

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



PROYECTO FIN DE CARRERA

ESTUDIO DE PROPAGACIÓN EN DIFERENTES ENTORNOS PARA SEÑALES DE BANDA ANCHA EN SISTEMAS WIMAX

Ingeniería de Telecomunicación

Jose María Lalueza Mayordomo
Junio 2011

ESTUDIO DE PROPAGACIÓN EN DIFERENTES ENTORNOS PARA SEÑALES DE BANDA ANCHA EN SISTEMAS WIMAX

AUTOR: Jose María Lalueza Mayordomo

TUTOR: José Luis Masa Campos

Grupo de RF
Departamento de Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid
Junio 2011

Resumen

Resumen

El objetivo de este Proyecto Fin de Carrera es el de realizar una campaña de medidas para el cálculo de las pérdidas de propagación en diferentes escenarios, tanto interiores como exteriores, para la banda de trabajo contenida entre 3.2 GHz y 3.7 GHz, usada por los sistemas basados en WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access).

Se estudiarán enlaces de 6 a 20 metros de distancia entre antenas total, según escenario, simulando enlaces reales dentro de edificios, llamados picoceldas, siguiendo una estructura de estación base fija y cliente móvil. Para ello se usarán antenas de distintas ganancias, con polarización lineal y circular, aplicadas a todos los escenarios para comprobar su repercusión en el sistema en comparación con la atenuación teórica previamente calculada.

Los resultados se mostrarán:

- En forma gráfica y contarán con: los datos de las medidas tomadas, la atenuación teórica, el ajuste de las medidas en dos rectas, el histograma de la diferencia de las medidas al valor medio y su función de distribución de probabilidad en comparación con una distribución ideal.
- En forma de ecuación (modelo de propagación) que define el ajuste de las medidas en dos rectas.

Palabras Clave

- WiMAX
- Wireless LAN
- Enlace inalámbrico
- Picocelda
- Pérdida de propagación
- Modelo de propagación
- Antena
- Polarización
- Parche
- Radiocomunicación
- Banda ancha
- Analizador de redes

Abstract

The aim of this Final Year Project is to carry out a measurement campaign focused on the calculation of propagation loss in different indoor and outdoor scenarios. I will work with the frequency bandwidth range between 3.2 GHz and 3.7 GHz, because it's used by WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) systems.

In this study I will do 6 to 20 meters wireless links, it depends on the scenario. I will simulate indoor real links, also called picocells, following the structure of a base station and mobile client. For that purpose I will use different gain antennas with lineal and circular polarization, putting into practice to the different scenarios to check the impact in the system compared to the theoretical loss.

The results will show:

- Graphical data that will have: measures data, theoretical loss, two curves adjustment, measurements to mean value histogram, and its cumulative distribution function compared to a ideal probability distribution.
- Propagation model that is defined with two curves equations.

Key words

- WiMAX
- Wireless LAN
- Wireless link
- Picocell
- Propagation loss
- Propagation model
- Antenna
- Polarization
- Patch
- Radiocomunication
- Bandwidth
- Network analyzer

Agradecimientos

Agradecer a mi familia su cariño y dedicación durante todos estos años; a Isabel todos los momentos vividos y el apoyo incondicional; a mis amigos las buenas experiencias, en especial a David; a Jorge E. López de Vergara por enseñarme la aplicación para extraer los planos de la universidad; y a Bazil Taha Ahmed y Jose Luis Masa Campos la oportunidad que me han dado para poder realizar este proyecto y por toda la ayuda prestada para su desarrollo, trabajar con ellos ha sido muy gratificante.

Índice general

Índice de figuras	x
Índice de cuadros	XLIX
Preámbulo	1
1. Introducción	3
1.1. Motivación del proyecto	4
1.2. Objetivos y enfoque	5
1.3. Metodología y plan de trabajo	7
1.4. Organización de la memoria	7
2. Estado del arte	9
2.1. Pérdidas de propagación	10
2.2. Modelos de propagación	11
2.2.1. Modelo de pendiente única (One-step model)	11
2.2.2. Modelo de doble pendiente	11
2.2.3. Modelo multipared (Multi-wall model)	12
2.2.4. Modelo de atenuación lineal (Linear attenuation model)	12
2.3. Pérdidas en espacio libre. Cálculo teórico	12
2.4. El problema del multitrayecto	14
3. Teoría relacionada	17
3.1. Redes inalámbricas	18
3.1.1. Introducción	18
3.1.2. Tecnología WiMAX	19
3.2. Teoría de antenas	22
3.2.1. Introducción	22
3.2.2. Diagrama de radiación	22
3.2.3. Campo cercano y lejano	23

3.2.4.	Densidad de potencia radiada	23
3.2.5.	Directividad	24
3.2.6.	Ganancia	24
3.2.7.	Eficiencia	24
3.2.8.	Ancho de banda	24
3.3.	Distribuciones de probabilidad	25
3.3.1.	Normal o Gaussiana	25
3.3.2.	Rayleigh	25
3.3.3.	Combinación de Rayleigh y Normal	26
3.3.4.	Distribuciones Rayleigh y Normal en un escenario real	30
3.4.	Analizador de redes	33
3.5.	Balance de un enlace radioeléctrico	35
4.	Preparación de la campaña de medidas	37
4.1.	Análisis del material disponible	38
4.1.1.	Antenas	38
4.1.1.1.	Tipos	38
4.1.1.2.	Ganancia	38
4.1.1.3.	Reflexión	39
4.1.2.	Cableado	41
4.1.3.	Analizador de redes	42
4.1.4.	Medidor láser	43
4.1.5.	Resto de recursos utilizados	44
4.2.	Escenarios	44
4.3.	Procedimiento de toma de medidas	44
4.4.	Representación gráfica y análisis de los datos obtenidos	45
5.	Campaña de medidas	47
5.1.	Pasillos del edificio B	48
5.1.1.	Pasillo de 1.20 m. de ancho	48
5.1.2.	Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas)	97
5.1.3.	Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas)	146
5.1.4.	Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas)	195
5.1.5.	Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho	244
5.1.6.	Pasillo semicerrado con ascensores a ambos lados	293
5.2.	Pasillos del edificio A	334

5.2.1. Pasillo semiabierto con taquillas metálicas a un lado	334
5.2.2. Pasillo semicerrado con ordenadores a ambos lados	383
5.2.3. Pasillo semicerrado con ordenadores a ambos lados y una plancha de separación a un lado	424
6. Conclusiones y trabajo futuro	465
6.1. Conclusiones	466
6.2. Trabajo futuro	467
Referencias	468
A. Publicaciones	471
A.1. RF PROPAGATION IN INDOOR ENVIRONMENT AT WIMAX BAND OF 3.5 GHZ	472
A.2. PROPAGATION PATH LOSS AND MATERIALS INSERTION LOSS IN INDOOR ENVIRONMENT AT WIMAX BAND OF 3.3 TO 3.6 GHZ	487
B. Presupuesto	499
C. Pliego de condiciones	501
D. CD	507
D.1. CD con los datos	508

Índice de figuras

1.1. Cobertura 2G de la red de Vodafone en España, Julio 2010	4
1.2. Cobertura HSDPA de la red de Vodafone en España, Julio 2010	5
1.3. Red de área metropolitana usando las tecnologías WiFi y WiMAX	6
2.1. Representación gráfica del fenómeno de reflexión	10
2.2. Representación gráfica del fenómeno de difracción	10
2.3. Representación gráfica del fenómeno de dispersión	10
2.4. Pérdidas de propagación en espacio libre, representación lineal	13
2.5. Pérdidas de propagación en espacio libre, representación logarítmica	14
2.6. Efecto multitrayecto con dos trayectos	14
2.7. Efecto multitrayecto con múltiples trayectos	15
3.1. Logo de WiMAX	19
3.2. Diagrama de conexión WiMAX	20
3.3. Diagrama de radiación de una antena bicuad.	22
3.4. Campo cercano reactivo, región de Fresnel y campo lejano.	23
3.5. Función densidad de probabilidad de una distribución Normal con media cero y $\sigma_{norm} = 2$ y una distribución Rayleigh.	25
3.6. Combinación de Rayleigh y Normal, con $\sigma_{norm} = 2,5$ y $\mu = 0$	27
3.7. Combinación de Rayleigh y Normal, con $\sigma_{norm} = 2,5$ y $\mu = -5$	28
3.8. Combinación de Rayleigh y Normal, con $\sigma_{norm} = 4$ y $\mu = -5$	29
3.9. Medidas del pasillo del edificio C, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 13 m. de distancia entre antenas.	30
3.10. Histograma 1 del pasillo del edificio C, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 8 m de distancia entre antenas.	31
3.11. CDF 1 del pasillo del edificio C, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 8 m de distancia entre antenas.	31
3.12. Histograma 2 del pasillo del edificio C, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 8 y 13 m de distancia entre antenas.	32
3.13. CDF 2 del pasillo del edificio C, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 8 y 13 m de distancia entre antenas.	32

3.14. Analizador de redes Rohde & Schwarz, modelo ZVL, usado en este proyecto.	33
3.15. Cuadripolo.	33
4.1. Antena con 1 parche, vista superior.	39
4.2. Antena con 4 parches y polarización lineal.	39
4.3. Antena con 4 parches y polarización circular.	40
4.4. Medidas y simulación de reflexión S_{11} para la antena de 1 elemento.	40
4.5. Medidas de reflexión S_{11} para la antena de 4 elementos.	41
4.6. Medidas en una zona abierta, a 1m. de distancia entre antenas, de 3.3 a 3.6 GHz. .	42
4.7. Medidas en una zona abierta, a 1m. de distancia entre antenas, de 3.44 a 3.46 GHz.	42
4.8. Medidor láser Bosch DLE40.	43
4.9. Procedimiento de medida con las dos antenas a 1.40 m. de altura.	45
4.10. Procedimiento de medida con una antena a 1.40 m. y la otra a 2.50 m. de altura. .	45
4.11. Ejemplo de representación lineal.	46
4.12. Ejemplo de representación logarítmica.	46
5.1. Plano del pasillo de 1.20 m. de ancho, edificio B	48
5.2. Foto del pasillo de 1.20 m. de ancho, edificio B	48
5.3. Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	49
5.4. Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.	50
5.5. CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.	50
5.6. Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas. . .	51
5.7. CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas. . .	51
5.8. Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	52
5.9. Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas. . . .	53
5.10. CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas. . . .	53
5.11. Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas. . .	54
5.12. CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas. . .	54
5.13. Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	55

5.14. Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m de distancia entre antenas.	56
5.15. CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m de distancia entre antenas.	56
5.16. Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 16.75 m de distancia entre antenas.	57
5.17. CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 16.75 m de distancia entre antenas.	57
5.18. Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	58
5.19. Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m de distancia entre antenas.	59
5.20. CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m de distancia entre antenas.	59
5.21. Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 16.75 m de distancia entre antenas.	60
5.22. CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 16.75 m de distancia entre antenas.	60
5.23. Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	61
5.24. Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.	62
5.25. CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.	62
5.26. Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.	63
5.27. CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.	63
5.28. Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	64
5.29. Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.	65
5.30. CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.	65
5.31. Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.	66
5.32. CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.	66
5.33. Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	67
5.34. Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.	68

5.35. CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.	68
5.36. Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas. . .	69
5.37. CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas. . .	69
5.38. Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	70
5.39. Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas. . . .	71
5.40. CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas. . .	71
5.41. Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.	72
5.42. CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.	72
5.43. Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	73
5.44. Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.	74
5.45. CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.	74
5.46. Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas. . .	75
5.47. CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas. . .	75
5.48. Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	76
5.49. Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.75 m de distancia entre antenas. . . .	77
5.50. CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.75 m de distancia entre antenas. . . .	77
5.51. Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.	78
5.52. CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.	78
5.53. Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	79
5.54. Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas. . .	80
5.55. CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.	80

5.56. Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	81
5.57. CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	81
5.58. Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	82
5.59. Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.	83
5.60. CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.	83
5.61. Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.	84
5.62. CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.	84
5.63. Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	85
5.64. Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	86
5.65. CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	86
5.66. Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	87
5.67. CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	87
5.68. Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	88
5.69. Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	89
5.70. CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	89
5.71. Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	90
5.72. CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	90
5.73. Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	91
5.74. Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6 m. de distancia entre antenas.	92
5.75. CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6 m. de distancia entre antenas.	92
5.76. Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	93

5.77. CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	93
5.78. Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	94
5.79. Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6 m. de distancia entre antenas. . .	95
5.80. CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6 m. de distancia entre antenas.	95
5.81. Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	96
5.82. CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6 y 16.75 m. de distancia entre antenas. . .	96
5.83. Plano del pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), edificio B	97
5.84. Foto del pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), edificio B	97
5.85. Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	98
5.86. Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.	99
5.87. CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.	99
5.88. Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	100
5.89. CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	100
5.90. Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	101
5.91. Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.	102
5.92. CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.	102
5.93. Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	103
5.94. CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	103
5.95. Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	104

5.96. Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m de distancia entre antenas.	105
5.97. CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m de distancia entre antenas.	105
5.98. Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 16.75 m de distancia entre antenas.	106
5.99. CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 16.75 m de distancia entre antenas.	106
5.100 Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	107
5.101 Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m de distancia entre antenas.	108
5.102 CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m de distancia entre antenas.	108
5.103 Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 16.75 m de distancia entre antenas.	109
5.104 CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 16.75 m de distancia entre antenas.	109
5.105 Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	110
5.106 Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4 m. de distancia entre antenas.	111
5.107 CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4 m. de distancia entre antenas.	111
5.108 Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	112
5.109 CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	112
5.110 Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	113
5.111 Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4 m. de distancia entre antenas.	114
5.112 CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4 m. de distancia entre antenas.	114
5.113 Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	115

5.114	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	115
5.115	Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	116
5.116	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.	117
5.117	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.	117
5.118	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	118
5.119	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	118
5.120	Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	119
5.121	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.	120
5.122	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.	120
5.123	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	121
5.124	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	121
5.125	Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	122
5.126	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	123
5.127	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	123
5.128	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	124
5.129	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	124
5.130	Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	125

5.131	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	126
5.132	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	126
5.133	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	127
5.134	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	127
5.135	Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	128
5.136	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.	129
5.137	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.	129
5.138	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	130
5.139	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	130
5.140	Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	131
5.141	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.	132
5.142	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.	132
5.143	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	133
5.144	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	133
5.145	Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	134
5.146	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	135
5.147	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	135

5.148	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	136
5.149	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	136
5.150	Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	137
5.151	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	138
5.152	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	138
5.153	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	139
5.154	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	139
5.155	Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	140
5.156	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	141
5.157	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	141
5.158	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	142
5.159	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	142
5.160	Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	143
5.161	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	144
5.162	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	144
5.163	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	145

5.164	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	145
5.165	Plano del pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), edificio B	146
5.166	Foto del pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), edificio B	146
5.167	Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	147
5.168	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5.50 m. de distancia entre antenas.	148
5.169	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5.50 m. de distancia entre antenas.	148
5.170	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	149
5.171	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	149
5.172	Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	150
5.173	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.50 m. de distancia entre antenas.	151
5.174	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.50 m. de distancia entre antenas.	151
5.175	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	152
5.176	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	152
5.177	Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	153
5.178	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.	154
5.179	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.	154
5.180	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	155

5.181	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	155
5.182	Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	156
5.183	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.	157
5.184	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.	157
5.185	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	158
5.186	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	158
5.187	Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	159
5.188	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5.75 m. de distancia entre antenas.	160
5.189	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5.75 m. de distancia entre antenas.	160
5.190	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	161
5.191	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	161
5.192	Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	162
5.193	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.75 m. de distancia entre antenas.	163
5.194	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.75 m. de distancia entre antenas.	163
5.195	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	164
5.196	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	164

5.197	Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	165
5.198	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.	166
5.199	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.	166
5.200	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	167
5.201	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	167
5.202	Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	168
5.203	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	169
5.204	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	169
5.205	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	170
5.206	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	170
5.207	Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	171
5.208	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 8.25 m. de distancia entre antenas.	172
5.209	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 8.25 m. de distancia entre antenas.	172
5.210	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 8.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	173
5.211	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 8.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	173
5.212	Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	174

5.213	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 8.50 m. de distancia entre antenas.	175
5.214	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 8.50 m. de distancia entre antenas.	175
5.215	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 8.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	176
5.216	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 8.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	176
5.217	Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	177
5.218	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7.25 m. de distancia entre antenas.	178
5.219	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7.25 m. de distancia entre antenas.	178
5.220	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	179
5.221	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	179
5.222	Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	180
5.223	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	181
5.224	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	181
5.225	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	182
5.226	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	182
5.227	Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	183

5.228	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	184
5.229	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	184
5.230	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	185
5.231	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	185
5.232	Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	186
5.233	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	187
5.234	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	187
5.235	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	188
5.236	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	188
5.237	Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	189
5.238	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.00 m de distancia entre antenas.	190
5.239	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.00 m de distancia entre antenas.	190
5.240	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.00 y 16.75 m de distancia entre antenas.	191
5.241	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.00 y 16.75 m de distancia entre antenas.	191
5.242	Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	192
5.243	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.00 m de distancia entre antenas.	193

5.244	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.00 m de distancia entre antenas.	193
5.245	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.00 y 16.75 m de distancia entre antenas.	194
5.246	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.00 y 16.75 m de distancia entre antenas.	194
5.247	Plano del pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), edificio B	195
5.248	Foto del pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), edificio B	195
5.249	Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	196
5.250	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.75 m de distancia entre antenas.	197
5.251	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.75 m de distancia entre antenas.	197
5.252	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.	198
5.253	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.	198
5.254	Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	199
5.255	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.75 m de distancia entre antenas.	200
5.256	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.75 m de distancia entre antenas.	200
5.257	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.	201
5.258	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.	201
5.259	Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	202
5.260	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5 m. de distancia entre antenas.	203

5.261	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5 m. de distancia entre antenas.	203
5.262	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	204
5.263	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	204
5.264	Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	205
5.265	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.25 m.	206
5.266	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.25 m.	206
5.267	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.25 - 16.75 m.	207
5.268	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.25 - 16.75 m.	207
5.269	Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	208
5.270	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 8 m. de distancia entre antenas.	209
5.271	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 8 m. de distancia entre antenas.	209
5.272	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 8 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	210
5.273	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 8 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	210
5.274	Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	211
5.275	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 8 m. de distancia entre antenas.	212
5.276	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 8 m. de distancia entre antenas.	212
5.277	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 8 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	213

5.278	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 8 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	213
5.279	Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	214
5.280	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.	215
5.281	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.	215
5.282	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	216
5.283	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	216
5.284	Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	217
5.285	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	218
5.286	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	218
5.287	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	219
5.288	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	219
5.289	Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	220
5.290	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	221
5.291	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	221
5.292	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	222
5.293	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	222

5.294	Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	223
5.295	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	224
5.296	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	224
5.297	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	225
5.298	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	225
5.299	Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	226
5.300	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	227
5.301	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	227
5.302	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	228
5.303	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	228
5.304	Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	229
5.305	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	230
5.306	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	230
5.307	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	231
5.308	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	231
5.309	Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	232

5.310	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.	233
5.311	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.	233
5.312	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	234
5.313	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	234
5.314	Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	235
5.315	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.	236
5.316	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.	236
5.317	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	237
5.318	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	237
5.319	Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	238
5.320	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.00 m de distancia entre antenas.	239
5.321	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.00 m de distancia entre antenas.	239
5.322	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.00 y 16.75 m de distancia entre antenas.	240
5.323	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.00 y 16.75 m de distancia entre antenas.	240
5.324	Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	241
5.325	Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.00 m de distancia entre antenas.	242

5.326	CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.00 m de distancia entre antenas.	242
5.327	Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.00 y 16.75 m de distancia entre antenas.	243
5.328	CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.00 y 16.75 m de distancia entre antenas.	243
5.329	Plano del pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, edificio B	244
5.330	Foto del pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, edificio B	244
5.331	Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	245
5.332	Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5.75 m de distancia entre antenas.	246
5.333	CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5.75 m de distancia entre antenas.	246
5.334	Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.	247
5.335	CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.	247
5.336	Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	248
5.337	Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.75 m de distancia entre antenas.	249
5.338	CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.75 m de distancia entre antenas.	249
5.339	Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.	250
5.340	CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.	250
5.341	Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	251
5.342	Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7.75 m. de distancia entre antenas.	252
5.343	CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7.75 m. de distancia entre antenas.	252
5.344	Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	253

5.345	CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	253
5.346	Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	254
5.347	Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7.75 m.	255
5.348	CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7.75 m.	255
5.349	Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7.75 - 16.75 m.	256
5.350	CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7.75 - 16.75 m.	256
5.351	Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	257
5.352	Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	258
5.353	CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.	258
5.354	Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	259
5.355	CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	259
5.356	Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	260
5.357	Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.25 m. de distancia entre antenas.	261
5.358	CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.25 m. de distancia entre antenas.	261
5.359	Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	262
5.360	CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	262
5.361	Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	263
5.362	Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6 m. de distancia entre antenas.	264
5.363	CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6 m. de distancia entre antenas.	264

5.364	Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	265
5.365	CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	265
5.366	Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	266
5.367	Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6 m. de distancia entre antenas.	267
5.368	CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6 m. de distancia entre antenas.	267
5.369	Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	268
5.370	CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	268
5.371	Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	269
5.372	Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 9 m. de distancia entre antenas.	270
5.373	CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 9 m. de distancia entre antenas.	270
5.374	Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 9 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	271
5.375	CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 9 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	271
5.376	Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	272
5.377	Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 9 m. de distancia entre antenas.	273
5.378	CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 9 m. de distancia entre antenas.	273
5.379	Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 9 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	274
5.380	CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 9 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	274
5.381	Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	275

5.382	Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7.25 m. de distancia entre antenas.	276
5.383	CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7.25 m. de distancia entre antenas. . .	276
5.384	Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	277
5.385	CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	277
5.386	Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	278
5.387	Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	279
5.388	CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas. . .	279
5.389	Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	280
5.390	CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	280
5.391	Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	281
5.392	Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7.5 m. de distancia entre antenas.	282
5.393	CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7.5 m. de distancia entre antenas. . . .	282
5.394	Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7.5 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	283
5.395	CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7.5 y 16.75 m. de distancia entre antenas. .	283
5.396	Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	284
5.397	Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7.25 m. de distancia entre antenas.	285
5.398	CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7.25 m. de distancia entre antenas.	285
5.399	Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	286

5.400	CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.	286
5.401	Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	287
5.402	Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.	288
5.403	CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas. . .	288
5.404	Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.	289
5.405	CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.	289
5.406	Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	290
5.407	Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.	291
5.408	CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.	291
5.409	Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.	292
5.410	CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.	292
5.411	Plano del pasillo con ascensores, edificio B	293
5.412	Foto del pasillo con ascensores, edificio B	293
5.413	Pasillo con ascensores, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	294
5.414	Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.5 m de distancia entre antenas.	295
5.415	CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.5 m de distancia entre antenas.	295
5.416	Pasillo con ascensores, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, 3.415 y 3.435 GHz.	296
5.417	Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.5 m de distancia entre antenas. . . .	297
5.418	CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.5 m de distancia entre antenas.	297
5.419	Pasillo con ascensores, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	298
5.420	Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	299

5.421	CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	299
5.422	Pasillo con ascensores, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, 3.415 y 3.435 GHz.	300
5.423	Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.5 m.	301
5.424	CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.5 m.	301
5.425	Pasillo con ascensores, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	302
5.426	Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	303
5.427	CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	303
5.428	Histograma 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	304
5.429	CDF 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	304
5.430	Pasillo con ascensores, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, 3.415 y 3.435 GHz.	305
5.431	Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	306
5.432	CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	306
5.433	Histograma 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	307
5.434	CDF 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	307
5.435	Pasillo con ascensores, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	308
5.436	Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	309
5.437	CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	309
5.438	Histograma 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	310
5.439	CDF 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	310
5.440	Pasillo con ascensores, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, 3.415 y 3.435 GHz.	311
5.441	Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	312
5.442	CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	312
5.443	Histograma 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	313

5.444	CDF 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	313
5.445	Pasillo con ascensores, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	314
5.446	Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	315
5.447	CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	315
5.448	Pasillo con ascensores, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, 3.415 y 3.435 GHz.	316
5.449	Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas. . . .	317
5.450	CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	317
5.451	Pasillo con ascensores, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	318
5.452	Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	319
5.453	CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	319
5.454	Pasillo con ascensores, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, 3.415 y 3.435 GHz.	320
5.455	Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas. . . .	321
5.456	CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	321
5.457	Pasillo con ascensores, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	322
5.458	Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.25 m. de distancia entre antenas.	323
5.459	CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.25 m. de distancia entre antenas.	323
5.460	Histograma 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.25 y 6.5 m. de distancia entre antenas. . . .	324
5.461	CDF 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.25 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	324
5.462	Pasillo con ascensores, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, 3.415 y 3.435 GHz.	325
5.463	Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.25 m. de distancia entre antenas. . .	326
5.464	CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.25 m. de distancia entre antenas.	326
5.465	Histograma 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.25 y 6.5 m. de distancia entre antenas. .	327
5.466	CDF 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.25 y 6.5 m. de distancia entre antenas.	327

5.467	Pasillo con ascensores, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	328
5.468	Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.25 m de distancia entre antenas.	329
5.469	CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.25 m de distancia entre antenas.	329
5.470	Histograma 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.25 y 6.5 m de distancia entre antenas.	330
5.471	CDF 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.25 y 6.5 m de distancia entre antenas.	330
5.472	Pasillo con ascensores, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, 3.415 y 3.435 GHz.	331
5.473	Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.25 m de distancia entre antenas.	332
5.474	CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.25 m de distancia entre antenas.	332
5.475	Histograma 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.25 y 6.5 m de distancia entre antenas.	333
5.476	CDF 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.25 y 6.5 m de distancia entre antenas.	333
5.477	Plano del pasillo con taquillas metálicas a un lado, edificio A	334
5.478	Foto del pasillo con taquillas metálicas a un lado, edificio A	334
5.479	Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	335
5.480	Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5.25 m de distancia entre antenas.	336
5.481	CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5.25 m de distancia entre antenas.	336
5.482	Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5.25 y 15 m de distancia entre antenas.	337
5.483	CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5.25 y 15 m de distancia entre antenas.	337
5.484	Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	338
5.485	Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.25 m de distancia entre antenas.	339
5.486	CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.25 m de distancia entre antenas.	339
5.487	Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.25 y 15 m de distancia entre antenas.	340

5.488	CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.25 y 15 m de distancia entre antenas.	340
5.489	Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	341
5.490	Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4 m. de distancia entre antenas.	342
5.491	CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4 m. de distancia entre antenas.	342
5.492	Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4 y 15 m. de distancia entre antenas.	343
5.493	CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4 y 15 m. de distancia entre antenas.	343
5.494	Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	344
5.495	Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4 m.	345
5.496	CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4 m.	345
5.497	Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4 - 15 m.	346
5.498	CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4 - 15 m.	346
5.499	Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	347
5.500	Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.	348
5.501	CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.	348
5.502	Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 15 m. de distancia entre antenas.	349
5.503	CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 15 m. de distancia entre antenas.	349
5.504	Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	350
5.505	Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4 m. de distancia entre antenas.	351
5.506	CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4 m. de distancia entre antenas.	351
5.507	Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4 y 15 m. de distancia entre antenas.	352

5.508	CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4 y 15 m. de distancia entre antenas. . .	352
5.509	Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	353
5.510	Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.75 m. de distancia entre antenas.	354
5.511	CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.75 m. de distancia entre antenas. . .	354
5.512	Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.75 y 15 m. de distancia entre antenas.	355
5.513	CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.75 y 15 m. de distancia entre antenas. . .	355
5.514	Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	356
5.515	Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.75 m. de distancia entre antenas.	357
5.516	CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.75 m. de distancia entre antenas.	357
5.517	Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.75 y 15 m. de distancia entre antenas.	358
5.518	CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.75 y 15 m. de distancia entre antenas.	358
5.519	Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	359
5.520	Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	360
5.521	CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	360
5.522	Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 15 m. de distancia entre antenas.	361
5.523	CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 15 m. de distancia entre antenas.	361
5.524	Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	362
5.525	Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	363
5.526	CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas. . .	363

5.527	Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 15 m. de distancia entre antenas.	364
5.528	CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 15 m. de distancia entre antenas.	364
5.529	Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	365
5.530	Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	366
5.531	CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	366
5.532	Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 15 m. de distancia entre antenas.	367
5.533	CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 15 m. de distancia entre antenas.	367
5.534	Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	368
5.535	Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.	369
5.536	CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.	369
5.537	Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.75 y 15 m. de distancia entre antenas.	370
5.538	CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.75 y 15 m. de distancia entre antenas.	370
5.539	Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	371
5.540	Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 8 m. de distancia entre antenas.	372
5.541	CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 8 m. de distancia entre antenas.	372
5.542	Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 8 y 15 m. de distancia entre antenas.	373
5.543	CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 8 y 15 m. de distancia entre antenas.	373
5.544	Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	374

5.545	Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 8 m. de distancia entre antenas.	375
5.546	CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 8 m. de distancia entre antenas. . .	375
5.547	Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 8 y 15 m. de distancia entre antenas.	376
5.548	CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 8 y 15 m. de distancia entre antenas.	376
5.549	Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	377
5.550	Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.25 m de distancia entre antenas.	378
5.551	CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.25 m de distancia entre antenas.	378
5.552	Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.25 y 15 m de distancia entre antenas.	379
5.553	CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.25 y 15 m de distancia entre antenas.	379
5.554	Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	380
5.555	Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m de distancia entre antenas.	381
5.556	CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m de distancia entre antenas.	381
5.557	Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 15 m de distancia entre antenas.	382
5.558	CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 15 m de distancia entre antenas.	382
5.559	Plano del laboratorio 7, edificio A	383
5.560	Foto del laboratorio 7, edificio A	383
5.561	Laboratorio 7, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	384
5.562	Histograma 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m de distancia entre antenas.	385

5.563	CDF 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m de distancia entre antenas.	385
5.564	Laboratorio 7, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz. . . .	386
5.565	Histograma 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m de distancia entre antenas.	387
5.566	CDF 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m de distancia entre antenas.	387
5.567	Laboratorio 7, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	388
5.568	Histograma 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	389
5.569	CDF 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	389
5.570	Laboratorio 7, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz. . . .	390
5.571	Histograma 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m.	391
5.572	CDF 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m.	391
5.573	Laboratorio 7, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	392
5.574	Histograma 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	393
5.575	CDF 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	393
5.576	Histograma 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.	394
5.577	CDF 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.	394
5.578	Laboratorio 7, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz. . . .	395
5.579	Histograma 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	396
5.580	CDF 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	396
5.581	Histograma 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.	397
5.582	CDF 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.	397
5.583	Laboratorio 7, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	398
5.584	Histograma 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	399
5.585	CDF 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	399

5.586	Histograma 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.	400
5.587	CDF 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.	400
5.588	Laboratorio 7, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz. . . .	401
5.589	Histograma 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	402
5.590	CDF 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	402
5.591	Histograma 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.	403
5.592	CDF 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.	403
5.593	Laboratorio 7, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	404
5.594	Histograma 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	405
5.595	CDF 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	405
5.596	Laboratorio 7, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz. . .	406
5.597	Histograma 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	407
5.598	CDF 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	407
5.599	Laboratorio 7, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	408
5.600	Histograma 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	409
5.601	CDF 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	409
5.602	Laboratorio 7, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz. . .	410
5.603	Histograma 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	411
5.604	CDF 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	411
5.605	Laboratorio 7, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	412
5.606	Histograma 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.5 m. de distancia entre antenas.	413
5.607	CDF 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.5 m. de distancia entre antenas.	413
5.608	Histograma 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.5 y 7 m. de distancia entre antenas.	414

5.609	CDF 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.5 y 7 m. de distancia entre antenas.	414
5.610	Laboratorio 7, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz. . .	415
5.611	Histograma 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.5 m. de distancia entre antenas.	416
5.612	CDF 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.5 m. de distancia entre antenas.	416
5.613	Histograma 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.5 y 7 m. de distancia entre antenas.	417
5.614	CDF 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.5 y 7 m. de distancia entre antenas.	417
5.615	Laboratorio 7, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	418
5.616	Histograma 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.50 m de distancia entre antenas.	419
5.617	CDF 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.50 m de distancia entre antenas.	419
5.618	Histograma 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.50 y 7 m de distancia entre antenas.	420
5.619	CDF 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.50 y 7 m de distancia entre antenas.	420
5.620	Laboratorio 7, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz. . .	421
5.621	Histograma 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.50 m de distancia entre antenas.	422
5.622	CDF 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.50 m de distancia entre antenas.	422
5.623	Histograma 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.50 y 7 m de distancia entre antenas.	423
5.624	CDF 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.50 y 7 m de distancia entre antenas.	423
5.625	Plano del laboratorio 7 con plancha a un lado, edificio A	424
5.626	Foto del laboratorio 7 con plancha a un lado, edificio A	424
5.627	Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	425
5.628	Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m de distancia entre antenas.	426
5.629	CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m de distancia entre antenas.	426
5.630	Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	427
5.631	Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m de distancia entre antenas.	428

5.632	CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m de distancia entre antenas. . .	428
5.633	Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	429
5.634	Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	430
5.635	CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	430
5.636	Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	431
5.637	Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m.	432
5.638	CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m.	432
5.639	Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	433
5.640	Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	434
5.641	CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	434
5.642	Histograma 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.	435
5.643	CDF 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.	435
5.644	Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	436
5.645	Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.	437
5.646	CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas. . .	437
5.647	Histograma 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.	438
5.648	CDF 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas. . .	438
5.649	Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	439
5.650	Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3.25 m. de distancia entre antenas.	440
5.651	CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3.25 m. de distancia entre antenas. . .	440
5.652	Histograma 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3.25 y 7 m. de distancia entre antenas.	441

5.653	CDF 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3.25 y 7 m. de distancia entre antenas. . .	441
5.654	Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	442
5.655	Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3.25 m. de distancia entre antenas.	443
5.656	CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3.25 m. de distancia entre antenas.	443
5.657	Histograma 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3.25 y 7 m. de distancia entre antenas.	444
5.658	CDF 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3.25 y 7 m. de distancia entre antenas.	444
5.659	Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	445
5.660	Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	446
5.661	CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	446
5.662	Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	447
5.663	Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	448
5.664	CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas. . .	448
5.665	Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	449
5.666	Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	450
5.667	CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	450
5.668	Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	451
5.669	Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.	452
5.670	CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas. . .	452
5.671	Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	453

5.672	Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.5 m. de distancia entre antenas.	454
5.673	CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.5 m. de distancia entre antenas. . . .	454
5.674	Histograma 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.5 y 7 m. de distancia entre antenas.	455
5.675	CDF 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.5 y 7 m. de distancia entre antenas. . . .	455
5.676	Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	456
5.677	Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.5 m. de distancia entre antenas.	457
5.678	CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.5 m. de distancia entre antenas. .	457
5.679	Histograma 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.5 y 7 m. de distancia entre antenas.	458
5.680	CDF 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.5 y 7 m. de distancia entre antenas. .	458
5.681	Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.	459
5.682	Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.50 m de distancia entre antenas.	460
5.683	CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.50 m de distancia entre antenas. . .	460
5.684	Histograma 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.50 y 7 m de distancia entre antenas.	461
5.685	CDF 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.50 y 7 m de distancia entre antenas. . .	461
5.686	Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.	462
5.687	Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.50 m de distancia entre antenas.	463
5.688	CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.50 m de distancia entre antenas.	463
5.689	Histograma 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.50 y 7 m de distancia entre antenas.	464
5.690	CDF 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.50 y 7 m de distancia entre antenas.	464

Índice de cuadros

2.1. Índices de propagación para el modelo de pendiente única.	11
3.1. Especificaciones para WiMAX.	20
3.2. Tabla comparativa de WiMAX, WiFi y 3G.	21

Preámbulo

Organización del Proyecto

El proyecto está organizado en 6 capítulos:

- Introducción.
- Estado del arte.
- Teoría relacionada.
- Preparación de la campaña de medidas.
- Campaña de medidas.
- Conclusiones y trabajo futuro.

Y un apéndice donde se encuentra la publicación realizada.

Herramientas utilizadas

El presente documento ha sido redactado por el autor usando \LaTeX , tomando como base la plantilla propuesta por Pedro Tomé González. El formato del texto es Computer Roman Modern a tamaño 11pt. Todos los gráficos e imágenes fueron incluidos en formato PNG (Portable Network Graphics), JPEG (Joint Photographic Experts Group) o PDF (Portable Document Format).

Nota sobre el copyright ©

Los derechos de cualquier marca comercial o registrada mencionada en el presente documento son propiedad de sus respectivos titulares.

1

Introducción

1.1. Motivación del proyecto

En los últimos años ha aumentado notablemente la presencia de dispositivos móviles en la sociedad, ya sean móviles, ordenadores portátiles, PDAs, etc... A su vez la demanda de ancho de banda por cada terminal es cada vez mayor, quedándose cortas las tecnologías de acceso móviles actuales:

- GSM (Groupe Spécial Mobile): 9,6 Kbps y tiempo de establecimiento de conexión de 15 a 30 segundos.
- GPRS (Global Packet Radio Service): hasta 144 Kbps y tiempo de establecimiento de conexión inferior al segundo.
- UMTS (Universal Mobile Telephony System): de 384 Kbps a 2 Mbps.
- HSDPA (High Speed Downlink Packet Access): hasta 10 Mbps.

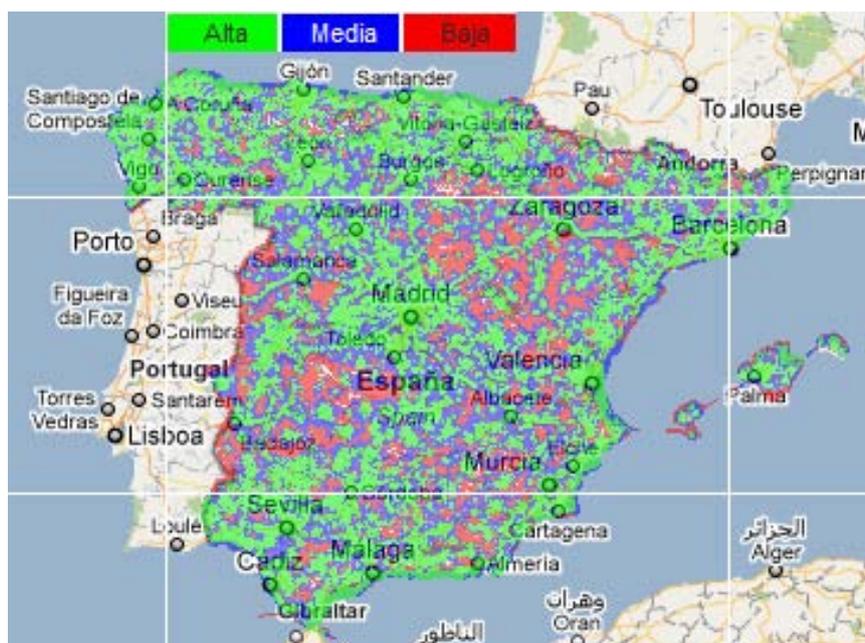


Figura 1.1: Cobertura 2G de la red de Vodafone en España, Julio 2010

En cambio, la tecnología de acceso WiFi ¹ si cumple con los requisitos actuales de demanda de ancho de banda con una capacidad de 11, 54 y 108 Mbps ², pero no cumple con el nivel de movilidad requerido, ya que, aunque es una tecnología sin cables, sólo tiene un rango de cobertura máximo de 100 metros en el mejor de los casos.

Para cubrir esta demanda se crea WiMAX ³ como complemento (Figura 1.3), que toma las dos mejores cualidades de las tecnologías anteriormente nombradas. Por una parte tiene un rango de cobertura de hasta 50 Kilómetros y por otra parte tiene unas velocidades de acceso máximas de 70 Mbps (35 + 35 Mbps), presentando unas velocidades típicas de 15 Mbps.

¹Nombre comercial del estándar 802.11

²Para los estándares 802.11b, 802.11g y 802.11n respectivamente [1]

³Nombre comercial del estándar 802.16

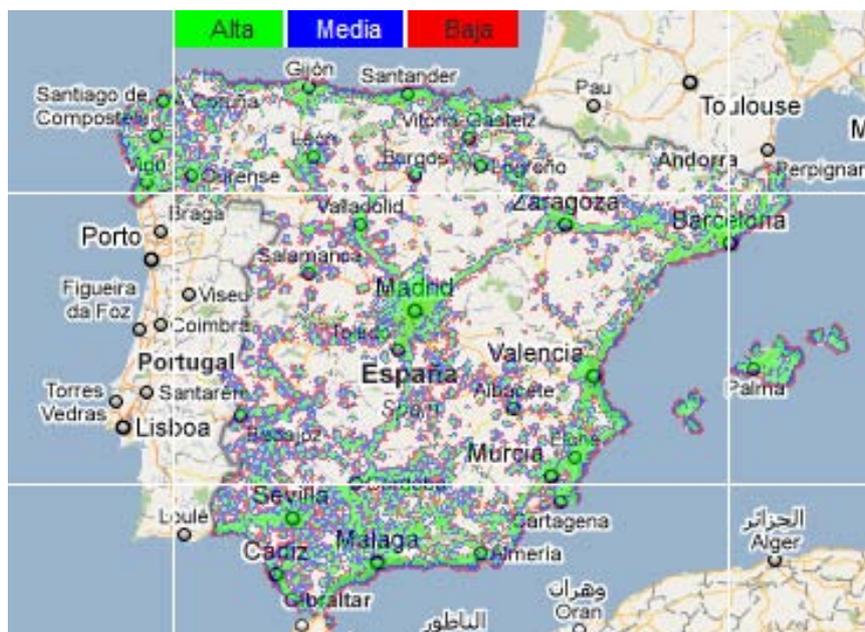


Figura 1.2: Cobertura HSDPA de la red de Vodafone en España, Julio 2010

Al ser creada como complemento, está pensada para su uso exterior principalmente. No obstante, puede usarse en interior utilizando femtoceldas para crear una red *indoor* dentro de los edificios. En estos casos, la predicción de la propagación en interiores difiere en cierta medida de la que se efectúa en relación con los sistemas de exteriores. En interiores la cobertura depende notablemente de la geometría de los entornos, cuyos límites afectan además a la propagación. Aparte de la reutilización de frecuencias en el mismo piso de un edificio, suele ser necesario reutilizar una frecuencia entre diferentes pisos del mismo edificio, por lo cual hay que considerar una tercera dimensión en las cuestiones de interferencia.

Para la planificación inicial de un sistema de estas características, hay que estimar el número de estaciones bases necesarias para proporcionar una cobertura, definida por las características de los dispositivos usados para realizar el enlace radioeléctrico, a cualquier dispositivo móvil que se encuentre en los límites del edificio. Para ello, necesitamos modelos que representen las características de propagación en el entorno y en el canal que usaremos en el sistema. Actualmente no existen apenas estudios de propagación para la banda de WiMAX en interior.

Uno de esos estudios ha sido efectuado por Pablo Núñez como Proyecto Fin de Carrera [2]. En este Proyecto se busca mejorar la precisión y detalle de su estudio, así como aprovechar la construcción de un nuevo edificio para la escuela politécnica superior para mostrar el efecto del multitrayecto.

1.2. Objetivos y enfoque

Debido a lo explicado en el punto anterior, la tecnología de WiMAX se posiciona como el futuro en cuanto a redes inalámbricas, que están adquiriendo cada vez más importancia y protagonismo en la actualidad, mejorando las comunicaciones, la movilidad y la calidad de vida de la sociedad. Desde el punto de vista de un ingeniero de telecomunicación, en cualquier sistema de telecomunicación es necesario tener una exhaustiva caracterización del medio de transmisión, ya que de lo contrario, en muchos casos, sería imposible garantizar una determinada calidad de servicio al usuario.

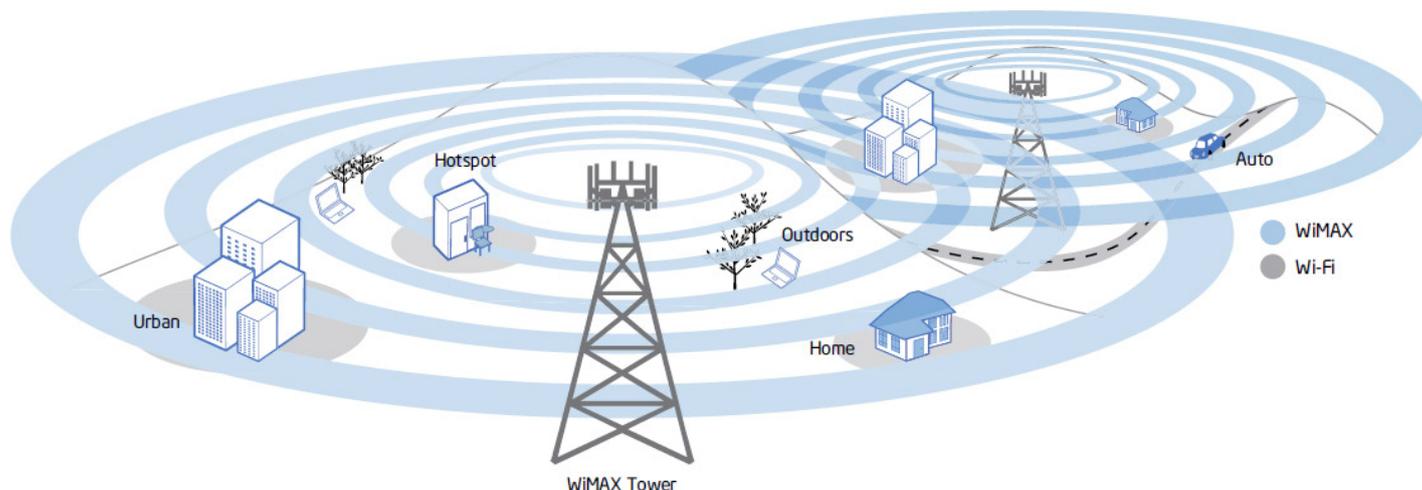


Figura 1.3: Red de área metropolitana usando las tecnologías WiFi y WiMAX

Este Proyecto Fin de Carrera se centrará en el estudio de las pérdidas de propagación del espectro radioeléctrico comprendido entre 3.3 y 3.6 GHz, frecuencia utilizada por los sistemas WiMAX, en distintos escenarios del interior de edificios con el objetivo de aportar más datos del canal de propagación de WiMAX. En concreto, se caracterizará en forma gráfica y matemática las pérdidas de propagación que sufren las señales electromagnéticas que trabajan en la banda de frecuencia de 3.3 - 3.6 GHz en diferentes entornos a distancias no superiores a 17 metros, con unas antenas de polarización vertical, diseñadas en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid [3], para observar el efecto del aumento de la ganancia de la antena y de la aplicación de un polarizador circular.

Para ello, hemos analizado una gran cantidad de medidas de campo que nos han permitido definir las pérdidas de propagación en toda la banda, previamente definida, con aproximaciones matemáticas usando representación logarítmica o lineal según la que mejor se ajuste a nuestro caso concreto. Se han simulado las condiciones más parecidas a la instalación real de una microcelda en los siguientes escenarios ⁴:

- Pasillo cerrado de 1.2 metros.
- Pasillo cerrado de 2 metros dividido en 3 secciones: a 50 cm., a 100 cm. y a 150 cm. de la pared.
- Pasillo cerrado de anchura variable, de 3.65 metros a 2 metros.
- Pasillo semiabierto ⁵ de 2.50 metros.
- Pasillo semicerrado de 1.83 metros con taquillas metálicas en uno de sus lados.
- Espacio abierto.
- Obstáculos en la línea de visión directa (enlace NLOS ⁶)

⁴Situados en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid

⁵Delimitado por paredes que no llegan al techo

⁶Non Line of Sight

1.3. Metodología y plan de trabajo

Con el fin de cumplir los objetivos del Proyecto Fin de Carrera se ha seguido la siguiente metodología de trabajo:

- **Escenarios a estudiar:** se han seleccionado los escenarios más representativos, que poseen unas características muy atractivas para su estudio y que pueden encontrarse en cualquier edificio. Este paso tiene relativa importancia para no estudiar información redundante que no aportaría ninguna novedad.
- **Toma de datos:** se han tomado todas las medidas de campo necesarias para su posterior análisis en los diferentes escenarios y con las diferentes combinaciones de una de las antenas. Este paso es crítico ya que todo el estudio depende de ello y por lo tanto, se ha realizado con el mayor cuidado y precisión posible.
- **Análisis de datos:** con los datos recogidos en la campaña de medidas se ha realizado un análisis para poder realizar la caracterización gráfica y comprobar si los datos estaban bien tomados o no. Una vez que se comprobó que los datos eran correctos se caracterizó matemáticamente obteniendo una ecuación en función de la distancia para todos los escenarios y combinaciones de la antena.
- **Escritura y publicaciones:** La escritura se ha llevado a cabo a lo largo de todo el proyecto, condensando la mayor carga al terminar el análisis de datos. También se ha enviado una publicación con algunos resultados significativos de este proyecto.

1.4. Organización de la memoria

La memoria está dividida en seis capítulos. El primer capítulo trata sobre una introducción al tema central del proyecto, los objetivos del mismo y una breve explicación de como se ha desarrollado. En el segundo capítulo se presenta de un modo general las pérdidas de propagación y los modelos más usados. También se muestran los cálculos teóricos para la banda de frecuencias que se ha estudiado. En el tercer capítulo se desarrolla la teoría general sobre las antenas y las herramientas que se han utilizado en este proyecto. El cuarto capítulo hace referencia al trabajo que se ha realizado antes del comienzo de la campaña de medidas. En él se detalla el análisis del material usado para obtener medidas lo más fiables posible. También se explica la metodología que se ha seguido para la recopilación de los datos y una explicación de la representación de los resultados. En el quinto capítulo se presentan los resultados obtenidos en la campaña de medidas y los escenarios estudiados, así como el modelo de propagación que se ajusta más. Este quinto capítulo se divide en tantas partes como escenarios estudiados. Por último, en el sexto capítulo se recogen las conclusiones alcanzadas con este trabajo y algunas propuestas de trabajo futuro y continuación a este proyecto. Los anexos recogen la publicación realizada y los datos recopilados en un CD.

2

Estado del arte

2.1. Pérdidas de propagación

El modelo más básico de propagación de ondas de radio se llama modelo de propagación de espacio libre. En este modelo, las ondas de radio provienen de una fuente puntual, viajando en todas direcciones en línea recta, llenando todo el volumen espacial esférico de energía de ondas de radio que varía en orden de $1/(d)^2$ (o 20 dB por década de aumento de la distancia) [4] .

La propagación en el mundo real rara vez sigue este modelo tan simple. Los tres mecanismos básicos de la propagación de radio se atribuyen a la reflexión (Figura 2.1), la difracción (Figura 2.2) y dispersión (Figura 2.3). Estos fenómenos causan distorsiones y pérdidas adicionales propagación de la señal. En exteriores, con unidades móviles, cambios en distancias muy pequeñas dan lugar a fuertes fluctuaciones de la señal, porque esta está formada por una serie de componentes provenientes del multitrayecto. Estas variaciones de señal alcanzan el valor de 30 - 40 dB en los rangos de frecuencia útiles para las comunicaciones móviles, siempre y cuando no exista un rayo directo, y explican en parte la dificultad que presenta diseñar sistemas fiables para comunicaciones por radio.

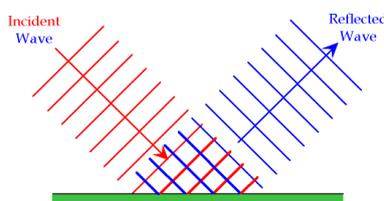


Figura 2.1: Representación gráfica del fenómeno de reflexión

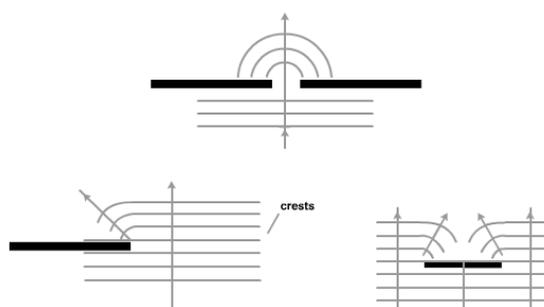


Figura 2.2: Representación gráfica del fenómeno de difracción

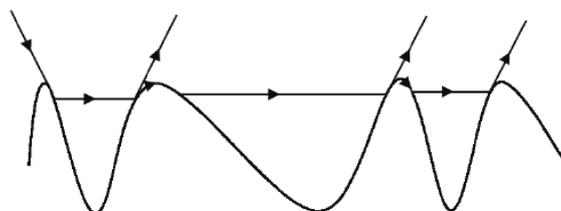


Figura 2.3: Representación gráfica del fenómeno de dispersión

En interior la situación es aún peor. Es muy difícil diseñar un edificio que esté libre de reflexiones multitrayecto, difracción alrededor de las esquinas o dispersión de la pared, techo o suelos (por no hablar de la localización del edificio). El edificio que podría evitar estos efectos negativos sería uno construido únicamente con madera o fibra de vidrio, pero este debe tener un cimiento de algún tipo,

lo que generaría reflexiones, múltitrayecto y otras perturbaciones en la propagación. Por lo tanto, en interiores el modelo de espacio libre no sirve como modelo de referencia ya que entran en juego numerosas variables que provocan un cambio significativo en el comportamiento de las pérdidas de propagación.

2.2. Modelos de propagación

2.2.1. Modelo de pendiente única (One-step model)

Para aplicaciones normales de radioenlaces, este modelo puede expresarse como [5] :

$$P_r(dB) = P_t - L - 10n \times \log_{10}(d) \quad (2.1)$$

donde P_r , P_t , L , d y n son la media de la potencia recibida (dB), la potencia transmitida (dB), las pérdidas parásitas (dB), la separación entre el transmisor y el receptor (m), y el índice de atenuación de la señal, respectivamente. Es el modelo de propagación más simple y fácil de usar y de implementar, por ello se usará en este proyecto. Podemos reescribir la ecuación como 2.2 donde L_o son las pérdidas a la distancia de referencia, n es el índice de propagación y d es la distancia T-R¹. En el Cuadro 2.1 se muestran algunos escenarios y sus índices asociados.

$$L_p(dB) = L_o + 10n \times \log_{10}(d) \quad (2.2)$$

f (GHz)	L_o (dB)	n (-)	comment
1.8	33.3	4.0	office
1.8	37.5	2.0	open space
1.8	39.2	1.4	corridor
1.9	38.0	3.5	office building
1.9	38.0	2.0	passage
1.9	38.0	1.3	corridor
2.45	40.2	4.2	office building
2.45	40.2	1.2	corridor
2.45	40.0	3.5	office building
2.5	40.0	3.7	office building
5.0	46.4	3.5	office building
5.25	46.8	4.6	office building

Cuadro 2.1: Índices de propagación para el modelo de pendiente única.

2.2.2. Modelo de doble pendiente

En este proyecto también se usará el modelo de doble pendiente, que es una variación del modelo de pendiente única, permitiéndonos una mayor versatilidad en el ajuste. Se puede definir como:

¹Transmisor - Receptor

$$L_p(dB) = \begin{cases} L_{o1} + 10n1 \times \log_{10}(d); & \text{si } d \leq d_1. \\ L_{o2} + 10n2 \times \log_{10}(d/d_1); & \text{si } d_1 < d \leq d_{max}. \end{cases} \quad (2.3)$$

donde L_o son las pérdidas a la distancia de referencia, n es el índice de propagación, d_1 es la distancia de corte, y d es la distancia T-R².

2.2.3. Modelo multipared (Multi-wall model)

Este es el modelo empírico mas complicado. Todas las paredes que atraviesa el rayo directo T-R son consideradas y entra en juego los materiales con los que están hechas cada una de ellas. La pérdida introducida por el número de plantas que se atraviesan en la comunicación no es una función lineal y viene dada por un factor b :

$$L(dB) = L_{fs} + L_c + \sum_{i=1}^I K_{wi} \times L_{wi} + k_f^{\frac{k_f+2}{k_f+1} \times b} \times L_f \quad (2.4)$$

donde L_{fs} son las pérdidas por espacio libre T-R, L_c es una constante de pérdidas, K_{wi} es el número de paredes que se atraviesan, K_f es el número de plantas distantes, L_{wi} es la pérdida de la pared tipo i , L_f es la pérdida entre plantas consecutivas, b es un parámetro empírico e I es el número de tipos de paredes.

2.2.4. Modelo de atenuación lineal (Linear attenuation model)

Es un modelo que asume que el exceso de pérdida depende linealmente con la distancia y se expresa:

$$L(dB) = L_{fs} + \alpha \times d \quad (2.5)$$

donde L_{fs} son las pérdidas por espacio libre T-R, α es el coeficiente de atenuación dado en $(\frac{dB}{m})$ y d es la distancia T-R.

2.3. Pérdidas en espacio libre. Cálculo teórico

Como en este trabajo se tratan radioenlaces LOS³, el modelo seleccionado para el cálculo de las pérdidas de propagación es el de pendiente única, siempre y cuando se midan desde que las dos antenas estén en el campo lejano, que viene dado por la siguiente fórmula:

$$R(cm) \geq \frac{2 \times D^2}{\lambda} \quad (2.6)$$

donde $D(cm)$ es el diámetro de la antena y $\lambda(cm)$ es la longitud de onda de la frecuencia central a la que se trabaja. Aplicado a nuestro caso, para la antena pequeña se obtiene que el campo lejano está a partir de 3 cm., mientras que en la antena grande, el campo lejano está a partir de 25 cm.

²Transmisor - Receptor

³Line of Sight

Luego, para que la medida sea válida, esta ha de hacerse a partir de 28 cm. de separación entre las antenas.

Para poder verificar que los datos se toman son correctos, vamos a realizar un cálculo previo de las pérdidas en espacio libre en la banda de frecuencias en las que se trabajan. Hay que tener en cuenta que estos resultados no contemplan otros tipos de pérdidas adicionales como podrían ser las pérdidas por multitrayecto, por lo que nuestros resultados empíricos variarán con respecto a estas muestras.

$$L_p(dB) = 10 \times \log_{10} \left(\frac{4 \times \pi \times d}{\lambda} \right) \quad (2.7)$$

Aplicando la fórmula 2.7 se obtienen las pérdidas de propagación para la banda de frecuencia de WiMAX, de 3.3 GHz a 3.6 GHz, tomando 4 frecuencias intermedias, para distancias T-R de hasta 17 metros, que son los que se usarán en este caso. Estas pérdidas han sido representadas de manera lineal (Figura 2.4) y logarítmica (Figura 2.5)

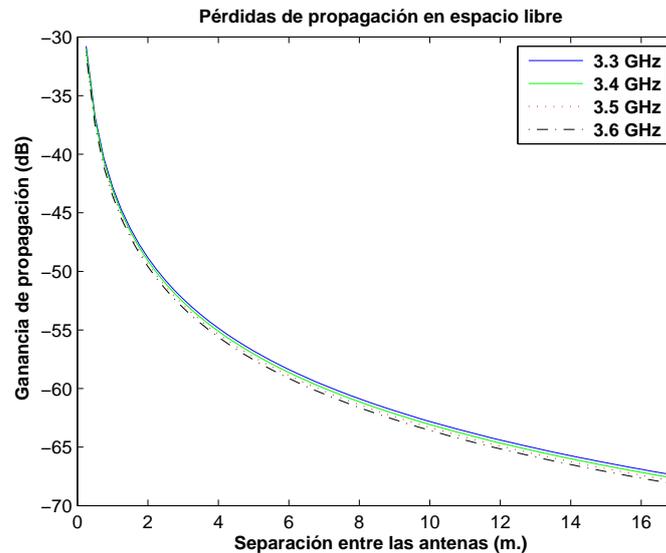


Figura 2.4: Pérdidas de propagación en espacio libre, representación lineal

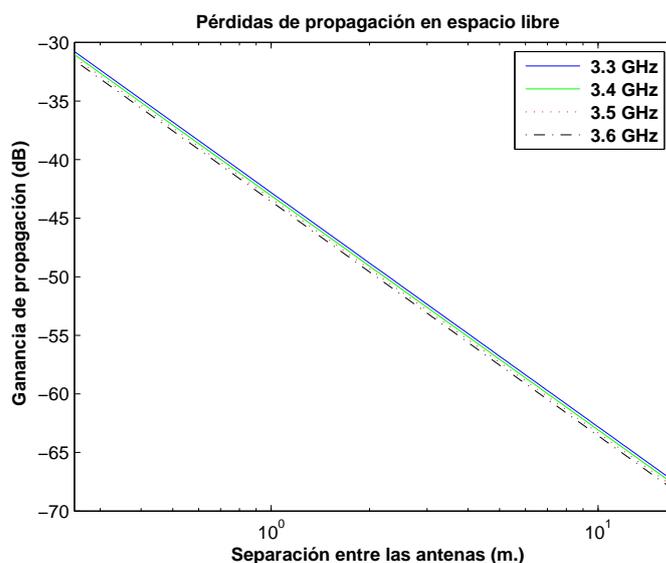


Figura 2.5: Pérdidas de propagación en espacio libre, representación logarítmica

2.4. El problema del multitrayecto

Las ondas electromagnéticas se propagan de acuerdo con numerosos mecanismos físicos: propagación en espacio libre o propagación LOS, reflexión, transmisión, difracción, dispersión y guía de onda. Esto da como resultado que, teniendo un transmisor y un receptor puntuales, la onda transmitida no recorra un solo camino, si no que esta puede tener varios caminos distintos simultáneamente (Figura 2.6), produciendo:

- Una desviación, en cuanto a pérdidas, de la trayectoria principal que es la que se parece a las pérdidas en espacio libre.
- Una modificación de la fase de las diferentes señales recibidas.
- Una diferencia temporal en la propagación, llamada retraso de propagación. Este efecto provoca interferencias en la recepción ya que se superponen varios flujos de datos.

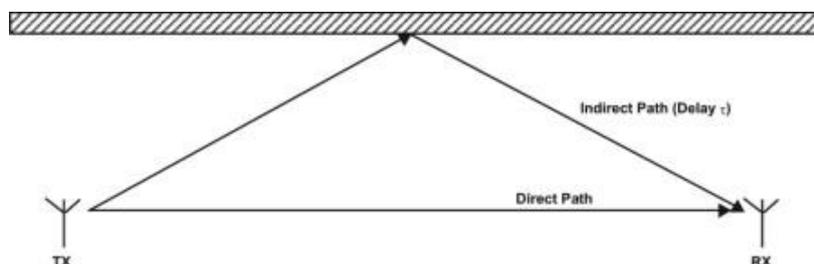


Figura 2.6: Efecto multitrayecto con dos trayectos

Este es el efecto que más va a influir en las medidas de este proyecto, ya que en este caso, los radioenlaces son LOS, con lo que la señal no sufrirá pérdidas producidas por atravesar materiales. Cuanto más paredes, suelo y/o techo existan en el escenario, más multitrayecto se sufrirá. Cuando un escenario tiene 2 paredes (una por cada lado), techo y suelo, hablamos de multitrayecto de 5

rayos (Figura 2.7) teniendo: rayo directo, rayo por reflexión en una pared, rayo por reflexión en el techo y rayo por reflexión en el suelo. Además, los rayos reflejados pueden estar multiplicados a su vez, pero estos no producirán una gran variación en los resultados.

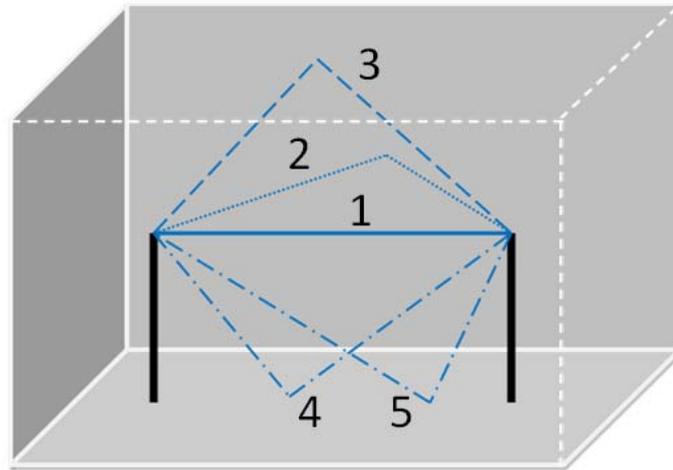


Figura 2.7: Efecto multitrayecto con múltiples trayectos

3

Teoría relacionada

3.1. Redes inalámbricas

3.1.1. Introducción

Hoy en día es clara la alta dependencia en las actividades empresariales e institucionales de la redes de comunicación. Por ello la posibilidad de compartir información sin que sea necesario buscar una conexión física permite mayor movilidad y comodidad. Así mismo la red puede ser más extensa sin tener que mover o instalar cables. Respecto a la red tradicional la red sin cable ofrece ventajas, como:

- **Movilidad:** Información en tiempo real en cualquier lugar de la organización o empresa para todo usuario de la red. El que se obtenga en tiempo real supone mayor productividad y posibilidades de servicio.
- **Facilidad de instalación:** Evita obras para tirar cable por muros y techos.
- **Flexibilidad:** Permite llegar donde el cable no puede.
- **Reducción de costos:** Cuando se dan cambios frecuentes o el entorno es muy dinámico el coste inicialmente más alto de la red sin cable es significativamente más bajo, además de tener mayor tiempo de vida y menor gasto de instalación.
- **Escalabilidad:** El cambio de topología de red es sencillo y trata igual pequeñas y grandes redes.

WLAN son las siglas en inglés de Wireless Local Area Network. Es un sistema de comunicación de datos flexible muy utilizado como alternativa a las redes LAN cableada o como una extensión de ésta. Utiliza tecnología de radio frecuencia que permite mayor movilidad a los usuarios al minimizarse las conexiones cableadas. Las WLAN han adquirido importancia en muchos campos como en la industria, gobierno, incluido el de la medicina. Las redes inalámbricas se implementan a partir de enlaces basados en el uso de la tecnología de microondas y en menor medida de infrarrojos. Ejemplos de uso: ventas al por menor, almacenes, manufacturación, etc, de modo que se transmite la información en tiempo real a un procesador central. Cada día se reconocen más este tipo de redes en un amplio número de negocios y se augura una gran extensión de las mismas y altas ganancias. Las redes locales inalámbricas, (WLANs) han sido utilizadas tanto en la industria y la oficina como en centros de investigación desde hace más de 15 años. Su atractivo viene dado por las prestaciones en cuanto a la facilidad de instalación y renunciación (y el ahorro consiguiente) que pueden ofrecer una red sin hilos frente a una red de cable y que la convierten en una opción interesante no tanto para sustituirlas, pues sus prestaciones son menores, como para constituirse en su complemento ideal. Por otro lado permiten también implementar redes en situaciones en las que el cableado, o bien no es viable, o bien no es la solución óptima.

Se viene produciendo estos últimos años un crecimiento explosivo en este mercado (de hasta un 100 % anual). Debido a distintas razones:

- El desarrollo del mercado de los laptops y los PDA (Personal Digital Assistant), y en general de sistemas y equipos de informática portátiles hacen posible que sus usuarios puedan estar en continuo movimiento, al mismo tiempo que están en contacto con los servidores y con los otros ordenadores de la red, es decir, la WLAN permite movilidad y acceso simultáneo a la red.

- La conclusión de la norma IEEE 802.11 para redes locales inalámbricas, que introduce varios factores positivos:
 - *Interoperatividad.* Esta norma aporta una plataforma estable para el desarrollo de nuevos productos, con la consiguiente confianza que este hecho genera en los usuarios. Esto posibilitará a su vez el que soluciones de distintos fabricantes puedan trabajar conjuntamente.
 - *Costos.* Lógicamente, se producirá también una notable reducción en los precios de este tipo de productos, en primer lugar porque una vez aprobado el estándar son más los fabricantes que desarrollen sus propias soluciones inalámbricas, y además porque esto va a suponer un empuje definitivo para el mercado masivo de componentes, con el consiguiente abaratamiento de los mismos.
- Finalmente, los grandes avances que se han logrado en tecnologías inalámbricas de interconexión y los que se tiene previsto alcanzar en proyectos varios, como la implantación de WiMAX.

3.1.2. Tecnología WiMAX

En Junio de 2001 se creó una organización sin ánimo de lucro llamada WiMAX Forum, una agrupación análoga a Wi-Fi-Alliance. Su actuación se basa en establecer un proceso de certificación viable en términos de coste y tiempo, crear una serie de especificaciones técnicas y, en general, certificar la compatibilidad de distintos dispositivos basados en el estándar IEEE 802.16/ETSI HiperMAN, más conocida como WiMAX. Actualmente, WiMAX Forum está compuesto por más de 500 miembros repartidos en 52 países cuyo objetivo es hacer que la tecnología WiMAX sea líder en el mercado de las redes inalámbricas de banda ancha.



Figura 3.1: Logo de WiMAX

WiMAX es una tecnología desarrollada para redes de tipo WMAN, esto quiere decir que esta tecnología nos proporciona una cobertura más amplia que la ofrecida por Wi-Fi (Figura 1.3), por ejemplo, conectar dos edificios (Figura 3.2) en un área metropolitana o dar servicio a todo un campus universitario.

Como ya se ha comentado anteriormente, la cobertura de esta tecnología llegaría teóricamente hasta 50 Km., en la práctica en un entorno NLOS sólo llega hasta 10 Km., y es capaz de alcanzar velocidades de hasta 75 Mbps. Además de las ventajas generales de las redes inalámbricas antes expuestas, sus características nos permitirían extender la cobertura de los sistemas inalámbricos actuales, pudiendo por ejemplo llevar el acceso a áreas de baja densidad de población actualmente marginadas por factores económicos. WiMAX puede integrarse con otro tipo de tecnologías en auge como puede ser la comunicación de voz basada en el protocolo de Internet o IP y algunas de sus normas se han diseñado para poder dar servicio a usuarios en movimiento, dando así un mayor empuje al concepto de movilidad. Integra la familia de estándares IEEE 802.16 y el estándar HyperMAN del organismo de estandarización europeo ETSI. Está diseñada para la subcapa MAC, dentro de la capa de enlace de datos, del protocolo OSI y con soporte de múltiples especificaciones para la capa física (PHY).



Figura 3.2: Diagrama de conexión WiMAX

	802.16	802.16a	802.16e
Espectro	10 - 66 GHz	< 11 GHz	< 6 GHz
Funcionamiento	Solo con visión directa	Sin visión directa (NLOS)	Sin visión directa (NLOS)
Tasa de bit	32 - 134 Mbit/s con canales de 28 MHz	Hasta 75 Mbit/s con canales de 20 MHz	Hasta 15 Mbit/s con canales de 5 MHz
Modulación	QPSK, 16QAM y 64 QAM	OFDM con 256 subportadoras QPSK, 16QAM, 64QAM	Igual que 802.16a
Movilidad	Sistema fijo	Sistema fijo	Movilidad pedestre
Anchos de banda	20, 25 y 28 MHz	Seleccionables entre 1,25 y 20 MHz	Igual que 802.16a con los canales de subida para ahorrar potencia
Radio de celda típico	2 - 5 km aprox.	5 - 10 km aprox. (alcance máximo de unos 50 km)	2 - 5 km aprox.

Cuadro 3.1: Especificaciones para WiMAX.

La evolución de WiMAX ha sido la siguiente:

- **802.16:** Utiliza espectro licenciado en el rango de 10 a 66 GHz, necesita línea de visión directa, con una capacidad de hasta 134 Mbps en celdas de 2 a 5 millas. Soporta calidad de servicio. *Publicado en 2002.*
- **802.16a:** Ampliación del estándar 802.16 hacia bandas de 2 a 11 GHz, con sistemas NLOS y LOS, y protocolo PTP y PTMP. *Publicado en abril de 2003.*
- **802.16c:** Ampliación del estándar 802.16 para definir las características y especificaciones en la banda de 10-66 GHz. *Publicado en enero de 2003.*
- **802.16d:** Revisión del 802.16 y 802.16a para añadir los perfiles aprobados por el WiMAX Forum. *Aprobado como 802.16-2004 en junio de 2004 (La última versión del estándar).*
- **802.16e:** Extensión del 802.16 que incluye la conexión de banda ancha nómada para elementos portables del estilo a notebooks. *Publicado en diciembre de 2005.*

- **802.16j:** Extensión del 802.16 para redes multisalto. *Publicado en junio de 2009.*
- **802.16n:** Extensión del 802.16 para aumentar la fiabilidad de las redes. *Actualmente en curso.*

A modo de resumen, podemos ver en la siguiente figura una comparativa entre las tecnologías WiMAX, WiFi y 3G (HSDPA y 3G):

Technology (Standards)	WiMAX	Wi-Fi	3.5 G (HSDPA)	3G
Data Rate (Bandwidth)	Up to 46Mbps (with 2x2 MIMO) in downlink and 7 Mbps in uplink	Up to 20Mbps (54Mbps with redundant control bits) shared for uplink and downlink. (100 Mbps theoretically shared for downlink and uplink for 802.11n)	Up to 14.4Mbps in downlink and 5.8 Mbps in uplink	Up to 4.9Mbps in downlink and 1.8Mbps in uplink
Frequency Bandwidth	5MHz, 8.75MHz, 10MHz and 20MHz. (3.5MHz, 7MHz for fixed WiMAX)	20MHz	5MHz	1.25MHz
Transmission Carrier Frequency	2.3GHz, 2.5GHz, and 3.5GHz	2.4GHz, 5GHz	800,900,1800, 1900, 2100MHz	800, 900, 1800,1900MHz
Typical Coverage	3-10 kilometers (2-7 miles) for outdoor, with fixed WiMAX up to 50 kilometers (max theoretical limit)	30 meters (100 ft) indoors and 300 meters (1000 ft) outdoors	1-4 kilometers (1-3 miles)	1-4 kilometers (1-3 miles)
Mobility (support of continuous service while moving from one base station/hotspot coverage area to another).	Middle-High	Low	High	High
Deployment	Already started deployment in undeveloped countries, mainly as alternative to cable and DSL as last mile broadband access, very limited deployment in developed countries. Larger scale deployment is about to start in 2009 when WiMAX chips will be more available on the market.	Commonly and fully deployed as single hotspot for business and private usage. Medium deployment as hot spot network. 802.11n (draft), in initial deployment stages, 802.11n final expected deployment in late 2009.	Medium (depends on the country).	Full in most countries.

Cuadro 3.2: Tabla comparativa de WiMAX, WiFi y 3G.

3.2. Teoría de antenas

3.2.1. Introducción

En una campaña de medidas los dispositivos utilizados durante la misma son elementos críticos y por lo tanto es necesario tener un apropiado conocimiento de los mismos. En nuestro caso las antenas usadas afectan directamente a las medidas realizadas y se ha de hacer un estudio detallado de las mismas para no contaminar las muestras tomadas.

Las antenas son las partes de los sistemas de telecomunicación específicamente diseñadas para radiar o recibir ondas electromagnéticas. También se pueden definir como los dispositivos que adaptan las ondas guiadas, que se transmiten por conductores o guías, a las ondas que se propagan en el espacio libre. Los sistemas de Comunicaciones utilizan antenas para realizar enlaces punto a punto, como en este proyecto, difundir señales de televisión o radio, o bien transmitir o recibir señales en equipos portátiles.

¿Cómo se consigue la radiación? La línea de transmisión conectada a la antena, está a su vez conectada a una fuente de voltaje, creando un campo eléctrico. Las líneas de fuerza de dicho campo, excitan los electrones libres del conductor provocando un movimiento de cargas. Estas cargas, a su vez, tienen asociada una corriente que crea un campo magnético. La conjunción de un campo eléctrico, variante con el tiempo, y un campo magnético forma la onda electromagnética que se propaga por la línea de transmisión.

3.2.2. Diagrama de radiación

El diagrama de radiación de una antena se define como la representación gráfica de las características de radiación en función de la dirección angular [7].

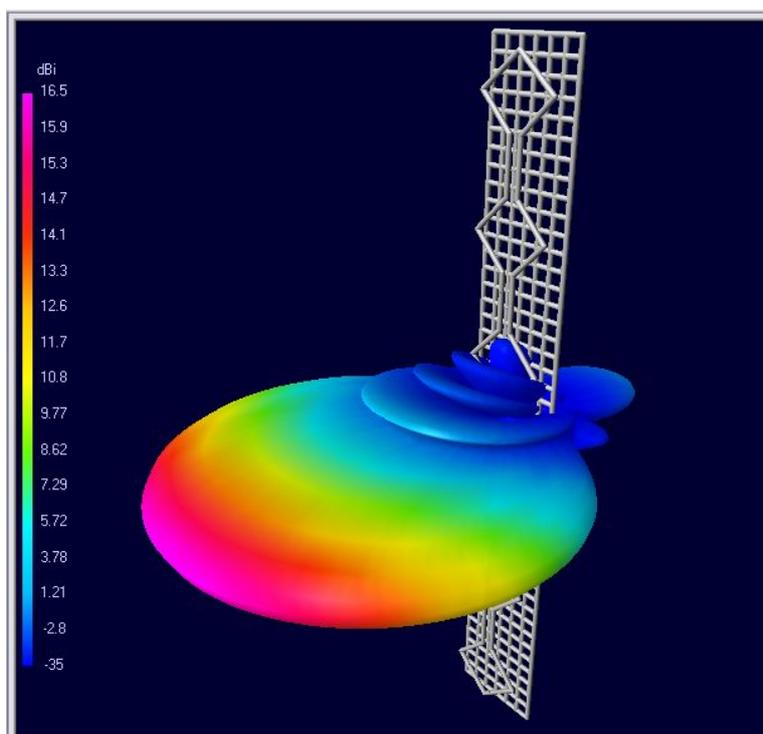


Figura 3.3: Diagrama de radiación de una antena bicuad.

3.2.3. Campo cercano y lejano

En una antena, la potencia radiada está formada por un parte real y una imaginaria. La parte real es la llamada potencia radiativa, la cual puede ser transferida a un medio y por lo tanto es la que se puede utilizar. La parte imaginaria es la potencia reactiva y esta no puede ser transferida a un medio, esta permanece oscilando entre los campos. La potencia reactiva y radiativa se presentan en diferentes proporciones dependiendo de la distancia donde se midan a partir de la antena, por eso se han definido tres regiones de campo [6]:

- **Campo cercano.**
 - * **Campo cercano reactivo.** Es aquella inmediatamente cercana a la antena. Esta región esta definida por la ecuación 3.1, siendo D el diametro de la antena y R la distancia desde el punto de radiación hasta el punto de medición.
 - * **Campo cercano radiante o región de *Fresnel*.** Se encuentra limitada entre la región de campo cercano reactivo y la de campo lejano.
- **Campo lejano o región *Fraunhofer*.** Es la región limitada por la ecuación 2.6, donde la potencia radiada está constituida en su mayoría por potencia radiativa.

$$R \leq 0,62 \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}} \quad (3.1)$$

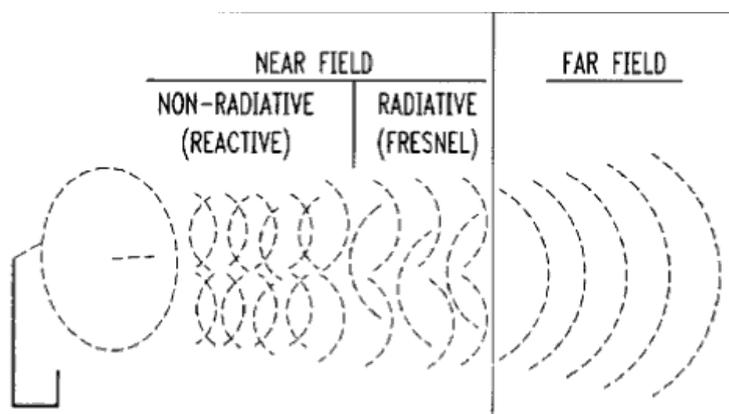


Figura 3.4: Campo cercano reactivo, región de Fresnel y campo lejano.

3.2.4. Densidad de potencia radiada

La potencia de una onda electromagnética puede definirse mediante el vector de Poynting, el cual apunta hacia la dirección de propagación de la onda [7]. La potencia contenida en un área se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$P = \oiint_S \mathbf{W} \cdot d\mathbf{s} = \oiint_S \mathbf{W} \cdot \hat{\mathbf{n}} da \quad (3.2)$$

donde P es la potencia instantánea en W , que es el vector de Poynting, $\hat{\mathbf{n}}$ es el vector normal a la superficie y da es el área infinitesimal de la superficie cerrada en m^2

3.2.5. Directividad

La directividad es posiblemente el parámetro de mayor importancia a la hora de analizar un patrón de radiación de una antena. La directividad se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección, a una distancia, y la densidad de potencia que radiaría a la misma distancia una antena isotrópica [7], a igualdad de potencia total radiada, y viene dada por la siguiente ecuación:

$$D = \frac{U}{U_o} = \frac{4 \times \pi \times U}{P_{rad}} \quad (3.3)$$

Cuanto más alta sea la directividad, el haz de radiación será más afilado.

3.2.6. Ganancia

La ganancia de una antena se define como la relación entre la densidad de potencia radiada en una dirección y la densidad de potencia que radiaría una antena isotrópica, a igualdad de distancias y potencias entregadas a la antena [7]. La ganancia viene dada por la siguiente ecuación:

$$G = 4 \times \pi \frac{I_{rad}}{P_{ent}} \quad (3.4)$$

donde I_{rad} es la intensidad de radiación y P_{ent} es la potencia total de entrada.

3.2.7. Eficiencia

La eficiencia de una antena sirve para determinar las pérdidas presentes en la entrada de un circuito cualquiera. Para una antena la eficiencia total esta determinada por [7]:

$$e_0 = e_r e_c e_d \quad (3.5)$$

donde e_r es la eficiencia de reflexión de una antena debida a desacoplamiento de impedancia entre la antena y la guía de transmisión. Por otra parte tenemos que $\Gamma = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0}$ esta relacionado con e_r por $e_r = 1 - |\Gamma|^2$; e_c es la eficiencia de conductor asociada con las pérdidas por efecto Joule, es decir, con potencia que es transferida al medio; y e_d es la eficiencia del dieléctrico asociada con las pérdidas del dieléctrico con el cual se está trabajando.

3.2.8. Ancho de banda

El ancho de banda es un valor subjetivo, limitado por las características buscadas en el funcionamiento de la antena. El ancho de banda puede describirse como el rango de frecuencias dentro del cual, con respecto a alguna característica, el desempeño de la antena se ajusta a un estándar especificado [7].

3.3. Distribuciones de probabilidad

3.3.1. Normal o Gaussiana

Se llama distribución Normal, distribución de Gauss o distribución gaussiana, a una de las distribuciones de probabilidad de variable continua que con más frecuencia aparece en fenómenos reales.

La gráfica de su función de densidad tiene una forma acampanada y es simétrica respecto de un determinado parámetro. Esta curva se conoce como campana de Gauss.

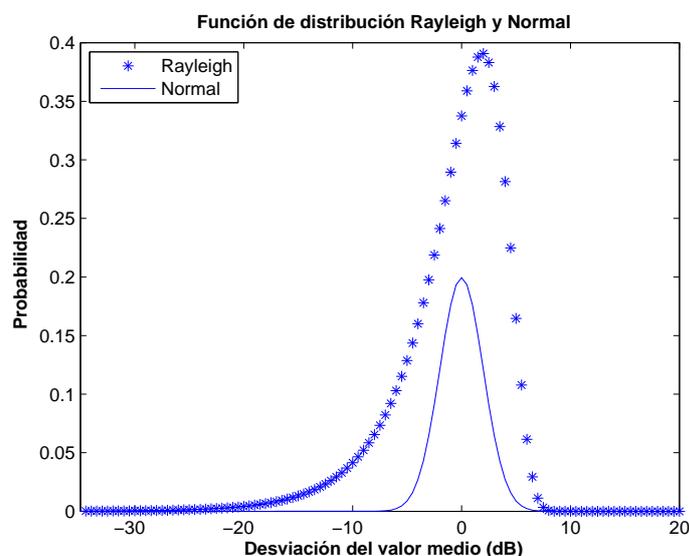


Figura 3.5: Función densidad de probabilidad de una distribución Normal con media cero y $\sigma_{norm} = 2$ y una distribución Rayleigh.

Y viene dado por la siguiente ecuación:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_{norm}\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma_{norm}}\right)^2} \quad (3.6)$$

donde μ es la media y σ_{norm} es la desviación típica.

En nuestro caso, las medidas seguirían una distribución Normal en caso de que no existiera multitrayecto (o que este efecto sea muy pequeño e insignificante) [8].

3.3.2. Rayleigh

La distribución Rayleigh es un caso especial de la distribución Weibull. Se dice que una variable aleatoria tiene una distribución de Rayleigh si su densidad de probabilidad (ver Figura 3.5) viene dada por:

$$f(x; \sigma_{Ray}) = \frac{x}{\sigma_{Ray}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma_{Ray}^2}} \quad (3.7)$$

donde σ_{Ray} se puede estimar por *máxima verosimilitud* de la siguiente manera:

$$\sigma_{Ray} \approx \sqrt{\frac{1}{2N} \sum_{i=0}^N x_i^2} \quad (3.8)$$

En nuestro caso y para que salga una distribución como la Figura 3.5, x ha de ser tratada como potencia, es decir:

$$x_{potencia} = 10 \frac{x_{medidas}}{10} \quad (3.9)$$

Esta distribución se pone de manifiesto cuando existe multitrayecto. Cuando las señales alcanzan el receptor, la señal total recibida es una combinación de todas las señales que han alcanzado el receptor a través de los diferentes caminos posibles. Al ser una combinación de todas estas señales, la fase se convierte en un factor importante dado que hará variar la amplitud de la señal. Si todas están en fase, todas sumarán, pero esto no es lo que ocurre en la práctica, si no que algunas estarán en fase y otras no, dependiendo de la longitud de los caminos recorridos, así mientras algunas sumarán, otras restarán. Normalmente el transmisor o el receptor están en movimiento por lo que los caminos cambiarán de longitud, así como el nivel de la señal variará [4].

3.3.3. Combinación de Rayleigh y Normal

En la práctica nos encontramos con que en la gran mayoría de los enlaces radioeléctricos se pueden caracterizar por una mezcla de una distribución Rayleigh y múltiples distribuciones Normales, cumpliendo la siguiente ecuación:

$$f(x) = P_{Rayleigh} \times f(x)_{Rayleigh} + \sum_{n=1}^N P_{n,Normal} \times f(x)_{n,Normal} \quad (3.10)$$

donde P es la contribución de cada distribución y $f(x)$ es la propia distribución. Esto ha de cumplir que:

$$P_{Rayleigh} + \sum_{n=1}^N P_{n,Normal} = 1 \quad (3.11)$$

siendo probabilidades bajas las asociadas a las distribuciones normales.

A continuación se muestran 12 combinaciones simples con una distribución Rayleigh y una Normal, modificando de esta última la media y la σ_{norm} .

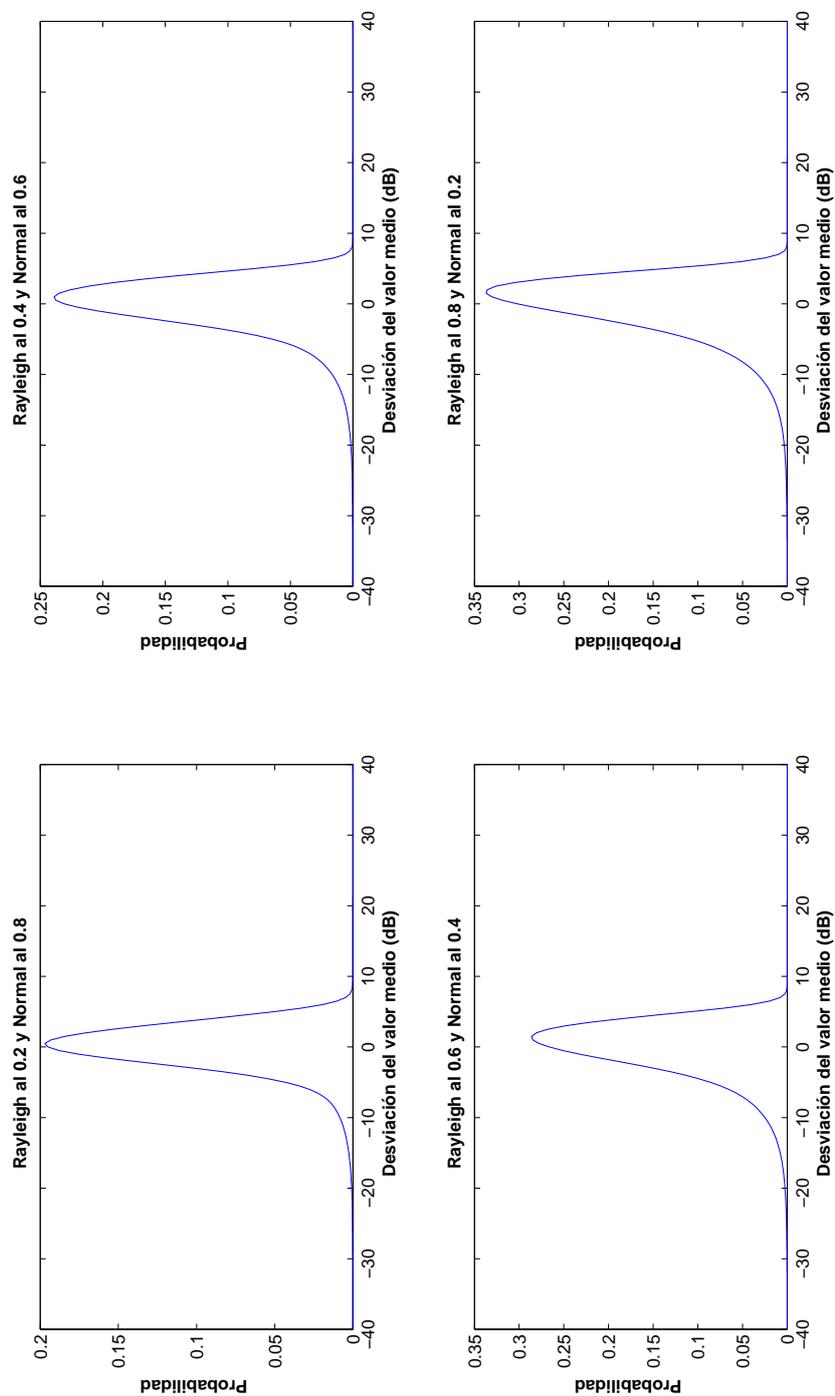


Figura 3.6: Combinación de Rayleigh y Normal, con $\sigma_{norm} = 2,5$ y $\mu = 0$

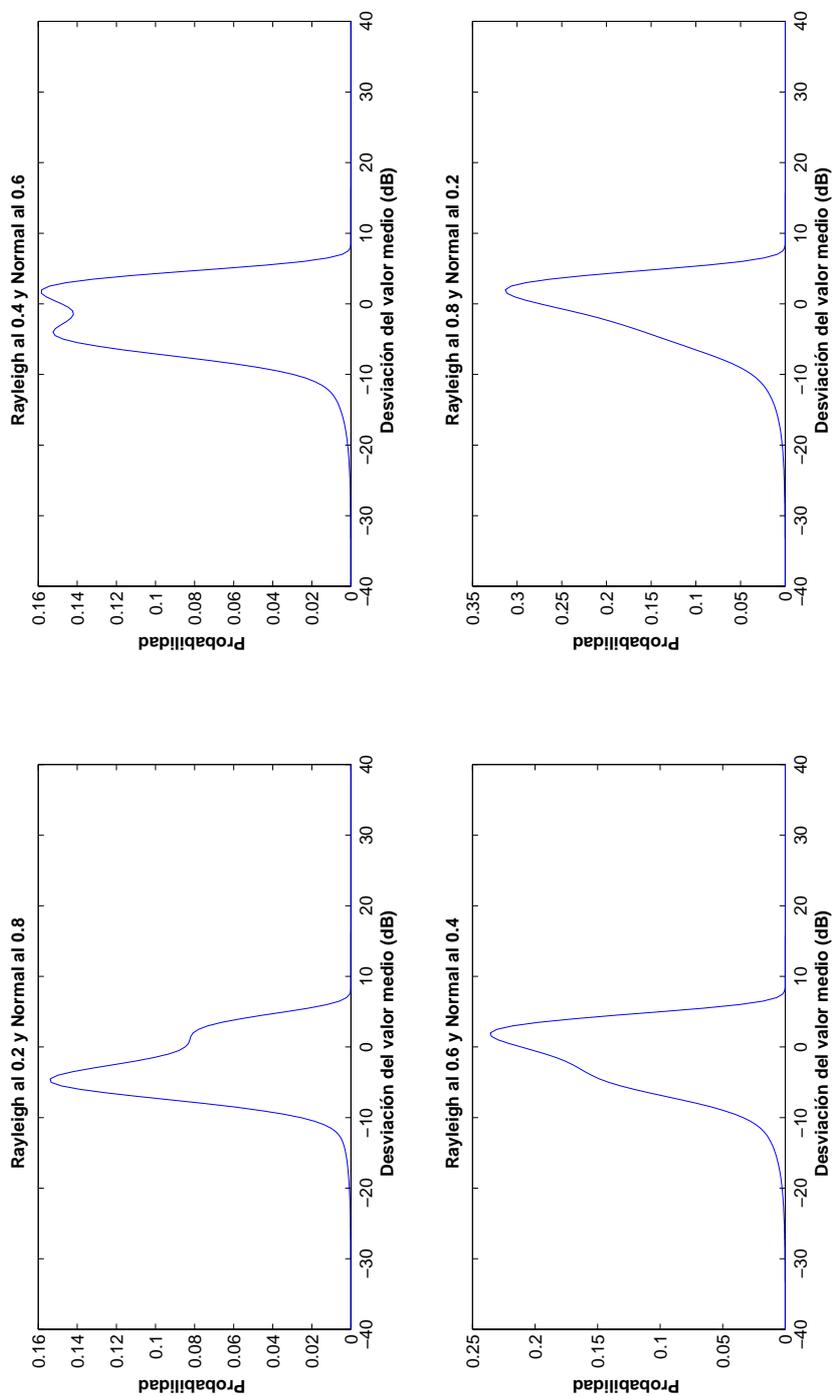


Figura 3.7: Combinación de Rayleigh y Normal, con $\sigma_{norm} = 2,5$ y $\mu = -5$

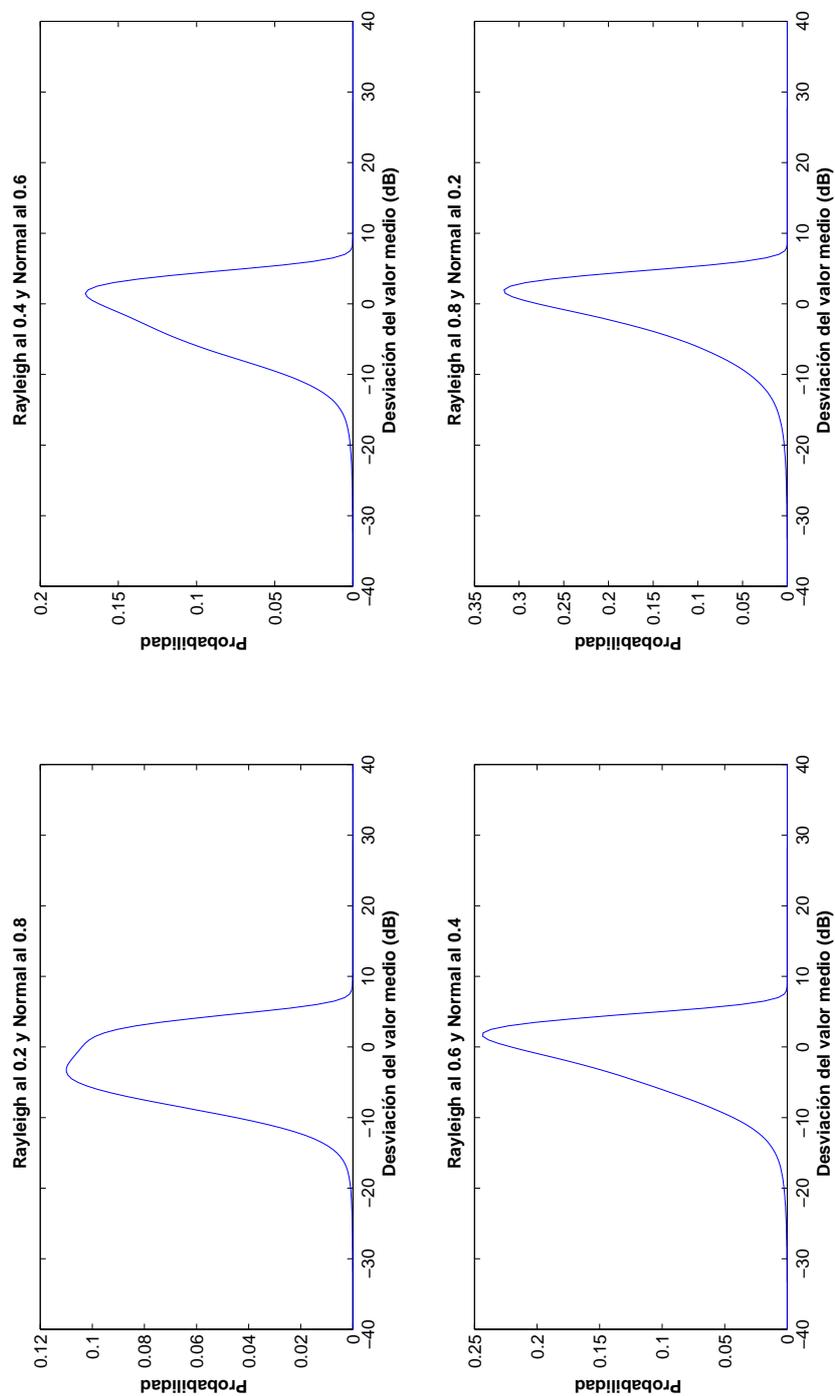


Figura 3.8: Combinación de Rayleigh y Normal, con $\sigma_{norm} = 4$ y $\mu = -5$

3.3.4. Distribuciones Rayleigh y Normal en un escenario real

Como ejemplo, se presenta un escenario en donde, desde 1 hasta 8 metros se puede considerar un espacio abierto, donde apenas existe el multitrayecto, y desde 8 hasta 13 metros se puede considerar un pasillo semicerrado, donde si que existe el multitrayecto.

