura 73**

Vista tema Enlace de Subida en seAmpE



Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual.

Al ingresar al elemento **Enlace de Bajada** de la unidad 4. Se observa de la siguiente manera (Figura 76), se encuentra un texto, una imagen con el diagrama de esta.

**Figura 74**  
Vista tema Enlace de Bajada



Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual.

Al ingresar al elemento **Enlaces Cruzados** de la unidad 4. Se observa de la siguiente manera (Figura 77), se encuentra un texto, una imagen con el diagrama de esta.

**Figura 75**  
Vista Tema Enlace Cruzado

**ENLACE CRUZADO**

Para realizar la comunicación satelital en ocasiones, no solo se requiere de un único satélite, en pocas palabras lo que sucede es que cuando no hay línea de vista entre el satélite y el receptor entonces se hace necesario utilizar otro satélite que, si tiene línea de vista con estación receptora, pudiéndose realizar transmisiones a mayor distancia.

Modelo básico de un enlace cruzado en el diagrama:

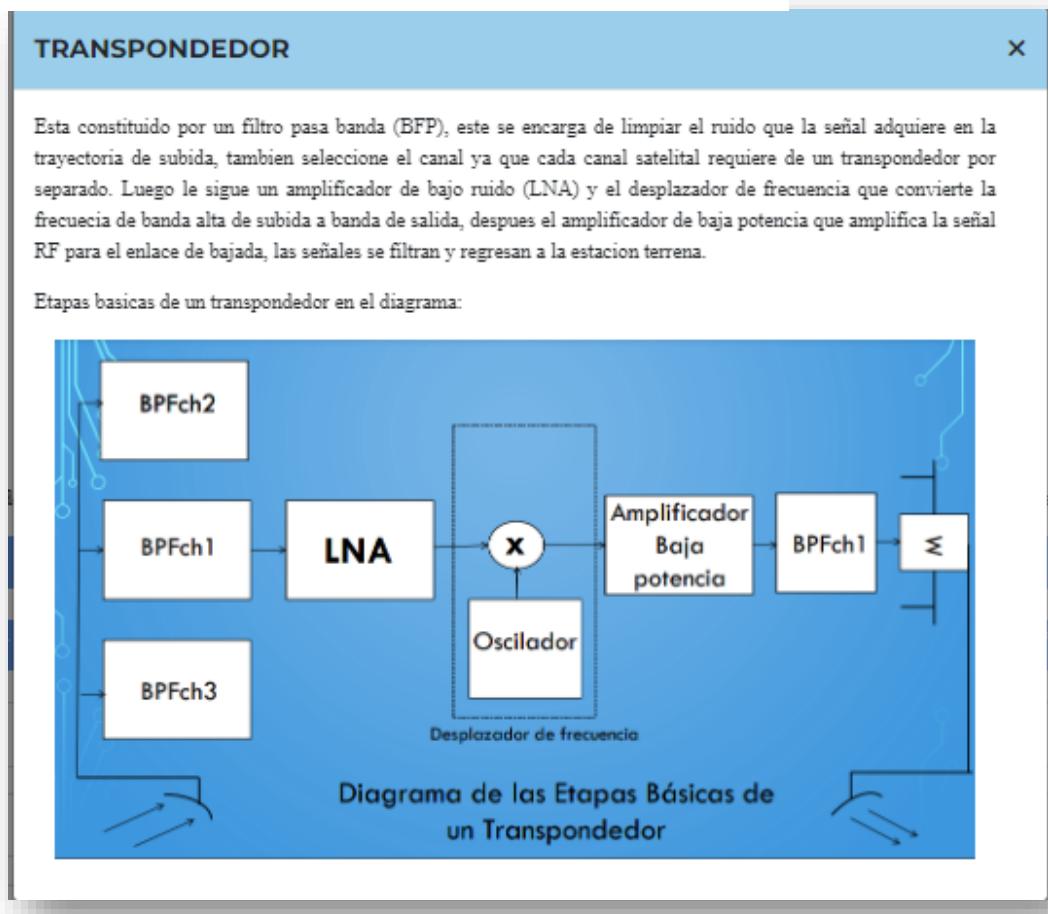
Diagrama de un Enlace Cruzado.

Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual.

Al ingresar al elemento **Transpondedor** de la unidad 4. Se observa de la siguiente manera (Figura 78), se encuentra un texto, una imagen con el diagrama de esta.

**Figura 76**

Vista tema Transpondedor en seAmpE



Las referencias bibliográficas de este tema están al final de este manual.

Al ingresar **Parámetros del Sistema Satelital**, se encuentra un video explicativo de este concepto puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este.

**Figura 77**

Vista tema Parámetros de un Enlace Satelital



La información o contenido de este es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

Contenido del video Parámetros de un sistema satelital:

En un sistema satelital, se deben tener en cuenta una serie de parámetros, es por ello que en este video se mencionaran estos.

