

ESTUDIO DE LA  
COBERTURA UMTS EN  
INTERIORES

*Capítulo*  
*1*

*“Dar ejemplo no es la principal manera de influir sobre los demás; es la  
única manera” - Albert Einstein*

## 1.1. Introducción

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos de la campaña de medidas realizada en el edificio de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla, con el fin de caracterizar la cobertura UMTS en dicho entorno.

Con dichas medidas pretendemos caracterizar las atenuaciones que sufre la señal, desde la estación base situada en la azotea del edificio hasta los distintos puntos dentro de la zona de cobertura, al atravesar diversos obstáculos que después clasificaremos. De esta forma, conseguiremos saber, de una forma aproximada, cual es el valor del campo electromagnético y la potencia de señal recibida en el terminal móvil en cada punto de la Escuela.

Para realizar el estudio de planificación de cobertura se realizará una campaña de medidas en las distintas plantas del edificio. Con estos datos y con la ayuda de un modelo teórico-empírico, podremos caracterizar la atenuación que sufre la señal radiada por el nodo B al atravesar los distintos obstáculos que se encuentra la señal en su propagación (paredes, cristales, suelo...). Una vez obtenidos estos parámetros tendremos caracterizada de forma aproximada (siempre con un margen de error) la cobertura en nuestro edificio.

## 1.2. Aspectos que afectan a la propagación en el interior de un edificio.

La propagación de las señales de radio en el interior de un edificio está influida por una serie de factores. A estas frecuencias, las paredes y los suelos tienden a reflejar la señal, y el ruido de fondo dificulta el proceso de demodulación. Todo ello, junto con los efectos de las sombras, hacen que las características del canal radio varíen dinámicamente con el tiempo. Este comportamiento tan complejo hace casi imposible calcular un alcance en base al cual establecer una zona de cobertura.

En las redes WLAN para su caracterización, se emplean los parámetros de potencia transmitida, sensibilidad, atenuación y relación señal a ruido. La relación entre todos estos parámetros puede verse en la ??.

La potencia de transmisión me indica la fuerza con la que se realiza la transmisión. Cuanto mayor sea este nivel de potencia mayor será el alcance de dicha red inalámbrica.

Una vez transmitida la señal, esta se propaga por el aire hasta llegar al receptor. En su camino la señal sufre una atenuación o pérdida de potencia debido a la propia propagación desde el origen al destino, y a los obstáculos que se va encontrando en su camino como son paredes, puertas, cristales... Todos estos obstáculos absorben parte de la señal transmitida.

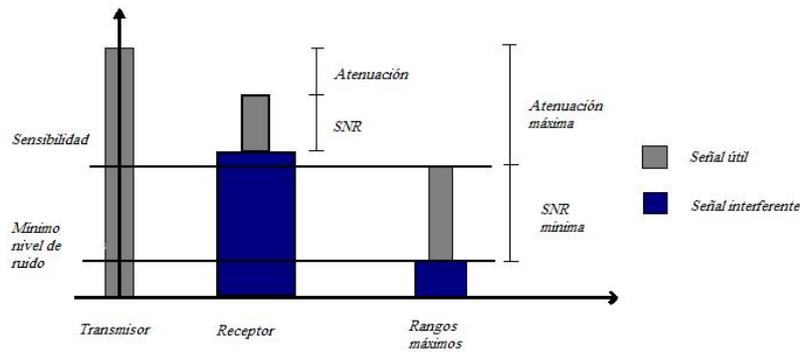


Figura 1.1: Relación entre los parámetros de cobertura.

MATERIAL	EJEMPLO	INTERFERENCIA
Madera	Tabiques	Baja
Vidrio	Ventanas	Baja
Amianto	Techos	Baja
Yeso	Paredes interiores	Baja
Ladrillo	Paredes interiores y exteriores	Media
Hojas	Árboles y plantas	Media
Agua	Lluvia/Niebla	Alta
Cerámica	Tejas	Alta
Papel	Rollos de papel	Alta
Vidrio con alto contenido en plomo	Ventanas	Alta
Metal	Vigas/Armarios	Muy Alta

Tabla 1.1: Lista de obstáculos con grado de interferencia.

Además de estos dos factores (pérdida de propagación y obstáculos que se va encontrando en el camino) hay que tener en cuenta las reflexiones, las difracciones y las dispersiones que se producen, que hacen que la señal que llega al receptor sea una suma de la señal original más una serie de versiones retardadas de la misma fruto de dichas reflexiones (propagación multicamino).

La relación señal a ruido (SNR, *Signal to Noise Ratio*) define la diferencia de potencia entre el nivel de señal y el nivel de ruido. Durante el proceso de decodificación es necesaria una SNR mínima, que viene fijada por la sensibilidad del receptor.

A continuación presentamos una lista de obstáculos que se puede encontrar la señal radioeléctrica provocando una atenuación de dicha señal. También se indica el grado de interferencia que dichos obstáculos provocan (interferencia baja, media, alta ó muy alta).

Una última cosa a tener en cuenta es la interferencia sufrida debida a la convivencia con otras tecnologías en el mismo habitáculo. El grado de esta interferencia depende del estándar que soporta nuestra red inalámbrica.

Las tecnologías que pueden producir interferencias son las siguientes: Bluetooth, hornos microondas, algunos teléfonos DECT inalámbricos, otras redes WLAN, etc.

Los tres mecanismos básicos de propagación que producen una pérdida de potencia de la señal que se transmite son: la reflexión, la difracción y la dispersión. Estos fenómenos hacen que la señal que recibimos sea la suma de varias señales, cada una con un retardo distinto, provocando una pérdida de 30 a 40 dB respecto de la señal original transmitida. Estos fenómenos son imposibles de remediar en el interior de un edificio, ya que pueden ser debido a una esquina aguda, reflexiones en el techo, el suelo...

A continuación representamos un ejemplo de cómo varía la señal en el receptor frente a la distancia a la que se encuentre el receptor del transmisor:

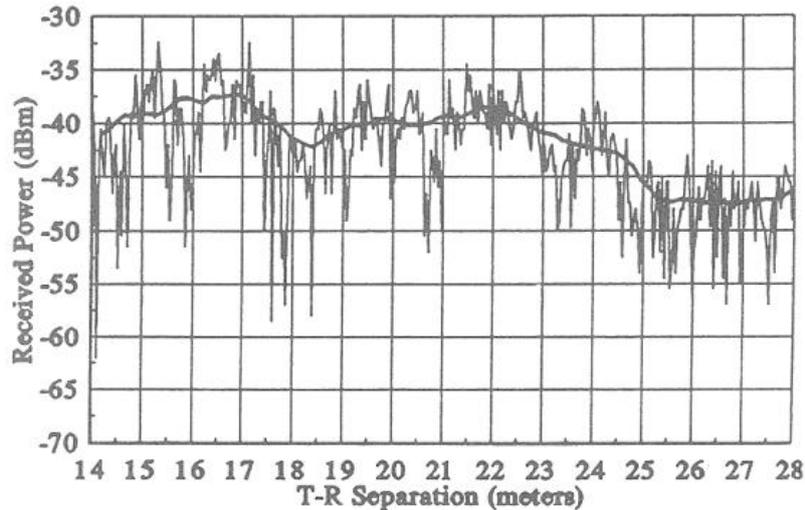


Figura 1.2: Representación de la variación de potencia recibida respecto a la distancia del receptor respecto al transmisor.

En la ?? podemos observar como en algunos puntos (ej: a 18 metros del transmisor), la propagación multicamino da lugar a un desvanecimiento selectivo, recibiendo niveles de potencias muy inferiores respecto al nivel de potencia original transmitido.

La propagación multicamino ocurre cuando hay más de una trayectoria posible para la propagación de la señal de radio. La reflexión, la dispersión y la difracción, son fenómenos que dan lugar a trayectorias adicionales de propagación para la señal.

La **reflexión** ocurre cuando una onda electromagnética al propagarse se encuentra con un objeto que tenga dimensiones muy grandes comparado con la longitud de onda de la onda que se propaga. Este fenómeno depende del ángulo con el que incide la señal en el obstáculo, orientación y la longitud de onda. También depende de las características del material sobre el que incide como son su textura, geometría de la superficie, sus características dieléctricas, grueso del material, etc.

La **difracción** ocurre cuando la trayectoria de radio entre el transmisor y el receptor es obstruida por una superficie que tenga irregularidades agudas

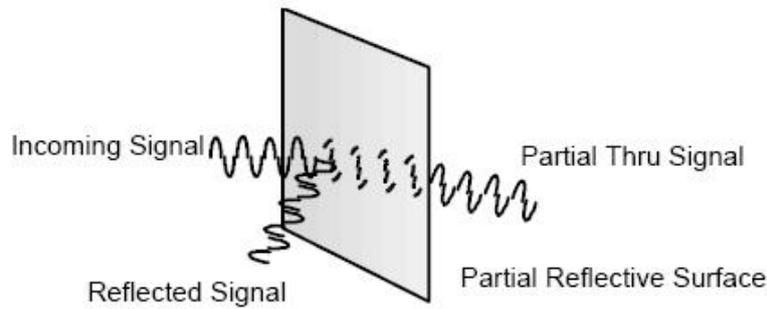


Figura 1.3: Ejemplo de reflexión.

o bordes. Por el *principio de Huygens*, sabemos que el efecto de la difracción es la formación de ondas secundarias detrás del obstáculo, con fase, amplitud y polarización distinta respecto a la señal incidente en el obstáculo.