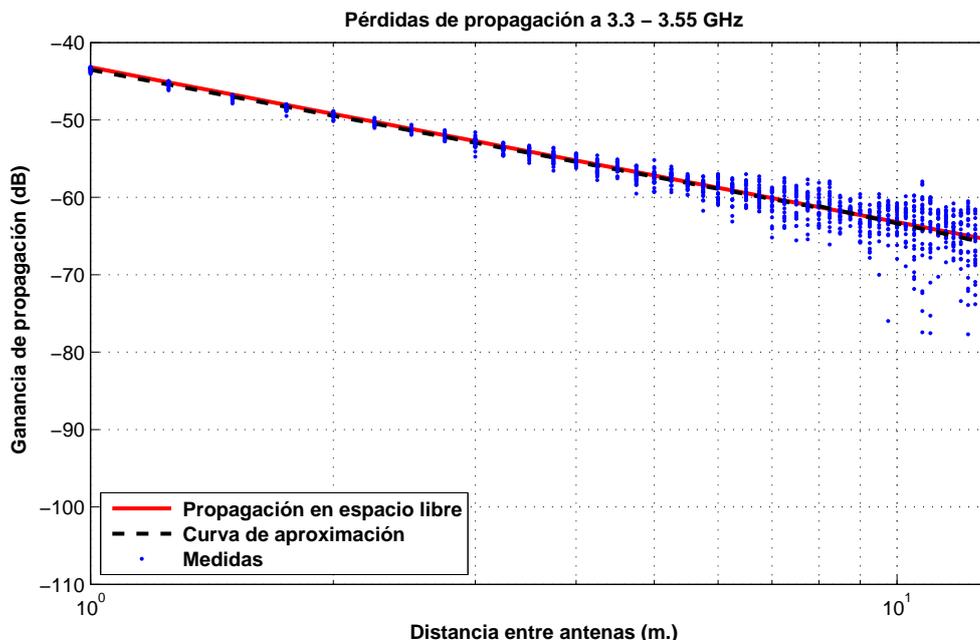


Figura 3.9: Medidas del pasillo del edificio C, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 13 m. de distancia entre antenas.

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 3.10. Dicha desviación se ajusta a una distribución Normal con $\sigma = 0,9$ y $\mu = 0$, Figura 3.11.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 3.12 y se puede ajustar con una combinación de 3% Rayleigh y 97% Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 3.13.

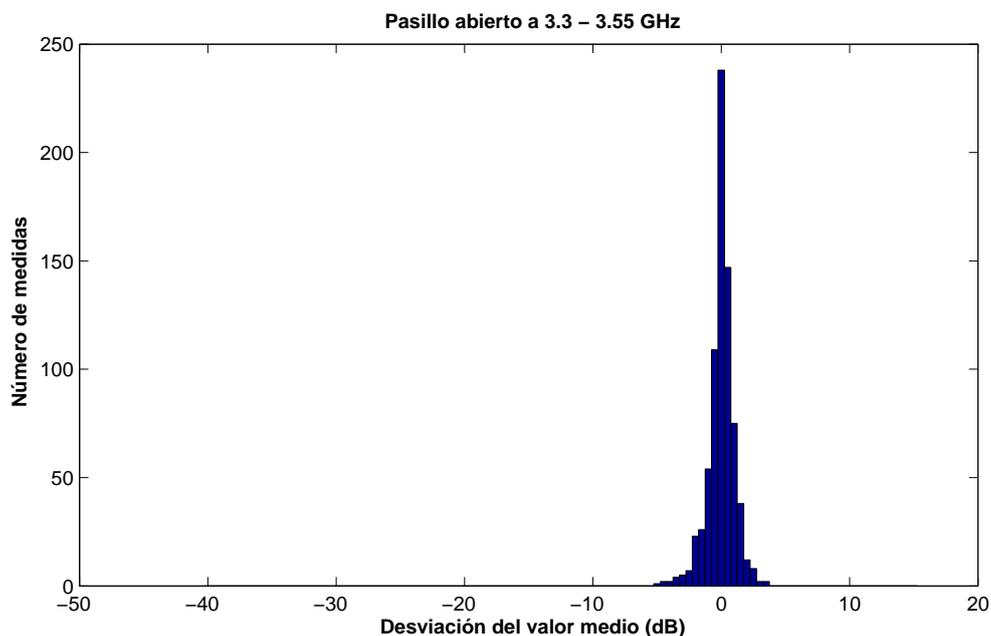


Figura 3.10: Histograma 1 del pasillo del edificio C, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 8 m de distancia entre antenas.

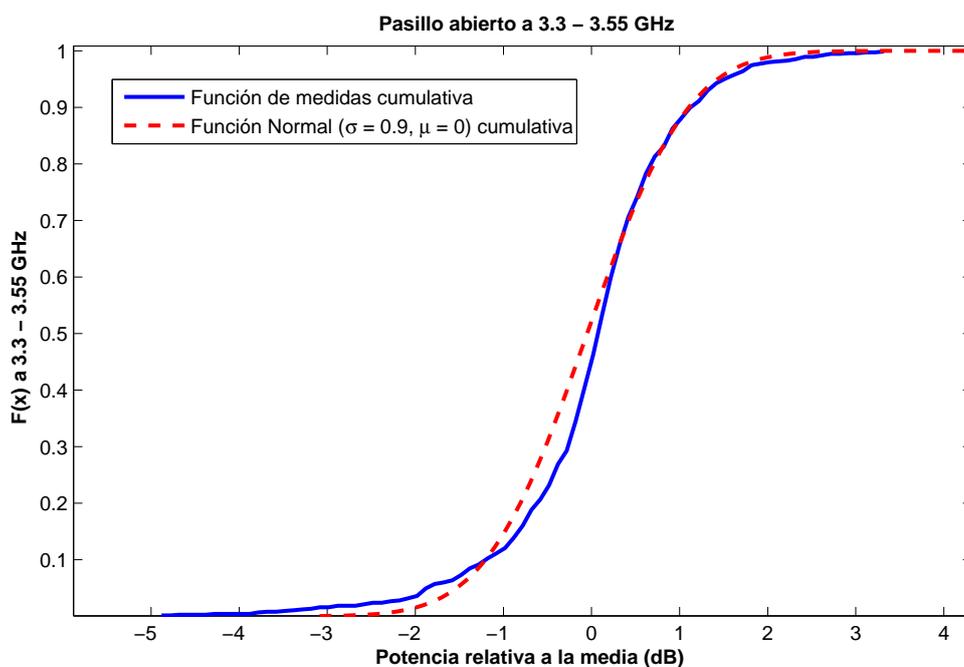


Figura 3.11: CDF 1 del pasillo del edificio C, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 8 m de distancia entre antenas.

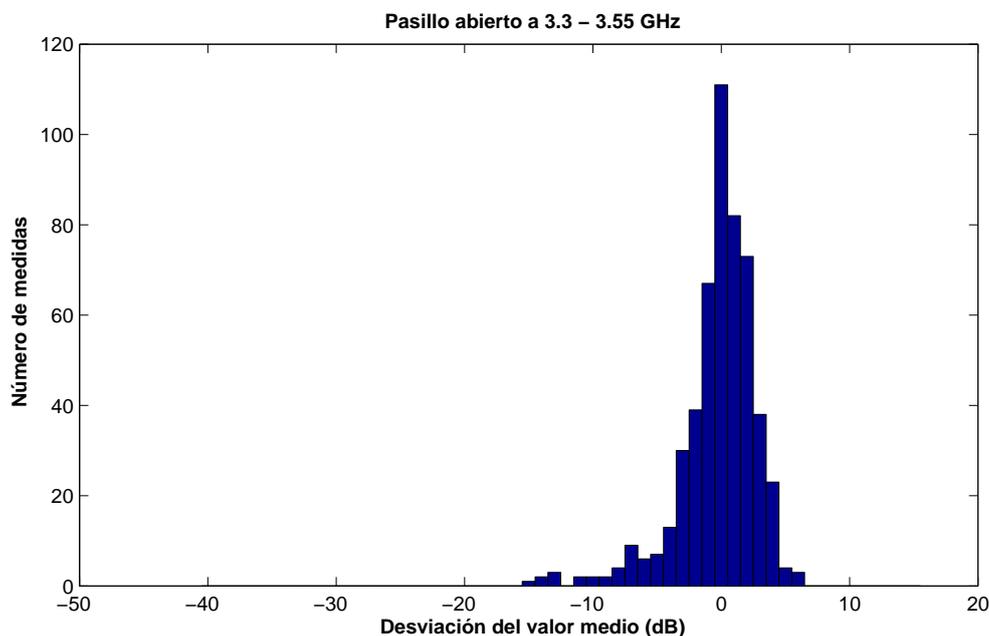


Figura 3.12: Histograma 2 del pasillo del edificio C, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 8 y 13 m de distancia entre antenas.

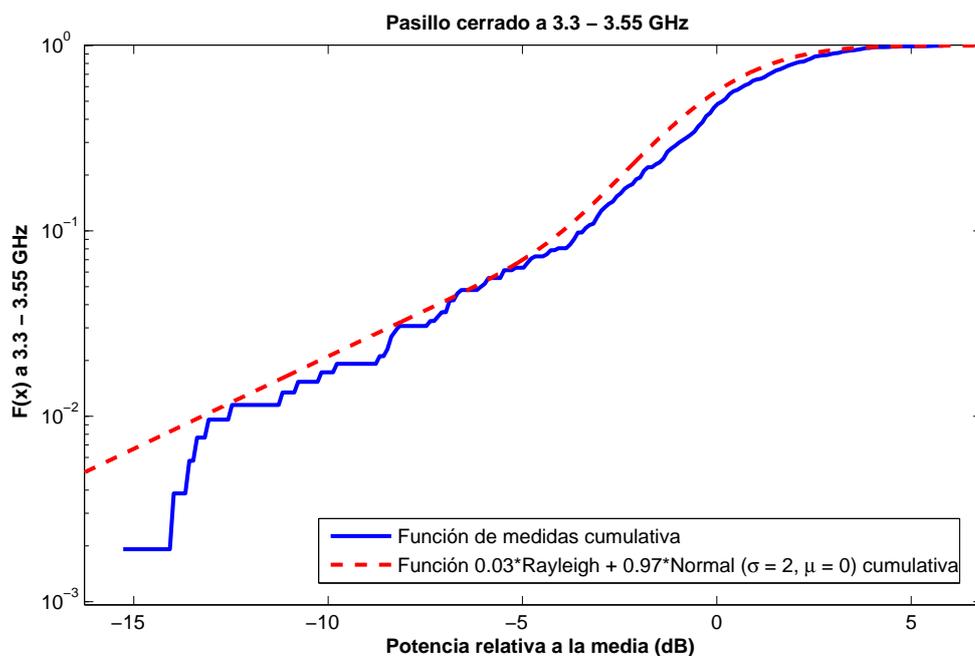


Figura 3.13: CDF 2 del pasillo del edificio C, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 8 y 13 m de distancia entre antenas.

3.4. Analizador de redes

El analizador de redes es un equipo usado para el análisis de redes eléctricas. Más concretamente, analiza los parámetros S determinando el nivel de reflexión y transmisión de un puerto de un circuito eléctrico.

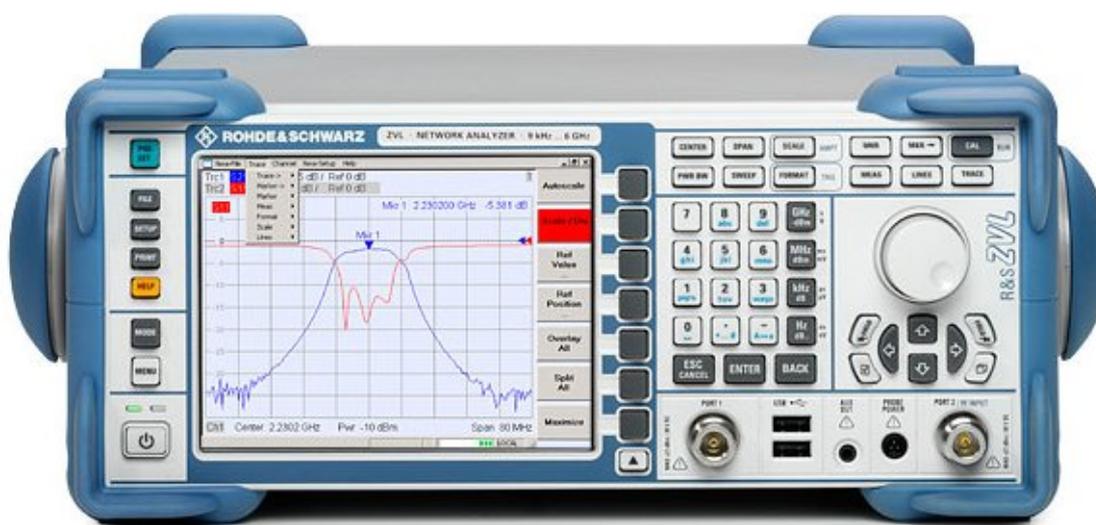


Figura 3.14: Analizador de redes Rohde & Schwarz, modelo ZVL, usado en este proyecto.

En la Figura 3.15 podemos ver la representación de un circuito eléctrico de dos puertos como un cuadripolo o caja negra con dos puertos (cuatro terminales). El cuadripolo no contiene fuentes independientes y en ausencia de excitación no hay energía almacenada en su interior.

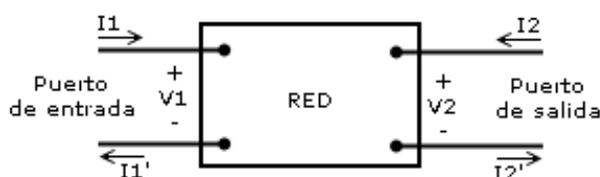


Figura 3.15: Cuadripolo.

La relación entre las ondas de potencia reflejada e incidente y la matriz de parámetros-S está dada por:

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} \quad (3.12)$$

Expandiendo las matrices en ecuaciones, tenemos:

$$b_1 = S_{11}a_1 + S_{12}a_2 \quad (3.13)$$

$$b_2 = S_{21}a_1 + S_{22}a_2 \quad (3.14)$$

Si consideramos una onda de potencia incidente en el puerto 1 (a_1) con un generador de (Z_0) de impedancia, pueden resultar ondas existentes tanto del puerto 1 (b_1) como del puerto 2 (b_2). El puerto 2 está terminado en una carga idéntica a la impedancia del sistema (Z_0), entonces, debido al teorema de transferencia de potencia máxima, b_2 será absorbida totalmente haciendo a_2 igual a cero. Por lo tanto:

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} = \frac{V_{1-}}{V_{1+}} \quad (3.15)$$

$$S_{21} = \frac{b_2}{a_1} = \frac{V_{2-}}{V_{1+}} \quad (3.16)$$

donde S_{11} (3.15) es el nivel de señal que se refleja en el puerto 1 por desadaptación de impedancias, cuando el puerto de salida está cargado con la impedancia característica de la línea. Y S_{21} (3.16) es la transferencia de señal desde el puerto 1 hasta el puerto 2, cuando la salida se encuentra cargada.

Si consideramos una onda de potencia incidente en el puerto 2 (a_2) con un generador de (Z_0) de impedancia, pueden resultar ondas existentes tanto del puerto 2 (b_2) como del puerto 1 (b_1). El puerto 1 está terminado en una carga idéntica a la impedancia del sistema (Z_0), entonces, debido al teorema de transferencia de potencia máxima, b_1 será absorbida totalmente haciendo a_1 igual a cero. Por lo tanto:

$$S_{22} = \frac{b_2}{a_2} = \frac{V_{2-}}{V_{2+}} \quad (3.17)$$

$$S_{12} = \frac{b_1}{a_2} = \frac{V_{1-}}{V_{2+}} \quad (3.18)$$

donde S_{22} (3.17) es el nivel de señal que se refleja en el puerto 2 por desadaptación de impedancias, cuando el puerto de entrada está cargado con la impedancia característica. Y S_{12} (3.18) es la transferencia de señal desde el puerto 2 hasta el puerto 1, cuando la entrada se encuentra cargada.

Por norma general los analizadores de redes miden bidireccionalmente los dos puertos, lo que nos da la medida de los cuatro parámetros S. Existen dos tipos de analizadores de redes, los escalares (SNA, *Scalar Network Analyzer*), que miden los parámetros S únicamente en amplitud, y los vectoriales (VNA, *Vector Network Analyzer*), que permiten medir su amplitud y fase.

La calibración de un analizador de redes es un proceso de alta precisión en el cual se deben tener en cuenta tanto la impedancia en la que se está operando (50Ω en nuestro caso), como las condiciones en las que está operando el equipo. Por este motivo, y dependiendo de la cantidad de Parámetros-S que se requiera medir el proceso puede resultar largo y tedioso por la cantidad de veces que se tiene que repetir. El estándar de calibración usa tres dispositivos de prueba llamados OPEN (red abierta), SHORT (red en corto circuito), y THRU (red conectada), los cuales deben ser conectados a los puertos del analizador para que este pueda comparar y establecer la diferencia entre estos tres modos, estos datos son guardados en un registro y cada registro debe ser calibrado independientemente y en el momento en que se le haga una modificación a la red en estudio. Una vez calibrado de esta manera, se pueden mostrar todos los parámetros S que sean necesarios. En nuestro caso, al solo tener interés el parámetro S_{12} para la medición de las pérdidas, se realiza una calibración más simple que consiste en calibrar a cero la atenuación provocada por los cables.

3.5. Balance de un enlace radioeléctrico

Se llama balance de un enlace a la relación entre la potencia disponible en el receptor y la potencia entregada por el transmisor junto con las ganancias de las antenas y las pérdidas que puedan existir. Viene dado por la siguiente ecuación [9]:

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{AntRx} + G_{AntTx} - L_p - L_c \quad (3.19)$$

donde $P_{Rx}(dBm)$ es la potencia disponible en el receptor, $P_{Tx}(dBm)$ es la potencia entregada por el transmisor, $G_{AntRx}(dB)$ es la ganancia de la antena receptora, $G_{AntTx}(dB)$ es la ganancia de la antena transmisora, $L_p(dB)$ es la pérdida básica de propagación y $L_c(dB)$ es la pérdida que introducen los cables.

En nuestro caso, las ganancias de las antenas son conocidas, las pérdidas por los cables son obviadas porque el analizador de redes está calibrado al efecto, y la diferencia entre la potencia entregada y la recibida es una medición del analizador de redes. Luego para nuestro caso aplicamos la siguiente ecuación:

$$L_p = (P_{Tx} - P_{Rx}) + G_{AntTx} - G_{AntRx} - L_c \quad (3.20)$$

donde $P_{Tx} - P_{Rx}$ es el resultado de la medición con el analizador de redes, es decir, el parámetro S_{21} , y $L_c = 0$

4

Preparación de la campaña de medidas

En la primera fase del proyecto, se ha reunido el equipo necesario para la toma de medidas necesarias, se han elegido los escenarios donde medir, el modelo de representación y el tipo de gráficas a usar, y el modelo de comparación de resultados.

En este capítulo también se tratarán algunos problemas ocasionados con la indisponibilidad de algún elemento en el espacio de tiempo de duración de este proyecto y con el ancho de banda de las antenas utilizadas.

4.1. Análisis del material disponible

4.1.1. Antenas

Las antenas utilizadas en este proyecto son las diseñadas en el proyecto fin de carrera “Diseño de una antena impresa de banda ancha y polarización circular para sistemas WiMAX a 3.5 GHz” por Fernando González Fernández en octubre de 2008. Estas antenas han sido ya analizadas por Fernando González Fernández [3], pero no está de más mostrar y comentar los resultados de su análisis para conocer el material con el que se va a trabajar.

4.1.1.1. Tipos

Se va a trabajar con las siguientes antenas:

- 1 - Antena pequeña con un solo parche y polarización lineal, Figura 4.1.
- Antena grande que puede adoptar las siguientes configuraciones:
 - 2 - Un parche y polarización lineal, Figura 4.2.
 - 3 - Un parche y polarización circular, Figura 4.3.
 - 4 - Cuatro parches y polarización lineal, Figura 4.2.
 - 5 - Cuatro parches y polarización circular, Figura 4.3.

4.1.1.2. Ganancia

En un principio, este estudio se planteó para recoger resultados en la banda de frecuencia (3.3 - 3.6) GHz, y aunque las medidas se han tomado desde 3.2 GHz hasta 3.7 GHz para análisis posteriores, sólo se mostrará la banda de frecuencias en la que las antenas se comportan como se esperaba.

En el caso 1, la ganancia de la antena a 3.1 GHz es de 9.25 dB, a 3.3 GHz es de 9.48 dB, a 3.5 GHz es de 9.72 dB y a 3.7 GHz de 4.92 dB, por lo que entre 3.5 y 3.7 GHz hay un punto en el que la antena deja de ser efectiva y por lo tanto no hay que tener en cuenta dichas frecuencias para este estudio, ya que lo contaminarían falseando los resultados. Más adelante se mostrarán los resultados del estudio y la frecuencia límite. La ganancia para el resto de la banda se ha calculado promediando los valores dados.

En el caso 2, la ganancia de la antena a 3.5 GHz es de 6.91 dB.

En el caso 3, la ganancia de la antena a 3.5 GHz es de 6.19 dB.

En el caso 4, la ganancia de la antena a 3.5 GHz es de 13.03 dB.

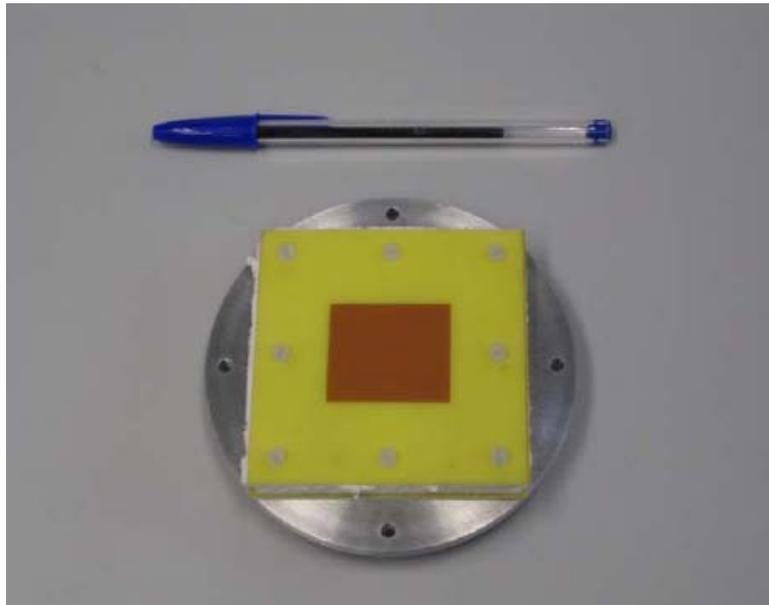


Figura 4.1: Antena con 1 parche, vista superior.

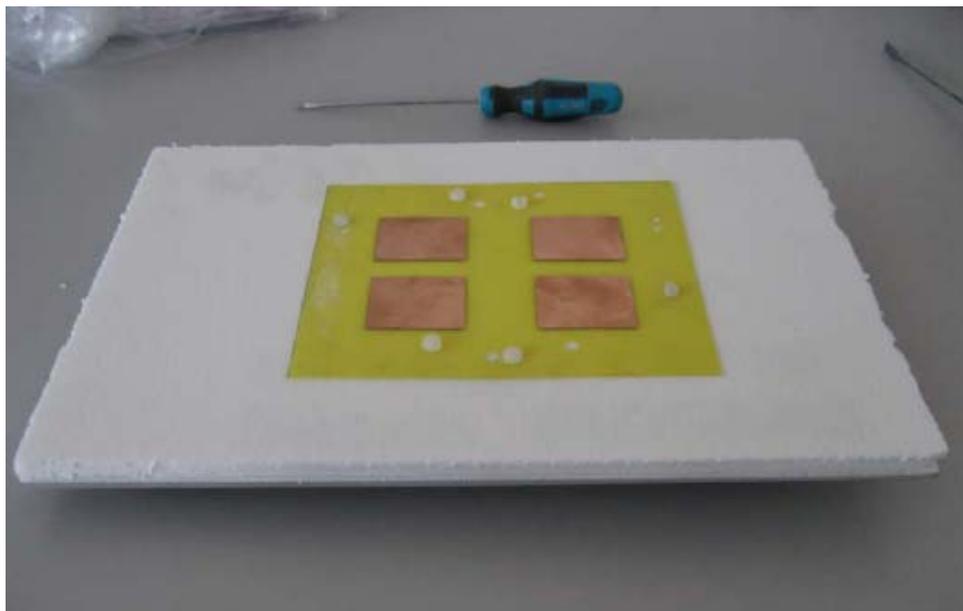


Figura 4.2: Antena con 4 parches y polarización lineal.

En el caso 5, la ganancia de la antena a 3.3 GHz es de 9.51 dB, a 3.4 GHz es de 11.37 dB, a 3.5 GHz es de 12.71 dB, a 3.6 GHz es de 13.35 dB y a 3.7 GHz de 11.60 dB.

4.1.1.3. Reflexión

La reflexión de la antena debe ser menor que -10 dB para un resultado bueno y menor que -15 dB para un resultado óptimo, de lo contrario estaríamos devolviendo señal y, por lo tanto, falseando las medidas, por lo que la banda de trabajo de cada una de las antenas será el rango de frecuencias cumpla dicha condición.

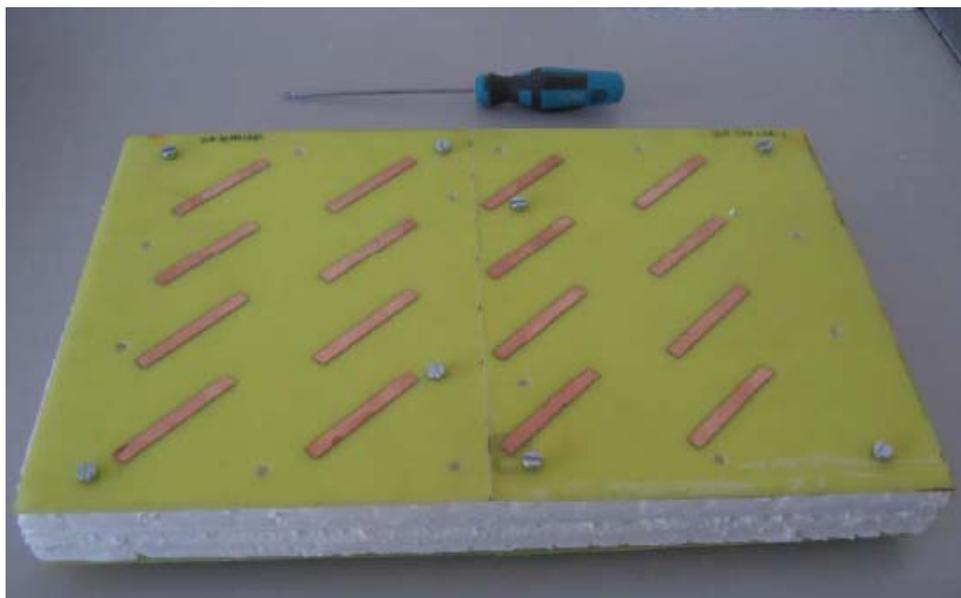


Figura 4.3: Antena con 4 parches y polarización circular.

La reflexión para la antena de 1 elemento (caso 1) fue calculada por Fernando González en su Proyecto Fin de Carrera y se muestra en la Figura 4.4.

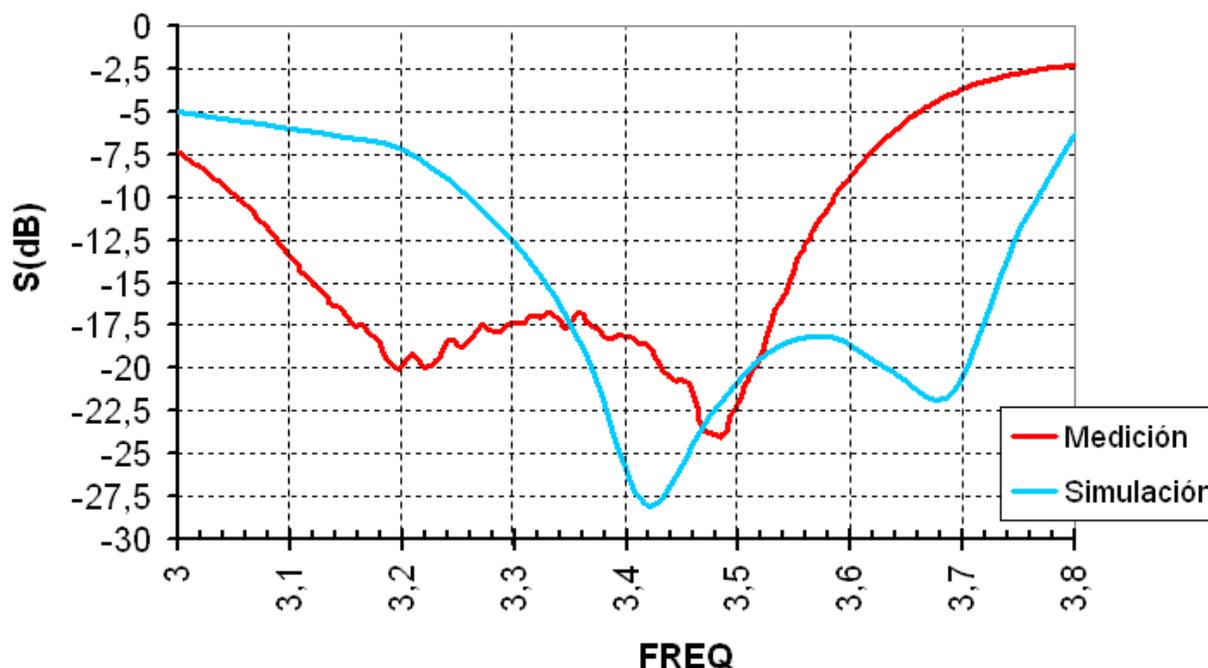


Figura 4.4: Medidas y simulación de reflexión S_{11} para la antena de 1 elemento.

La reflexión para la antena de 4 elementos (caso 4) se ha medido dado que, por la falta de una red de alimentación de 1 a 4 puertos, se ha tenido que usar un prototipo que construyó Fernando González y no se sabía si cumpliría los requisitos. La medición (Figura 4.5) se ha llevado a cabo con el equipo Agilent que está ubicado en el laboratorio de hardware avanzado del nuevo edificio C de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Autónoma de Madrid.

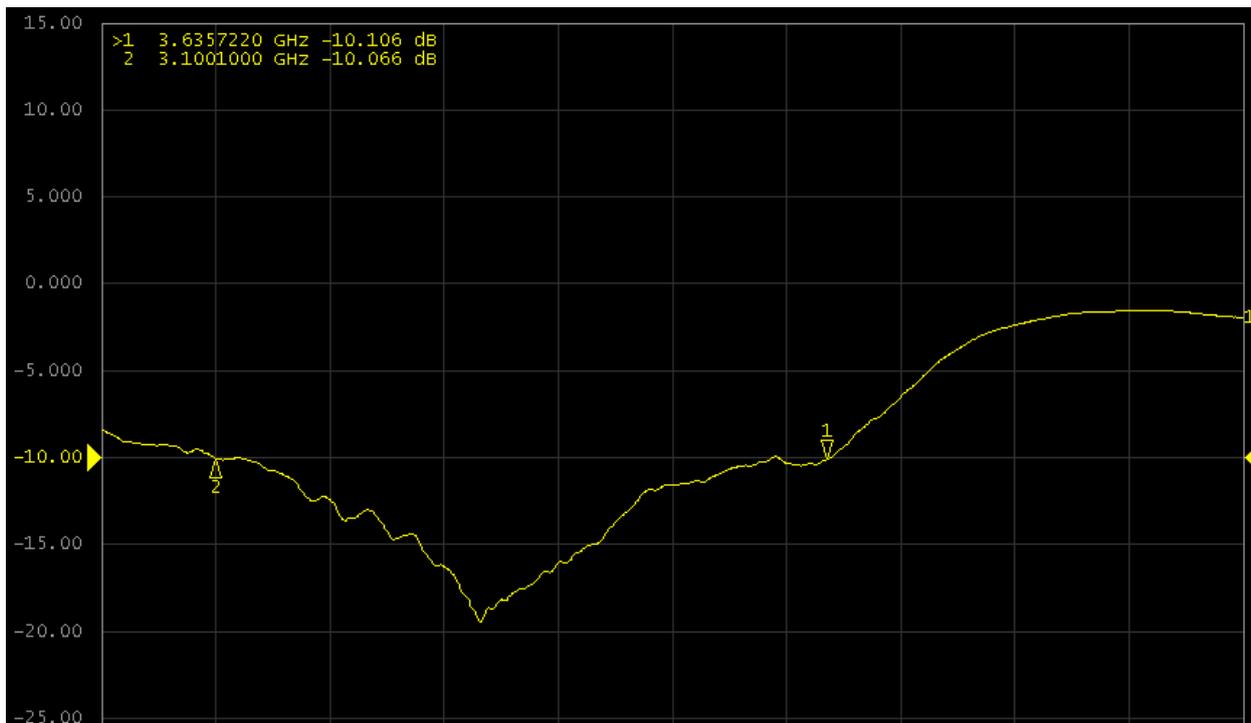


Figura 4.5: Medidas de reflexión S_{11} para la antena de 4 elementos.

Como se puede observar, el comportamiento de la primera antena (caso 1) es óptimo entre 3.13 GHz y 3.6 GHz, pero a partir de 3.6 GHz se aprecia un aumento significativo de la reflexión, y por tanto, un comportamiento no óptimo desde 3.6 GHz en adelante. A esto hay que sumarle que, a partir de una frecuencia desconocida, la antena sufre una desviación del lóbulo principal y una pérdida de ganancia, mostrada en 3.7 GHz.

En la segunda antena (caso 4), el comportamiento de la antena es bueno en la banda de frecuencias (3.10 - 3.63) GHz, pero es óptimo en un rango inferior, que entra dentro del rango previamente definido, de 3.13 a 3.6 GHz.

Para comprobar este comportamiento erróneo en el rango de frecuencias de 3.3 a 3.6 GHz, realizamos unas medidas en el pasillo central del nuevo edificio C, donde en los primeros metros se observó que el enlace radioeléctrico tenía un comportamiento de zona abierta, sin apenas multi-trayecto. Se han comparado las pérdidas a 1 m., de distancia de separación entre las antenas, con las teóricas por espacio libre, ya que deberían ser muy parecidas, y el resultado, para todo el rango de frecuencias en la Figura 4.6 y para un canal central en la Figura 4.7, verifica lo que previamente se observó en las medidas de reflexión.

Como este proyecto estaba pensado para un rango de frecuencias de 3.3 a 3.6 GHz, dadas las circunstancias, el rango redujo a (3.3 - 3.55) GHz.

4.1.2. Cableado

El cableado usado ha sido el mismo que el utilizado en el proyecto de Pablo Núñez [2], 20 metros, agregando un latiguillo de 4 metros, con conectores SMA y fabricado en la UAM, con el objetivo de poder conectar la antena de 4 parches cuando esta es subida a una altura de 2.5 metros.

Estos cables tienen una pérdida de $0.9 \frac{dB}{m}$ en el rango de frecuencias (3.3 - 3.55) GHz, pero es

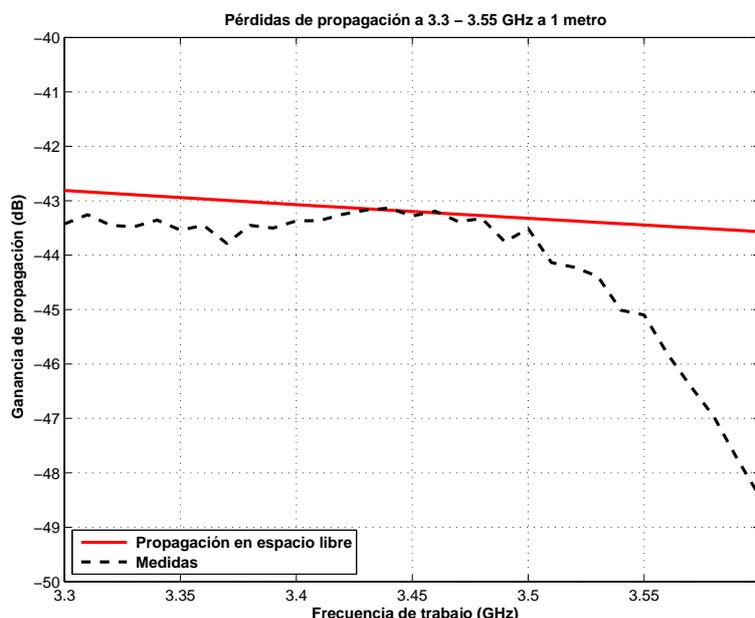


Figura 4.6: Medidas en una zona abierta, a 1m. de distancia entre antenas, de 3.3 a 3.6 GHz.

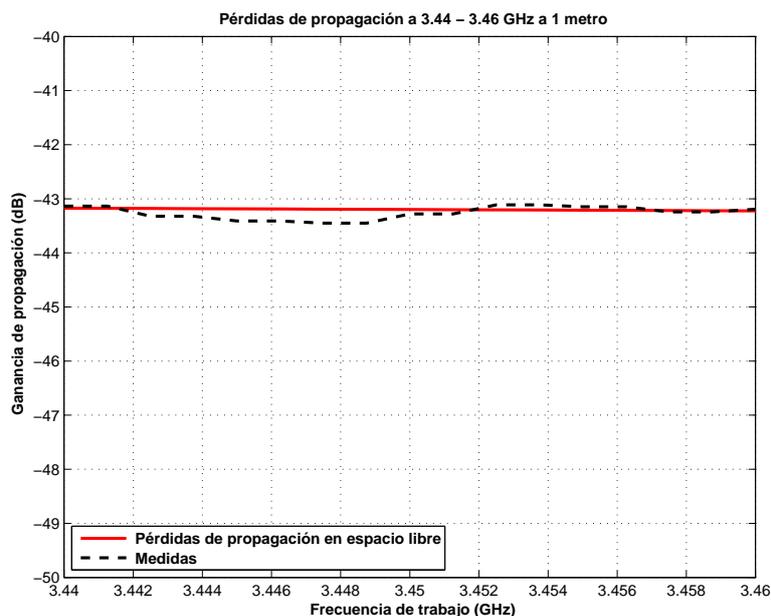


Figura 4.7: Medidas en una zona abierta, a 1m. de distancia entre antenas, de 3.44 a 3.46 GHz.

algo que no se tiene en cuenta ya que al realizar la calibración, la pérdida introducida por el cable desaparece. En caso de que esta pérdida sea muy grande, el ruido invadiría el sistema y falsearía las medidas, pero es algo que en nuestro caso no ocurre.

4.1.3. Analizador de redes

Para el análisis del enlace radioeléctrico, se ha usado usado el analizador de red *Rohde & Schwarz ZVL* propiedad del grupo. Se ha usado como analizador de espectro para medir la reflexión de las antenas y como analizador de redes para medir las pérdidas del enlace radioeléctrico.

Para usarlo como analizador de espectro ha hecho falta calibrarlo con el kit *Agilent 85033E* 3.5mm para conectores de tipo SMA, mientras se seguían las instrucciones del analizador de espectros. Para más precisión, también se ha medido la reflexión con el *Agilent* que se encuentra en el laboratorio de hardware avanzado del edificio C.

Para usarlo como analizador de redes se ha realizado una calibración de referencia con los cables que se iban a usar conectados directamente a los dos puertos. Esto elimina toda pérdida desde el analizador a la antena.

Se ha trabajado con 201 puntos en la banda de frecuencias (3.2 - 3.7) GHz, aunque después solo se representará la banda (3.3 - 3.55) GHz por los problemas previamente comentados. La potencia del analizador de redes era la máxima que permitía, 20 dBm, para evitar en todo momento el falseamiento de las medidas por culpa del ruido.

4.1.4. Medidor láser

Para obtener una mayor precisión en la medida de la distancia entre las antenas y para orientar las antenas para que estén enfrentadas, se ha comprado un medidor láser, *Bosch DLE40*, Figura 4.8



Figura 4.8: Medidor láser Bosch DLE40.

Las características de este medidor son las siguientes:

- Clase del láser: 2.
- Diodo del láser: 635 nm., < 1 mW.
- Rango de medición interior: 0,05 - 40 m.
- Precisión de medición: $\pm 1,5$ mm.

La precisión de las medidas de distancia tomadas con este aparato es de $\pm 1,5$ mm., por lo que con un metro tradicional sería casi imposible conseguir dicha precisión, ya que sólo se podrían realizar marcas en el suelo, y después posicionar el trípode con las antenas encima de esas marcas, pero hay constancia de la distancia real entre antenas.

Gracias al láser, se orientaba una antena tomando como referencia la pared que tenía enfrentada. Después se colocaba la otra antena en posición y se orientaba la segunda antena haciendo que el láser apuntara justo al centro de la primera antena. También se comprobaba que en la primera antena, el láser apuntara justo al centro de la segunda. Así se mantiene durante las medidas una orientación precisa para que no sea un factor influyente en los resultados.

4.1.5. Resto de recursos utilizados

Se ha utilizado también una memoria USB para la extracción de datos del analizador de redes; un ordenador para el procesamiento de datos y escritura de la memoria, con sus respectivos programas, Matlab y Texmaker (\LaTeX); dos trípodes para la sujeción de las antenas y orientación de las mismas; un nivel para alinear las antenas; y un alargador para la red eléctrica.

Estos elementos no necesitan ningún análisis específico, por lo que no se detallarán.

4.2. Escenarios

Se han buscado los escenarios más representativos en los que se podrían observar diversos fenómenos, como el multitrayecto principalmente, caracterizado por la distribución de Rayleigh en las medidas. El detalle de los escenarios se deja para el capítulo posterior por su facilidad para relacionar los resultados con el escenario.

4.3. Procedimiento de toma de medidas

Después de desplazar todo el material necesario al escenario a medir, se selecciona la antena más grande como “estación base”, y por lo tanto, como estática, situando en analizador de redes detrás de la misma. Como el analizador de redes cuenta con una batería interna de una duración aproximada de unos 40 minutos (plenamente cargada), si se tarda más en hacer las medidas en el escenario, como podría ser un escenario de 16 metros, conviene enchufarlo a la red eléctrica para realizarlo completamente.

En el analizador, se deben incluir las 4 trazas, *TRACE* \rightarrow *Add Trace* y seleccionando cada una de ellas para definir las como S_{11} , S_{21} , S_{12} y S_{22} , para poder exportar los resultados numéricos a través de la memoria USB. Se define el rango de frecuencias donde se va a trabajar con el botón *CENTER*, 3.2 - 3.7 GHz (aunque sólo se muestren 3.3 - 3.55 GHz, como ya se ha explicado anteriormente, puede servir para análisis posteriores); se define el número de puntos que se van a tomar con el botón *SPAN* como 201; y se define la potencia de emisión con el botón *PWR BW* a 20 dBm, lo máximo permitido por el analizador.

Se conectan todos los cables que se vayan a usar formando uno sólo y a su vez se conectan las dos terminaciones a los puertos del analizador. En este momento se calibra a cero el analizador, para eliminar la atenuación introducida por los cables a través del botón *CAL* \rightarrow *Start Cal* \rightarrow *Two Ports P1 P2* \rightarrow *Forward Cal*.

Ahora se conecta el puerto 1 con la antena más grande y el puerto 2 con la antena más pequeña y se realizan todas las medidas necesarias, en este proyecto, cada 25 cm. hasta el límite del escenario definido, mientras se guardan los resultados numéricos en la memoria USB.

Si las dos antenas tienen 1.40 m. de altura, las antenas se colocan en visión directa como en la Figura 4.9. Si una de las antenas tiene una altura de 2.50 m. y la otra de 1.40 m, la antena de más altura se orienta apuntando a la distancia máxima del escenario mientras que la de menos altura se orienta apuntando horizontalmente, como en la Figura 4.10. Se realiza la orientación de así porque es la misma configuración usada en los sistemas estación base - usuario.

Para el análisis de los datos, aplicamos sobre los archivos volcados del analizador un programa para eliminar los comentarios y las columnas sobrantes, quedándose un archivo con 3 columnas: frecuencia, amplitud y fase de las medidas.

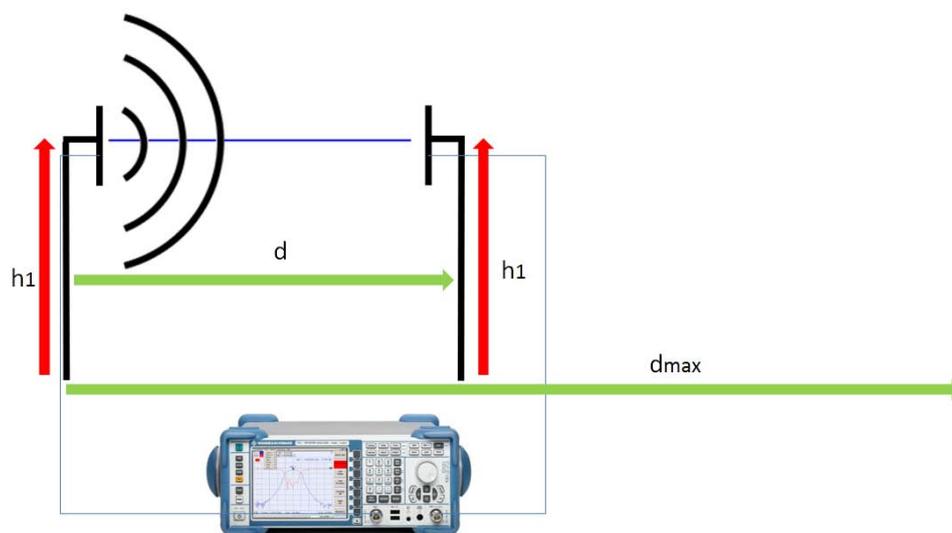


Figura 4.9: Procedimiento de medida con las dos antenas a 1.40 m. de altura.

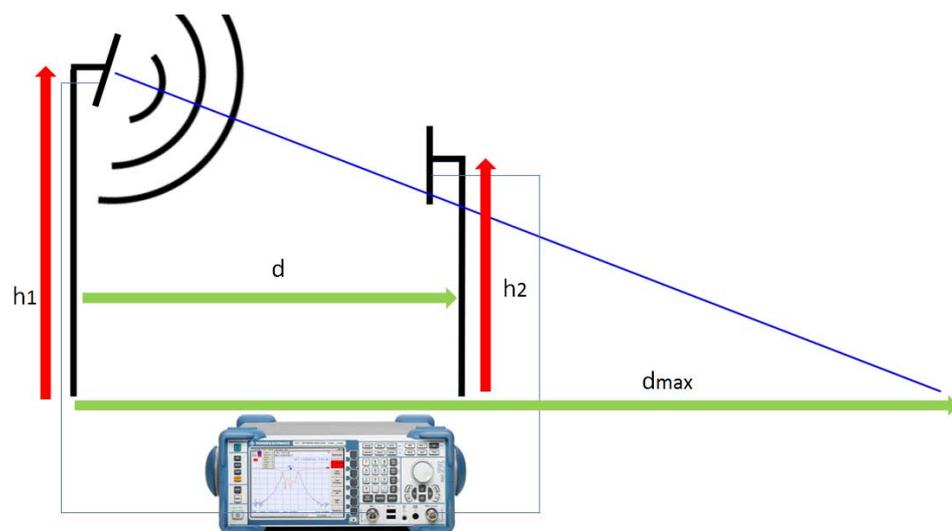


Figura 4.10: Procedimiento de medida con una antena a 1.40 m. y la otra a 2.50 m. de altura.

4.4. Representación gráfica y análisis de los datos obtenidos

En cuanto a la representación de las gráficas donde se muestran los resultados de las medidas, se han realizado a partir de los resultados numéricos obtenidos en la toma de medidas y a través de un script en Matlab, existen dos opciones: la representación lineal y la representación logarítmica. La elección del modo de representación depende de la facilidad con la que se ven y se analizan los resultados. Como las pérdidas en espacio libre es una función logarítmica, con la representación logarítmica aparecerán mostradas como una recta, así como la aproximación de las medidas, eso nos facilitará la creación de las ecuaciones que definan el modelo de las pérdidas del enlace radioeléctrico.

A continuación podemos ver la representación lineal (Figura 4.11) y la representación logarítmica (Figura 4.12). Como se puede ver, en la representación logarítmica se ajusta mucho mejor la recta y se obtiene un modelo mucho más fiel que en la representación lineal, por ello los resultados se van a mostrar de manera logarítmica en todos los casos excepto en aquellos que no tengan como

fin obtener un modelo.

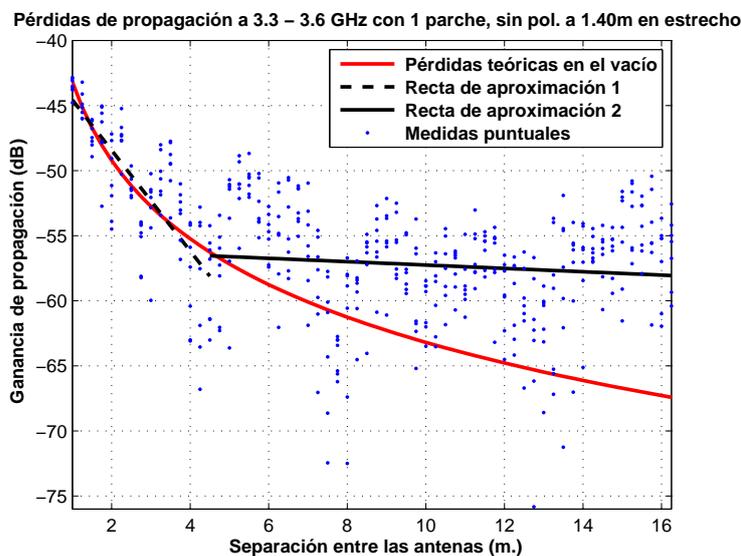


Figura 4.11: Ejemplo de representación lineal.

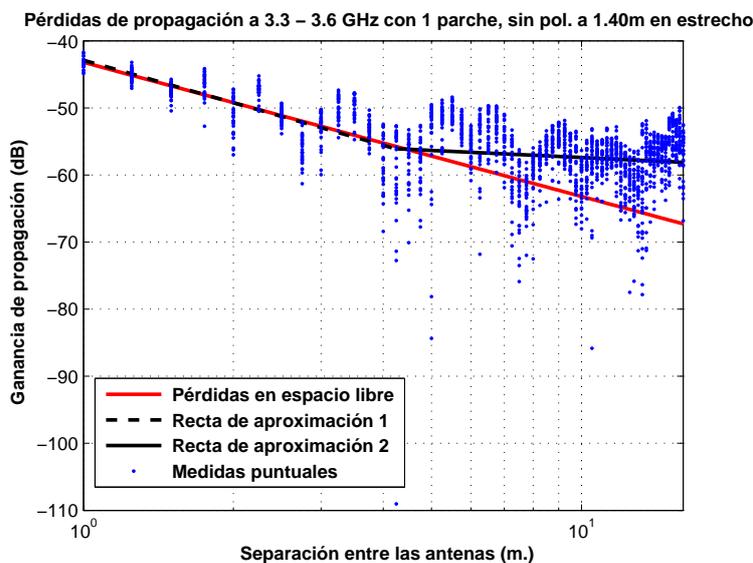


Figura 4.12: Ejemplo de representación logarítmica.

También se muestran las ecuaciones que definen el modelo obtenido, así como la desviación, los histogramas por secciones y la función de distribución acumulativa en comparación con una función Rayleigh ideal para comprobar la similitud o falta de ella.

5

Campana de medidas

5.1. Pasillos del edificio B

5.1.1. Pasillo de 1.20 m. de ancho

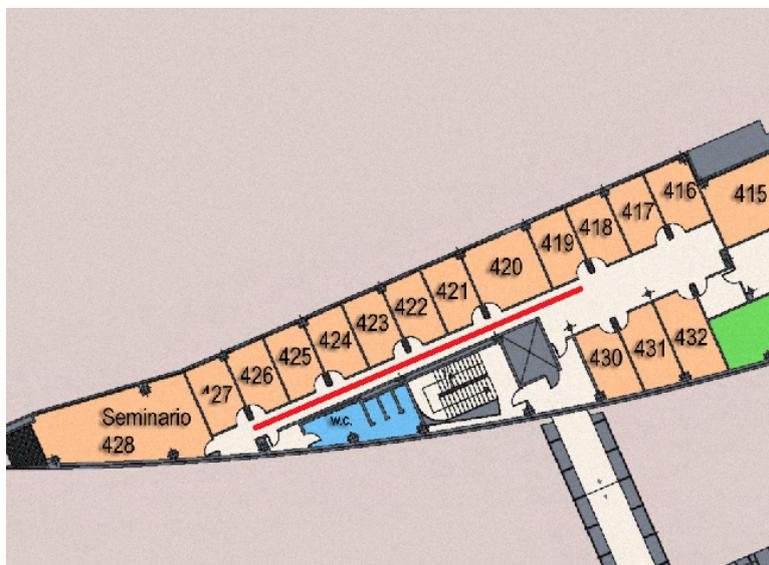


Figura 5.1: Plano del pasillo de 1.20 m. de ancho, edificio B

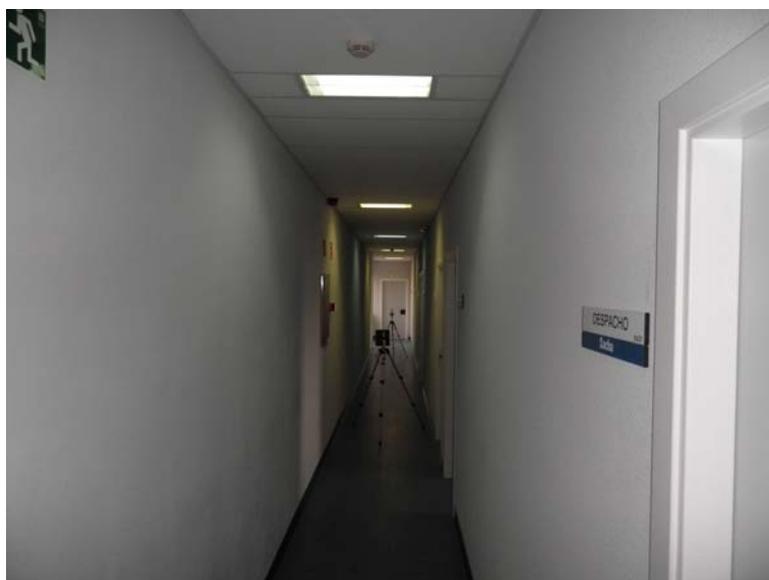


Figura 5.2: Foto del pasillo de 1.20 m. de ancho, edificio B

Distancia máxima del enlace: 16.75 m.

Entorno: Pasillo de 1.20 m. de ancho, parte final del pasillo de la planta 4ª del edificio B.

Altura de las antenas: La altura de la antena receptora, la del elemento simple, siempre es de 1.40 m., mientras que la altura de la antena transmisora puede ser de 1.40 m. o de 2.50 m. indicado según el caso.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 3.3 a 3.55 GHz y un canal de 20 MHz, de 3.415 a 3.435 GHz.

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.3 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido al modo de propagación por guía de onda, por encontrarnos en un pasillo muy estrecho.

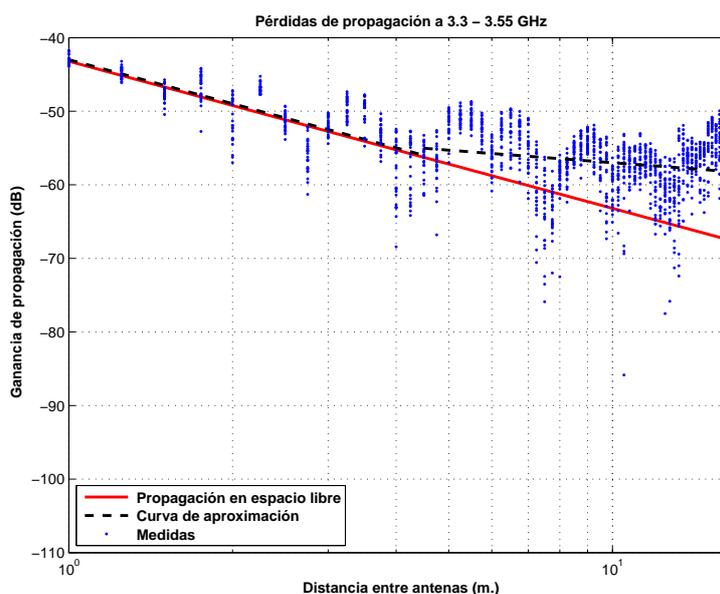


Figura 5.3: Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 42,98 + 19,90 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,5 \text{ m.} \\ 55,04 + 5,63 * \log_{10}(d/4,50); & \text{si } d > 4,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.4. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.5.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.6 y se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.7.

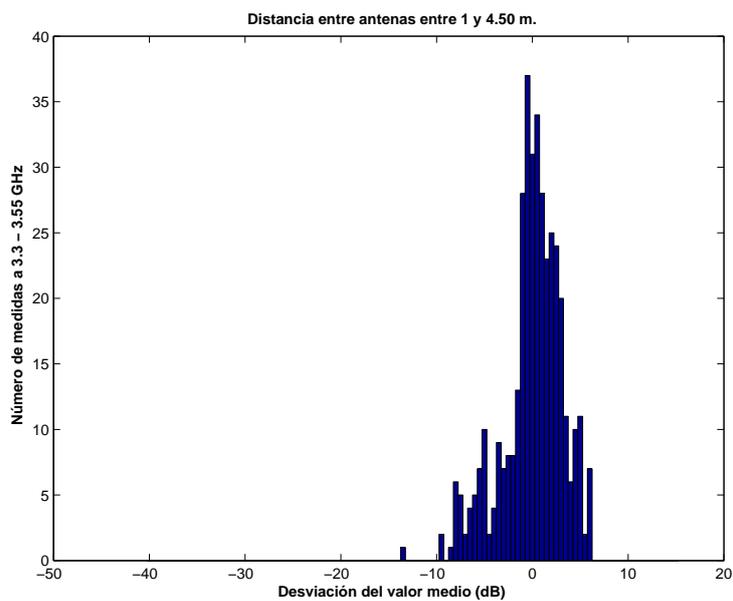


Figura 5.4: Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.

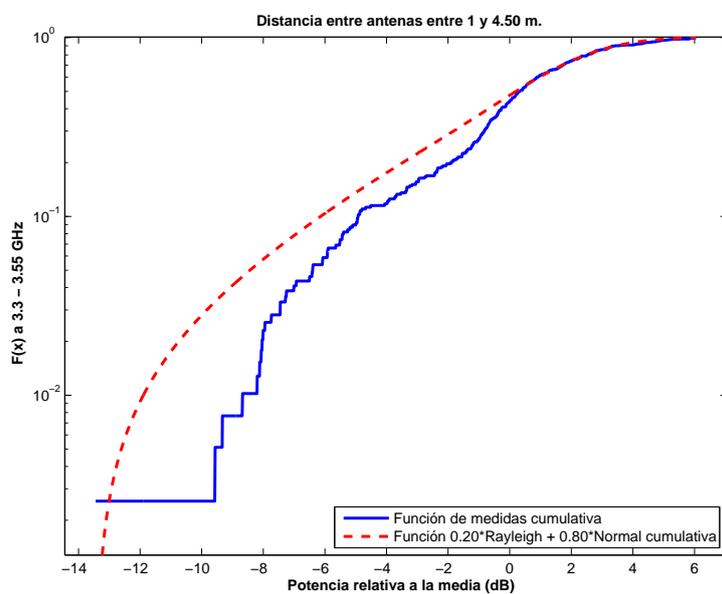


Figura 5.5: CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.

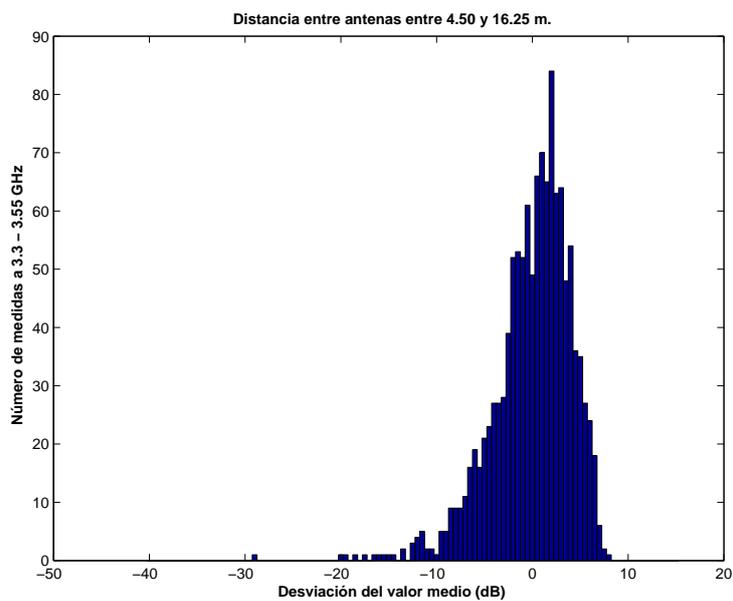


Figura 5.6: Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

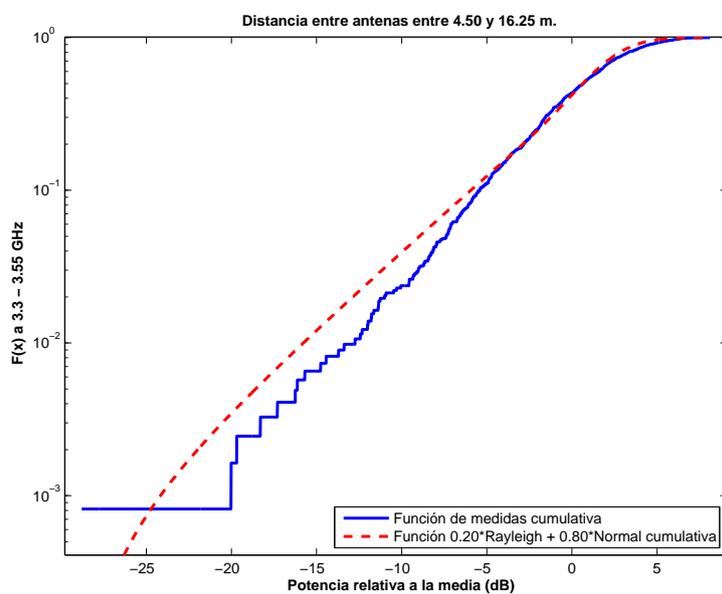


Figura 5.7: CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.8 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido al modo de propagación por guía de onda, por encontrarnos en un pasillo muy estrecho.

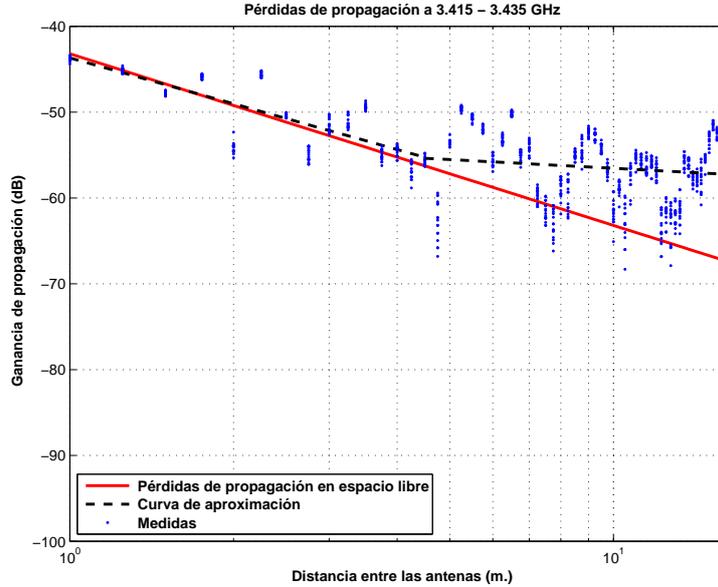


Figura 5.8: Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 43,69 + 17,72 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,5 \text{ m.} \\ 55,37 + 3,37 * \log_{10}(d/4,5); & \text{si } d > 4,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.9. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.10.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.11 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.12.

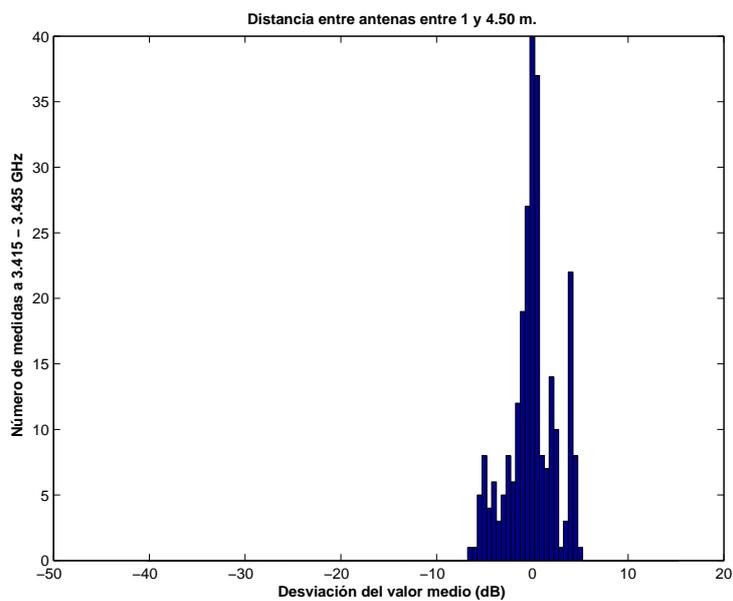


Figura 5.9: Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.

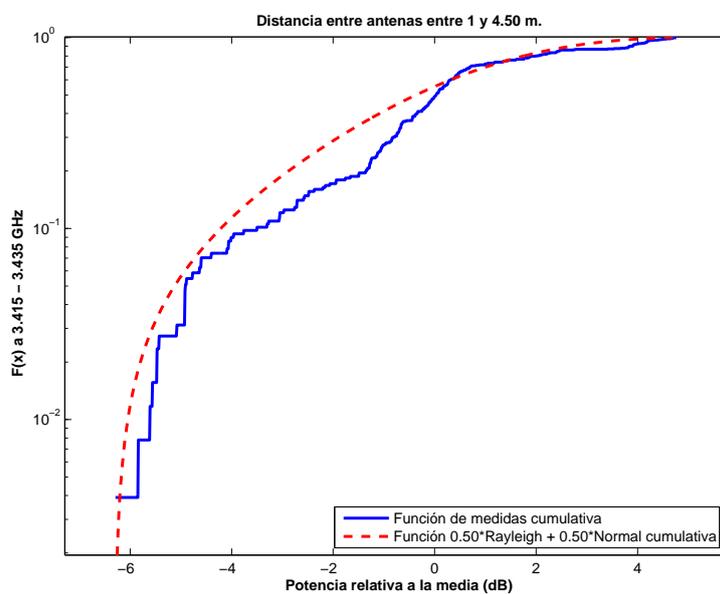


Figura 5.10: CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.

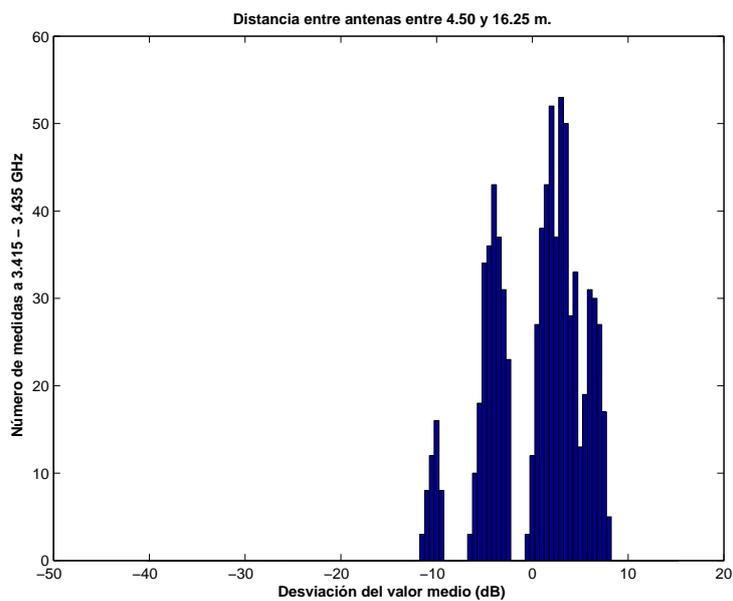


Figura 5.11: Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

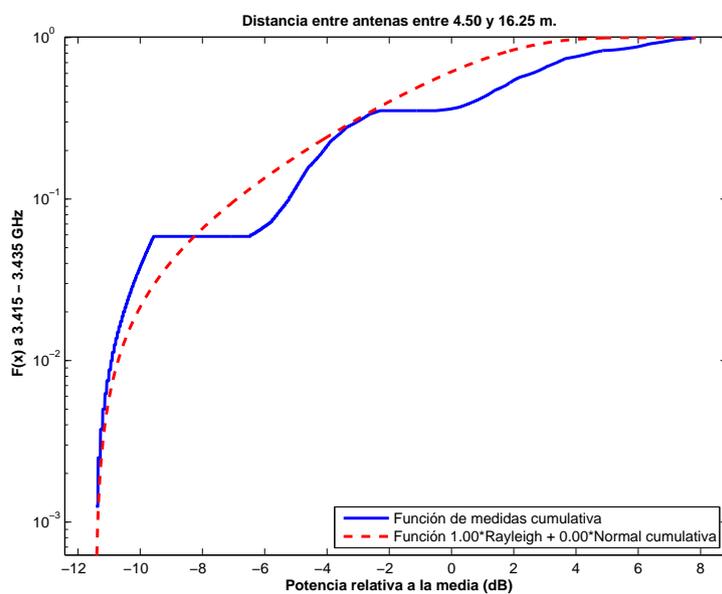


Figura 5.12: CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.13 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por una paralela a las pérdidas de propagación en el espacio libre, debido a que la antena dispone de un polarizador que incrementa, como mínimo, en 3 dB las pérdidas, por lo que vemos una ligera mejoría con respecto al caso anterior. El segundo muestra una disminución moderada en el exponente de propagación debido al modo de propagación por guía de onda, por encontrarnos en un pasillo muy estrecho, y no presenta ninguna mejoría con respecto al caso de la Figura 5.3.

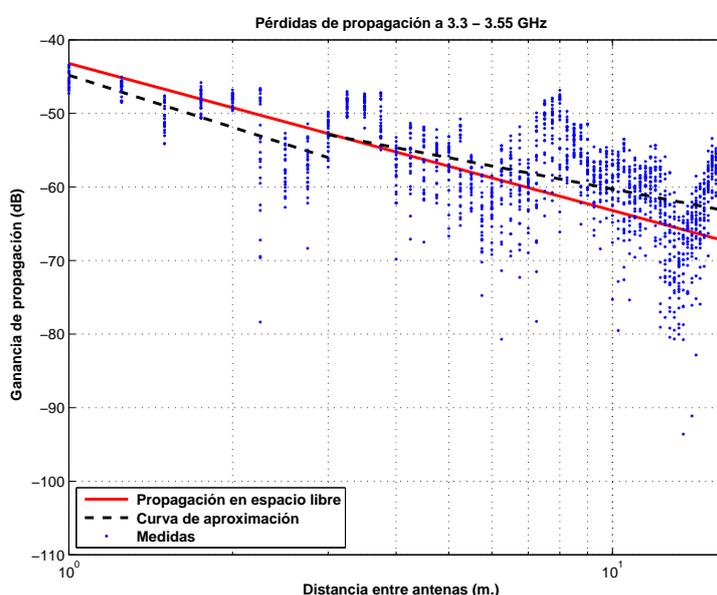


Figura 5.13: Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 44,82 + 23,47 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 3 \text{ m.} \\ 52,89 + 14,13 * \log_{10}(d/3); & \text{si } d > 3 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.14 y se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 5$, Figura 5.15.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.16 y se puede ajustar con una combinación de 80 % Rayleigh y 20 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = -5$, Figura 5.17.

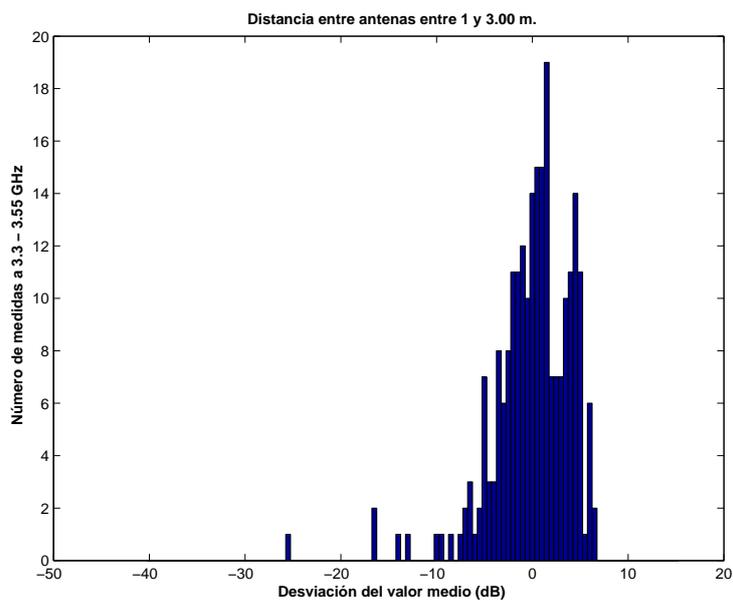


Figura 5.14: Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m de distancia entre antenas.

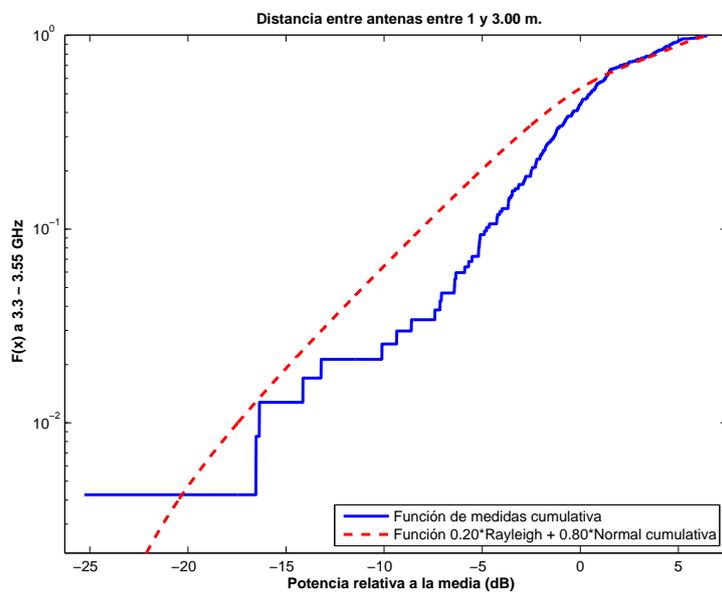


Figura 5.15: CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m de distancia entre antenas.

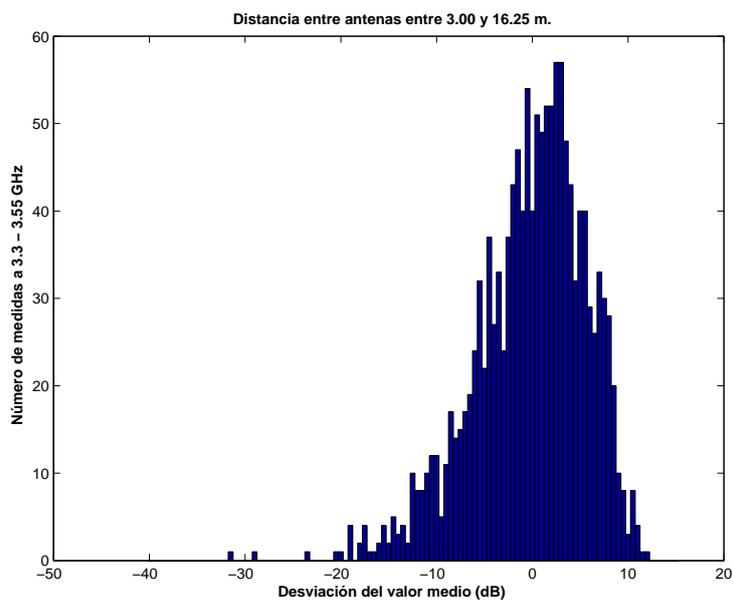


Figura 5.16: Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 16.75 m de distancia entre antenas.

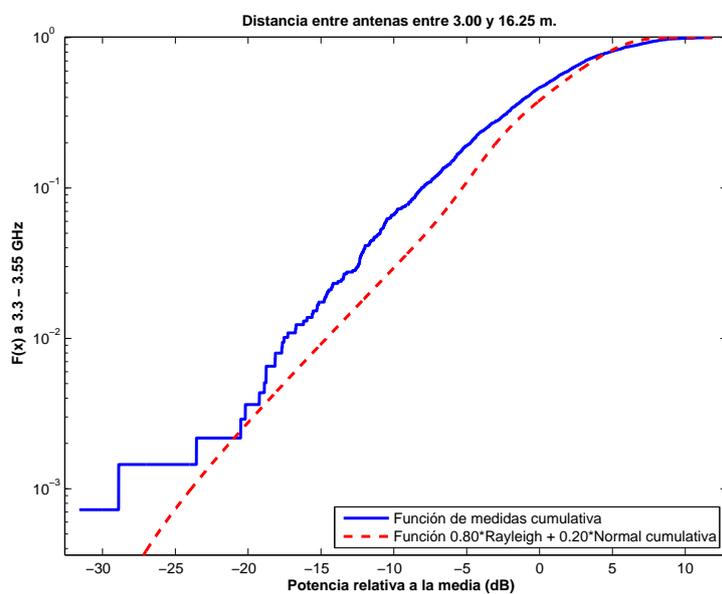


Figura 5.17: CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 16.75 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.18 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar a una paralela de las pérdidas de propagación en el espacio libre, debido a las pérdidas introducidas por el polarizador, con cierta mejoría con respecto al caso de la antena sin polarizador. El segundo muestra una disminución moderada en el exponente de propagación debido al modo de propagación por guía de onda, por encontrarnos en un pasillo muy estrecho. En este caso tampoco muestra mejoría con respecto al caso de la Figura 5.8.

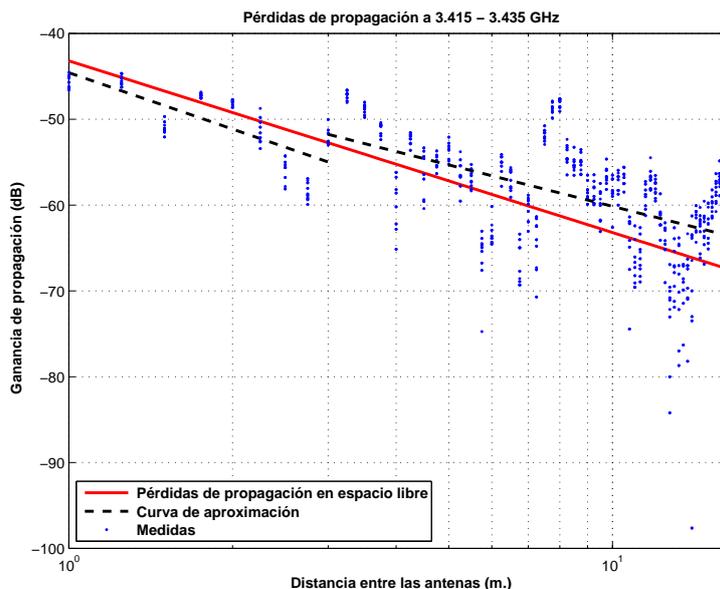


Figura 5.18: Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 44,58 + 21,82 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 3 \text{ m.} \\ 51,76 + 16,04 * \log_{10}(d/3); & \text{si } d > 3 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.19. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = -2$, Figura 5.20.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.21 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.22.

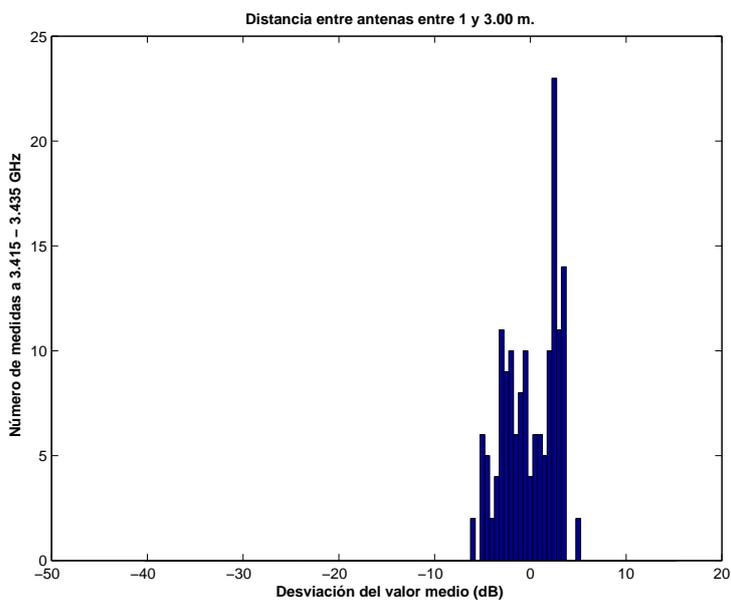


Figura 5.19: Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m de distancia entre antenas.

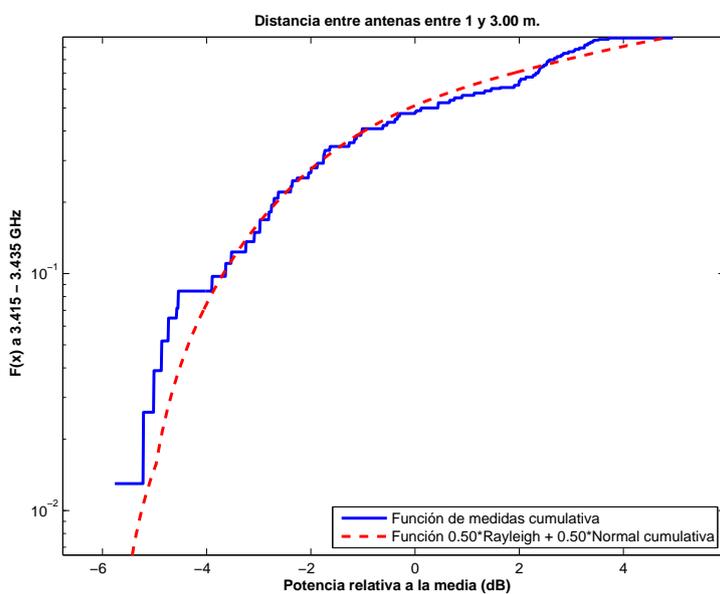


Figura 5.20: CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m de distancia entre antenas.

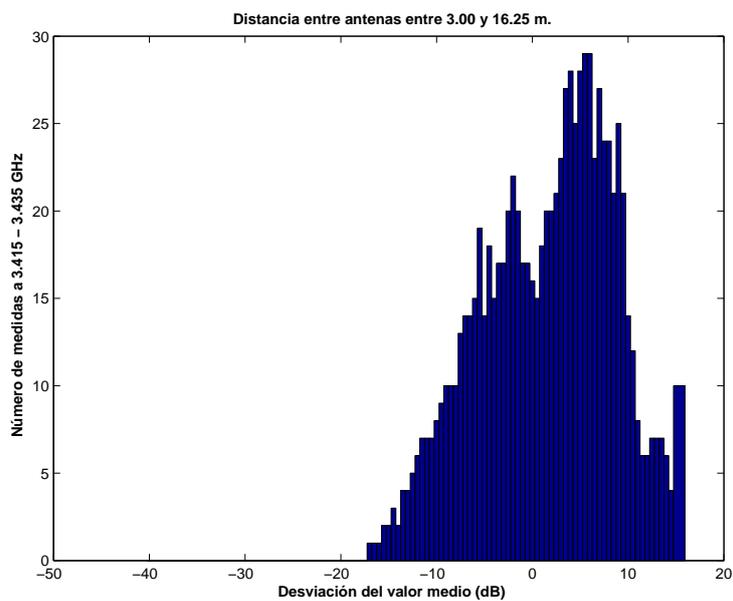


Figura 5.21: Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 16.75 m de distancia entre antenas.

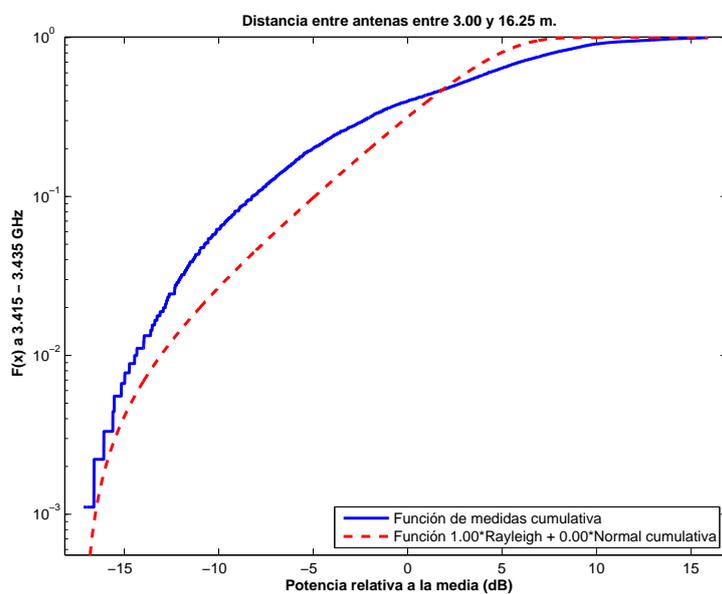


Figura 5.22: CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 16.75 m de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.23 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 4.5 m. Este segundo tramo muestra una ligera pérdida mayor que el caso de la Figura 5.3.

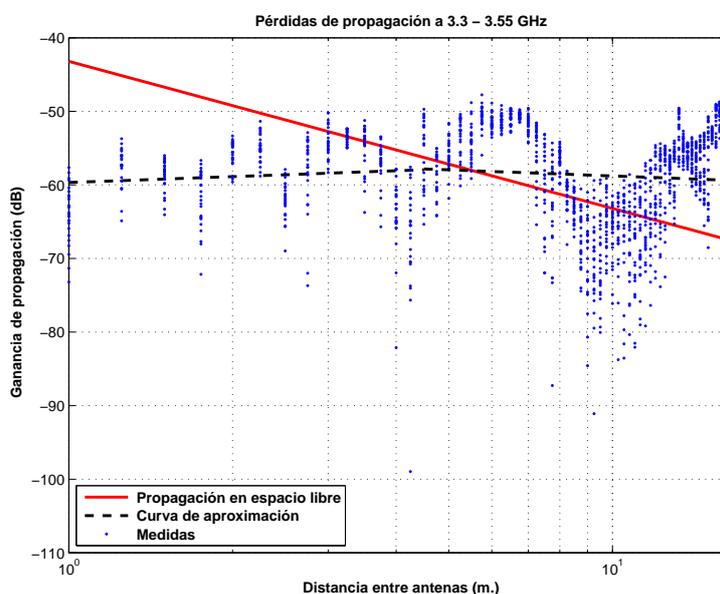


Figura 5.23: Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 59,67 + (-2,65) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,5 \text{ m.} \\ 57,83 + 2,74 * \log_{10}(d/4,5); & \text{si } d > 4,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.24 y se puede ajustar con una combinación de 40 % Rayleigh y 60 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.25.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.26 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.27.

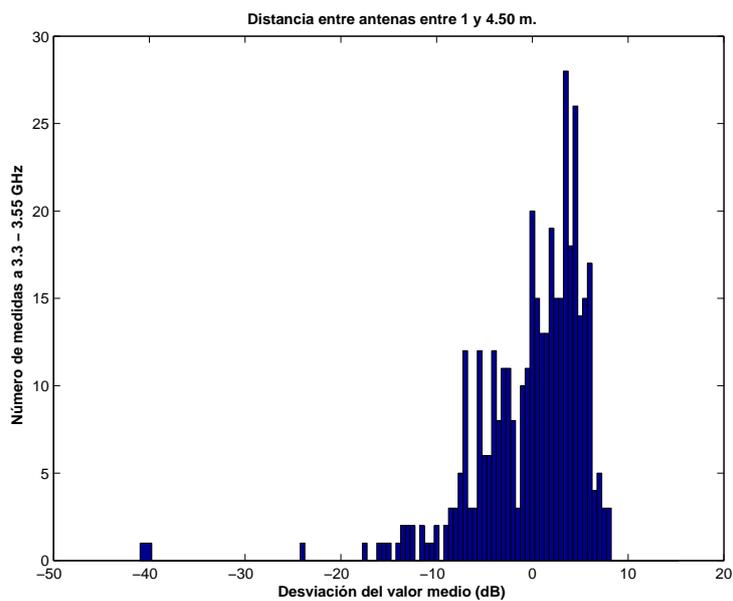


Figura 5.24: Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.

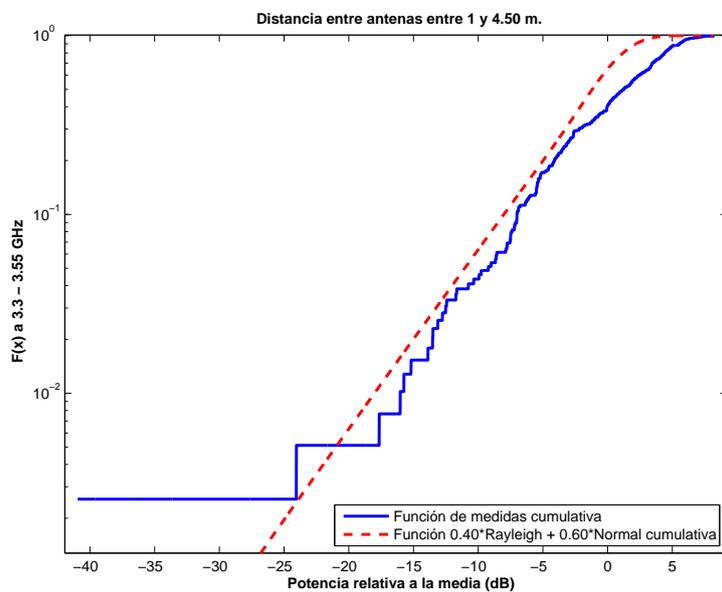


Figura 5.25: CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.

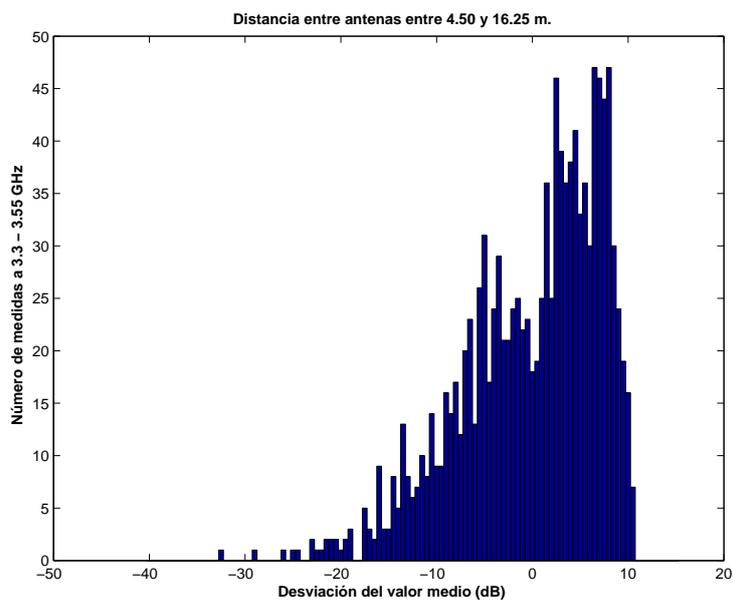


Figura 5.26: Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

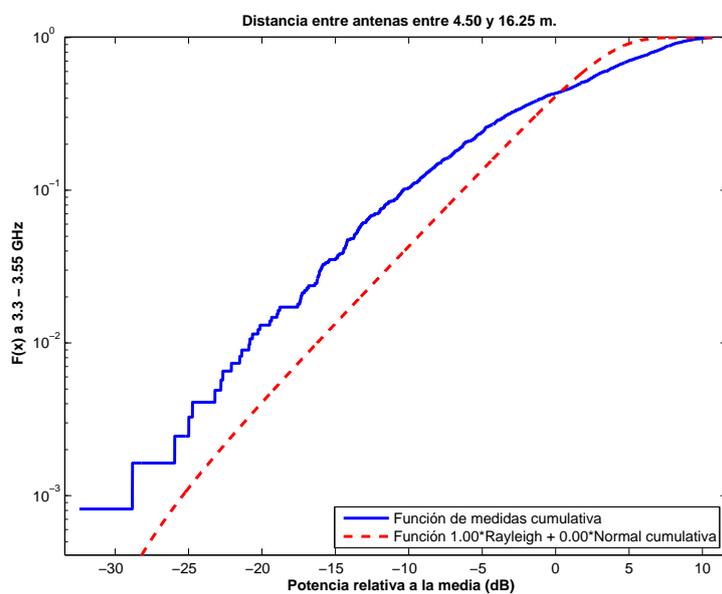


Figura 5.27: CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.28 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 4.5 m. Se puede apreciar que en este canal, las pérdidas son inferiores que en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, Figura 5.23.

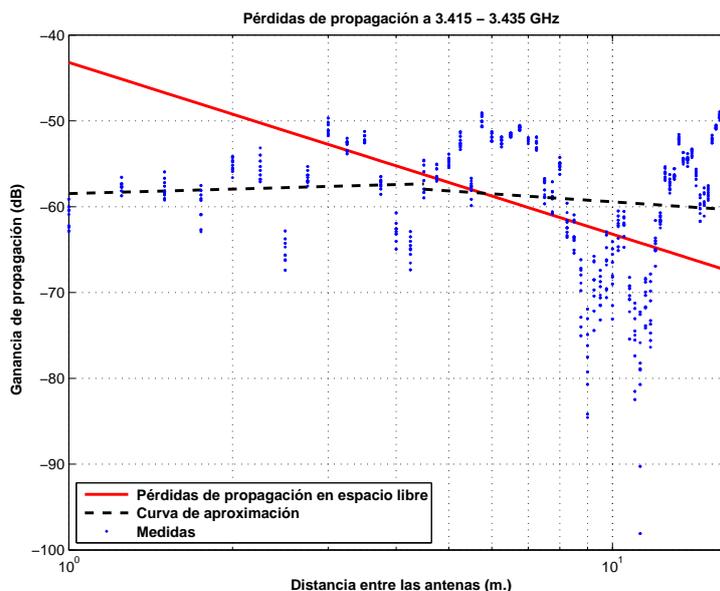


Figura 5.28: Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,48 + (-1,75) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,5 \text{ m.} \\ 57,97 + 4,23 * \log_{10}(d/4,5); & \text{si } d > 4,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.29. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = -2$, Figura 5.30.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.31 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.32.

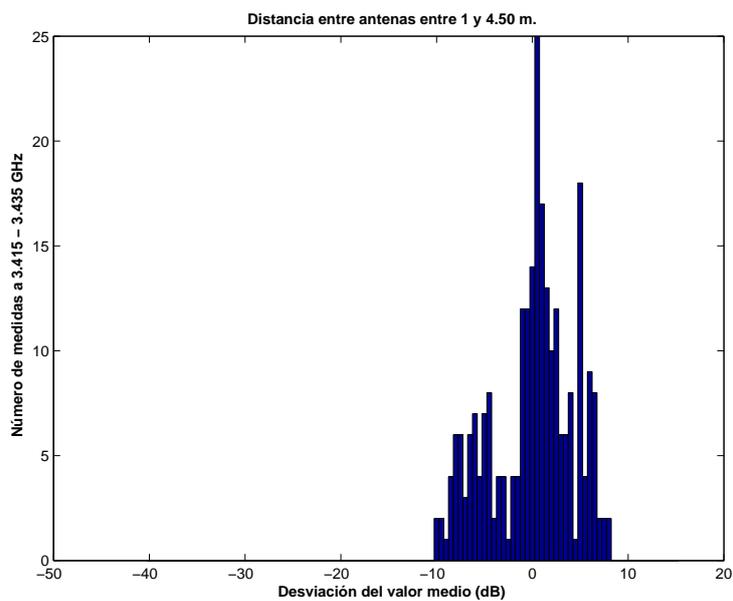


Figura 5.29: Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.