Empecemos por el PIRE, que es la potencia radiada isotrópica efectiva. Esta se define como una potencia de transmisión equivalente, y se expresa, mediante la siguiente ecuación.

$$\text{PIRE} = P_r * G_t$$

Donde:

$$P_r = \text{Potencia total radiada de una antena (watts)}$$
$$G_t = \text{Ganancia de antena transmisora (adimensional)}$$

Ahora en términos logarítmicos (en dB). La ecuación anterior se escribe de la siguiente manera:

$$\text{PIRE}_{(\text{dBW})} = P_{r(\text{dBW})} + G_{t(\text{dB})}$$

Donde:

$$P_t = \text{Potencia de salida real del transmisor (dBW)}$$
$$L_{bo} = \text{Perdidas por respaldo de HPA (dB)}$$
$$L_{bf} = \text{Ramificación total y pérdida de alimentador (dB)}$$

De esta manera, tendríamos la siguiente ecuación final.

$$PIRE = P_t - L_{bo} - L_{bf} + G_t$$

Otro parámetro, de un sistema satelital es: La temperatura equivalente, de ruido ( $T_e$ ). El cual es un valor hipotético, que puede calcularse, pero no medirse. ( $T_e$ ), frecuentemente se usa en vez de la figura de ruido, porque es un método más exacto para expresar el ruido aportado por un dispositivo o un receptor cuando se evalúa su rendimiento. La potencia de ruido, es expresada por:

$$N = KTB$$

Entonces, si se agrega, la temperatura ambiente, se tendría:

$$T = \frac{N}{KB}$$

Donde:

$N$  = Potencia total de ruido (watts)

$K$ =Constante de Boltzman( $1.38 \times 10^{-23} \text{ J}/\text{K}$ )

$B$ =Ancho de banda(Hz)

$T$ =Temperatura ambiente( $^{\circ}\text{K}$ )

El factor de ruido (adimensional), se expresa:

Donde,  $T_e$ , es la temperatura de ruido, y se halla de la siguiente manera:

$$NF = 1 + \frac{T_e}{T}$$

Donde,  $T_e$ , es la temperatura de ruido, y se halla de la siguiente manera:

$$T_e = T(NF - 1)$$

Un tercer parámetro, de un sistema satelital es la densidad de ruido. La potencia, de ruido total normalizada a un ancho de banda de 1Hertz, matemáticamente se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$No = \frac{N}{B} = KTe$$

Donde,  $No$  es la densidad de potencia de ruido y se da en W/Hz.

El cuarto parámetro, es la Relación de potencia de portadora a densidad de ruido. Y, se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{C}{N_0} = \frac{C}{KTe}$$

Donde:

C, es la potencia de la portadora, de banda ancha.

Otro parámetro es: La Relación de potencia de energía de bit a densidad de ruido.

Eb/No, es uno de los parámetros más importantes y utilizados en comunicaciones satelitales, cuando se evalúa un sistema de radio digital. Se expresa mediante la siguiente formula:

$$\frac{Eb}{N_o} = \frac{C}{\frac{f_b}{B}} = \frac{CB}{Nfb}$$

La Relación de ganancia a temperatura equivalente de ruido es otro parámetro de un sistema satelital. Donde, G/Te, es una figura mérito usada para representar la calidad de un satélite en receptor de una estación terrena. Y se expresa:

$$\frac{G}{Te} = \frac{G_r + G_{LNA}}{T_e}$$

También, G/Te, es un parámetro muy útil para determinar relaciones de Eb/No y C/N en el transponder del satélite y receptores de la estación terrena.

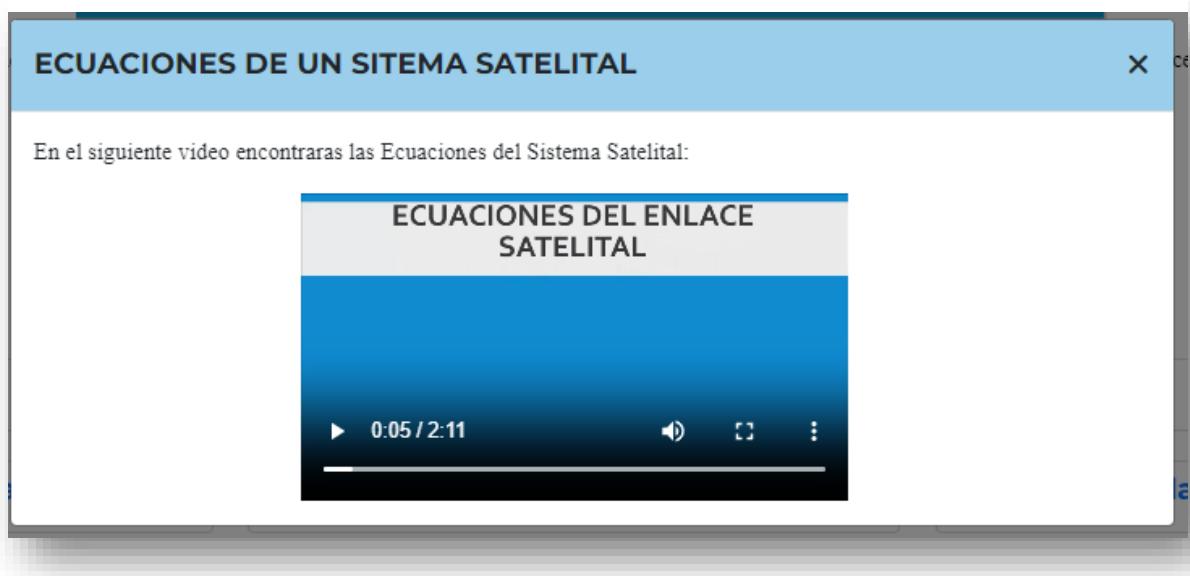
Y, por último, tenemos: Las Pérdidas por espacio libre el PEL se expresa de la siguiente manera:

$$PEL = L_0 = \left( \frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2$$

Al ingresar a **Ecuaciones del Enlace Satelital**, se encuentra un video explicativo de este concepto puede reproducir, pausar, subir o bajar el volumen y ampliar la pantalla de este.

**Figura 78**

Vista tema Ecuaciones del Enlace Satelital en seAmpE



La información o contenido de este es la siguiente, las referencias bibliográficas de este video están al final de este manual.

Contenido del video Ecuaciones de un Sistema Satelital:

En un enlace satelital, se tienen en cuenta las ecuaciones. Estas ecuaciones, se usan para analizar las secciones de subida y de bajada de un sistema satelital. Aquí solo se consideran las ganancias y pérdidas ideales, de igual manera los efectos de ruido térmico.