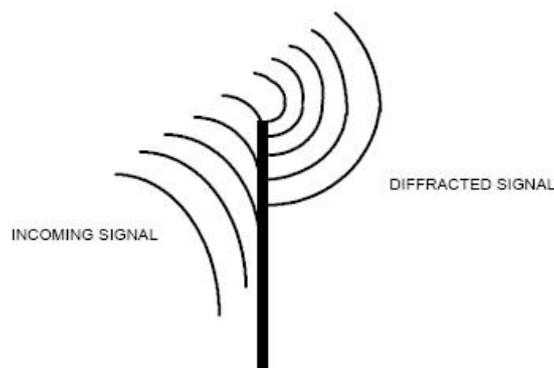


Figura 1.4: Ejemplo de difracción.

La **dispersión** ocurre cuando la onda electromagnética que viaja se encuentra con objetos cuya dimensión es pequeña comparada con la longitud de onda de la onda que se propaga. La dispersión provoca que la señal incidente se divida en varias secundarias propagándose en direcciones distintas.

La reflexión, la difracción y la dispersión de la señal de radio frecuencia es dinámica y difícil de predecir. Cambios pequeños en la posición o dirección del receptor respecto al transmisor pueden dar lugar a amplias variaciones de la señal recibida. La propagación de la señal de radiofrecuencia está fuertemente ligado al entorno donde se propaga. Dentro de la zona donde se propaga la onda electromagnética podemos encontrarnos dos tipos

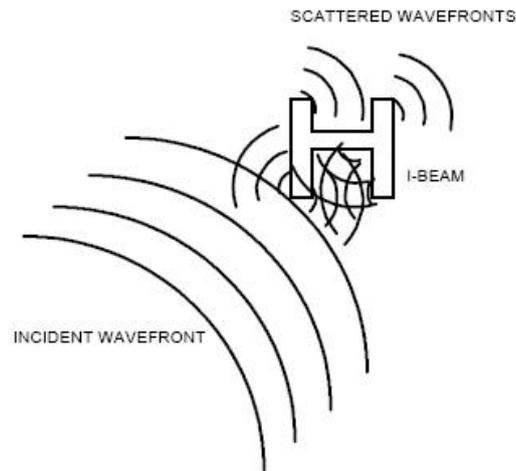


Figura 1.5: Ejemplo de dispersión.

de obstáculos. Obstáculos estáticos como pueden ser las paredes, cristales, esquinas agudas, muebles... y obstáculos dinámicos que abarca objetos móviles como ventiladores, personas desplazándose...

## 1.3. Entornos y medidas realizadas.

### 1.3.1. Introducción

En el capítulo 3 se presentaron los distintos modelos de propagación en interiores encontrados, tanto modelos empíricos como teóricos. Tras estudiar las características de cada uno de ellos llegamos a la conclusión de que el **Modelo de Pérdida de Trayecto basado en COST-231** era el mejor que se adaptaba a nuestras condiciones y exigencias, y por lo tanto el que vamos a utilizar como referencia en la realización de nuestro proyecto.

Este es modelo de propagación indoor es utilizado en **UMTS**. Se ha recogido del *ETSI-101-112 ch. B.1.8 [ETSI]*, que se trata de una especificación de los procedimientos seleccionados para la elección de las tecnologías de transmisión de radio para UMTS.

El modelo COST-231 viene definido como:

#### Descripción del modelo

El modelo viene definido por la siguiente ecuación:

$$L = L_{FS} + L_C + \sum K_{wi} L_{wi} + n^{((n+2)/(n+1)-b)} * L_f \quad (1.1)$$

Donde:

$L_{FS}$ : pérdida en espacio libre entre transmisor y receptor

$L_C$ : constante de pérdida  
 $k_{wi}$ : número de paredes de tipo  $i$  penetradas  
 $n$ : número de suelos penetrados  
 $L_{wi}$ : pérdida debida a muro de tipo  $i$   
 $L_f$ : pérdida entre suelos adyacentes  
 $b$ : parámetro empírico

NOTA:  $L_C$  se fija normalmente en 37 dB.

con:

$$L_{FS} = 32,5 + 20 \log[d(km)] + 20 \log[f(Mhz)] \quad (1.2)$$

Como bien sabemos, vamos a llevar a cabo la mejora del modelo anteriormente indicado. Para ello, vamos a realizar una campaña de medidas en distintas zonas de las distintas plantas del edificio de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla.

Para el desarrollo de dicha campaña vamos a utilizar la herramienta de trabajo *XCAL-W*, con la que mediremos el nivel de potencia de señal recibido en el terminal móvil. El terminal móvil utilizado es un *VODAFONE McLAREN MERCEDES SGH-Z720M*.

El proceso para realizar la optimización o mejora de nuestro modelo está basado en dos fases principalmente:

1. Toma de medidas para caracterizar la pérdida de señal en obstáculos.
2. Comprobación de la veracidad del modelo.

En la primera parte, como bien se indica, se lleva a cabo una campaña de medidas para obtener las pérdidas de señal debidas a los distintos obstáculos que el rayo encuentra en su propagación en el interior del edificio de la Escuela.

Para caracterizar dichas pérdidas vamos a clasificar los obstáculos en *tres tipos*:

- **Pared interior**,  $L_{w1}$ , que separa las distintas aulas, despachos, departamentos, pasillos, además de ventanas, huecos...
- **Pared exterior**,  $L_{w2}$ , que se correspondería con las pérdidas en paredes y muros que forman la parte exterior del edificio.
- **Suelo**,  $L_f$ , se trataría de las pérdidas debidas a los distintos muros de separación entre plantas del edificio.

Después de hacer esta correspondencia y medir en distintas zonas del edificio la potencia recibida en el terminal móvil, hay que ver el número de obstáculos de distinto tipo atraviesa el rayo en su propagación.

Destacar que esto va a suponer uno de los problemas más importantes que vamos a encontrar en el desarrollo del proyecto, ya que únicamente disponemos de los planos correspondientes a la planta del edificio, careciendo del alzado. De ahí, que supongamos que cada planta tiene una altura de 3m, estando la estación base a una altura de 25m (dato que nos ha proporcionado la operadora).

Lo último a realizar en esta parte es el planteamiento de las ecuaciones. Para ello, también será necesario la utilización de la  $??$ , que hace un balance de la potencia recibida en el terminal.

$$P_r(dBm) = PIRE(dBm) - L(dB) \quad (1.3)$$

De esta ecuación obtendríamos el valor total de las pérdidas sufridas por la señal al propagarse en el trayecto de la estación base al terminal móvil.

Una vez obtenido este valor de pérdidas,  $L(dB)$ , resolvemos las ecuaciones planteadas (tantas como puntos de medida realizados) y resolvemos, obteniendo los valores de pérdidas debidas a los distintos obstáculos atravesados  $L_{w1}, L_{w2} \dots$ .

Como obtenemos varios valores para cada uno de nuestros tipos de pérdidas hacemos el valor medio de cada uno de ellos.

En la segunda parte se lleva a cabo una comprobación de la veracidad del modelo ya mejorado. Esta comprobación se realizará con ayuda de la herramienta de trabajo *MATLAB*.

### 1.3.2. Medidas para caracterizar la pérdida de señal en obstáculos

Como hemos dicho antes para la toma de medidas vamos a utilizar la herramienta de trabajo *XCAL-W*, que nos da el valor de potencia recibida en el terminal móvil.

A continuación vamos a mostrar los valores obtenidos en las distintas zonas del edificio de la Escuela atendiendo a las diferentes plantas.

**a) Medidas tomadas en la zona Este del edificio.** A continuación mostramos los resultados obtenidos en cada una de las plantas del edificio:

- **Medidas tomadas en la planta Ático y planta E2.**

En la  $??$  y  $??$  se muestra la campaña de medidas realizada.



Figura 1.6: Situación de las medidas realizadas en la planta Ático de la ESI.



Figura 1.7: Situación de las medidas realizadas en la planta E2 de la ESI.

Los valores de potencia de dichas medidas están recogidos en las tablas correspondientes en ??.

Algo importante, como hemos dicho antes, para el cálculo de las pérdidas totales es conocer la distancia  $d(km)$  de la estación base al punto donde realizamos la medida de la potencia recibida en el terminal móvil. Dichos valores quedan recogidos en las tablas indicadas anteriormente (Anexo de la memoria).

- **Medidas tomadas en la planta E2 y planta 1.**

De igual modo, tomamos medidas de potencia pero en este caso en las plantas E2 y 1. La ?? y ?? muestran los puntos de medida tomados.



Figura 1.8: Situación de las medidas realizadas en la planta E2 de la ESI.