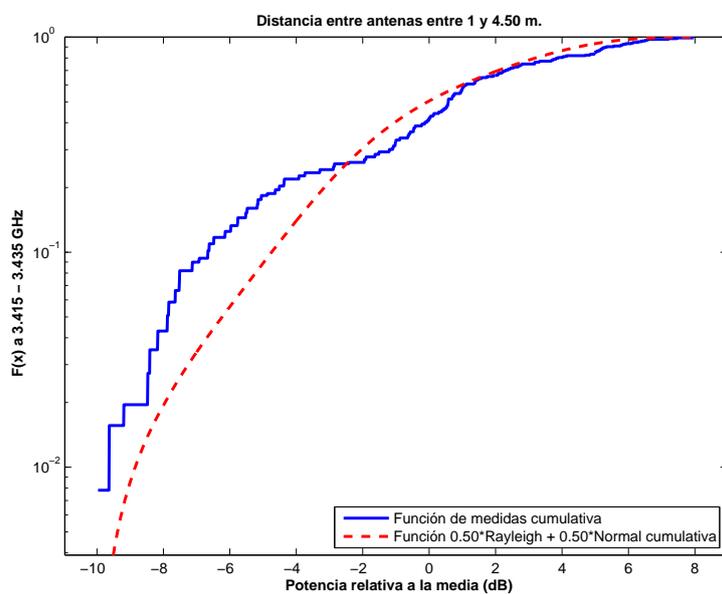


Figura 5.30: CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.

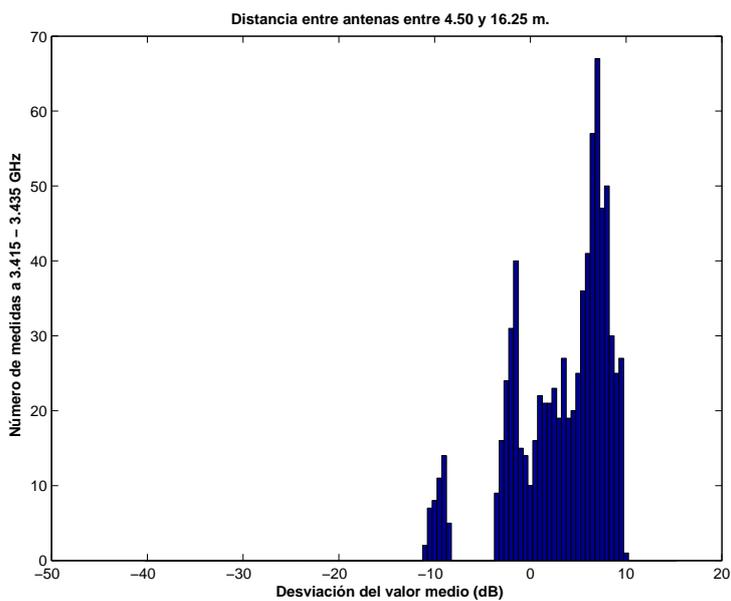


Figura 5.31: Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

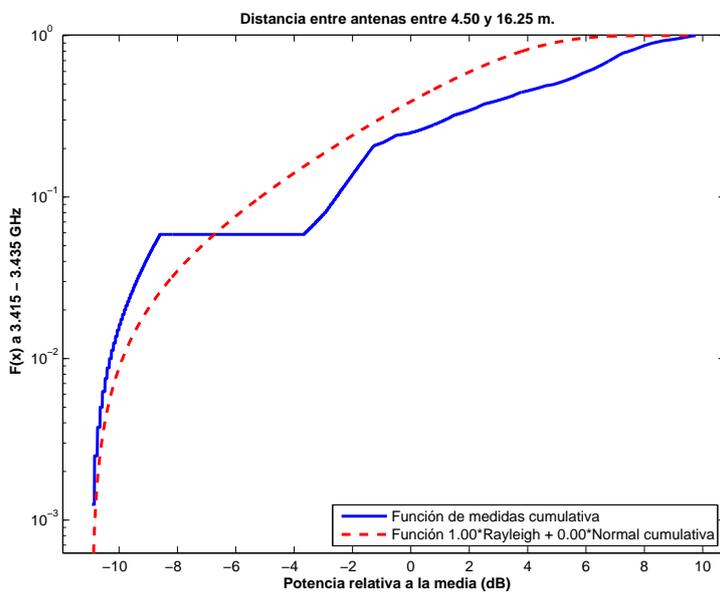


Figura 5.32: CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.33 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 4.5 m. Aunque en el primer tramo la diferencia con la Figura 5.23 es apenas nula, lo que lo convierte en una mejoría, debido a que tiene implícitas unas pérdidas de 3dB introducidas por el polarizador, a medida que aumenta la distancia entre las antenas, la situación se normaliza y muestra dichas pérdidas introducidas por el polarizador, quedando en el segundo tramo una paralela a la Figura 5.23 con aproximadamente 3 dB de diferencia.

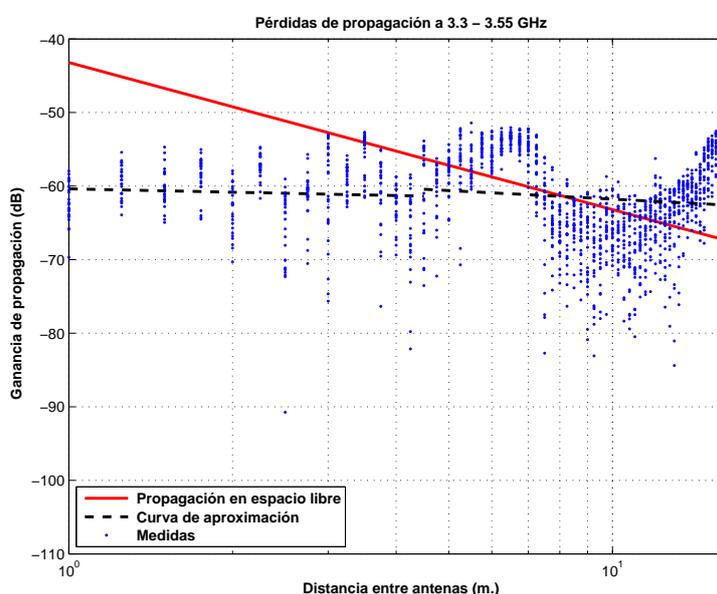


Figura 5.33: Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 60,38 + 1,50 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,5 \text{ m.} \\ 60,43 + 3,86 * \log_{10}(d/4,5); & \text{si } d > 4,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.34 y se puede ajustar con una combinación de 40 % Rayleigh y 60 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.35.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.36 y se puede ajustar con distribución Rayleigh, Figura 5.37.

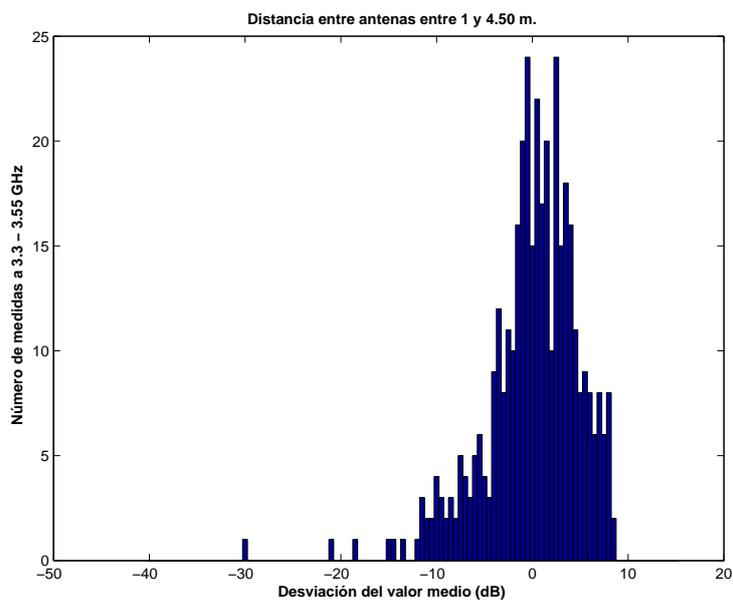


Figura 5.34: Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.

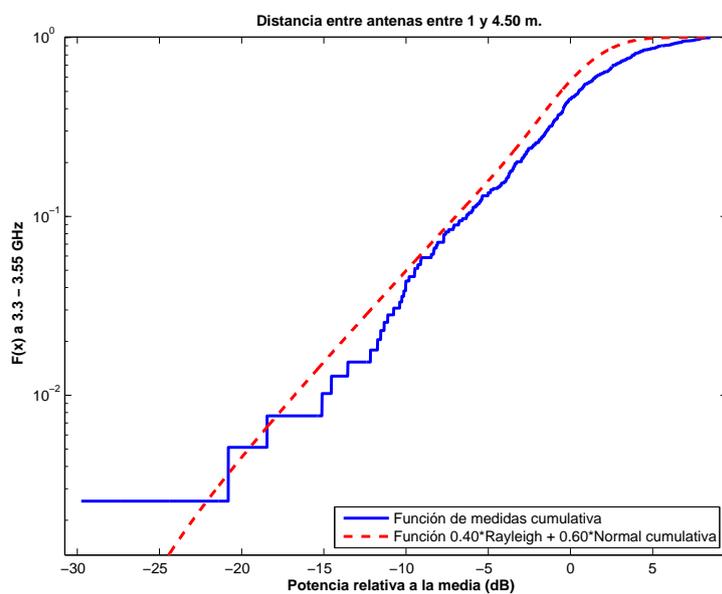


Figura 5.35: CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.

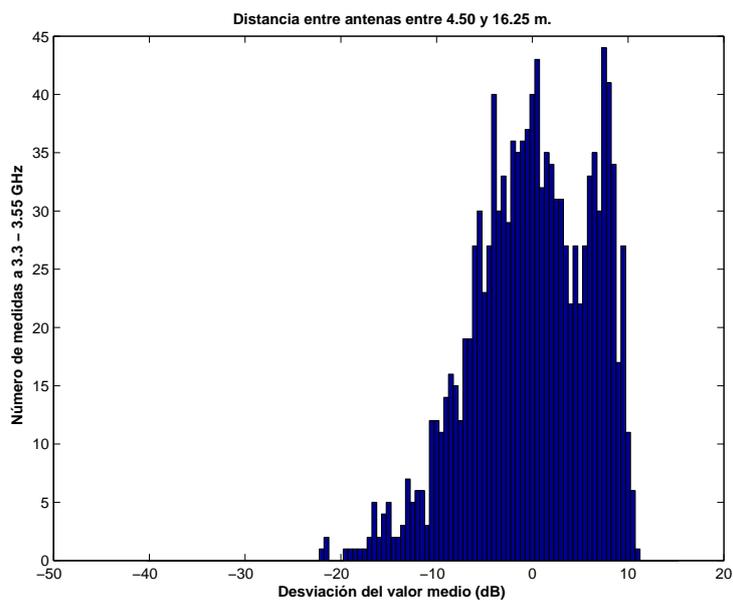


Figura 5.36: Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

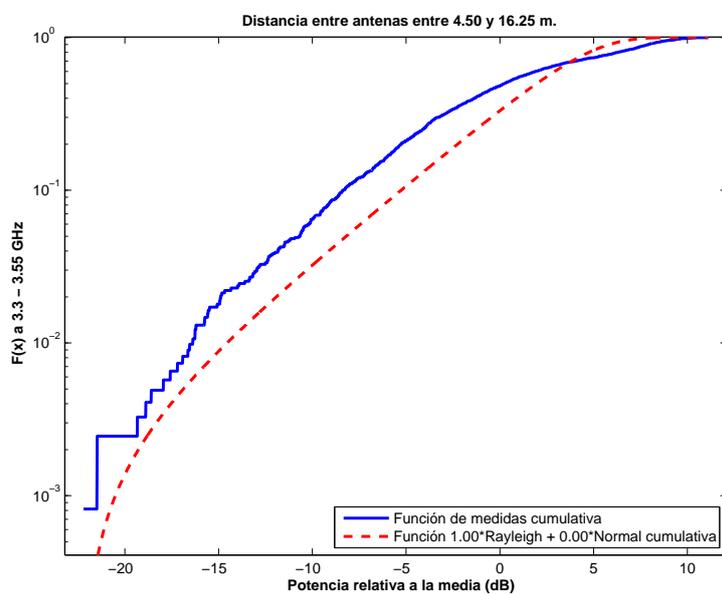


Figura 5.37: CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.38 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 4.5 m. Se puede apreciar que en este canal, al final del primer tramo, las pérdidas son inferiores que en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, Figura 5.33.

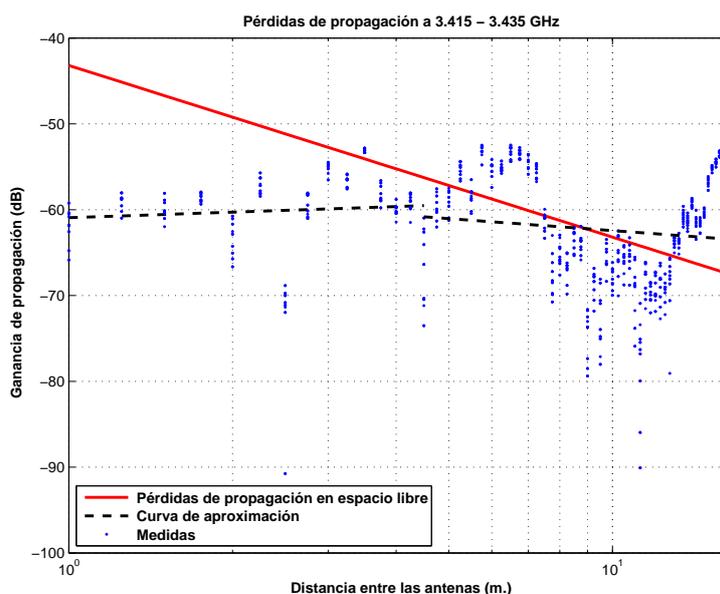


Figura 5.38: Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 60,93 + (-2,15) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,5 \text{ m.} \\ 60,83 + 4,65 * \log_{10}(d/4,5); & \text{si } d > 4,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.39. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 80 % Rayleigh y 20 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = -2$, Figura 5.40.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.41 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.42.

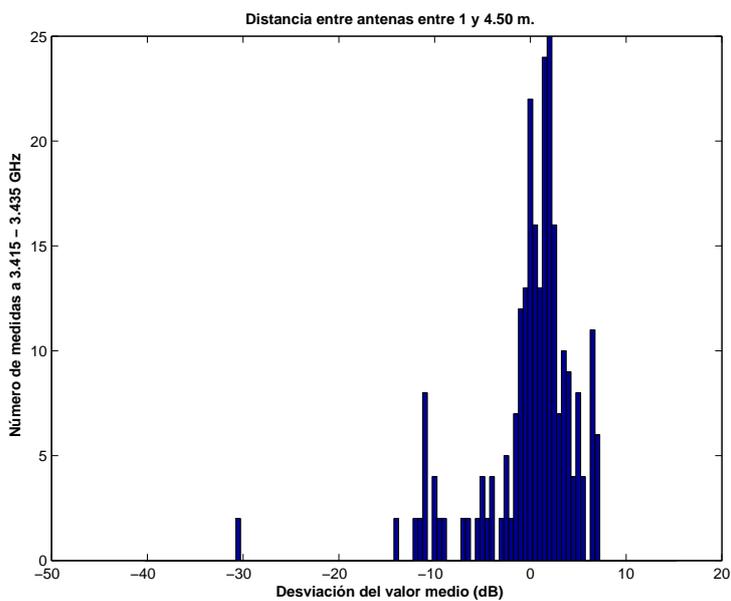


Figura 5.39: Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.

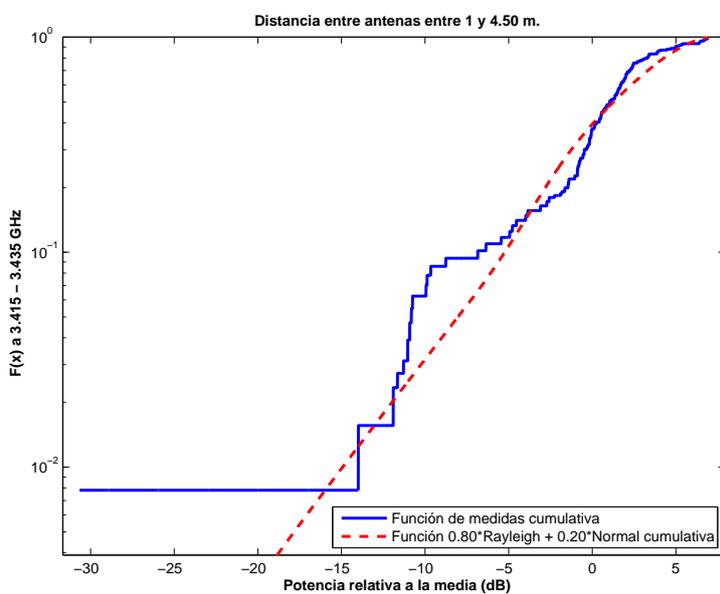


Figura 5.40: CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.

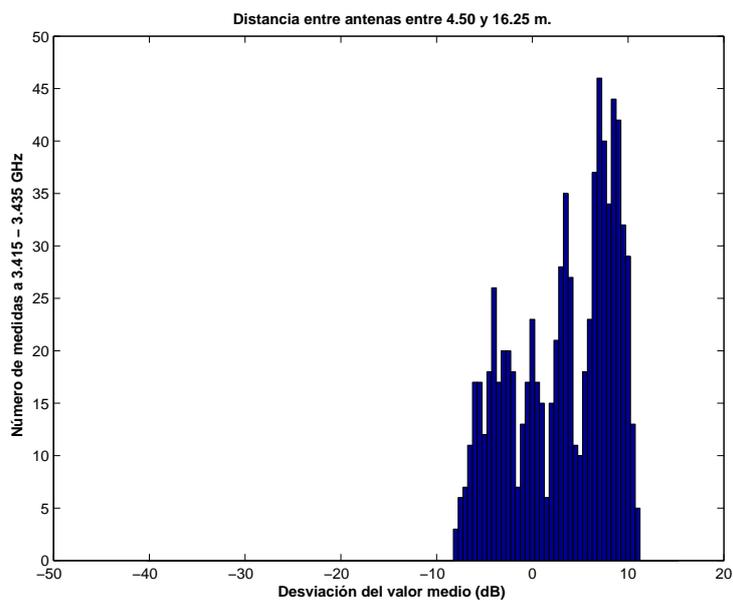


Figura 5.41: Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

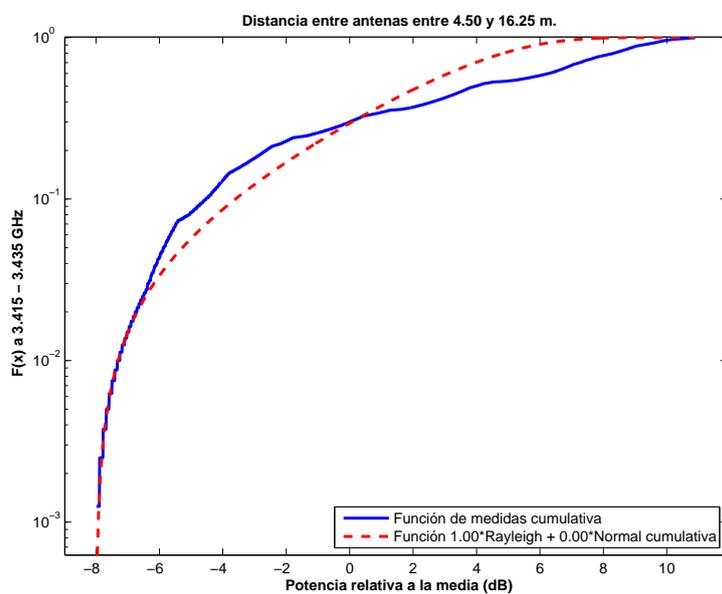


Figura 5.42: CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.43 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero muestra un ligero aumento del exponente de propagación con respecto a las pérdidas en espacio libre y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido al modo de propagación por guía de onda, por encontrarnos en un pasillo muy estrecho. En este caso tenemos más pérdidas que en el caso de la Figura 5.3.

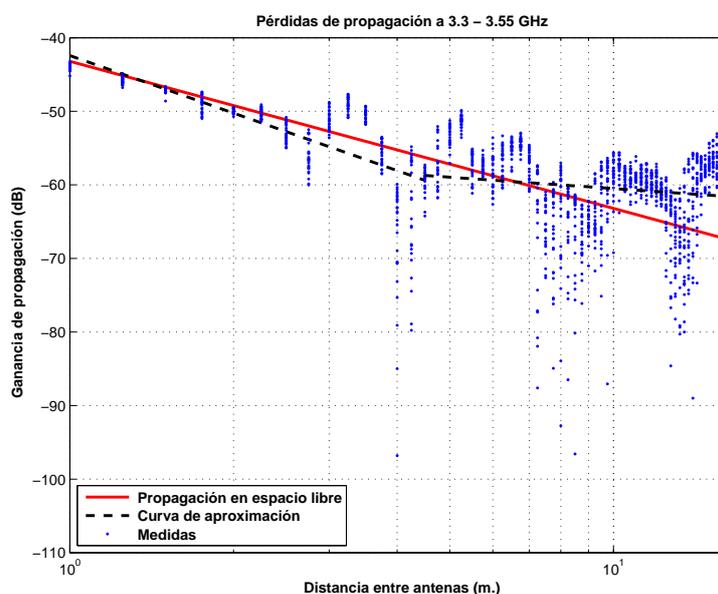


Figura 5.43: Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 42,42 + 25,96 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,5 \text{ m.} \\ 58,73 + 5,12 * \log_{10}(d/4,5); & \text{si } d > 4,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.44. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.45.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.46 y se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.47.

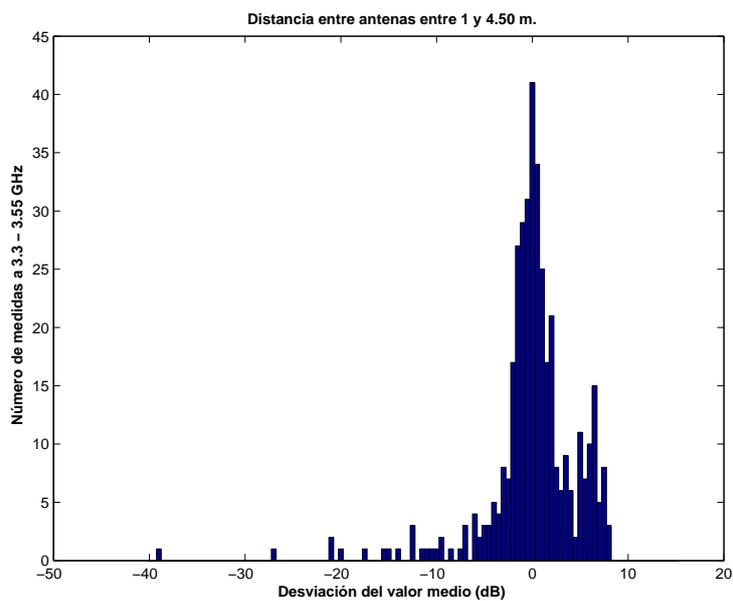


Figura 5.44: Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.

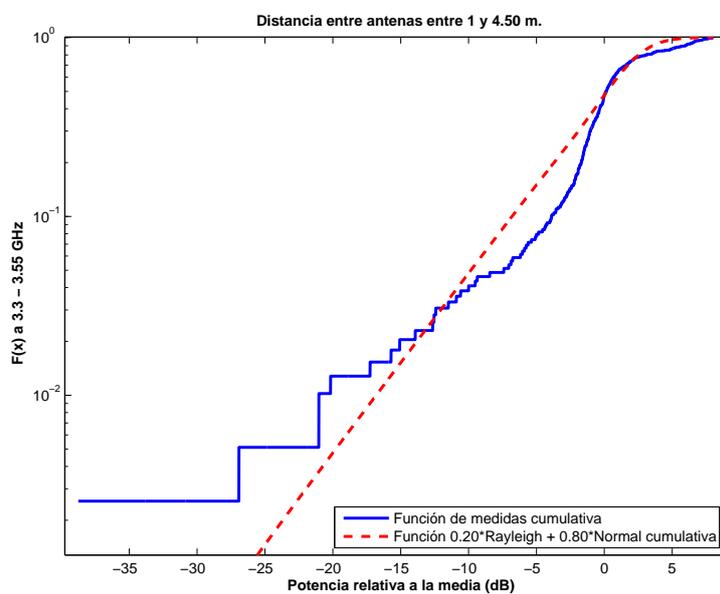


Figura 5.45: CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.

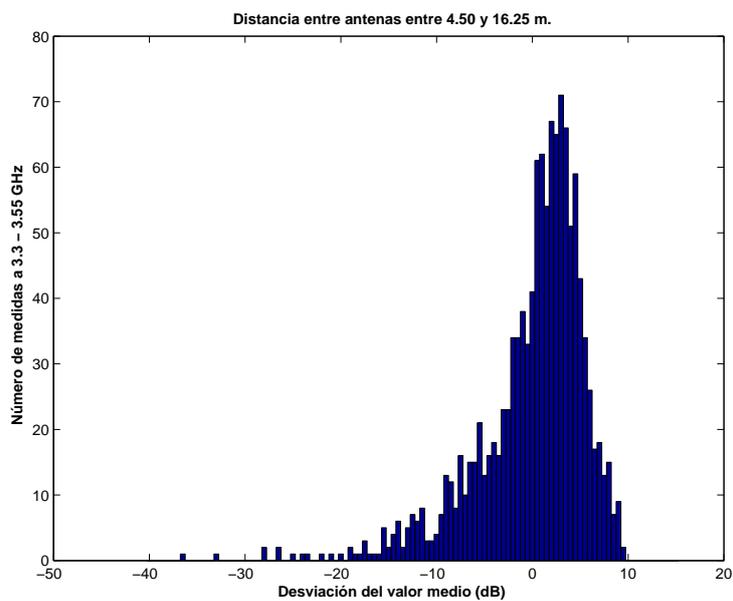


Figura 5.46: Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

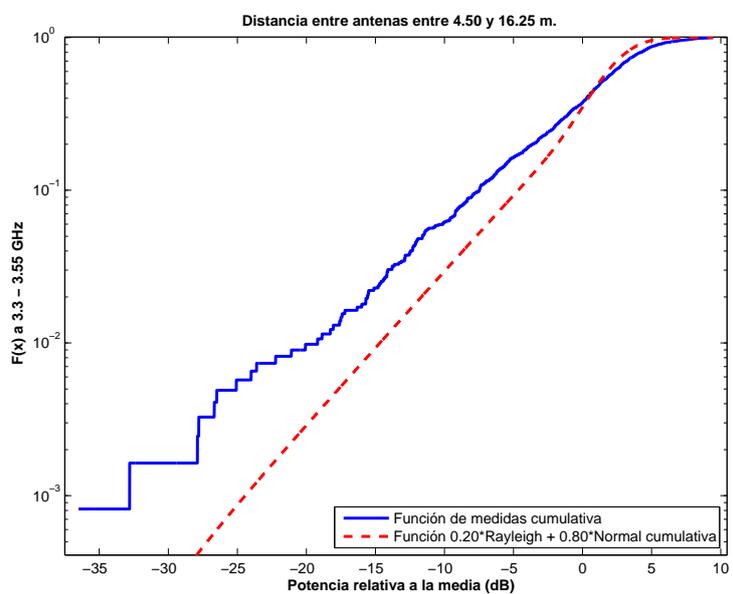


Figura 5.47: CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.48 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero muestra un ligero aumento del exponente de propagación, provocando ligeras mayores pérdidas que las pérdidas de propagación en el espacio libre y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido al modo de propagación por guía de onda, por encontrarnos en un pasillo muy estrecho. El comportamiento es muy similar al visto en la Figura 5.43.

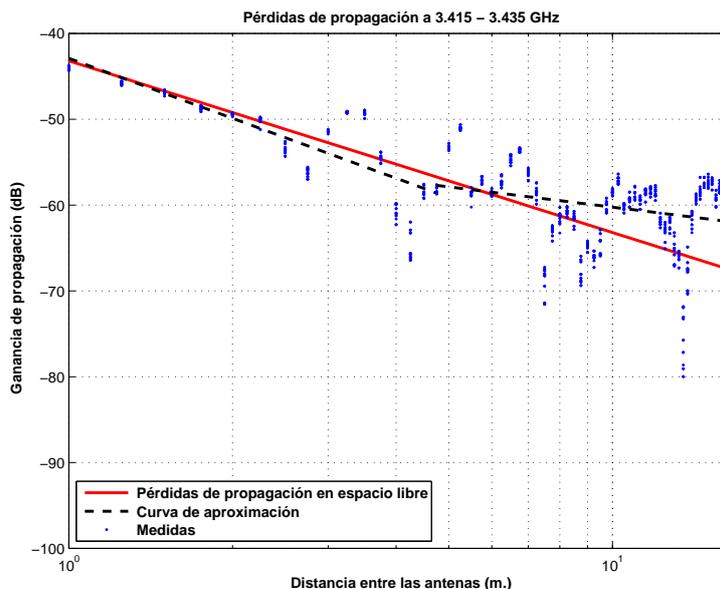


Figura 5.48: Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 42,91 + 23,20 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,75 \text{ m.} \\ 57,71 + 7,84 * \log_{10}(d/4,75); & \text{si } d > 4,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.49. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.50.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.51 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.52.

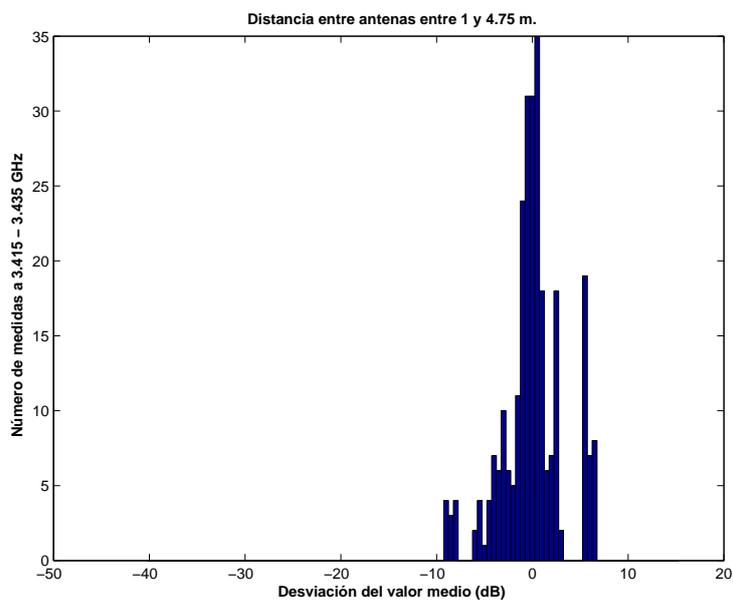


Figura 5.49: Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.75 m de distancia entre antenas.

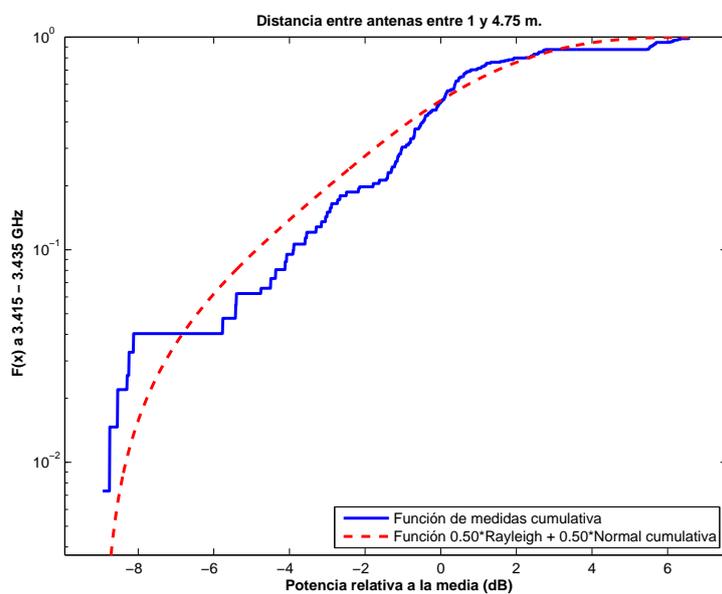


Figura 5.50: CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.75 m de distancia entre antenas.

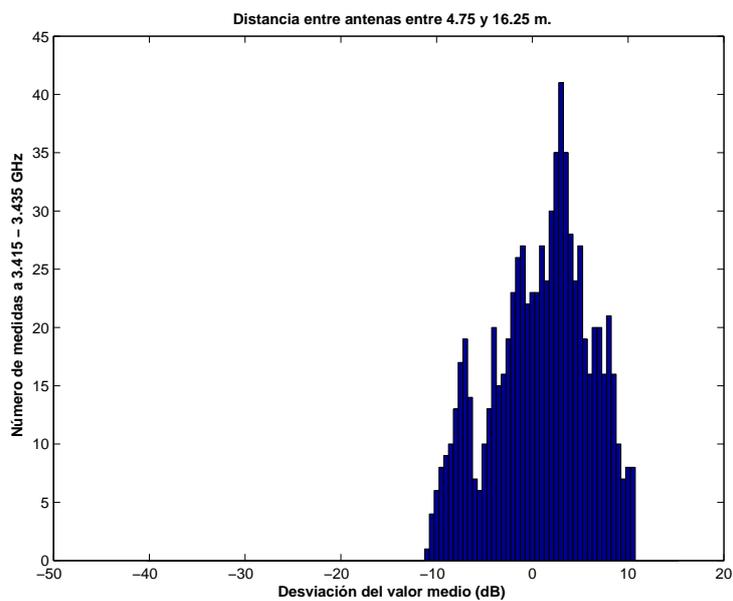


Figura 5.51: Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.

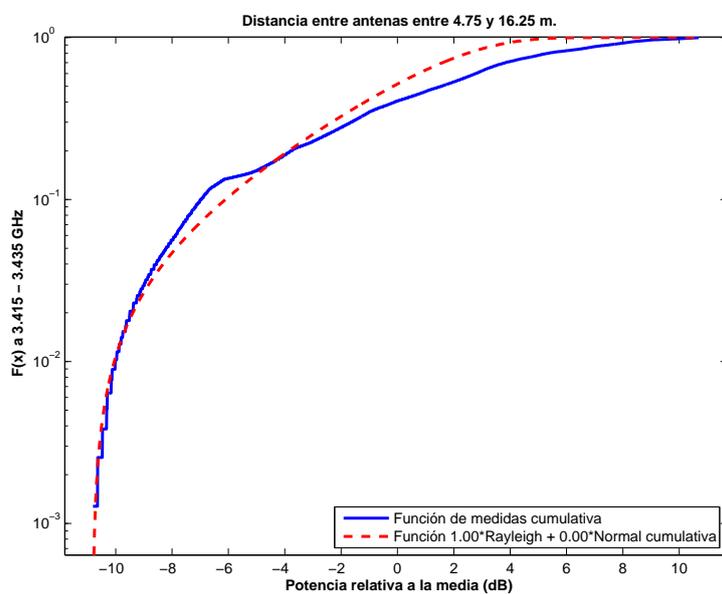


Figura 5.52: CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.53 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por una paralela a las pérdidas de propagación en el espacio libre, debidas a los 3db de pérdidas que introduce el polarizador, y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido al modo de propagación por guía de onda, por encontrarnos en un pasillo muy estrecho. Este caso es peor que el de la Figura 5.13, aunque tienden a igualarse en el máximo de la distancia medida.

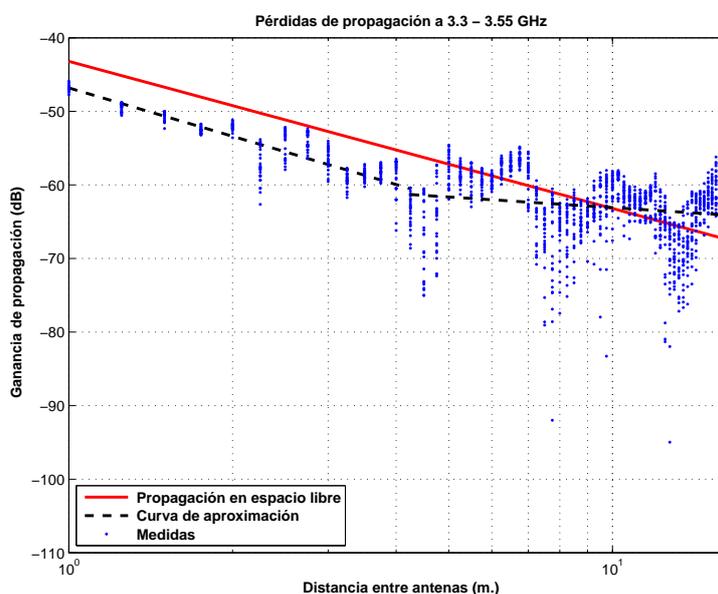


Figura 5.53: Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 46,82 + 21,81 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,25 \text{ m.} \\ 61,30 + 4,79 * \log_{10}(d/4,25); & \text{si } d > 4,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.54. Dicha desviación se ajusta a una distribución Rayleigh, Figura 5.55.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.56 y se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.57.

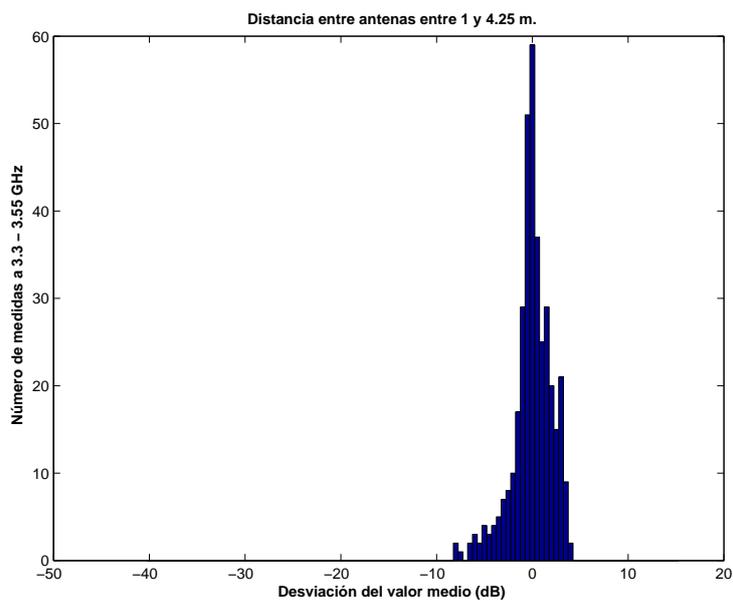


Figura 5.54: Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.

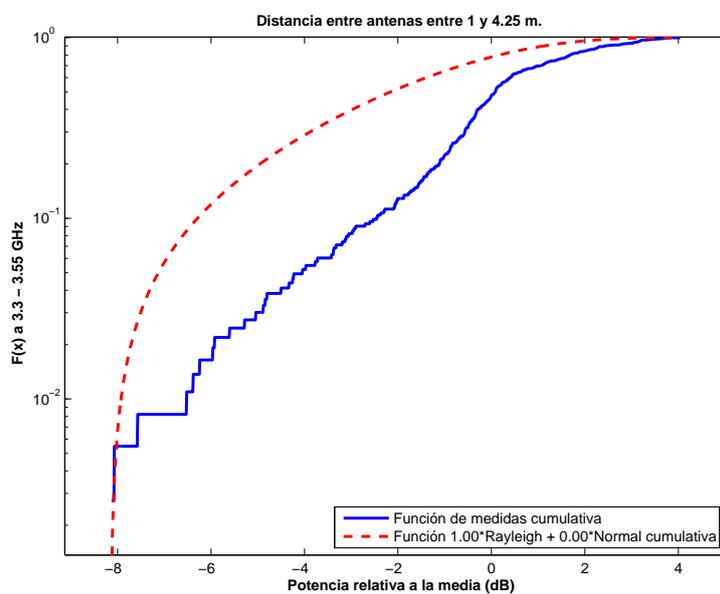


Figura 5.55: CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.

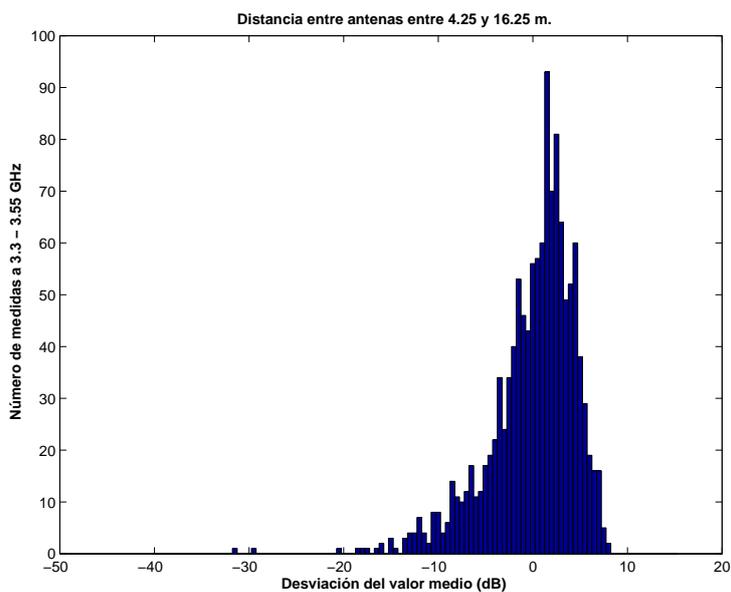


Figura 5.56: Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

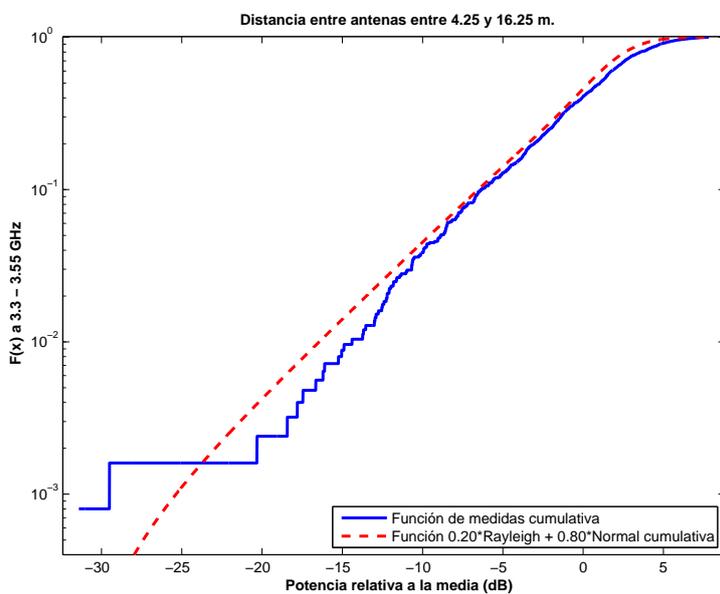


Figura 5.57: CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.58 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero muestra un pequeño aumento del exponente de propagación, más una pérdida de 3db introducida por el polarizador, con respecto a las pérdidas de propagación en el espacio libre y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido al modo de propagación por guía de onda, por encontrarnos en un pasillo muy estrecho. Este caso tiene más pérdidas que el caso de la Figura 5.18.

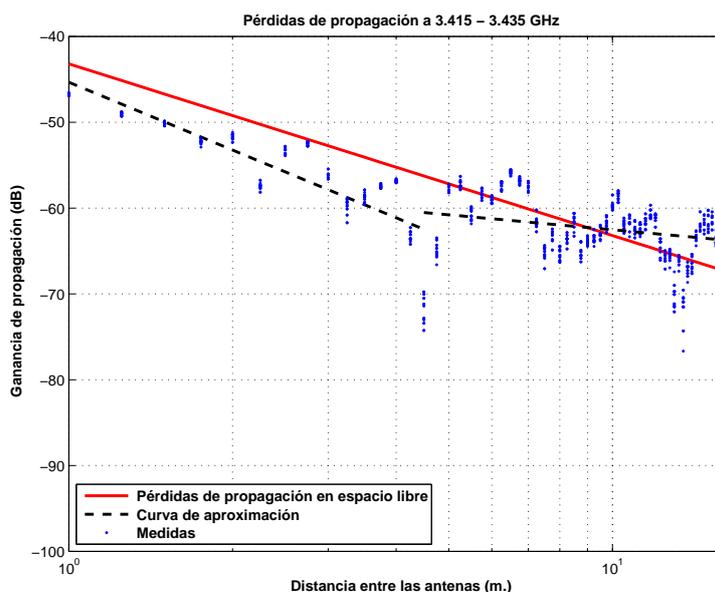


Figura 5.58: Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 45,34 + 26,22 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,5 \text{ m.} \\ 60,52 + 5,80 * \log_{10}(d/4,5); & \text{si } d > 4,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.59. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.60.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.61 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.62.

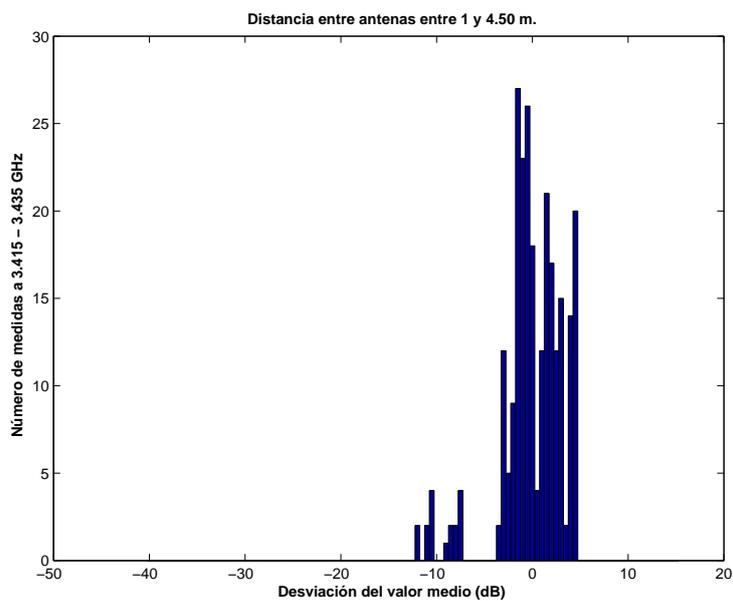


Figura 5.59: Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.

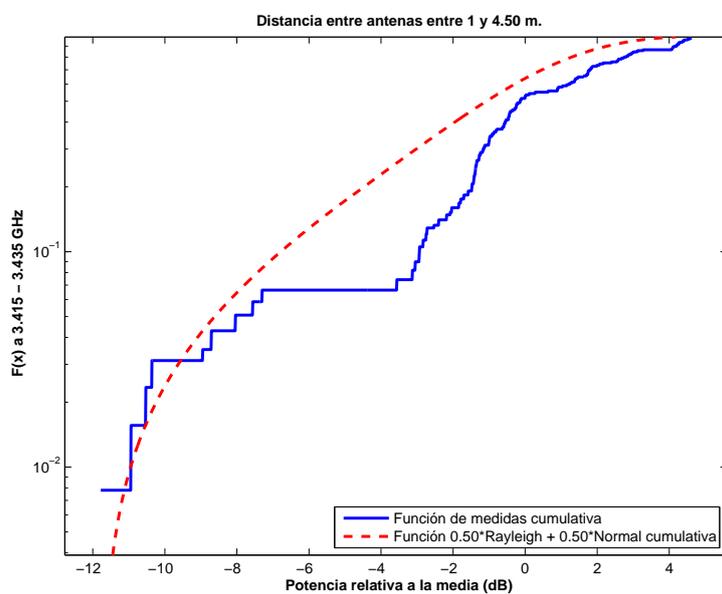


Figura 5.60: CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.

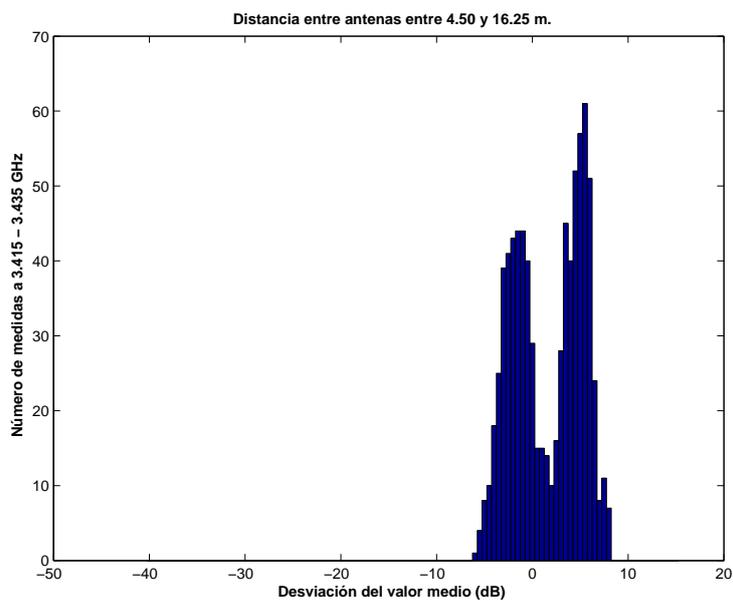


Figura 5.61: Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

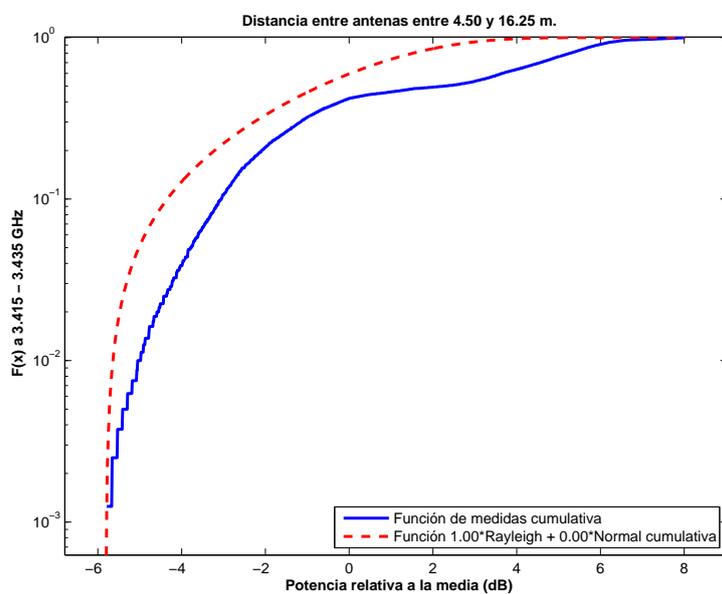


Figura 5.62: CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.63 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 7 m. Este caso es menos favorable que el de la Figura 5.23.

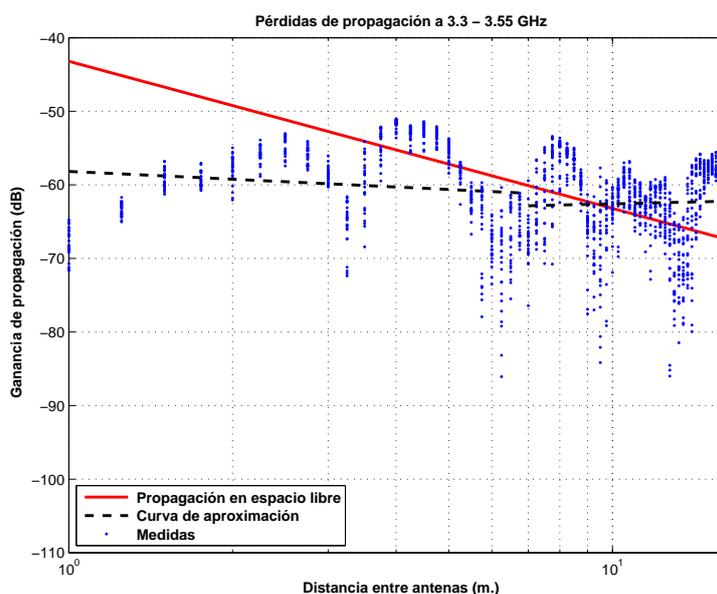


Figura 5.63: Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,17 + 3,51 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7 \text{ m.} \\ 62,84 + (-1,70) * \log_{10}(d/7); & \text{si } d > 7 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.64. Dicha desviación se ajusta a una distribución Rayleigh, Figura 5.65.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.66. Dicha desviación se ajusta a una distribución Rayleigh, Figura 5.67.

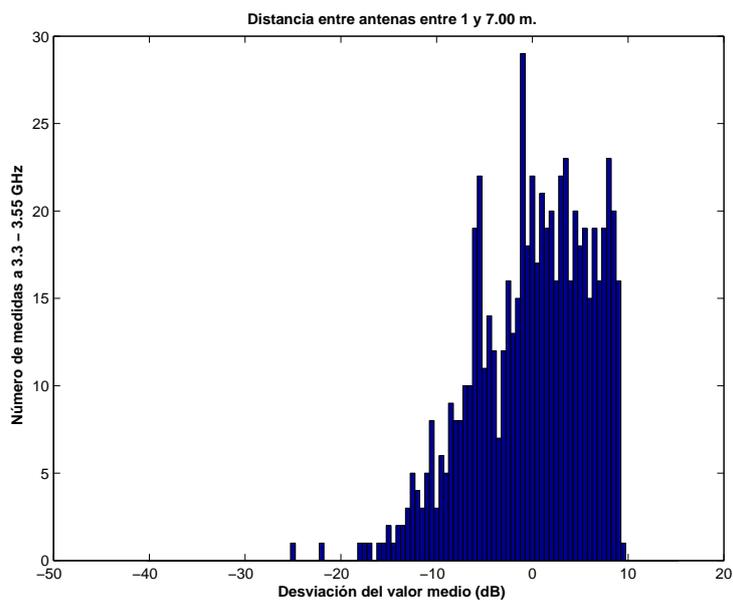


Figura 5.64: Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

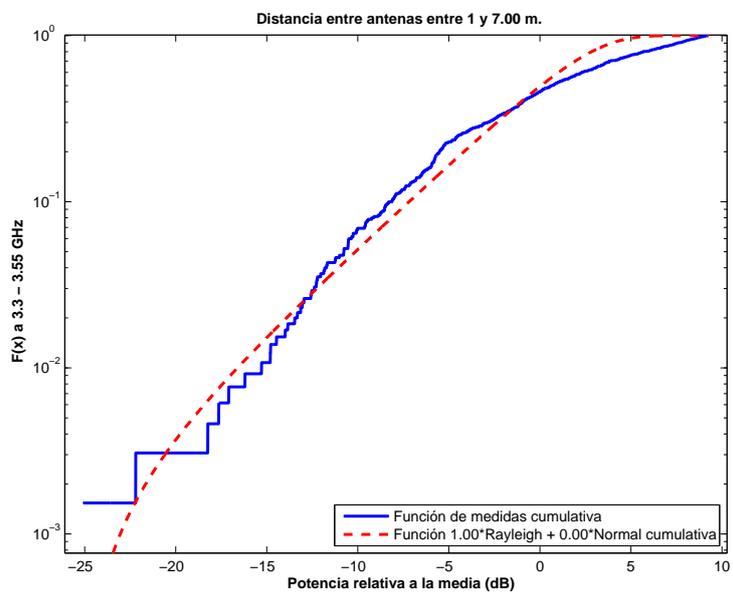


Figura 5.65: CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

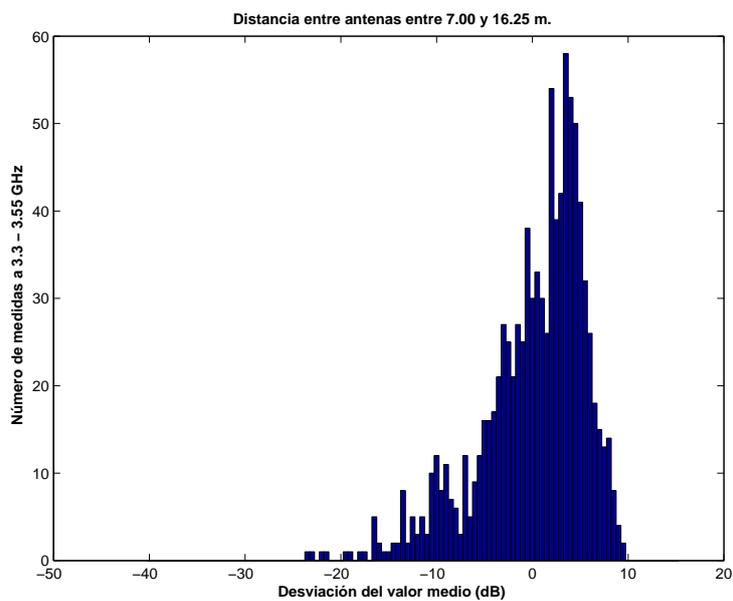


Figura 5.66: Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

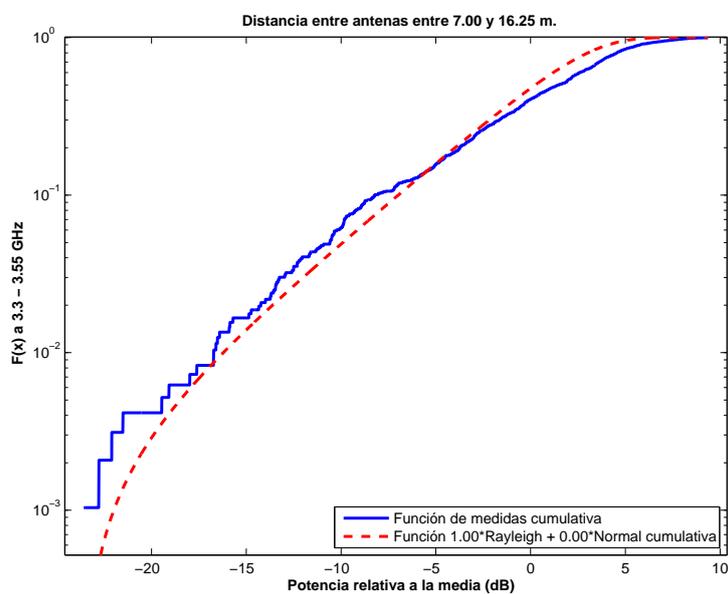


Figura 5.67: CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.68 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz de frecuencia, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 7 m. Este caso es menos favorable que el de la Figura 5.28 y muy similar al de la Figura 5.63.

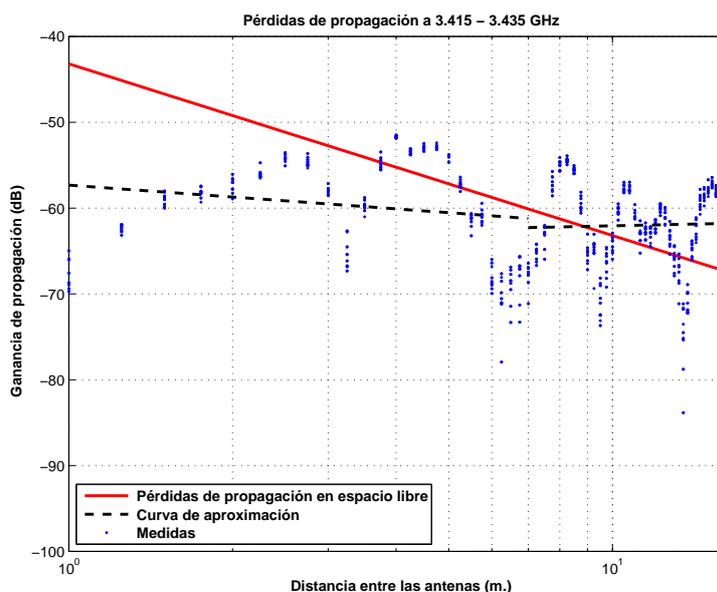


Figura 5.68: Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 57,33 + 4,60 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7 \text{ m.} \\ 62,27 + (-1,33) * \log_{10}(d/7); & \text{si } d > 7 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.69. Dicha desviación se ajusta a una distribución Rayleigh, Figura 5.70.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.71. Dicha desviación se ajusta a una distribución Rayleigh, Figura 5.72.

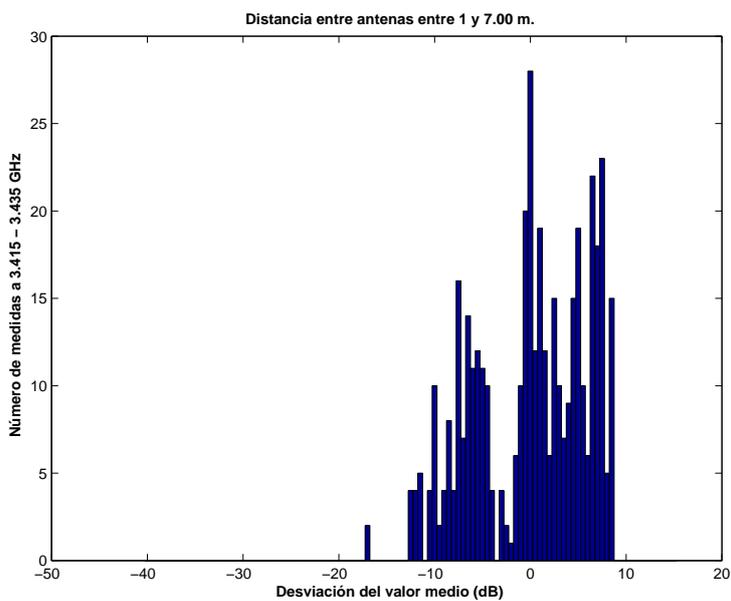


Figura 5.69: Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

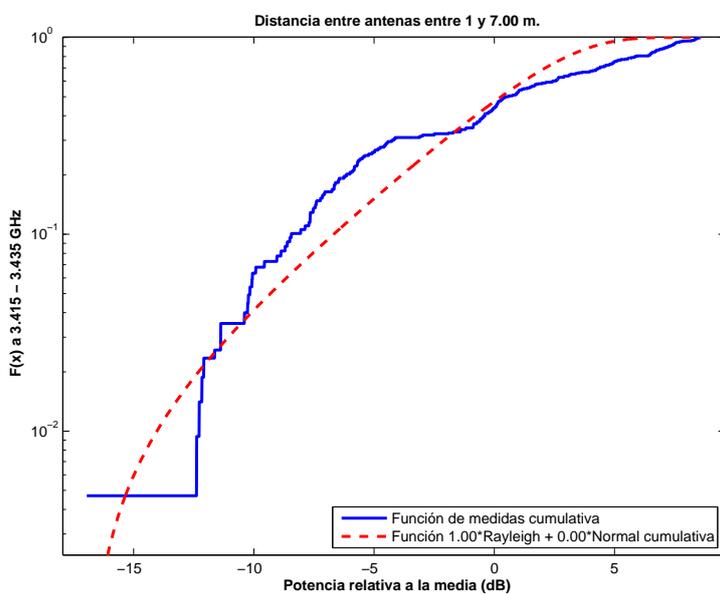


Figura 5.70: CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

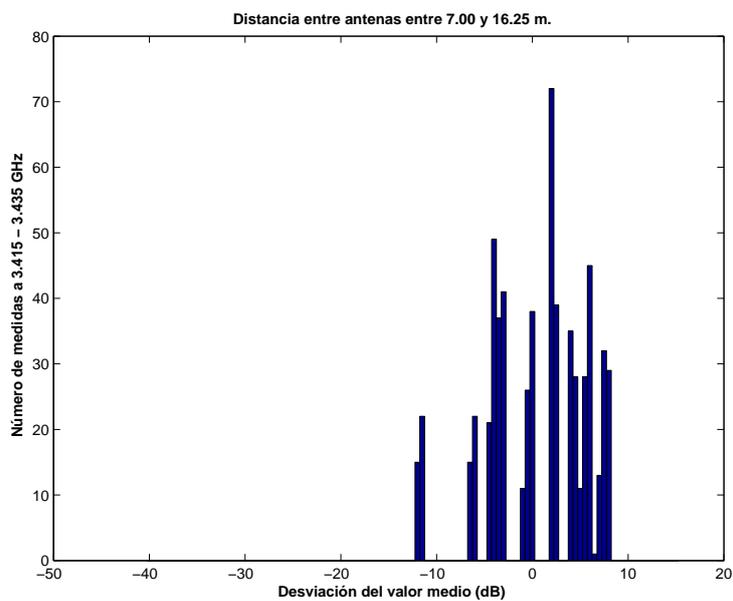


Figura 5.71: Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

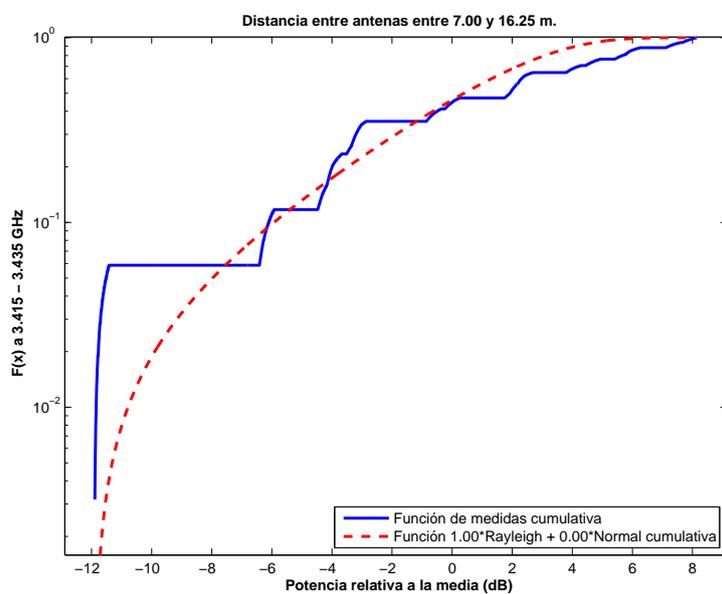


Figura 5.72: CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.73 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 6 m. Este caso, el primer tramo muy similar y el segundo es menos favorable que el de la Figura 5.63, sobre todo en la zona de más distancia entre las antenas, con una diferencia de 3 dB introducidos por el polarizador.

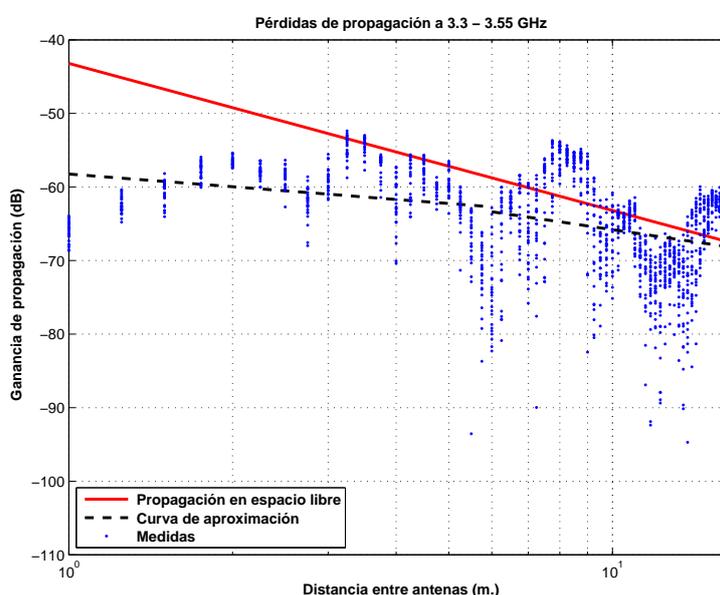


Figura 5.73: Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,25 + 5,73 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6 \text{ m.} \\ 63,37 + 10,97 * \log_{10}(d/6); & \text{si } d > 6 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.74. Dicha desviación se ajusta a una distribución Rayleigh, Figura 5.75.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.76. Dicha desviación se ajusta a una distribución Rayleigh, Figura 5.77.

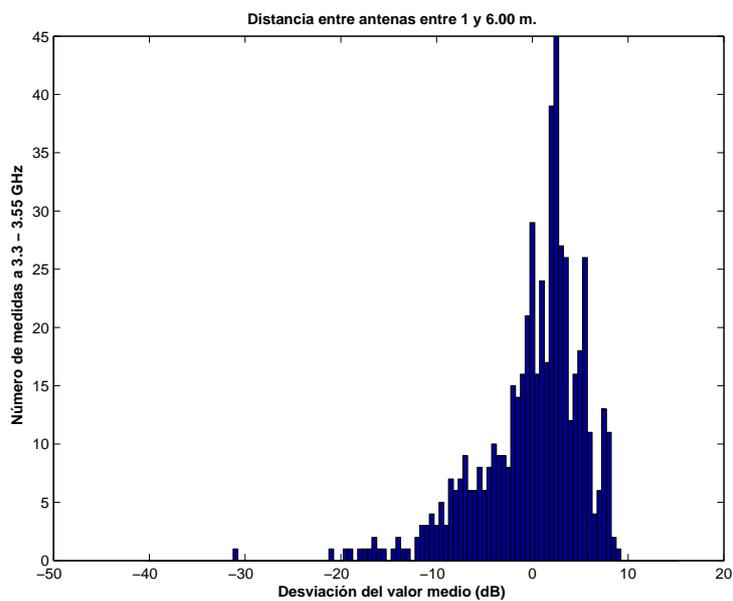


Figura 5.74: Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6 m. de distancia entre antenas.

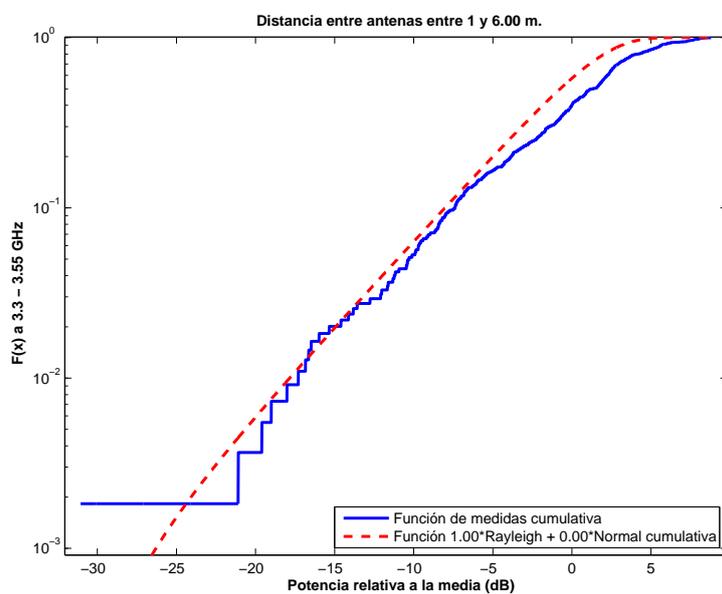


Figura 5.75: CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6 m. de distancia entre antenas.

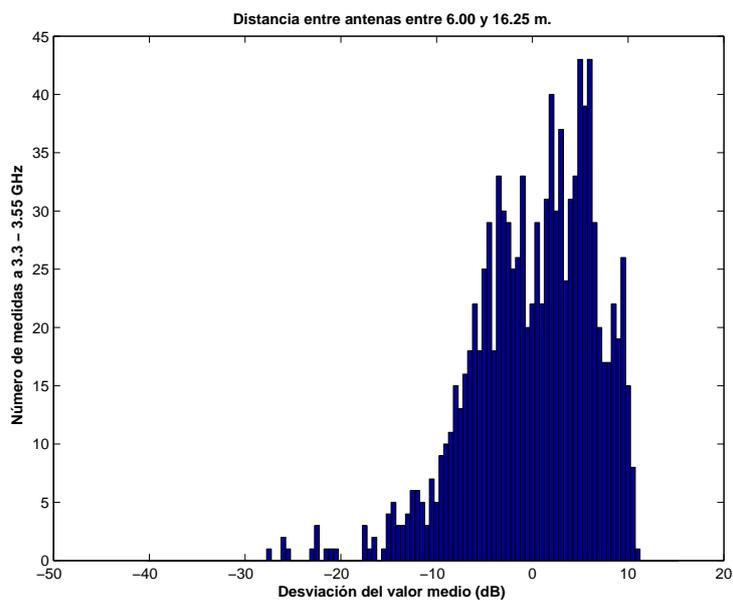


Figura 5.76: Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

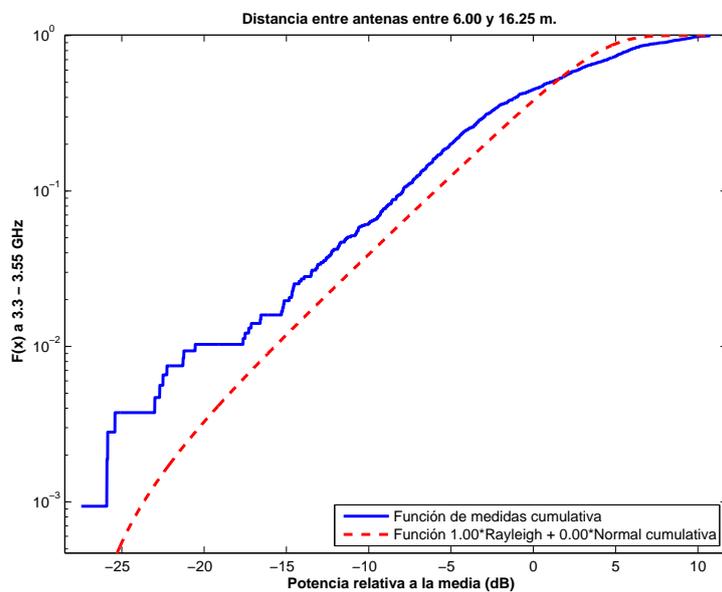


Figura 5.77: CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.78 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz de frecuencia, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 6 m. Este caso el primer tramo es paralelo con 3 dB de diferencia aproximadamente Figura 5.68, mientras que el segundo tramo experimenta unas mayores pérdidas no justificadas por la incorporación del polarizador.

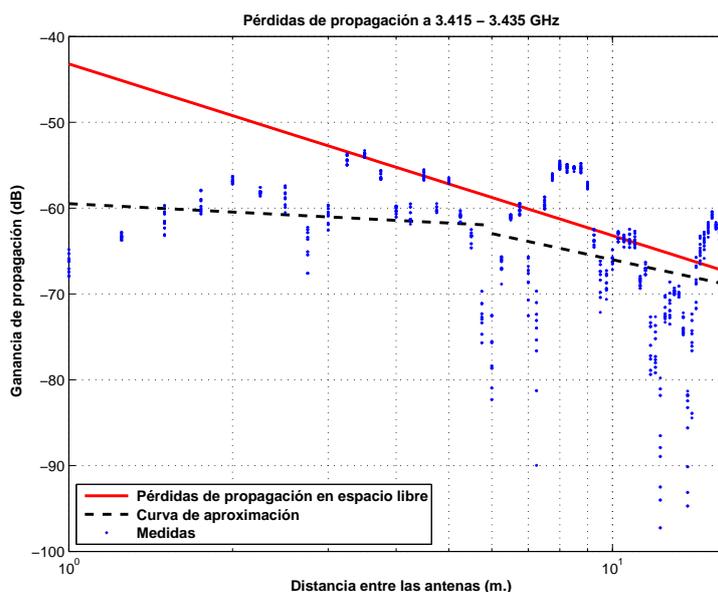


Figura 5.78: Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{p\text{medio}}(dB) = \begin{cases} 59,49 + 3,22 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6 \text{ m.} \\ 62,97 + 13,74 * \log_{10}(d/6); & \text{si } d > 6 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.79. Dicha desviación se ajusta a una distribución Rayleigh, Figura 5.80.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.81. Dicha desviación se ajusta a una distribución Rayleigh, Figura 5.82.

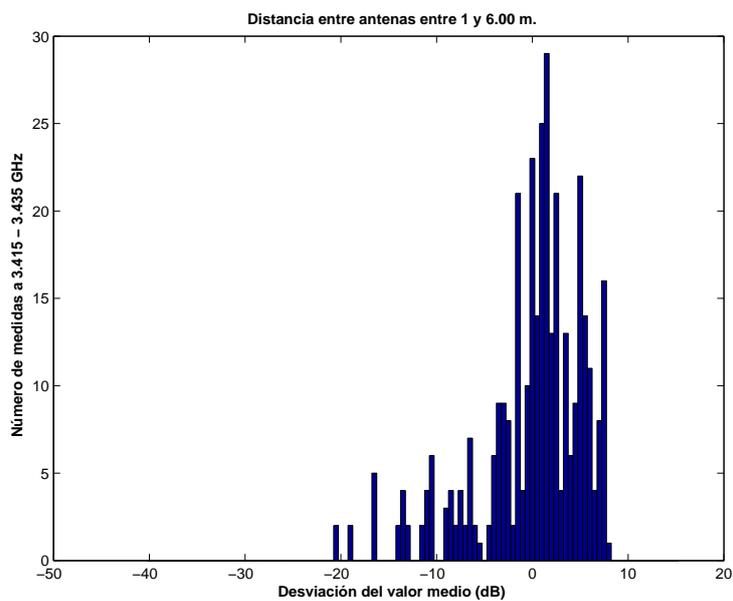


Figura 5.79: Histograma 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6 m. de distancia entre antenas.

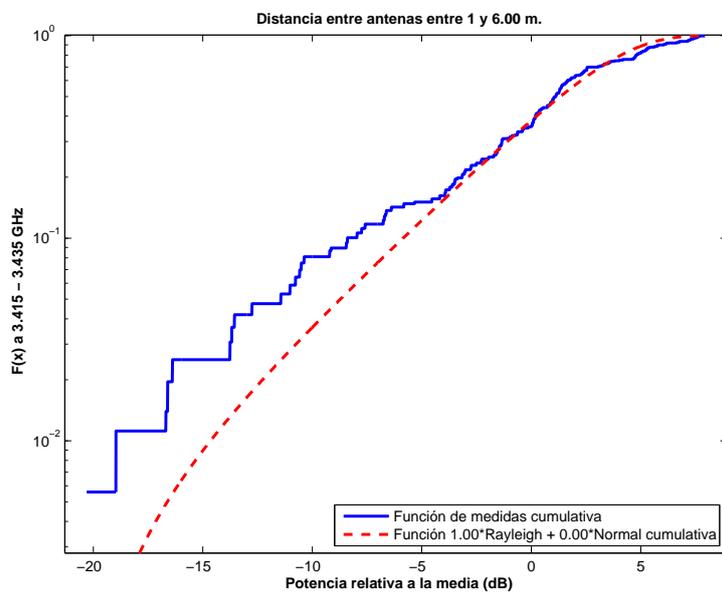


Figura 5.80: CDF 1 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6 m. de distancia entre antenas.

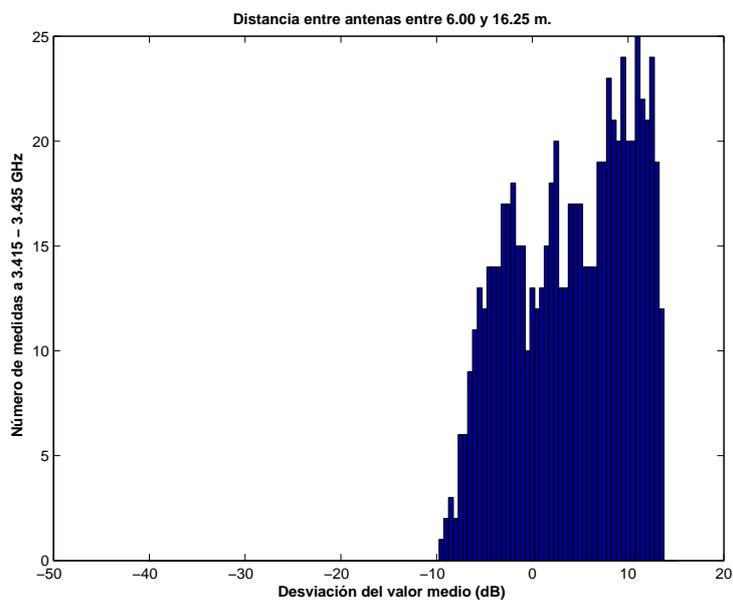


Figura 5.81: Histograma 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

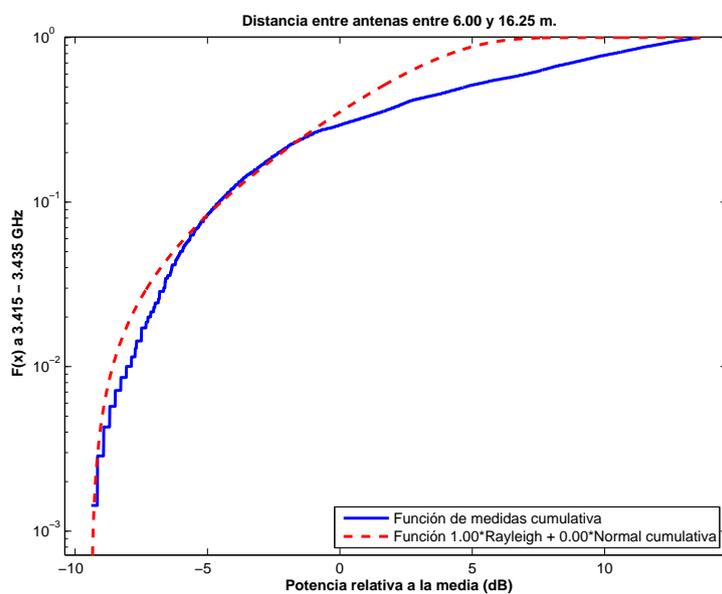


Figura 5.82: CDF 2 del Pasillo de 1.20 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

5.1.2. Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas)



Figura 5.83: Plano del pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), edificio B



Figura 5.84: Foto del pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), edificio B

Distancia máxima del enlace: 16.75 m.

Entorno: Pasillo de 2 m. de ancho, a 1 m. de las puertas y 1 m. de la pared, zona central, cerca de los ascensores, del pasillo de la planta 4^a del edificio B.

Altura de las antenas: La altura de la antena receptora, la del elemento simple, siempre es de 1.40 m., mientras que la altura de la antena transmisora puede ser de 1.40 m. o de 2.50 m. indicado según el caso.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 3.3 a 3.55 GHz y un canal de 20 MHz, de 3.415 a 3.435 GHz

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.85 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre y el segundo muestra una disminución relativamente drástica en el exponente de propagación debido al modo de propagación por guía de onda, por encontrarnos en un pasillo estrecho.

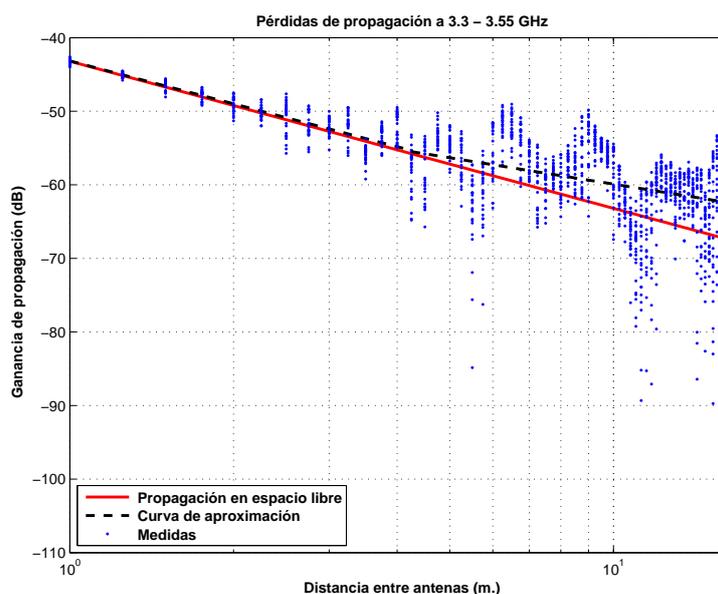


Figura 5.85: Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 43,16 + 19,37 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,25 \text{ m.} \\ 55,49 + 11,89 * \log_{10}(d/4,25); & \text{si } d > 4,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.86. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.87.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.88 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.89.

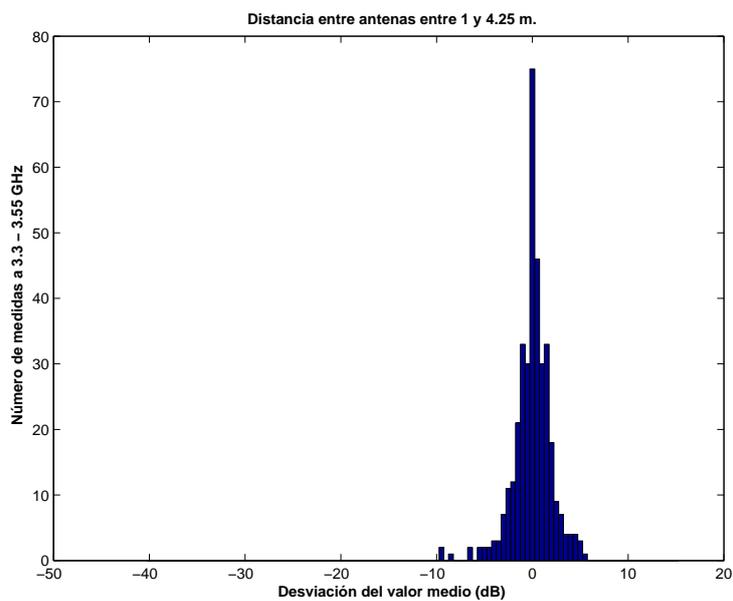


Figura 5.86: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.

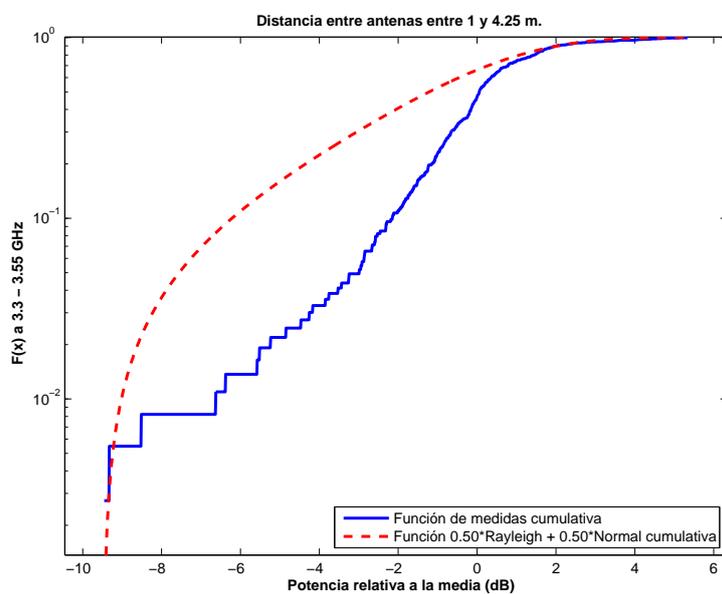


Figura 5.87: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.

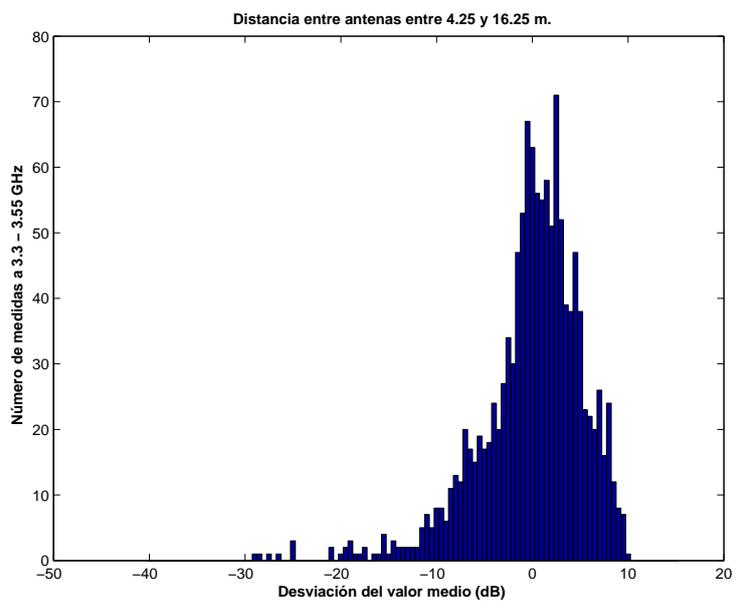


Figura 5.88: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

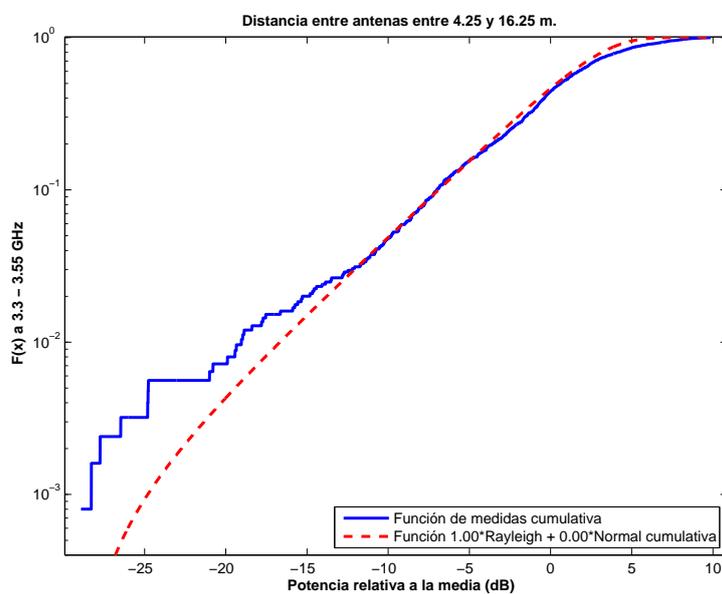


Figura 5.89: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.90 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido al modo de propagación por guía de onda, por encontrarnos en un pasillo estrecho.

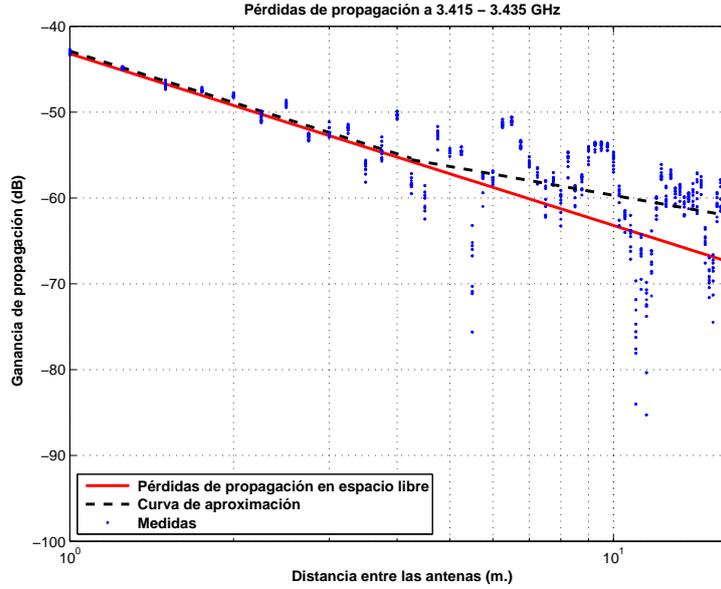


Figura 5.90: Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 42,89 + 19,87 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,25 \text{ m.} \\ 55,54 + 11,18 * \log_{10}(d/4,25); & \text{si } d > 4,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.91. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = -1$, Figura 5.92.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.93. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 1$, Figura 5.94.

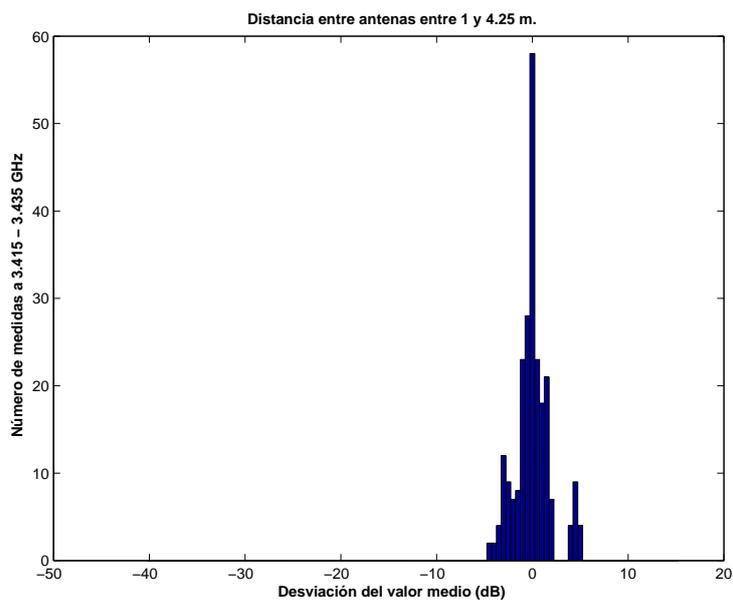


Figura 5.91: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.

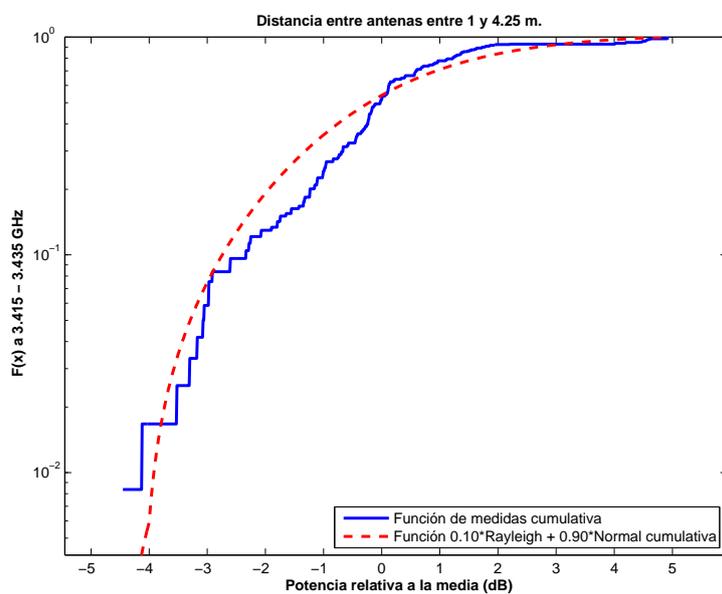


Figura 5.92: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.

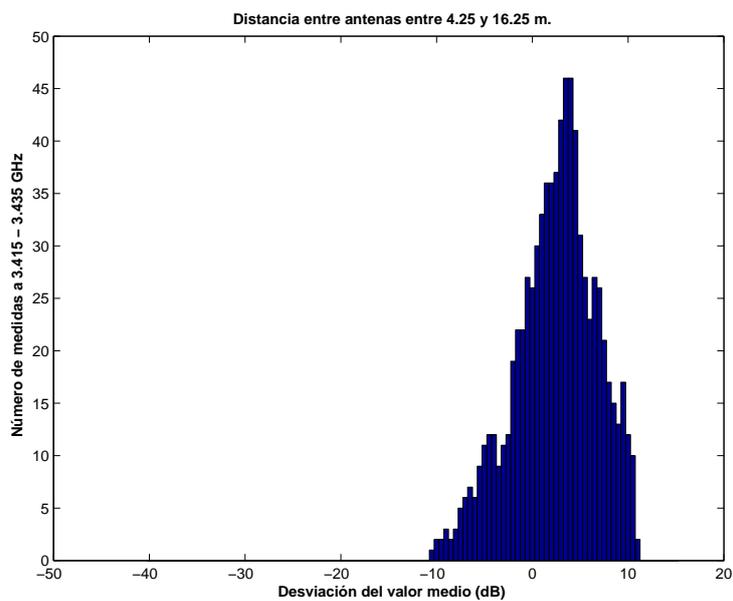


Figura 5.93: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

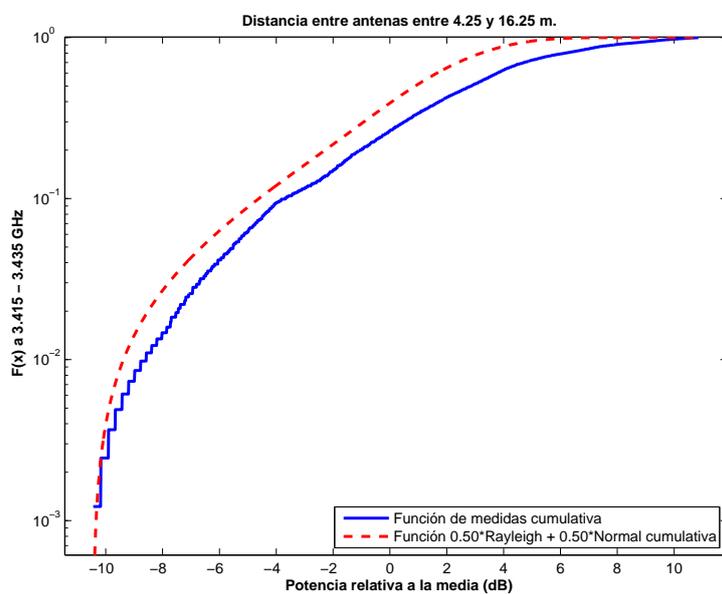


Figura 5.94: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.95 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por una paralela a las pérdidas de propagación en el espacio libre, debido a las pérdidas introducidas por el polarizador, y el segundo muestra una leve disminución en el exponente de propagación debido a que el pasillo es menos estrecho que en el caso 5.1.