De esta manera se tiene:

La ecuación del enlace ascendente. Que se expresa de la siguiente manera:

$$\frac{C}{N_0} = \frac{G_t P_r (L_o L_u) G_r}{K T_e} = \frac{G_t P_r (L_o L_u)}{K} * \frac{G}{T_e}$$

Donde:

Lo: Son las pérdidas por espacio libre.

Lu: Son las pérdidas atmosféricas de subida adicionales.

G/Te: Va ser, la ganancia de la antena receptora, más la ganancia del LNA, dividida, por la temperatura de ruido, equivalente de entrada.

En logaritmo, estaría expresada por:

$$\frac{C}{N_o} = 10 \log(G_t P_r) - 20 \log\left(\frac{4\pi D}{\lambda}\right) + 10 \log\left(\frac{G}{T_e}\right) - 10 \log(L_u) - 10 \log(k)$$

$10 \log(G_t P_r)$  = Es la PIRE de la estación terrena

$20 \log\left(\frac{4\pi D}{\lambda}\right)$  = Pérdidas por espacio libre

$10 \log\left(\frac{G}{T_e}\right)$  = Relación de ganancia a temperatura equivalente de ruido del satélite

$10 \log(L_u)$  = Pérdidas atmosféricas adicionales

$10 \log(k)$  = Constante de Boltzman

A continuación, tenemos: la ecuación del enlace descendente. Se expresa de la siguiente manera:

$$\frac{C}{N_o} = \frac{G_t P_r (L_o L_d) G_r}{K T_e} = \frac{G_t P_r (L_o L_d)}{K} * \frac{G}{T_e}$$

Donde

$L_d$  Son las pérdidas atmosféricas de bajada adicionales, los demás parámetros ya sabemos que significan.

Si se expresan en logaritmo tendríamos la siguiente formula:

$$\frac{C}{N_o} = 10 \log(G_t P_r) - 20 \log\left(\frac{4\pi D}{\lambda}\right) + 10 \log\left(\frac{G}{T_e}\right) - 10 \log(L_d) - 10 \log(k)$$

Donde:

$10 \log(G_t P_r)$  : Es la potencia radiada isotropica efectiva.

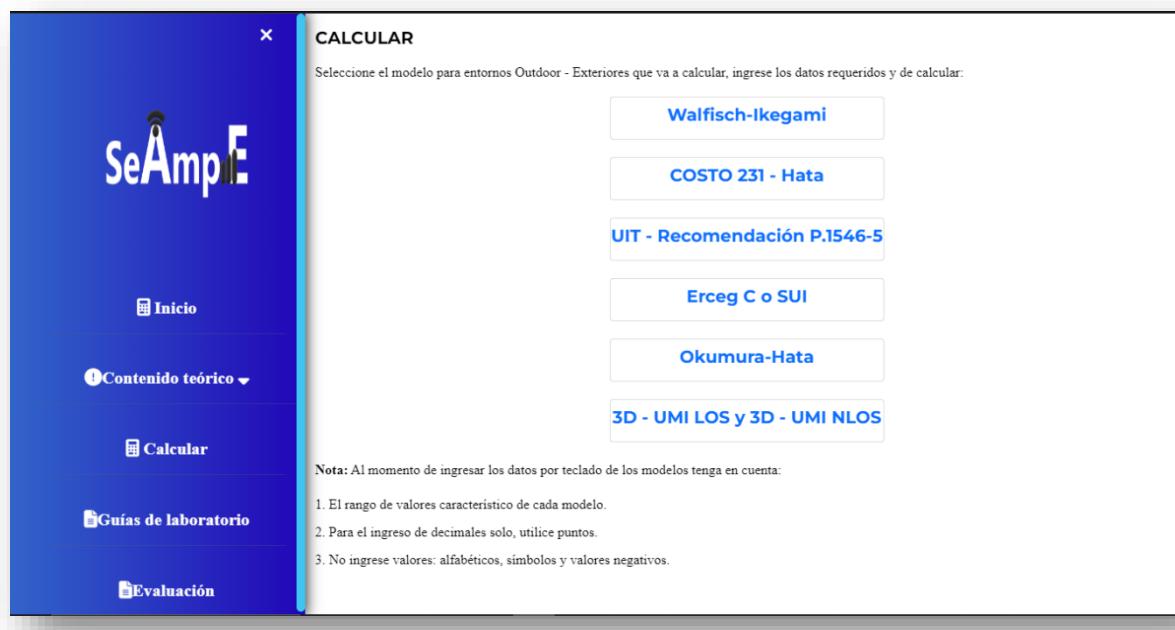
$10 \log(L_d)$  : Pérdida atmosférica, adicionales

## MODULO CALCULAR

Para el ingreso a este módulo se da click en sobre el, donde ingresara a la lista de los seis (6) modelos que trabaja este software, este módulo permite ingresar datos por teclado al usuario para realizar el cálculo de las perdidas por trayecto de cada modelo.