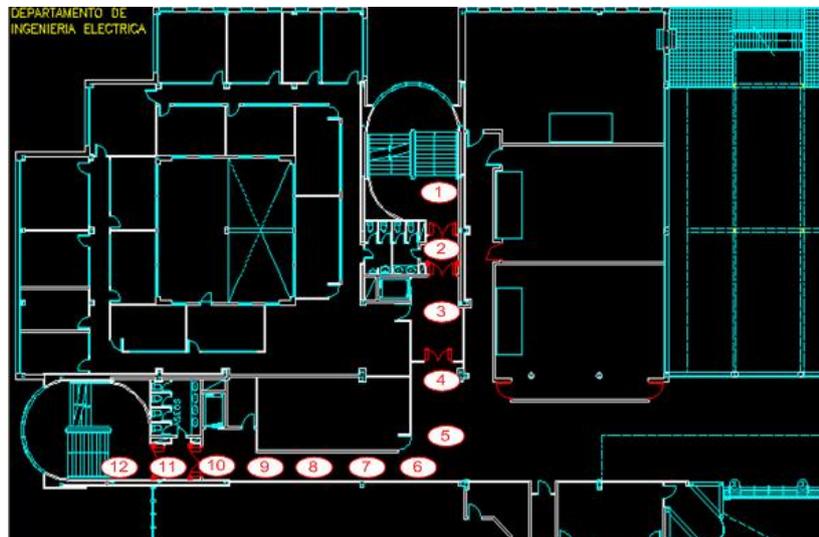


Figura 1.9: Situación de las medidas realizadas en la planta 1 de la ESI.

Como hemos dicho antes tanto la potencia como la distancia al nodo B correspondiente a cada uno de los puntos indicados vienen indicados en la ??.

- **Medidas tomadas en la planta 1 y planta E1.**

La ?? y ?? muestran los puntos de medida que se han tomado en esta zona de la campaña de medidas.

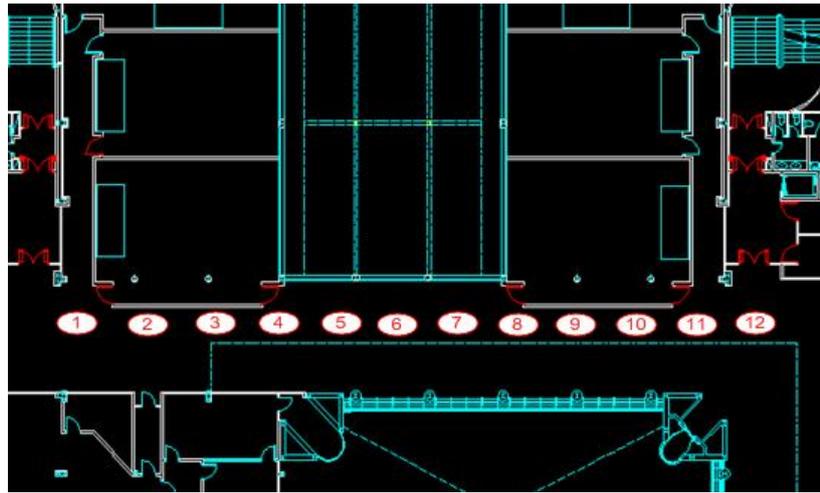


Figura 1.10: Situación de las medidas realizadas en la planta 1 de la ESI.

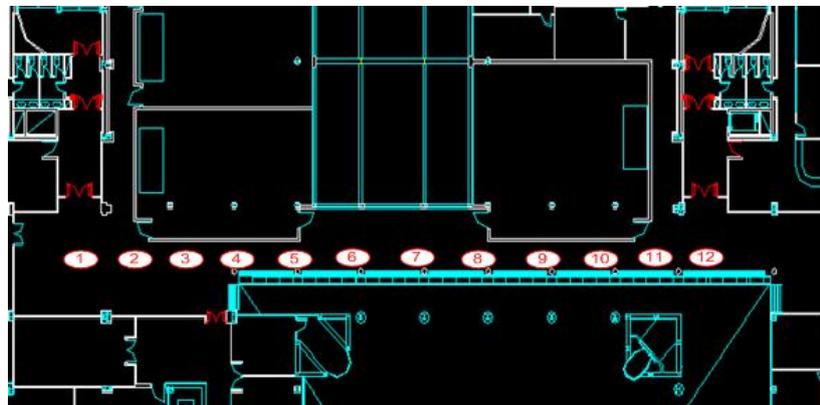


Figura 1.11: Situación de las medidas realizadas en la planta E1 de la ESI.

En la ?? quedan recogidos los valores de potencia correspondiente a los puntos y las distancias a la estación base.

■ **Medidas tomadas en la planta E1 y planta Baja.**

Nos quedaría llevar a cabo la toma de medidas en las plantas E1 y planta baja de la zona Este del edificio, como muestra la ?? y la ??.

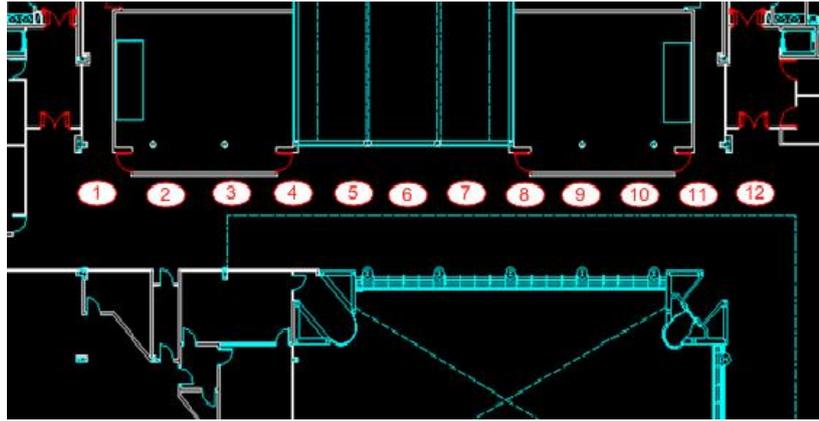


Figura 1.12: Situación de las medidas realizadas en la planta E1 de la ESI.

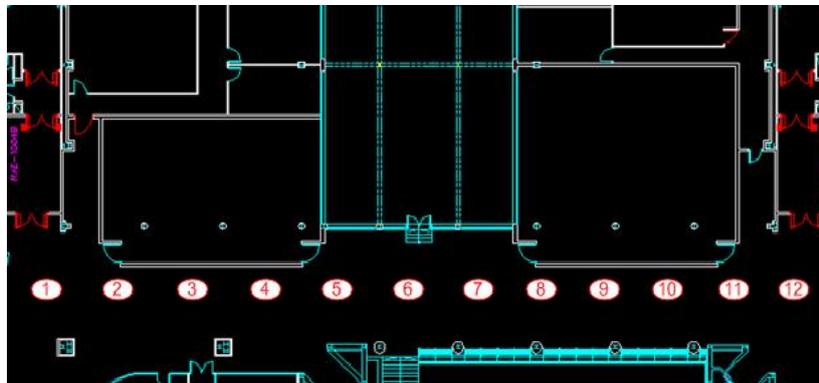


Figura 1.13: Situación de las medidas realizadas en la planta Baja de la ESI.

Los valores de potencia y de distancia al nodo B de dichos puntos están recogidos al igual que todos los anteriores en el Anexo, más en concreto en ??.

b) **Medidas tomadas en la zona Oeste del edificio.** Seguimos realizando la campaña de medidas en las distintas plantas del edificio.

- **Medidas en la planta E2.**

Como hemos venido realizando, comenzamos con la campaña de medidas en la planta E2 pero en la zona opuesta del edificio de la Escuela. Todo esto viene indicado en la ??.

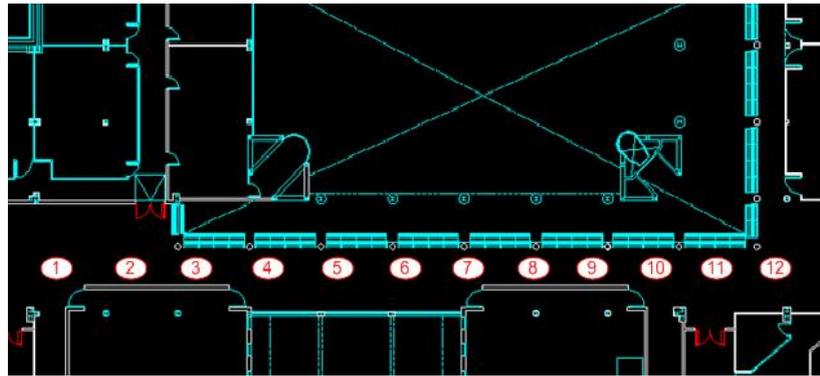


Figura 1.14: Situación de las medidas realizadas en la planta E2 de la ESI.

■ **Medidas en la planta 1.**

La ?? nos muestra la zona de la planta 1 en la que se ha llevado a cabo la campaña de medidas.

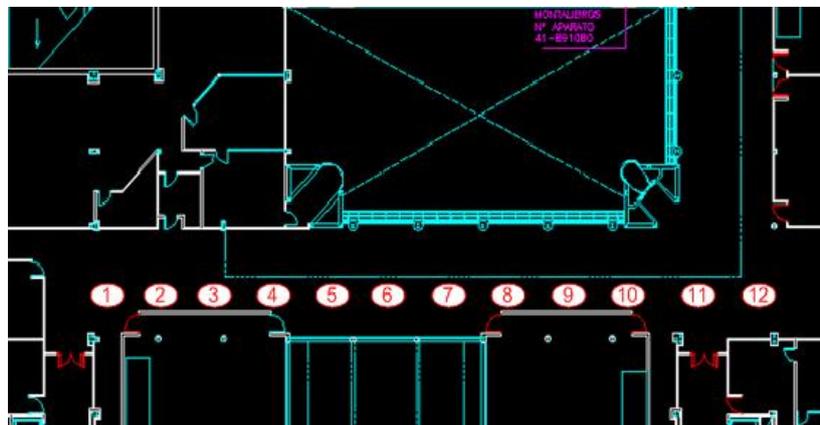


Figura 1.15: Situación de las medidas realizadas en la planta 1 de la ESI.