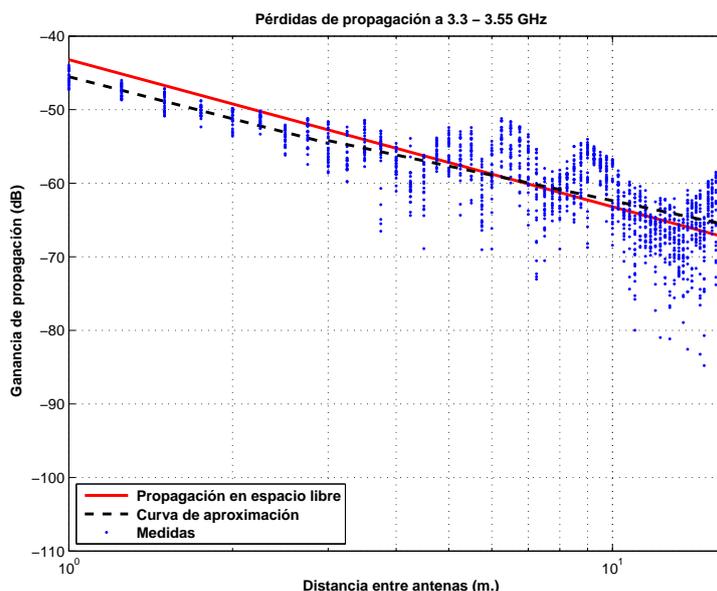


Figura 5.95: Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 45,52 + 18,98 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 3 \text{ m.} \\ 54,20 + 15,62 * \log_{10}(d/3); & \text{si } d > 3 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.96. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.97.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.98 y se puede ajustar con una combinación de 60 % Rayleigh y 40 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = -2$, Figura 5.99.

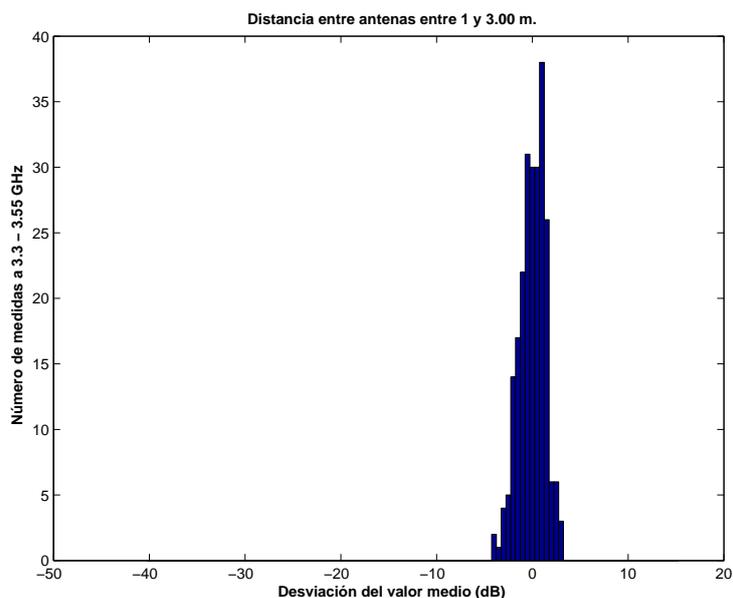


Figura 5.96: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m de distancia entre antenas.

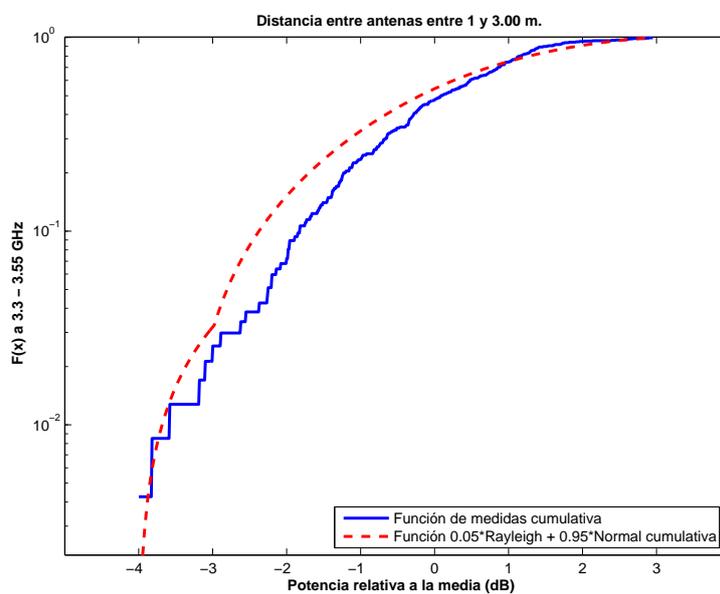


Figura 5.97: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m de distancia entre antenas.

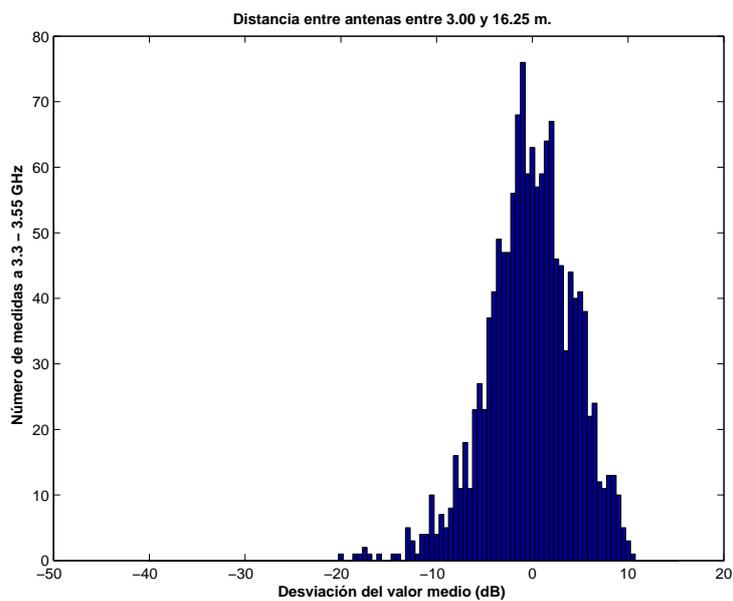


Figura 5.98: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 16.75 m de distancia entre antenas.

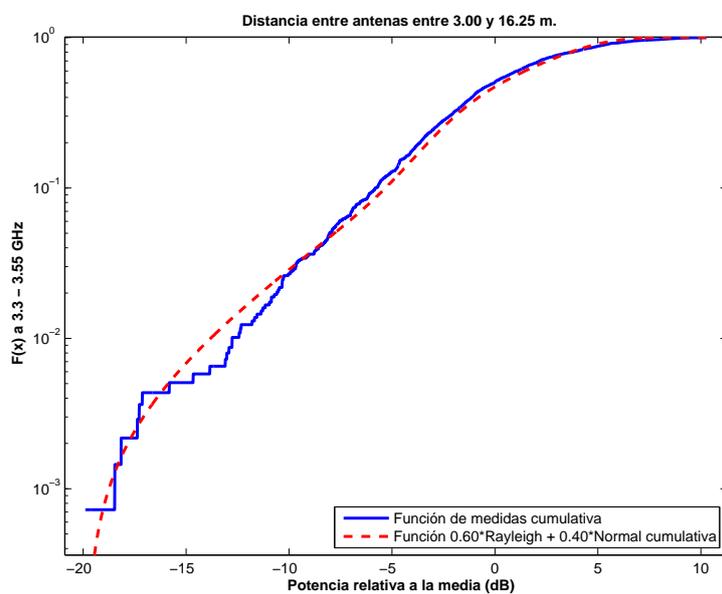


Figura 5.99: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 16.75 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.100 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por una paralela a las pérdidas de propagación en el espacio libre, debido a las pérdidas introducidas por el polarizador, y el segundo muestra una leve disminución en el exponente de propagación debido a que el pasillo es menos estrecho que en el caso 5.1.

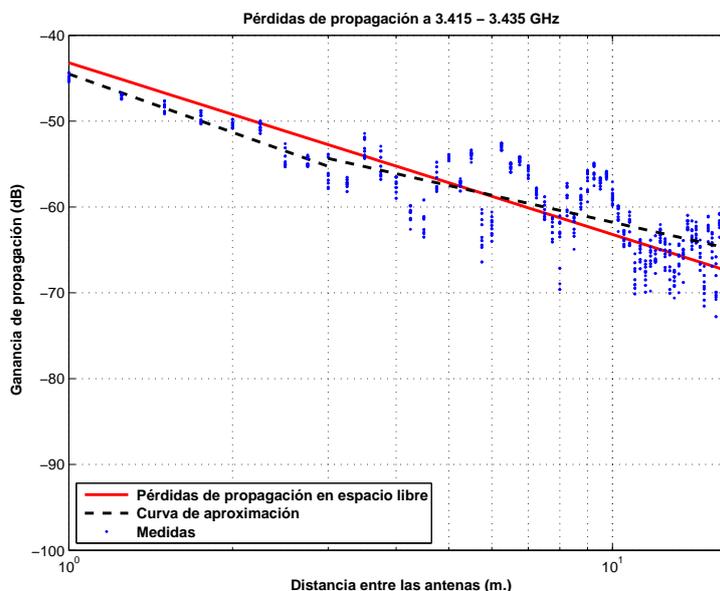


Figura 5.100: Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 44,51 + 22,55 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 3 \text{ m.} \\ 54,35 + 14,22 * \log_{10}(d/3); & \text{si } d > 3 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.101. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = -1$, Figura 5.102.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.103. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.104.

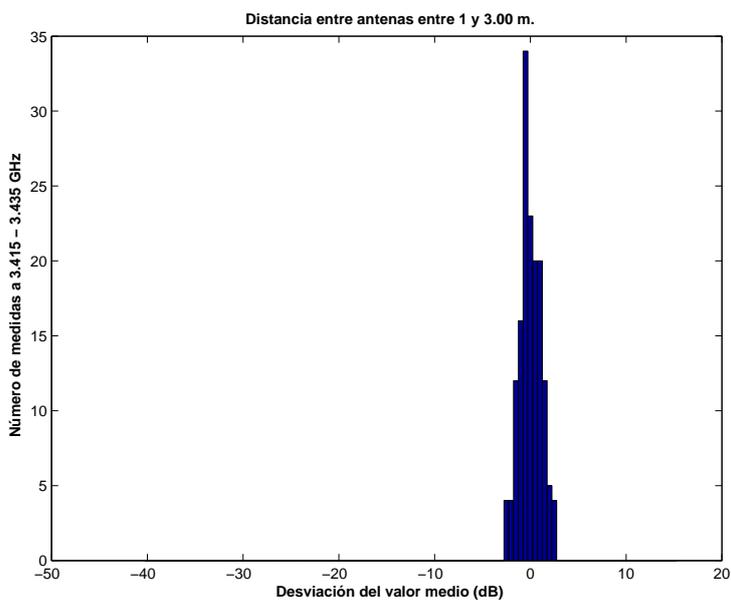


Figura 5.101: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m de distancia entre antenas.

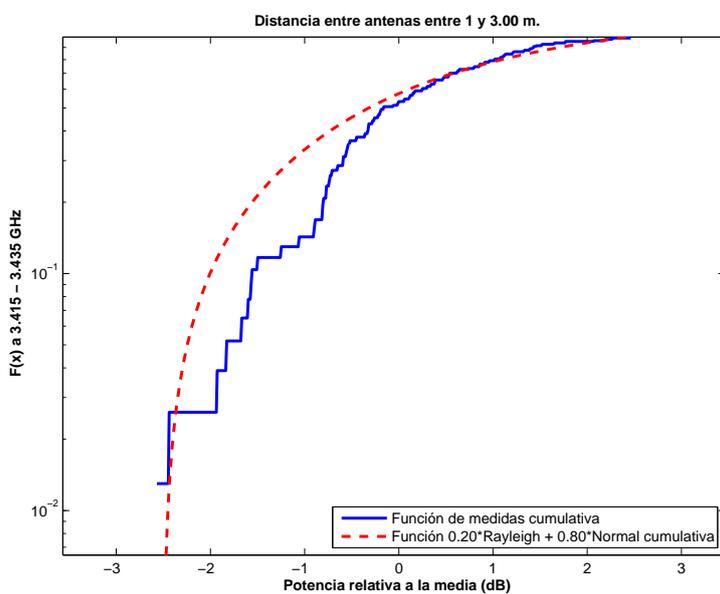


Figura 5.102: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m de distancia entre antenas.

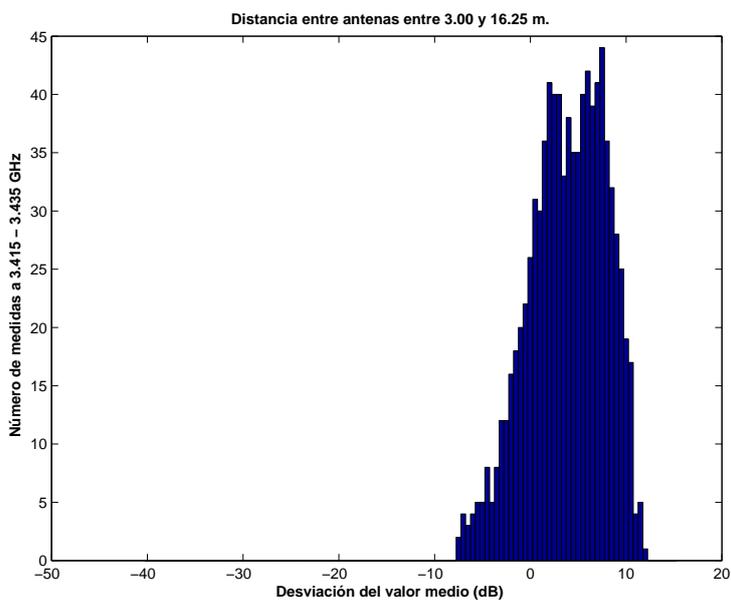


Figura 5.103: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 16.75 m de distancia entre antenas.

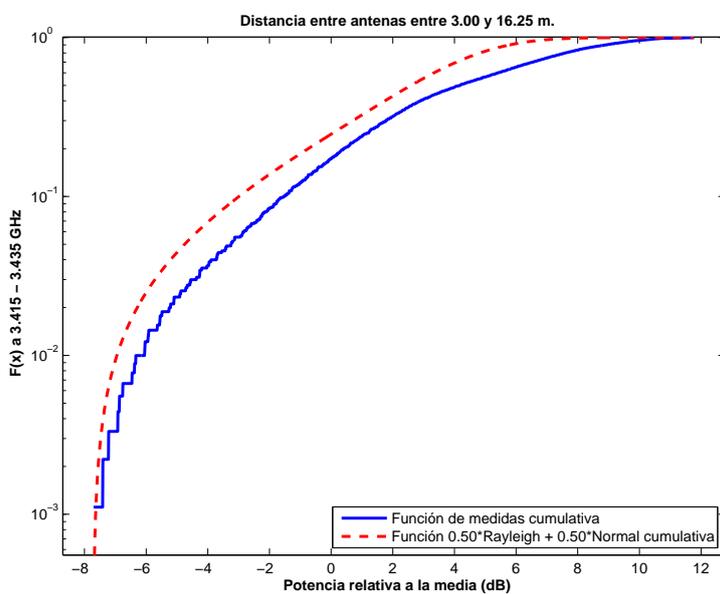


Figura 5.104: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 16.75 m de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.105 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 4 m. Este segundo tramo muestra una ligera pérdida mayor que el caso de la Figura 5.85.

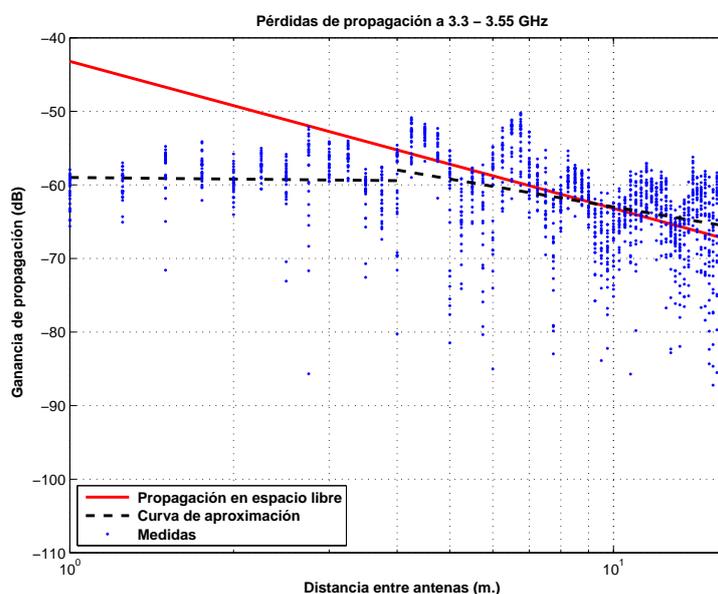


Figura 5.105: Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,99 + 0,71 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4 \text{ m.} \\ 57,98 + 12,59 * \log_{10}(d/4); & \text{si } d > 4 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.106. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 40 % Rayleigh y 60 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 3$, Figura 5.107.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.108 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.109.

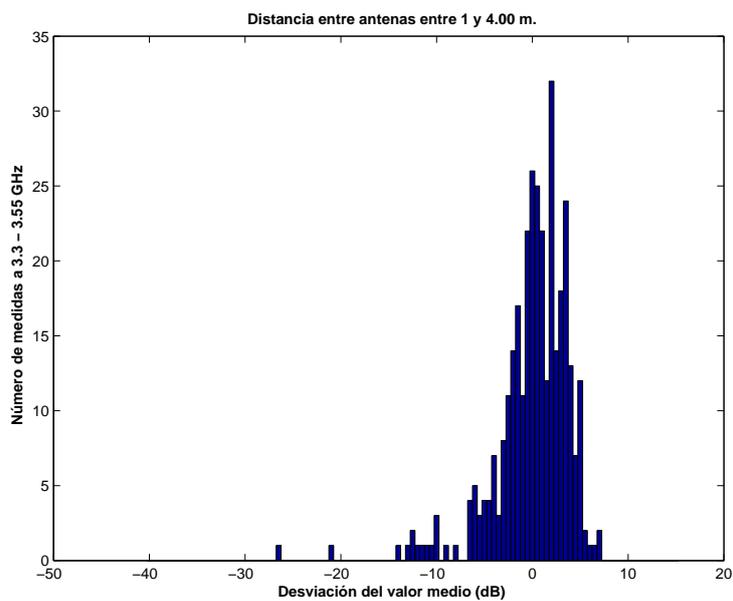


Figura 5.106: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4 m. de distancia entre antenas.

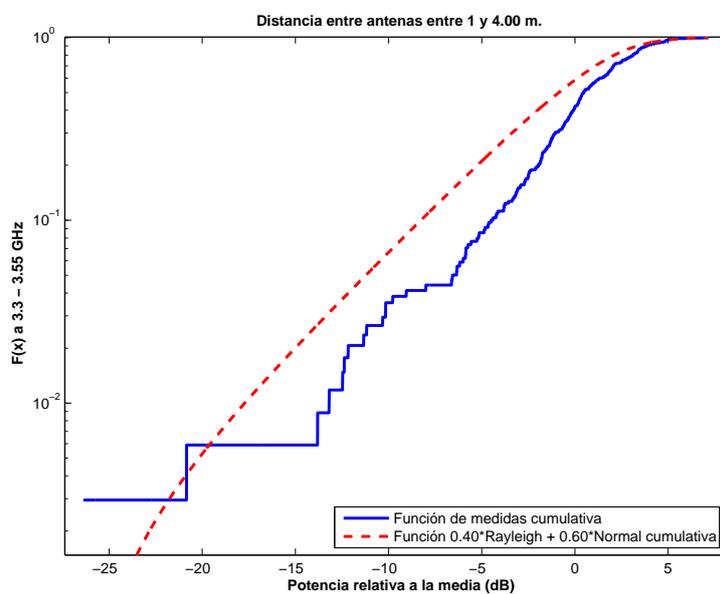


Figura 5.107: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4 m. de distancia entre antenas.

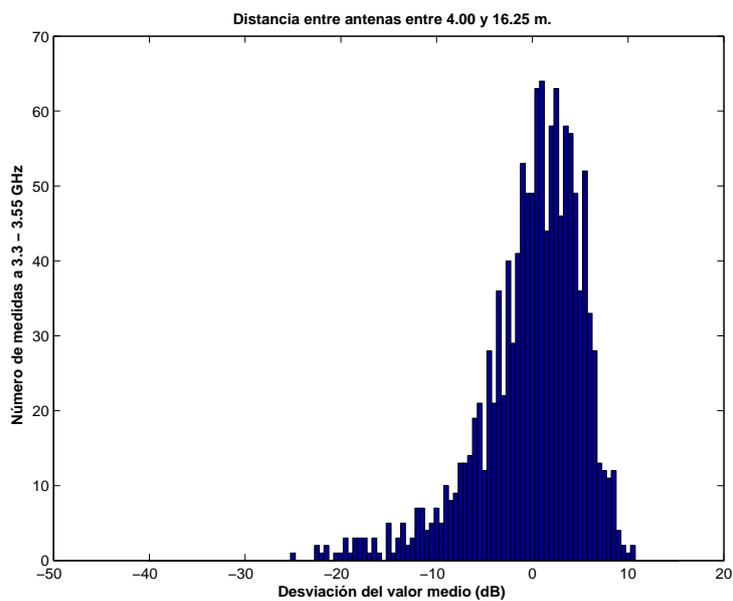


Figura 5.108: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

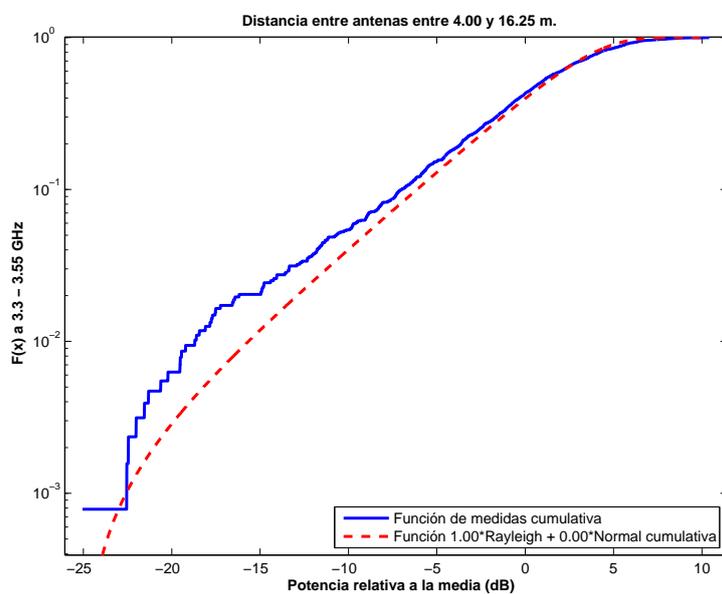


Figura 5.109: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.110 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 4 m. En este canal las pérdidas son prácticamente iguales a las pérdidas en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, Figura 5.105.

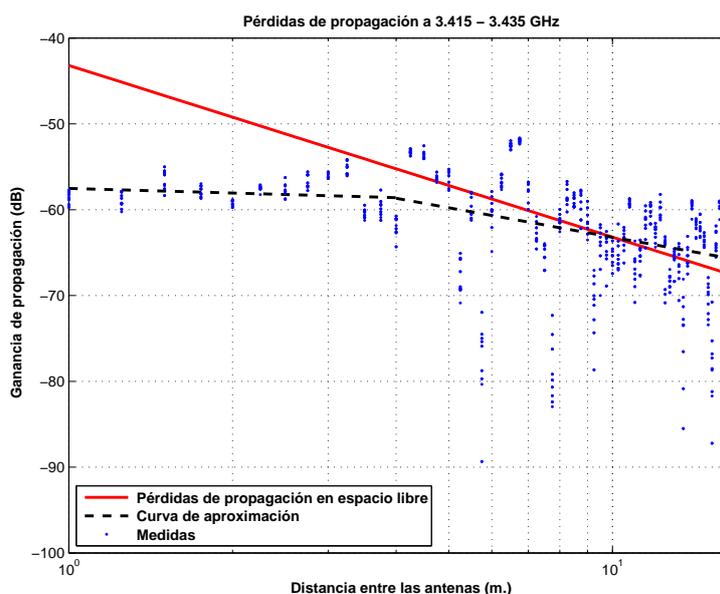


Figura 5.110: Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 57,52 + 1,79 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4 \text{ m.} \\ 58,67 + 11,41 * \log_{10}(d/4); & \text{si } d > 4 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.111. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.112.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.113 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.114.

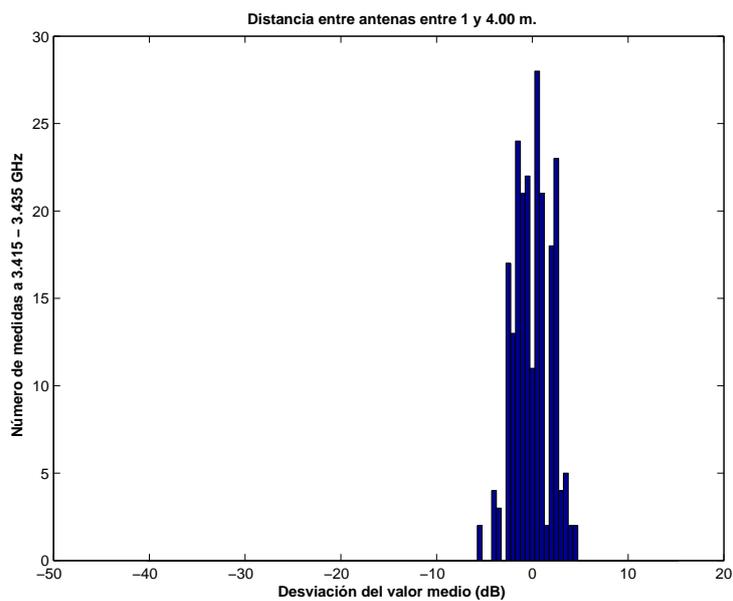


Figura 5.111: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4 m. de distancia entre antenas.

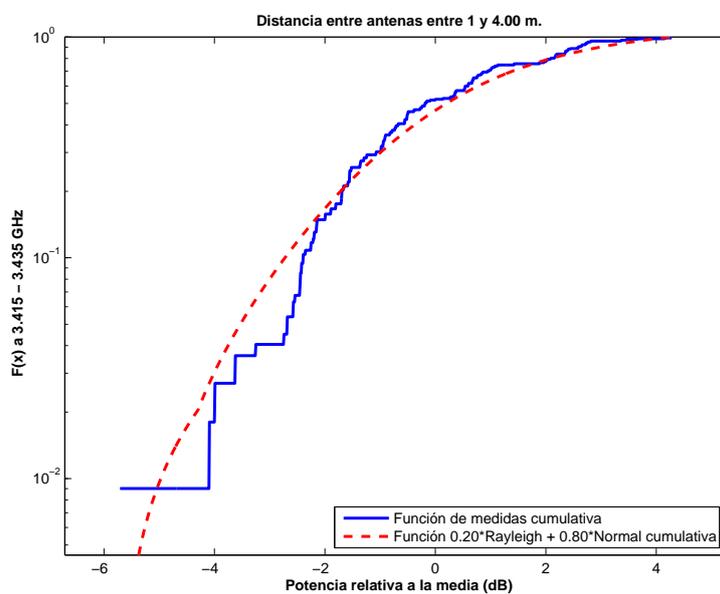


Figura 5.112: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4 m. de distancia entre antenas.

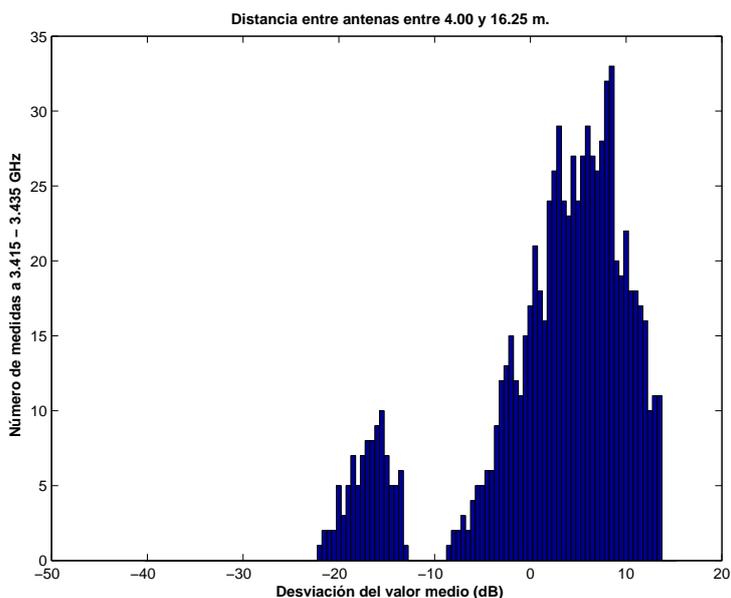


Figura 5.113: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

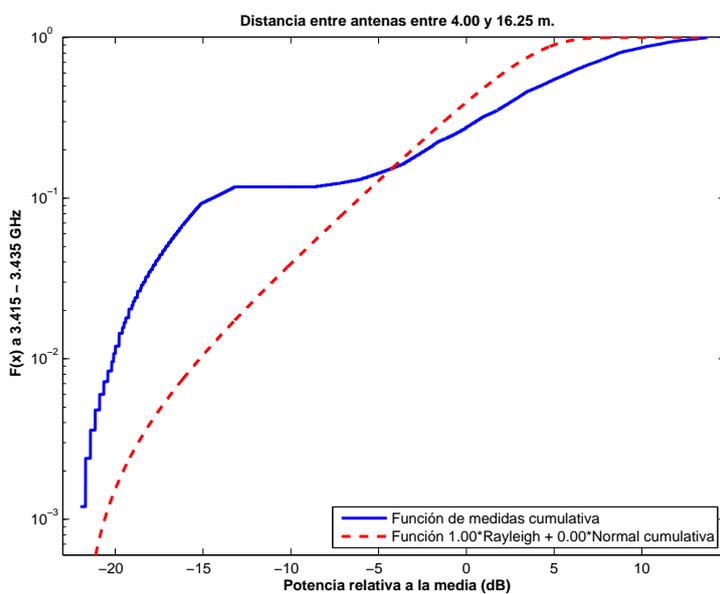


Figura 5.114: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.115 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 4.5 m. La diferencia con la Figura 5.105 es apenas despreciable, lo que lo convierte en una mejoría, debido a que tiene implícitas unas pérdidas de 3dB introducidas por el polarizador.

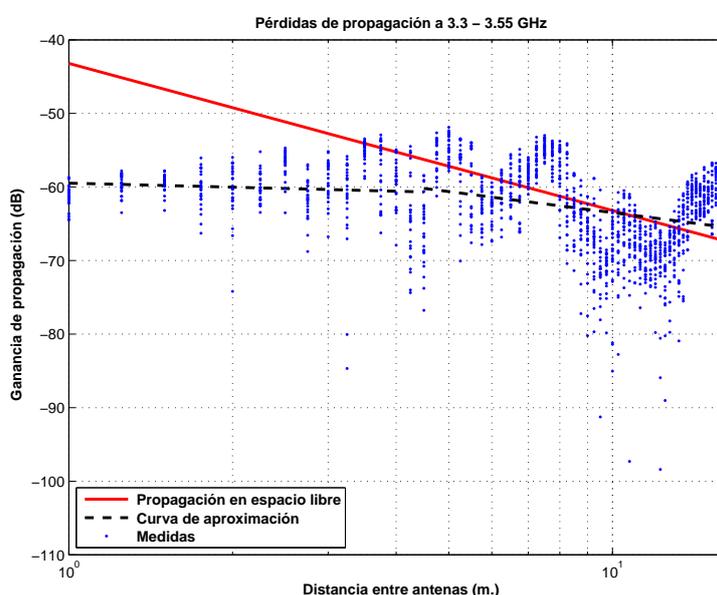


Figura 5.115: Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 59,47 + 1,83 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,5 \text{ m.} \\ 60,19 + 9,50 * \log_{10}(d/4,5); & \text{si } d > 4,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.116. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 25 % Rayleigh y 75 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.117.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.118 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.119.

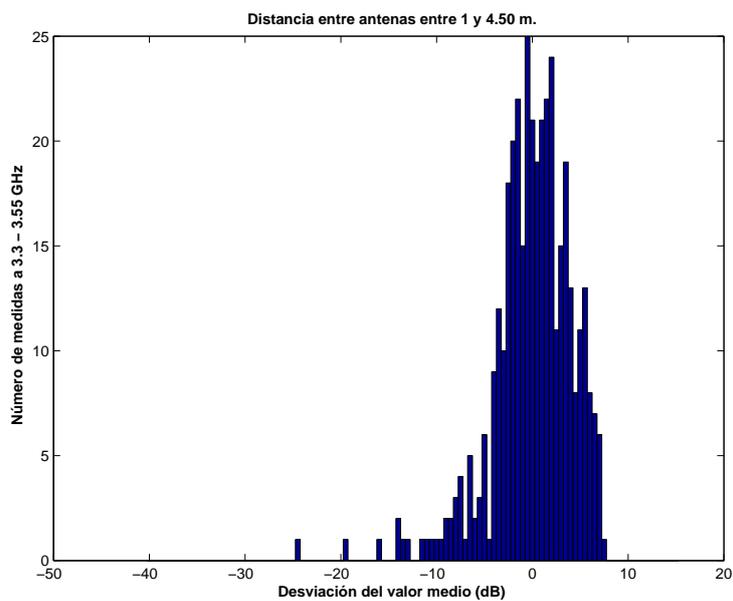


Figura 5.116: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.

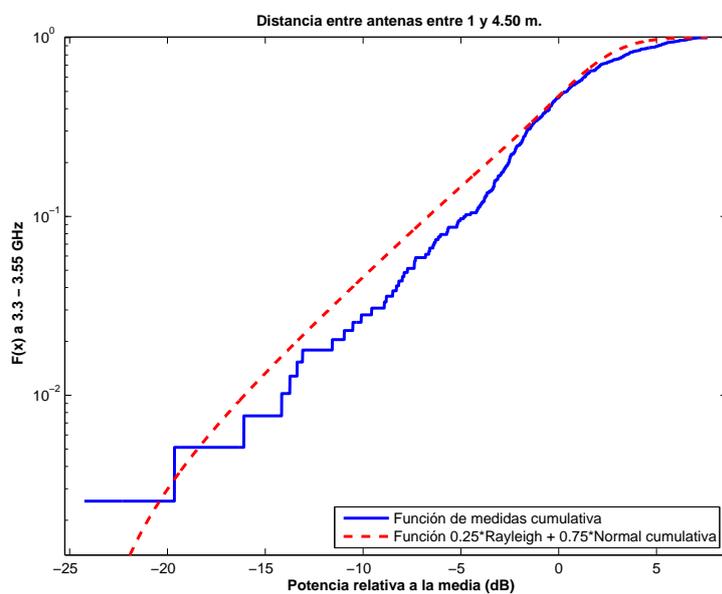


Figura 5.117: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.

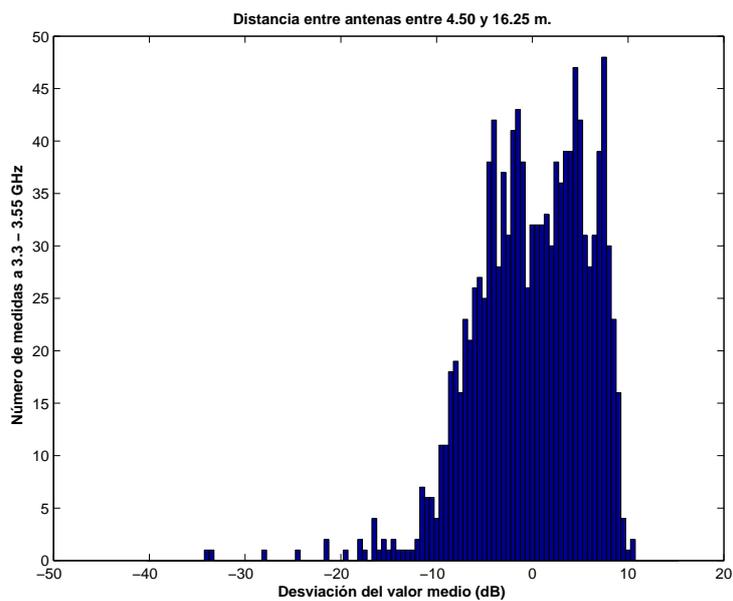


Figura 5.118: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

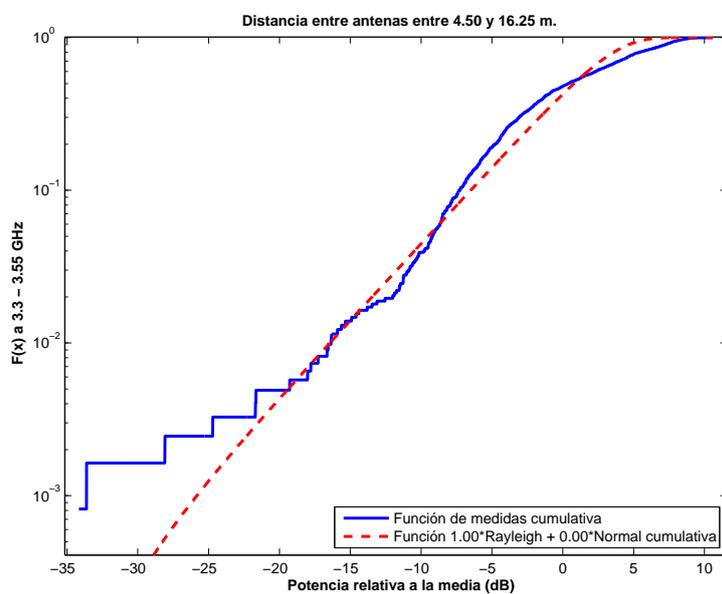


Figura 5.119: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.120 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 4.25 m. Se puede apreciar que en este canal, el primer tramo tiene aproximadamente las mismas pérdidas que en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, Figura 5.115, mientras que el segundo tramo experimenta una leve disminución de las pérdidas.

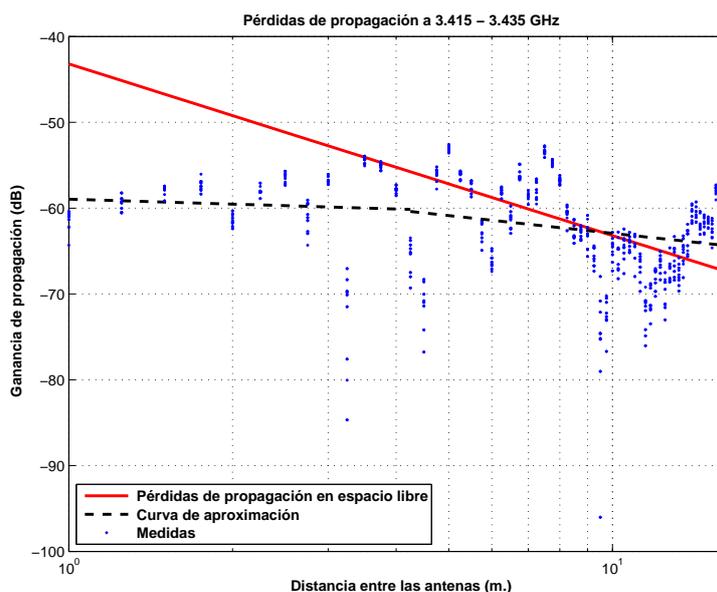


Figura 5.120: Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,96 + 1,89 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,25 \text{ m.} \\ 60,39 + 6,85 * \log_{10}(d/4,25); & \text{si } d > 4,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.121. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 80 % Rayleigh y 20 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = -2$, Figura 5.122.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.123 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.124.

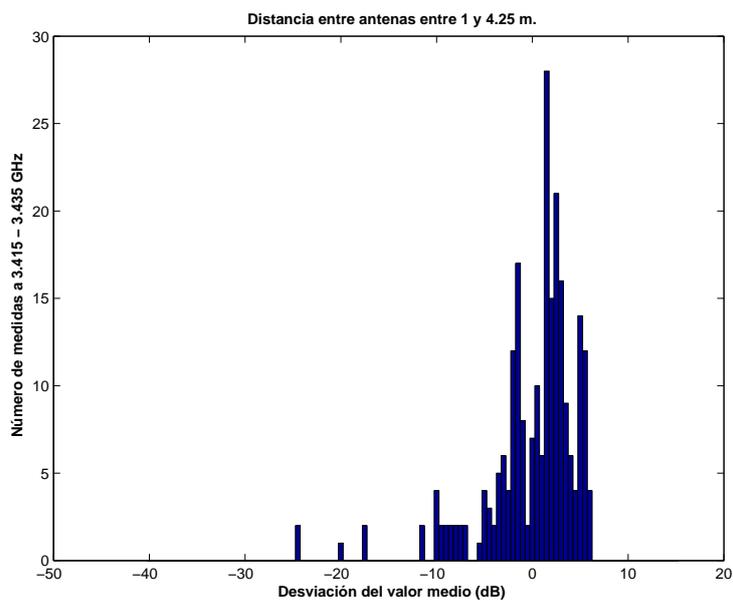


Figura 5.121: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.

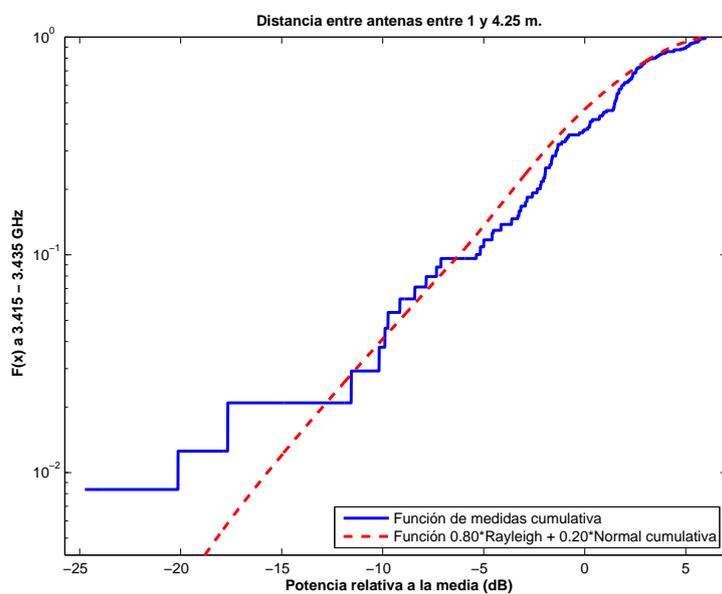


Figura 5.122: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.

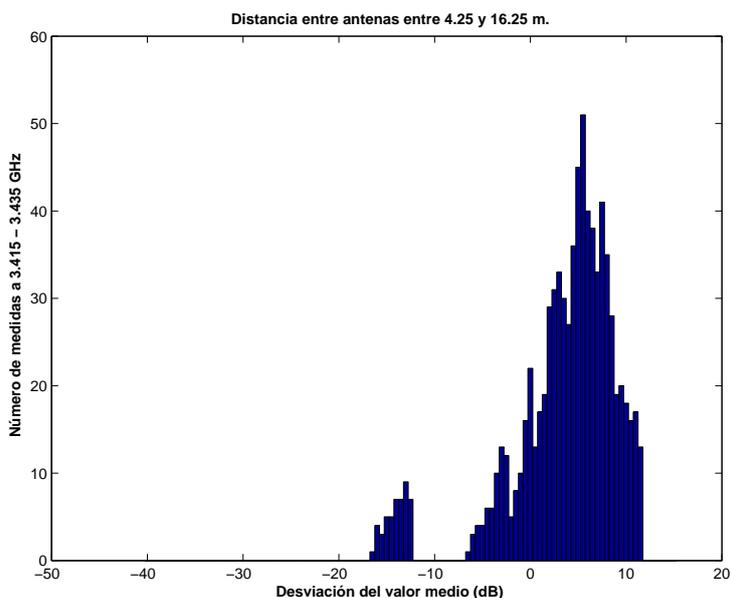


Figura 5.123: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

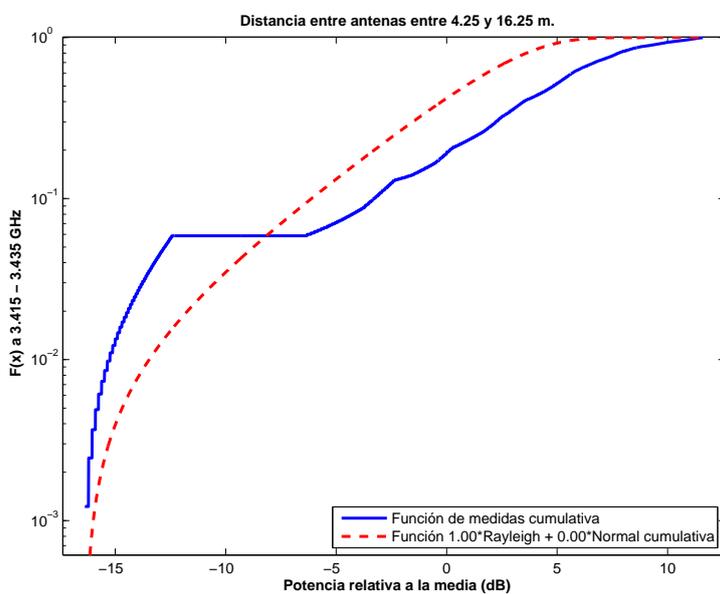


Figura 5.124: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.125 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre y el segundo muestra una relativa disminución en el exponente de propagación debido a encontrarnos en un pasillo estrecho.

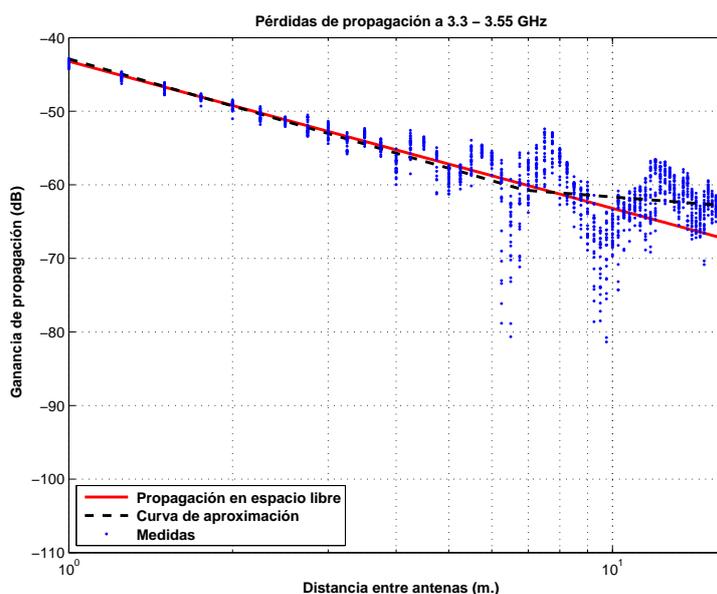


Figura 5.125: Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 42,88 + 21,27 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7 \text{ m.} \\ 60,76 + 5,69 * \log_{10}(d/7); & \text{si } d > 7 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.126. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0,5$, Figura 5.127.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.128 y se puede ajustar con una combinación de 40 % Rayleigh y 60 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.129.

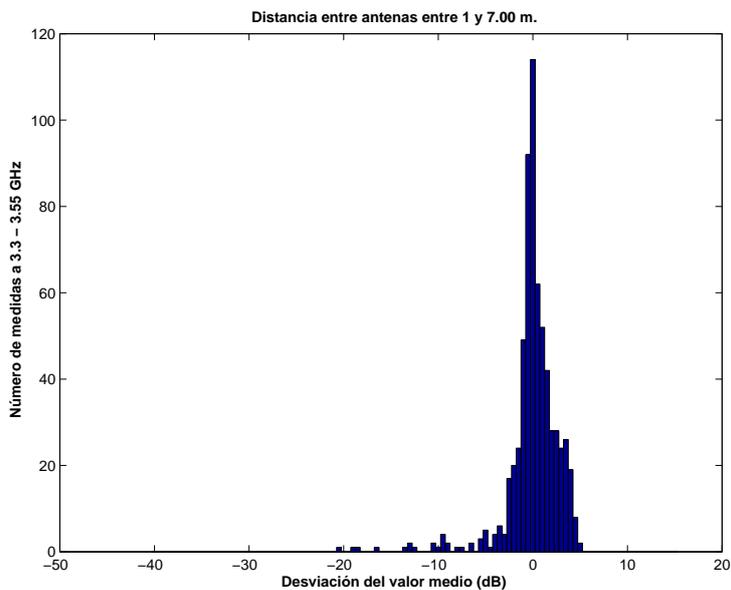


Figura 5.126: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

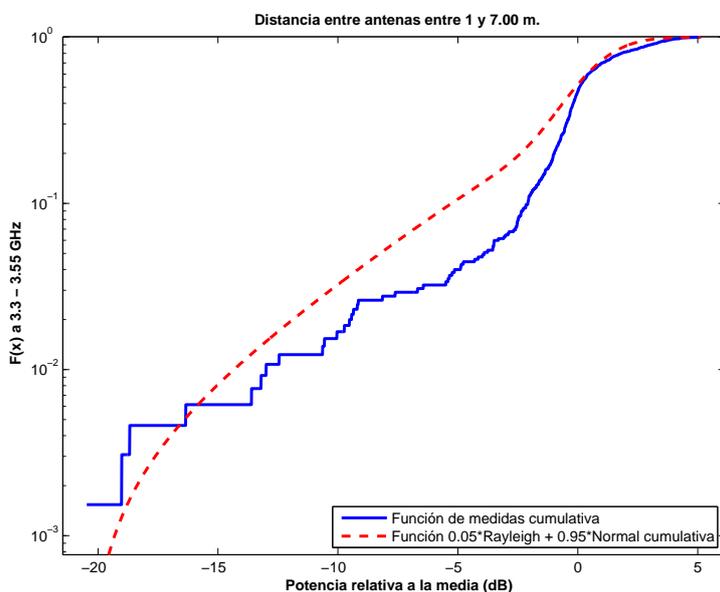


Figura 5.127: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

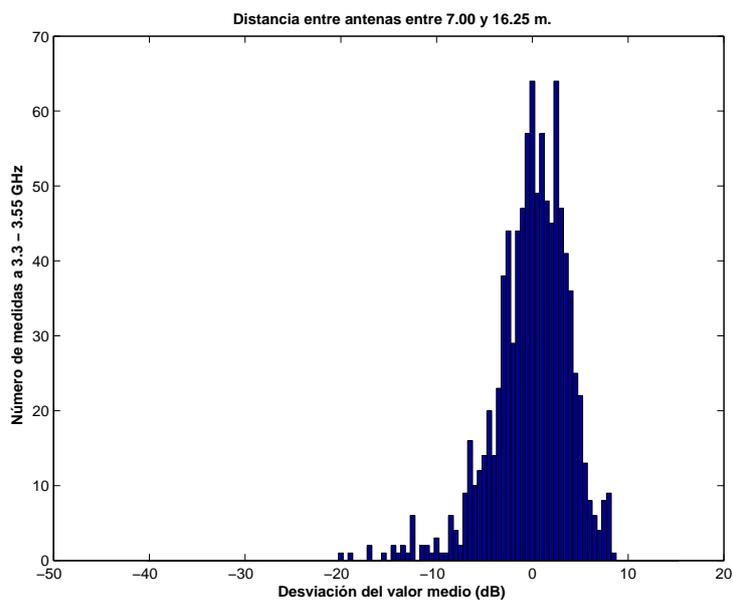


Figura 5.128: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

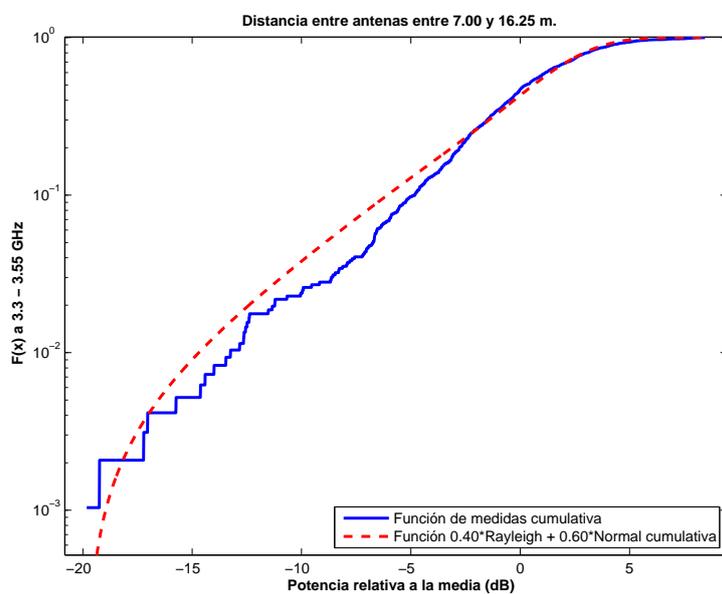


Figura 5.129: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.130 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre con una mínima desviación en el exponente de propagación, y el segundo muestra una relativa disminución en el exponente de propagación debido a encontrarnos en un pasillo estrecho.

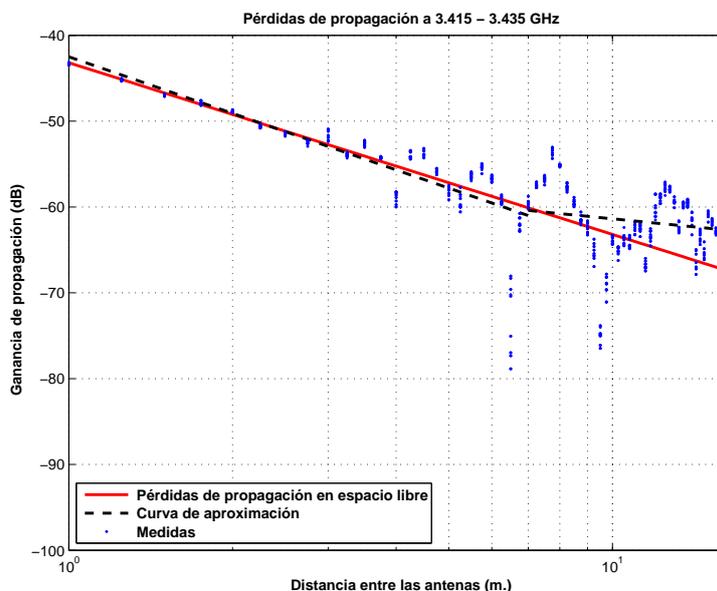


Figura 5.130: Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 42,50 + 21,89 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7 \text{ m.} \\ 60,40 + 6,29 * \log_{10}(d/7); & \text{si } d > 7 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.131. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.132.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.133 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.134.

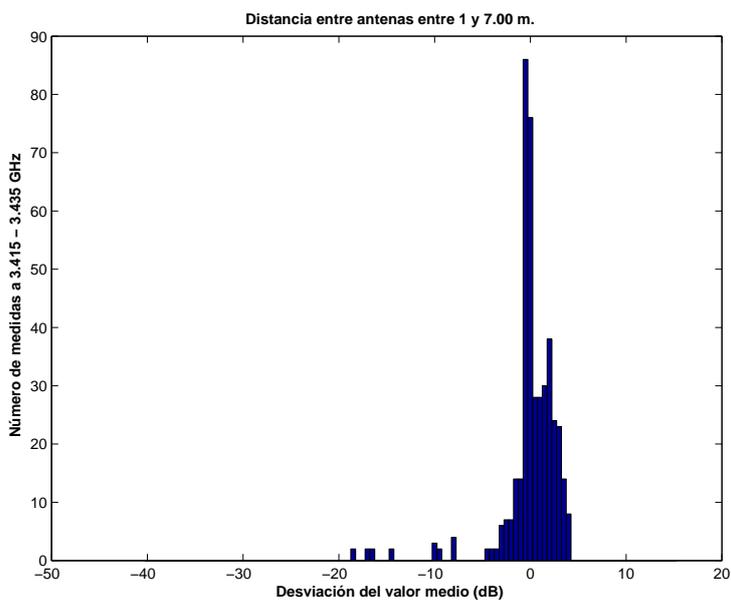


Figura 5.131: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

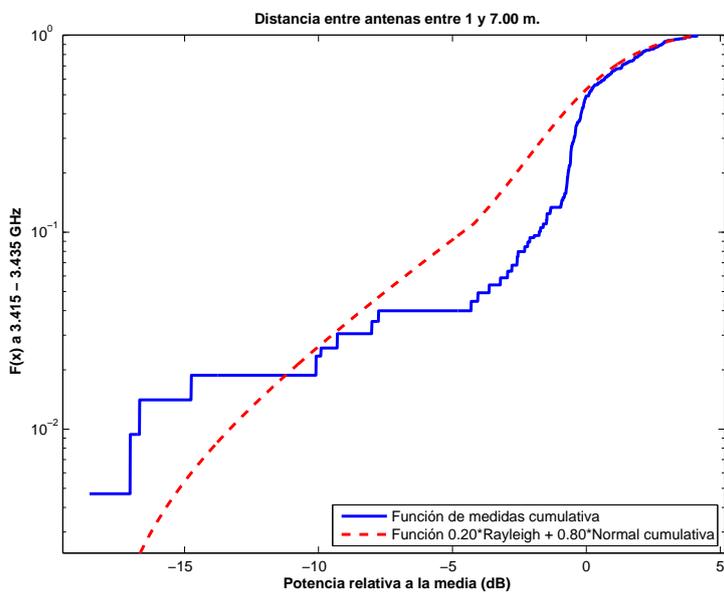


Figura 5.132: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

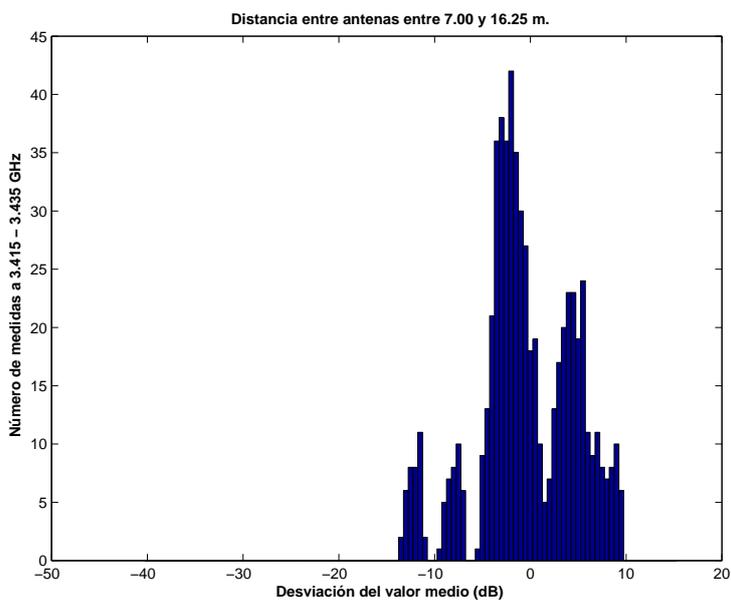


Figura 5.133: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

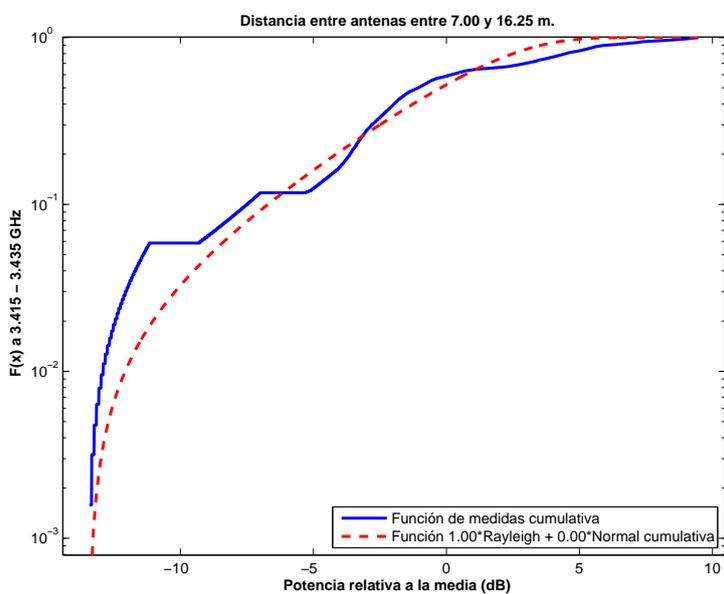


Figura 5.134: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.135 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por una paralela a las pérdidas de propagación en el espacio libre, debido a las pérdidas introducidas por el polarizador (3 dB aproximadamente), y el segundo muestra una relativa disminución en el exponente de propagación debido a encontrarnos en un pasillo estrecho.

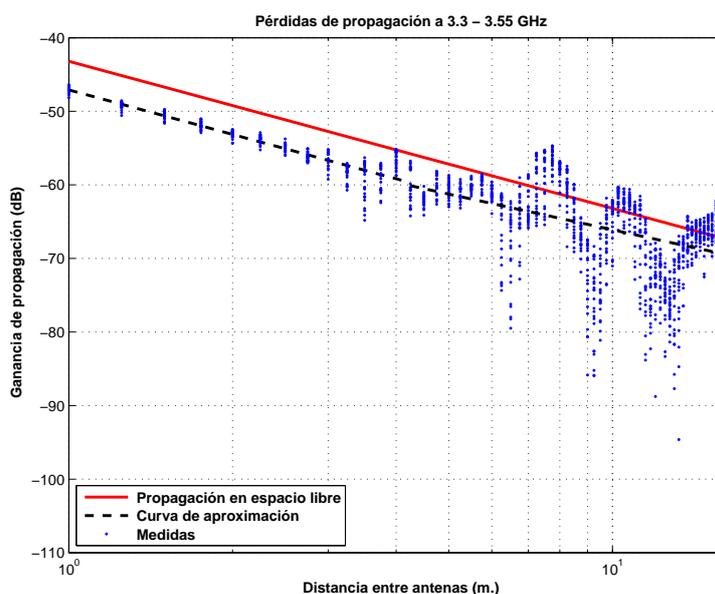


Figura 5.135: Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 47,10 + 20,07 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,25 \text{ m.} \\ 60,12 + 16,12 * \log_{10}(d/4,25); & \text{si } d > 4,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.136. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 2 % Rayleigh y 98 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.137.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.138 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.139.

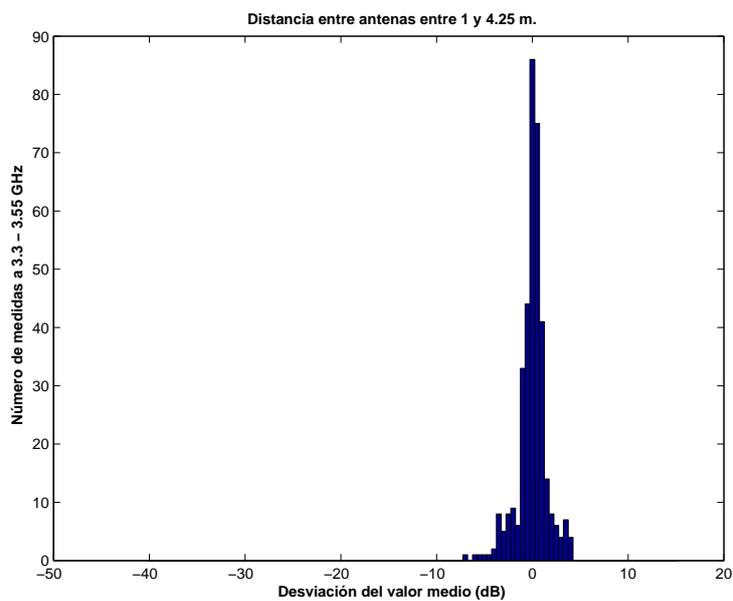


Figura 5.136: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.

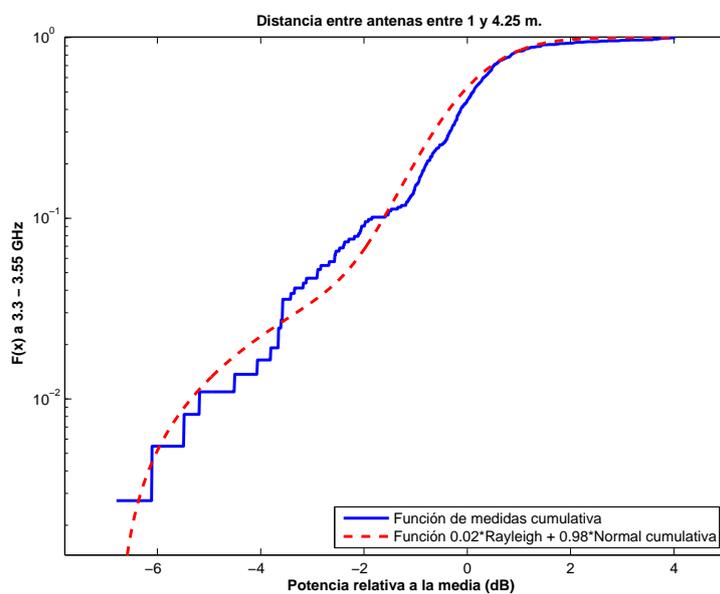


Figura 5.137: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.25 m. de distancia entre antenas.

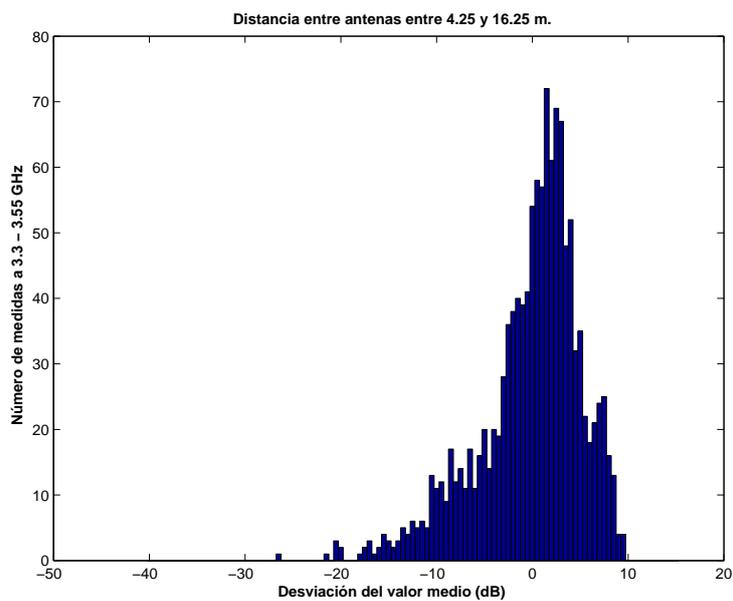


Figura 5.138: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

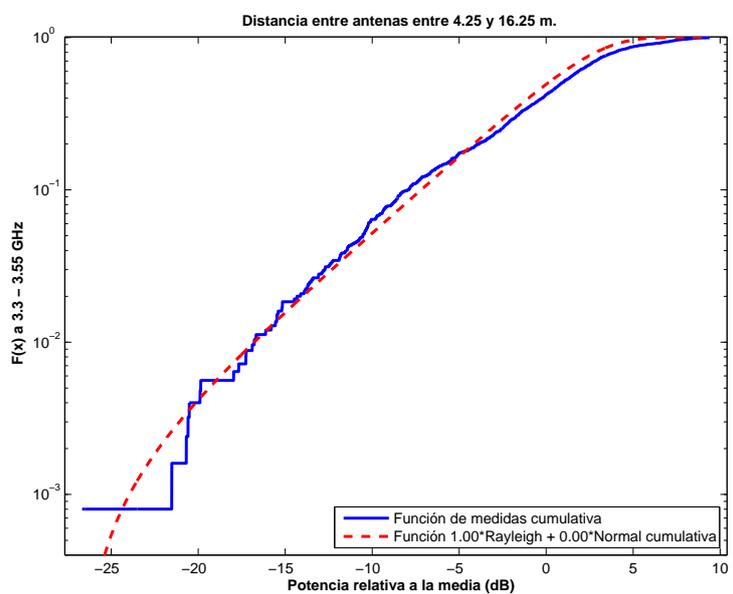


Figura 5.139: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.140 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por una paralela a las pérdidas de propagación en el espacio libre, debido a las pérdidas introducidas por el polarizador (3 dB aproximadamente) y el segundo muestra una relativa disminución en el exponente de propagación debido a encontrarnos en un pasillo estrecho.

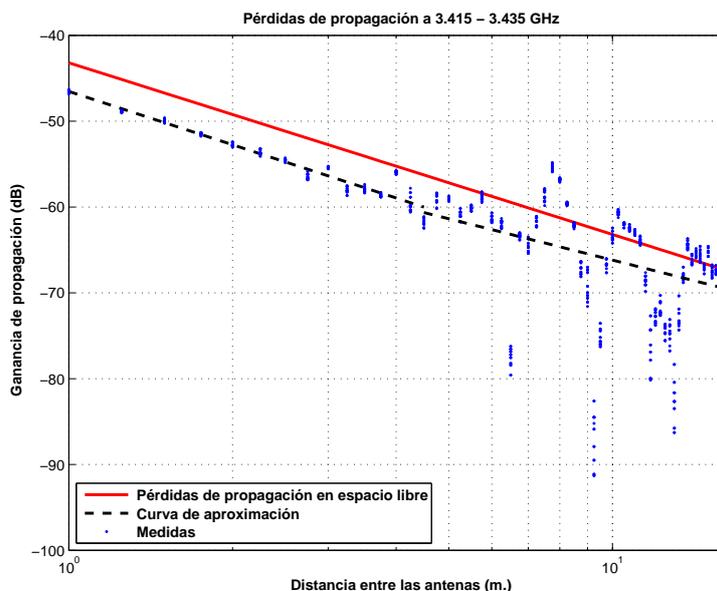


Figura 5.140: Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 46,54 + 20,61 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,5 \text{ m.} \\ 60,64 + 15,98 * \log_{10}(d/4,5); & \text{si } d > 4,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.141. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 0,5$ y $\mu = -1$, Figura 5.142.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.143 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.144.

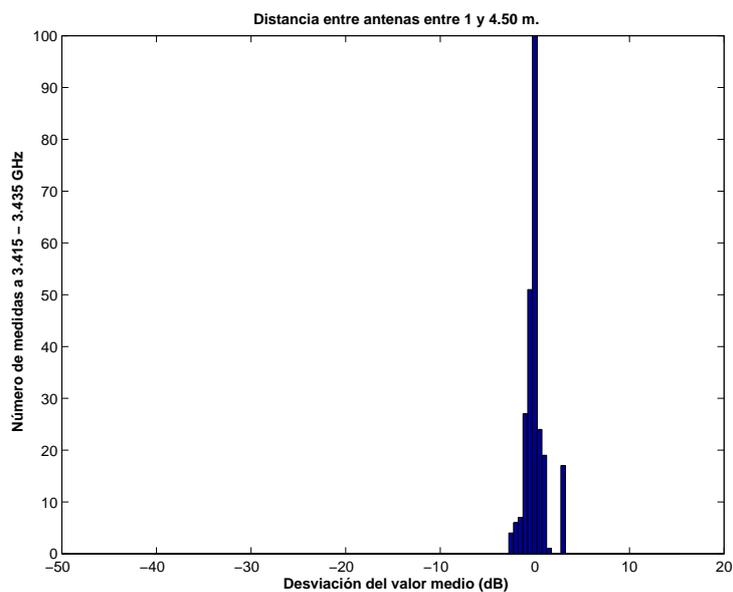


Figura 5.141: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.

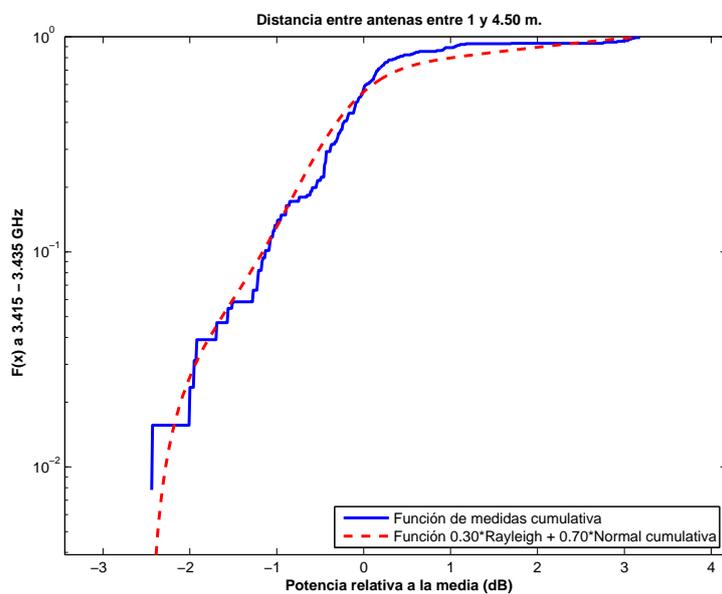


Figura 5.142: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.

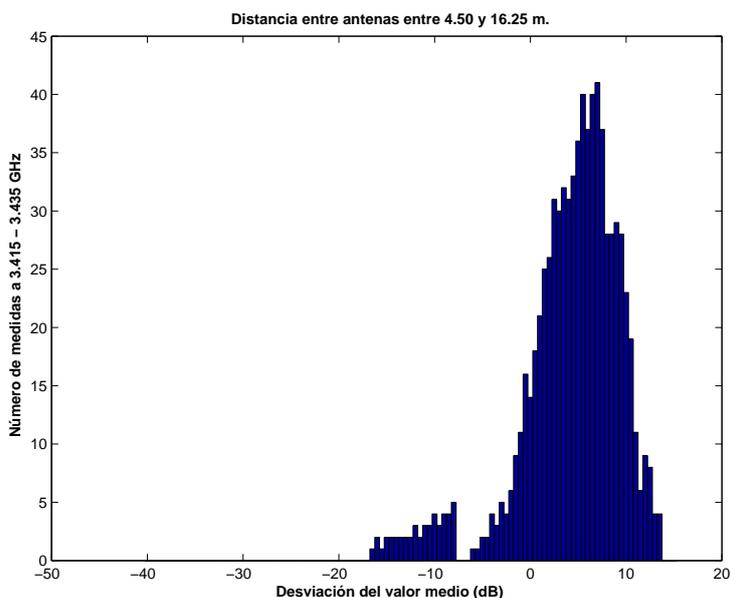


Figura 5.143: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

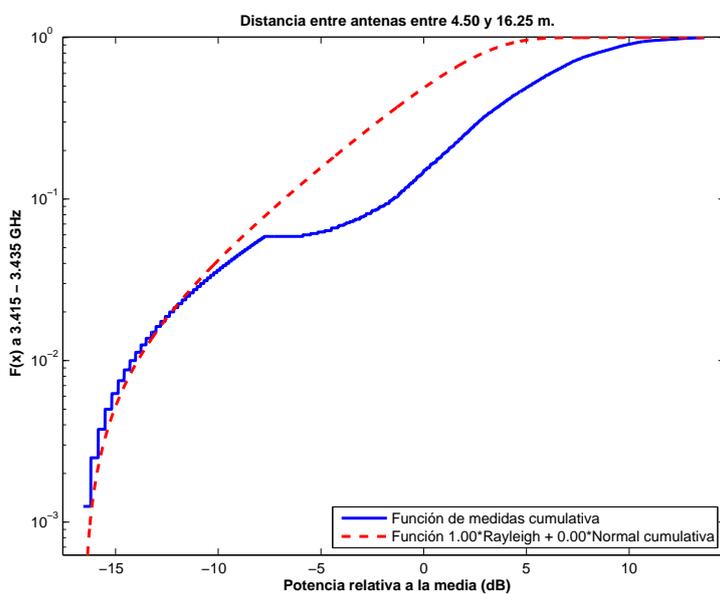


Figura 5.144: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.145 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 7 m.

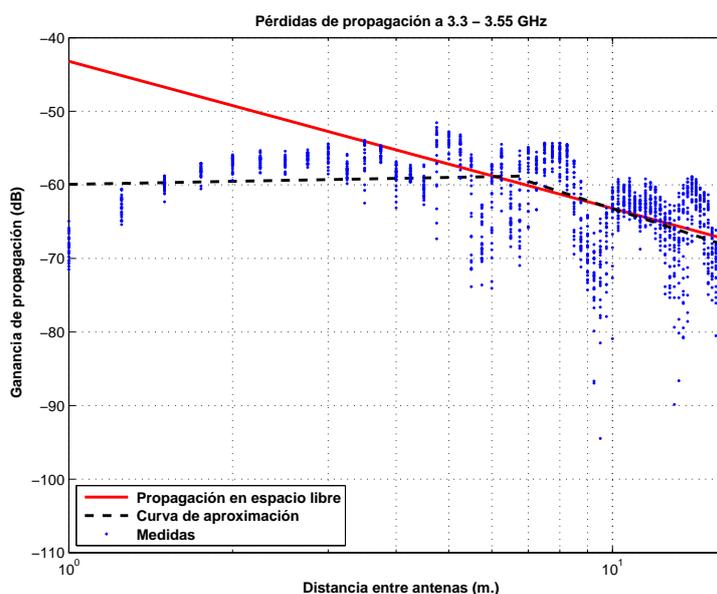


Figura 5.145: Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 59,93 + (-1,34) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7 \text{ m.} \\ 59,51 + 23,99 * \log_{10}(d/7); & \text{si } d > 7 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.146. Dicha desviación se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.147.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.148 y se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.149.

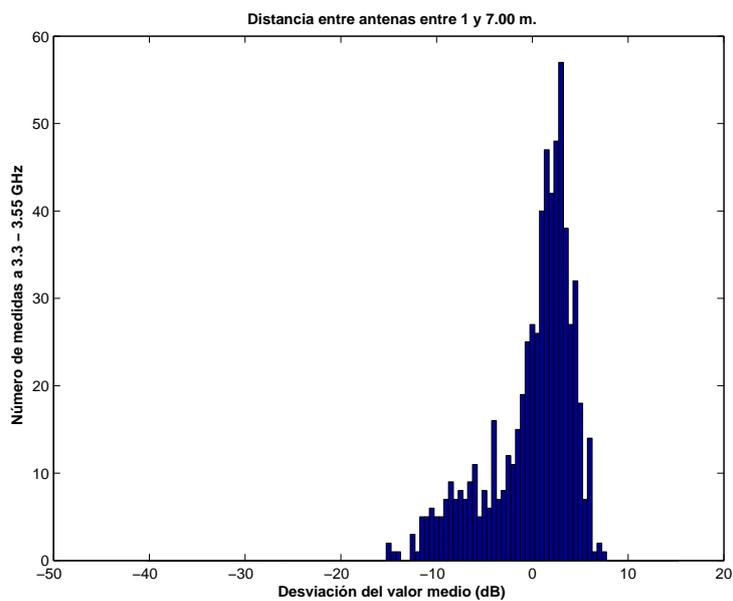


Figura 5.146: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

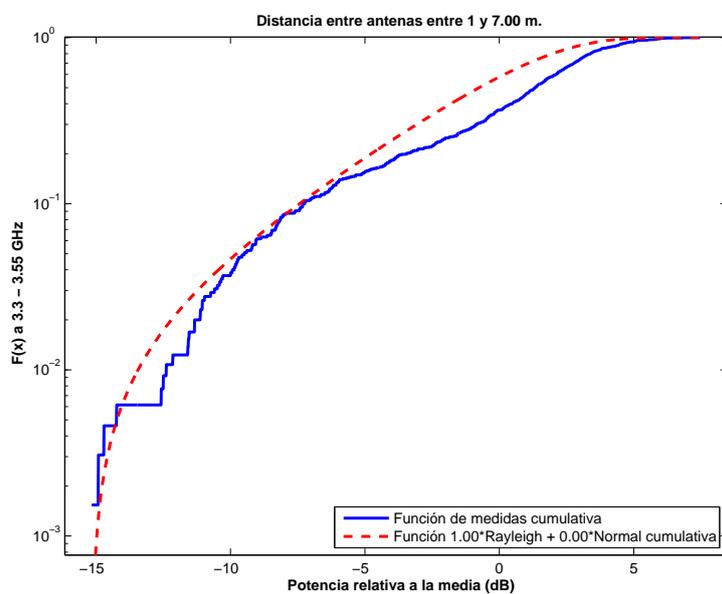


Figura 5.147: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

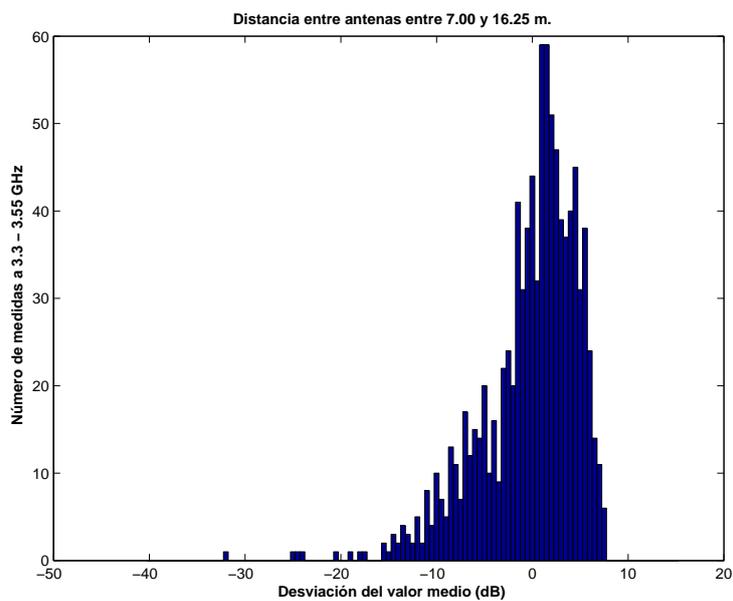


Figura 5.148: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

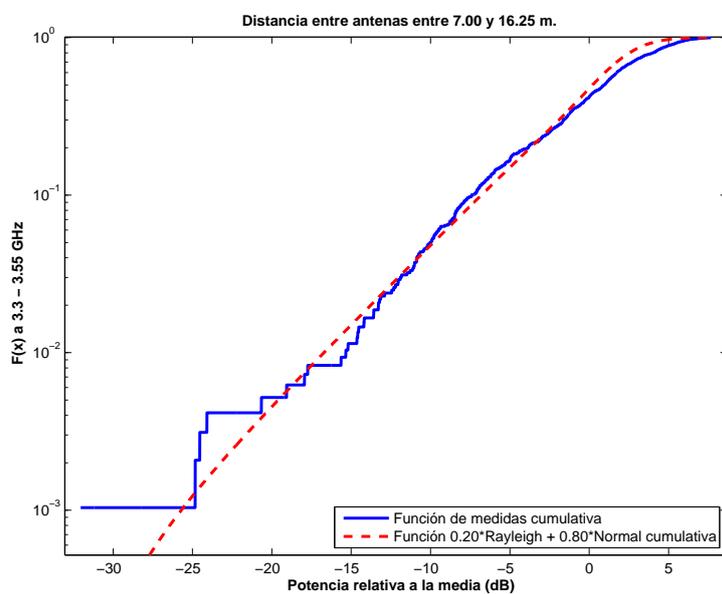


Figura 5.149: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.150 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz de frecuencia, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 7 m. Caso similar al de la Figura 5.145.

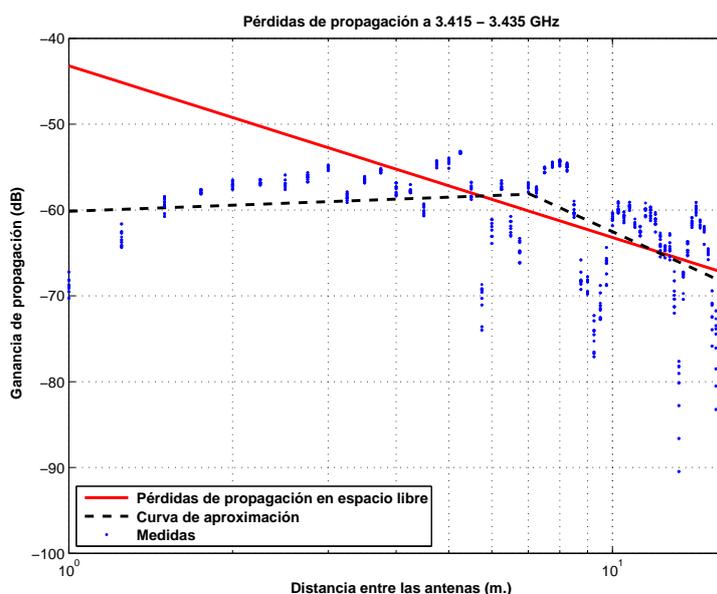


Figura 5.150: Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 60,15 + (-2,35) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7 \text{ m.} \\ 58,06 + 28,85 * \log_{10}(d/7); & \text{si } d > 7 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.151. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 4$, Figura 5.152.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.153 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.154.

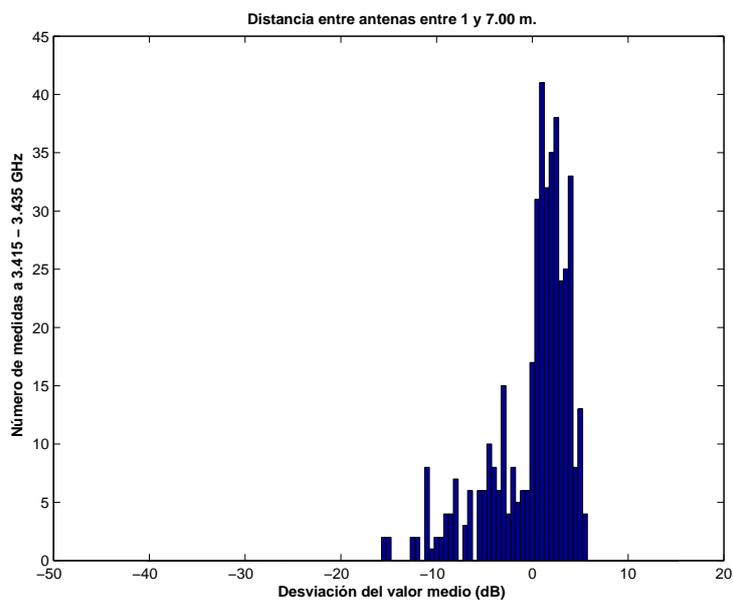


Figura 5.151: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

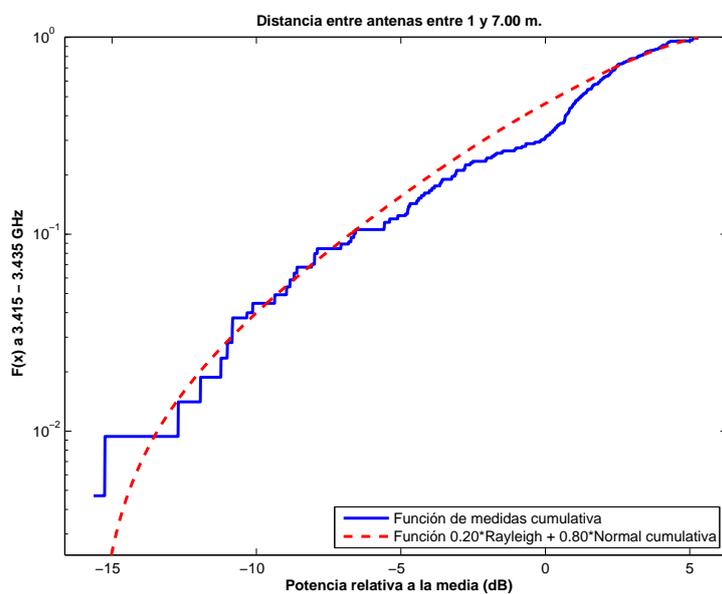


Figura 5.152: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

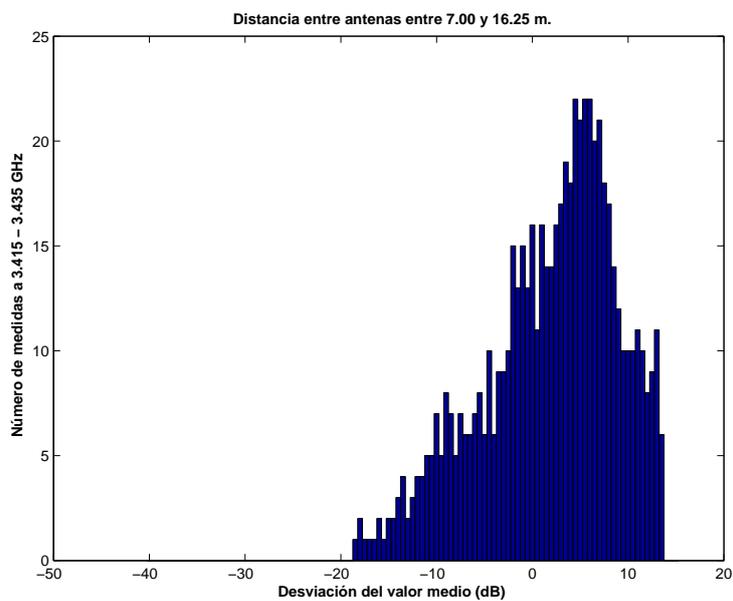


Figura 5.153: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

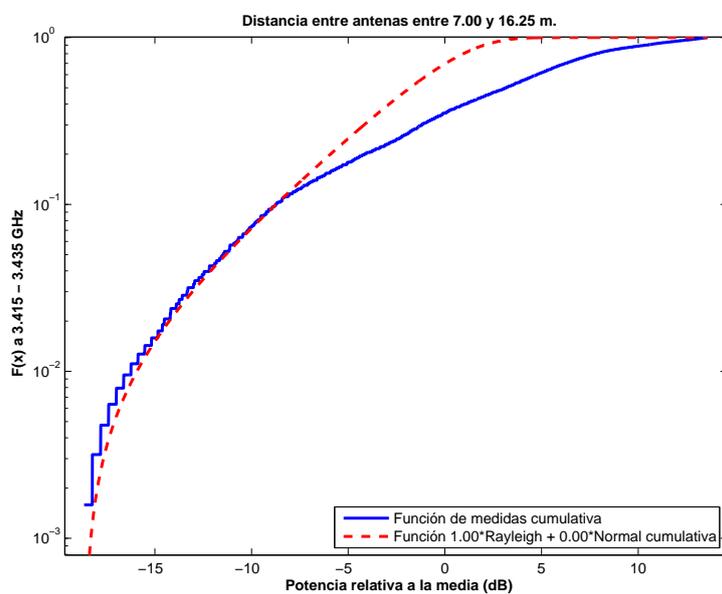


Figura 5.154: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.155 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 6.5 m. Caso similar al de la Figura 5.145 incluyendo una pérdida de 3 dB introducidos por el polarizador.

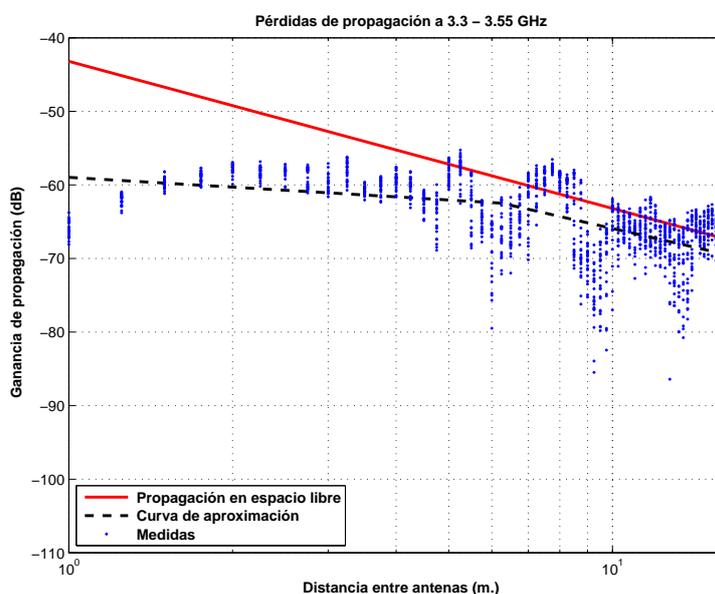


Figura 5.155: Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,97 + 4,41 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,5 \text{ m.} \\ 62,76 + 16,91 * \log_{10}(d/6,50); & \text{si } d > 6,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.156. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.157.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.158 y se puede ajustar con una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 4$, Figura 5.159.

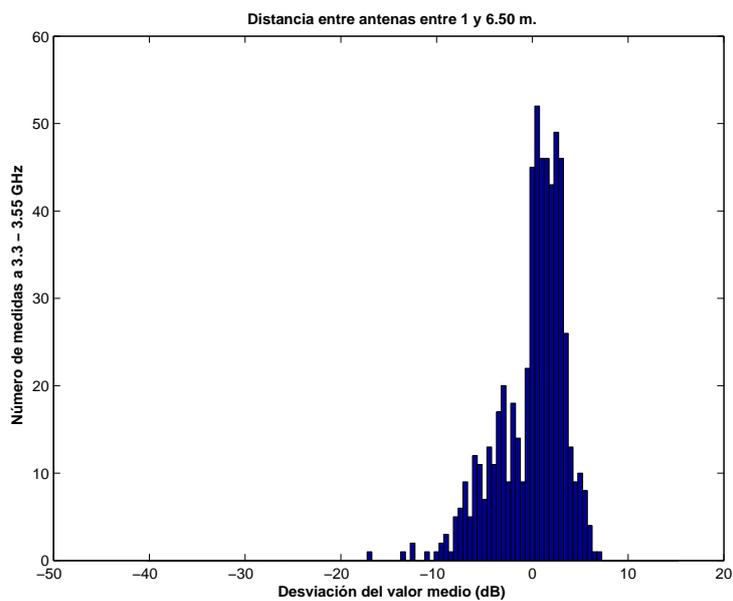


Figura 5.156: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

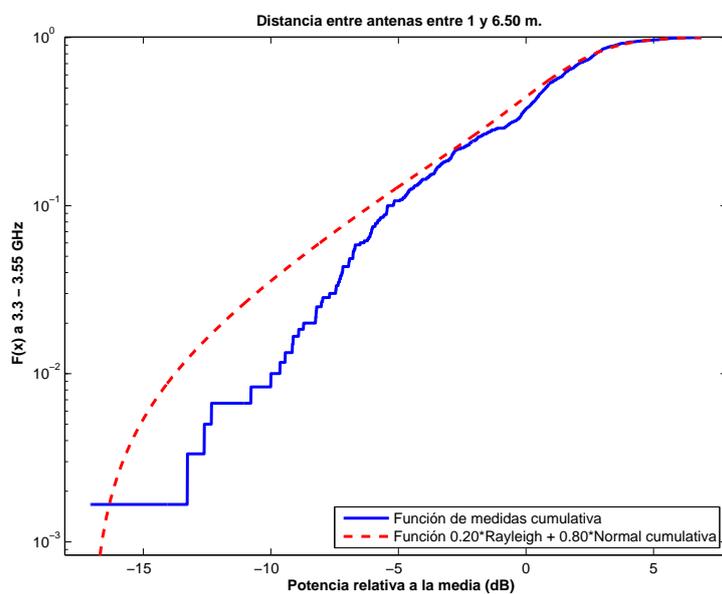


Figura 5.157: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

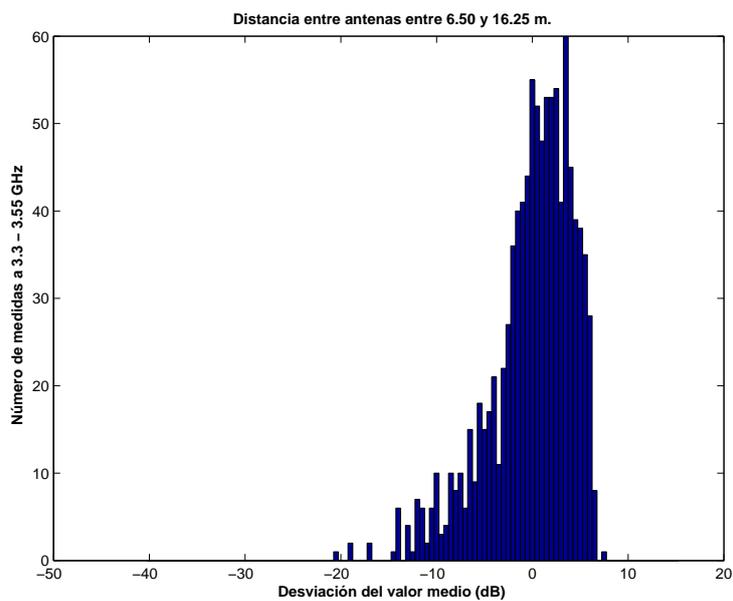


Figura 5.158: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

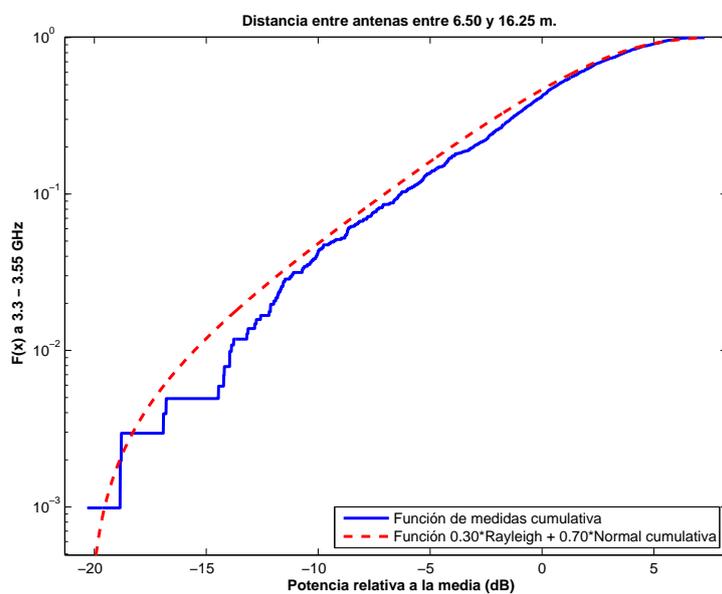


Figura 5.159: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.155 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 6.5 m. Caso similar al de la Figura 5.155.