**Figura 79**

Vista Modulo CALCULAR en seAmpE

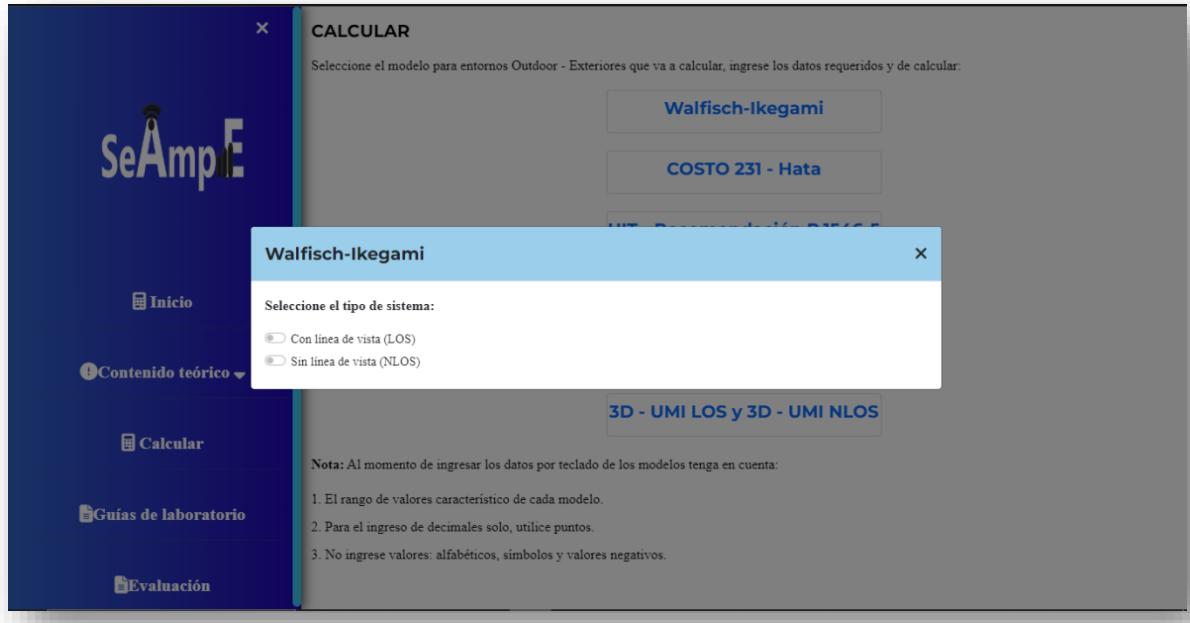


A continuación, se describe modelo por modelo del módulo calcular.

Para ingresar a realizar cálculos al **Modelo Walfisch – Ikegami**, de click sobre este, el cual abrirá un cuadro de dialogo seleccione las características y tenga en cuenta los parámetros de este modelo de esta manera le ira mostrando las ecuaciones según su selección, y por último ingrese los datos por teclado tenga en cuenta los rangos o condiciones de cada dato, de click en **CALCULAR** y obtendrá la respuesta, también cuenta con la opción de **BORRAR DATOS** que sirve para limpiar la pantalla.

**Figura 80**

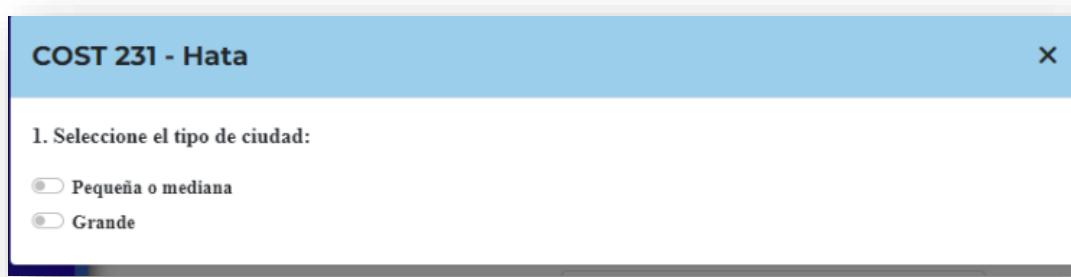
Vista calculadora Walfisch Ikegami en seAmpE



Para ingresar a realizar cálculos al **Modelo Cost 231 – Hata**, de click sobre este, el cual abrirá un cuadro de dialogo seleccione las características y tenga en cuenta los parámetros de este modelo de esta manera le ira mostrando las ecuaciones según su selección, y por último ingrese los datos por teclado tenga en cuenta los rangos o condiciones de cada dato, de click en **CALCULAR** y obtendrá la respuesta, también cuenta con la opción de **BORRAR DATOS** que sirve para limpiar la pantalla.

**Figura 81**

Vista calculadora Cost 231-hata en seAmpE



Para ingresar a realizar cálculos al **Modelo ITU – Recomendación P.1546-5**, de click sobre este, el cual abrirá un cuadro de dialogo seleccione las características y tenga en cuenta los parámetros de este modelo de esta manera le ira mostrando las ecuaciones según su selección, y por último ingrese los datos por teclado tenga en cuenta los rangos o condiciones de cada dato, de click en **CALCULAR** y obtendrá la respuesta, también cuenta con la opción de **BORRAR DATOS** que sirve para limpiar la pantalla.

**Figura 82**

Vista calcular ITU-Recomendacion P.1546-5

**ITU - Recomendacion P.1546-5**

1. Ingrese los datos requeridos:

Formula para el calculo de las perdidas por trayecto segun el modelo:

$$L(dB) = 139,3 - E + 20\log f$$

E está dado en dB $\mu$  V/m y la frecuencia en MHz

Formula para el calculo del campo Electrico segun el modelo:

$$E = 106,9 - 20\log(d_{slope})$$

$$d_{slope} = \sqrt{d^2 + 10^{-6}(h_t - h_r)^2}$$

$h_t$  = Altura de la antena transmisor       $h_r$  = Altura de la antena receptor

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| f(MHz):Frecuencia de operacion del sistema (30 - 3000) | Frecuencia                    |
| d(Km):Distancia entre el transmisor y el receptor      | Distancia Transmisor receptor |
| ht(m):Altura de la antena transmisora                  | Altura antena                 |
| hr(m):Altura de la antena receptora                    | Altura Receptor               |