■ **Medidas en la planta E1.**

Las medidas llevadas acabo en esta planta se muestran en la ??.

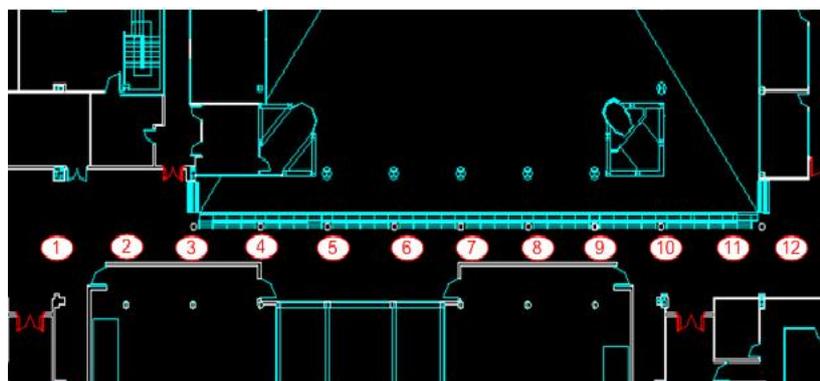


Figura 1.16: Situación de las medidas realizadas en la planta E1 de la ESI.

- **Medidas en la planta Baja.**

Por último realizamos la toma de medida en la zona mostrada en la ?? como fin a la campaña de medidas en la zona Oeste del edificio de la Escuela.

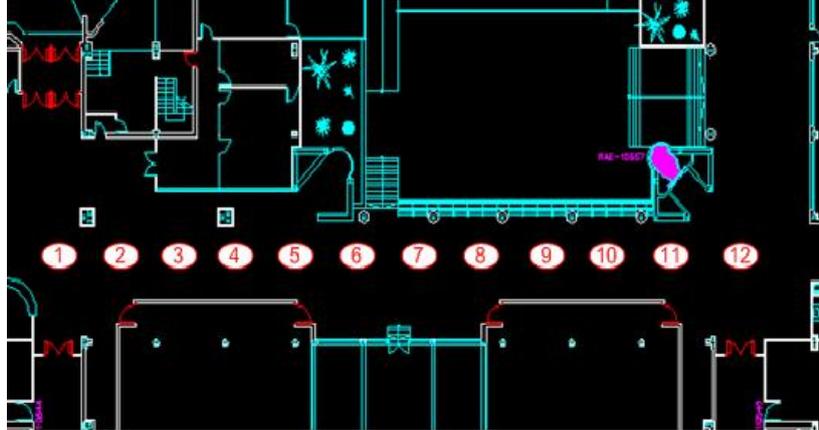


Figura 1.17: Situación de las medidas realizadas en la planta Baja de la ESI.

Los valores de potencia de todos los puntos que hemos indicado y las distancias correspondientes de cada uno a la estación base vienen recogidas en el Anexo de este proyecto(??,??,??,??).

c) **Medidas tomadas en la zona Sur del edificio.** Al igual que venimos realizando, vamos a realizar una campaña de medidas pero esta vez en la zona Sur del edificio.

- **Medidas en la planta E2.**

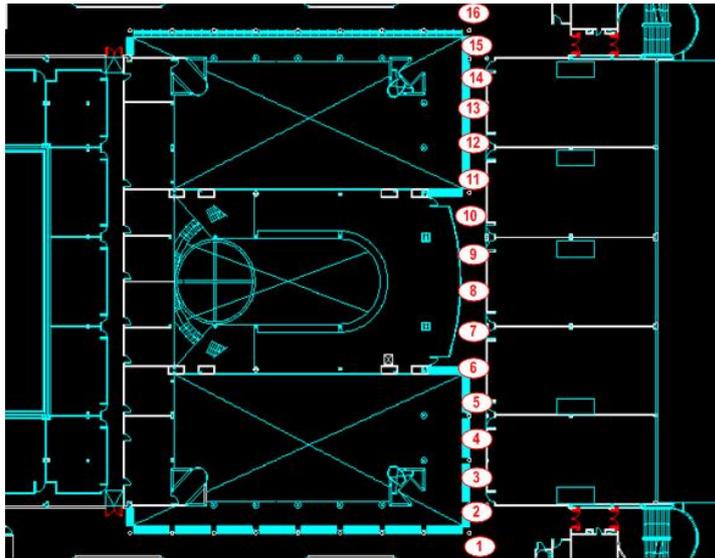


Figura 1.18: Situación de las medidas realizadas en la planta E2 de la ESI.

■ **Medidas en la planta 1.**

Por último se realizaron medidas en la planta 1, como muestra la ??

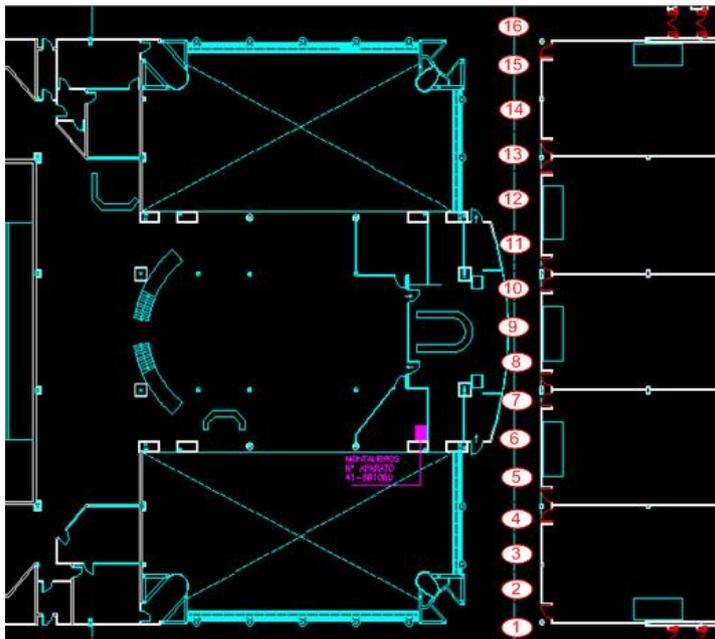


Figura 1.19: Situación de las medidas realizadas en la planta E2 de la ESI.

Como hemos dicho antes todos los valores de potencia medidos vienen recogidos en el Anexo del proyecto (??,??).

Para poder continuar con esta primera fase del proyecto es necesario hacer una serie de suposiciones.

En primer lugar, dado que carecemos del valor exacto de la PIRE del nodo B, vamos a suponer que dicho nodo emite a la máxima permitida por la legislación Española, siendo su valor el de  $PIRE = -3,01 \text{ dBm}$  (unos  $500 \mu\text{W}$  aproximadamente).

Basándonos en la ??, los valores de potencia recibida medidos y con la consideración anterior obtenemos las pérdidas totales que ha sufrido la señal en su propagación. Dato necesario para poder plantear las ecuaciones basadas en el modelo COST-231, anteriormente indicadas.

Utilizando la ?? y la ?? planteamos las ecuaciones, quedando en función de las pérdidas debidas a los distintos obstáculos que la señal atraviesa en el interior del edificio.

Destacar que hemos considerado una  $K = 0 \text{ dB}$ , ya que este factor engloba las pérdidas no físicas de las paredes y depende de la distancia al punto de acceso o estación base. En nuestro caso, dado que la estación base está al aire libre no consideramos sus efectos. La frecuencia es de  $f = 2147,6 \text{ Mhz}$ ,  $b = 1$ .

Algo muy importante en este proyecto ya que constituye otro de los problemas más importantes es ver el número y tipo de paredes que el rayo directo atraviesa en su propagación. Todo esto viene detallado para cada punto de medida en la tabla correspondiente del Anexo.

Este problema es debido, como hemos comentado ya antes, a sólo disponemos de los planos correspondientes a la planta del edificio de la Escuela, careciendo del alzado del mismo.

Los resultados obtenidos de resolver dichas ecuaciones para cada una de las plantas son los mostrados en la ??

Finalmente hallamos el valor medio de todos ellos, obteniendo los siguientes resultados:

$$L_{w1} = 3,5 \text{ dB} \quad L_{w2} = 5,0 \text{ dB} \quad L_f = 6,8 \text{ dB}$$

Aquí concluiríamos la primera fase de la mejora de nuestro proyecto correspondiente a la obtención de las pérdidas debidas a los distintos tipos de obstáculos que la señal atraviesa en su propagación por el interior del edificio.

<b>Planta</b>	$L_{w1}$ (dB)	$L_{w2}$ (dB)	$L_f$ (dB)
<b>zona Este</b>			
<b>E2</b>	5.3	4.6	9.8
<b>P1</b>	5.3	4.6	8.5
<b>E1</b>	5.3	4.6	9.1
<b>PB</b>	3.4	4.6	9.1
<b>zona Oeste</b>			
<b>E2</b>	2.1	–	–
<b>P1</b>	3.1	–	–
<b>E1</b>	2.6	–	5.1
<b>PB</b>	2.3	–	4.7
<b>zona Sur</b>			
<b>E2</b>	–	6.5	3.4
<b>P1</b>	–	–	4.5

Tabla 1.2: Valores obtenidos pérdidas de obstáculos en las diferentes plantas y zonas del edificio.