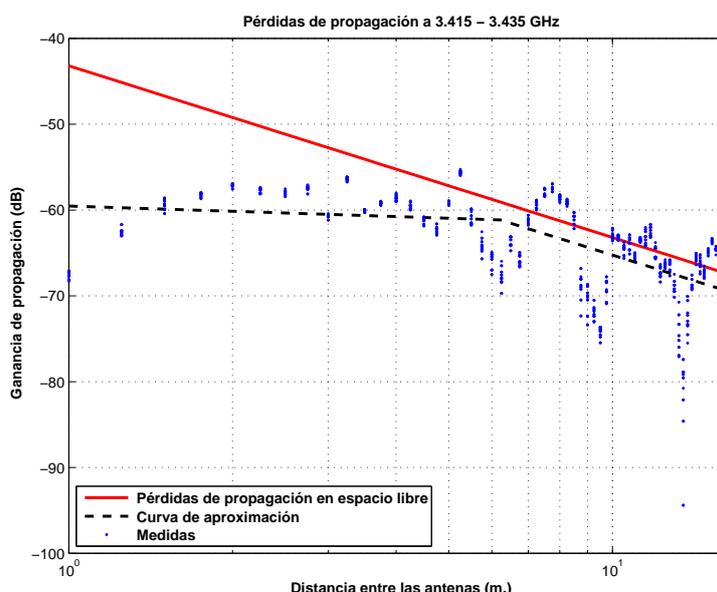


Figura 5.160: Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 59,54 + 2,04 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,5 \text{ m.} \\ 61,53 + 19,85 * \log_{10}(d/6,5); & \text{si } d > 6,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.161 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.162.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.163. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 5$, Figura 5.164.

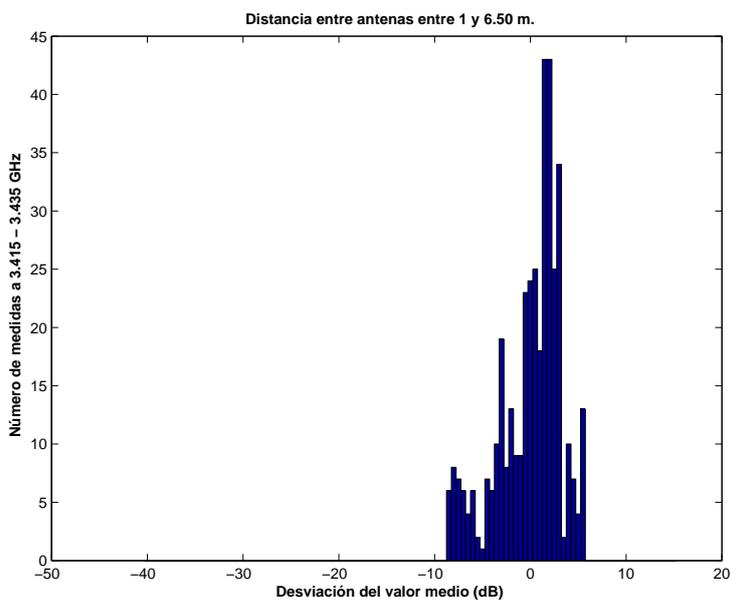


Figura 5.161: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

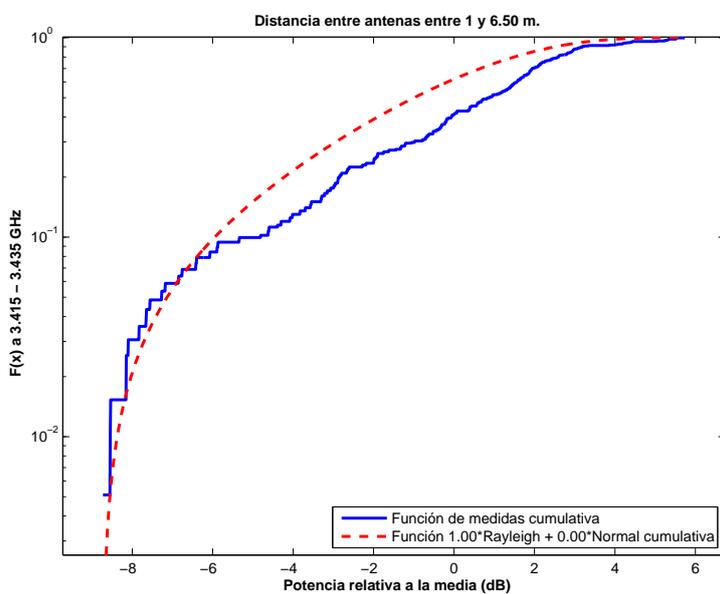


Figura 5.162: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

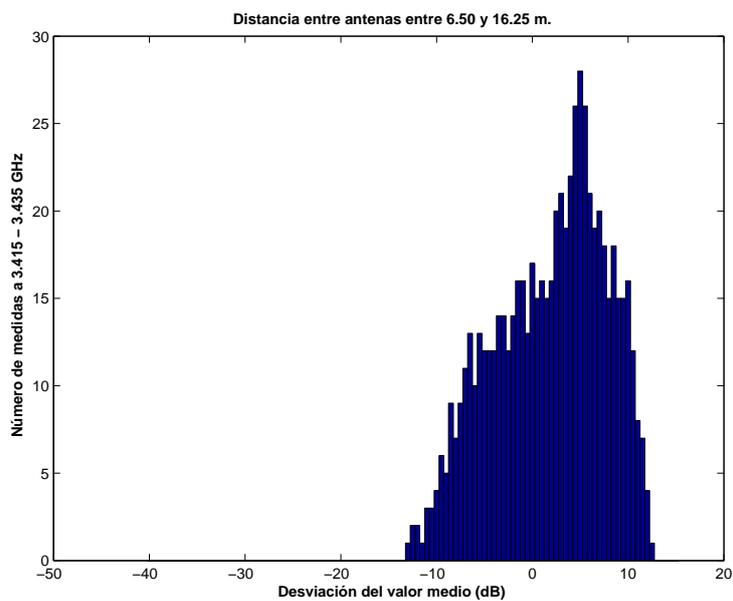


Figura 5.163: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

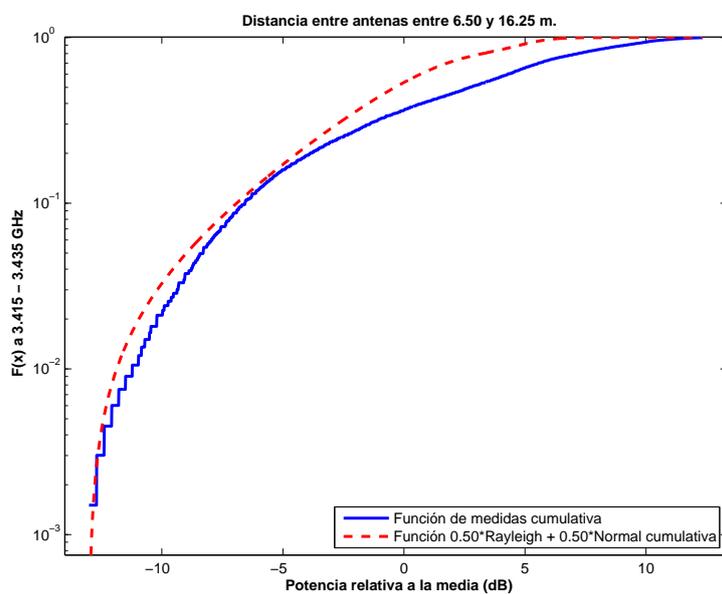


Figura 5.164: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

5.1.3. Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas)

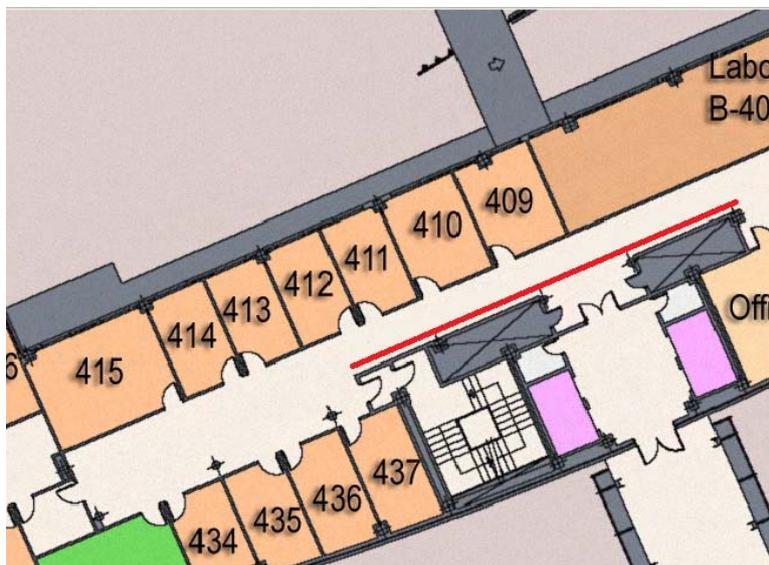


Figura 5.165: Plano del pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), edificio B



Figura 5.166: Foto del pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), edificio B

Distancia máxima del enlace: 16.75 m.

Entorno: Pasillo de 2 m. de ancho, a 1.50 m. de las puertas y 0.50 m. de la pared, zona central, cerca de los ascensores, del pasillo de la planta 4ª del edificio B.

Altura de las antenas: La altura de la antena receptora, la del elemento simple, siempre es de 1.40 m., mientras que la altura de la antena transmisora puede ser de 1.40 m. o de 2.50 m. indicado según el caso.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 3.3 a 3.55 GHz y un canal de 20 MHz, de 3.415 a 3.435 GHz

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.167 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre con una mínima desviación del exponente de propagación y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido al modo de propagación por guía de onda, por encontrarnos en un pasillo estrecho. Este caso presenta una leve mejoría, en la zona de la máxima separación entre las antenas, al caso de la Figura 5.85.

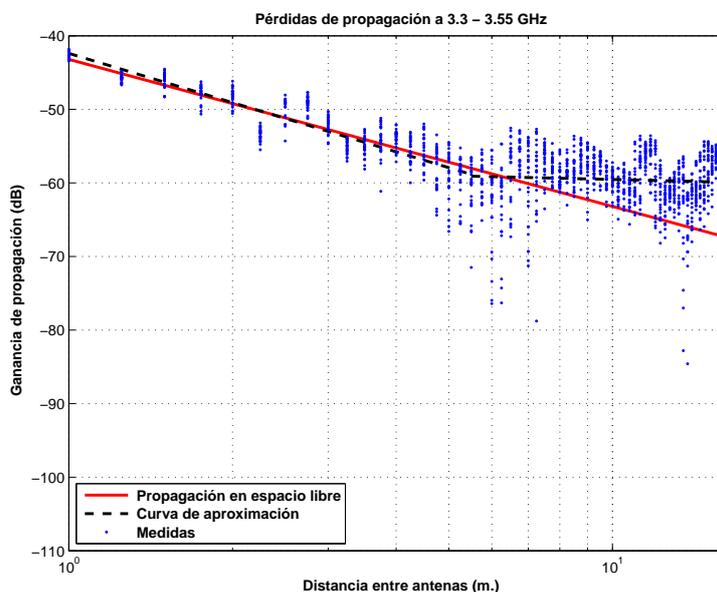


Figura 5.167: Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 42,39 + 22,22 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 5,5 \text{ m.} \\ 59,08 + 1,74 * \log_{10}(d/5,5); & \text{si } d > 5,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.168. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 2$, Figura 5.169.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.170 y el mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.171.

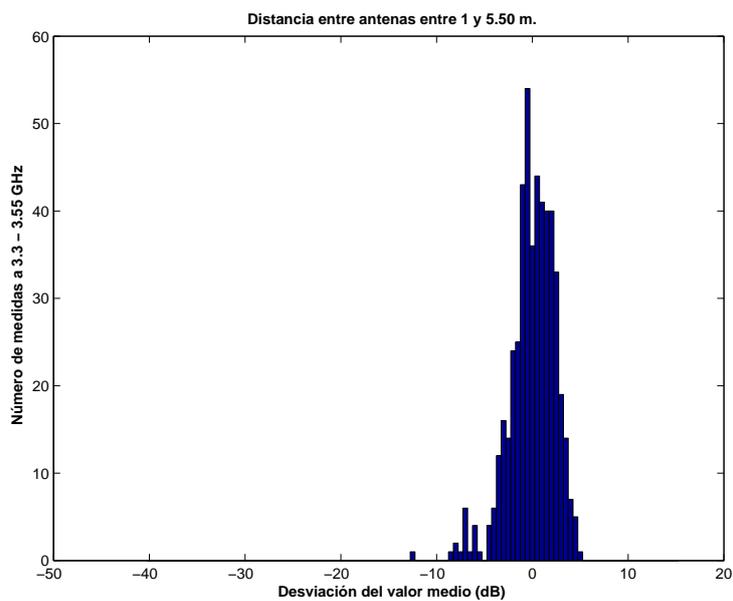


Figura 5.168: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5.50 m. de distancia entre antenas.

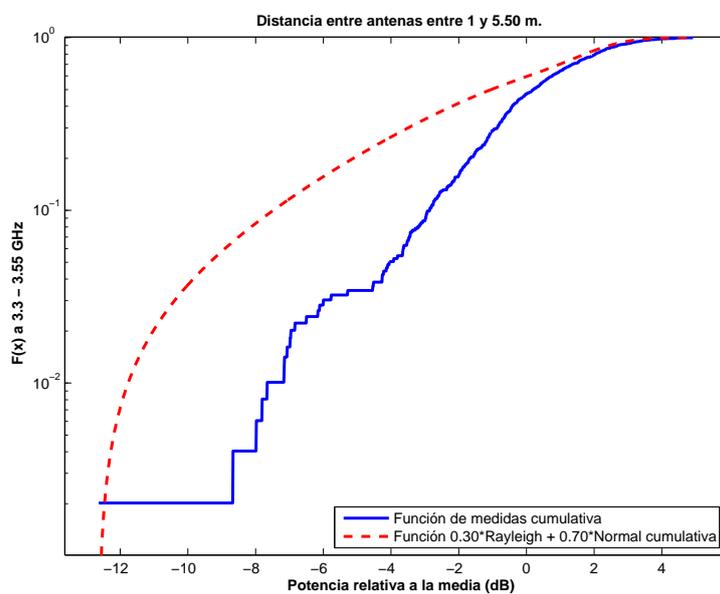


Figura 5.169: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5.50 m. de distancia entre antenas.

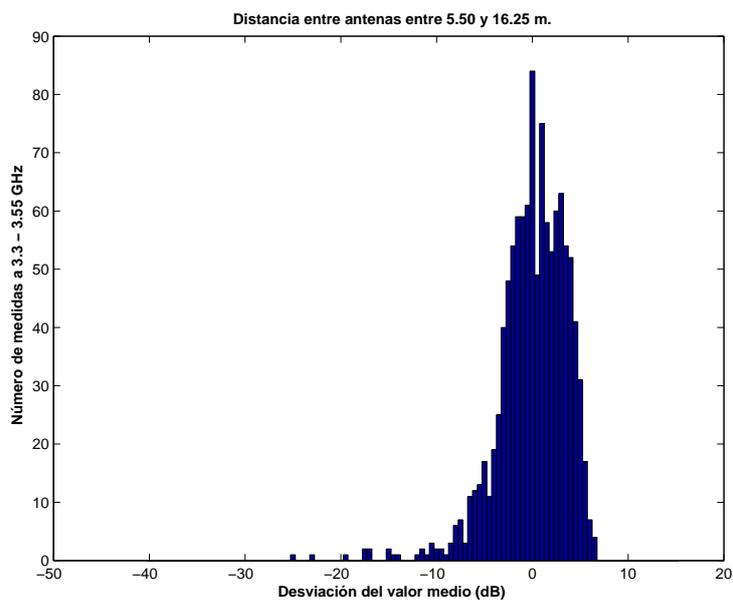


Figura 5.170: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

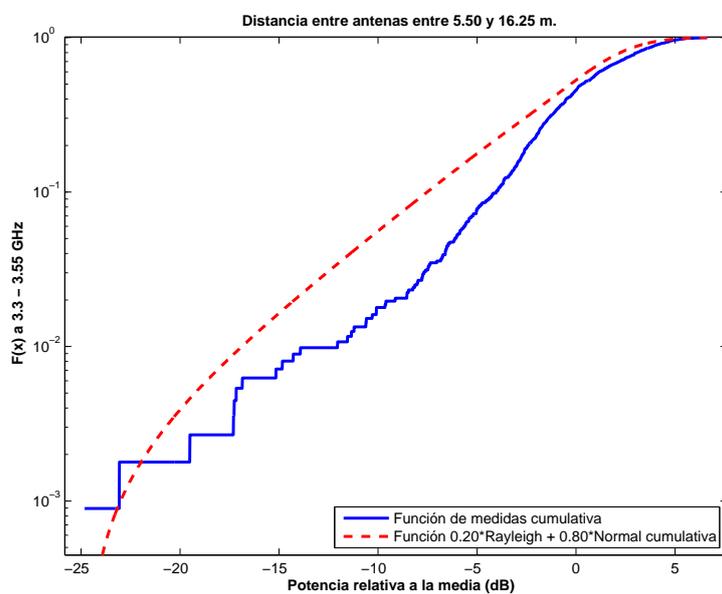


Figura 5.171: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.172 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre con una mínima desviación en el exponente de propagación y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido al modo de propagación por guía de onda, por encontrarnos en un pasillo estrecho. Este caso presenta una mínima mejora con respecto al caso de la Figura 5.167.

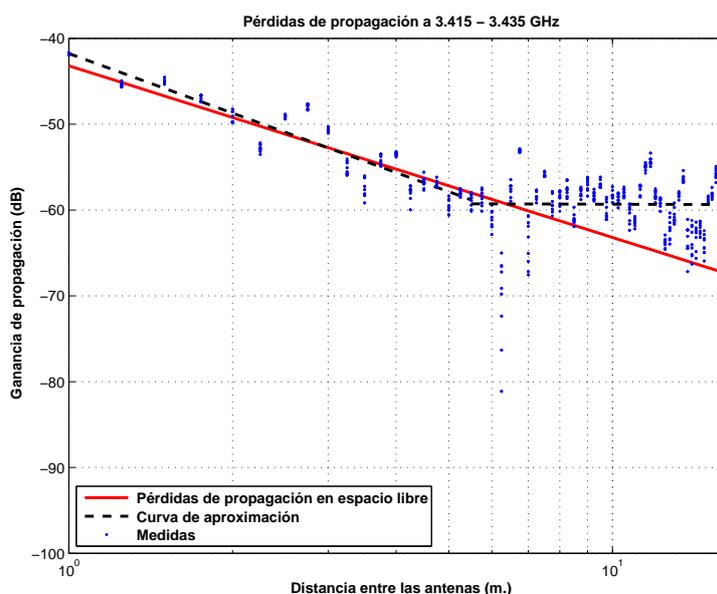


Figura 5.172: Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 41,77 + 23,03 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 5,5 \text{ m.} \\ 59,28 + 0,19 * \log_{10}(d/5,5); & \text{si } d > 5,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.173. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.174.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.175. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 1$, Figura 5.176.

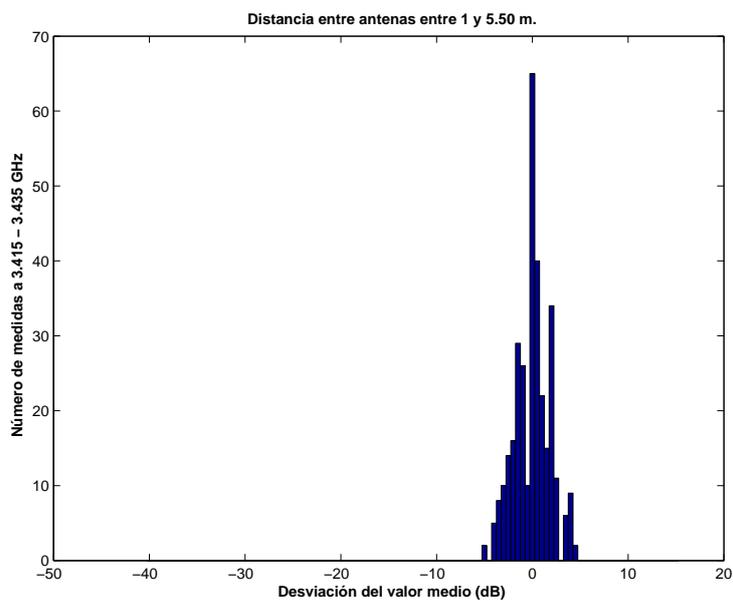


Figura 5.173: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.50 m. de distancia entre antenas.

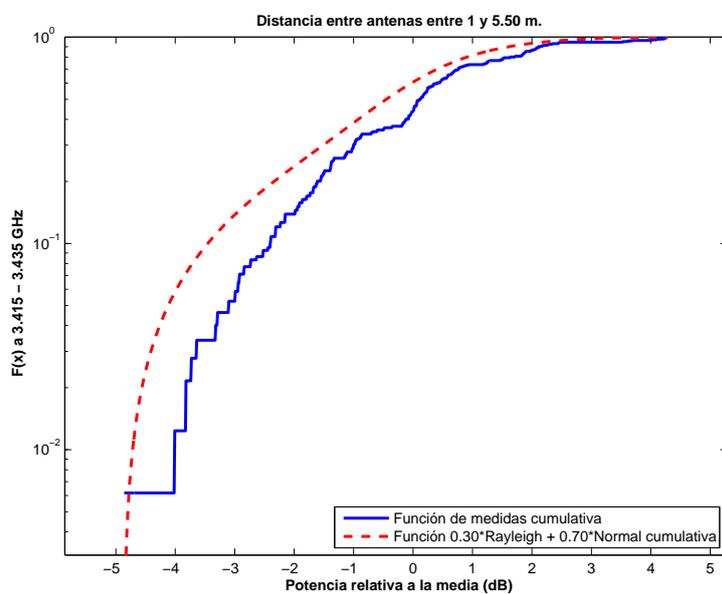


Figura 5.174: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.50 m. de distancia entre antenas.

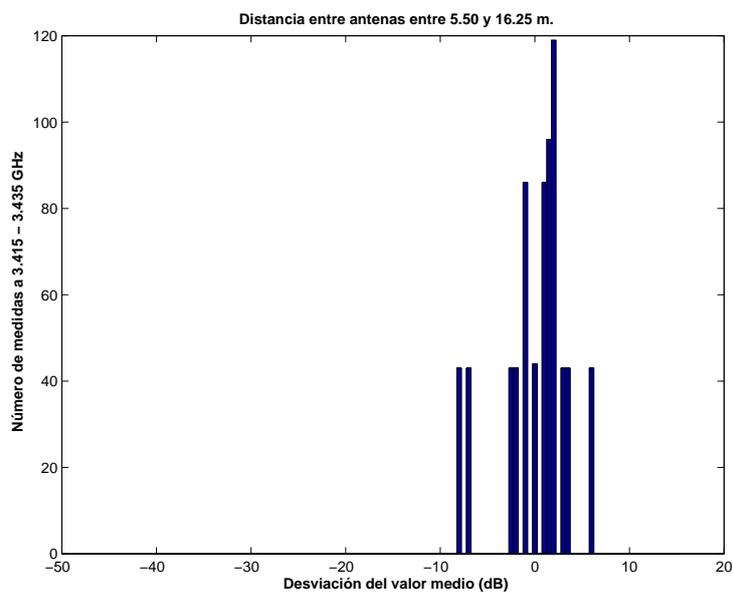


Figura 5.175: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

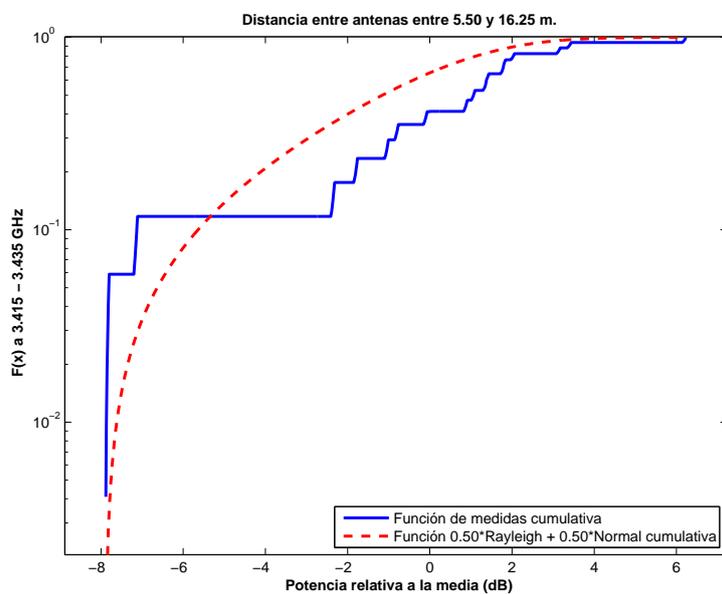


Figura 5.176: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.177 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde en el primero se puede observar un aumento en el exponente de propagación debido a que entre 5 y 10 m. hay un aumento de pérdidas puntuales no reflejándose en los últimos metros, y el segundo muestra una drástica disminución en el exponente de propagación debido al aumento de las pérdidas ya comentadas.

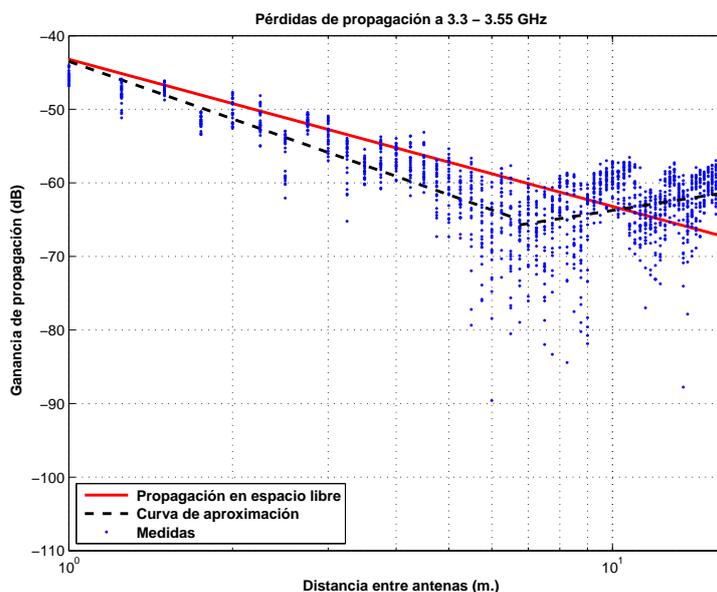


Figura 5.177: Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 43,49 + 25,94 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,75 \text{ m.} \\ 65,72 + (-11,58) * \log_{10}(d/6,75); & \text{si } d > 6,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.178. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 1$, Figura 5.179.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.180 y se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 3$, Figura 5.181.

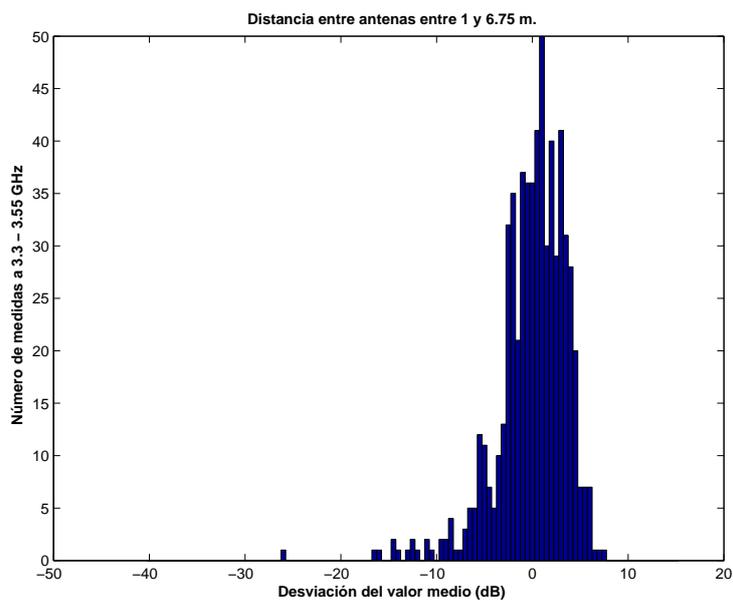


Figura 5.178: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.

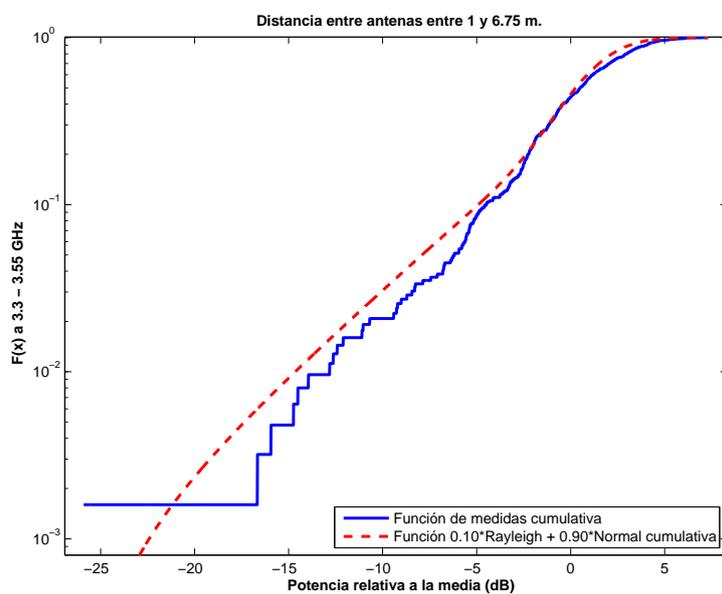


Figura 5.179: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.

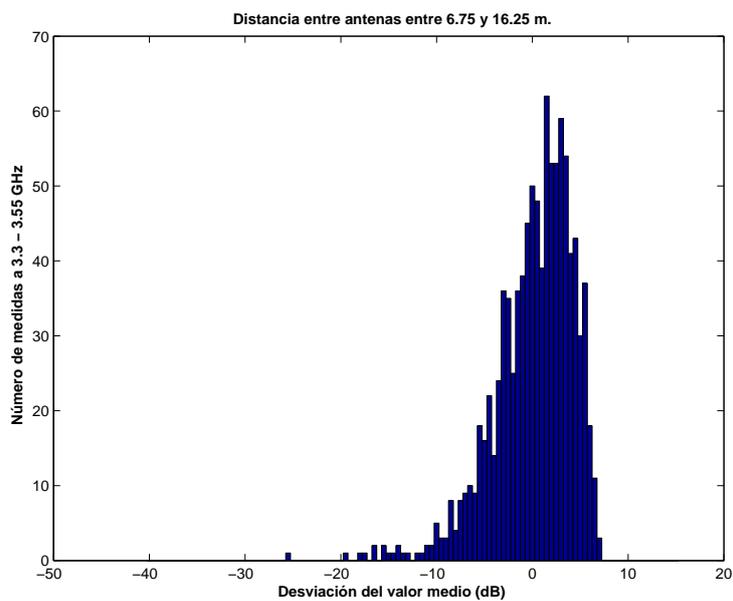


Figura 5.180: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

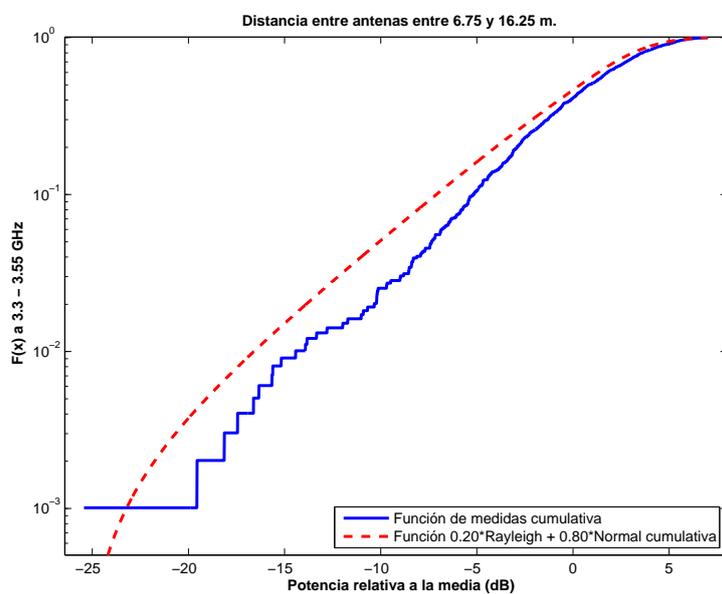


Figura 5.181: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.182 representa las pérdidas de propagación en toda un canal de frecuencia, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde en el primero se puede observar un aumento en el exponente de propagación debido a que entre 5 y 10 m. hay un aumento de pérdidas puntuales no reflejándose en los últimos metros, y el segundo muestra una drástica disminución en el exponente de propagación debido al aumento de las pérdidas ya comentadas.

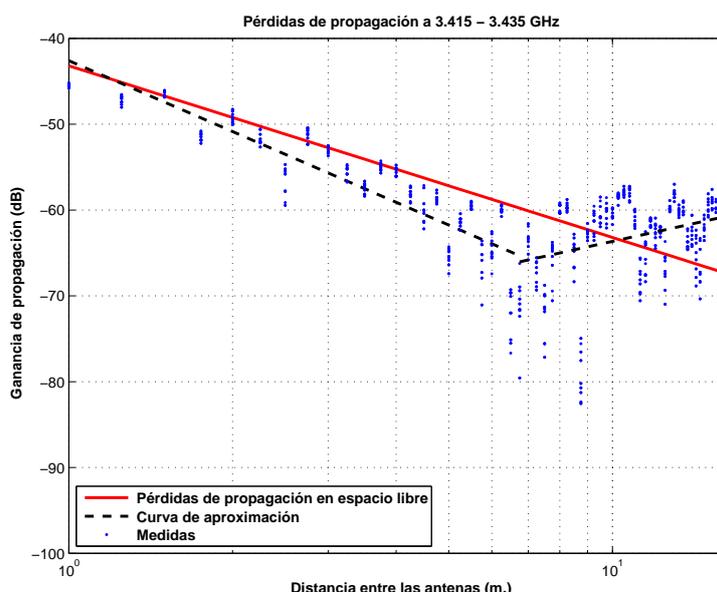


Figura 5.182: Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 42,61 + 27,40 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,75 \text{ m.} \\ 66,03 + (-13,93) * \log_{10}(d/6,75); & \text{si } d > 6,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.183. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 15 % Rayleigh y 85 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.184.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.185. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.186.

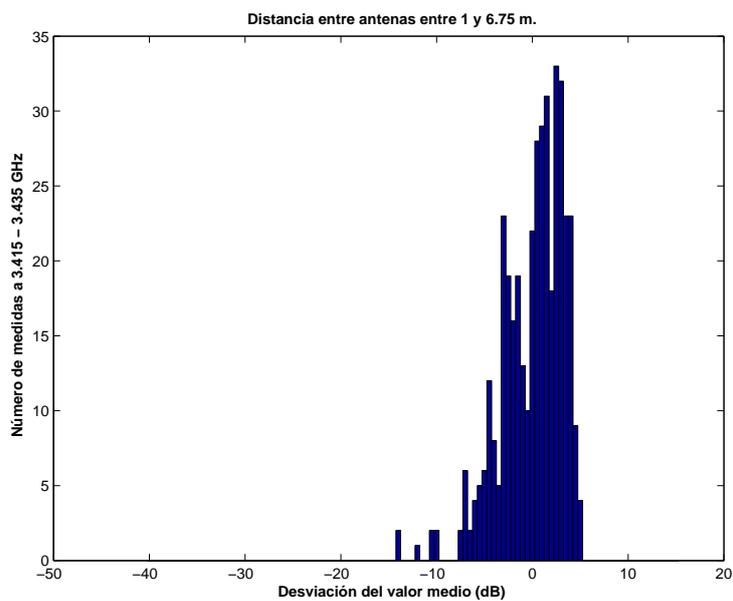


Figura 5.183: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.

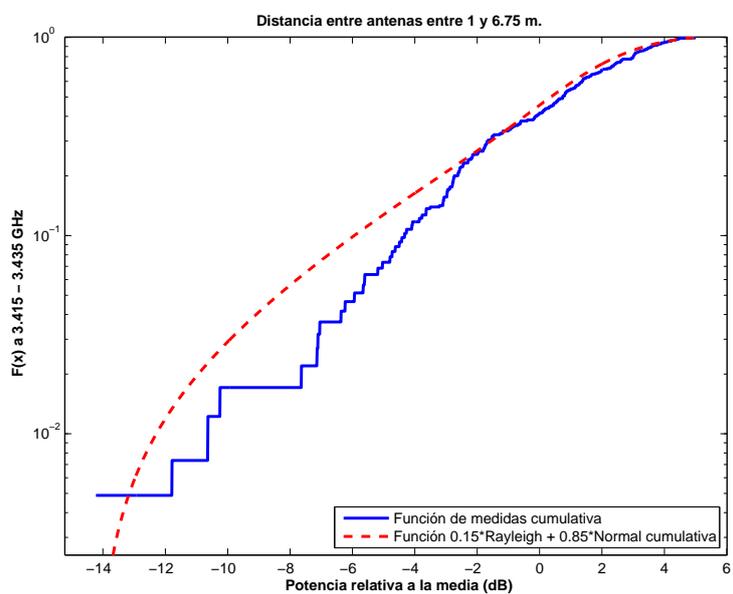


Figura 5.184: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.

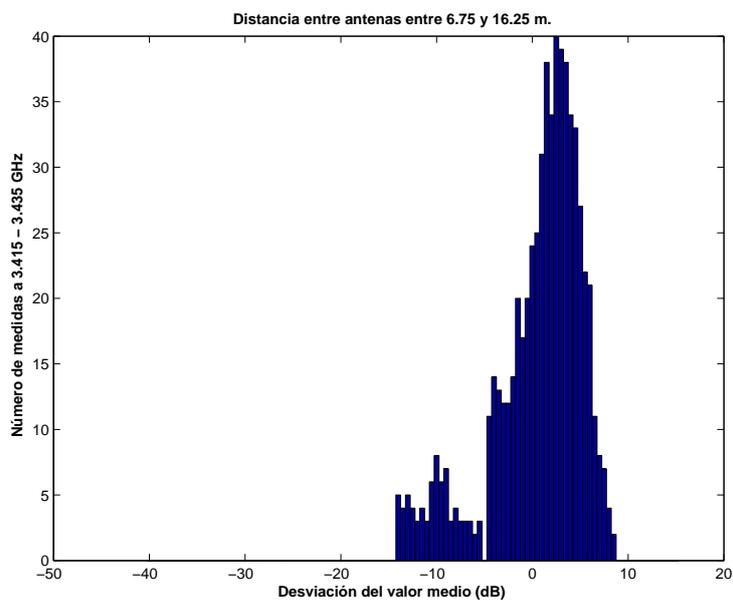


Figura 5.185: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

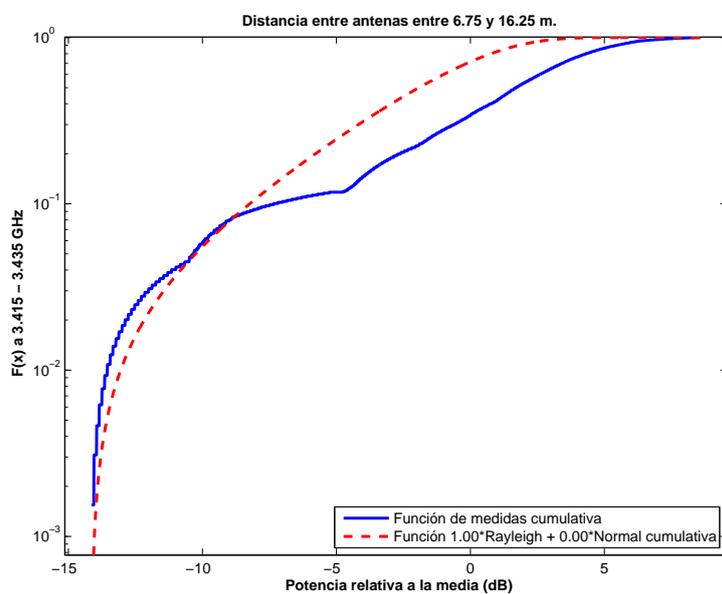


Figura 5.186: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.187 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 5.75 m.

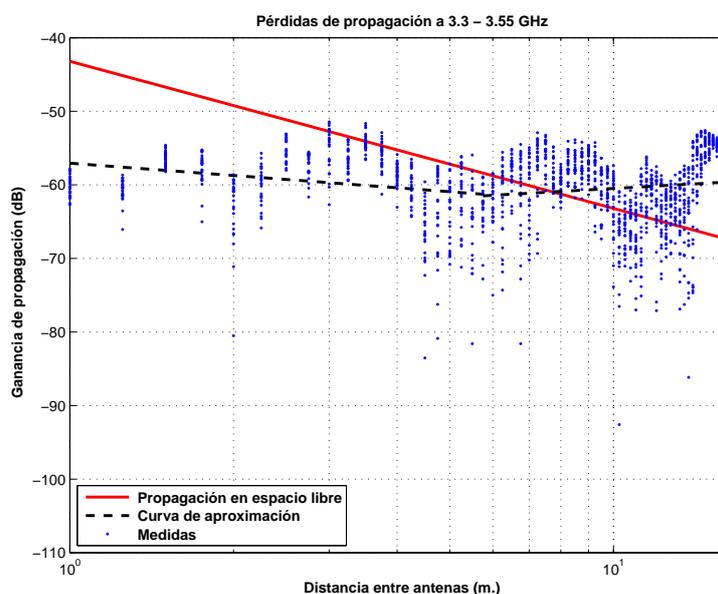


Figura 5.187: Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 57,05 + 5,55 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 5,75 \text{ m.} \\ 61,49 + (-4,18) * \log_{10}(d/5,75); & \text{si } d > 5,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.188. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 40 % Rayleigh y 60 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 3$, Figura 5.189.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.190. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.191.

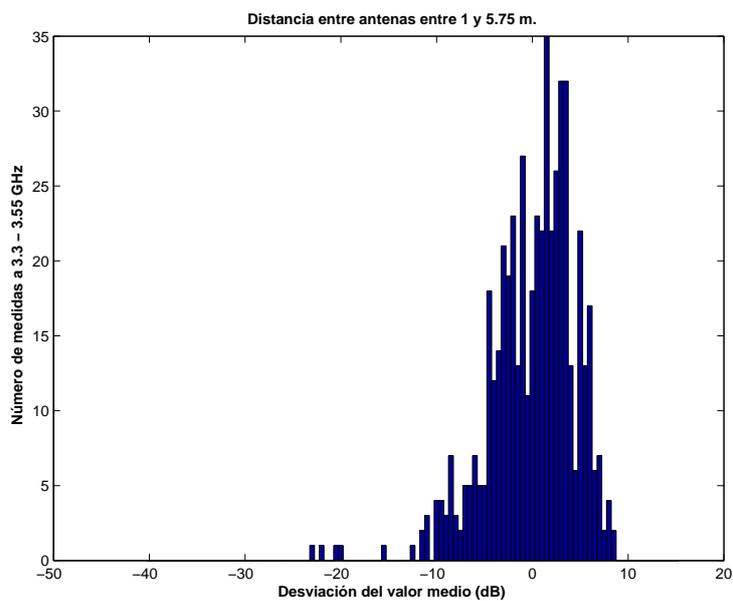


Figura 5.188: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5.75 m. de distancia entre antenas.

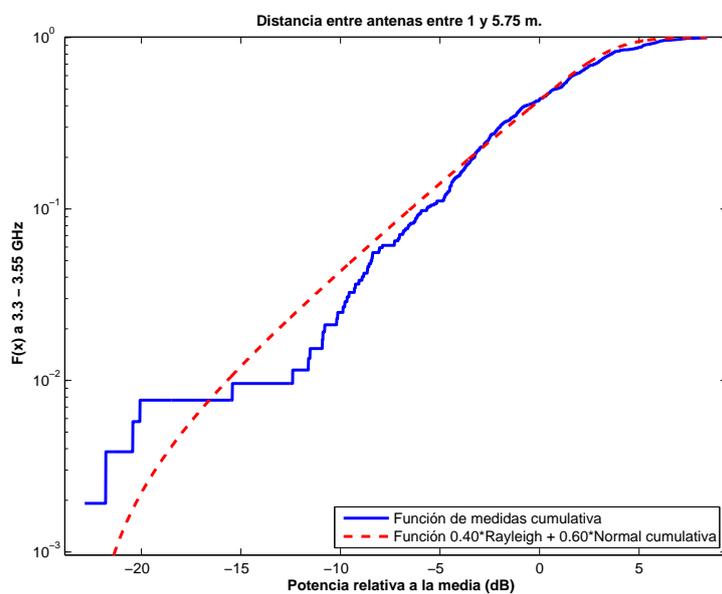


Figura 5.189: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5.75 m. de distancia entre antenas.

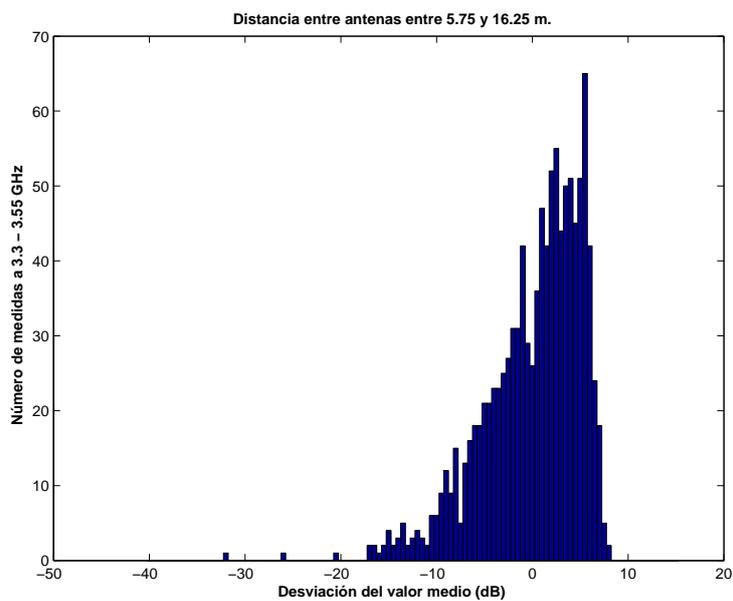


Figura 5.190: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

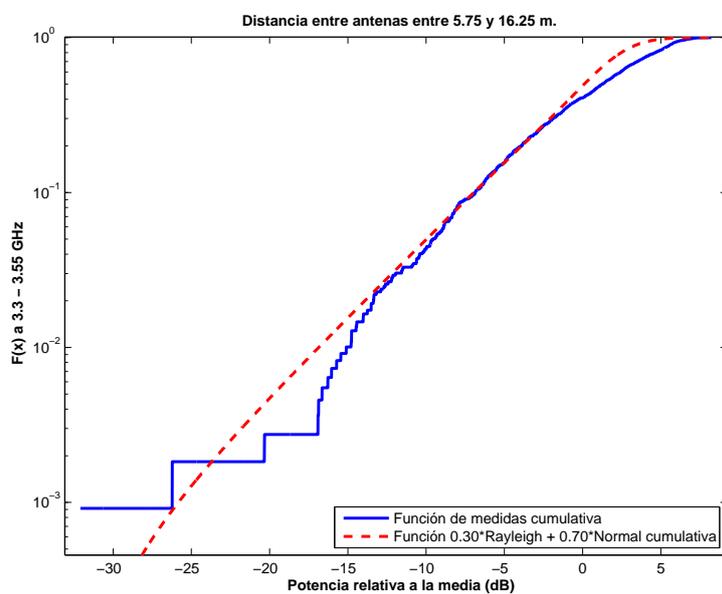


Figura 5.191: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.192 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 5.75 m.

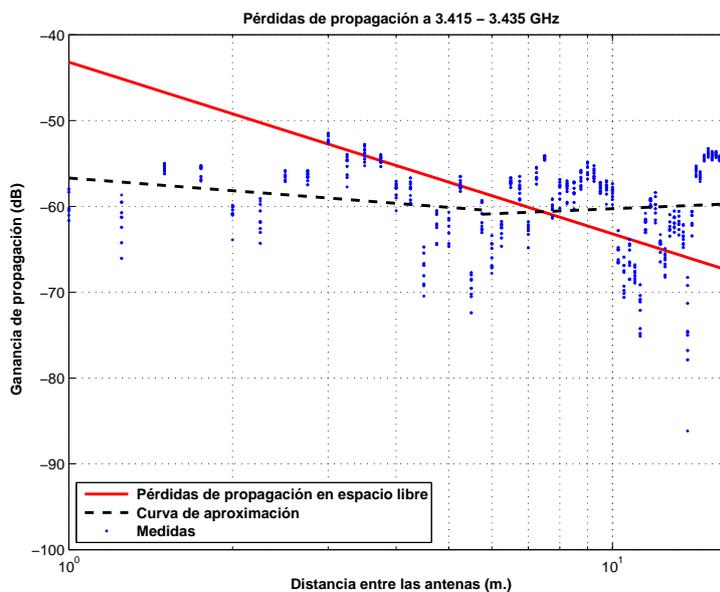


Figura 5.192: Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 56,70 + 4,90 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 5,75 \text{ m.} \\ 60,92 + (-2,65) * \log_{10}(d/5,75); & \text{si } d > 5,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.193 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.194.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.195. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 3$, Figura 5.196.

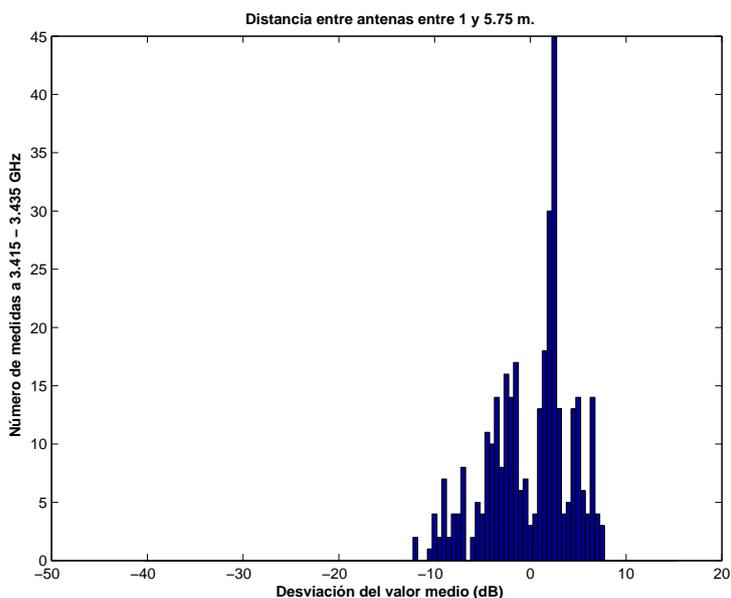


Figura 5.193: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.75 m. de distancia entre antenas.

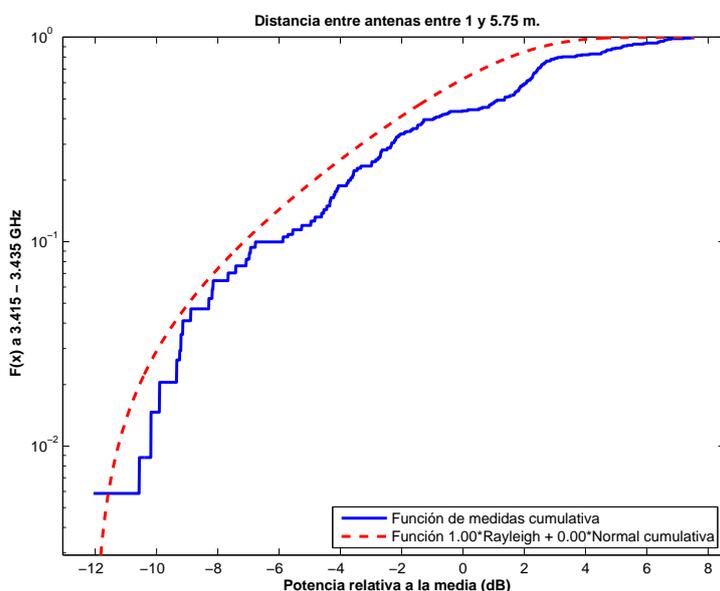


Figura 5.194: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.75 m. de distancia entre antenas.

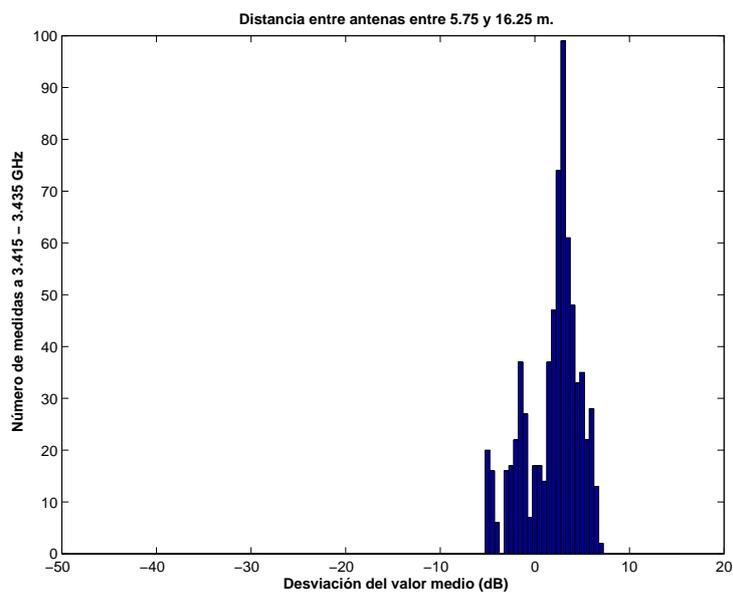


Figura 5.195: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

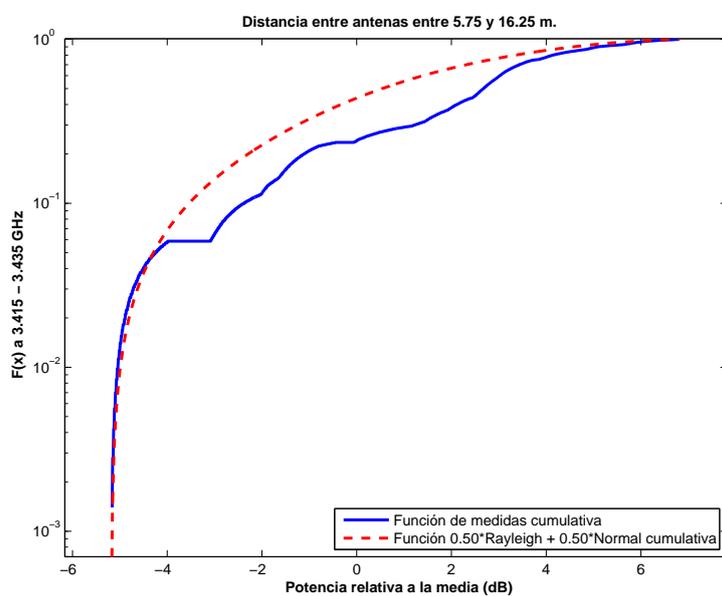


Figura 5.196: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.197 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 6.75 m. Este caso es una paralela a la Figura 5.187 con una pérdida adicional de 3 dB aproximadamente debido a que tiene implícitas unas pérdidas introducidas por el polarizador.

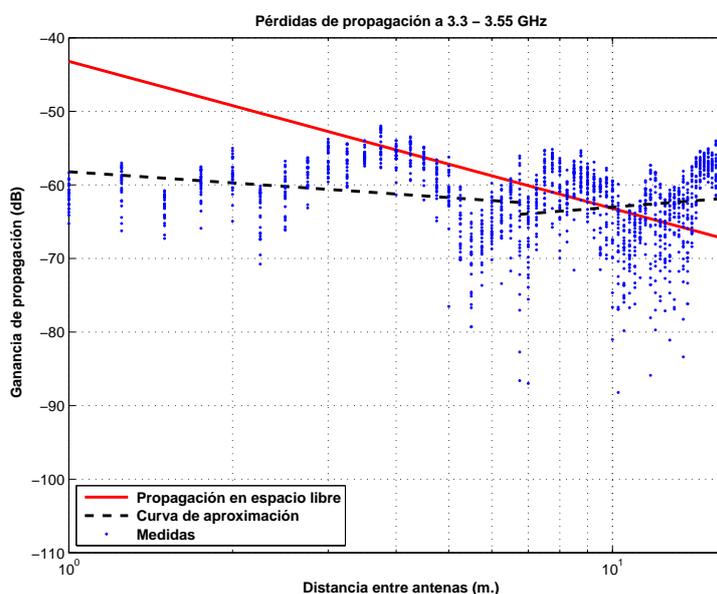


Figura 5.197: Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,20 + 5,04 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,75 \text{ m.} \\ 64,00 + (-5,77) * \log_{10}(d/6,75); & \text{si } d > 6,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.198 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.199.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.200 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.201.

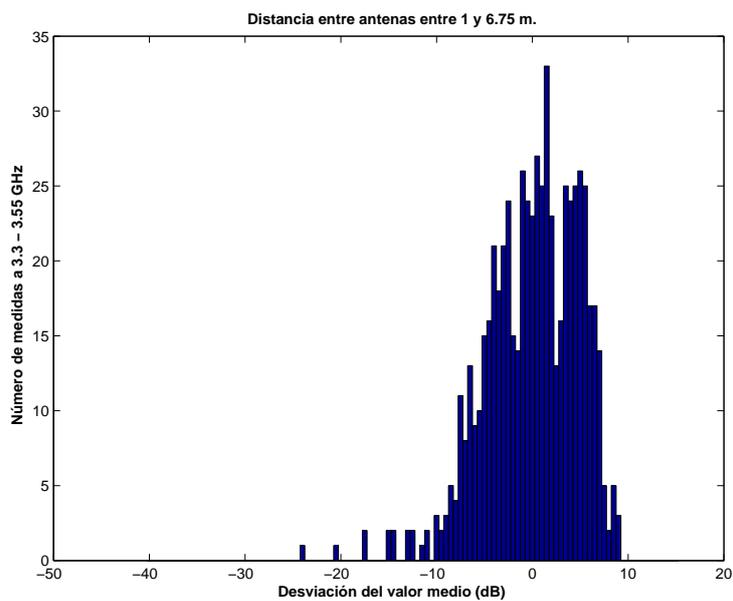


Figura 5.198: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.

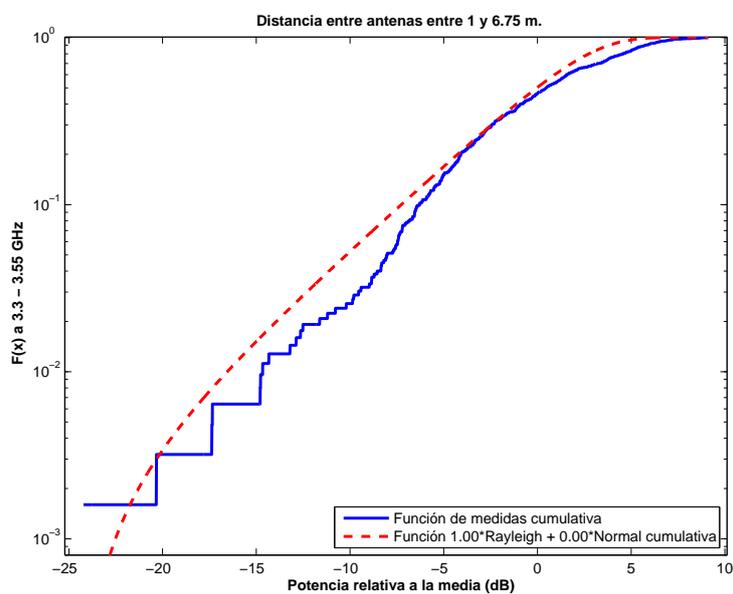


Figura 5.199: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.

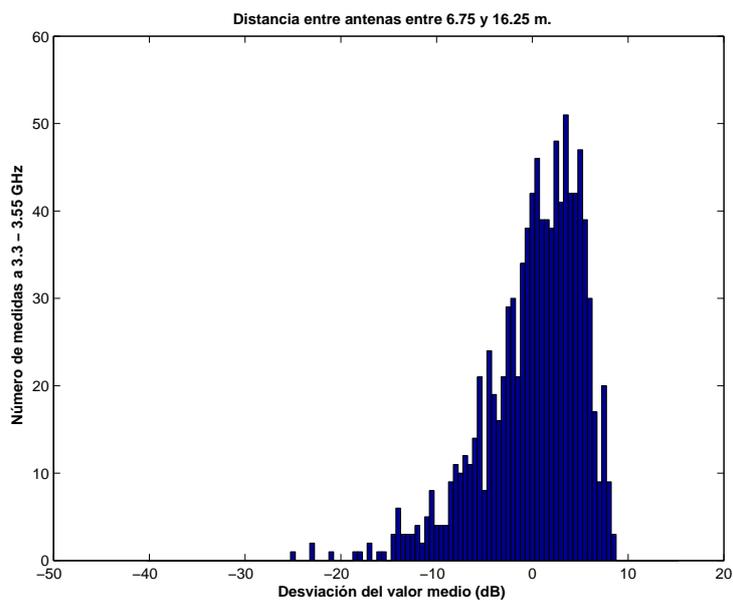


Figura 5.200: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

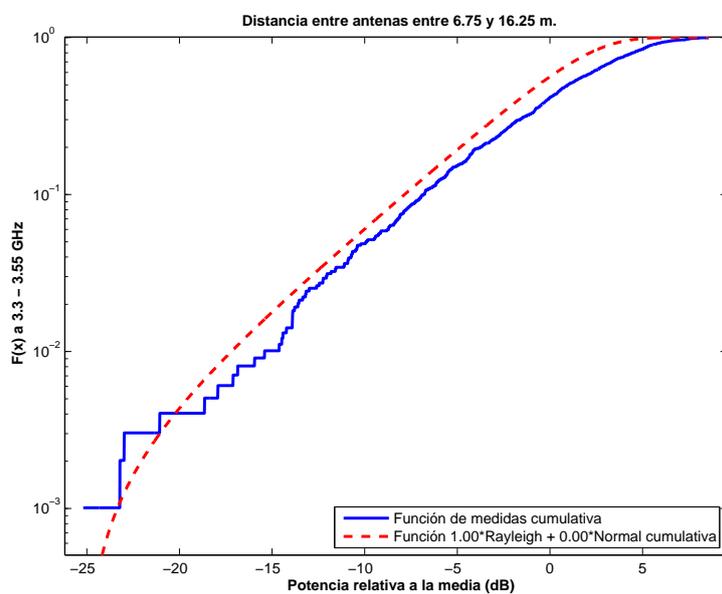


Figura 5.201: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.202 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 6.5 m. Este caso es una paralela a la Figura 5.192 con una pérdida adicional de 3 dB aproximadamente debido a que tiene implícitas unas pérdidas introducidas por el polarizador.

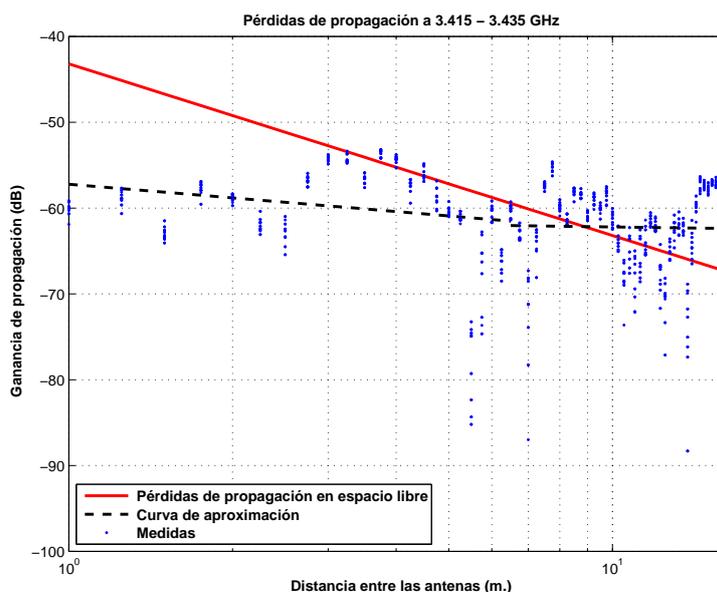


Figura 5.202: Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 57,22 + 5,28 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,5 \text{ m.} \\ 62,04 + 0,85 * \log_{10}(d/6,5); & \text{si } d > 6,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.203. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 80 % Rayleigh y 20 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = -2$, Figura 5.204.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.205 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.206.

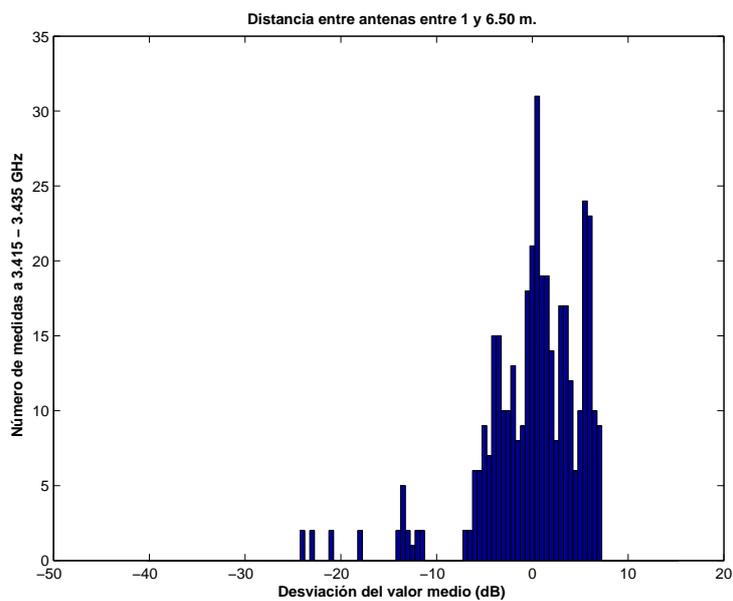


Figura 5.203: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

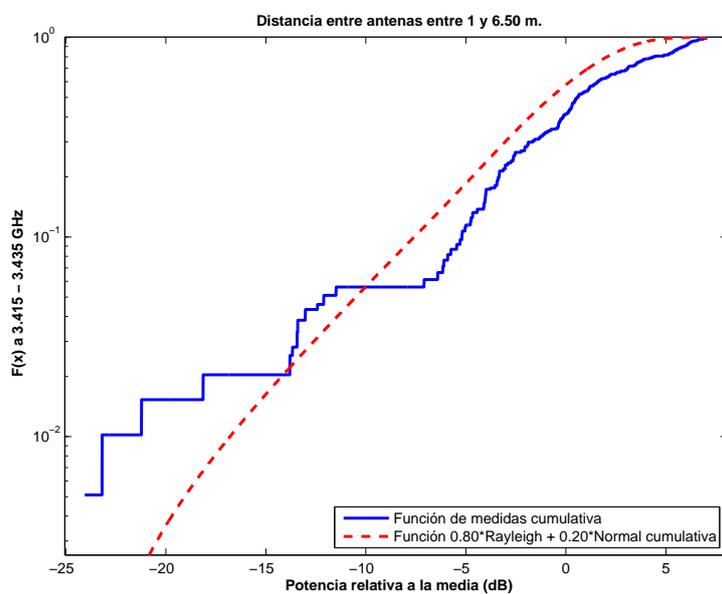


Figura 5.204: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

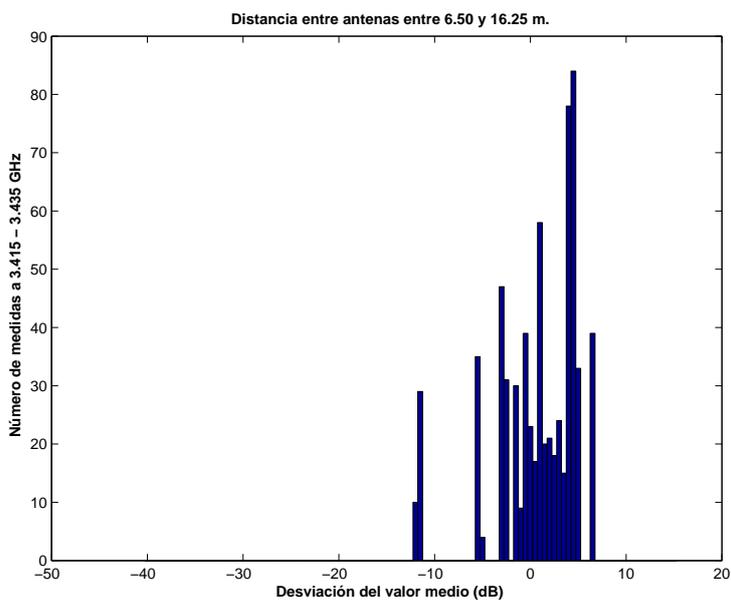


Figura 5.205: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

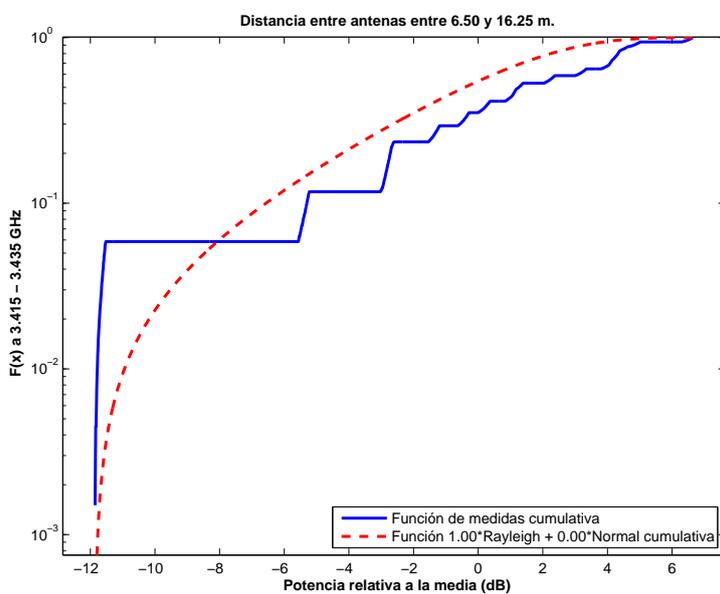


Figura 5.206: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.207 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido a que nos encontramos con un aumento de pérdidas puntuales entre 7 y 9 m., mientras que en la Figura 5.125 tiene el aumento de las pérdidas entre 6 y 7 m. y entre 9 y 10 m. por lo que se encuentran más repartidas.

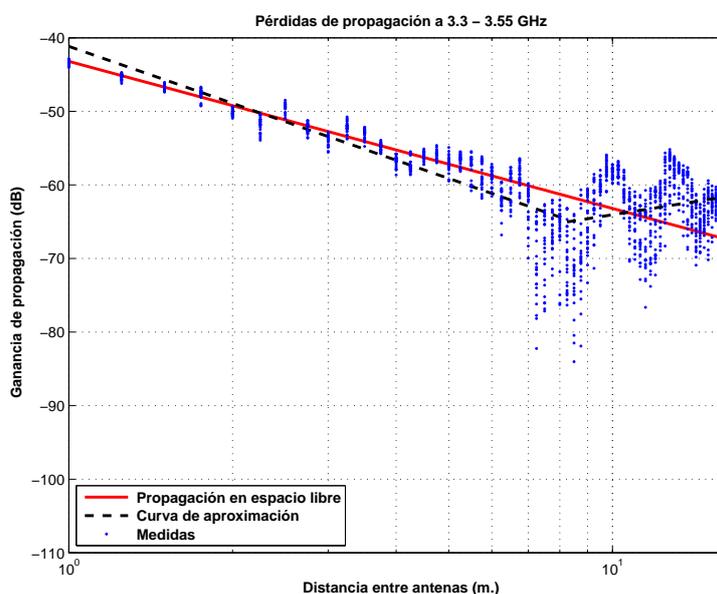


Figura 5.207: Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 41,17 + 25,69 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 8,25 \text{ m.} \\ 65,04 + (-11,77) * \log_{10}(d/8,25); & \text{si } d > 8,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.208. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0,5$, Figura 5.209.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.210 y se puede ajustar con una combinación de 40 % Rayleigh y 60 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.211.

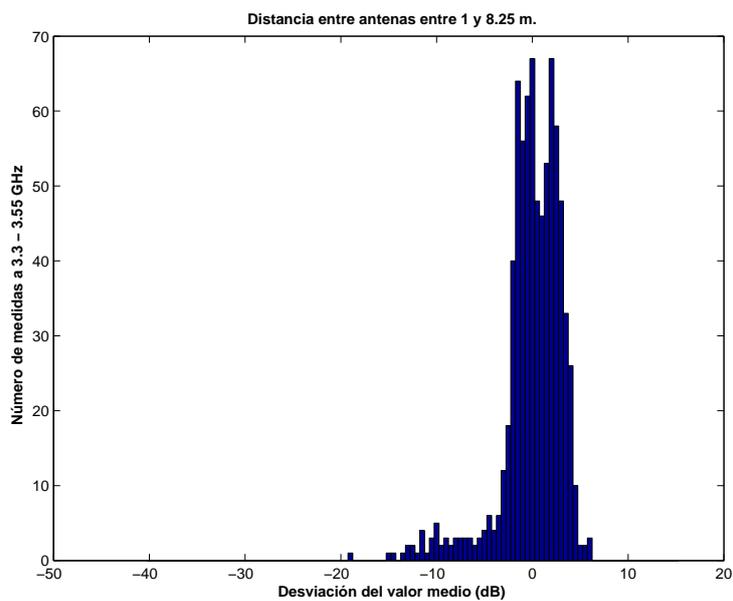


Figura 5.208: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 8.25 m. de distancia entre antenas.

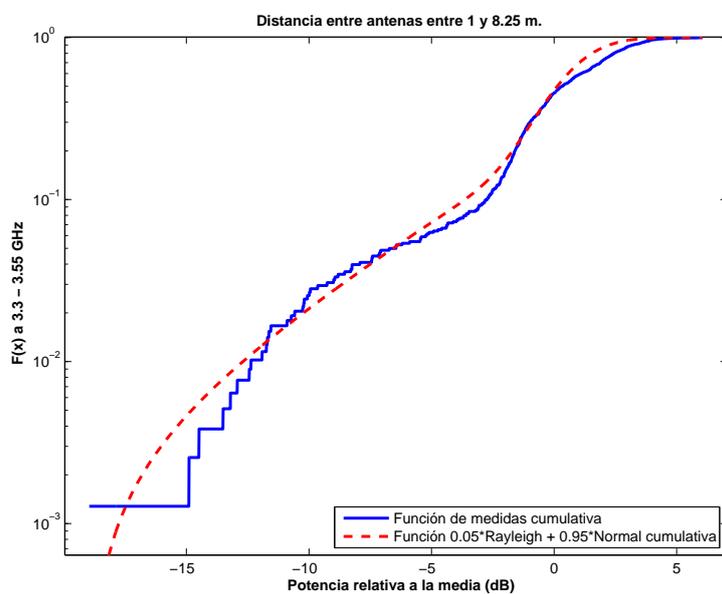


Figura 5.209: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 8.25 m. de distancia entre antenas.

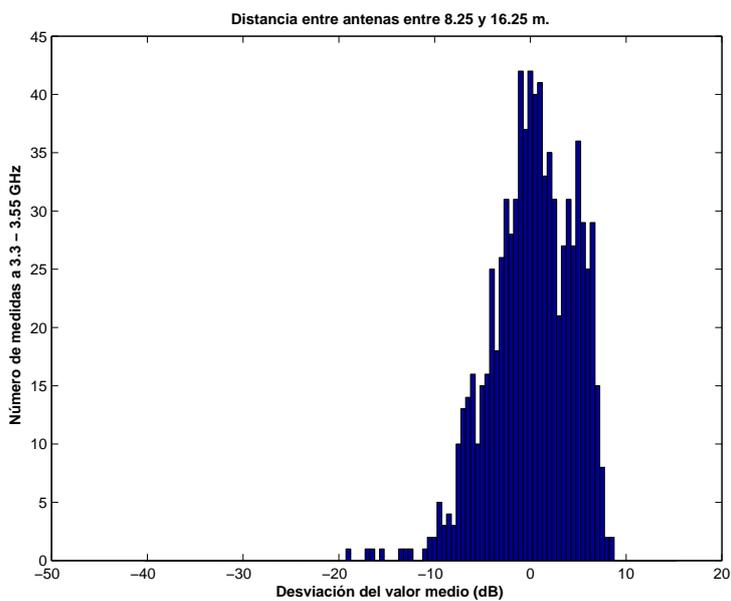


Figura 5.210: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 8.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

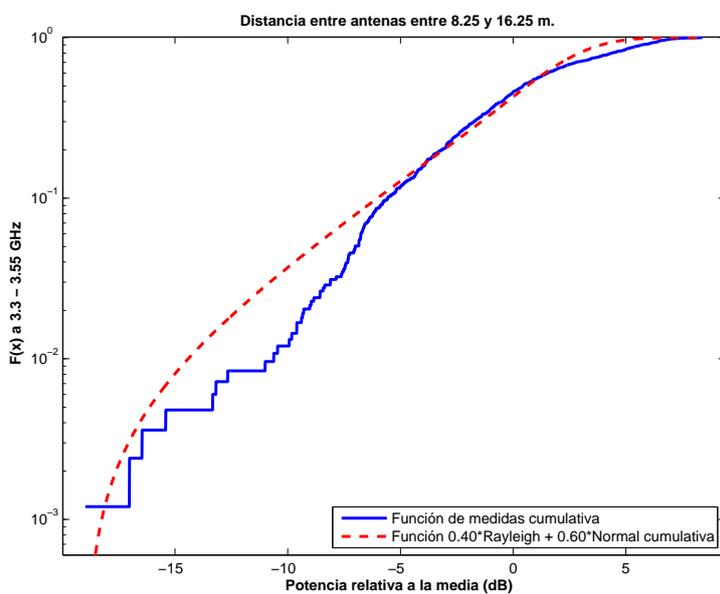


Figura 5.211: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 8.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.212 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido a que nos encontramos con un aumento de pérdidas puntuales entre 7 y 9 m., mientras que en la Figura 5.130 tiene el aumento de las pérdidas entre 6 y 7 m. y entre 9 y 10 m. por lo que se encuentran más repartidas.

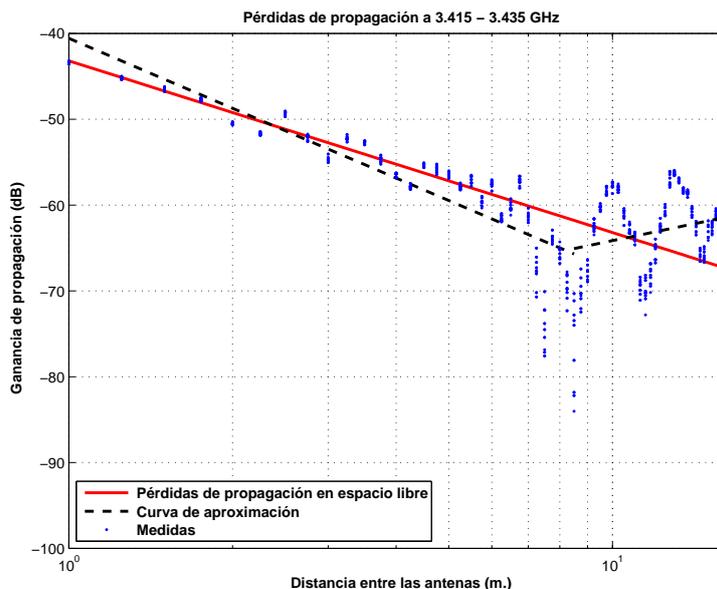


Figura 5.212: Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 40,58 + 27,03 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 8,5 \text{ m.} \\ 65,07 + (-13,09) * \log_{10}(d/8,5); & \text{si } d > 8,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.213. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.214.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.215 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.216.

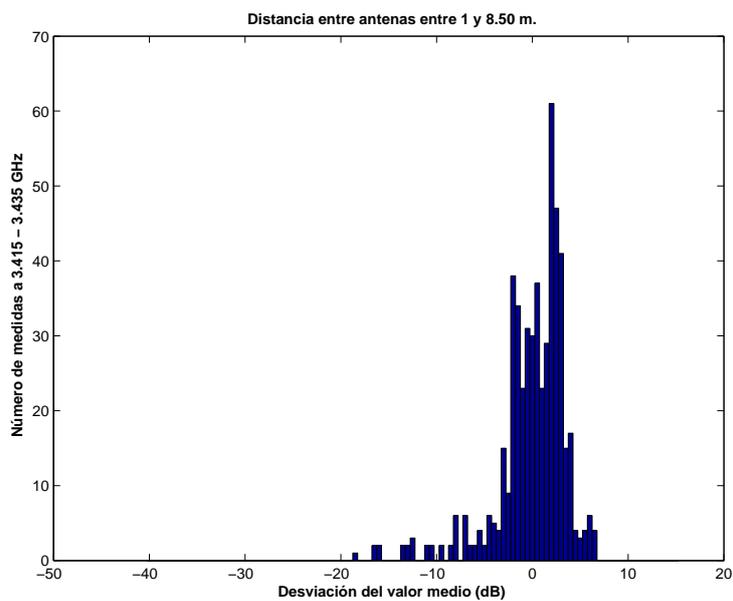


Figura 5.213: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 8.50 m. de distancia entre antenas.

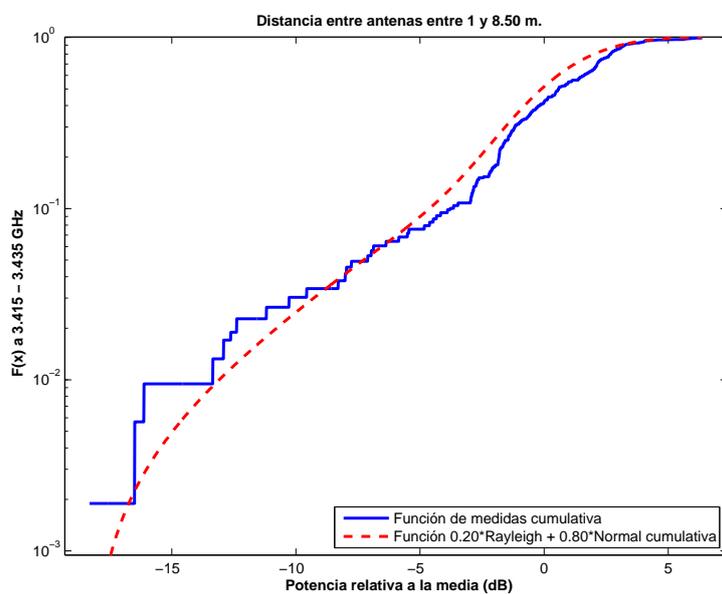


Figura 5.214: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 8.50 m. de distancia entre antenas.

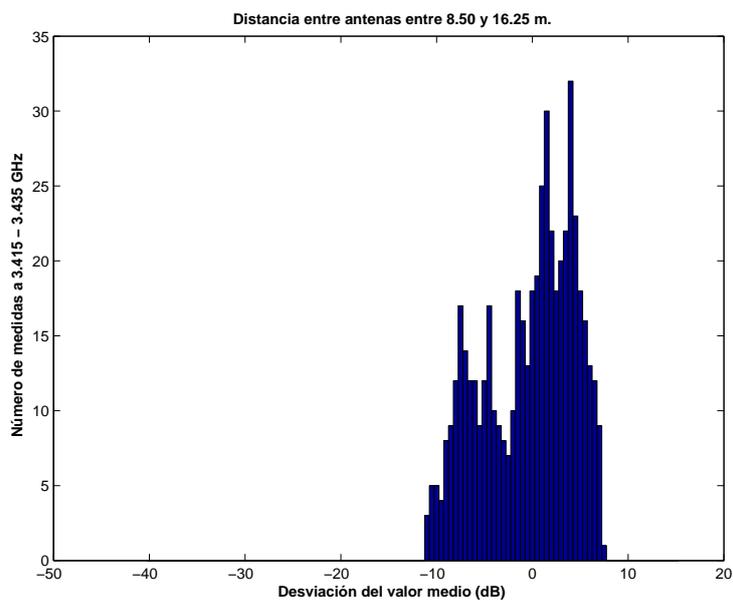


Figura 5.215: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 8.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

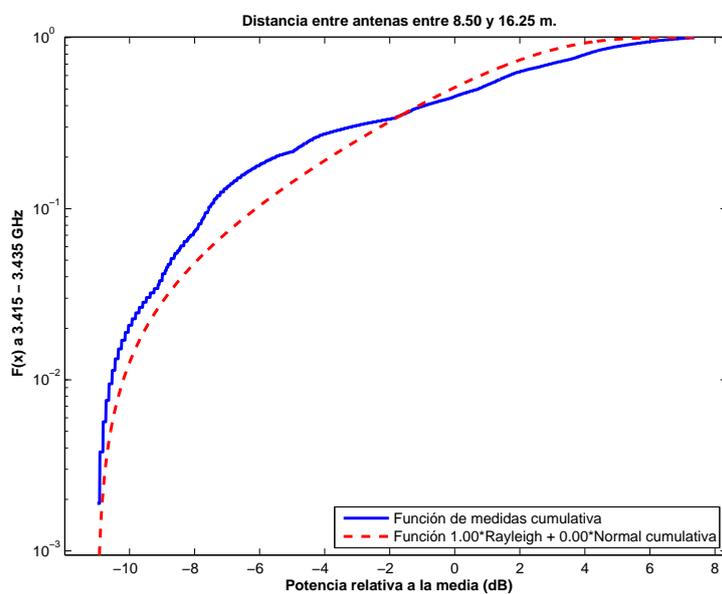


Figura 5.216: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 8.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.217 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por una paralela a las pérdidas de propagación en el espacio libre con un leve aumento en el exponente de propagación, debido a las pérdidas introducidas por el polarizador (3 dB aproximadamente), y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación. Ambos tramos están bajo la influencia del aumento de las pérdidas puntuales entre 6 y 9 m.

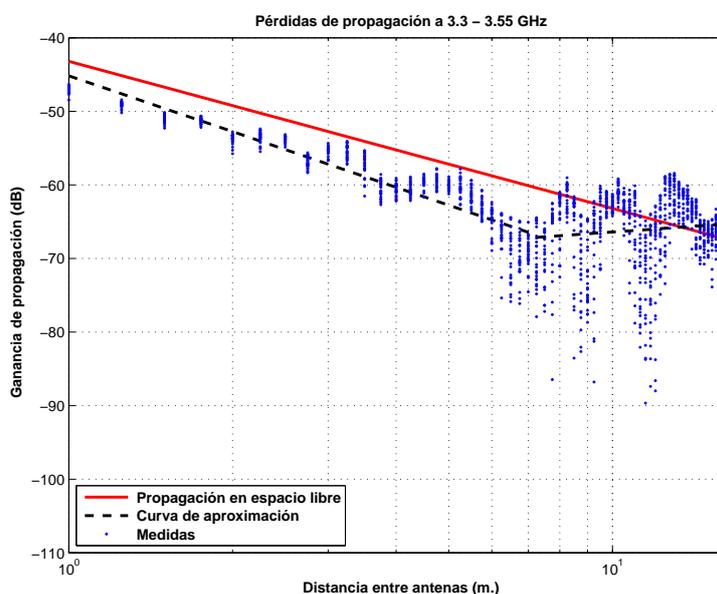


Figura 5.217: Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 45,18 + 25,16 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,25 \text{ m.} \\ 67,13 + (-5,22) * \log_{10}(d/7,25); & \text{si } d > 7,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.218. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.219.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.220 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.221.

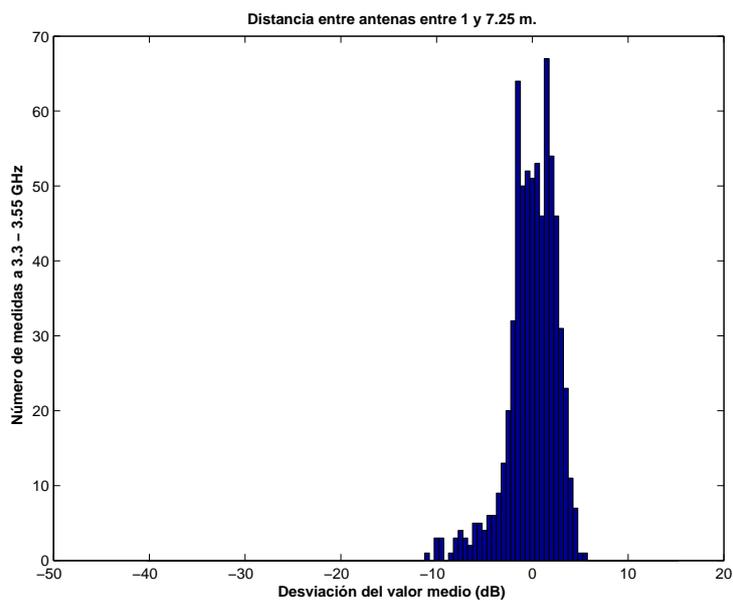


Figura 5.218: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7.25 m. de distancia entre antenas.

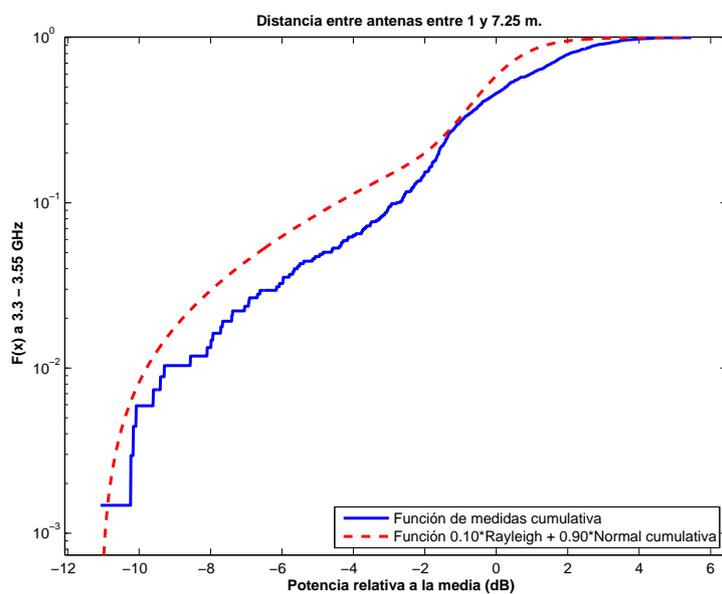


Figura 5.219: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7.25 m. de distancia entre antenas.

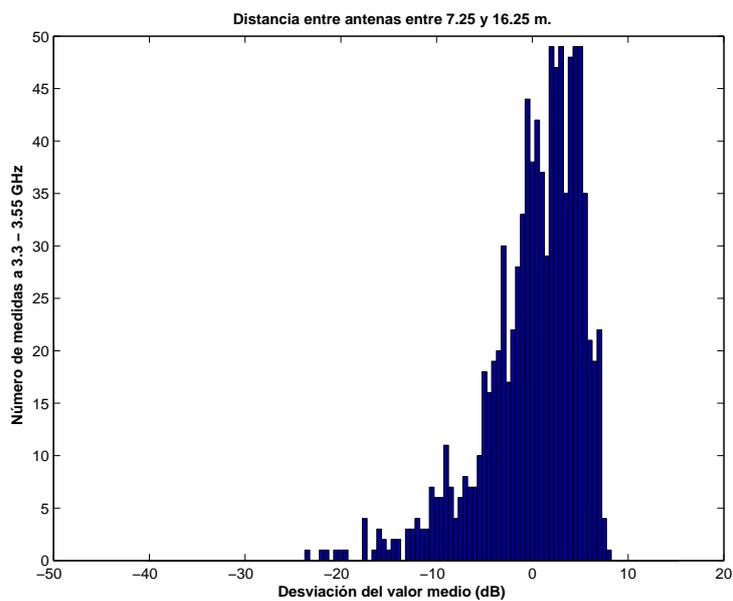


Figura 5.220: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

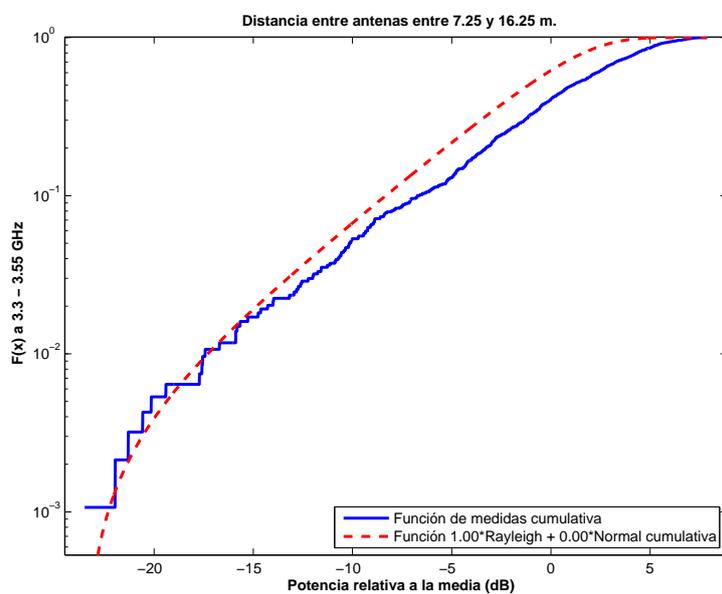


Figura 5.221: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.222 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por una paralela a las pérdidas de propagación en el espacio libre con un leve aumento en el exponente de propagación, debido a las pérdidas introducidas por el polarizador (3 dB aproximadamente), y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación. Ambos tramos están bajo la influencia del aumento de las pérdidas puntuales entre 6 y 9 m.

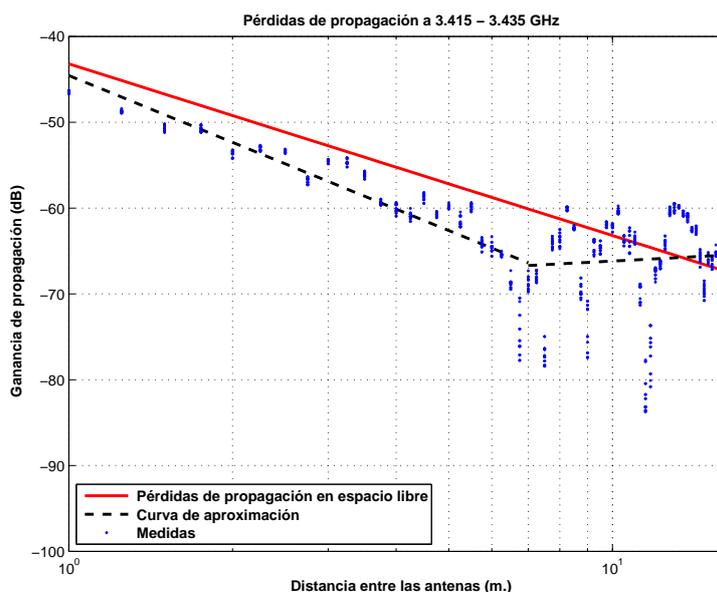


Figura 5.222: Pasillo de 2 m. de ancho (1.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 44,57 + 25,83 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7 \text{ m.} \\ 66,70 + (-3,35) * \log_{10}(d/7); & \text{si } d > 7 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.223. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 1$, Figura 5.224.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.225 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.226.