Nota: Existen correcciones para hallar la altura de las antenas, de igual forma se deben tener en cuenta las curvaturas que dependen de la frecuencia, el tipo de trayecto y el porcentaje de trabajo. Debido a que esta Recomendacion es muy extensa en este calculo se toma solo para trayectos Terrestres y Maritimos en la gama de frecuencia de los 30 a 3000 MHz solamente.

|                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| <b>CALCULAR</b> | <b>BORRAR DATOS</b> |
|-----------------|---------------------|

Las perdidas por trayecto L son:   dB

Para ingresar a realizar cálculos al **Modelo Erceg C o SUI**, de click sobre este, el cual abrirá un cuadro de dialogo seleccione las características y tenga en cuenta los parámetros de este modelo de esta manera le ira mostrando las ecuaciones según su selección, y por último ingrese los datos por teclado tenga en cuenta los rangos o condiciones de cada dato, de click en **CALCULAR** y obtendrá la respuesta, también cuenta con la opción de **BORRAR DATOS** que sirve para limpiar la pantalla.

**Figura 83**

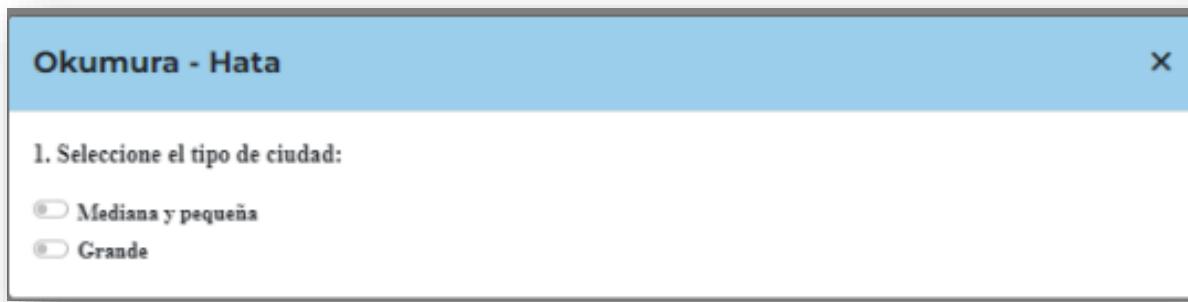
Vista calcular Erceg C en seAmpE



Para ingresar a realizar cálculos al **Modelo Okumura – Hata**, de click sobre este, el cual abrirá un cuadro de dialogo seleccione las características y tenga en cuenta los parámetros de este modelo de esta manera le ira mostrando las ecuaciones según su selección, y por último ingrese los datos por teclado tenga en cuenta los rangos o condiciones de cada dato, de click en **CALCULAR** y obtendrá la respuesta, también cuenta con la opción de **BORRAR DATOS** que sirve para limpiar la pantalla.

**Figura 84**

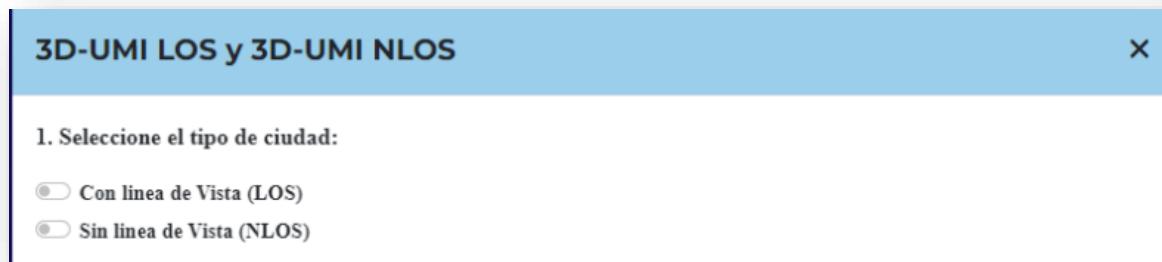
Vista calculadora Okumura-Hata en seAmpE



Para ingresar a realizar cálculos al **Modelo 3D – UMI LOS y 3D – UMI NLOS**, de click sobre este, el cual abrirá un cuadro de dialogo seleccione las características y tenga en cuenta los parámetros de este modelo de esta manera le ira mostrando las ecuaciones según su selección, y por último ingrese los datos por teclado tenga en cuenta los rangos o condiciones de cada dato, de click en **CALCULAR** y obtendrá la respuesta, también cuenta con la opción de **BORRAR DATOS** que sirve para limpiar la pantalla