### 1.3.3. Comprobación de la veracidad del modelo.

En esta segunda fase, vamos a comprobar la veracidad de nuestro modelo ya mejorado. Para ello, vamos a obtener los valores de nivel de potencia recibidos según nuestro modelo, en el que hemos tomado como valores de las pérdidas en los distintos obstáculos los obtenidos en la fase anterior.

Para hallar el nivel de potencia recibida recurrimos a la  $P_r$ . Mientras que las pérdidas totales las vamos a calcular con la  $P_t$  y la  $P_r$ . Además de considerar el número de obstáculos de cada tipo que hemos considerado para cada caso en la fase anterior, y que hemos ido indicando en las tablas del Anexo I.

La representación de los valores obtenidos de forma teórica la vamos hacer, como hemos comentado antes, con ayuda de la herramienta de trabajo *MATLAB*.

Vamos a mostrar los resultados como hicimos en el apartado anterior, distinguiendo las distintas zonas y plantas del edificio.

a) **Medidas tomadas en la zona Este del edificio.** Los resultados obtenidos en cada una de las plantas del edificio:

- **Medidas tomadas en la planta E2.**

Los resultados obtenidos con *MATLAB* son mostrados en la  $P_r$ , donde se comparan los valores medidos en la planta E2 con los obtenidos con nuestro modelo mejorado.

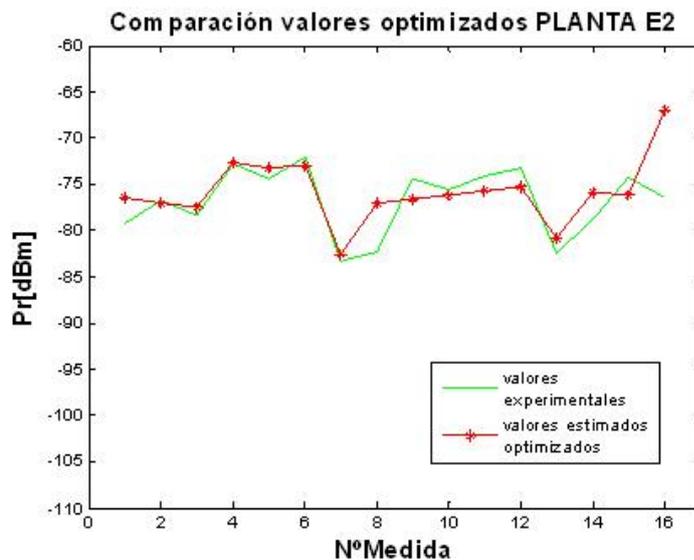


Figura 1.20: Comparación valores de potencia recibida optimizados y medidos en la Planta E2.

Si además queremos comparar los resultados con los que nos daría el modelo COST-231, hacemos lo mismo y obtenemos los resultados mostrados en la ??.

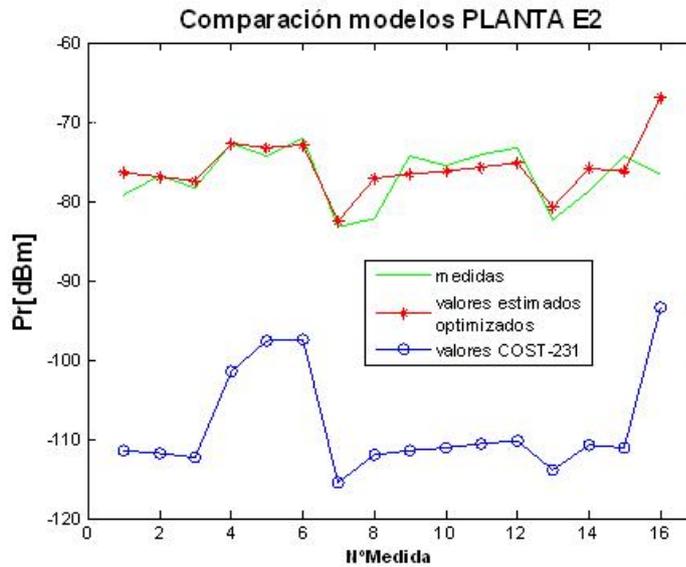


Figura 1.21: Comparación valores de potencia recibida de los distintos modelos en la Planta E2.

#### ■ Medidas tomadas en la planta 1.

Vamos procediendo de la misma forma en las distintas plantas, tomando siempre los valores de potencia medidas en la fase anterior.

La ?? y ?? comparan los distintos modelos con las medidas obtenidas experimentalmente.

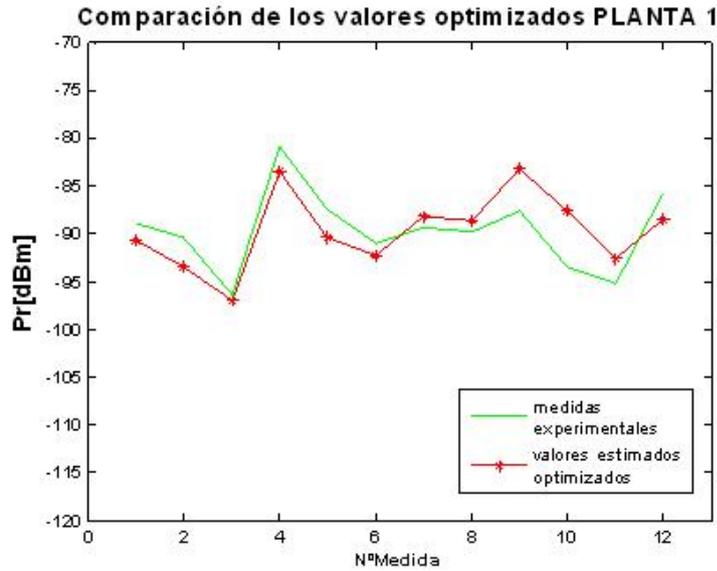


Figura 1.22: Comparación valores de potencia recibida optimizados y medidos en la Planta 1.

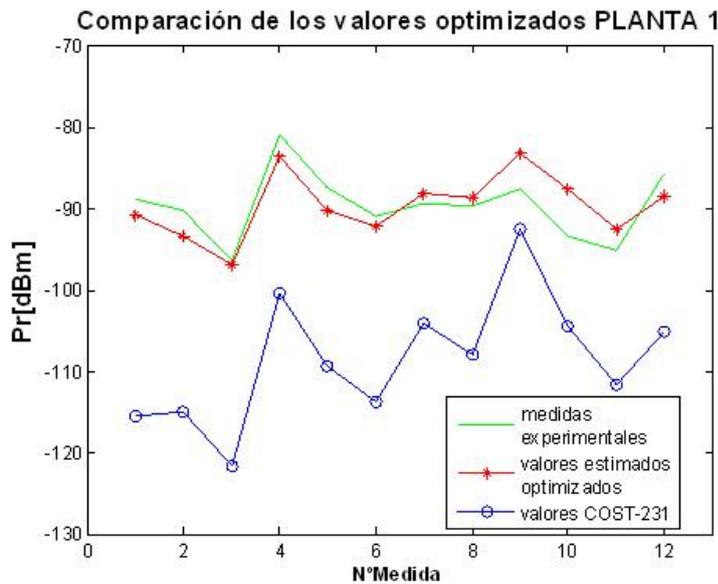


Figura 1.23: Comparación valores de potencia recibida de los distintos modelos en la Planta 1.

■ **Medidas tomadas en la planta E1.**

La ?? y ?? muestran la representación gráfica de los valores correspondientes a la planta E1.

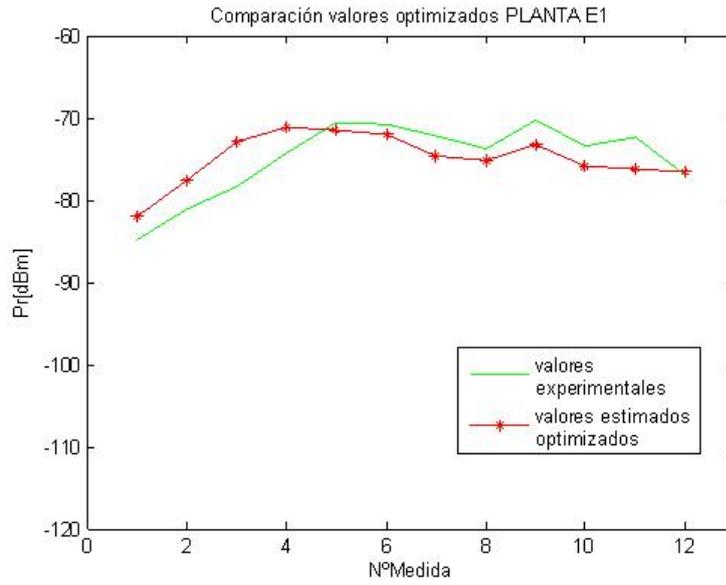


Figura 1.24: Comparación valores de potencia recibida optimizados y medidos en la Planta E1.