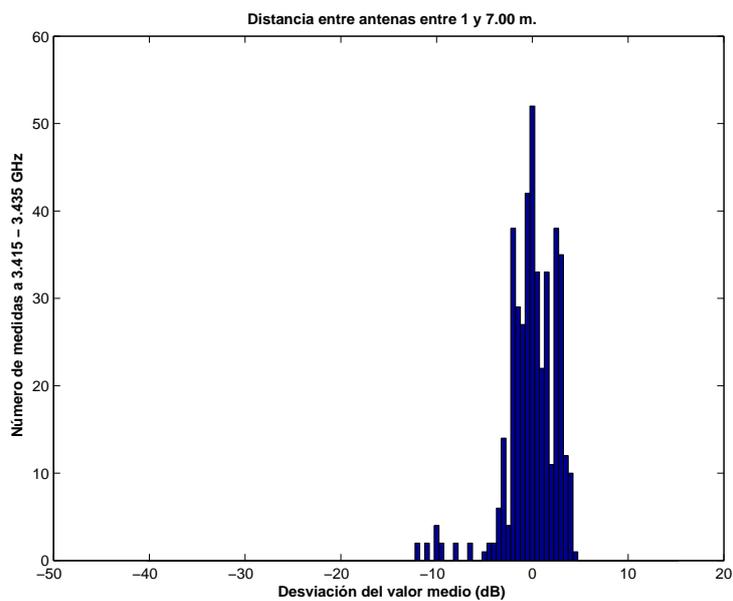


Figura 5.223: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

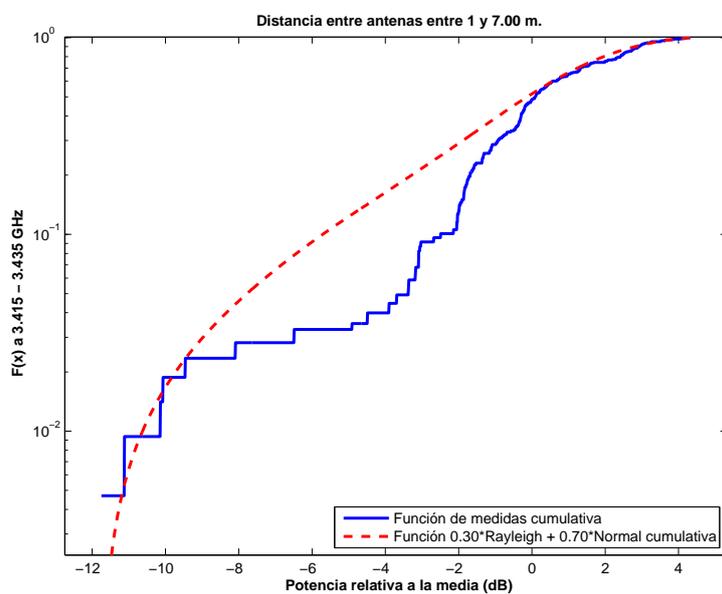


Figura 5.224: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

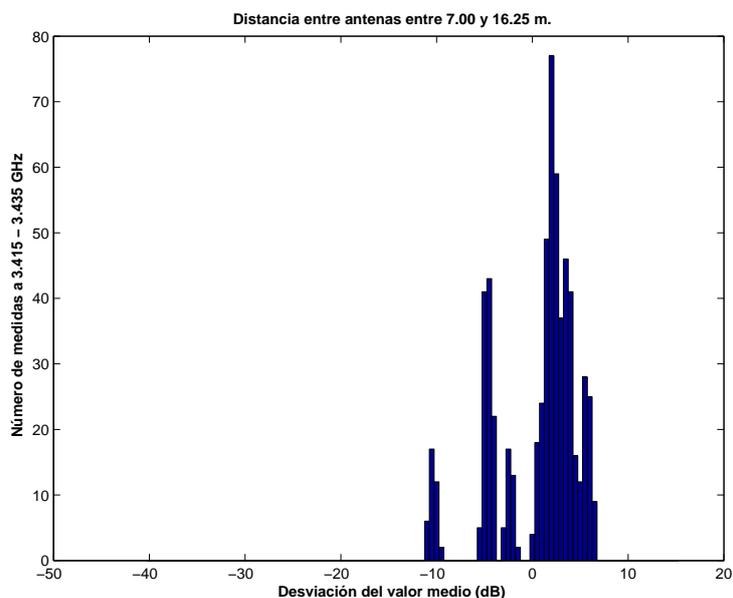


Figura 5.225: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

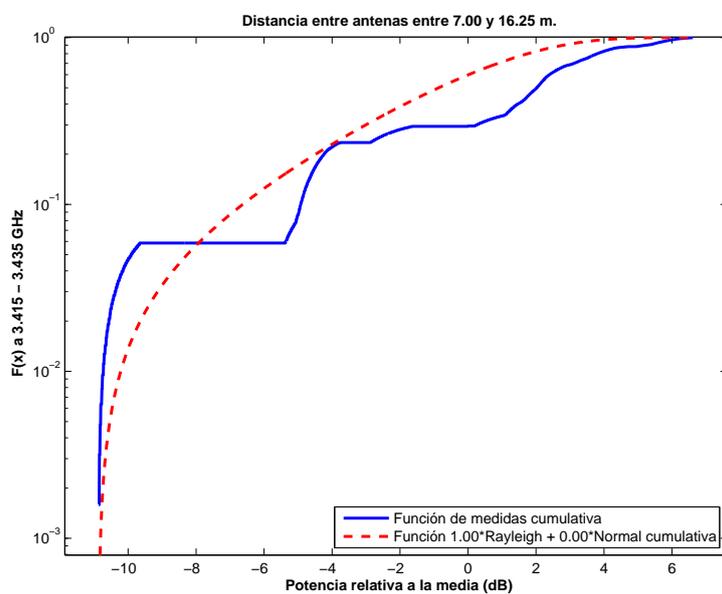


Figura 5.226: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.227 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 6.5 m.

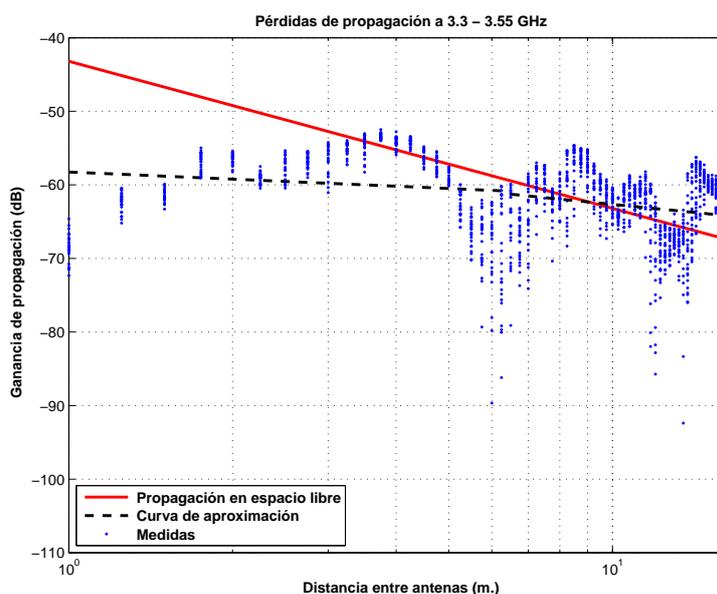


Figura 5.227: Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,25 + 3,20 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,5 \text{ m.} \\ 61,27 + 7,32 * \log_{10}(d/6,5); & \text{si } d > 6,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.228. Dicha desviación se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.229.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.230 y se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.231.

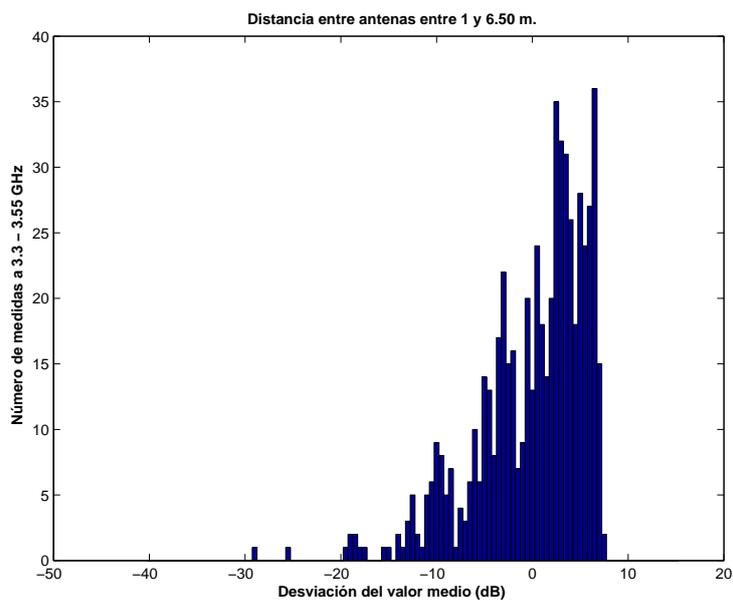


Figura 5.228: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

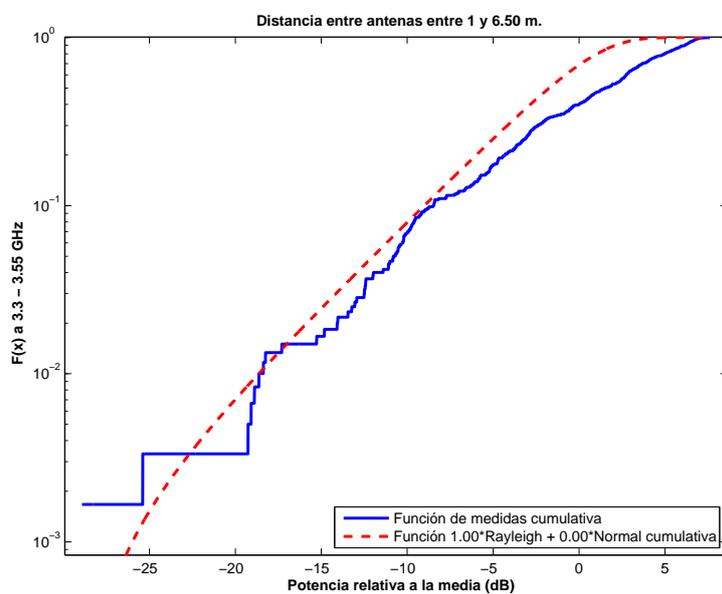


Figura 5.229: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

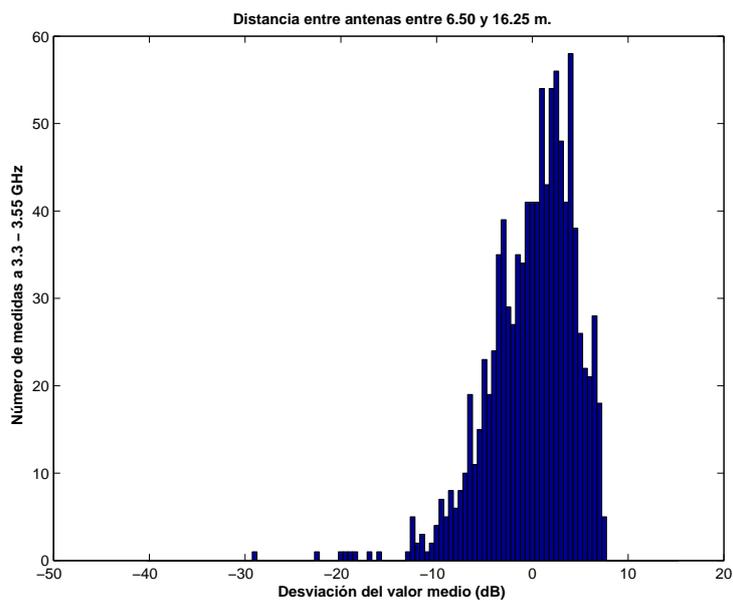


Figura 5.230: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

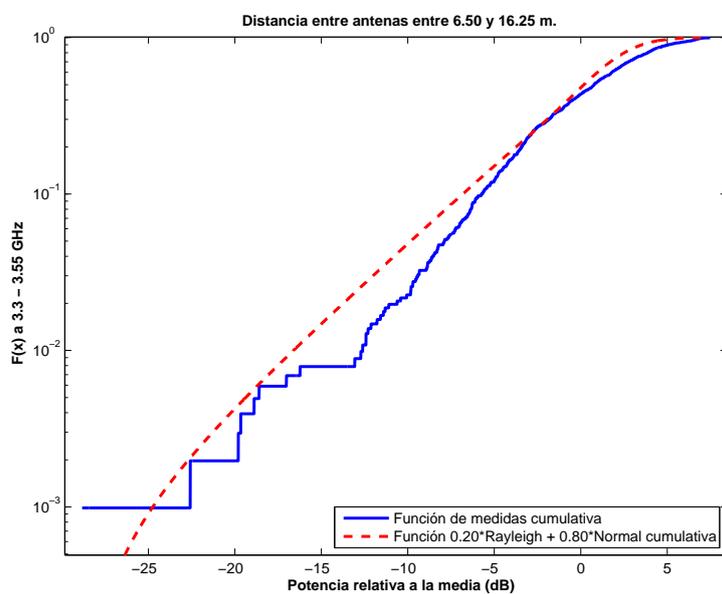


Figura 5.231: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.232 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 6.5 m.

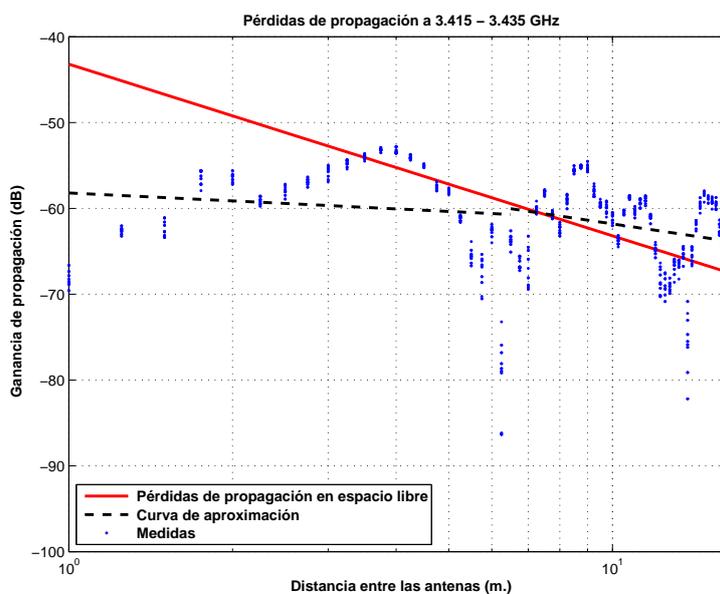


Figura 5.232: Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,20 + 3,09 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,5 \text{ m.} \\ 60,04 + 9,44 * \log_{10}(d/6,5); & \text{si } d > 6,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.233. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 4$, Figura 5.234.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.235. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 4$, Figura 5.236.

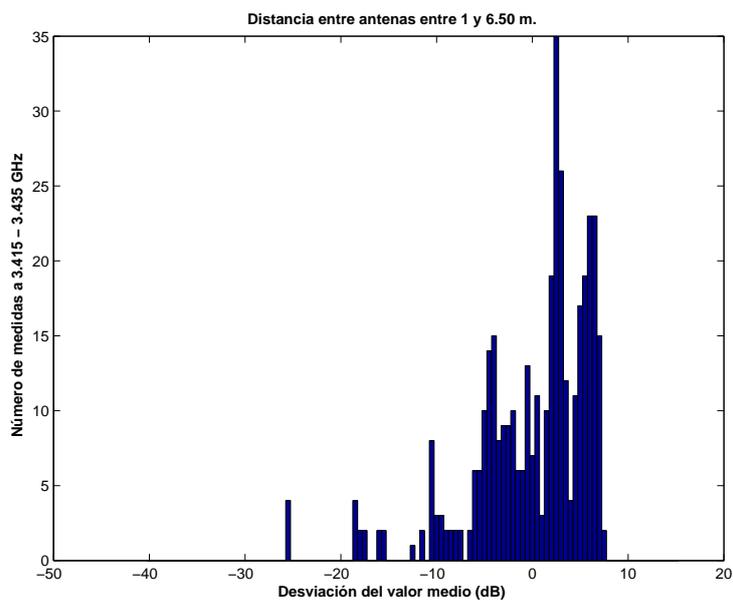


Figura 5.233: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

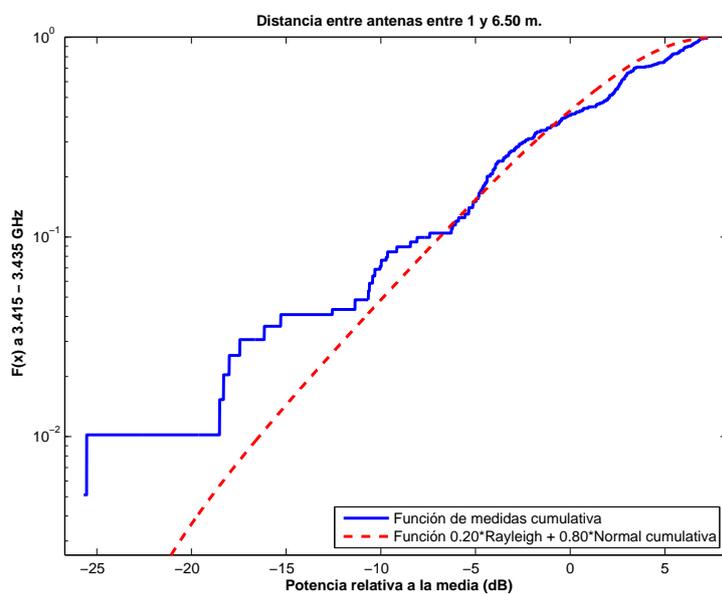


Figura 5.234: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

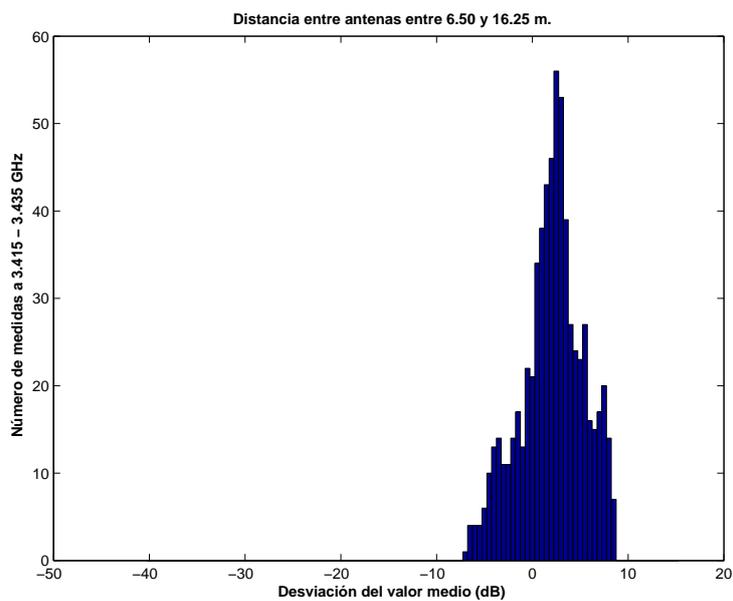


Figura 5.235: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

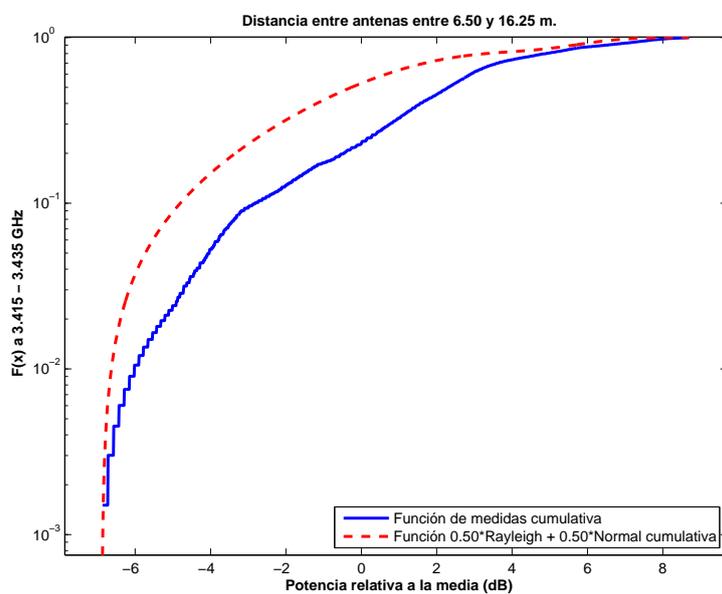


Figura 5.236: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.237 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 6 m. Caso similar al de la Figura 5.227 incluyendo una pérdida de 3 dB introducidos por el polarizador. Existe un aumento de las pérdidas puntuales entre 5 y 7 m. con respecto a la Figura 5.155 y una reducción de las pérdidas en el máximo de la distancia entre las antenas.

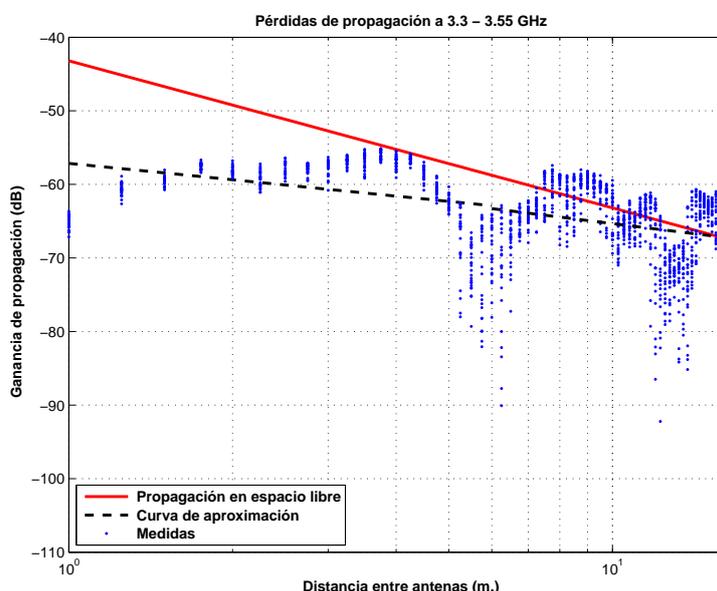


Figura 5.237: Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 57,15 + 7,39 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6 \text{ m.} \\ 63,29 + 9,16 * \log_{10}(d/6); & \text{si } d > 6 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.238. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 5$, Figura 5.239.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.240 y se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 4$, Figura 5.241.

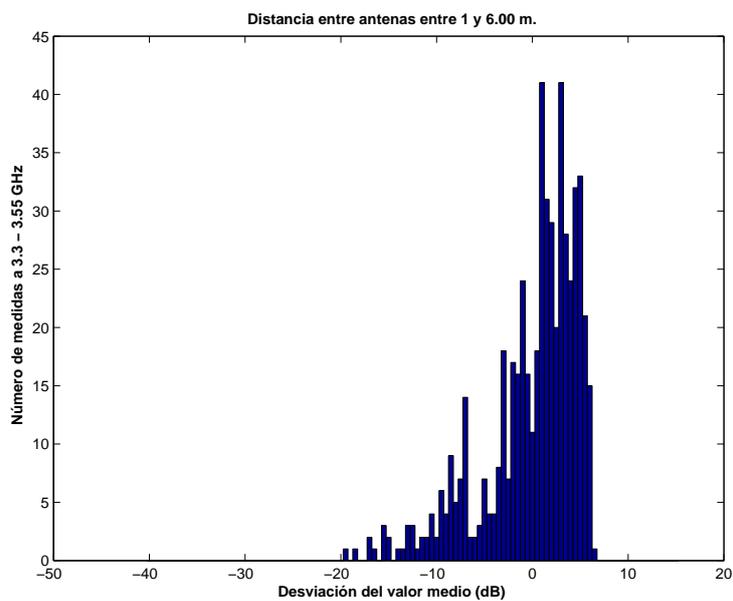


Figura 5.238: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.00 m de distancia entre antenas.

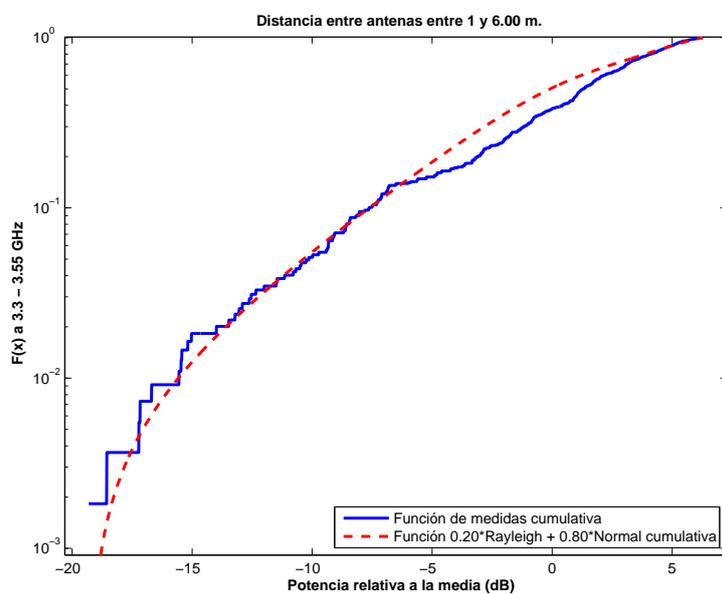


Figura 5.239: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.00 m de distancia entre antenas.

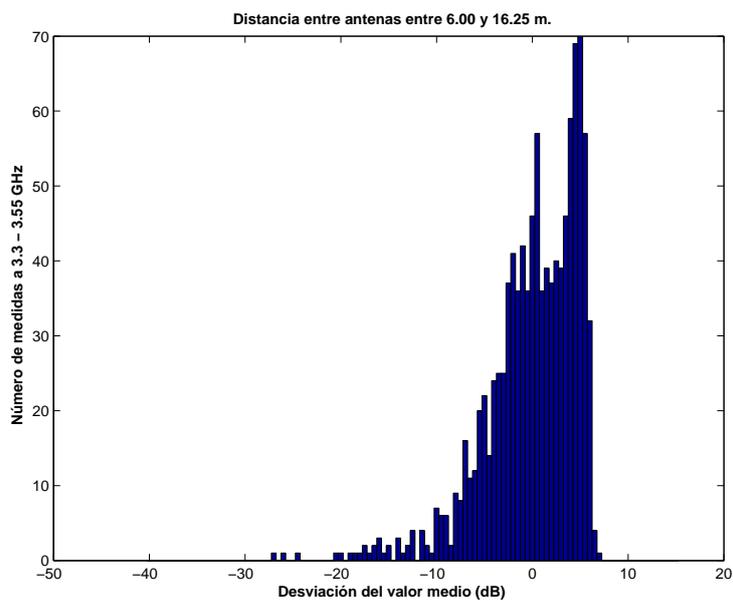


Figura 5.240: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.00 y 16.75 m de distancia entre antenas.

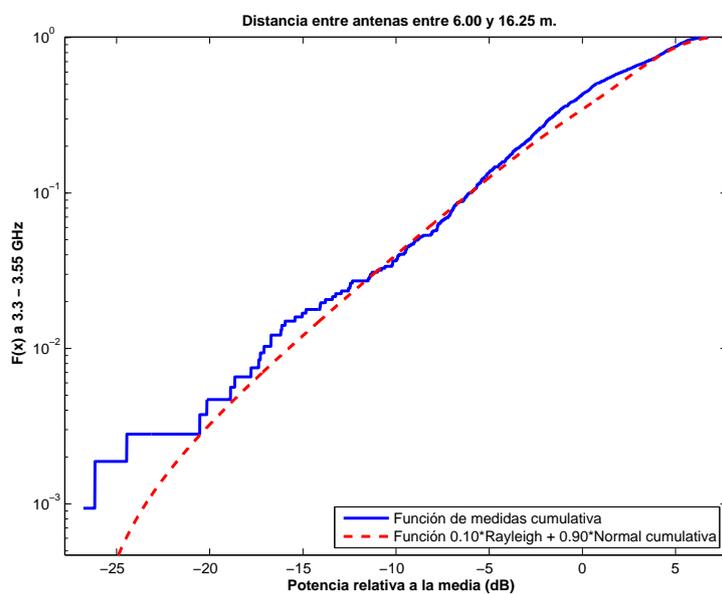


Figura 5.241: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.00 y 16.75 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.242 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 6 m. Caso similar al de la Figura 5.232 incluyendo una pérdida de 3 dB introducidos por el polarizador. Existe un aumento de las pérdidas puntuales entre 5 y 7 m. con respecto a la Figura 5.160 y una reducción de las pérdidas en el máximo de la distancia entre las antenas.

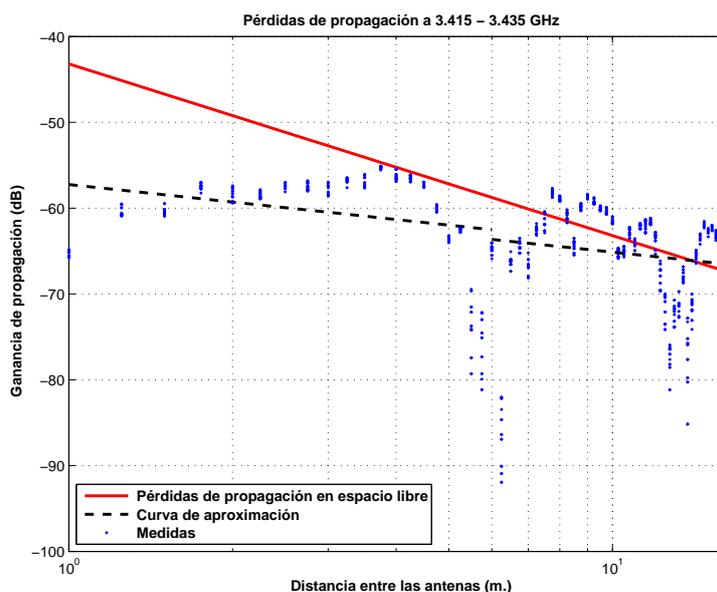


Figura 5.242: Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 57,25 + 6,77 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6 \text{ m.} \\ 63,64 + 6,68 * \log_{10}(d/6); & \text{si } d > 6 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.243. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.244.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.245. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 5$, Figura 5.246.

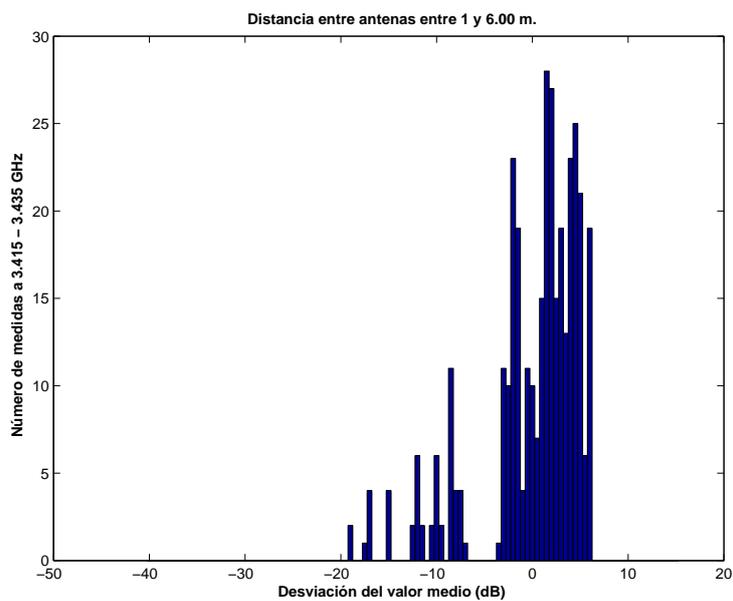


Figura 5.243: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.00 m de distancia entre antenas.

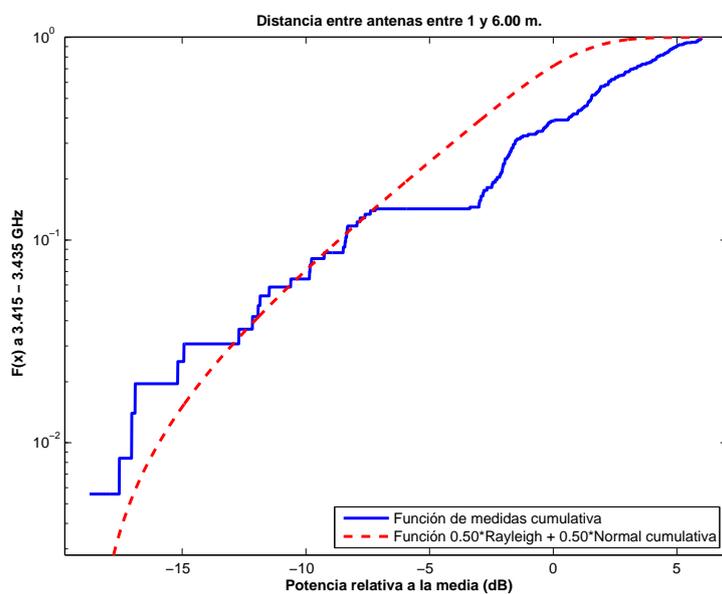


Figura 5.244: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.00 m de distancia entre antenas.

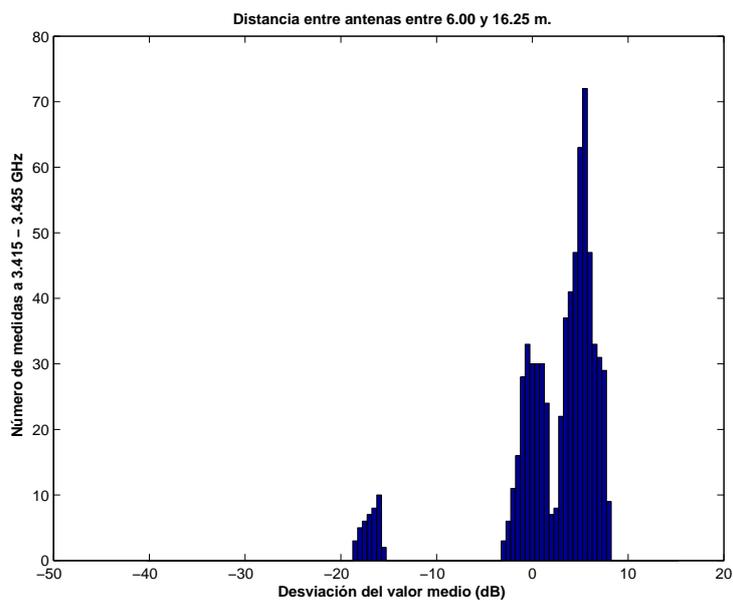


Figura 5.245: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.00 y 16.75 m de distancia entre antenas.

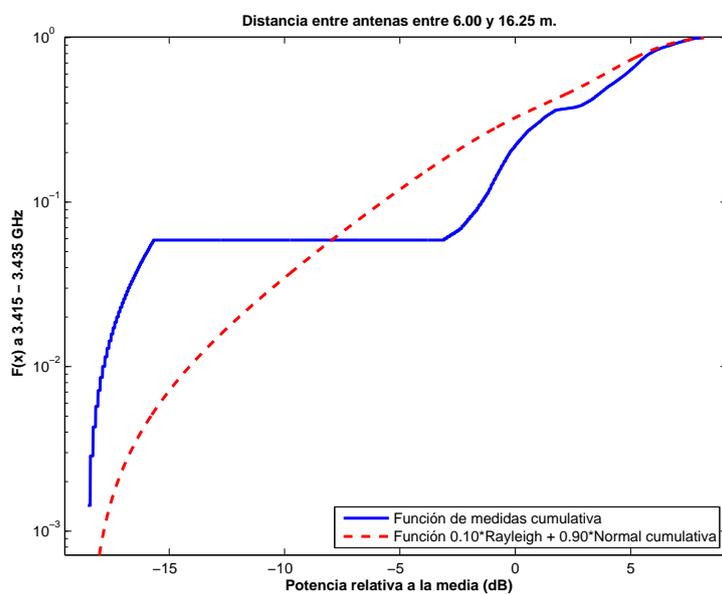


Figura 5.246: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(1.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.00 y 16.75 m de distancia entre antenas.

5.1.4. Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas)



Figura 5.247: Plano del pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), edificio B



Figura 5.248: Foto del pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), edificio B

Distancia máxima del enlace: 16.75 m.

Entorno: Pasillo de 2 m. de ancho, a 0.50 m. de las puertas y 1.50 m. de la pared, zona central, cerca de los ascensores, del pasillo de la planta 4ª del edificio B.

Altura de las antenas: La altura de la antena receptora, la del elemento simple, siempre es de 1.40 m., mientras que la altura de la antena transmisora puede ser de 1.40 m. o de 2.50 m. indicado según el caso.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 3.3 a 3.55 GHz y un canal de 20 MHz, de 3.415 a 3.435 GHz

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.249 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre con una mínima desviación del exponente de propagación y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido al modo de propagación por guía de onda, por encontrarnos en un pasillo estrecho. Este caso presenta una leve mejoría, en la zona de la máxima separación entre las antenas, al caso de la Figura 5.85.

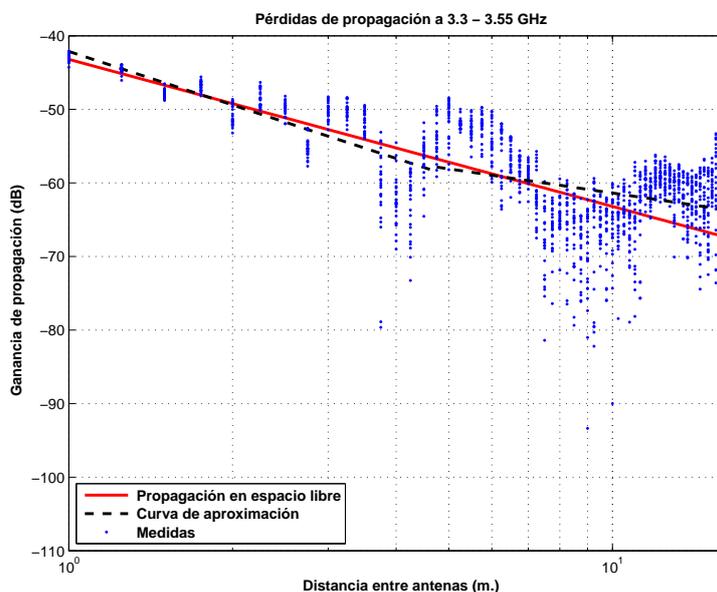


Figura 5.249: Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 42,14 + 24,13 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,75 \text{ m.} \\ 57,84 + 10,92 * \log_{10}(d/4,75); & \text{si } d > 4,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.250. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.251.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.252 y el mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 80 % Rayleigh y 20 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.253.

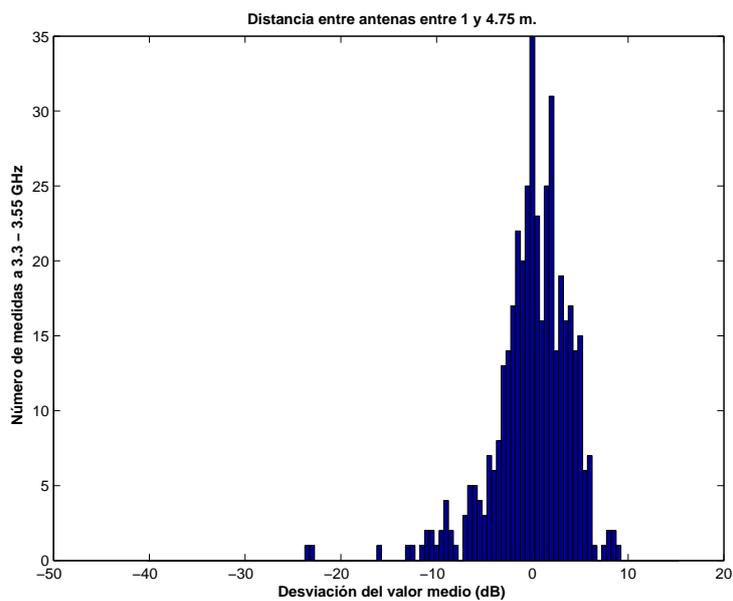


Figura 5.250: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.75 m de distancia entre antenas.

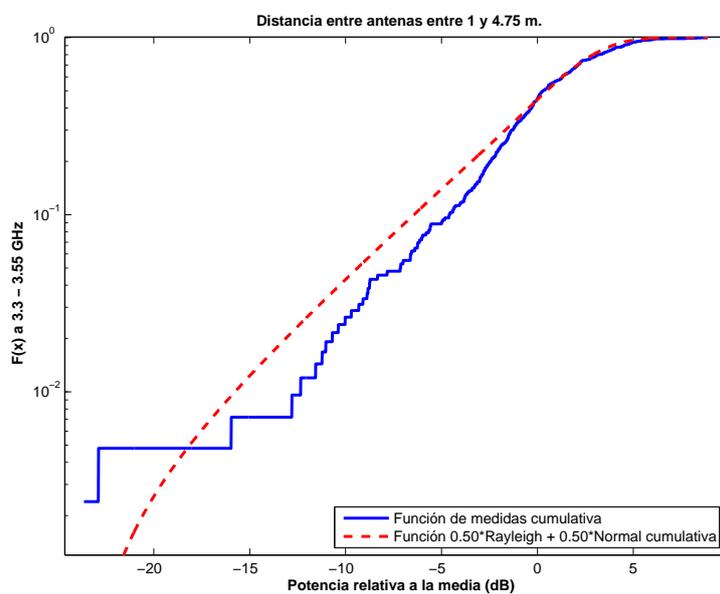


Figura 5.251: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.75 m de distancia entre antenas.

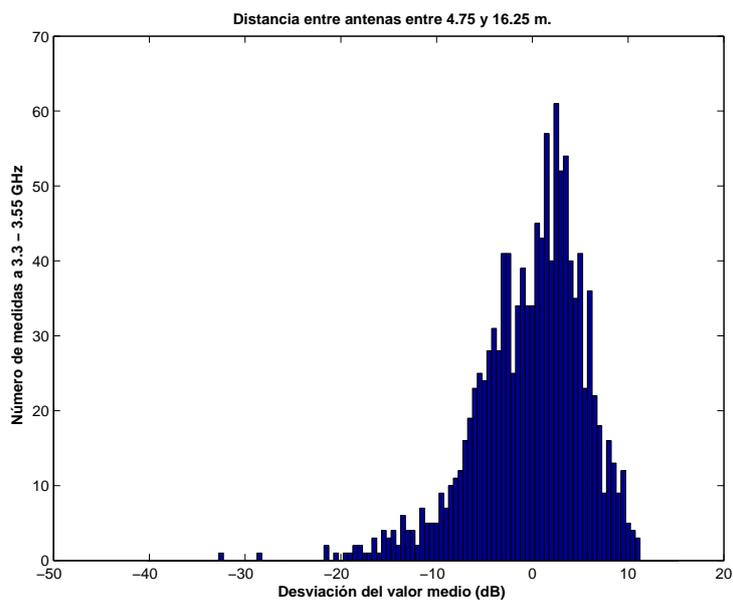


Figura 5.252: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.

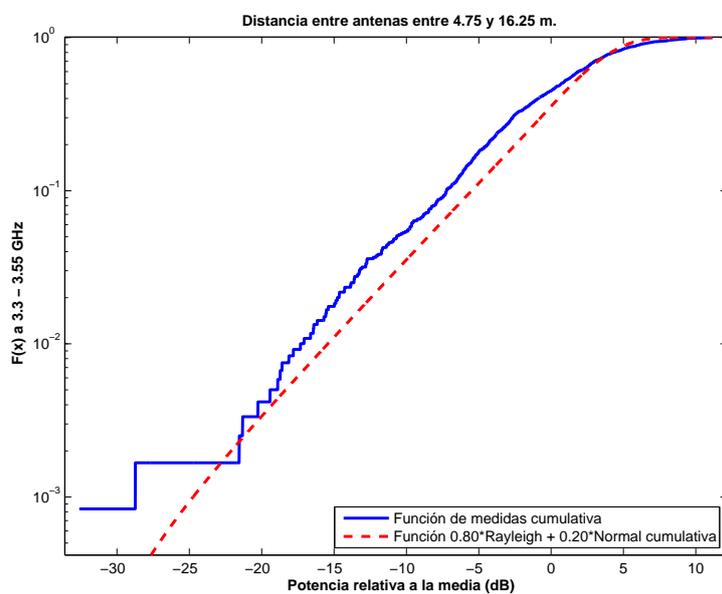


Figura 5.253: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.254 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre con una mínima desviación en el exponente de propagación y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido al modo de propagación por guía de onda, por encontrarnos en un pasillo estrecho. Este caso presenta una mínima mejora con respecto al caso de la Figura 5.249.

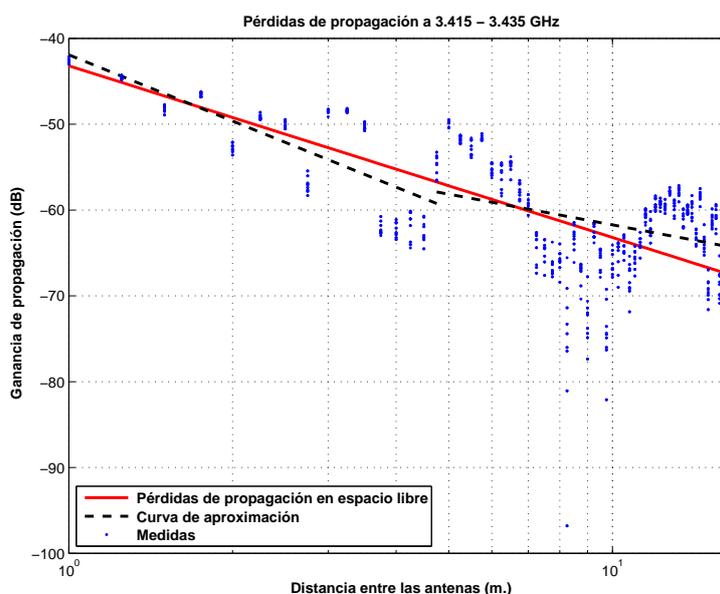


Figura 5.254: Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 41,92 + 25,60 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,75 \text{ m.} \\ 57,89 + 11,88 * \log_{10}(d/4,75); & \text{si } d > 4,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.255 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.256.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.257 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.258.

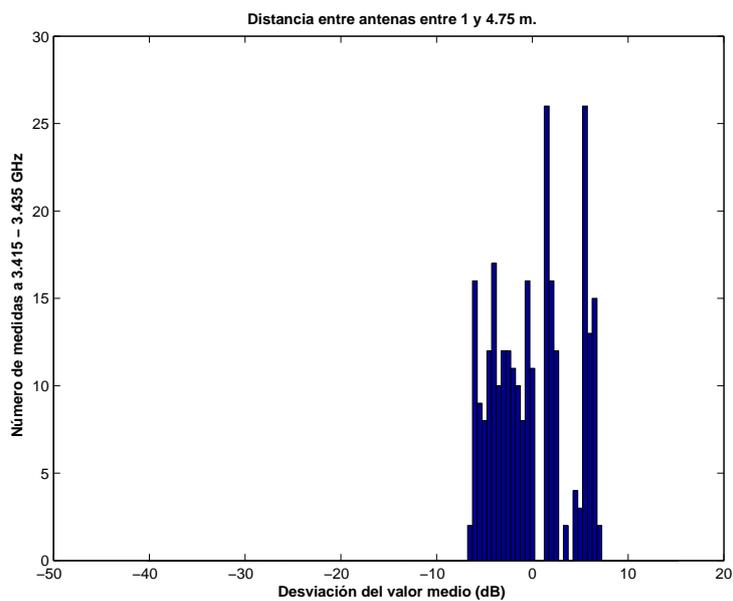


Figura 5.255: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.75 m de distancia entre antenas.

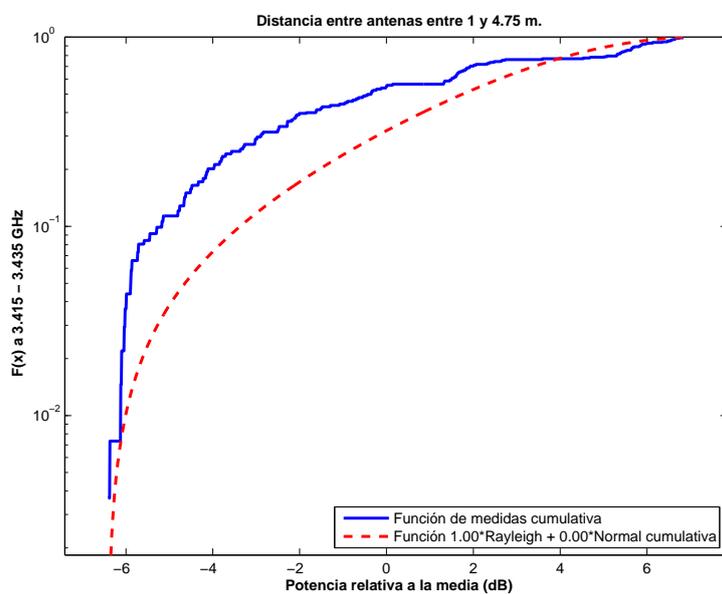


Figura 5.256: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.75 m de distancia entre antenas.

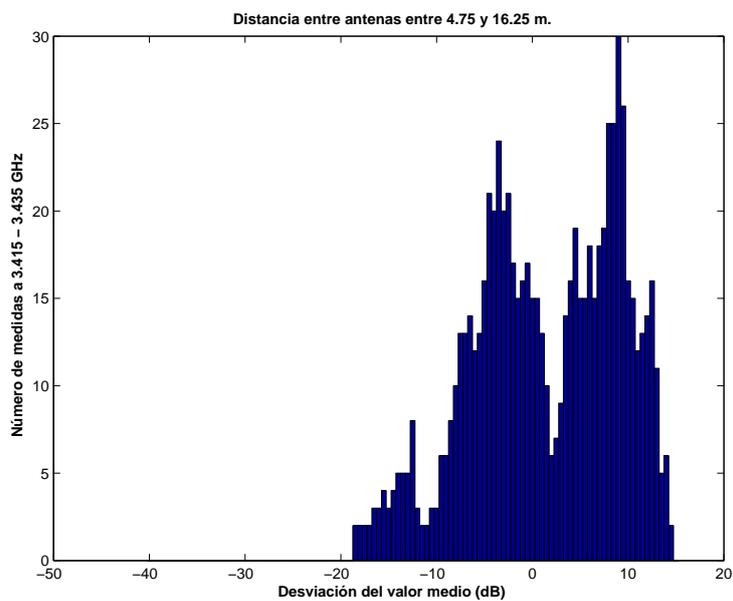


Figura 5.257: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.

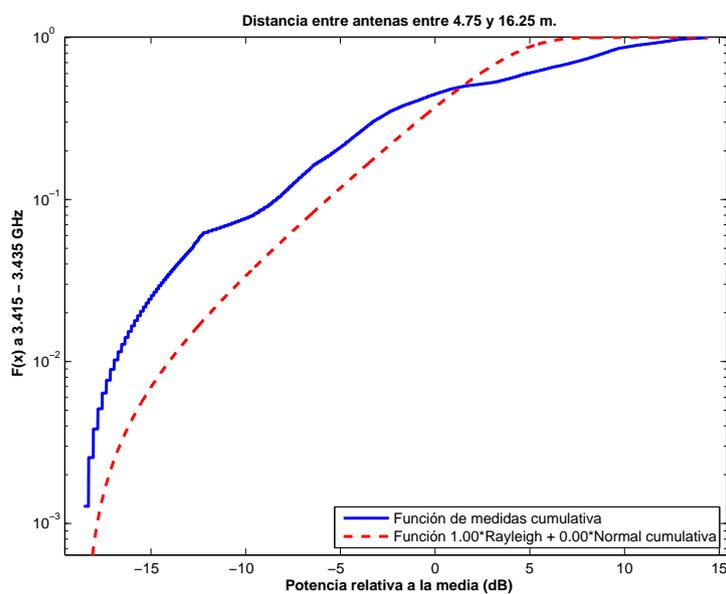


Figura 5.258: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.259 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde en el primero se puede observar un aumento en el exponente de propagación debido a que entre 5 y 10 m. hay un aumento de pérdidas puntuales no reflejándose en los últimos metros, y el segundo muestra una drástica disminución en el exponente de propagación debido al aumento de las pérdidas ya comentadas.

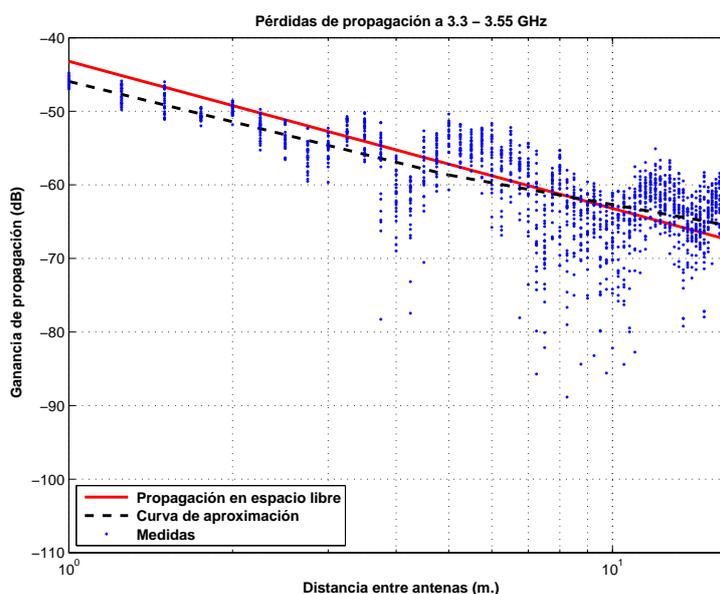


Figura 5.259: Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 45,93 + 18,24 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 5 \text{ m.} \\ 58,66 + 13,32 * \log_{10}(d/5); & \text{si } d > 5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.260. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 1$, Figura 5.261.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.262 y se puede ajustar con una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 3$, Figura 5.263.

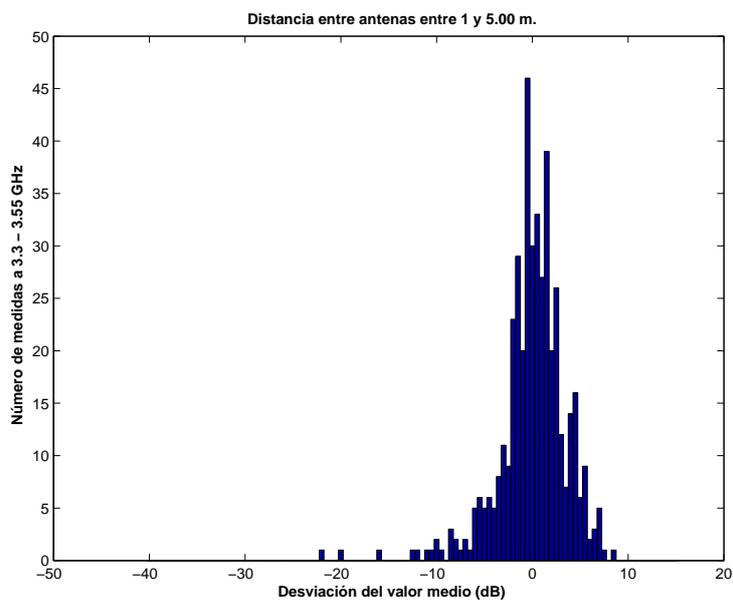


Figura 5.260: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5 m. de distancia entre antenas.

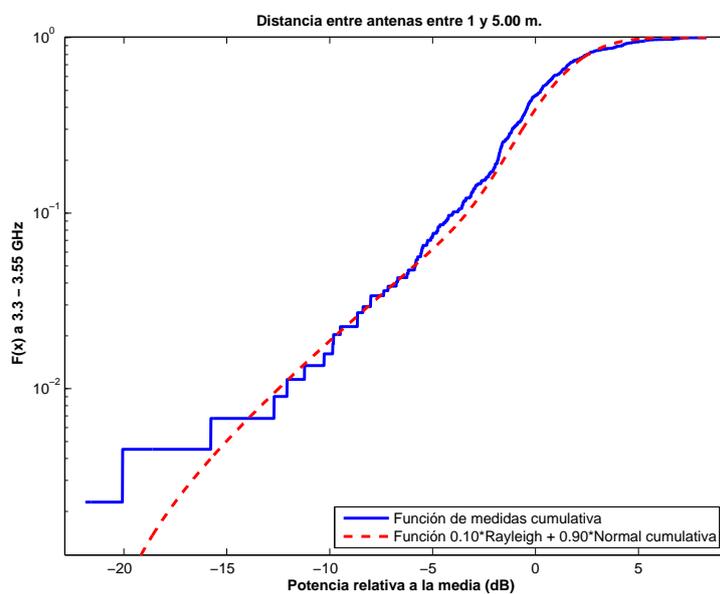


Figura 5.261: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5 m. de distancia entre antenas.

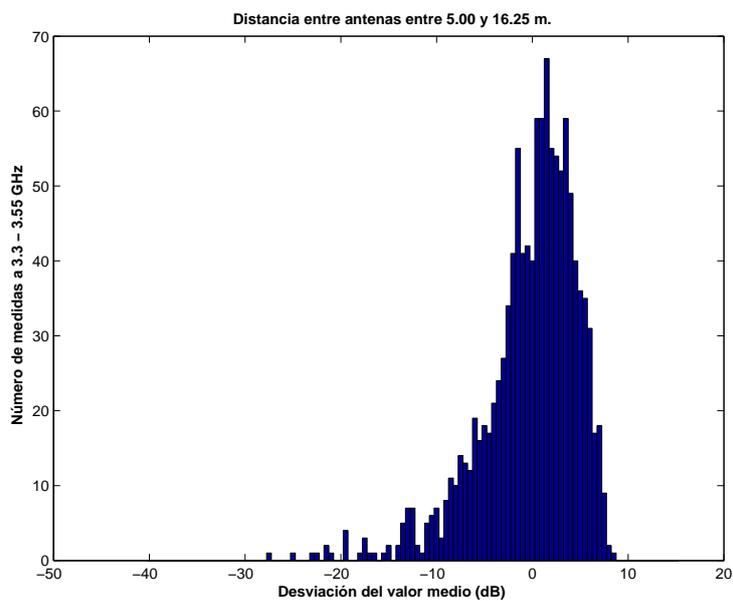


Figura 5.262: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

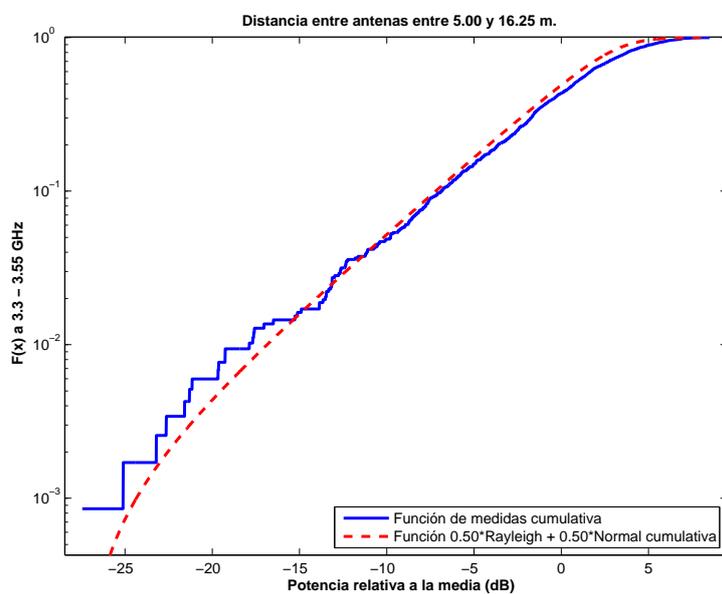


Figura 5.263: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.264 representa las pérdidas de propagación en toda un canal de frecuencia, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde en el primero se puede observar un aumento en el exponente de propagación debido a que entre 5 y 10 m. hay un aumento de pérdidas puntuales no reflejándose en los últimos metros, y el segundo muestra una drástica disminución en el exponente de propagación debido al aumento de las pérdidas ya comentadas.

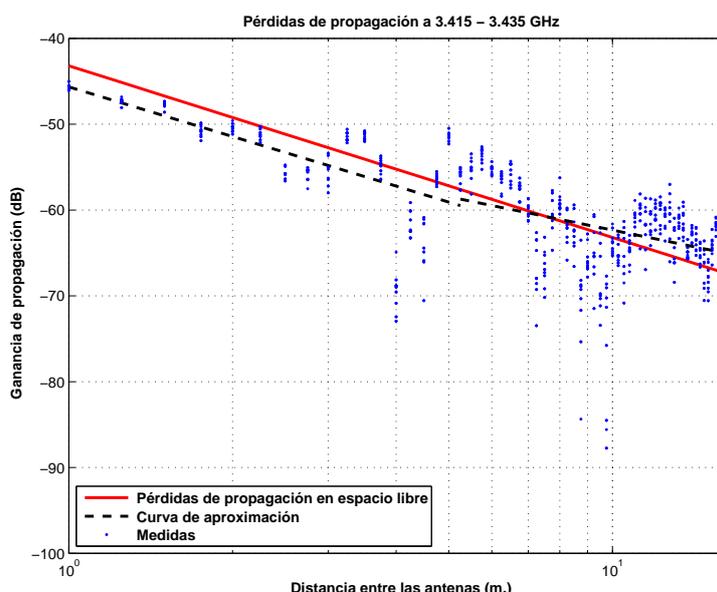


Figura 5.264: Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 45,66 + 19,20 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 5,25 \text{ m.} \\ 58,73 + 12,91 * \log_{10}(d/5,25); & \text{si } d > 5,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.265. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.266.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.267. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.268.

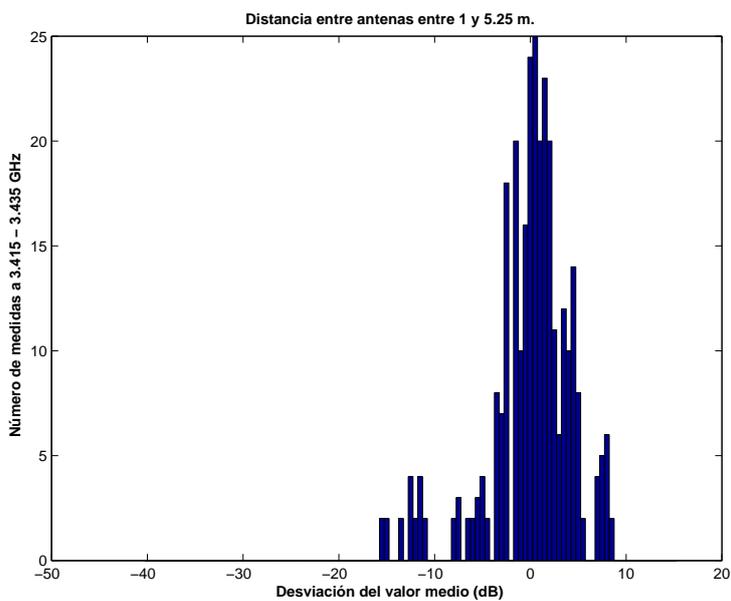


Figura 5.265: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.25 m.

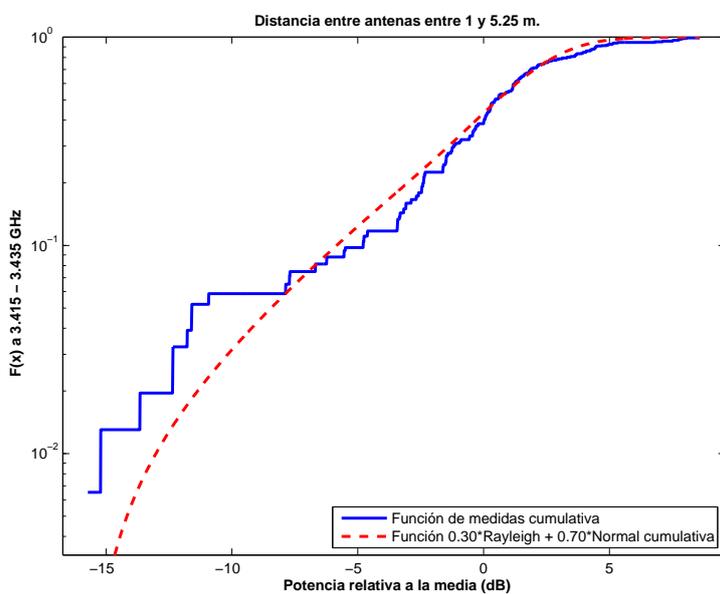


Figura 5.266: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.25 m.

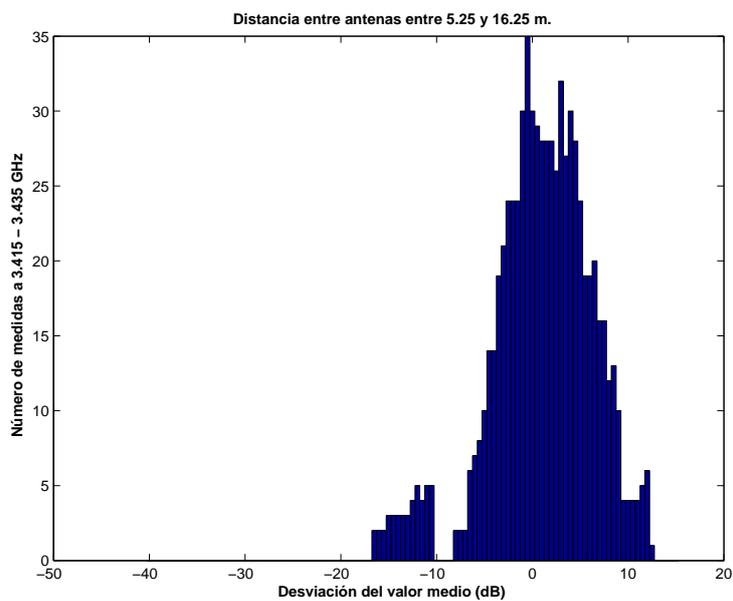


Figura 5.267: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.25 - 16.75 m.

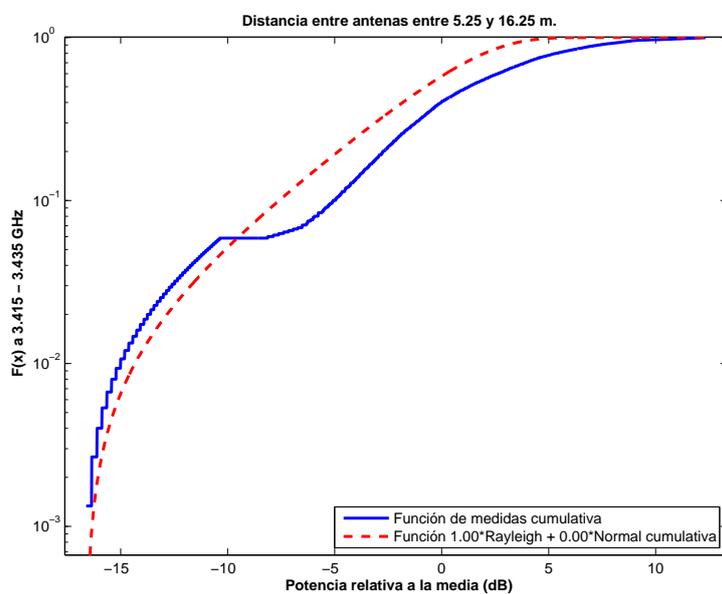


Figura 5.268: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.25 - 16.75 m.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.269 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 8 m.

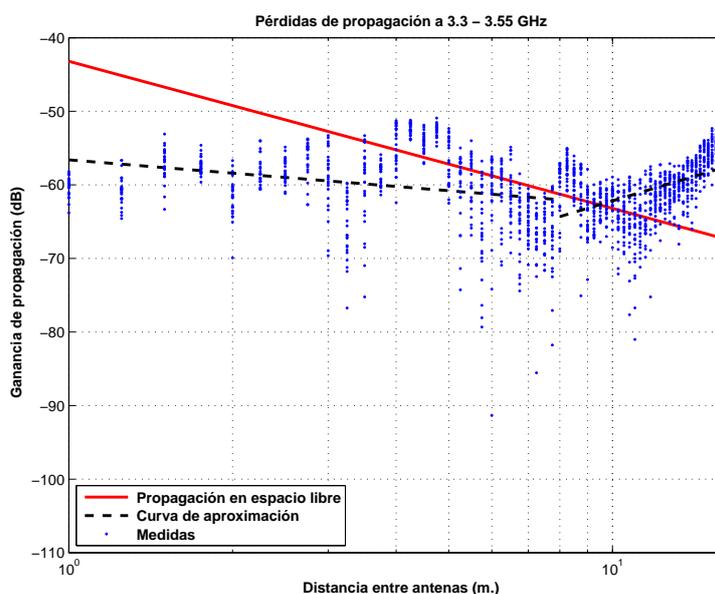


Figura 5.269: Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 56,60 + 6,00 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 8 \text{ m.} \\ 64,31 + (-22,15) * \log_{10}(d/8); & \text{si } d > 8 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.270. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 60 % Rayleigh y 40 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 3$, Figura 5.271.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.272. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.273.

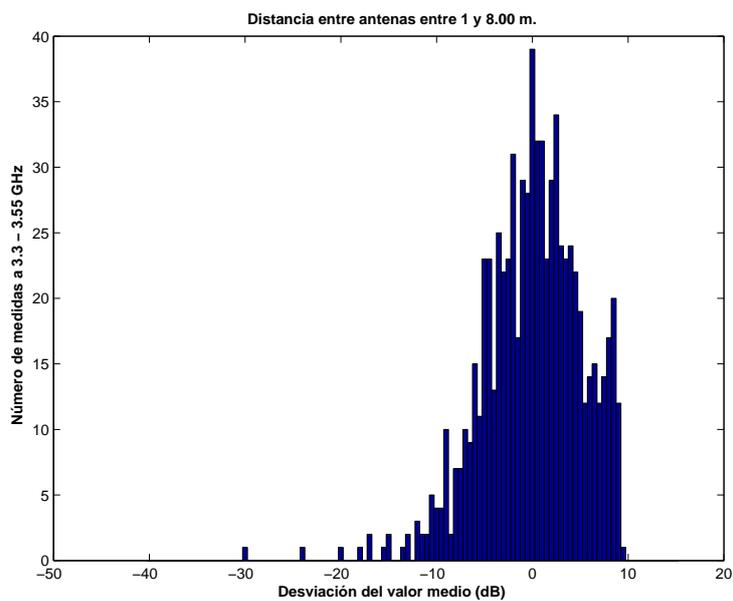


Figura 5.270: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 8 m. de distancia entre antenas.

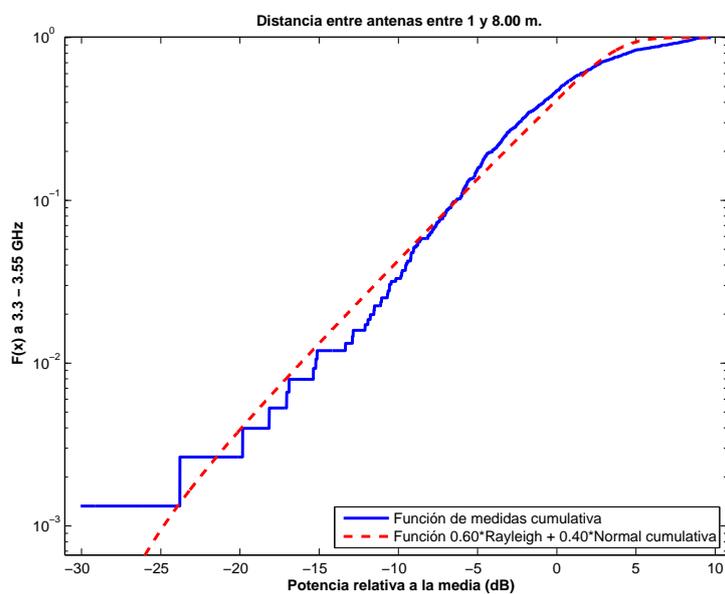


Figura 5.271: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 8 m. de distancia entre antenas.

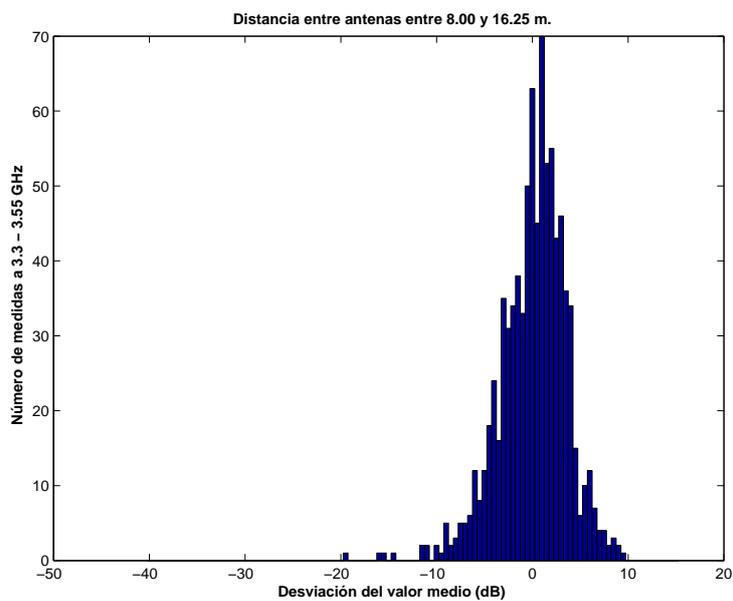


Figura 5.272: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 8 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

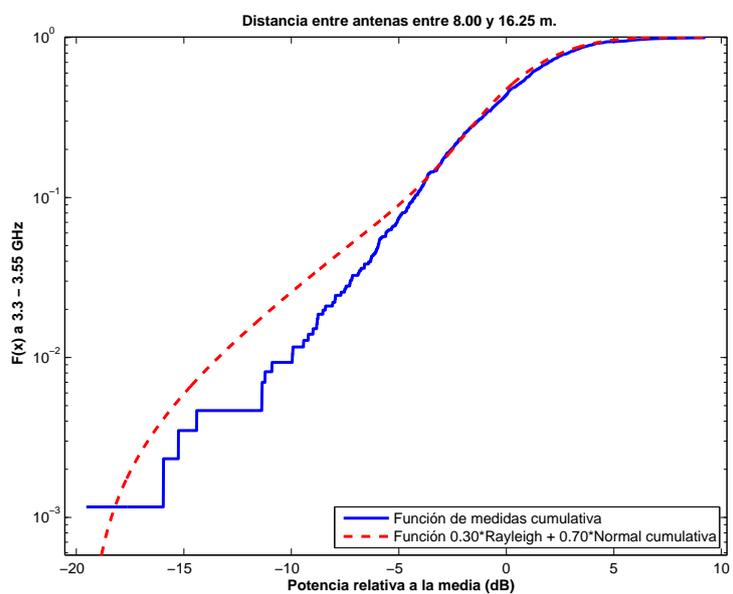


Figura 5.273: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 8 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.274 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 8 m.

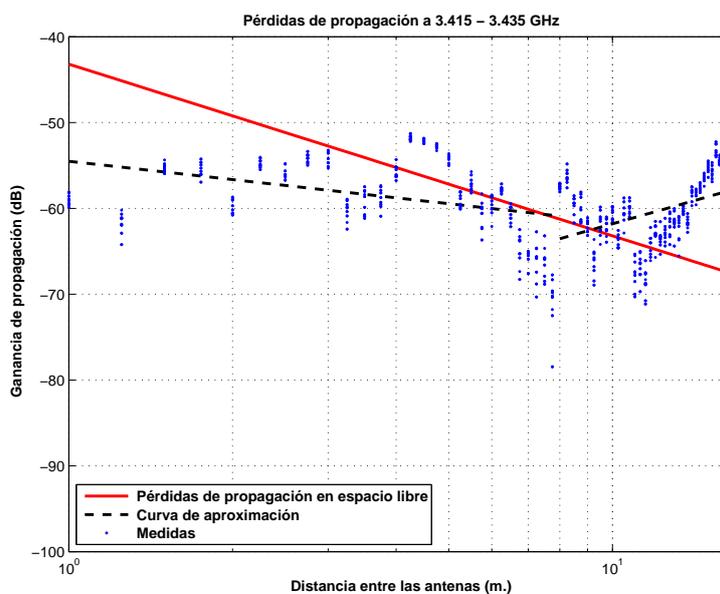


Figura 5.274: Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 54,51 + 7,08 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 8 \text{ m.} \\ 63,54 + (-17,94) * \log_{10}(d/8); & \text{si } d > 8 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.275 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.276.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.277 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.278.

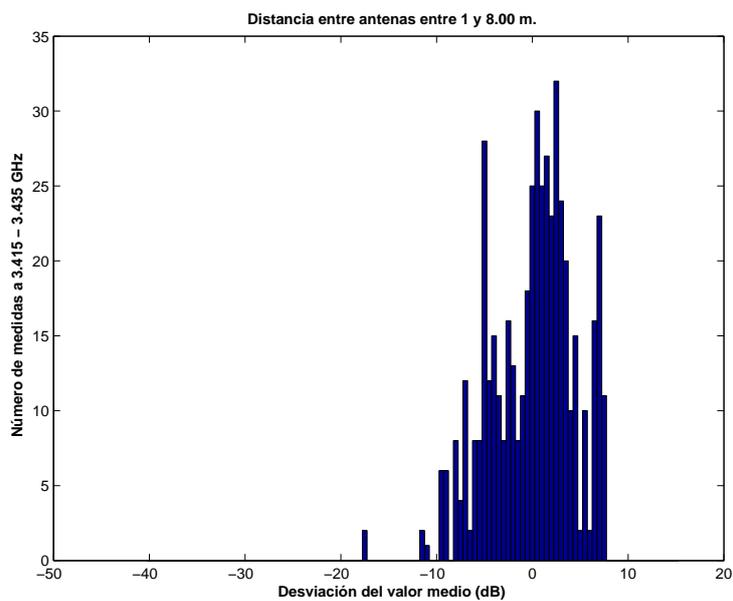


Figura 5.275: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 8 m. de distancia entre antenas.

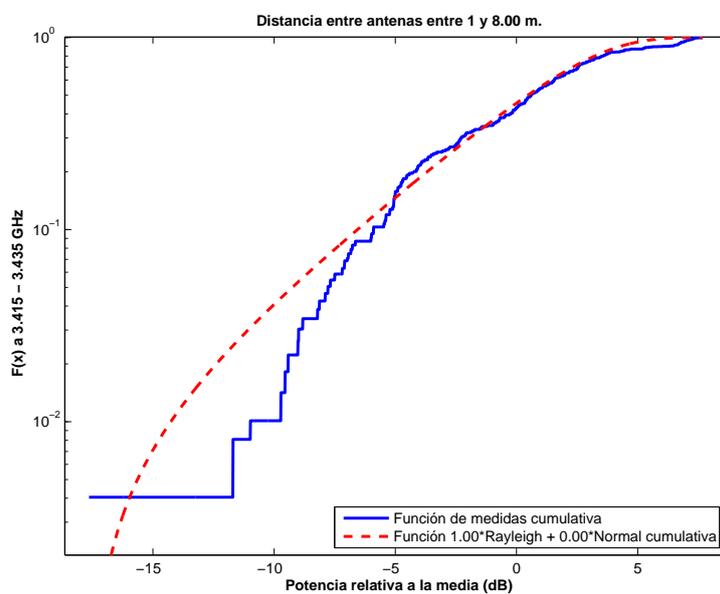


Figura 5.276: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 8 m. de distancia entre antenas.

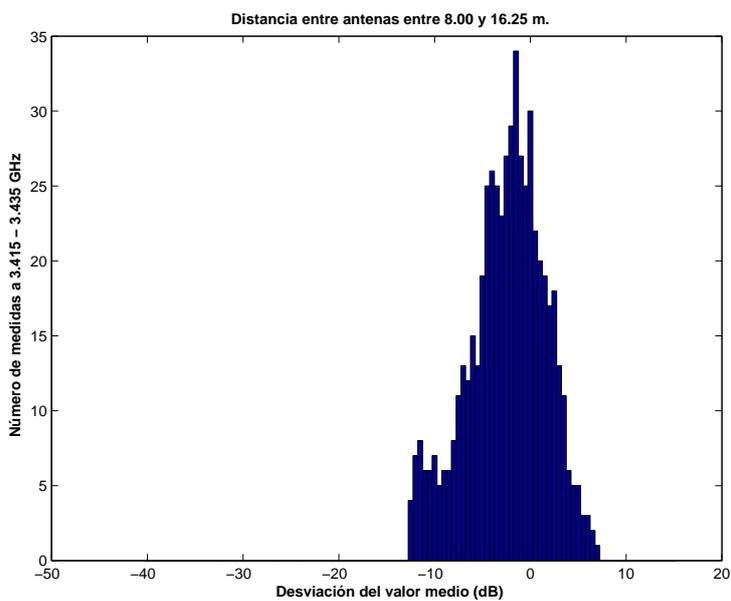


Figura 5.277: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 8 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

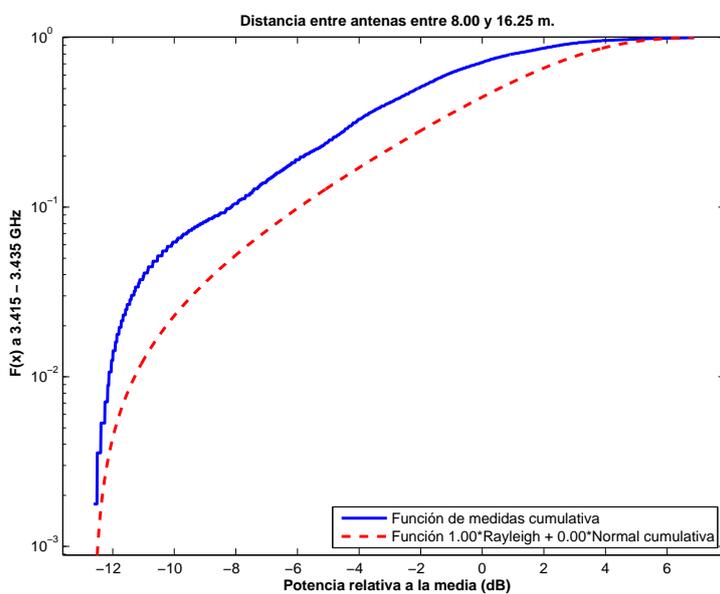


Figura 5.278: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 8 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.279 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 6.75 m. Este caso es una paralela a la Figura 5.269 con una pérdida adicional de 3 dB aproximadamente debido a que tiene implícitas unas pérdidas introducidas por el polarizador.

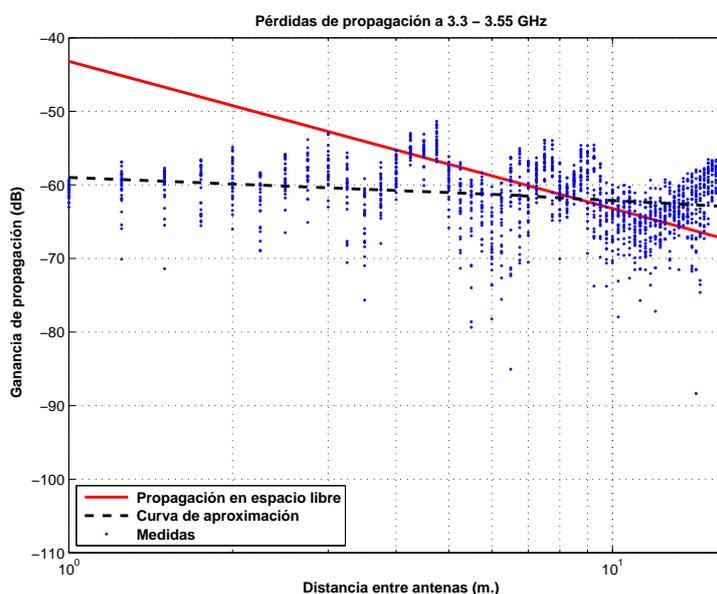


Figura 5.279: Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,99 + 2,94 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,75 \text{ m.} \\ 61,46 + 3,91 * \log_{10}(d/6,75); & \text{si } d > 6,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.280 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.281.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.282. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 3$ y $\mu = 3$, Figura 5.283.

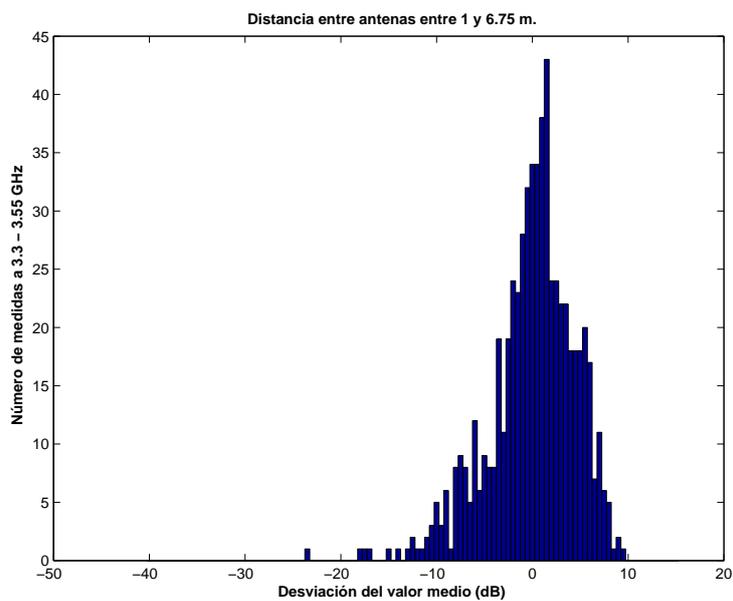


Figura 5.280: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.

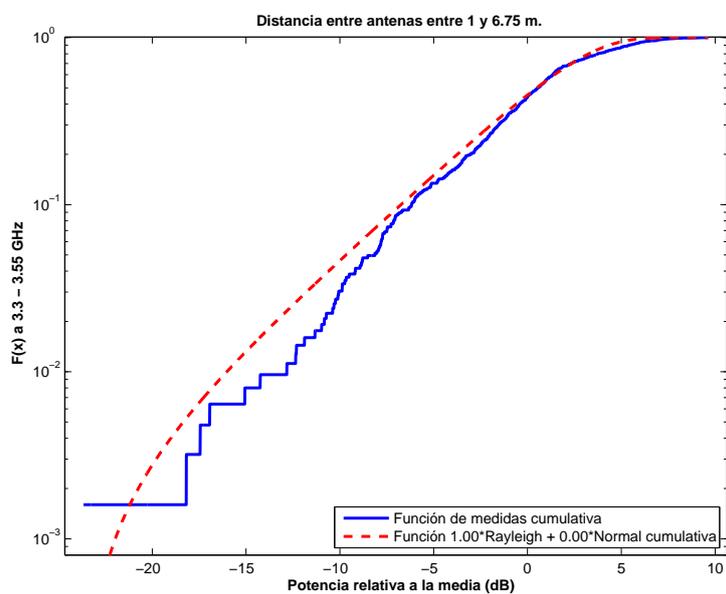


Figura 5.281: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.

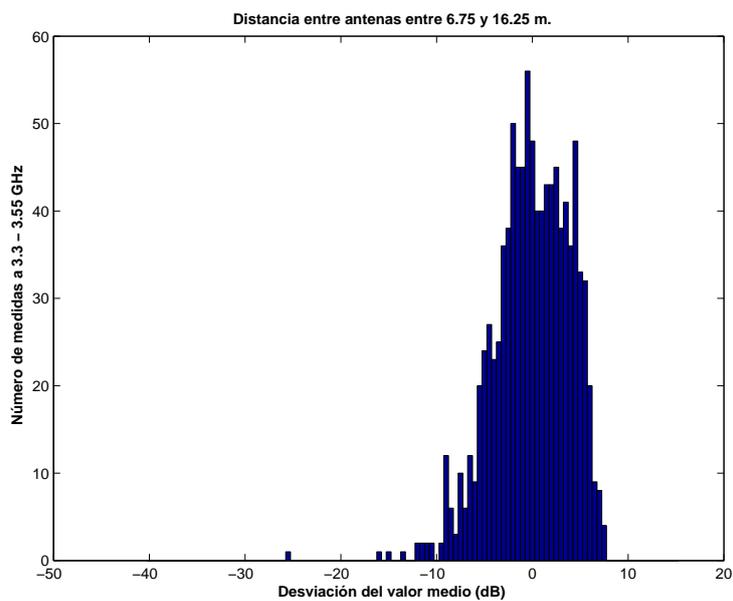


Figura 5.282: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

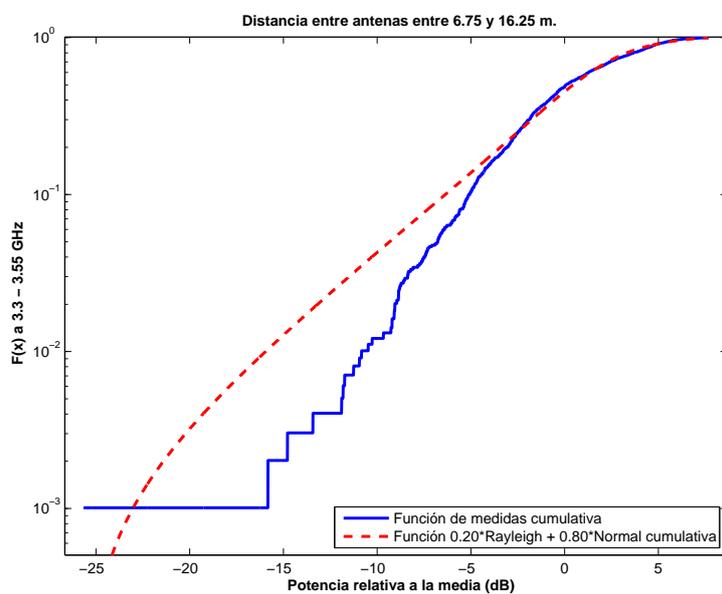


Figura 5.283: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.284 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 6.5 m. Este caso es una paralela a la Figura 5.274 con una pérdida adicional de 3 dB aproximadamente debido a que tiene implícitas unas pérdidas introducidas por el polarizador.

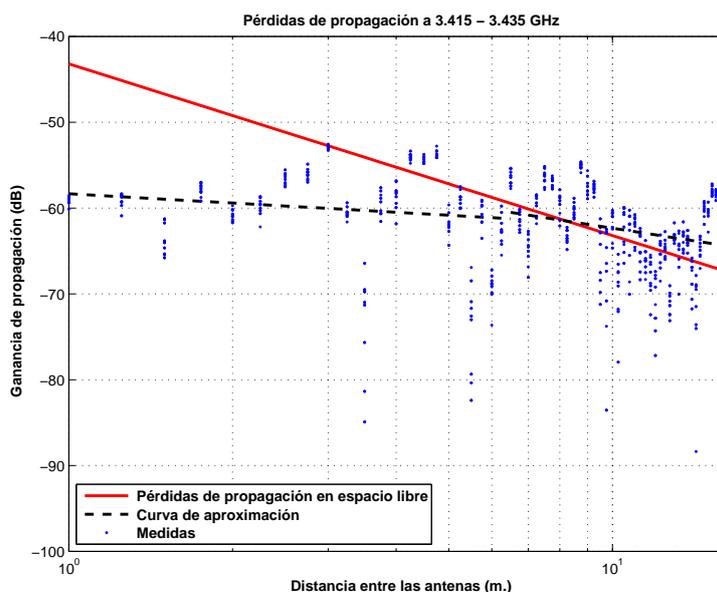


Figura 5.284: Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,34 + 3,57 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,5 \text{ m.} \\ 60,50 + 9,82 * \log_{10}(d/6,5); & \text{si } d > 6,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.285. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 40 % Rayleigh y 60 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 3$, Figura 5.286.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.287. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 3$ y $\mu = 5$, Figura 5.288.

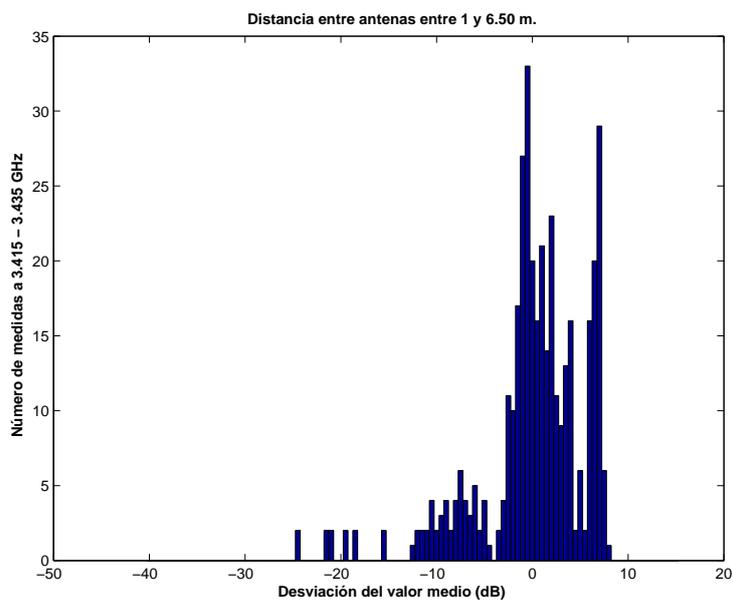


Figura 5.285: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

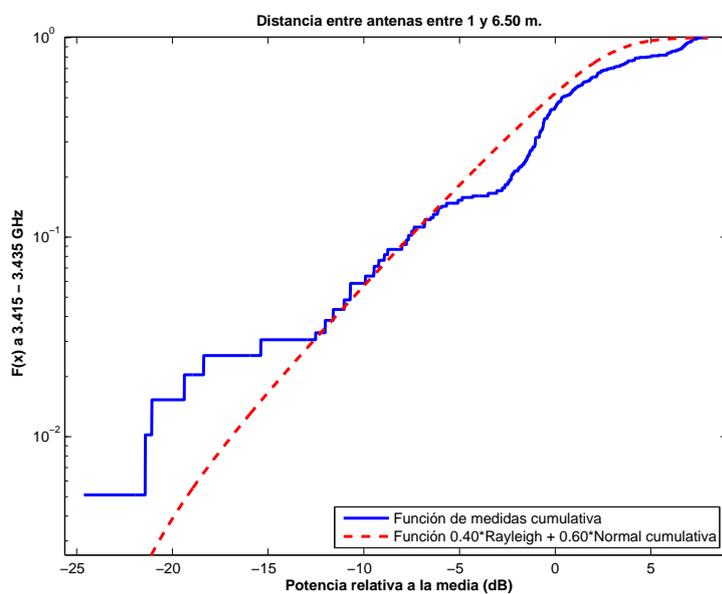


Figura 5.286: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

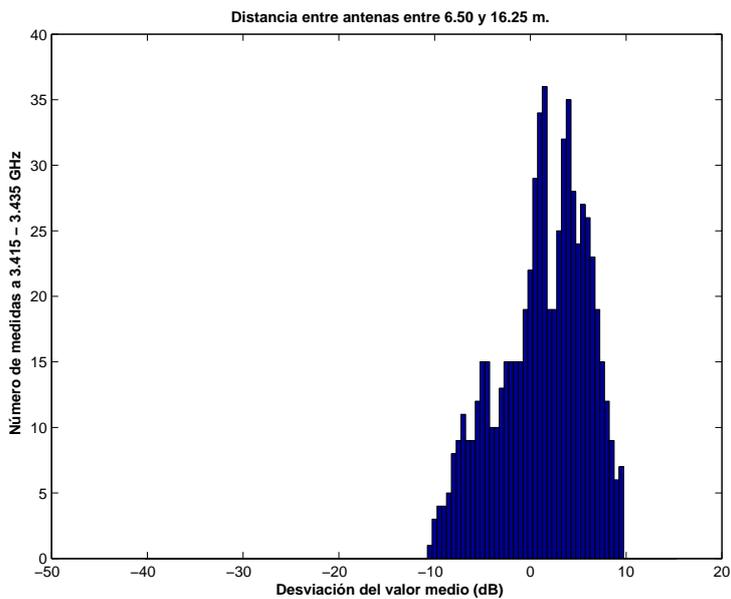


Figura 5.287: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

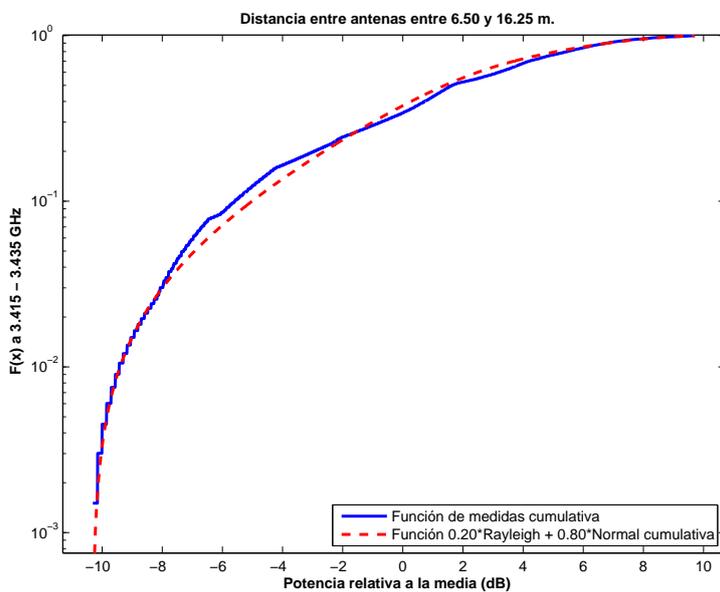


Figura 5.288: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.289 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido a que nos encontramos con un aumento de pérdidas puntuales entre 7 y 9 m., mientras que en la Figura 5.125 tiene el aumento de las pérdidas entre 6 y 7 m. y entre 9 y 10 m. por lo que se encuentran más repartidas.