**Figura 85**

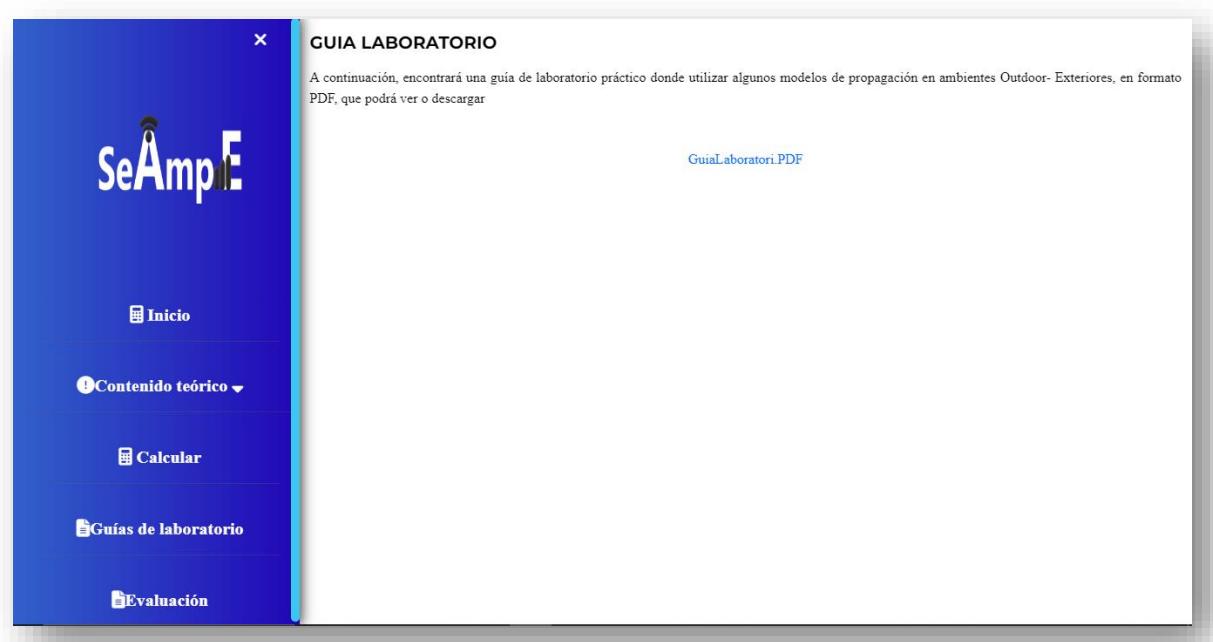
Vista calculadora 3D UMi LOS y 3D UMi NLOS en seAmpE



## MODULO GUÍA LABORATORIO

Para el ingreso a este módulo se da click en sobre él donde mostrara una guía de un laboratorio práctico que permite aplicar algunos modelos de propagación en ambientes Outdoor – Exteriores vistos en este Software Educativo, este laboratorio es una guía en formato pdf que podrá ver en línea o ser descargada.

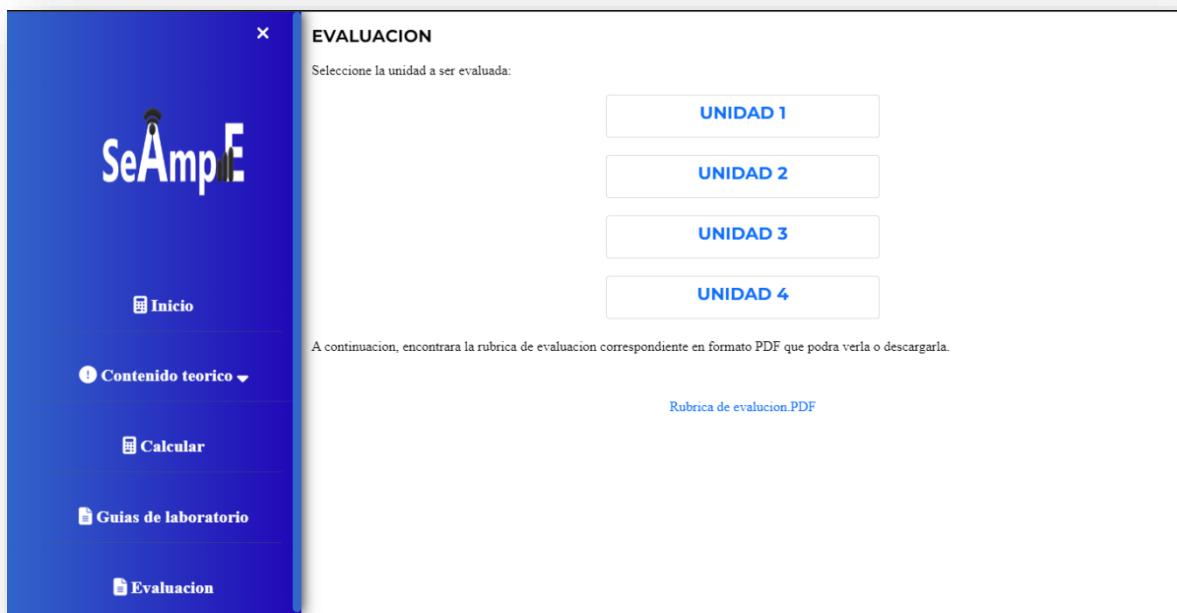
**Figura 86**  
Vista Modulo Guías de Laboratorio en seAmpE



## MODULO EVALUACIÓN

Para el ingreso a este módulo se da click en sobre el donde ingresa a una lista de cuatro (4) unidades correspondientes a las unidades vistas en el módulo **CONTENIDO**, que contienen preguntas de estas con selección de respuesta que permite al estudiante realizarse una autoevaluación de los conocimientos adquiridos con estas temáticas teóricas, además al en la parte inferior de esta ventana encontrara en formato pdf la respectiva rubrica de evaluación que describe los criterios que se tienen en cuenta para estas evaluaciones que podrá ver en línea en descargar.

**Figura 87**  
Vista Modulo Evaluación en seAmpE



Para ingresar a realizar las evaluaciones de las **UNIDADES**, de click sobre estas, el cual abrirá un cuadro de dialogo con las respectivas preguntas, para seleccionar o con campos abiertos para ingresar por teclado la respuesta que crea correcta, para finalizar la evaluación de click en **FINALIZAR CUESTIONARIO** y obtendrá la cantidad final de respuestas correctas.