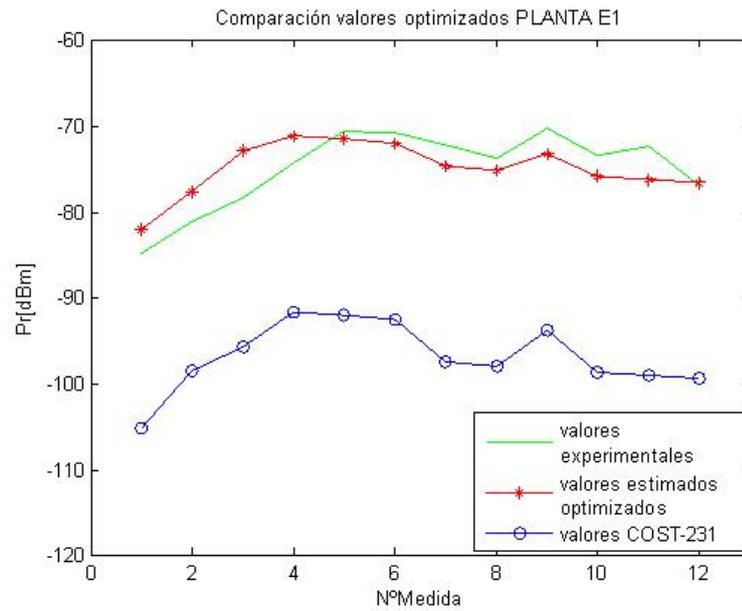


Figura 1.25: Comparación valores de potencia recibida de los distintos modelos en la Planta E1.

- **Medidas tomadas en la planta Baja.**

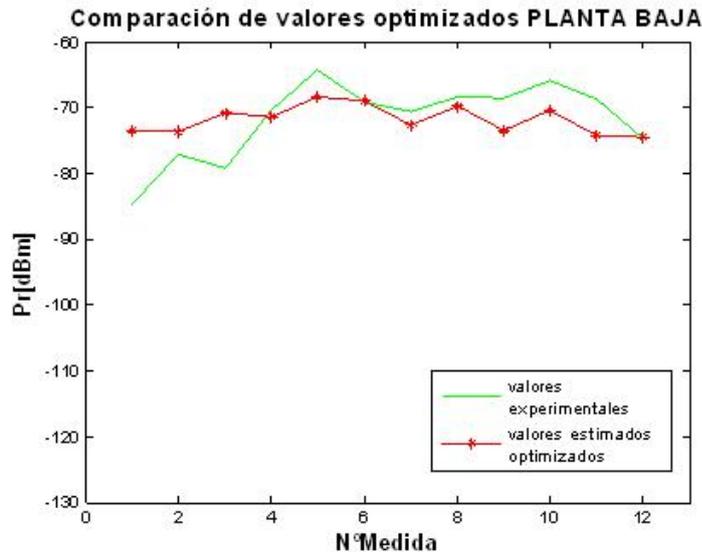


Figura 1.26: Comparación valores de potencia recibida optimizados y medidos en la Planta Baja.

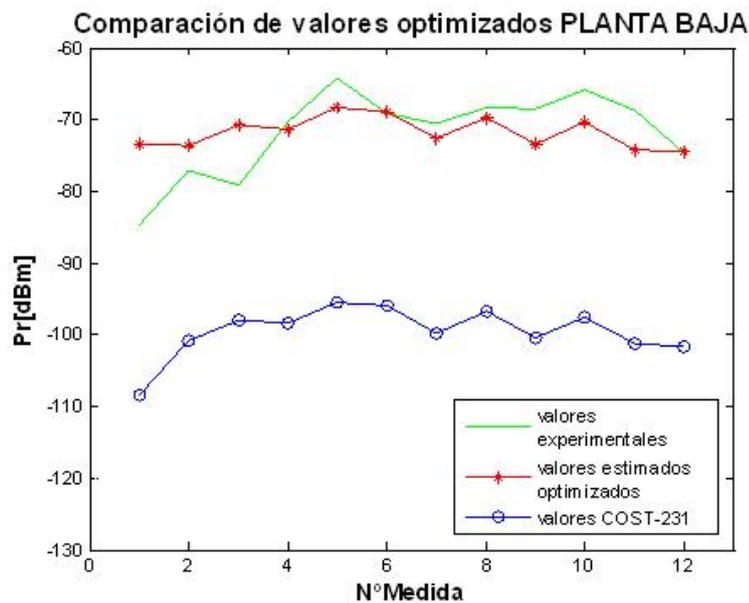


Figura 1.27: Comparación valores de potencia recibida de los distintos modelos en la Planta Baja.

b) **Medidas tomadas en la zona Oeste del edificio.** Como hemos hecho antes, mostramos los resultados obtenidos con *MATLAB* distinguiendo entre las diferentes plantas del edificio:

- **Medidas tomadas en la planta E2.**

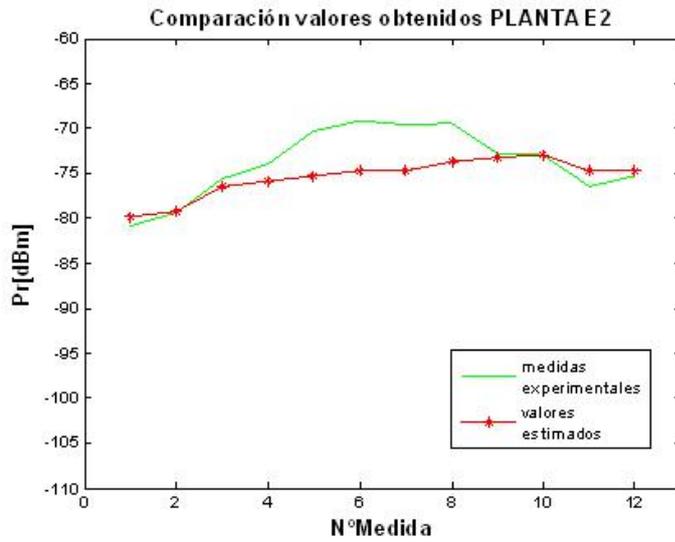


Figura 1.28: Comparación valores de potencia recibida optimizados y medidos en la Planta E2.

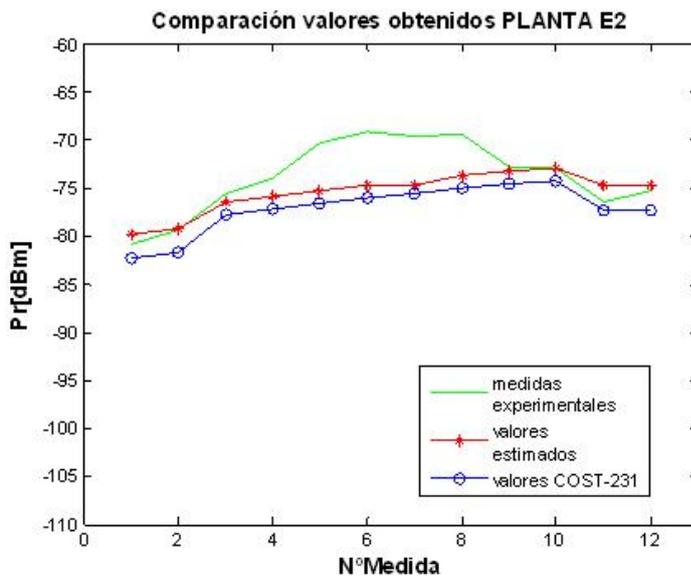


Figura 1.29: Comparación valores de potencia recibida de los distintos modelos en la Planta E2.

- Medidas tomadas en la planta 1.

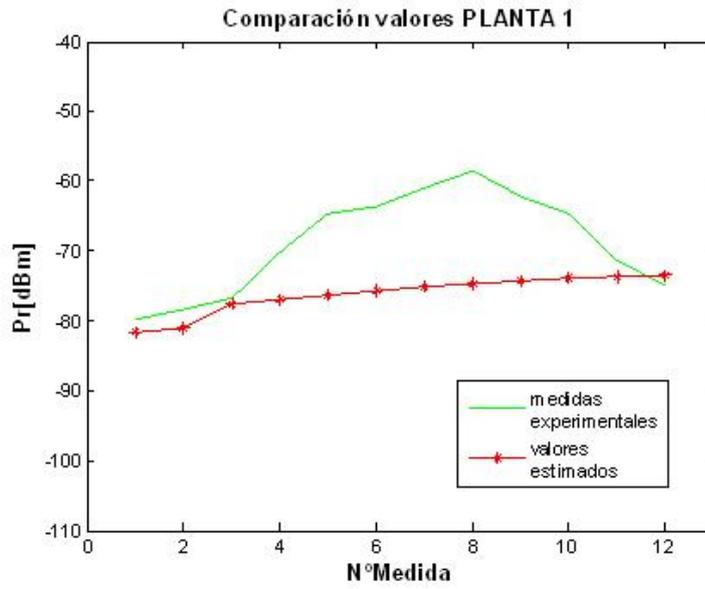


Figura 1.30: Comparación valores de potencia recibida optimizados y medidos en la Planta 1.