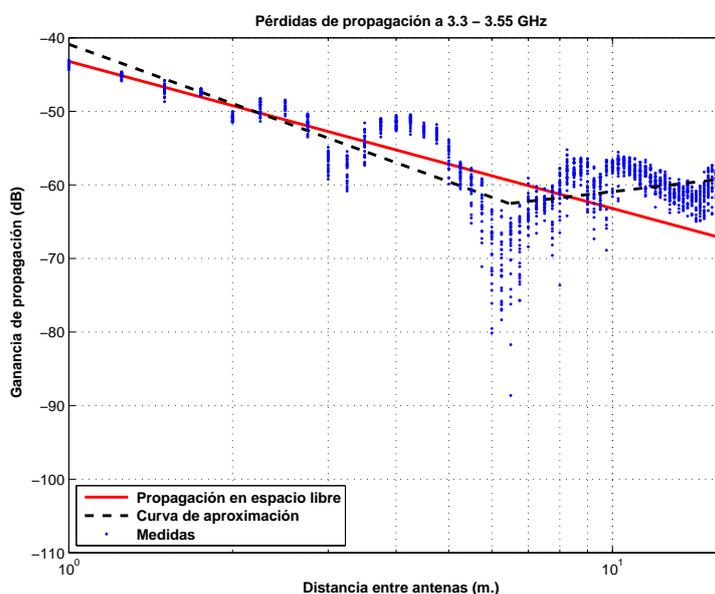


Figura 5.289: Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 40,88 + 26,73 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,5 \text{ m.} \\ 62,51 + (-8,52) * \log_{10}(d/6,5); & \text{si } d > 6,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.290. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 1$, Figura 5.291.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.292 y se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 1$, Figura 5.293.

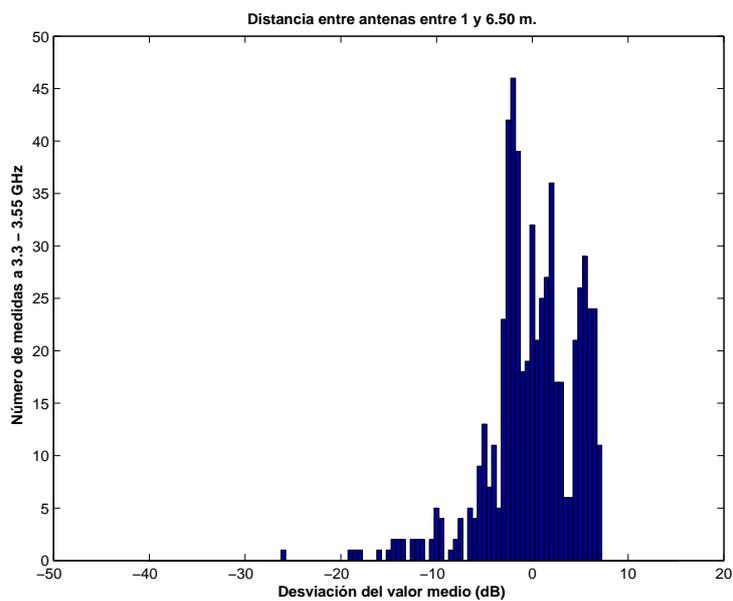


Figura 5.290: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

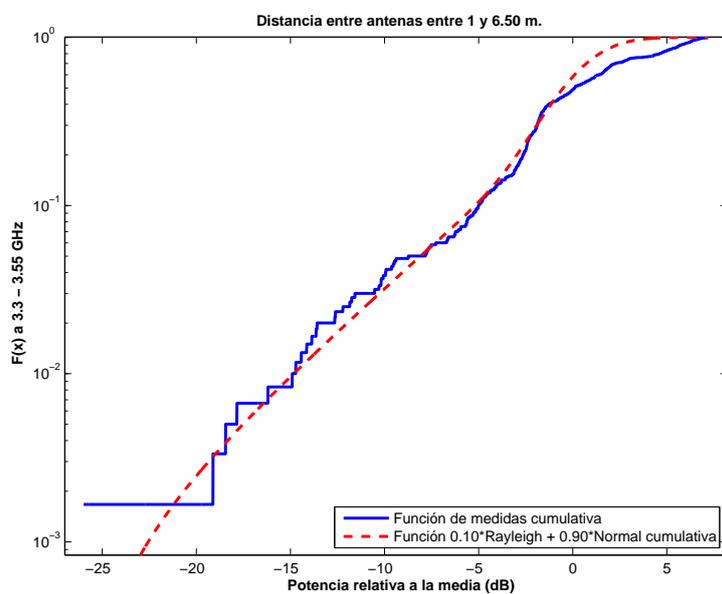


Figura 5.291: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

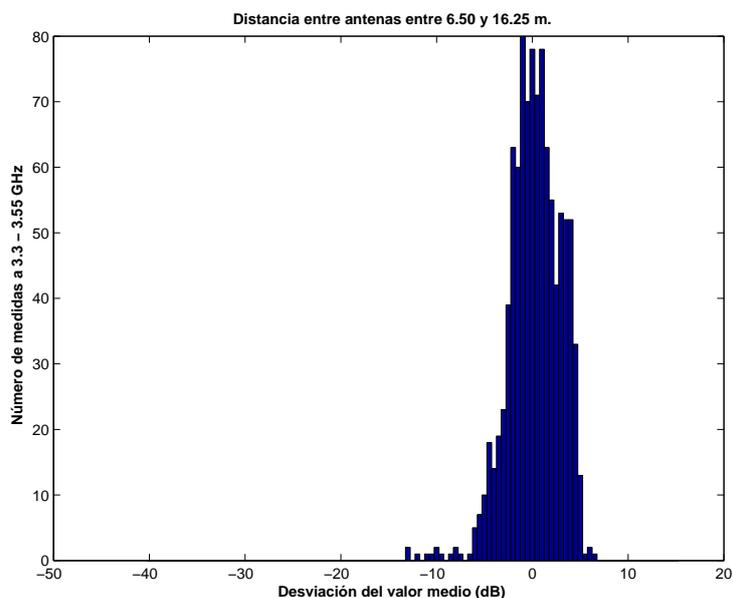


Figura 5.292: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

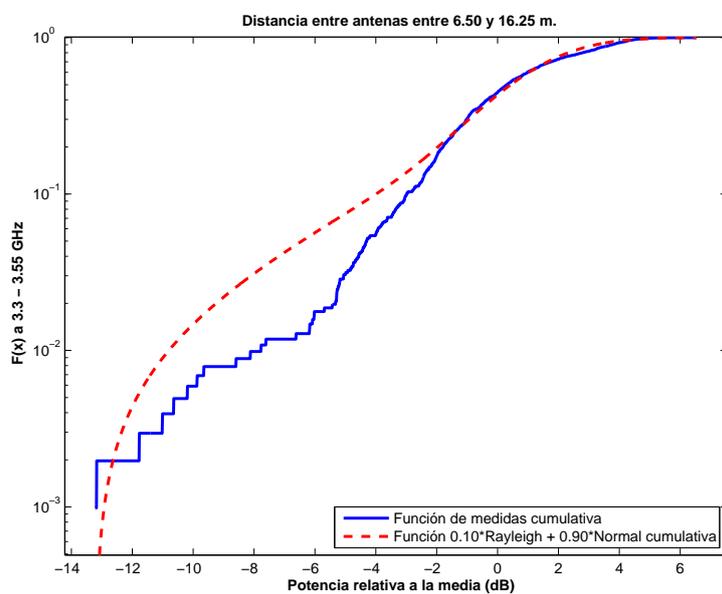


Figura 5.293: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.294 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido a que nos encontramos con un aumento de pérdidas puntuales entre 7 y 9 m., mientras que en la Figura 5.130 tiene el aumento de las pérdidas entre 6 y 7 m. y entre 9 y 10 m. por lo que se encuentran más repartidas.

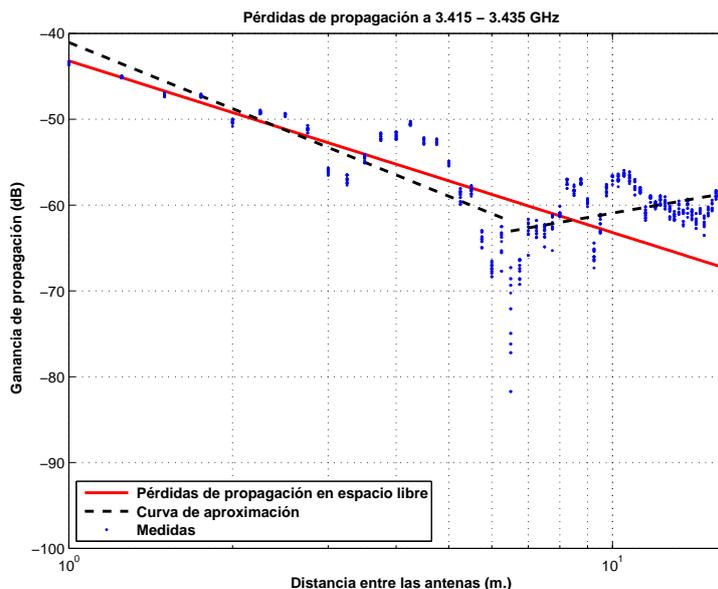


Figura 5.294: Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 41,05 + 25,64 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,5 \text{ m.} \\ 63,03 + (-11,13) * \log_{10}(d/6,5); & \text{si } d > 6,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.295. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.296.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.297 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.298.

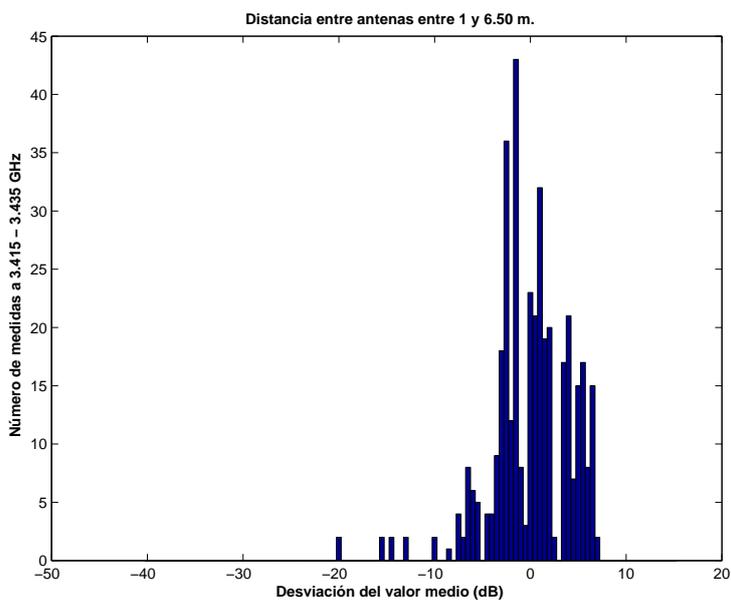


Figura 5.295: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

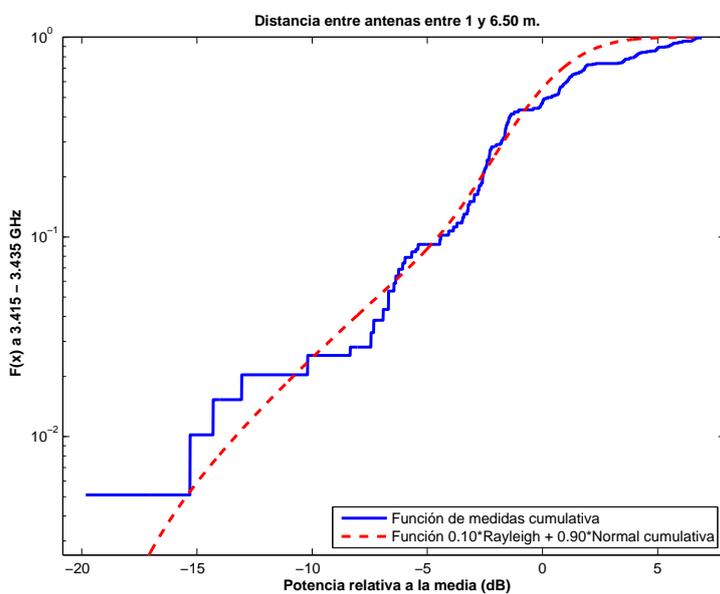


Figura 5.296: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

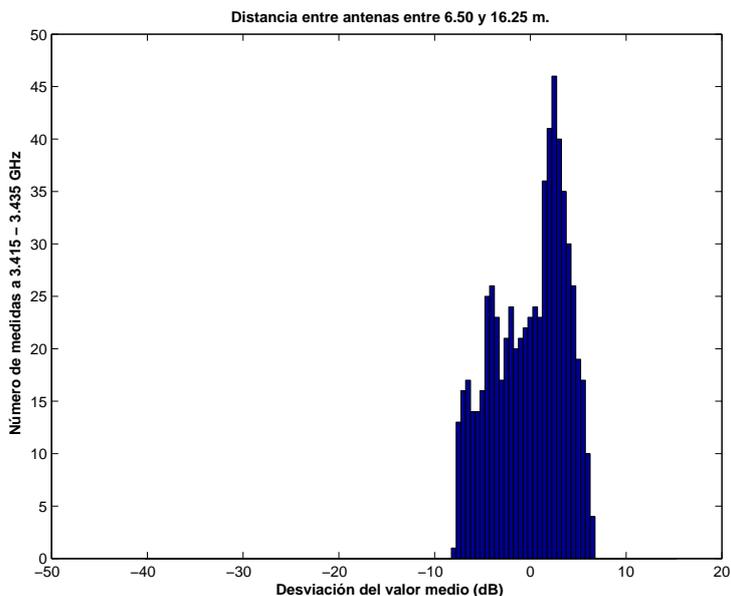


Figura 5.297: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

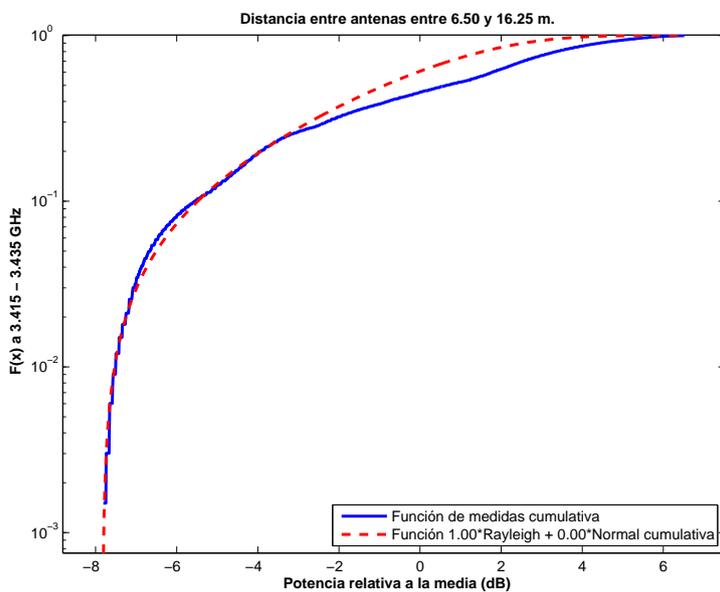


Figura 5.298: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.299 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por una paralela a las pérdidas de propagación en el espacio libre con un leve aumento en el exponente de propagación, debido a las pérdidas introducidas por el polarizador (3 dB aproximadamente), y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación. Ambos tramos están bajo la influencia del aumento de las pérdidas puntuales entre 6 y 9 m.

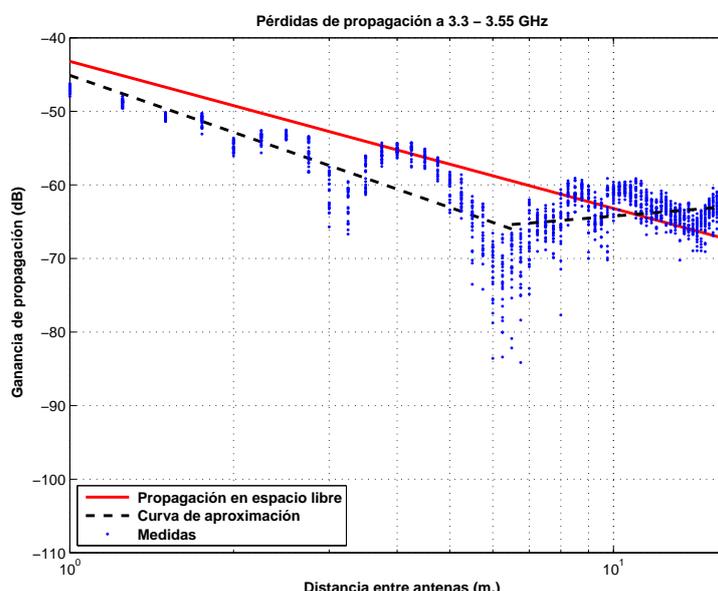


Figura 5.299: Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 45,11 + 25,69 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,5 \text{ m.} \\ 65,39 + (-6,12) * \log_{10}(d/6,5); & \text{si } d > 6,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.300. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.301.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.302. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 1$, Figura 5.303.

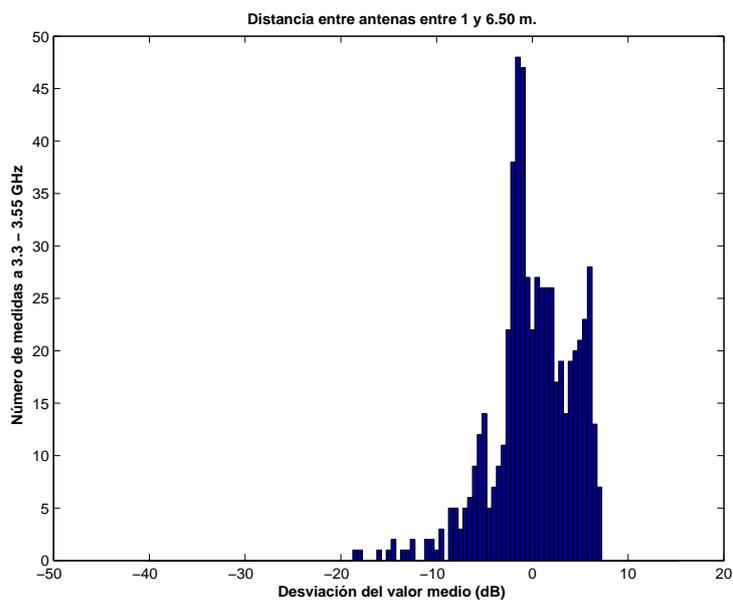


Figura 5.300: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

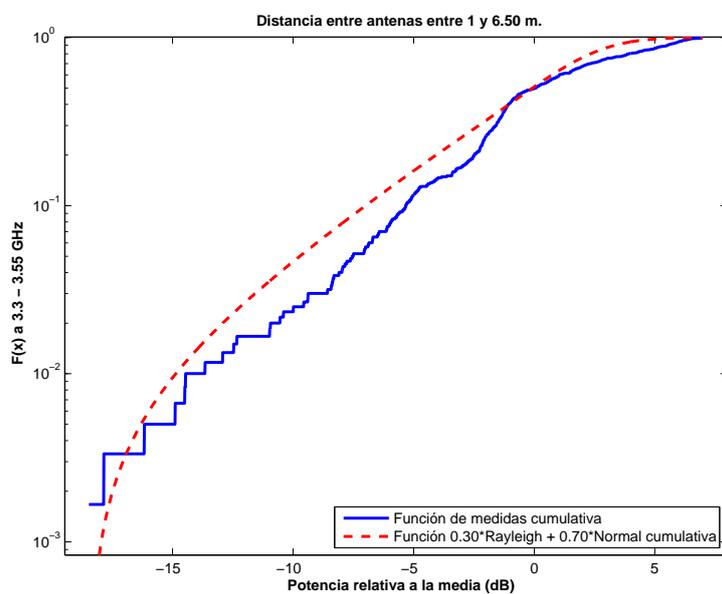


Figura 5.301: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

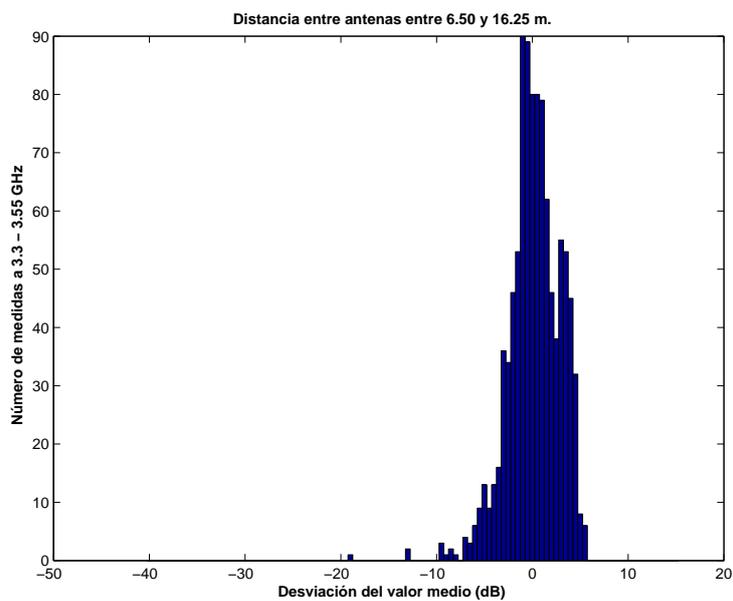


Figura 5.302: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

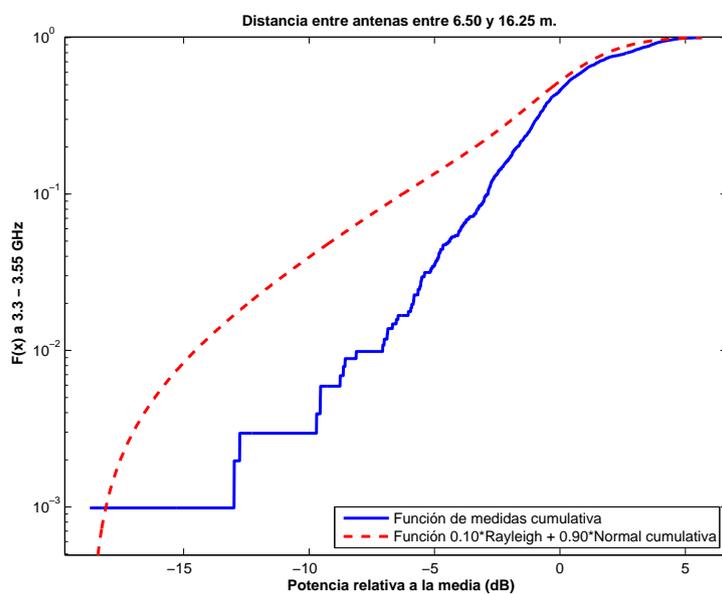


Figura 5.303: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.304 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por una paralela a las pérdidas de propagación en el espacio libre con un leve aumento en el exponente de propagación, debido a las pérdidas introducidas por el polarizador (3 dB aproximadamente), y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación. Ambos tramos están bajo la influencia del aumento de las pérdidas puntuales entre 6 y 9 m.

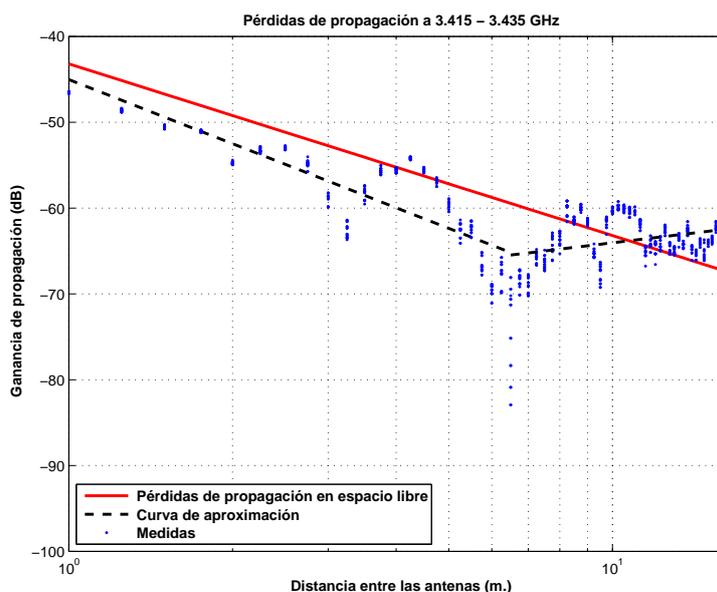


Figura 5.304: Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 45,03 + 24,79 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,5 \text{ m.} \\ 65,47 + (-7,63) * \log_{10}(d/6,5); & \text{si } d > 6,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.305. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 15 % Rayleigh y 85 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 2$, Figura 5.306.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.307. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 2$, Figura 5.308.

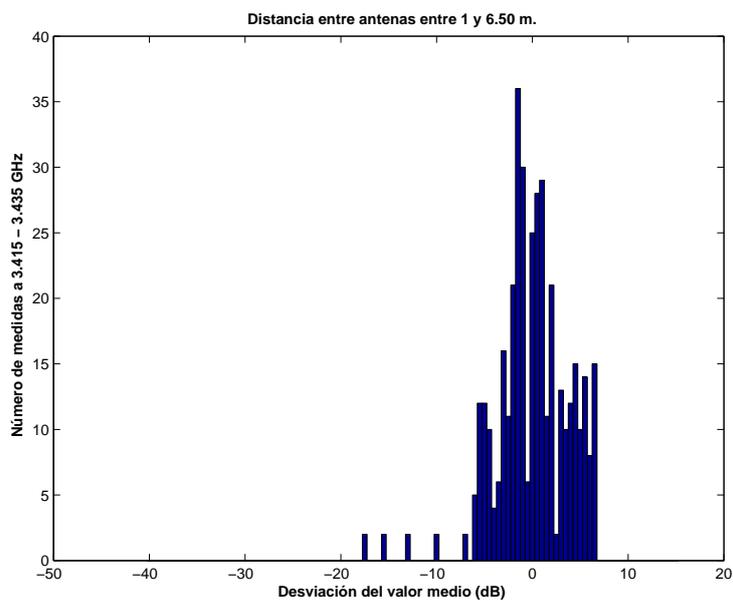


Figura 5.305: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

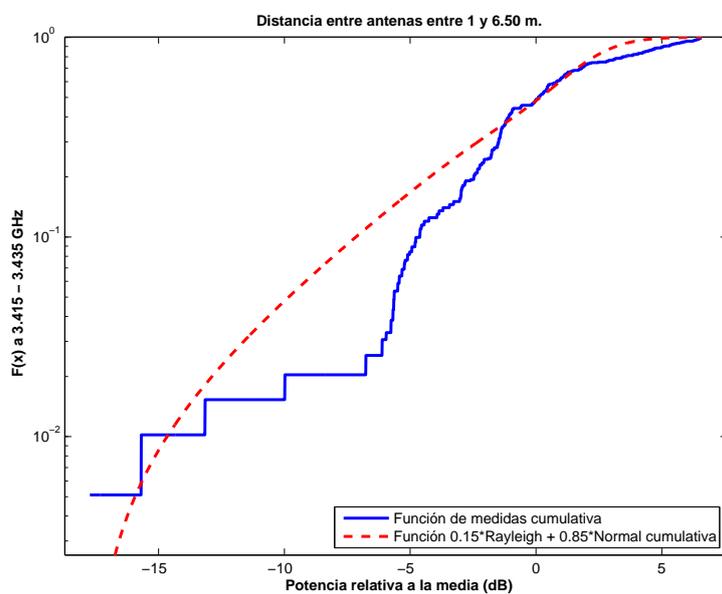


Figura 5.306: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

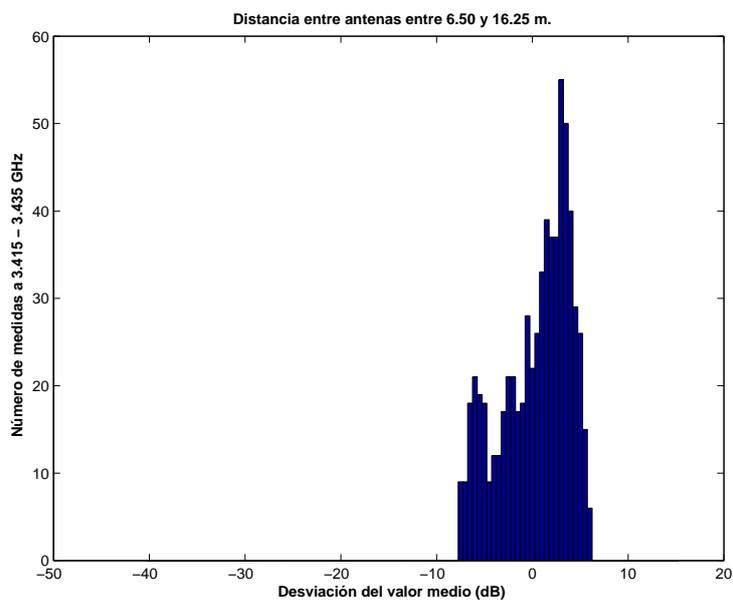


Figura 5.307: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

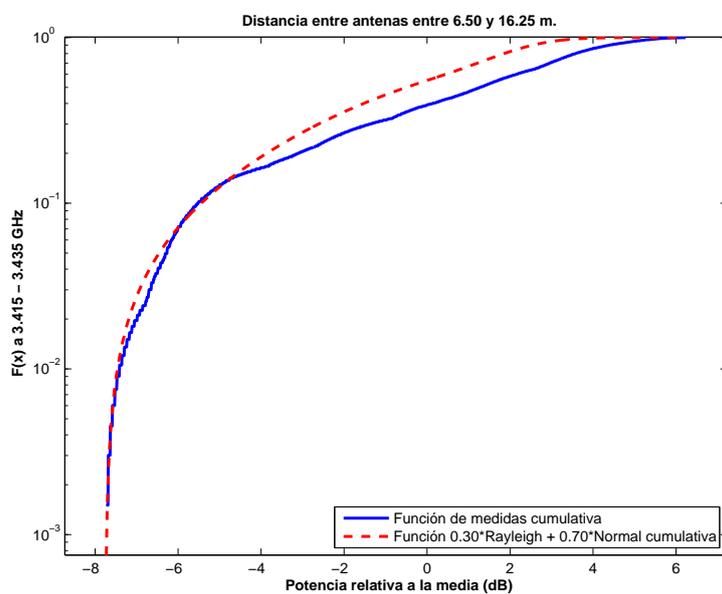


Figura 5.308: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.309 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 6.75 m.

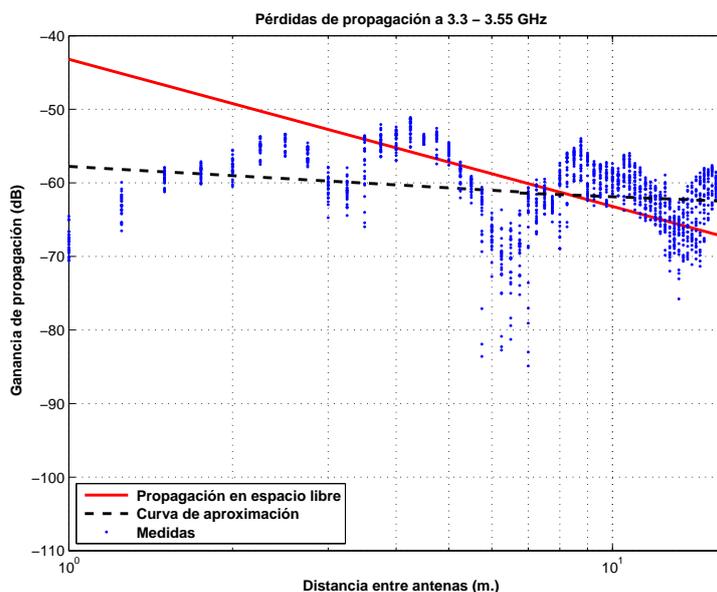


Figura 5.309: Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 57,76 + 4,17 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,75 \text{ m.} \\ 61,37 + 2,96 * \log_{10}(d/6,75); & \text{si } d > 6,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.310. Dicha desviación se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.311.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.312 y se puede ajustar con una combinación de 25 % Rayleigh y 75 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.313.

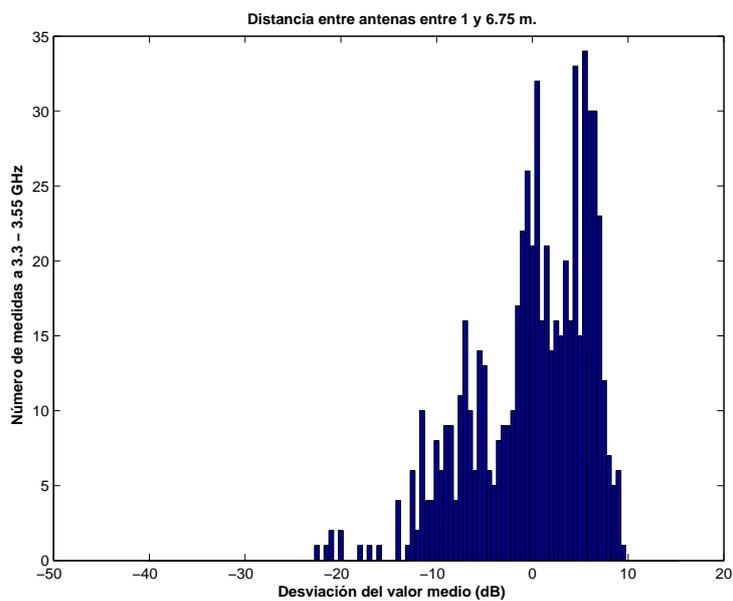


Figura 5.310: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.

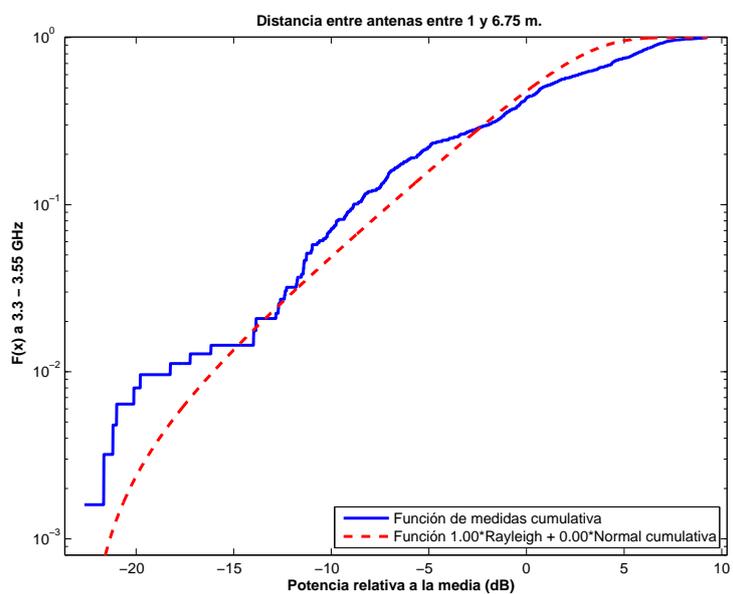


Figura 5.311: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.

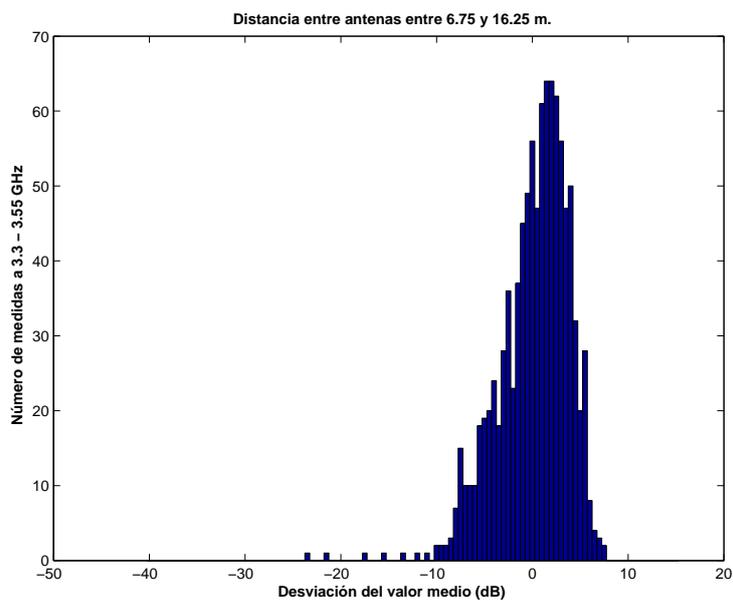


Figura 5.312: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

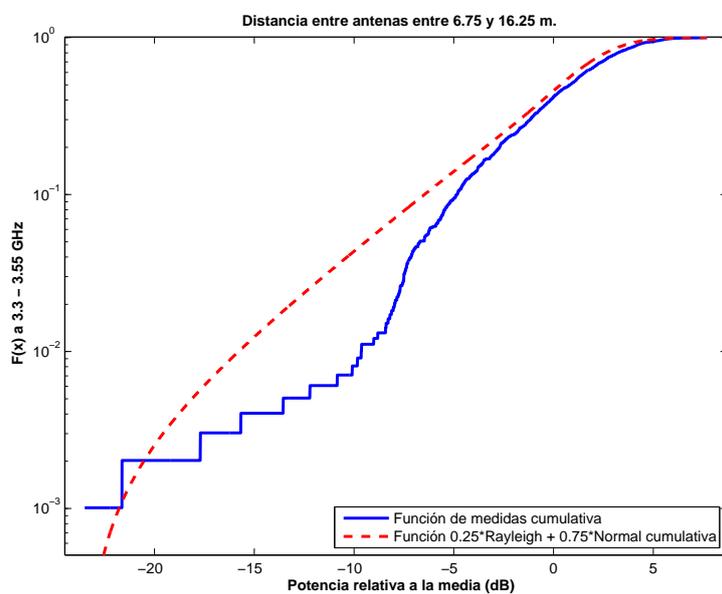


Figura 5.313: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.314 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 6.75 m.

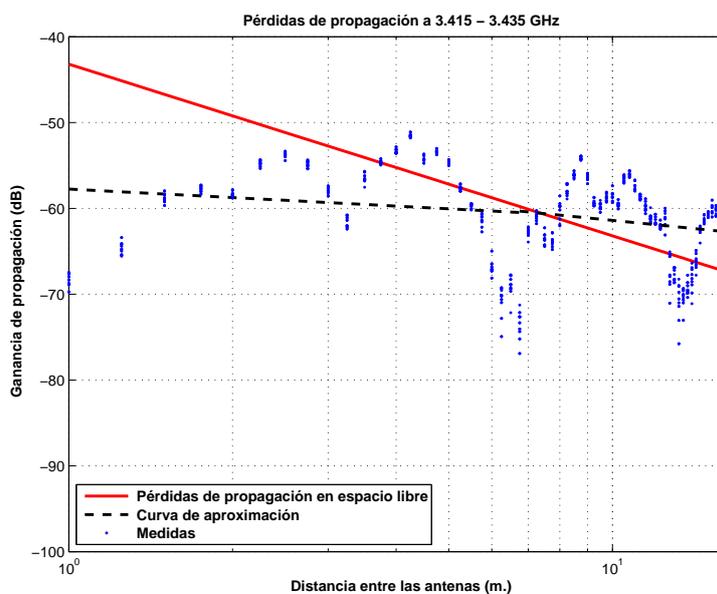


Figura 5.314: Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 57,75 + 3,29 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,75 \text{ m.} \\ 60,32 + 6,32 * \log_{10}(d/6,75); & \text{si } d > 6,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.315. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 4$, Figura 5.316.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.317. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.318.

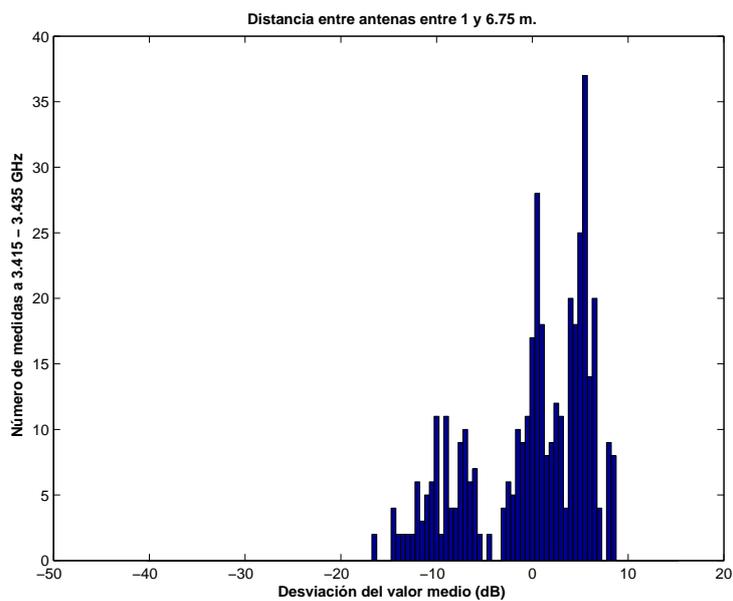


Figura 5.315: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.

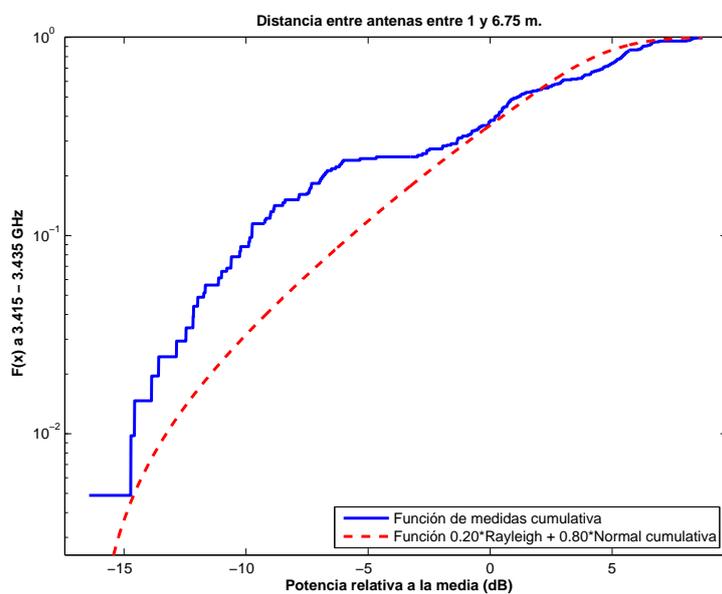


Figura 5.316: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.

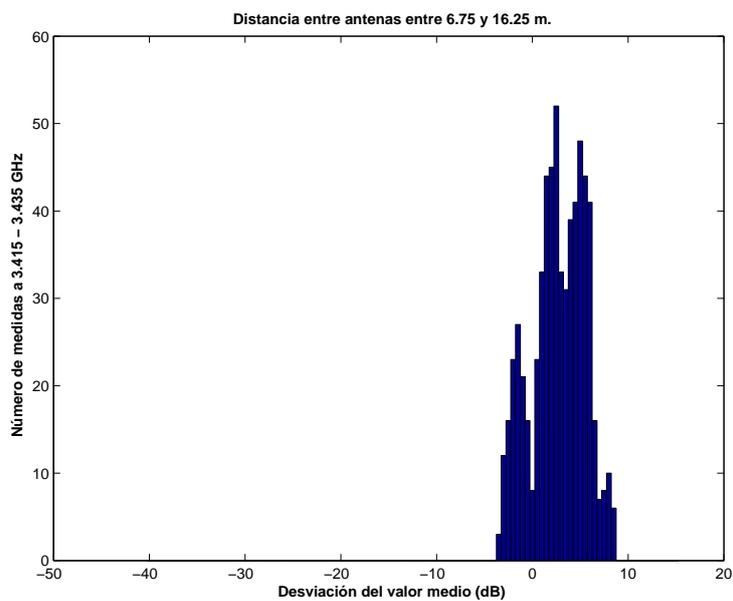


Figura 5.317: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

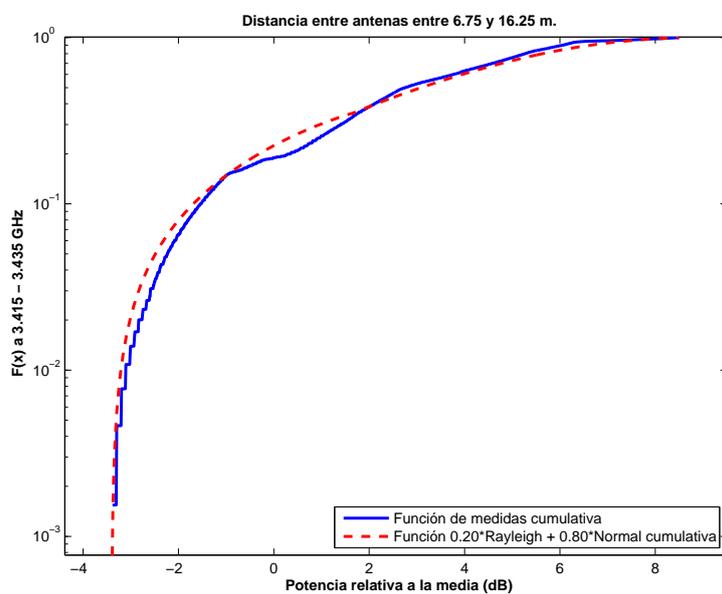


Figura 5.318: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.319 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 6 m. Caso similar al de la Figura 5.309 incluyendo una pérdida de 3 dB introducidos por el polarizador. Existe un aumento de las pérdidas puntuales entre 5 y 7 m. con respecto a la Figura 5.155 y una reducción de las pérdidas en el máximo de la distancia entre las antenas.

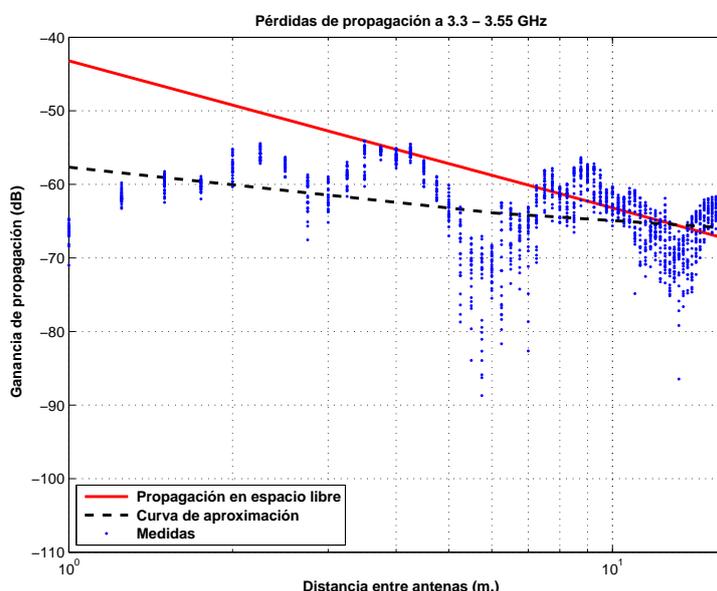


Figura 5.319: Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 57,66 + 7,94 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6 \text{ m.} \\ 63,87 + 4,74 * \log_{10}(d/6); & \text{si } d > 6 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.320. Dicha desviación se ajusta a una distribución Rayleigh, Figura 5.321.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.322 y se puede ajustar con una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.323.

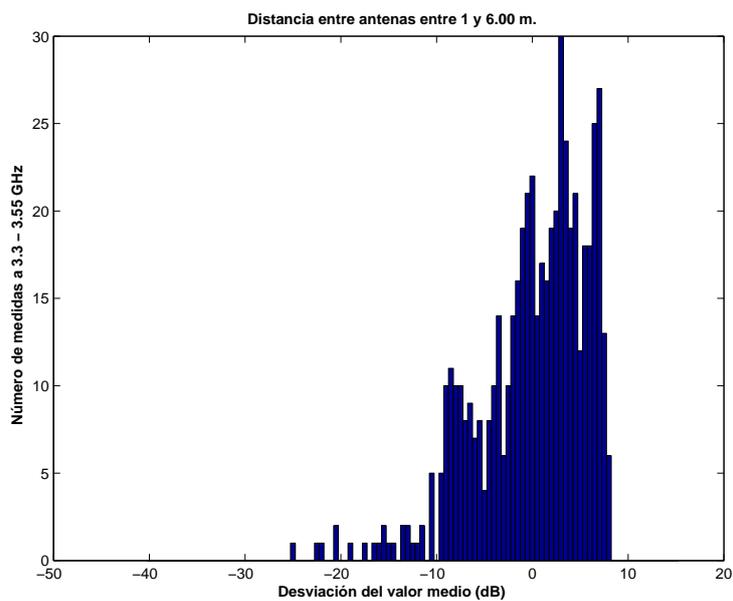


Figura 5.320: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.00 m de distancia entre antenas.

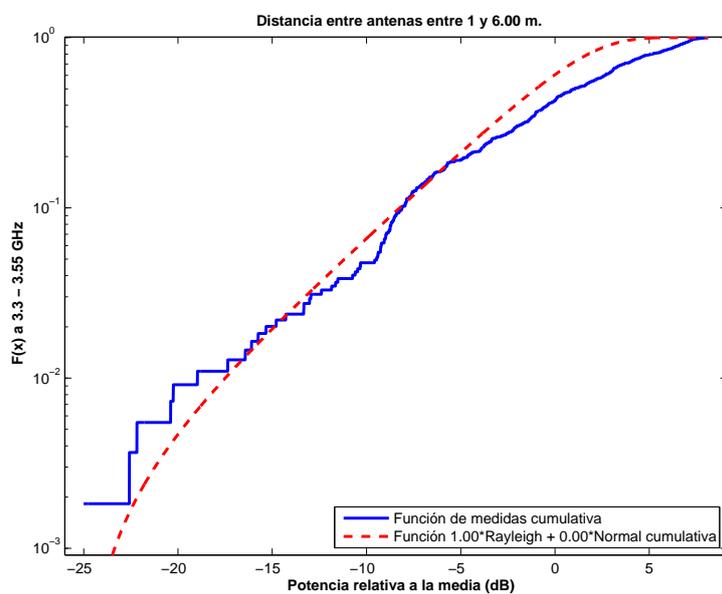


Figura 5.321: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.00 m de distancia entre antenas.

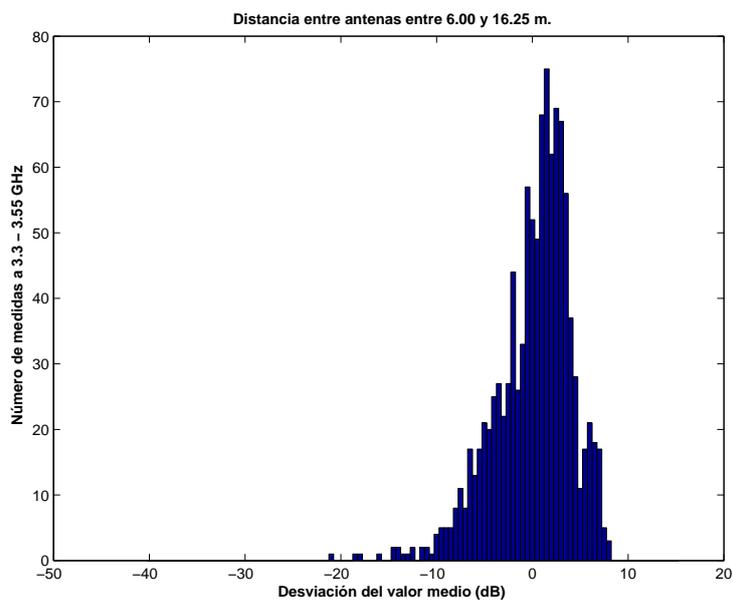


Figura 5.322: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.00 y 16.75 m de distancia entre antenas.

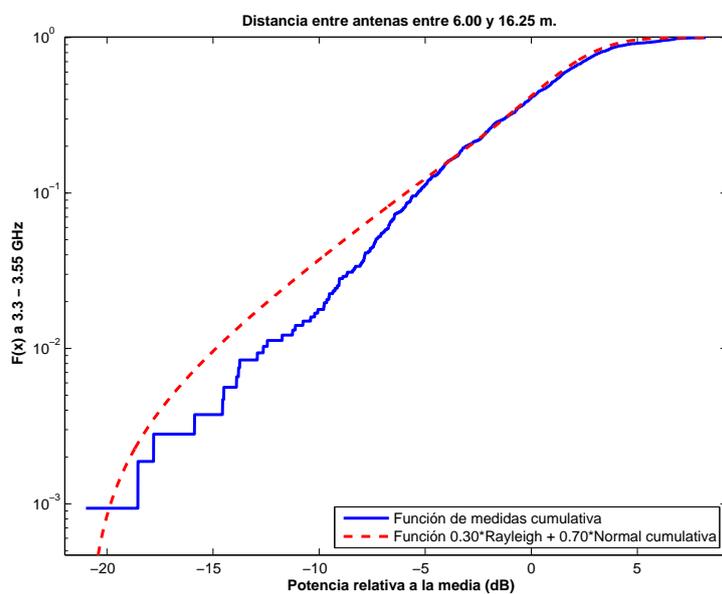


Figura 5.323: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.00 y 16.75 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.324 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 6 m. Caso similar al de la Figura 5.314 incluyendo una pérdida de 3 dB introducidos por el polarizador. Existe un aumento de las pérdidas puntuales entre 5 y 7 m. con respecto a la Figura 5.160 y una reducción de las pérdidas en el máximo de la distancia entre las antenas.

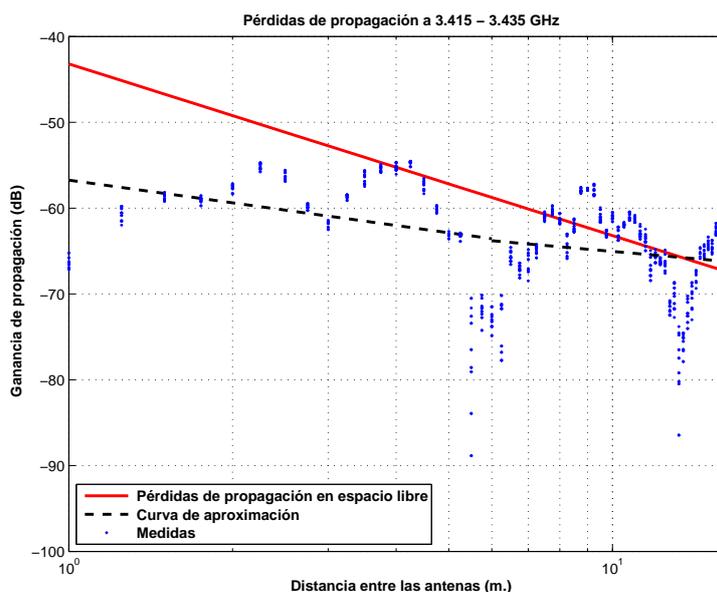


Figura 5.324: Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 56,75 + 8,76 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6 \text{ m.} \\ 63,80 + 5,59 * \log_{10}(d/6); & \text{si } d > 6 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.325. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.326.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.327. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 3$, Figura 5.328.

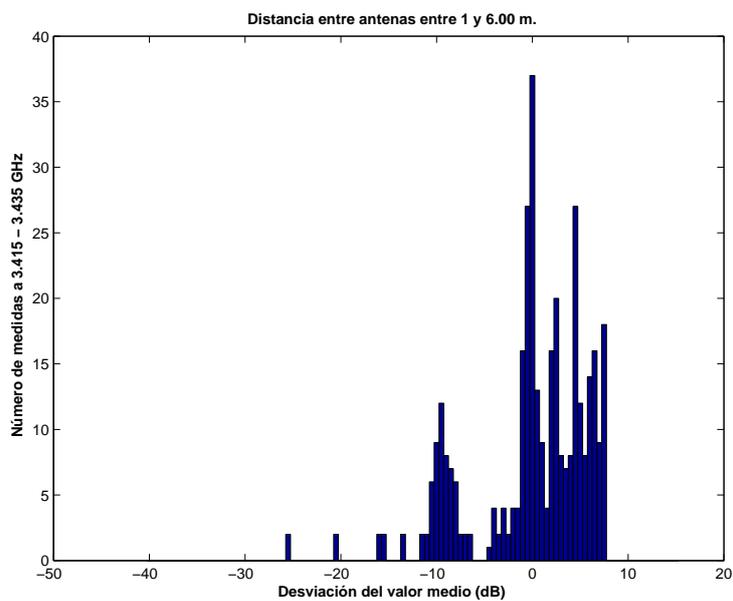


Figura 5.325: Histograma 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.00 m de distancia entre antenas.

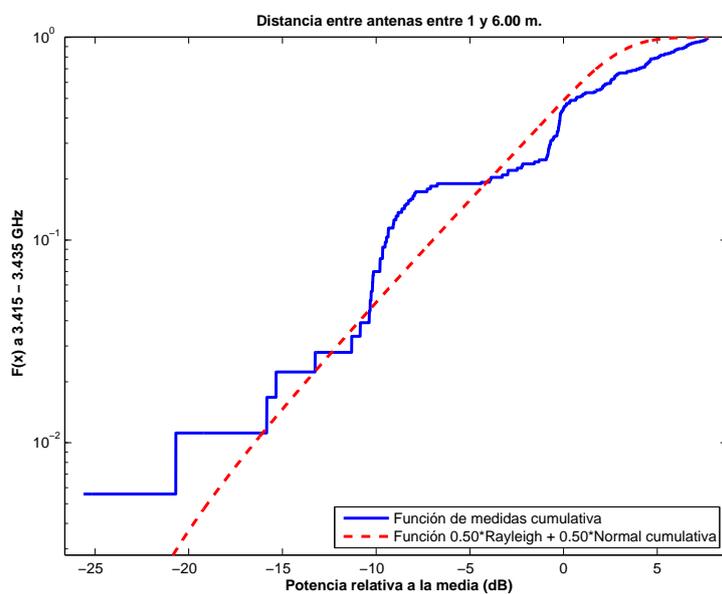


Figura 5.326: CDF 1 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.00 m de distancia entre antenas.

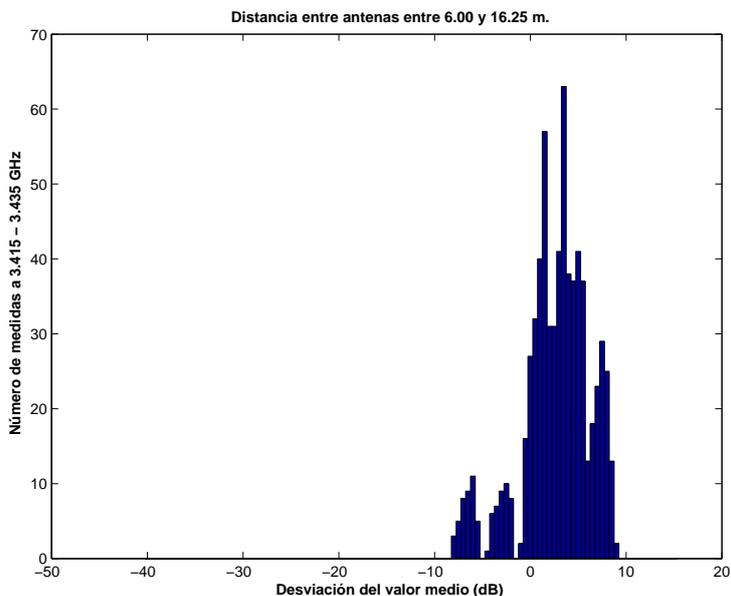


Figura 5.327: Histograma 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.00 y 16.75 m de distancia entre antenas.

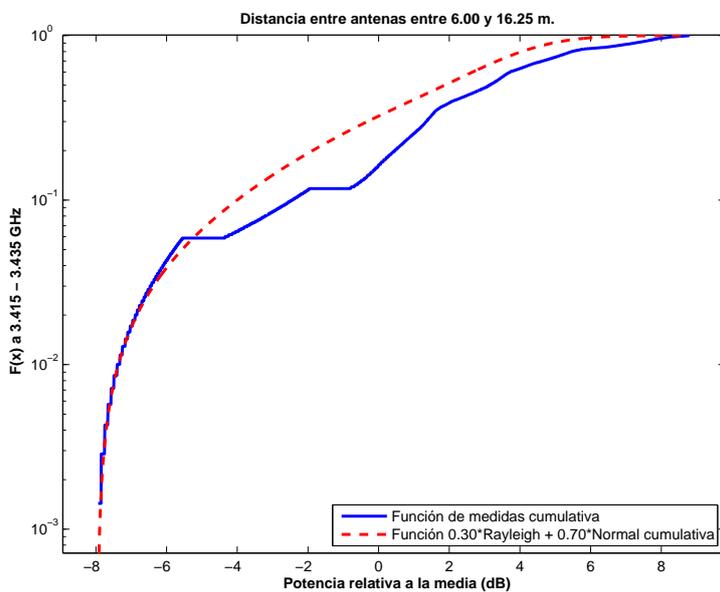


Figura 5.328: CDF 2 del Pasillo de 2 m. de ancho(0.50 m. de puertas), a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.00 y 16.75 m de distancia entre antenas.

5.1.5. Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho

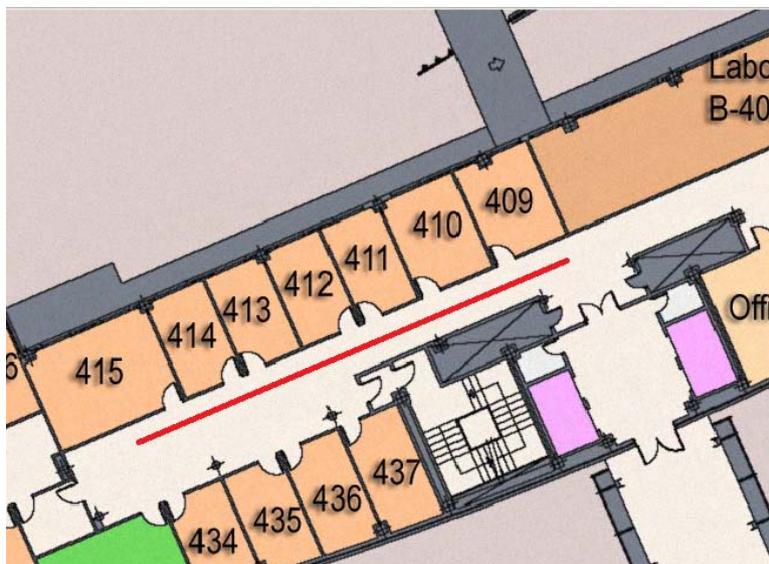


Figura 5.329: Plano del pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, edificio B



Figura 5.330: Foto del pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, edificio B

Distancia máxima del enlace: 16.75 m.

Entorno: Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, con el cambio de anchura a mitad de la distancia máxima, cerca de los ascensores, del pasillo de la planta 4^a del edificio B.

Altura de las antenas: La altura de la antena receptora, la del elemento simple, siempre es de 1.40 m., mientras que la altura de la antena transmisora puede ser de 1.40 m. o de 2.50 m. indicado según el caso.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 3.3 a 3.55 GHz y un canal de 20 MHz, de 3.415 a 3.435 GHz

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.331 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre con una mínima desviación del exponente de propagación y el segundo muestra una disminución en el exponente de propagación debido al modo de propagación por guía de onda, por encontrarnos en un pasillo estrecho.

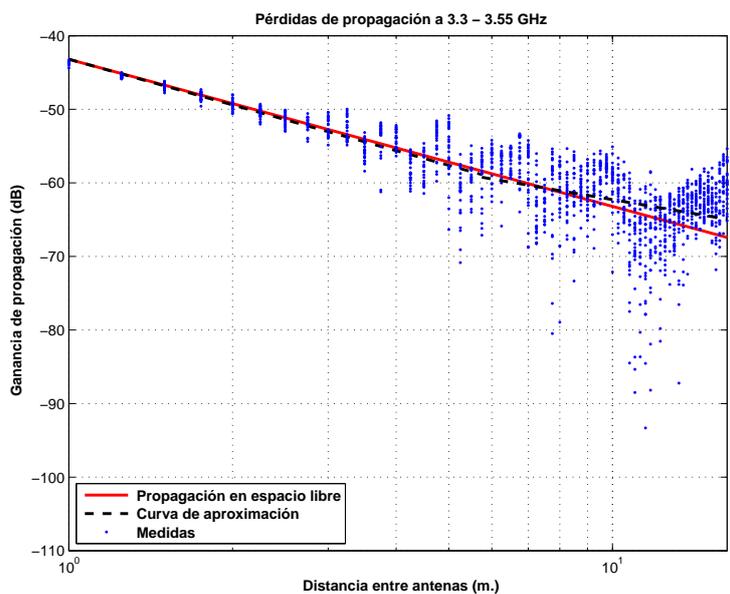


Figura 5.331: Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 43,18 + 20,65 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 5,75 \text{ m.} \\ 59,24 + 12,64 * \log_{10}(d/5,75); & \text{si } d > 5,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.332. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.333.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.334 y el mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 60 % Rayleigh y 40 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 3$, Figura 5.335.

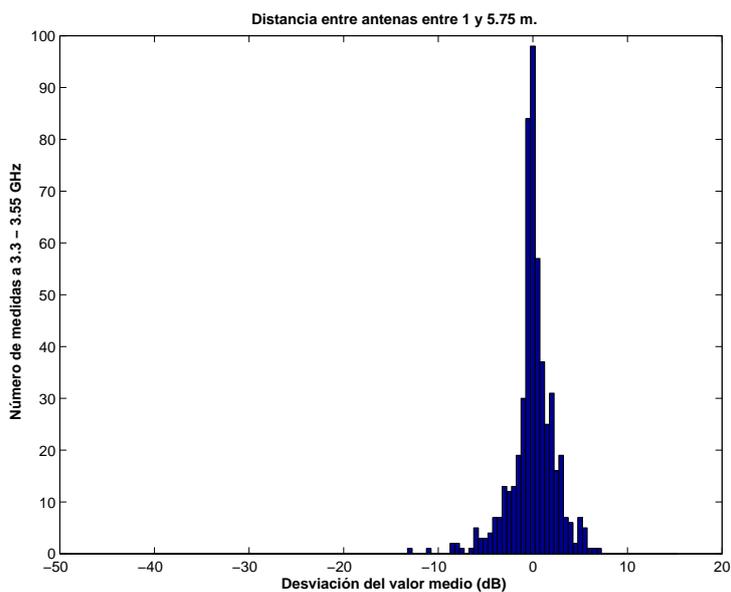


Figura 5.332: Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5.75 m de distancia entre antenas.

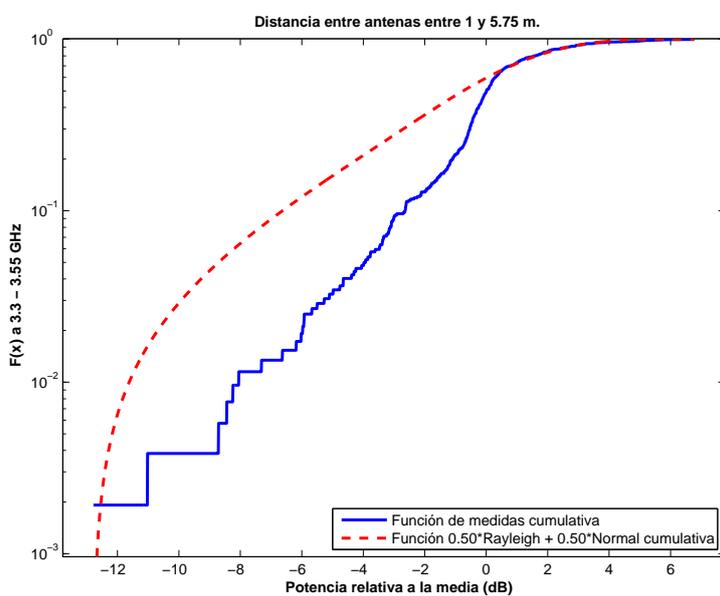


Figura 5.333: CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5.75 m de distancia entre antenas.

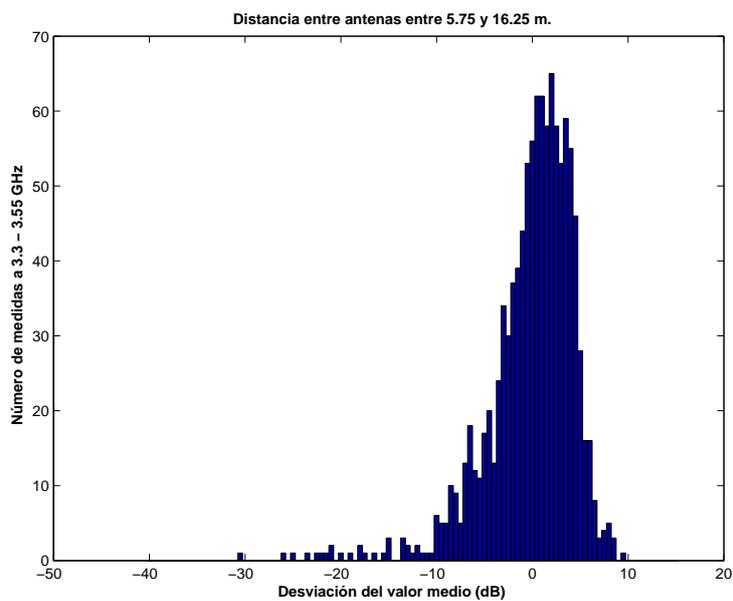


Figura 5.334: Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.

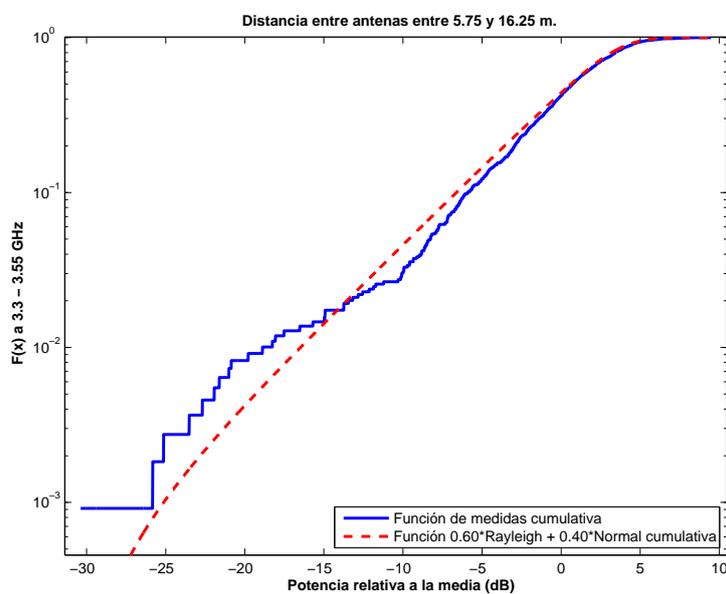


Figura 5.335: CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.336 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre con una mínima desviación en el exponente de propagación y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido al modo de propagación por guía de onda, por encontrarnos en un pasillo estrecho. Este caso es similar al de la Figura 5.331.

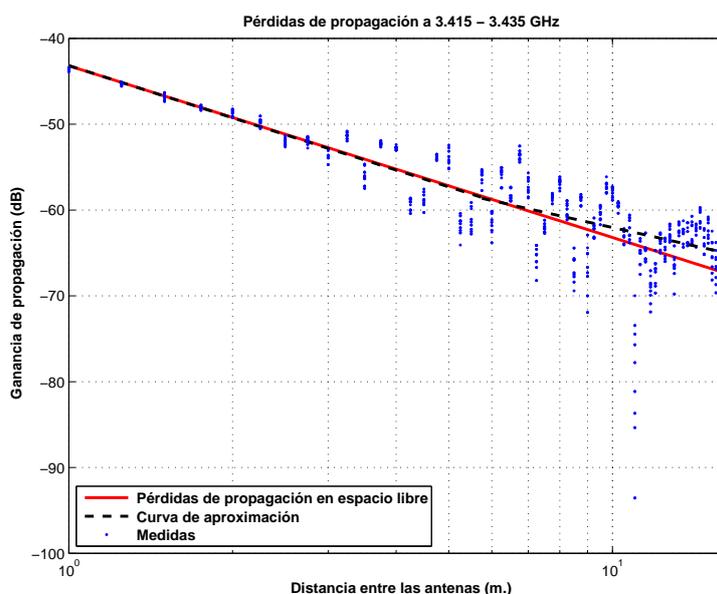


Figura 5.336: Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 43,18 + 20,22 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 5,75 \text{ m.} \\ 58,63 + 14,18 * \log_{10}(d/5,75); & \text{si } d > 5,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.337. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = -1$, Figura 5.338.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.339. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 40 % Rayleigh y 60 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 3$, Figura 5.340.

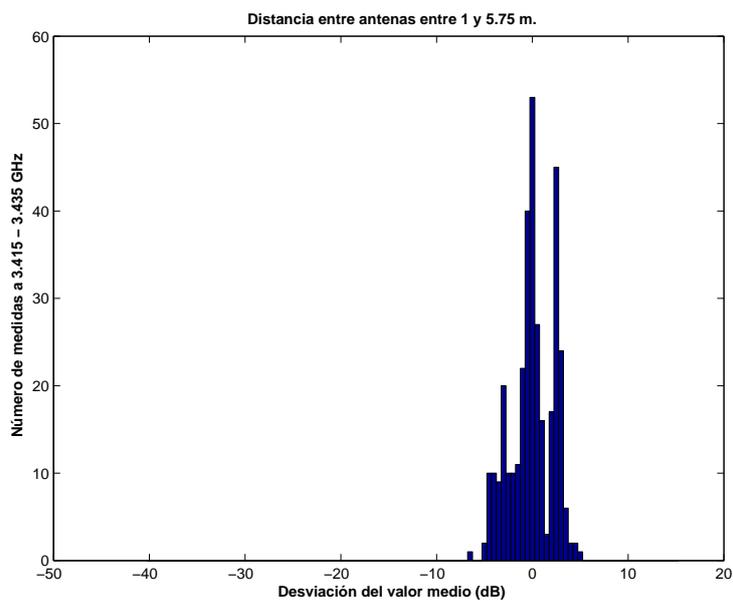


Figura 5.337: Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.75 m de distancia entre antenas.

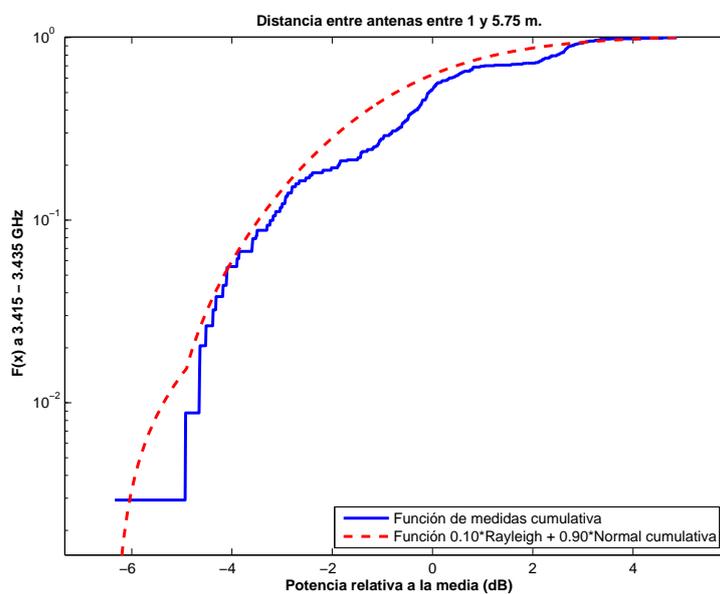


Figura 5.338: CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.75 m de distancia entre antenas.

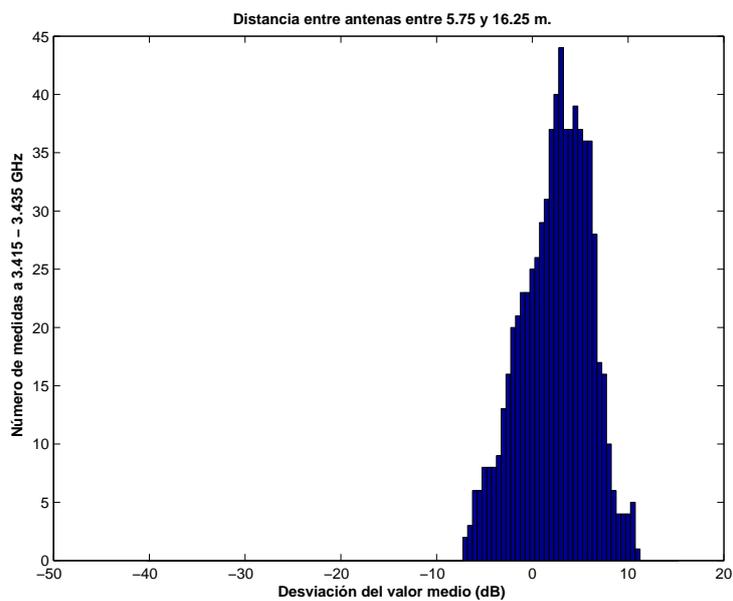


Figura 5.339: Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.

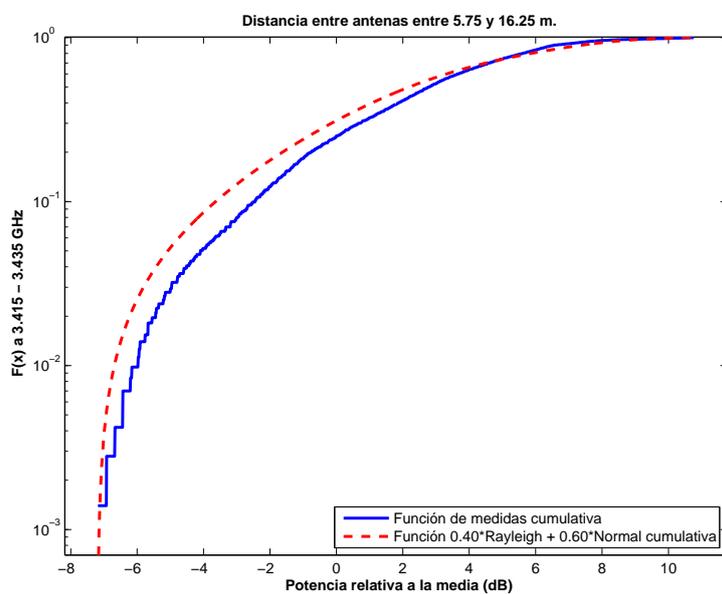


Figura 5.340: CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.75 y 16.75 m de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.341 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde en el primero se puede observar un aumento de pérdidas provocado por el polarizador, y el segundo muestra un aumento en el exponente de propagación debido a una mayor dispersión en las medidas con respecto al caso de la Figura 5.331.

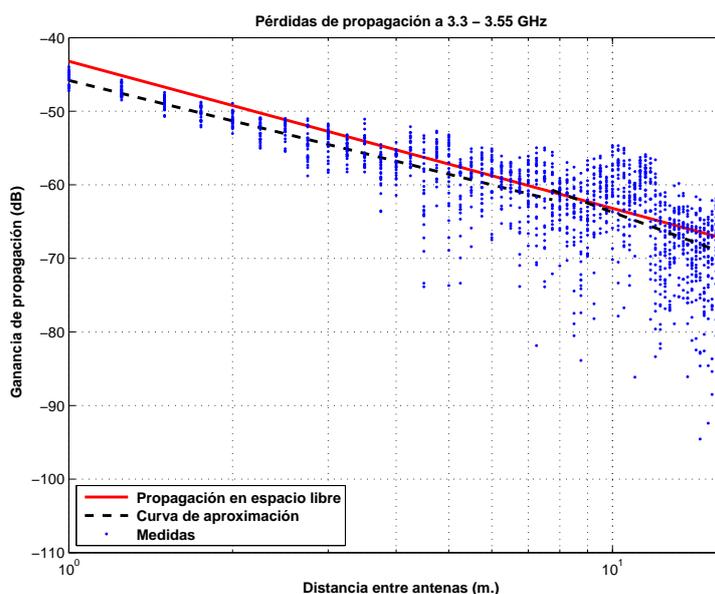


Figura 5.341: Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 45,80 + 18,25 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,75 \text{ m.} \\ 60,73 + 27,04 * \log_{10}(d/7,75); & \text{si } d > 7,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.342. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 1$, Figura 5.343.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.344 y se puede ajustar con una combinación de 80 % Rayleigh y 20 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.345.

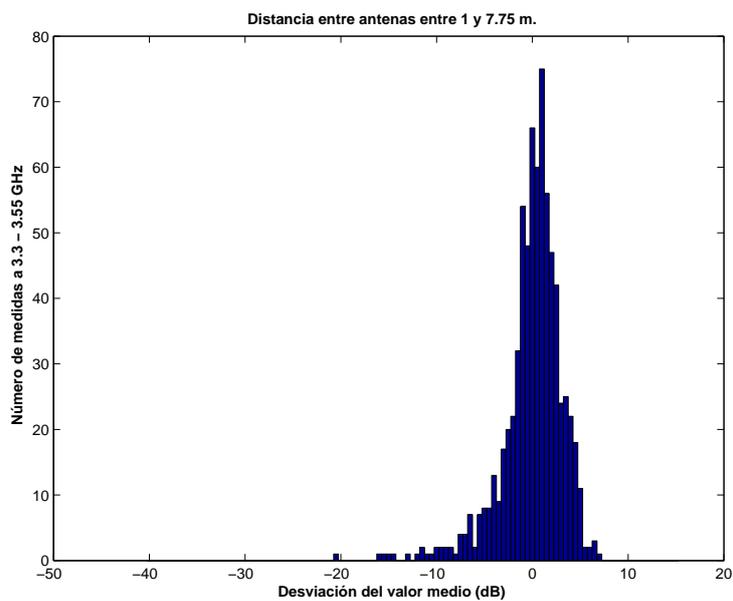


Figura 5.342: Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7.75 m. de distancia entre antenas.

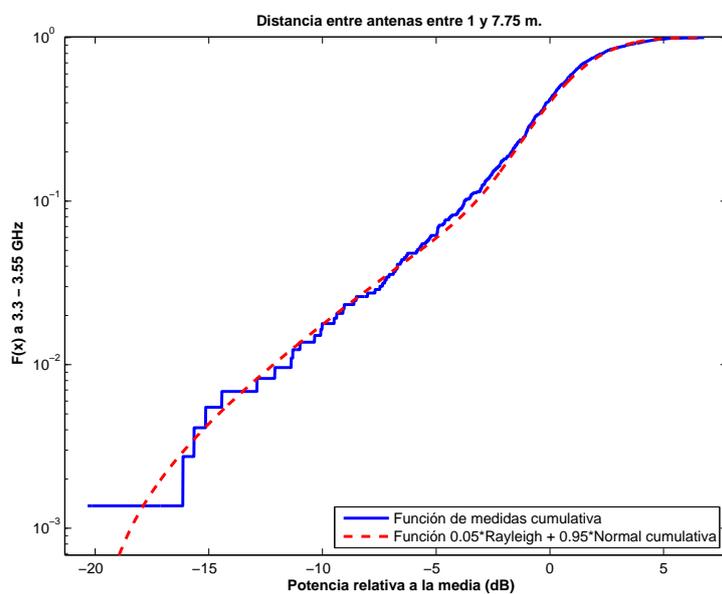


Figura 5.343: CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7.75 m. de distancia entre antenas.

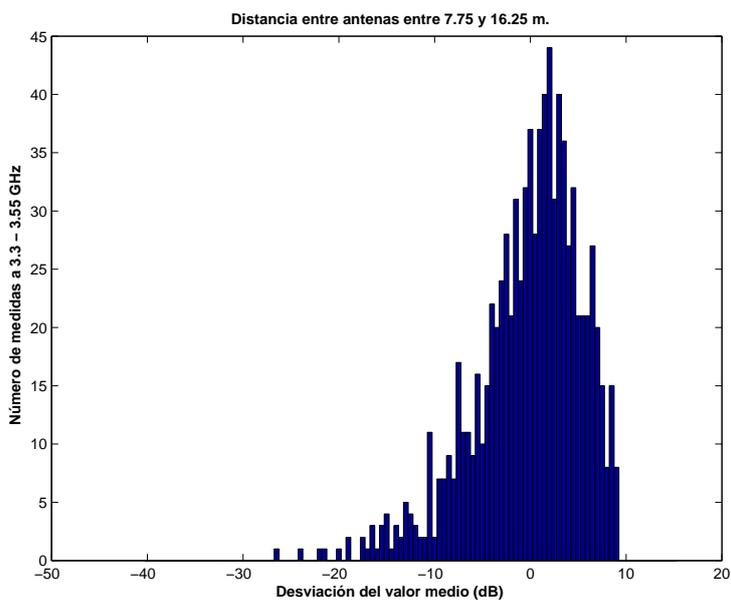


Figura 5.344: Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

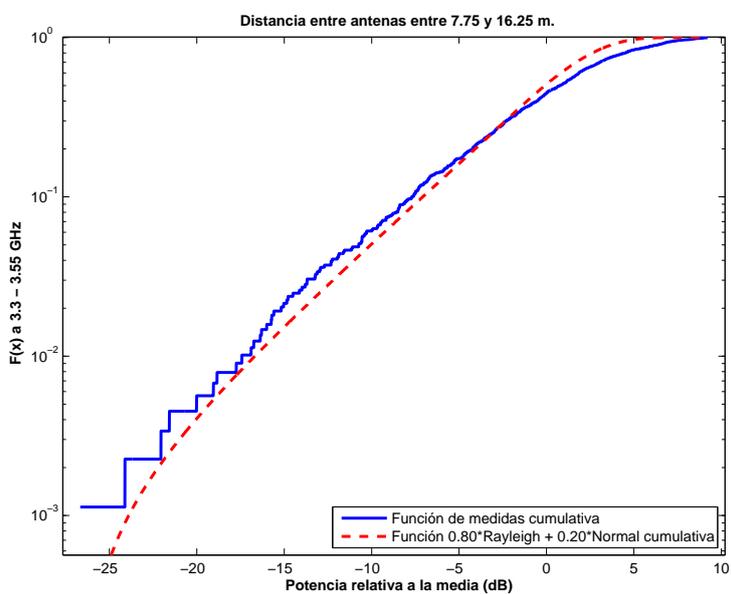


Figura 5.345: CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7.75 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.346 representa las pérdidas de propagación en toda un canal de frecuencia, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde en el primero se puede observar un aumento de pérdidas provocado por el polarizador, y el segundo muestra un aumento en el exponente de propagación debido a una mayor dispersión en las medidas con respecto al caso de la Figura 5.336. Caso similar a la Figura 5.341

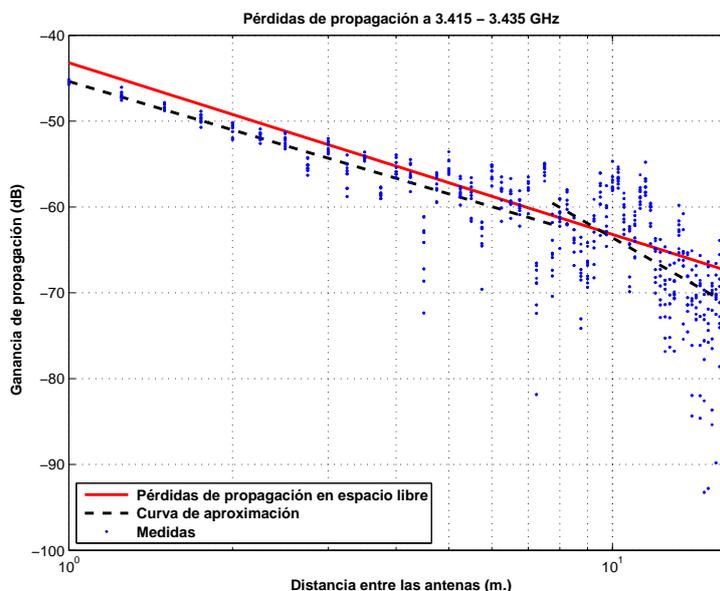


Figura 5.346: Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 45,38 + 18,75 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,75 \text{ m.} \\ 59,55 + 36,40 * \log_{10}(d/7,75); & \text{si } d > 7,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.347. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = -1$, Figura 5.348.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.349. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.350.

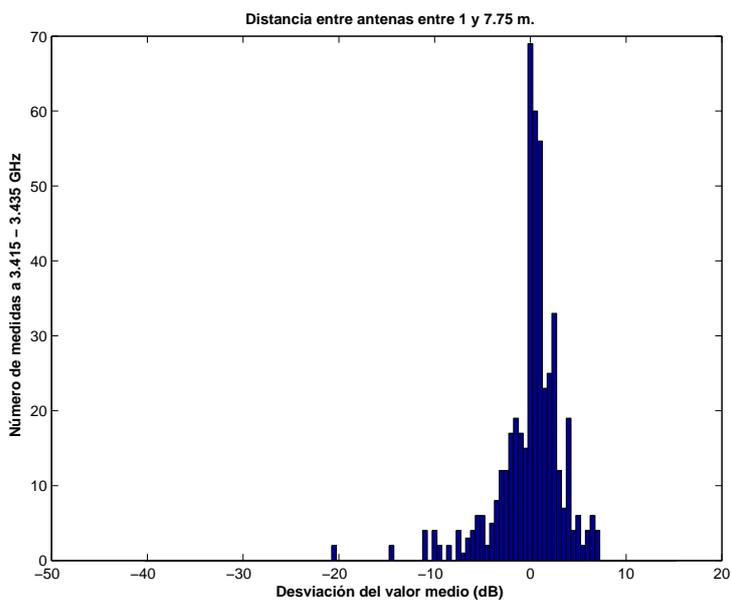


Figura 5.347: Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7.75 m.

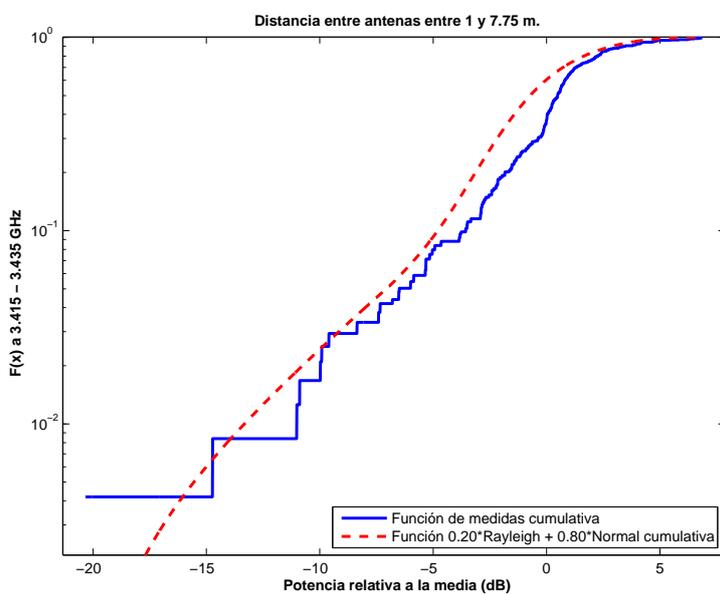


Figura 5.348: CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7.75 m.

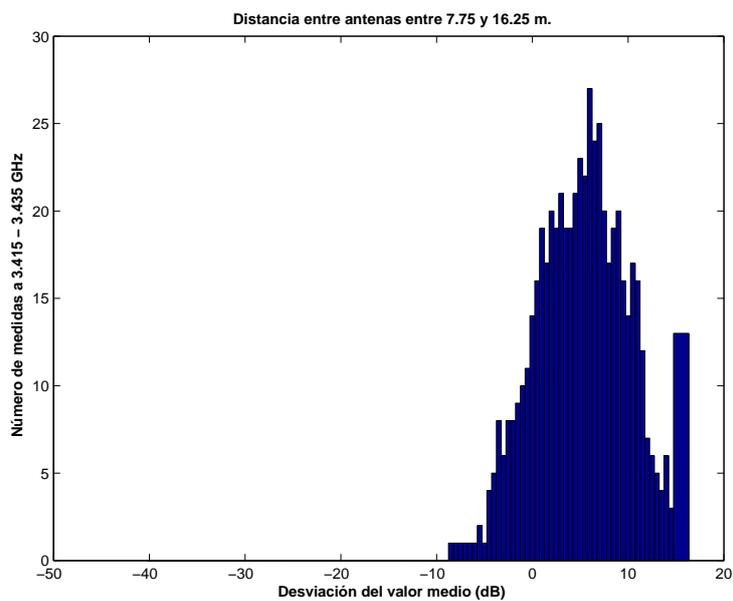


Figura 5.349: Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7.75 - 16.75 m.

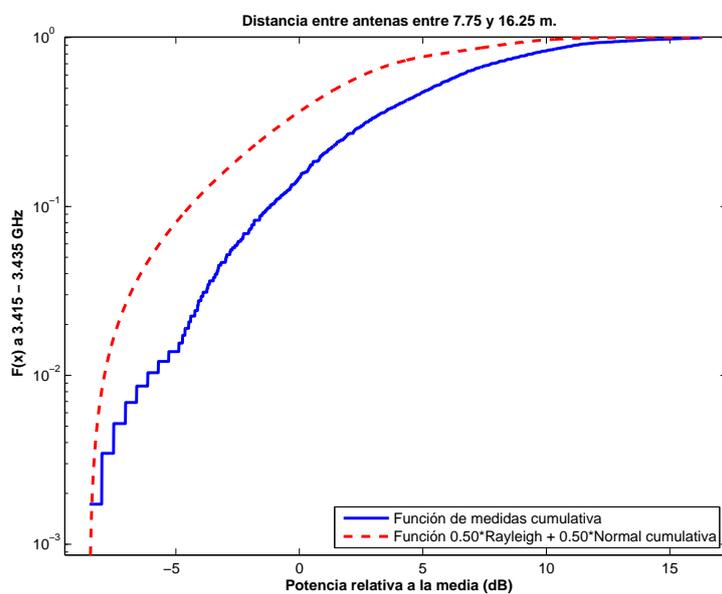


Figura 5.350: CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7.75 - 16.75 m.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.351 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso tenemos un leve aumento en el exponente de propagación sin llegar a marcar un mínimo.

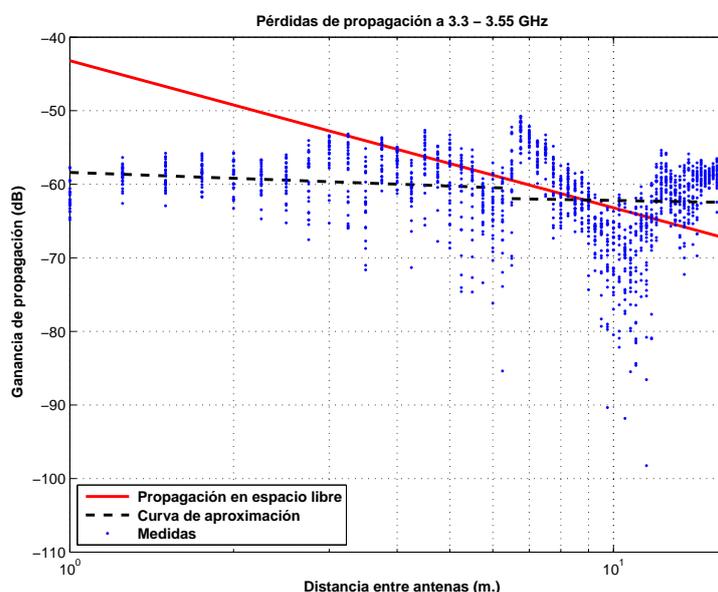


Figura 5.351: Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,38 + 2,66 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,5 \text{ m.} \\ 61,95 + 1,31 * \log_{10}(d/6,5); & \text{si } d > 6,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.352. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 60 % Rayleigh y 40 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 3$, Figura 5.353.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.354 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.355.

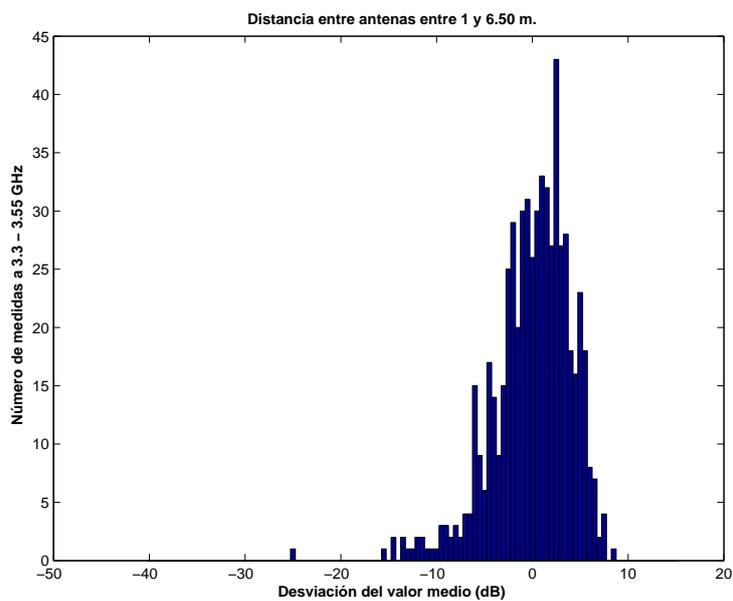


Figura 5.352: Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

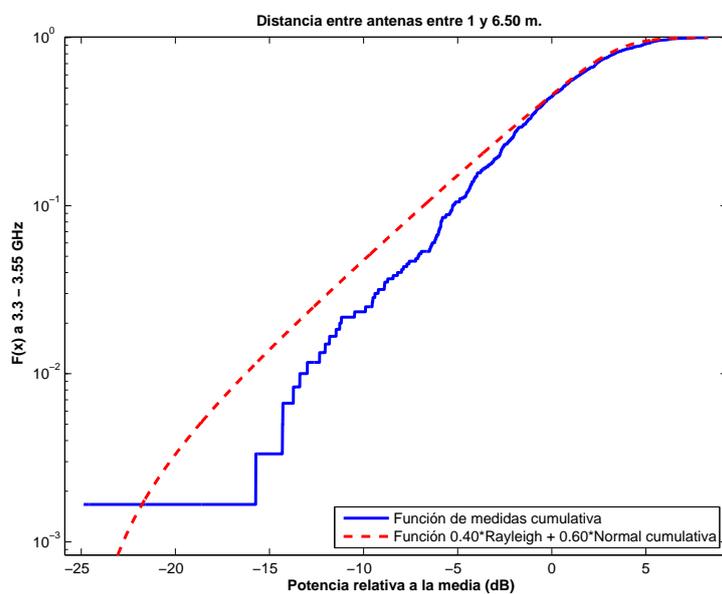


Figura 5.353: CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.50 m. de distancia entre antenas.