**Figura 88**

Vista Finalizar Cuestionario en seAmpE

Numero de respuestas correctas:

**FINALIZAR CUESTIONARIO**

## BIBLIOGRAFÍA

- Agbinya, J. (s.f.). *ResearchGate*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/figure/Walfisch-Ikegami-Model\\_fig6\\_255670340](https://www.researchgate.net/figure/Walfisch-Ikegami-Model_fig6_255670340)
- Alfonso, J. M. (2009). Modelo de propagacion Empirico Para Prediccion de Pérdidas de Potencia en Señales Inalámbricas Bajo el Estándar IEE 802.11B/G.
- Area tecnologia. (s.f.). *Area Tecnología*. Obtenido de <https://www.atecnologia.com/electronica/sistemas-inalambricos.html>
- Aula Clic S.L. (2005). *Aula Clic*. Obtenido de <https://www.aulaclic.es/articulos/wifi.html>
- aws amazon. (2023). *Amazon Web Services*. Obtenido de <https://aws.amazon.com/es/what-is/5g/>
- Axess. (2019). *AXESS Networks* . Obtenido de <https://axessnet.com/los-satelites-artificiales/>
- Barrios Ulloa, A. R. (2021). Comparación de modelos de propagación de ondas de radio de un canal inalámbrico en un entorno urbano de la ciudad de Barranquilla. *Revistas Científicas CUC edu CESTA*.
- Beguería, S. (2018). *CEUPE* . Obtenido de <https://www.ceupe.com/blog/planificacion-y-preparacion-de-la-entrevista.html>
- Bejarano Gonzales , D. O. (2012). *Universidad Piloto de Colombia*. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/1020>
- Bejarano González, D. O. (2012). *Diseño y desarrollo de un software para simulacion de propagación en redes LTE*. Universidad Piloto de Colombia.
- Bulgarin, L., & Picos , C. (2022). *PDFCoffe*. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/metodo-grafico-18-pdf-free.html>
- Calderón , J., Díaz, W., & Márquez, N. (2000). Metodologías para el desarrollo de software educativo.
- Camarillo cruz, K., Correa Bernal, M., & Luckie Solís, N. (2021). *De círculos y Colores*. Obtenido de [https://ade.edugem.gob.mx/bitstream/handle/acervodigitaledu/53720/JARZPT171\\_De%20c%C3%ADrculos%20y%20colores.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://ade.edugem.gob.mx/bitstream/handle/acervodigitaledu/53720/JARZPT171_De%20c%C3%ADrculos%20y%20colores.pdf?sequence=4&isAllowed=y)
- Campos, B. (2021). *Grupo NUVABELA*. Obtenido de <https://nuvabela.com/blog/f/tipos-de-embalaje-y-elementos-de-proteccion-de-mercancias>
- Campos, D., Itzel , A., Moreno , L., Arcos, M., & Huerta, R. (2013). *Control Interno de Efectivo*. Obtenido de [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEWiBorm39c76AhXYTDABHXi\\_A8sQFnoECCkQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.uv.mx%2Fperson](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEWiBorm39c76AhXYTDABHXi_A8sQFnoECCkQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.uv.mx%2Fperson)

al%2Fbrmartinez%2Ffiles%2F2013%2F02%2FCONTROL-INTERNO-DE-EFFECTIVO.pptx&usg=AOvVaw2AwqiGbAvtEF0UiznAVmAo

Carranza, A. E., & Nuñez Wagner, M. C. (2017). Metodologás de desarollo de software educativo.

Carreño, M. (2013). *Slideshare*.

Castro Garcia, P. (2016). *YouTube*. Obtenido de <https://youtu.be/BetoKxOL2Jw>

Ciordia, Ó. (2020). *YouTube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=hF1nisivLyY>

Cueva Mieles, R. D., & Reyes Quimí, R. A. (2019). Modelos pedadógicos en el aprendizaje de las TICs plataforma web.

Diario ABC, S.L. (2019). *ABC Tecnología*. Obtenido de [https://www.abc.es/tecnologia/informatica/soluciones/abci-grandes-hitos-wifi-primeros-20-anos-201909301222\\_noticia.html](https://www.abc.es/tecnologia/informatica/soluciones/abci-grandes-hitos-wifi-primeros-20-anos-201909301222_noticia.html)

Dubravcic G., Y. (s.f.). *Monografias*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos13/guiadeim/guiadeim>

Equipo editorial, Etece. (2023). *Enciclopedia Humanidades*. Obtenido de <https://humanidades.com/satelites-artificiales/>

Fernandez, D., Cárdenas, A., & Marín , A. (s.f.). Telefonía móvil celular sistemas AMPS y TACS estudio comparativo. Revista Faculta de ingenieria universidad de Antioquia.

Ferrer Roca, O. (2001). *Telemedicina*. Medica panamericana.

Garcia Rueda, F. (2016). Modelos de propagacion para comunicaciones móviles 4G y 5G.

Genially. (2021). *Genially*. Obtenido de <https://view.genial.ly/583d9691ba1aa639b083610e/interactive-content-sistema-tipicos-pmr>

Gigaset. (s.f.). *Gigaset*. Obtenido de [https://www.gigaset.com/es\\_es/cms/dect.html](https://www.gigaset.com/es_es/cms/dect.html)

Hernandez Magro, J. (s.f.). Acceso múltiple por division de código (CDMA).

Hernandez, C., Corredor, O., & Pedraza, L. (2010). *SciELO*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/tecn/v14n26/v14n26a11.pdf>

Herrera Rubio, J. E. (2020). *Metodología de medición del espectro con técnicas experimentales para obtener modelos de propagación*.

Herrera Rubio, J., & Villamizar Rozo, W. (s.f.). Ajuste y comprobacion de un modelo exprimental de radio propagacion en ambientes exteriores semi urbanos para sistemas inalambricos en la banda de frecuencia 2.4 GHz.

Herrera, J., & Trujillo, C. (2019). *The Electrochemical Society*. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1388/1/012045/pdf>

Huidobro, J. (2014). *Comunicaciones Móviles Sistemas GSM, UMTS y LTE*. RA-MA.