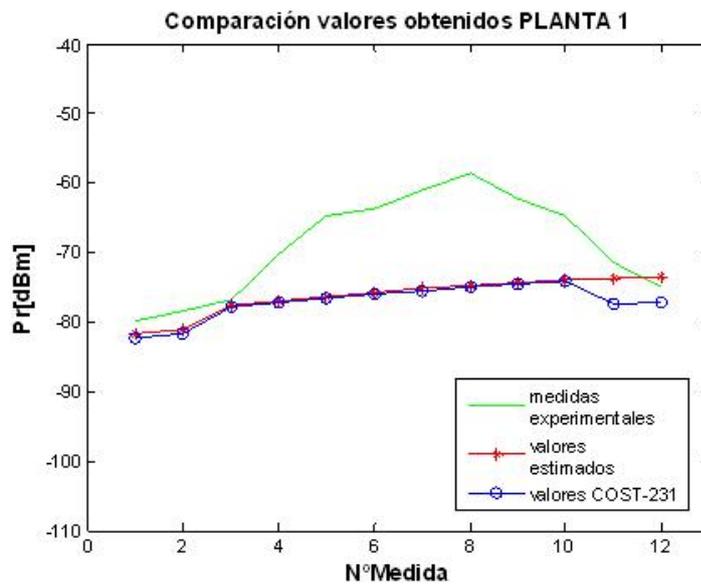


Figura 1.31: Comparación valores de potencia recibida de los distintos modelos en la Planta 1.

- Medidas tomadas en la planta E1.

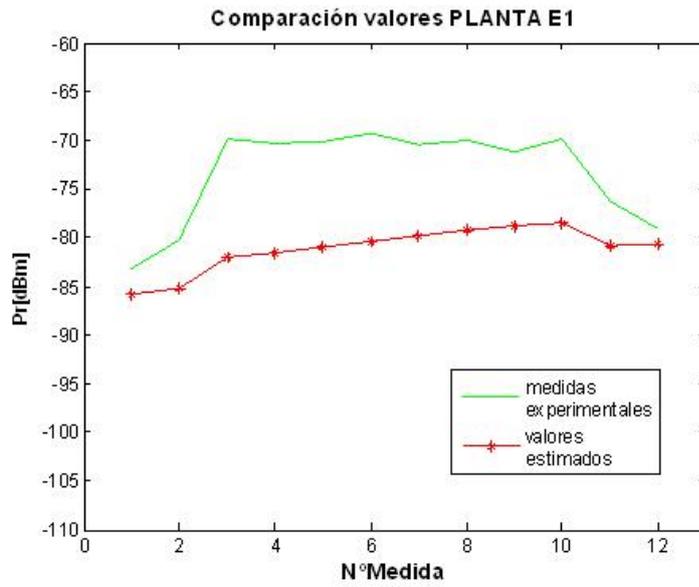


Figura 1.32: Comparación valores de potencia recibida optimizados y medidos en la Planta E1.

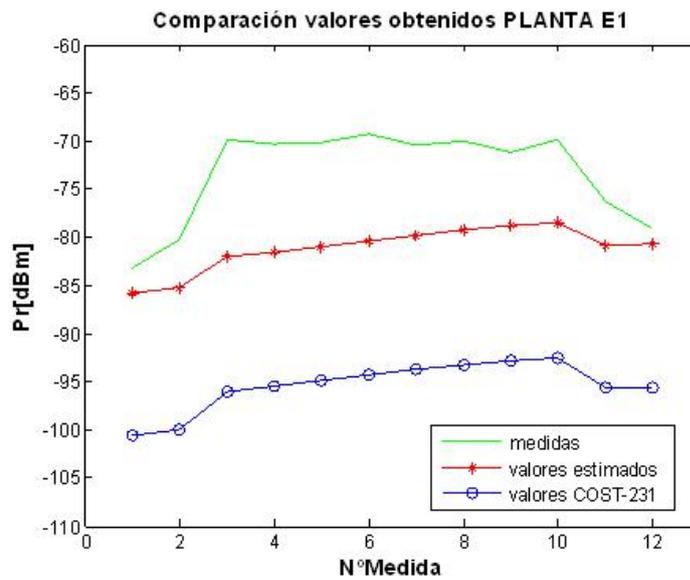


Figura 1.33: Comparación valores de potencia recibida de los distintos modelos en la Planta E1.

- **Medidas tomadas en la planta Baja.**

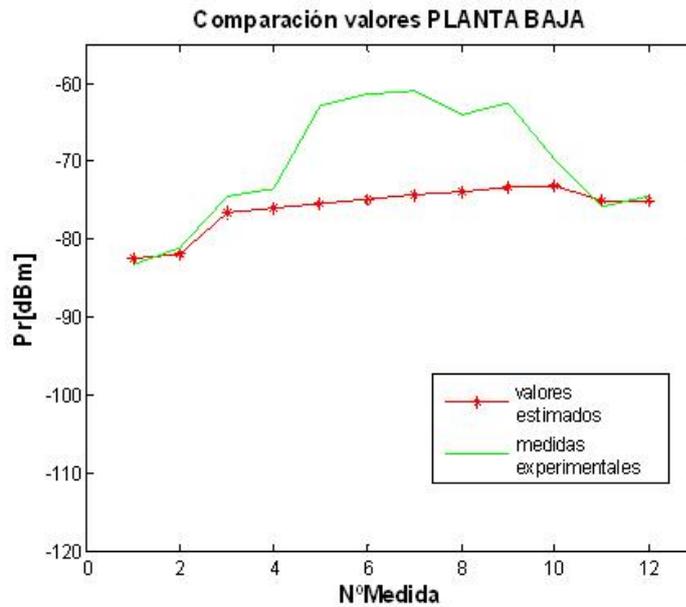


Figura 1.34: Comparación valores de potencia recibida optimizados y medidos en la Planta Baja.

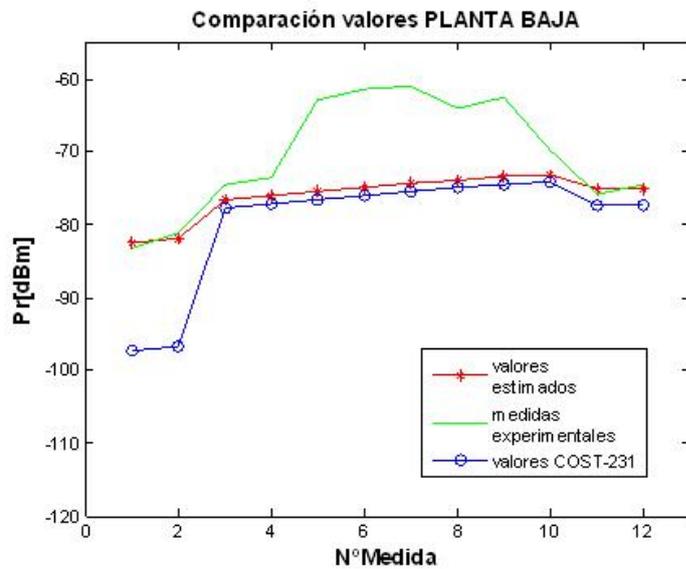


Figura 1.35: Comparación valores de potencia recibida de los distintos modelos en la Planta Baja.

c) **Medidas tomadas en la zona Sur del edificio.** Por último, realizamos la toma de medidas en la zona Sur del edificio. Representamos los valores tanto teóricos como empíricos obtenidos en las distintas plantas del edificio.

■ Medidas tomadas en la planta E2.

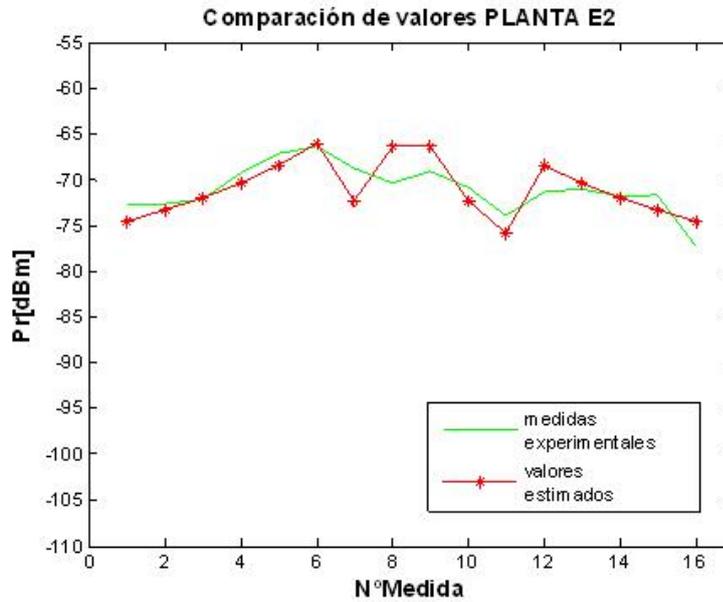


Figura 1.36: Comparación valores de potencia recibida optimizados y medidos en la Planta E2.

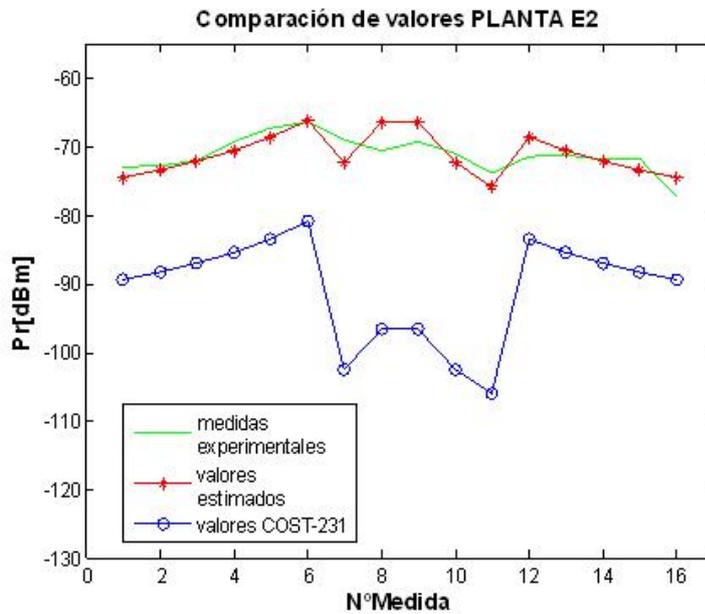


Figura 1.37: Comparación valores de potencia recibida de los distintos modelos en la Planta E2.