- Ibarra, E. V. (2016). *Repositorio Unipamplona*. Obtenido de  
[http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/668/1/Villamizar\\_2016\\_TG.pdf](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/668/1/Villamizar_2016_TG.pdf)
- Ingeniatic. (2011). *etst.upm*. Obtenido de  
<https://www.etsist.upm.es/estaticos/ingeniatic/index.php/tecnologias/item/594-lmds-local-multipoint-distribution-system.html>
- ITU 2023. (s.f.). *ITU Recomendaciones*. Obtenido de <https://www.itu.int/en/ITU-R/Pages/default.aspx>
- JFM INGENIERIA. (2021). *JFM INGENIERIA*. Obtenido de <https://youtu.be/XPTXTNsDaNM>
- Lain, J. (2019). *Purple*. Obtenido de [https://purple.ai/es/blogs/la-historia-del-wifi/#:~:text=El%20WiFi%20se%20invent%C3%B3%20y,%C3%A1rea%20local%20inal%C3%A1mbricas%20\(WLAN\).%20](https://purple.ai/es/blogs/la-historia-del-wifi/#:~:text=El%20WiFi%20se%20invent%C3%B3%20y,%C3%A1rea%20local%20inal%C3%A1mbricas%20(WLAN).%20)
- Lorenzo, J. (2022). *RZ redes zone*. Obtenido de <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-cable/tetra-red-comunicaciones-emergencias/>
- Monserrat, J. (s.f.). *Escuela Politecnica Superior de Gandia*. Obtenido de  
[https://poliformat.upv.es/access/content/group/OCW\\_6511\\_2010/Unidad%20Did%C3%A1ctica%201.%20Telefon%C3%A1nico%20M%C3%B3vil%20Privada/1.1.Private%20Mobile%20Radio\\_Sesi%C3%B3n%201.pdf](https://poliformat.upv.es/access/content/group/OCW_6511_2010/Unidad%20Did%C3%A1ctica%201.%20Telefon%C3%A1nico%20M%C3%B3vil%20Privada/1.1.Private%20Mobile%20Radio_Sesi%C3%B3n%201.pdf)
- Morrison. (2020). *YouTube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=IPLAtSq-9Yg>
- Morrison. (s.f.). *YouTube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=IPLAtSq-9Yg>
- Partes del . (s.f.). *Partes de un Sátelite artifical*. Obtenido de <https://www.partesdel.com/partes-de-un-satelite-artificial.html>
- Pinto , A., Torres, J., Garcia Bello, A., Perez, N., & Uzcategui, J. (2016). Modelo para Estimación de Pérdidas de Propagación en Sistema de televisión Digital Abierta. *Revista de Ingeniería Electronica, Automática y Comunicaciones (RIELAC)*. Obtenido de  
<http://scielo.sld.cu/pdf/eac/v37n2/eac06216.pdf>
- Plain Concepts. (2022). *Plain Concepts*. Obtenido de <https://www.plainconcepts.com/es/5giot/#:~:text=Impacto%20del%205G%20en%20el%20IoT,-Estamos%20viendo%20que&text=La%20convergencia%20de%20ambas%20tecnolog%C3%ADAS,r%C3%A1pidamente%20y%20aumentar%20su%20funcionalidad.>
- Ponce , N., & Castillo, E. (2008). Estudio de los estandares para redes inalámbricas WIMAX.
- Poveda, J. (s.f.). *SliderPlayer*. Obtenido de <https://slideplayer.es/slide/141633/>
- Quintana , A., Bordón Lopez, R., & Montejo Sanchez, S. (2013). *SciELO*. Obtenido de  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-59282013000100002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282013000100002)
- Relex, D. (2014). *YouTube*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=sF5-RTPywTc>
- Salazar, J. (s.f.). *Redes Inalámbricas*. Techpedia.

Tecnicas Competitivas. (s.f.). *Técnicas Competitivas*. Obtenido de  
[https://www.tecnicascompetitivas.com/?page\\_id=400](https://www.tecnicascompetitivas.com/?page_id=400)

UIT - R. (s.f.). *Union Internacional de Telecomunicaciones*. Obtenido de Metodos de prediccion de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3000MHz:  
[https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-5-201309-I!!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.1546-5-201309-I!!!PDF-S.pdf)

UIT-R, I. (2014). *Sistemas móviles terrestres digitales con utilizacion eficaz del espectro para tráfico de despacho*.

Urbe.edu. (s.f.). *Modelo del enlace Satelital*. Obtenido de <https://www.urbe.edu/info-consultas/web-profesor/12697883/articulos/Comunicaciones%20Satelites%20y%20Celulares/Modelo%20de%20Enlace%20Satelital.pdf>

Velasquez Barrios, W., & Padilla Arrieta, C. (2008). *Tecnologías de Información y Comunicación Historia y Evolución, Selección y uso de las Diferentes Tecnologías de Redes*.

Vera, F., Valdes, G., & Plasencia, J. (2022). *Gale Academic Onefile*. Obtenido de  
<https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA146391209&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&lin=kaccess=abs&issn=02585944&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon%7E4c75fc4f#:~:text=Los%20denominados%20sistemas%20de%20radiotelefon%C3%ADa,a%20la%20red%20p%C3%BAblica%20de>

Virguez, J. (julio de 2016). *Slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/javiervirguez/modelo-outdoor-e-indoor>

WhistleOut. (2019). *WhistleOut*. Obtenido de  
<https://www.whistleout.com.mx/CellPhones/Guides/diferencias-entre-3g-y-4g-lte>

Wifisafe Spain S.L. (2013). *WifiSafe*. Obtenido de <https://wifisafe.com/blog/los-mejores-beneficios-del-wifi/>

Xirio. (s.f.). *Xirio Online*. Obtenido de <https://www.xirio-online.com/web/help/es/okumura-hata.htm>