■ Medidas tomadas en la planta 1.

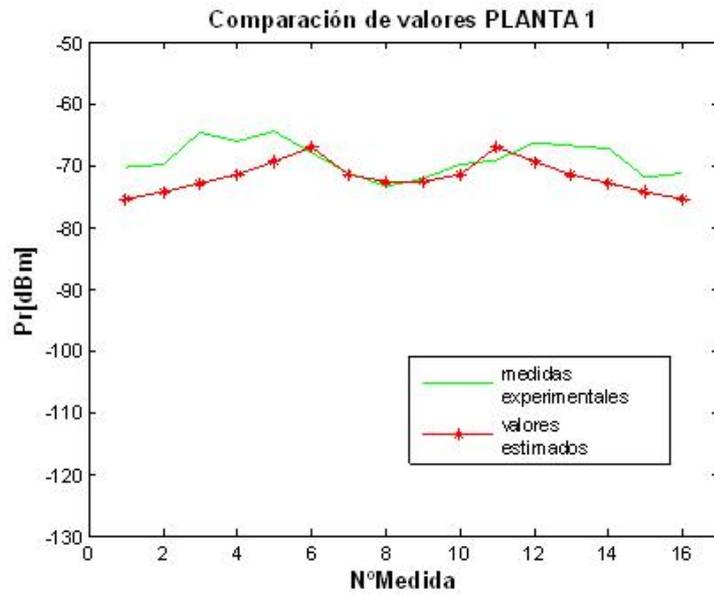


Figura 1.38: Comparación valores de potencia recibida optimizados y medidos en la Planta 1.

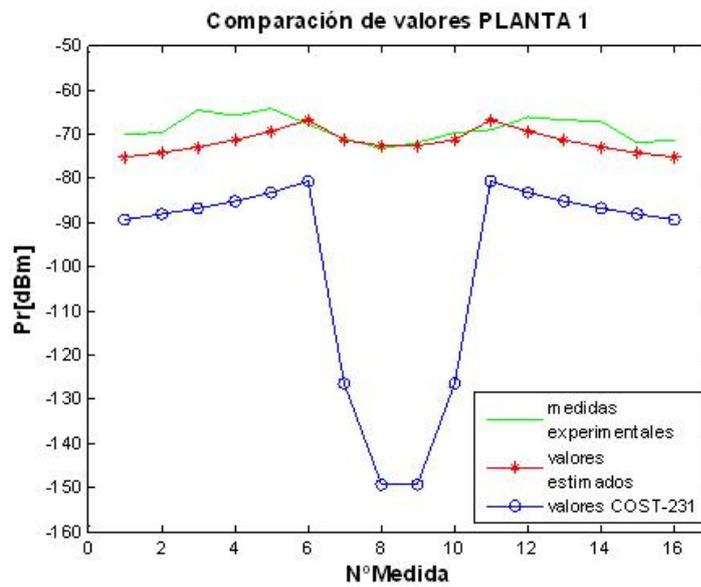


Figura 1.39: Comparación valores de potencia recibida de los distintos modelos en la Planta 1.

Viendo los resultados obtenidos con *MATLAB* podemos decir que nuestro modelo nos ha dado resultados bastante satisfactorios, ya que los valores obtenidos se asemejan bastante tanto en valor como en comportamiento a los obtenidos experimentalmente en la primera fase del proyecto.

## **1.4. Toma de medidas para la realización de un mapa de cobertura.**

### **1.4.1. Introducción.**

Teniendo en cuenta futuras aplicaciones, vamos a realizar una campaña de medidas mucho más amplia, con un mayor número de puntos de medida y considerando muchas más zonas y departamentos de cada planta del edificio de la Escuela.

Nuestro objetivo principal en apartados anteriores era mejorar el modelo *COST-231*, un modelo general y que como hemos visto, se alejaba bastante de los resultados obtenidos experimentalmente. Así, realizando varias campañas de medidas hemos sido capaces de obtener un modelo empírico basado en el anterior pero cuyos resultados se acercan mucho más y mejor a los obtenidos de manera experimental.

En esta última parte del proyecto vamos a realizar una campaña de medidas mucho más amplia en las distintas plantas del edificio. Con los datos obtenidos realizaremos un mapa de cobertura que después podrá ser comparado con los resultados obtenidos con herramientas de trabajo como *ATOLL*, que realizan predicciones de cobertura, y así podremos comparar resultados.

### **1.4.2. Medidas tomadas en la planta E2 del edificio.**

Al igual que se viene realizando en todo el proyecto, para la toma de medidas de potencia se va a utilizar la herramienta de trabajo *XCAL-W*, que nos muestra los valores de potencia recibida en el terminal móvil de forma clara y sencilla.

Realizamos la campaña de medidas a la largo y ancho del edificio en la planta E2, dichos valores son recogidos en la ?? y ??.

Después de situar los distintos puntos de medida sobre el mapa de la planta E2, vamos a asignarle un color determinado a cada punto según dicho valor pertenezca a un rango u otro, previamente establecidos.

Los rangos de valores establecidos son los siguientes:

$-60 \text{ dBm} < P_r < -70 \text{ dBm}$	
$-70 \text{ dBm} < P_r < -80 \text{ dBm}$	
$-80 \text{ dBm} < P_r < -90 \text{ dBm}$	
$-90 \text{ dBm} < P_r < -100 \text{ dBm}$	
$-100 \text{ dBm} < P_r < -110 \text{ dBm}$	

Figura 1.40: Leyenda utilizada para asignar colores en el mapa de cobertura.

De esta forma, obtenemos el mapa de cobertura que muestra la ??



Figura 1.41: Mapa de cobertura obtenido a partir de los valores medidos en la planta E2.

### 1.4.3. Medidas tomadas en la primera planta del edificio.

De igual forma, llevamos a cabo otra amplia campaña de medidas en la primera planta del edificio.

Considerando la misma leyenda que en el apartado anterior, ??, elaboramos el mapa de cobertura correspondiente a las medidas realizadas en esta planta.



Figura 1.42: Mapa de cobertura obtenido a partir de los valores medidos en la primera planta.

El mapa obtenido se muestra en la ??.

Los valores de cada uno de los puntos de medidas están recogidos en el AnexoIII, en la ?? y ??.

#### 1.4.4. Medidas realizadas en la planta E1 del edificio.

Volvemos a realizar una campaña de medidas similar a las anteriores pero en este caso en la planta E1 del edificio.

Los valores obtenidos están incluidos en la ?? y ??. A partir de estos valores y considerando la leyenda mostrada en la ??, elaboramos el mapa de cobertura correspondiente, indicado en la ??.

#### 1.4.5. Medidas realizadas en la planta baja del edificio.

Por último, realizamos la toma de medidas en la planta baja del edificio.

Los valores obtenidos se encuentran en el AnexoIII, más en concreto en la ?? y ??. Con estos valores y considerando la leyenda de apartados anteriores, (??), elaboramos el mapa de cobertura indicado en la ??.



Figura 1.43: Mapa de cobertura obtenido a partir de los valores medidos en la planta E1.

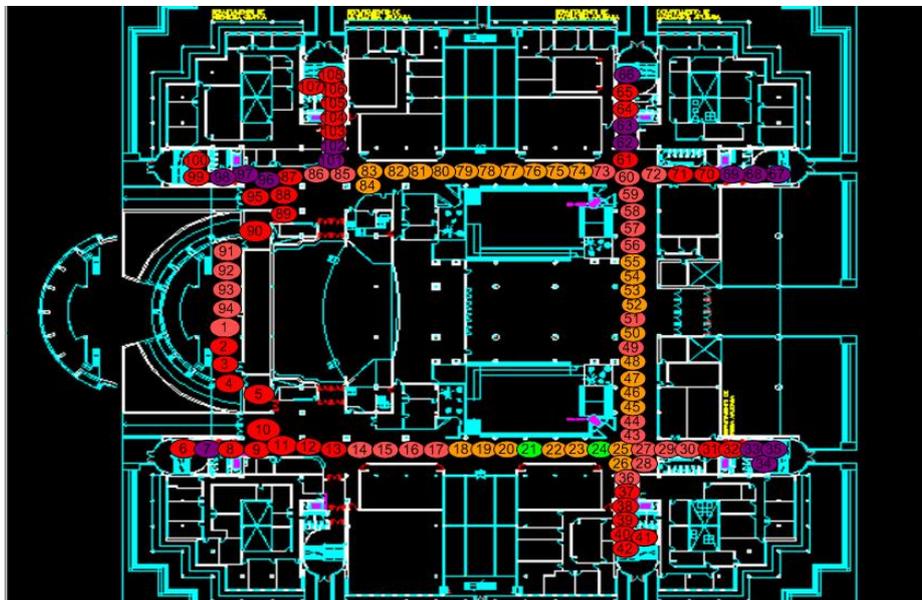


Figura 1.44: Mapa de cobertura obtenido a partir de los valores medidos en la planta baja.