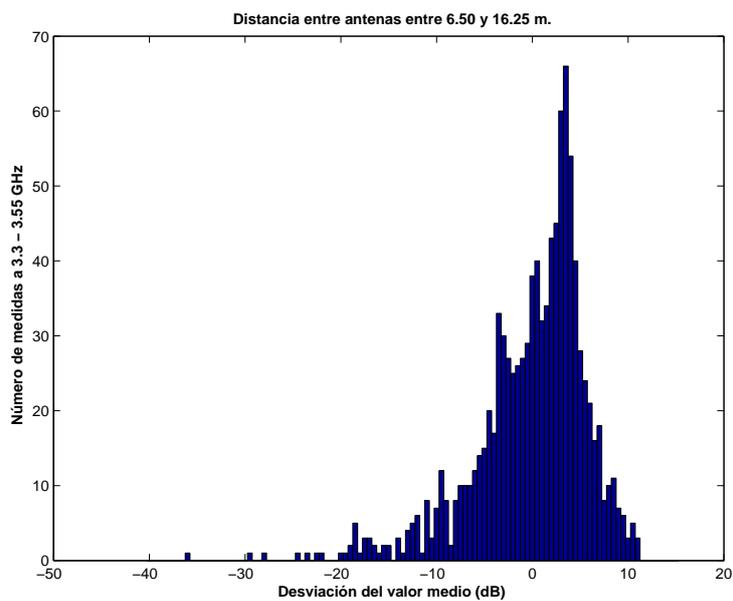


Figura 5.354: Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

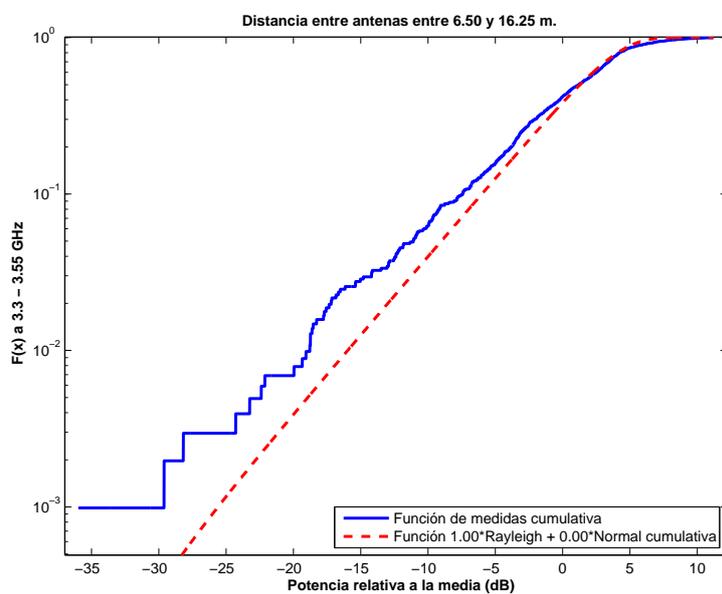


Figura 5.355: CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.50 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.356 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso tenemos un leve aumento en el exponente de propagación sin llegar a marcar un mínimo.

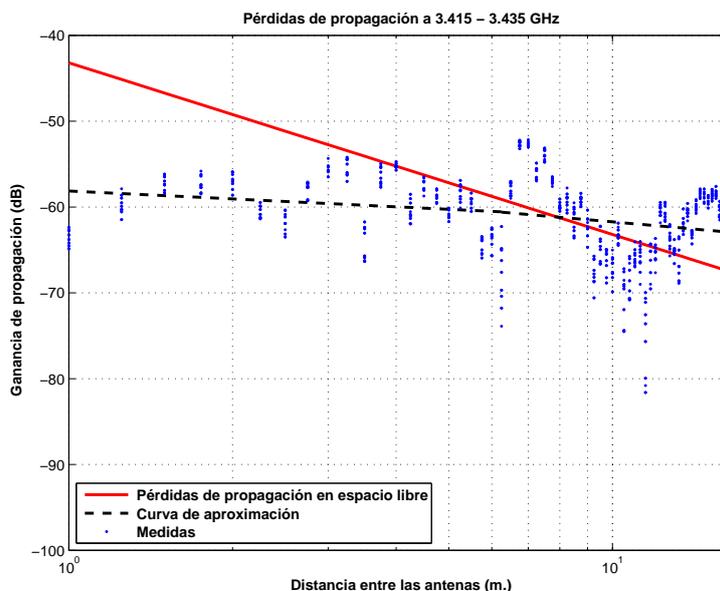


Figura 5.356: Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,14 + 3,05 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,25 \text{ m.} \\ 60,60 + 5,56 * \log_{10}(d/6,25); & \text{si } d > 6,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.357 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.358.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.359 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.360.

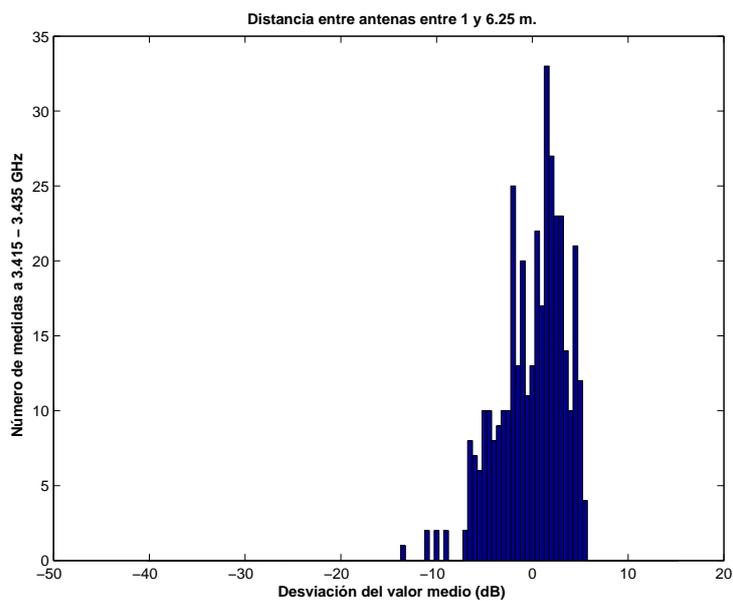


Figura 5.357: Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.25 m. de distancia entre antenas.

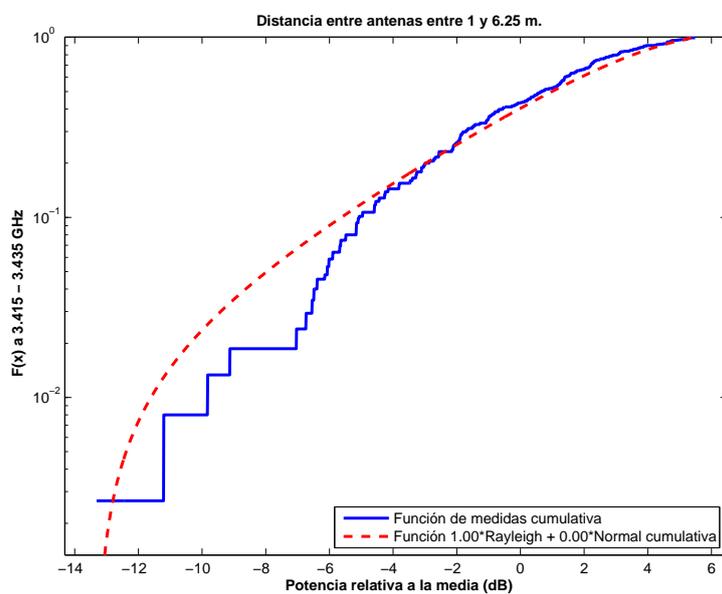


Figura 5.358: CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.25 m. de distancia entre antenas.

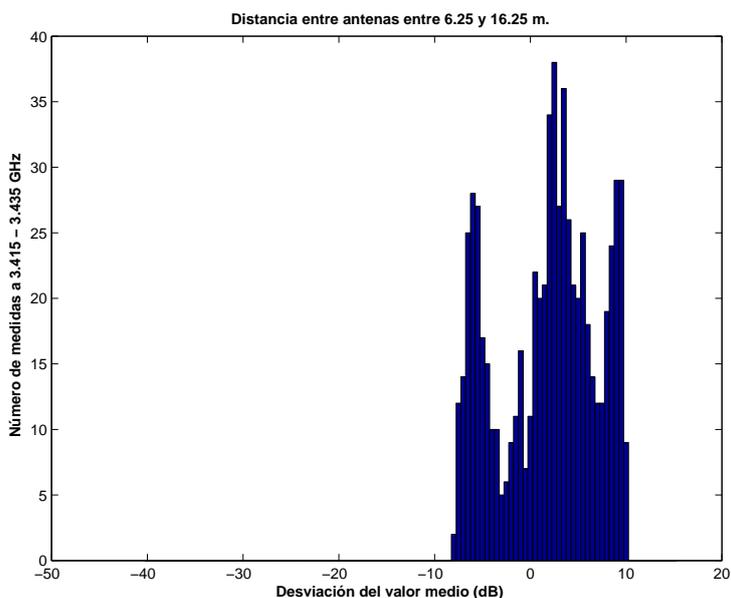


Figura 5.359: Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

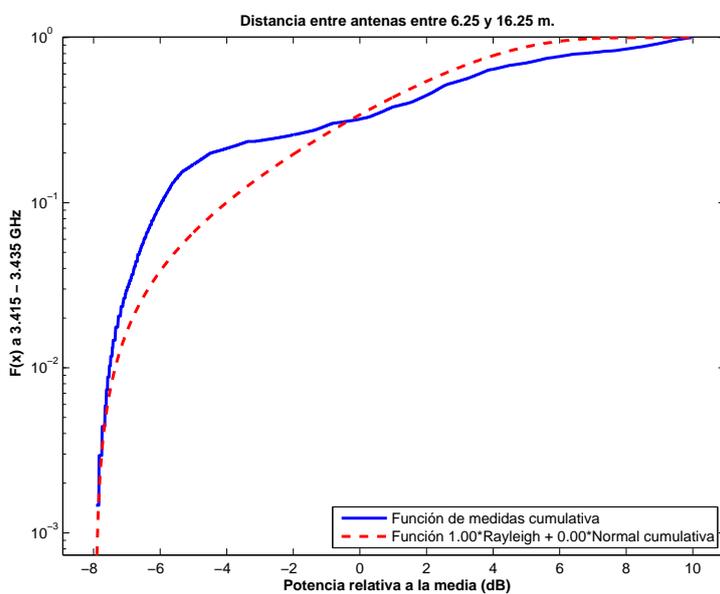


Figura 5.360: CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.361 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso, en el segundo tramo tenemos un exponente de propagación similar al de las pérdidas en espacio libre, sin llegar a marcar un mínimo.

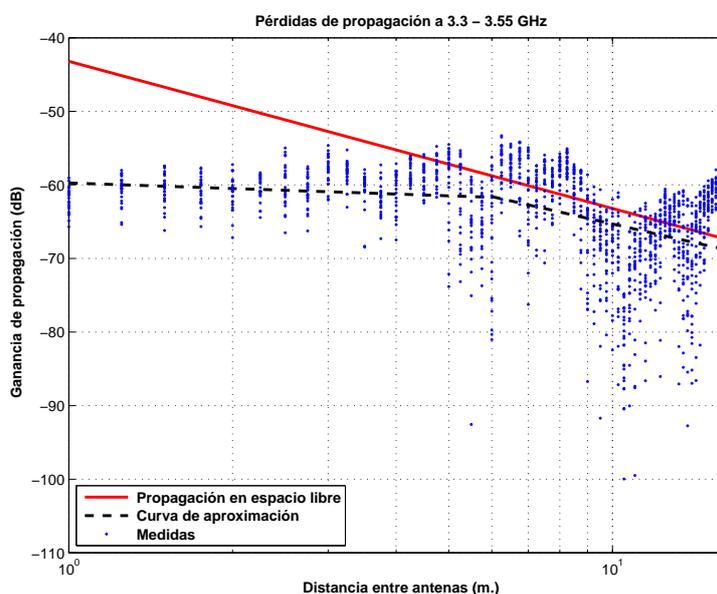


Figura 5.361: Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 59,74 + 2,50 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6 \text{ m.} \\ 61,58 + 16,78 * \log_{10}(d/6); & \text{si } d > 6 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.362. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.363.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.364 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.365.

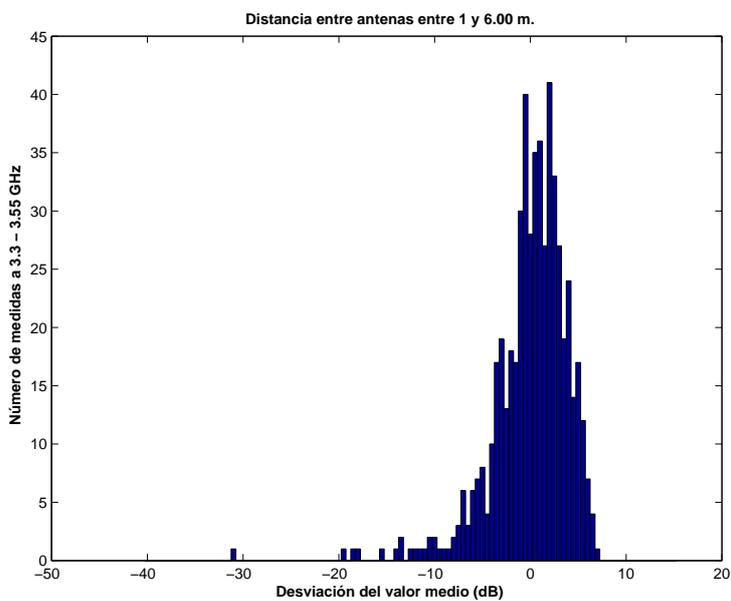


Figura 5.362: Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6 m. de distancia entre antenas.

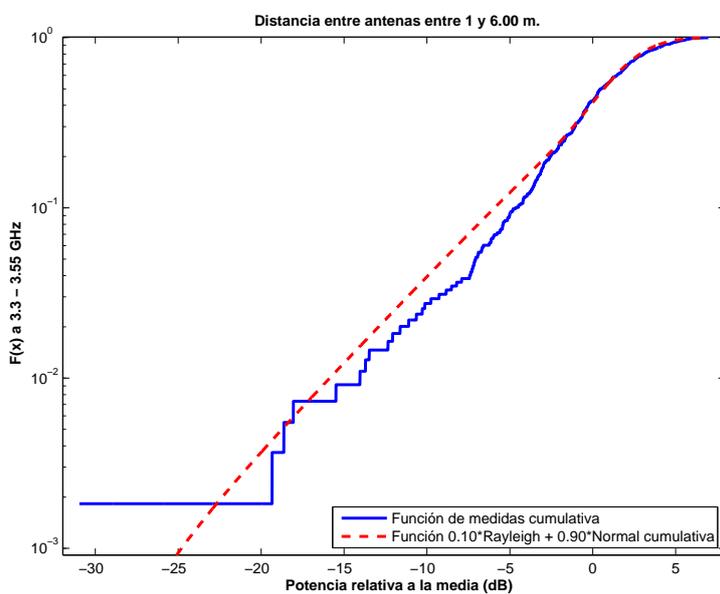


Figura 5.363: CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6 m. de distancia entre antenas.

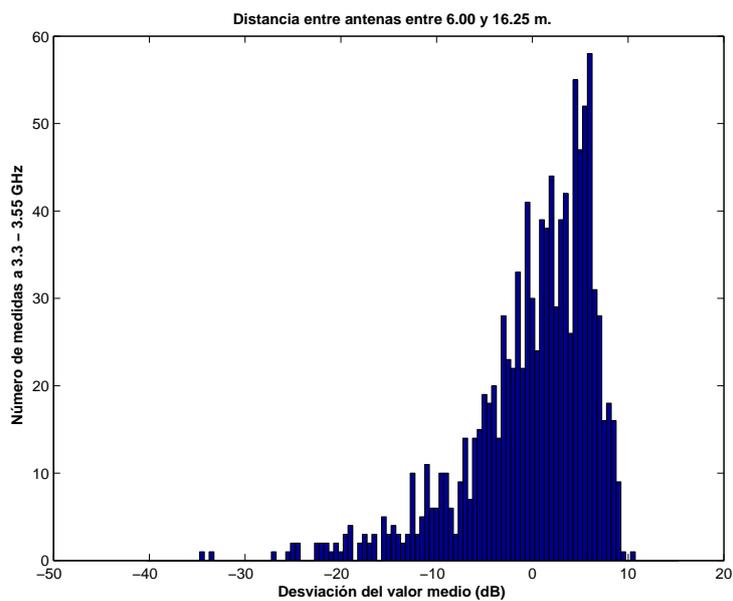


Figura 5.364: Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

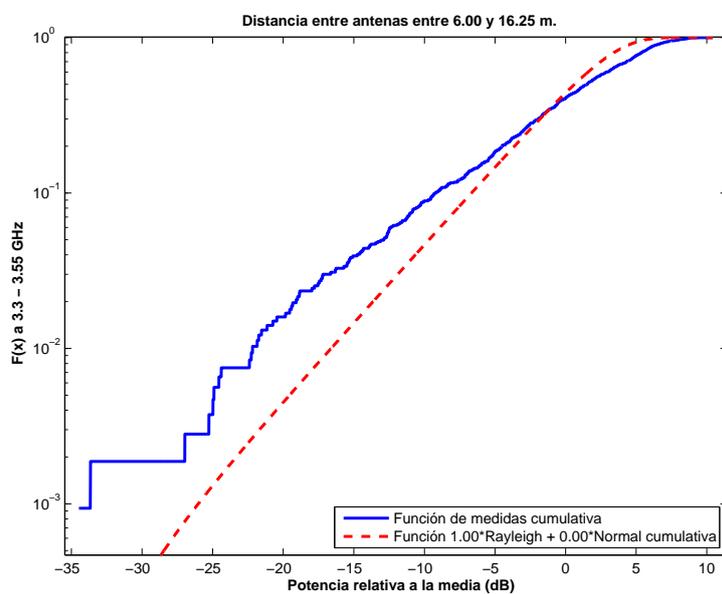


Figura 5.365: CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.366 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso, en el segundo tramo tenemos un exponente de propagación similar al de las pérdidas en espacio libre, sin llegar a marcar un mínimo.

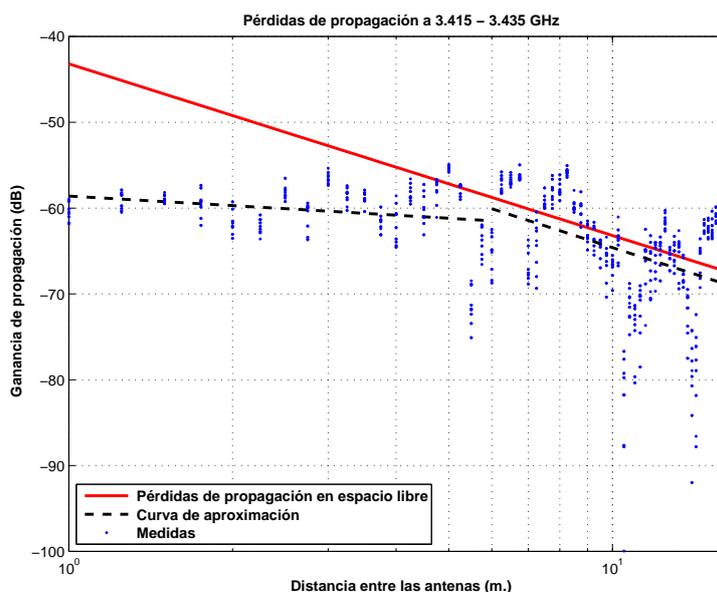


Figura 5.366: Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,60 + 3,70 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6 \text{ m.} \\ 60,08 + 20,42 * \log_{10}(d/6); & \text{si } d > 6 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.367. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 80 % Rayleigh y 20 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = -2$, Figura 5.368.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.369. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.370.

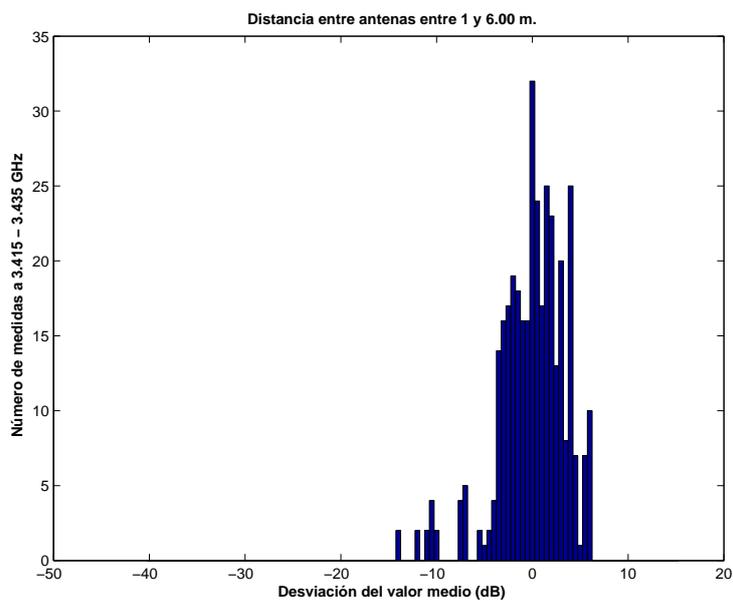


Figura 5.367: Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6 m. de distancia entre antenas.

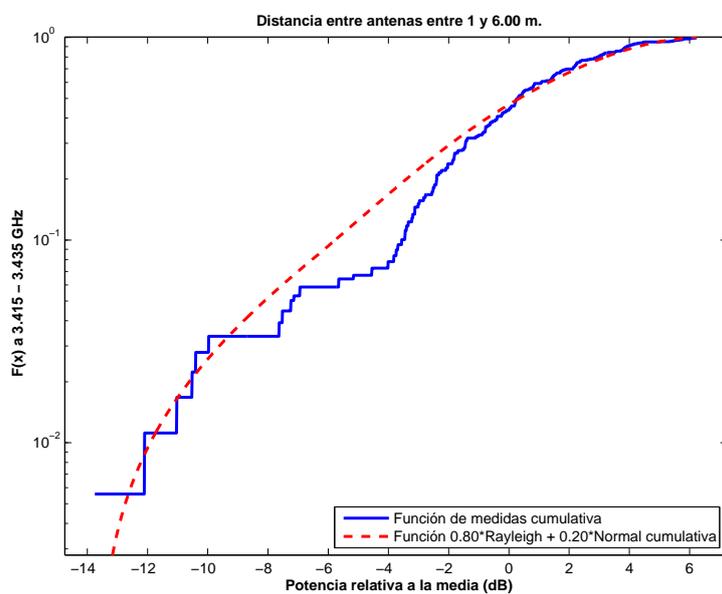


Figura 5.368: CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6 m. de distancia entre antenas.

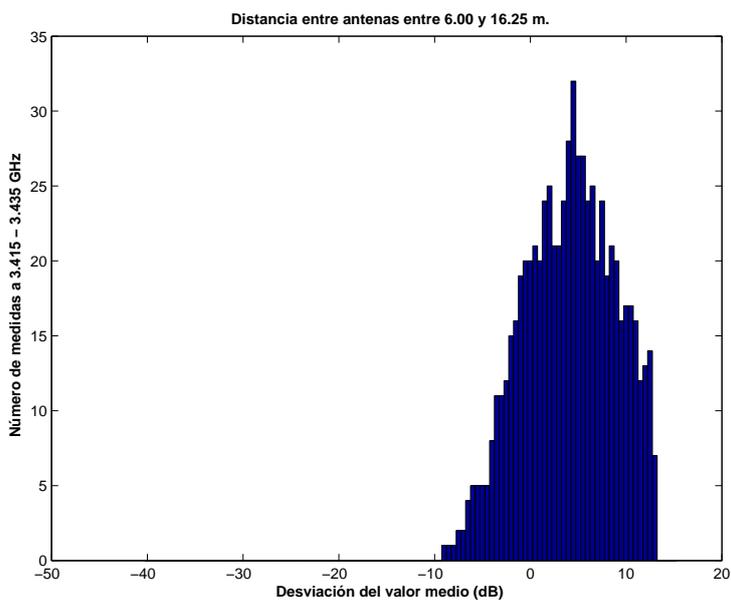


Figura 5.369: Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

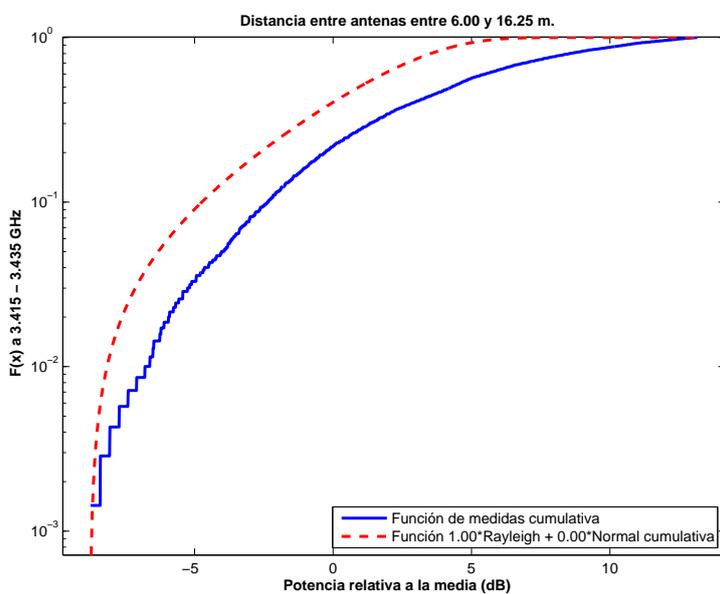


Figura 5.370: CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.371 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido a que nos encontramos con una disminución de la dispersión en las medidas, provocado por un haz más estrecho debido al aumento de la ganancia al trabajar con los 4 parches.

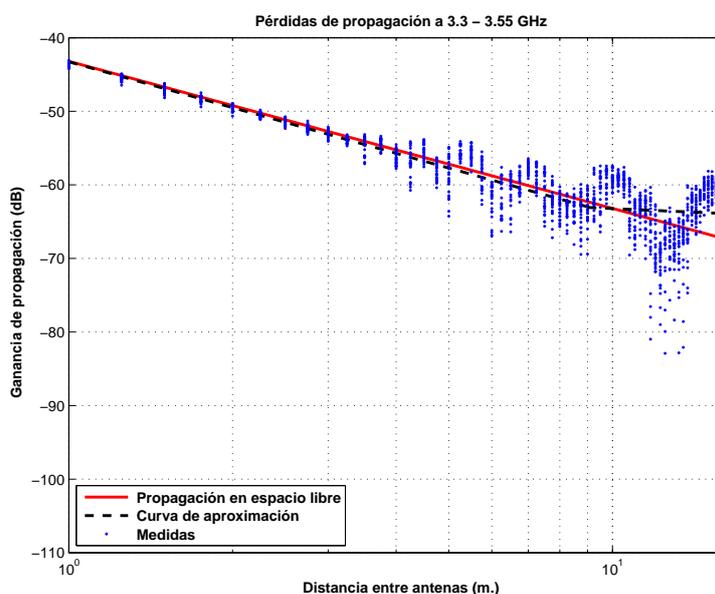


Figura 5.371: Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 43,27 + 20,65 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9 \text{ m.} \\ 63,07 + 3,28 * \log_{10}(d/9); & \text{si } d > 9 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.372. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0,5$, Figura 5.373.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.374 y se puede ajustar con una combinación de 40 % Rayleigh y 60 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.375.

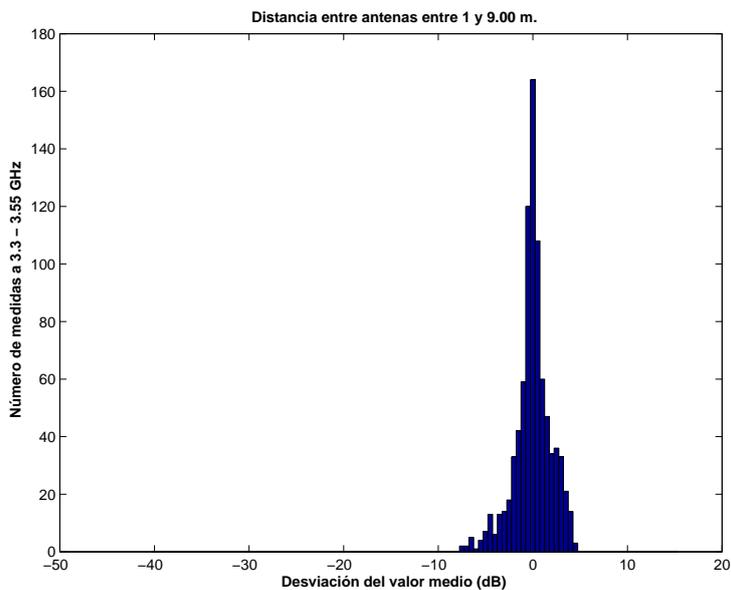


Figura 5.372: Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 9 m. de distancia entre antenas.

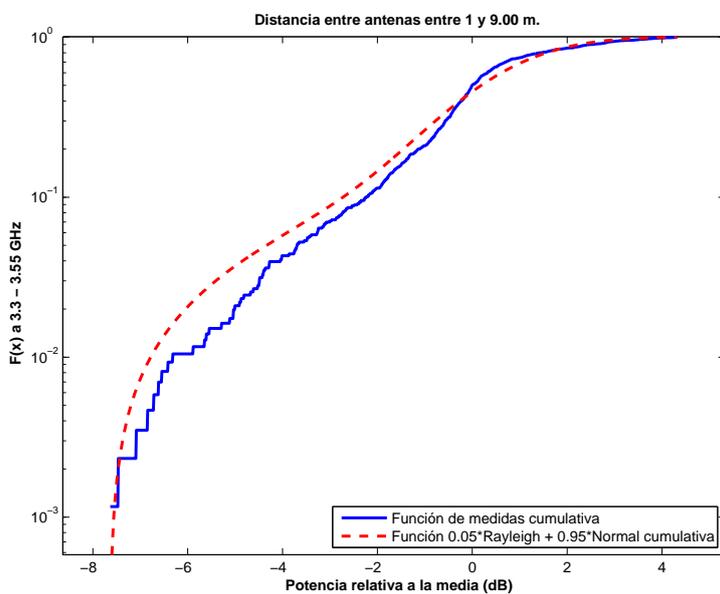


Figura 5.373: CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 9 m. de distancia entre antenas.

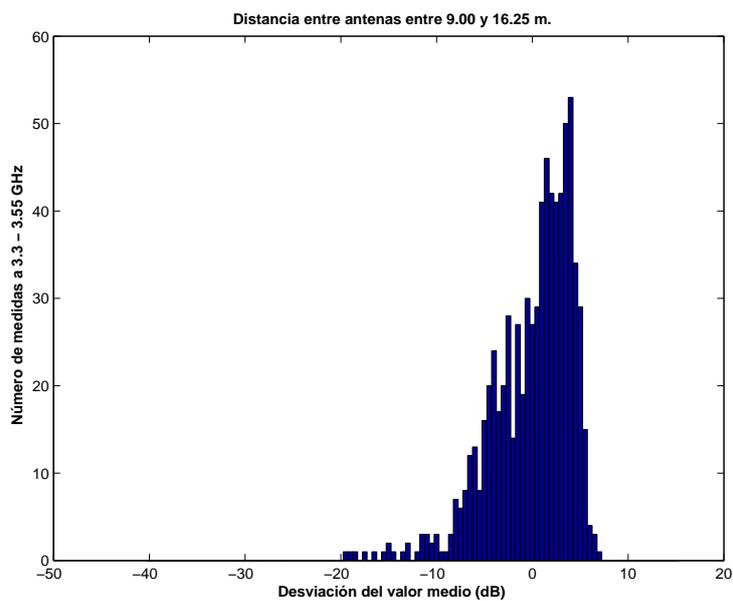


Figura 5.374: Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 9 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

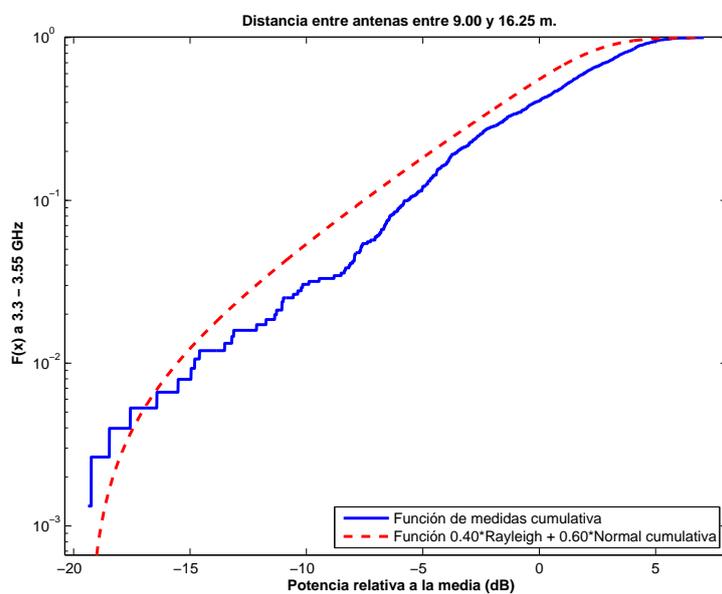


Figura 5.375: CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 9 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.376 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre y el segundo muestra una disminución drástica en el exponente de propagación debido a que nos encontramos con una disminución de la dispersión en las medidas, provocado por un haz más estrecho debido al aumento de la ganancia al trabajar con los 4 parches.

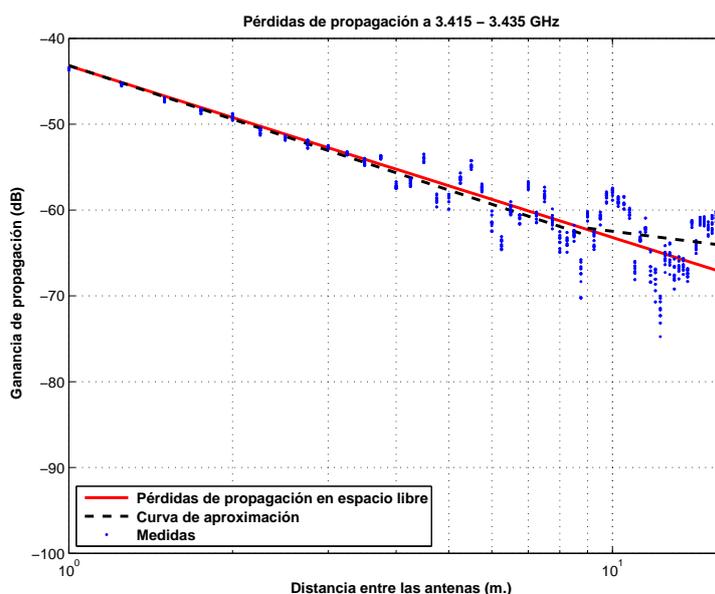


Figura 5.376: Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 43,16 + 20,77 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 9 \text{ m.} \\ 62,11 + 8,06 * \log_{10}(d/9); & \text{si } d > 9 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.377. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.378.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.379 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.380.

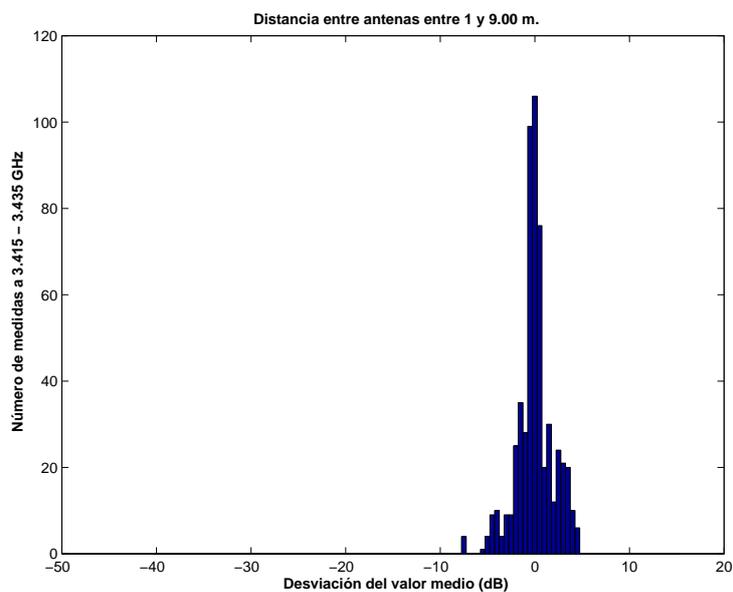


Figura 5.377: Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 9 m. de distancia entre antenas.

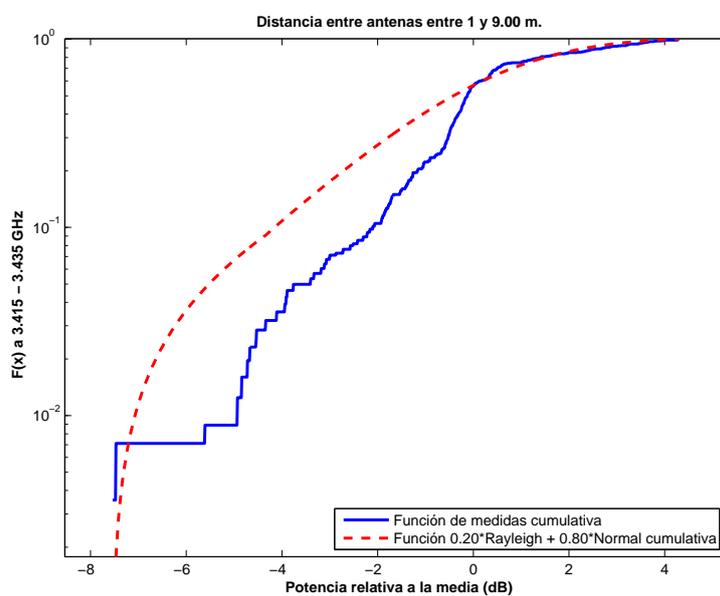


Figura 5.378: CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 9 m. de distancia entre antenas.

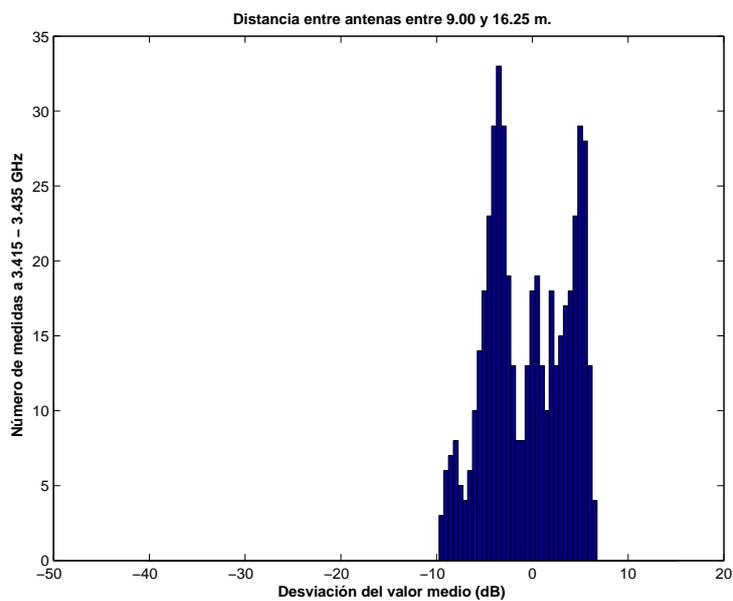


Figura 5.379: Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 9 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

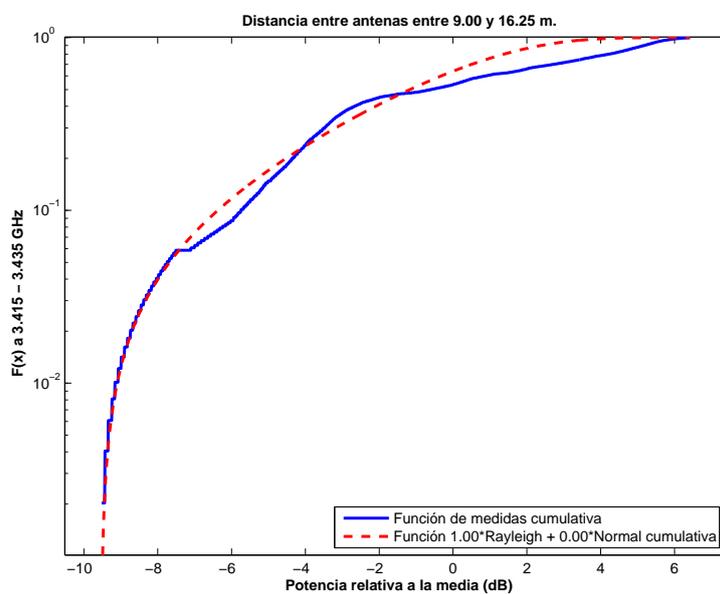


Figura 5.380: CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 9 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.381 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por una paralela a las pérdidas de propagación en el espacio libre con un leve aumento en el exponente de propagación, debido a las pérdidas introducidas por el polarizador, y el segundo muestra una disminución en el exponente de propagación.

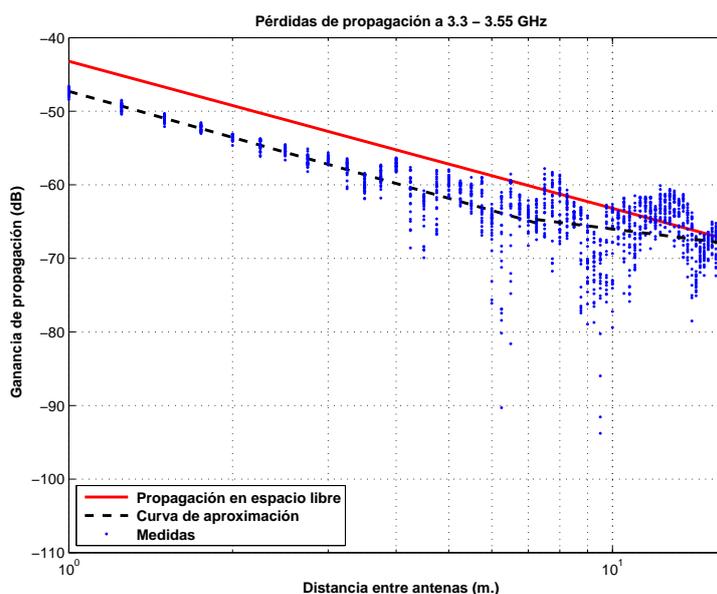


Figura 5.381: Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 47,29 + 20,82 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,25 \text{ m.} \\ 64,72 + 9,25 * \log_{10}(d/7,25); & \text{si } d > 7,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.382. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 2 % Rayleigh y 98 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.383.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.384. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.385.

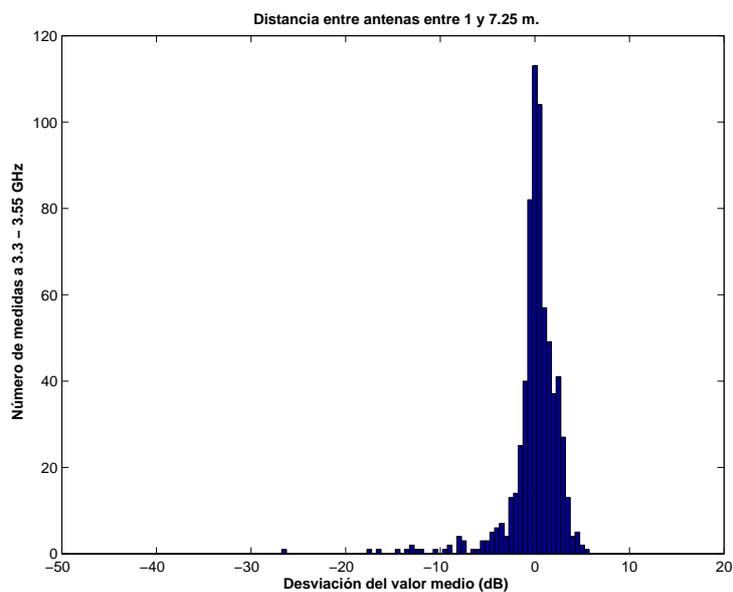


Figura 5.382: Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7.25 m. de distancia entre antenas.

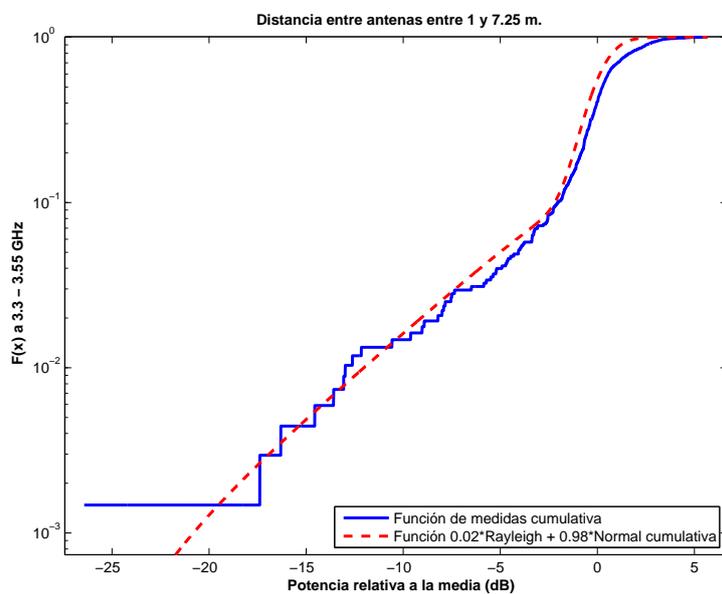


Figura 5.383: CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7.25 m. de distancia entre antenas.

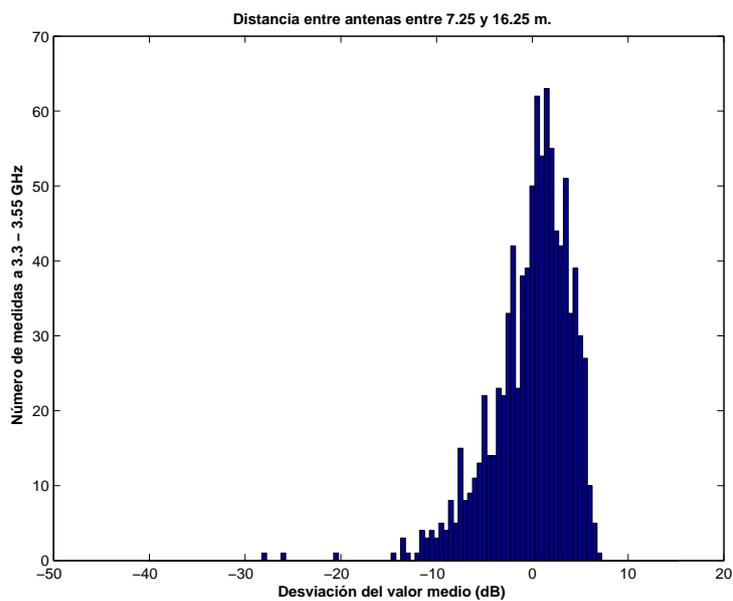


Figura 5.384: Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

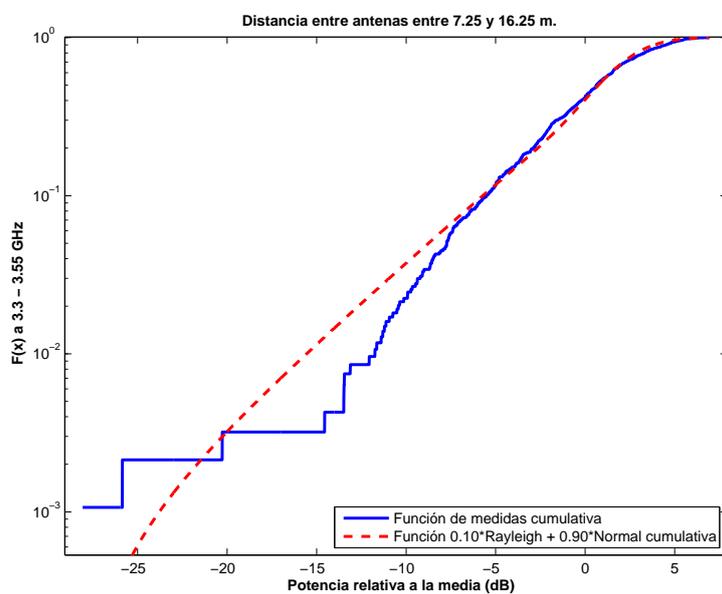


Figura 5.385: CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.386 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por una paralela a las pérdidas de propagación en el espacio libre con un leve aumento en el exponente de propagación, debido a las pérdidas introducidas por el polarizador, y el segundo muestra una disminución en el exponente de propagación.

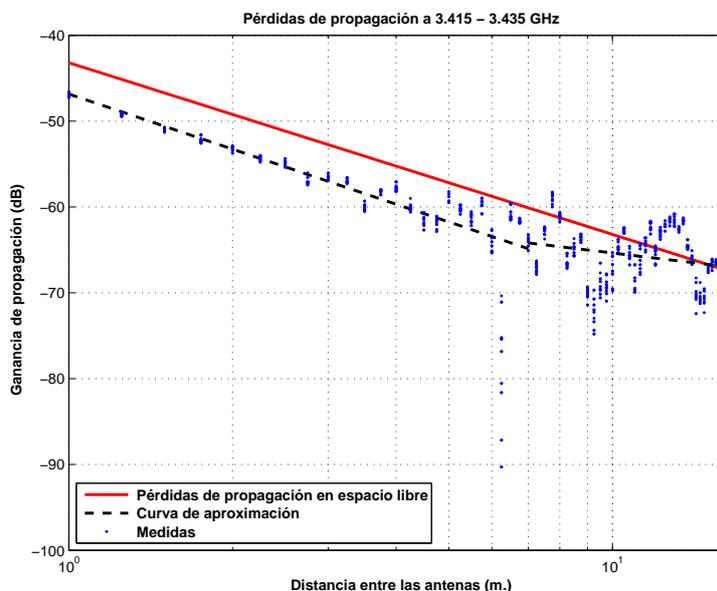


Figura 5.386: Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 46,85 + 21,32 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7 \text{ m.} \\ 64,19 + 7,59 * \log_{10}(d/7); & \text{si } d > 7 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.387. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 2$, Figura 5.388.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.389 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.390.

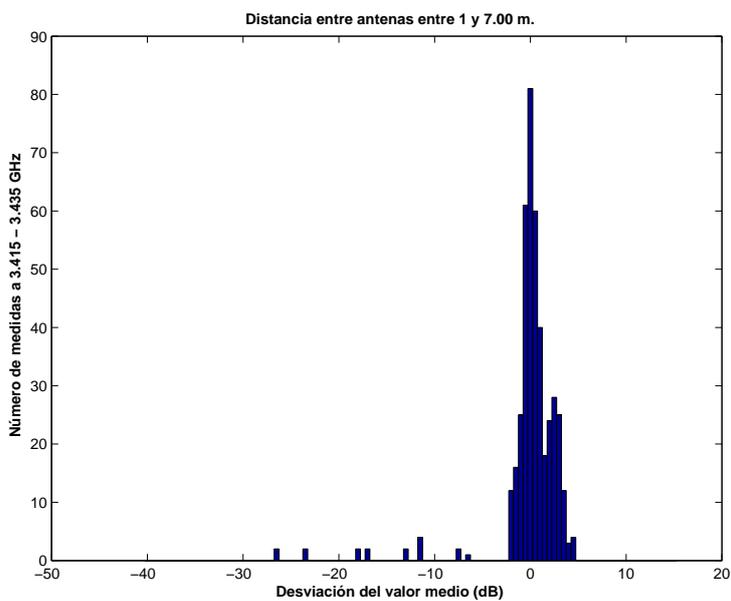


Figura 5.387: Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

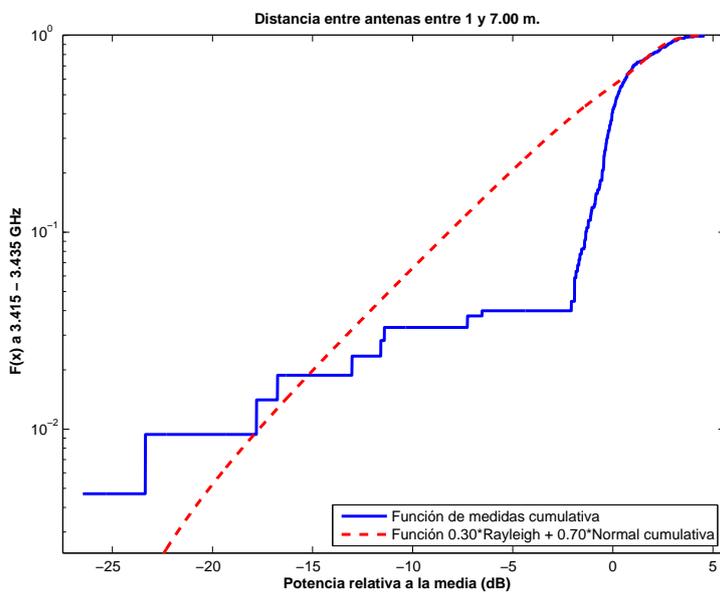


Figura 5.388: CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

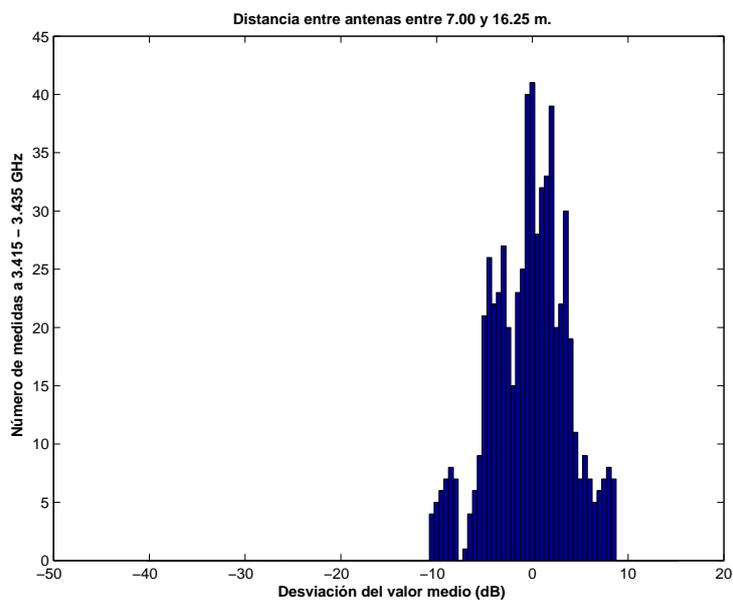


Figura 5.389: Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

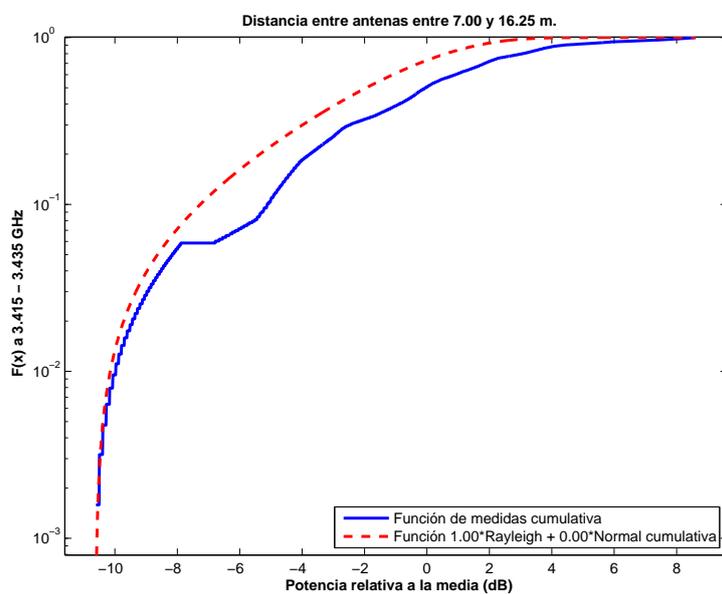


Figura 5.390: CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.391 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso, en el segundo tramo tenemos un exponente de propagación similar al de las pérdidas en espacio libre, sin llegar a marcar un mínimo.

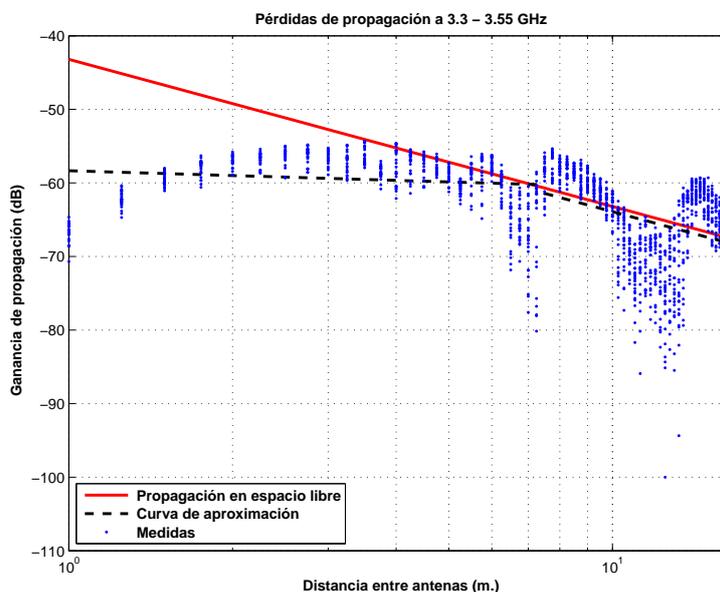


Figura 5.391: Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,34 + 2,17 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,5 \text{ m.} \\ 61,42 + 19,89 * \log_{10}(d/7,5); & \text{si } d > 7,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.392y se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 3$, Figura 5.393.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.394 y se puede ajustar con una combinación de 40 % Rayleigh y 60 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.395.

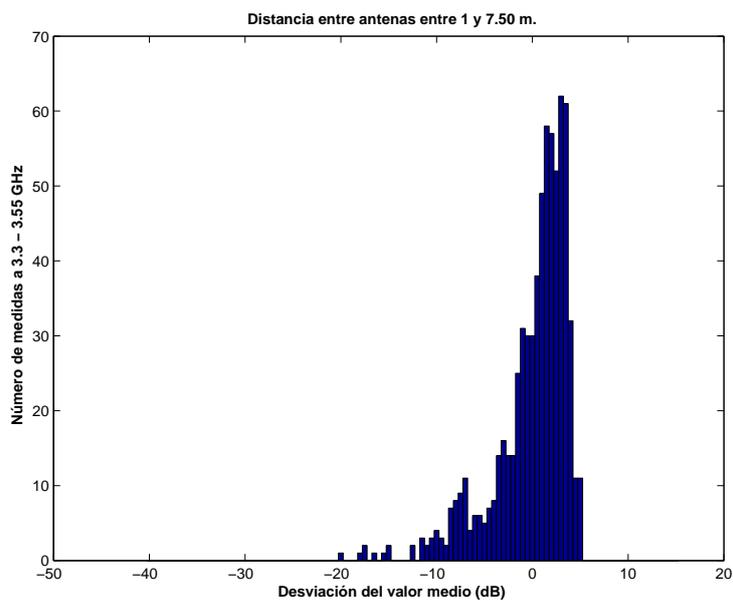


Figura 5.392: Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7.5 m. de distancia entre antenas.

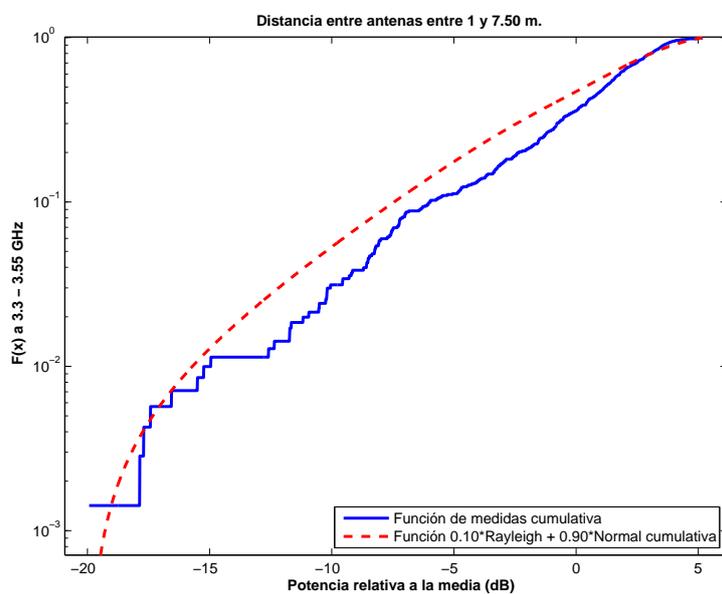


Figura 5.393: CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7.5 m. de distancia entre antenas.

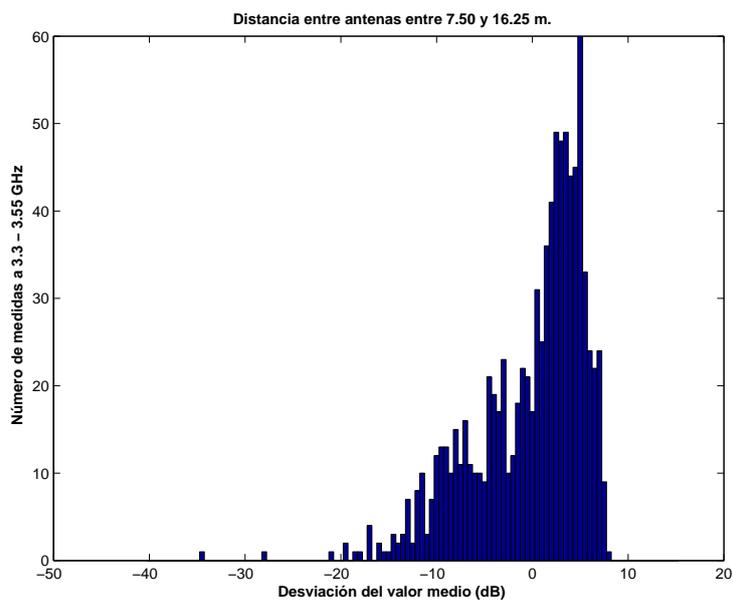


Figura 5.394: Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7.5 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

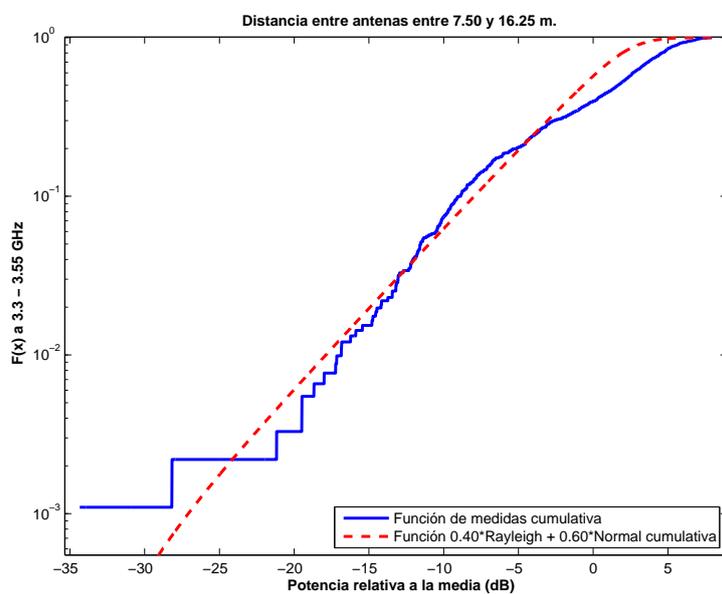


Figura 5.395: CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7.5 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.396 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso, en el segundo tramo tenemos un exponente de propagación similar al de las pérdidas en espacio libre, sin llegar a marcar un mínimo.

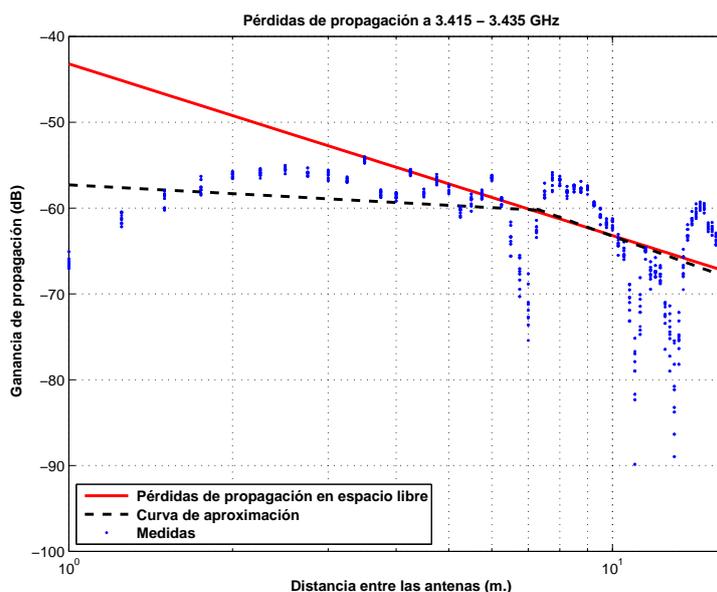


Figura 5.396: Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 57,29 + 3,42 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7,25 \text{ m.} \\ 60,10 + 22,67 * \log_{10}(d/7,25); & \text{si } d > 7,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.397. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 4$, Figura 5.398.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.399. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 9$, Figura 5.400.

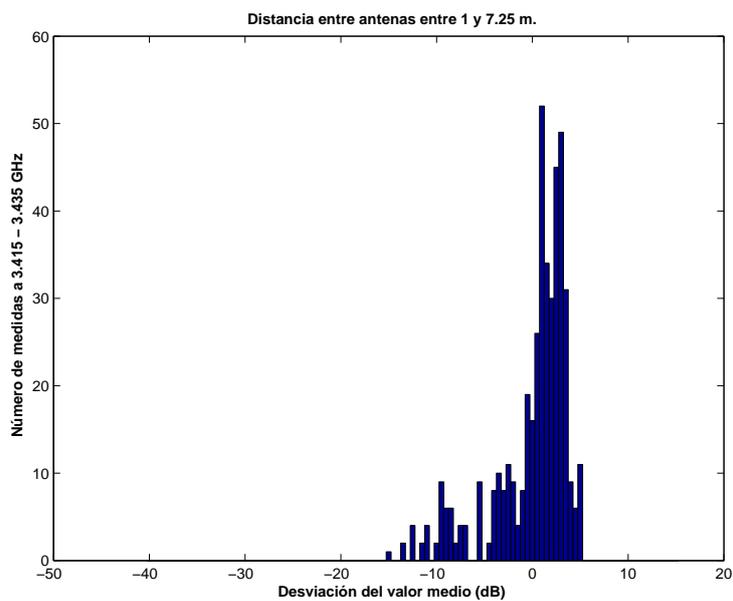


Figura 5.397: Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7.25 m. de distancia entre antenas.

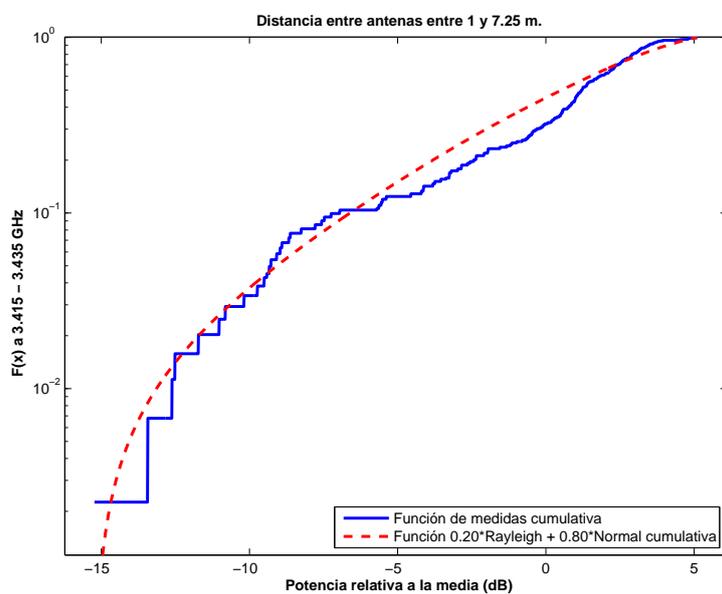


Figura 5.398: CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7.25 m. de distancia entre antenas.

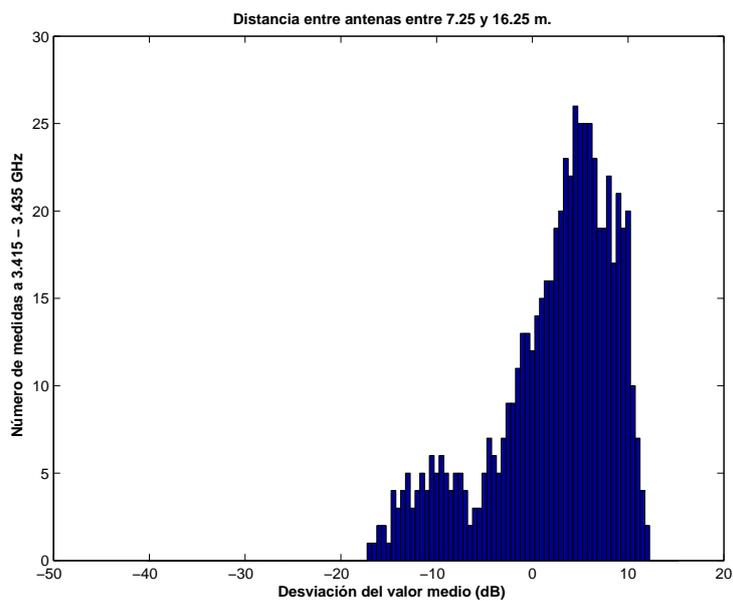


Figura 5.399: Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

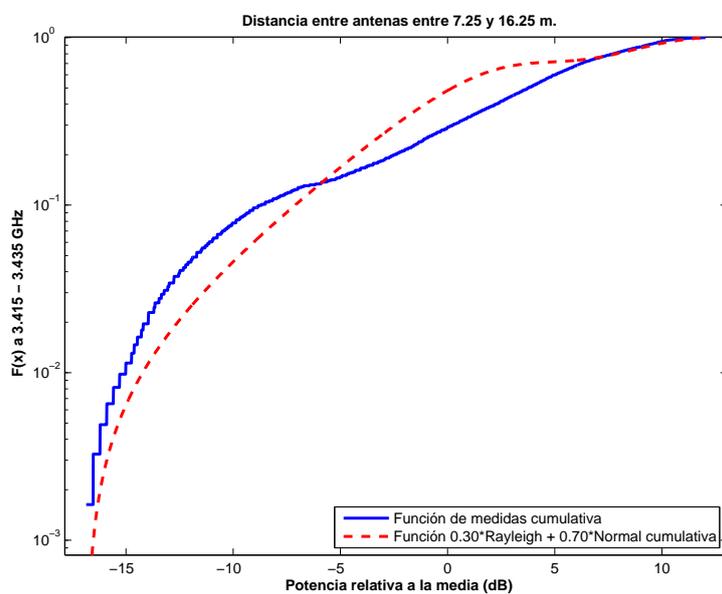


Figura 5.400: CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7.25 y 16.75 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.401 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 4.5 m. Caso similar al de la Figura 5.391 incluyendo una pérdida de 3 dB introducidos por el polarizador.

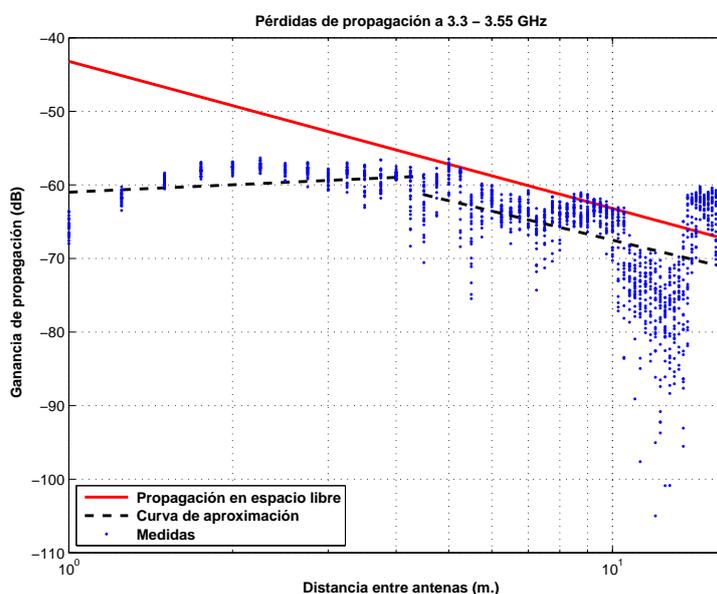


Figura 5.401: Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 60,98 + (-3,34) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,5 \text{ m.} \\ 61,33 + 17,81 * \log_{10}(d/4,5); & \text{si } d > 4,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.402y se puede ajustar con una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.403.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.404 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.405.

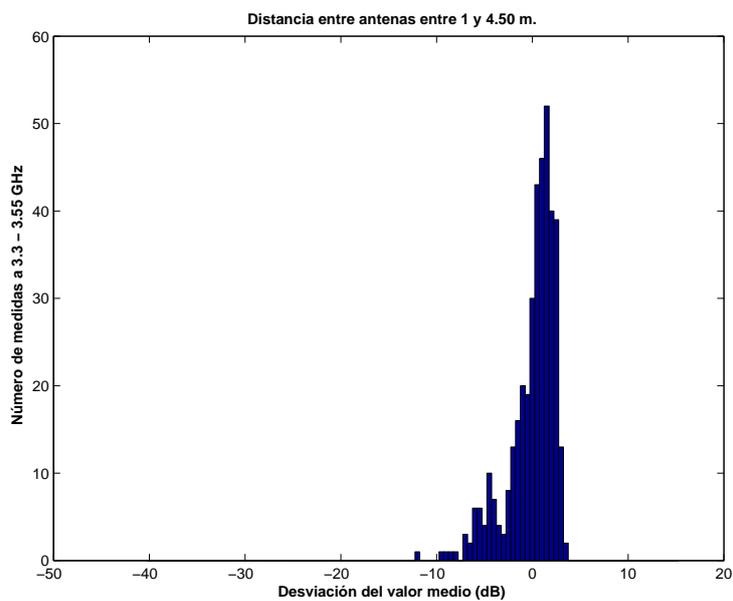


Figura 5.402: Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.

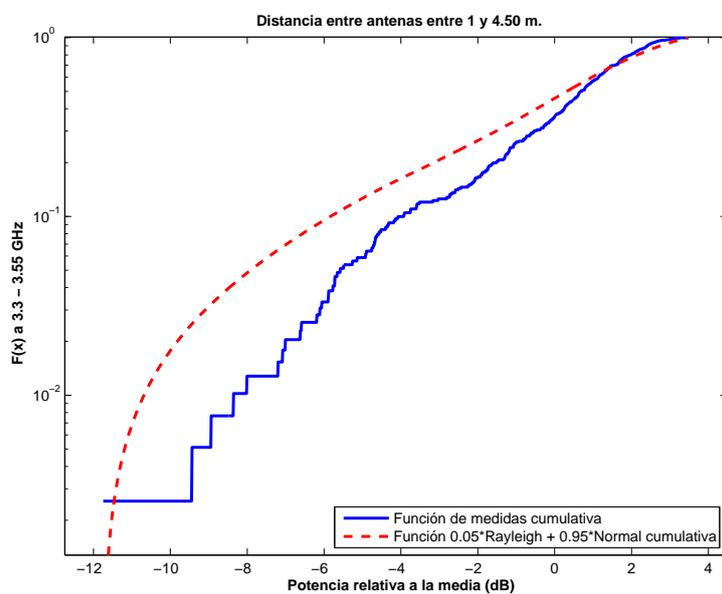


Figura 5.403: CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.

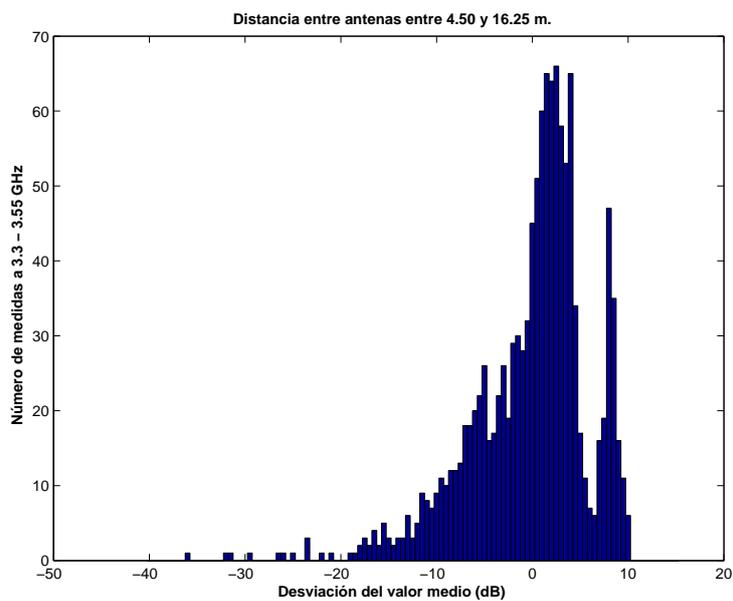


Figura 5.404: Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

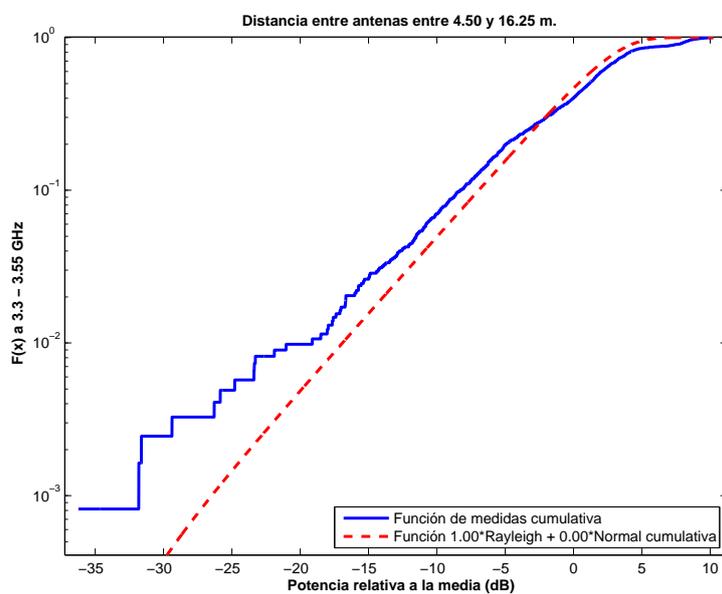


Figura 5.405: CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.406 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 16.75 m., en este caso a 4.5 m. Caso similar al de la Figura 5.396 incluyendo una pérdida de 3 dB introducidos por el polarizador.

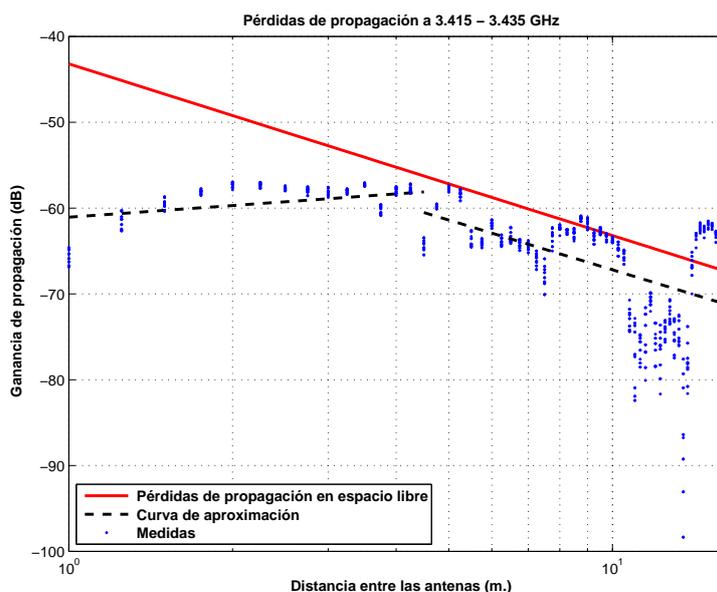


Figura 5.406: Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 61,06 + (-4,51) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,5 \text{ m.} \\ 60,51 + 19,26 * \log_{10}(d/4,5); & \text{si } d > 4,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.407. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 60 % Rayleigh y 40 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.408.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.409. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 80 % Rayleigh y 20 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 5$, Figura 5.410.

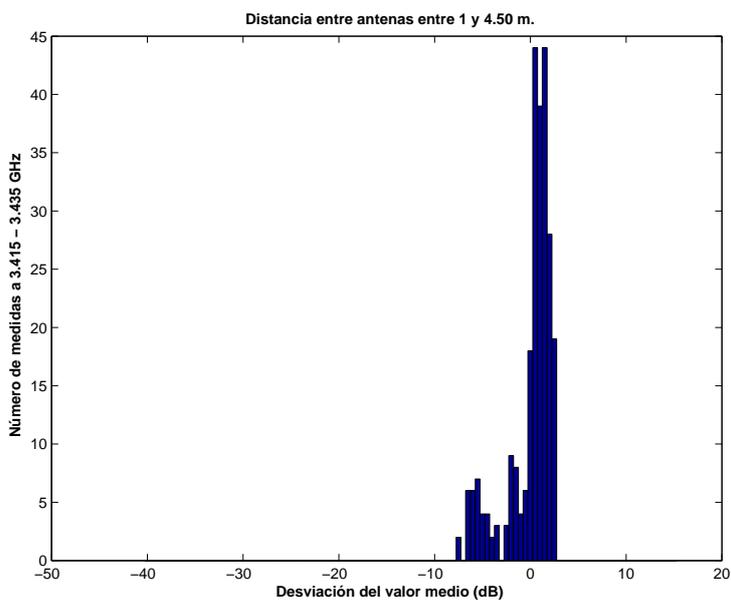


Figura 5.407: Histograma 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.

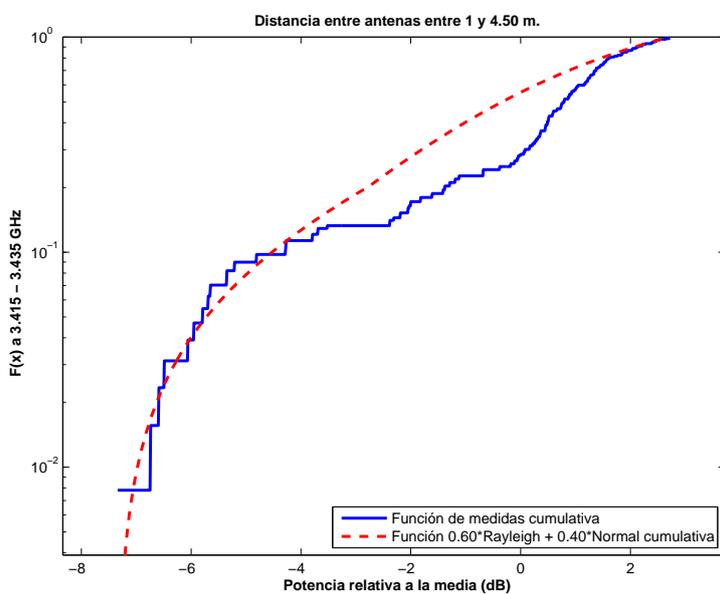


Figura 5.408: CDF 1 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.50 m de distancia entre antenas.

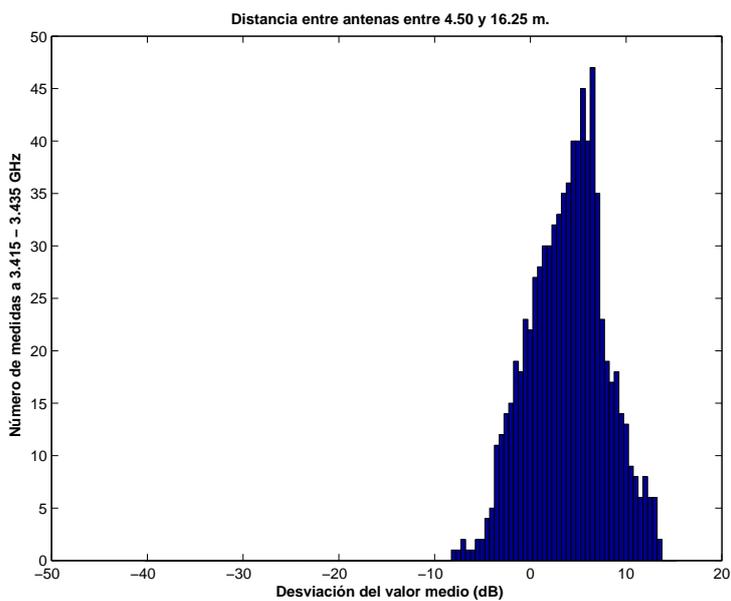


Figura 5.409: Histograma 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

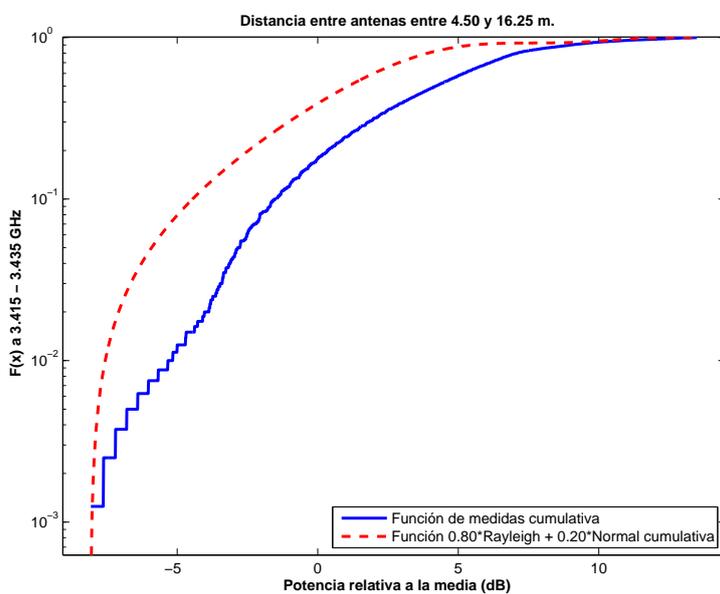


Figura 5.410: CDF 2 del Pasillo de 3.65 m. y 2 m. de ancho, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.50 y 16.75 m de distancia entre antenas.

5.1.6. Pasillo semicerrado con ascensores a ambos lados



Figura 5.411: Plano del pasillo con ascensores, edificio B

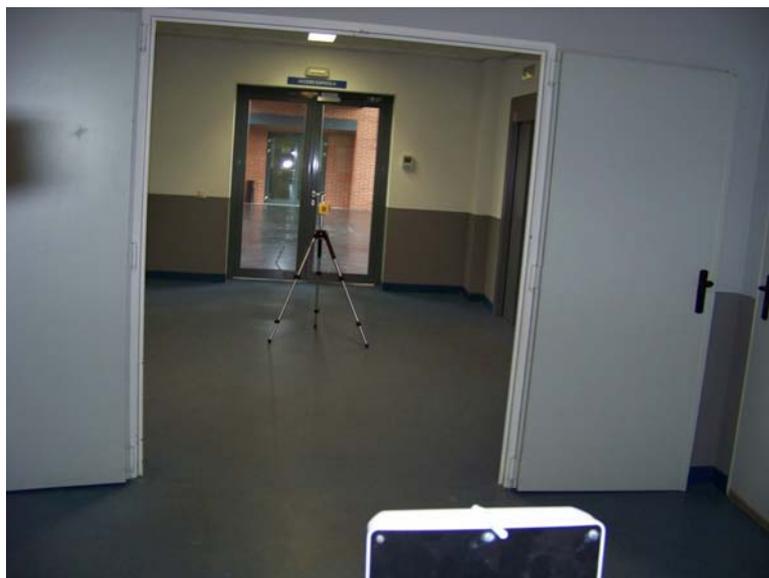


Figura 5.412: Foto del pasillo con ascensores, edificio B

Distancia máxima del enlace: 6.5 m.

Entorno: Pasillo con ascensores a los dos lados, de la planta 4ª del edificio B.

Altura de las antenas: La altura de la antena receptora, la del elemento simple, siempre es de 1.40 m., mientras que la altura de la antena transmisora puede ser de 1.40 m. o de 2.50 m. indicado según el caso.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 3.3 a 3.55 GHz y un canal de 20 MHz, de 3.415 a 3.435 GHz

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.413 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por las pérdidas en espacio libre.

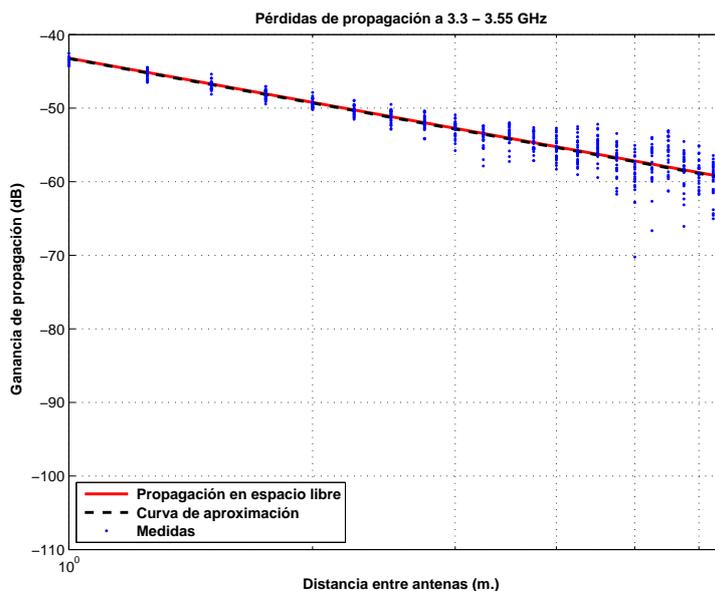


Figura 5.413: Pasillo con ascensores, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 43,26 + 20,07 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.414. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 2% Rayleigh y 98% Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.415.

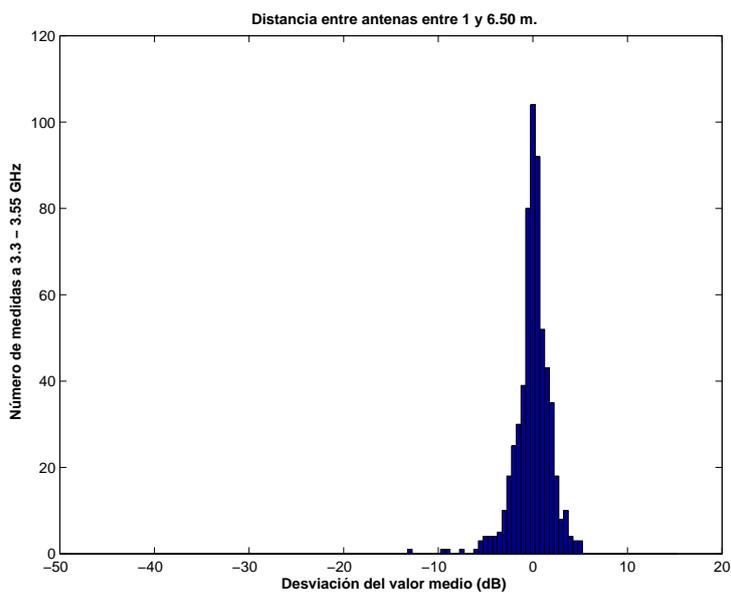


Figura 5.414: Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.5 m de distancia entre antenas.

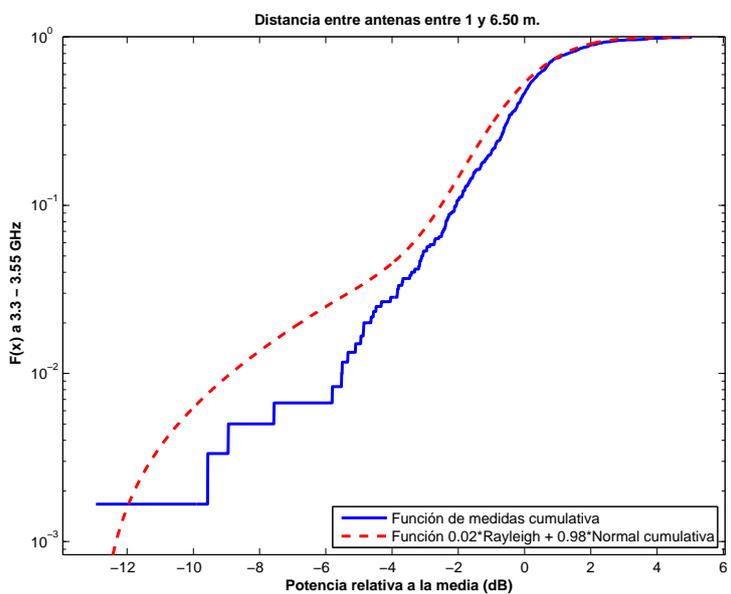


Figura 5.415: CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.5 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.416 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por las pérdidas en espacio libre.

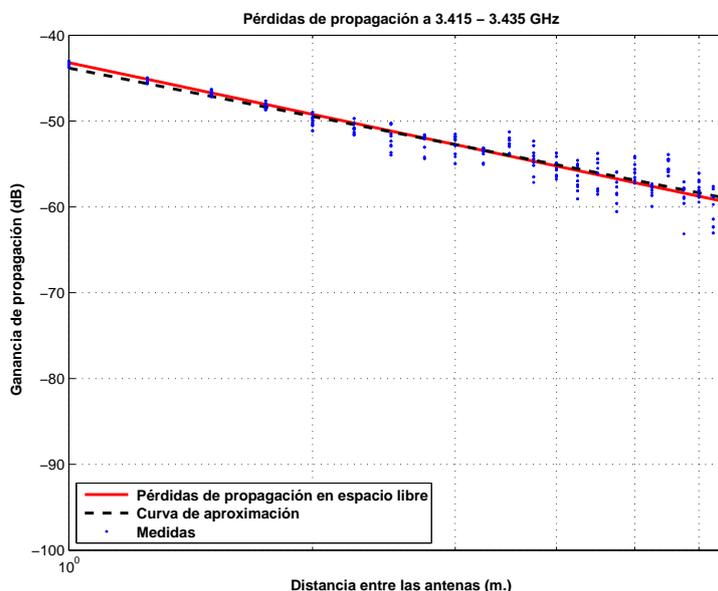


Figura 5.416: Pasillo con ascensores, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, 3.415 y 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 43,83 + 18,68 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.417. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.418.

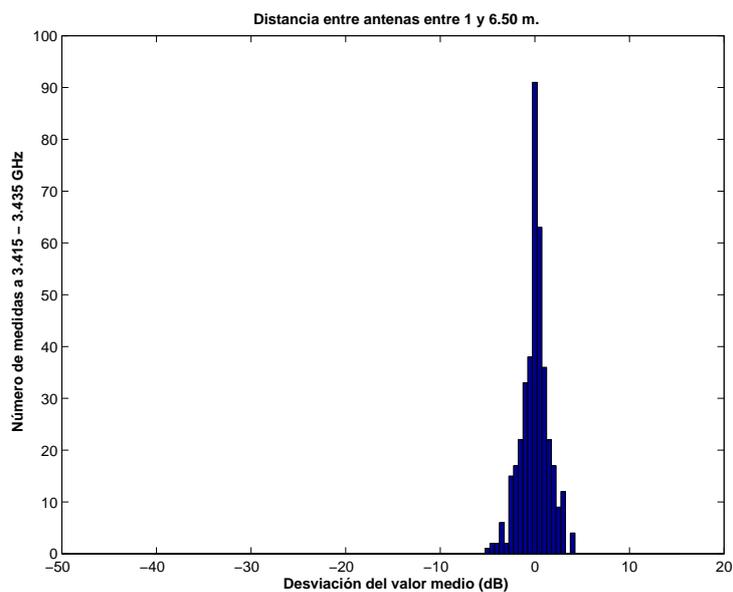


Figura 5.417: Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.5 m de distancia entre antenas.

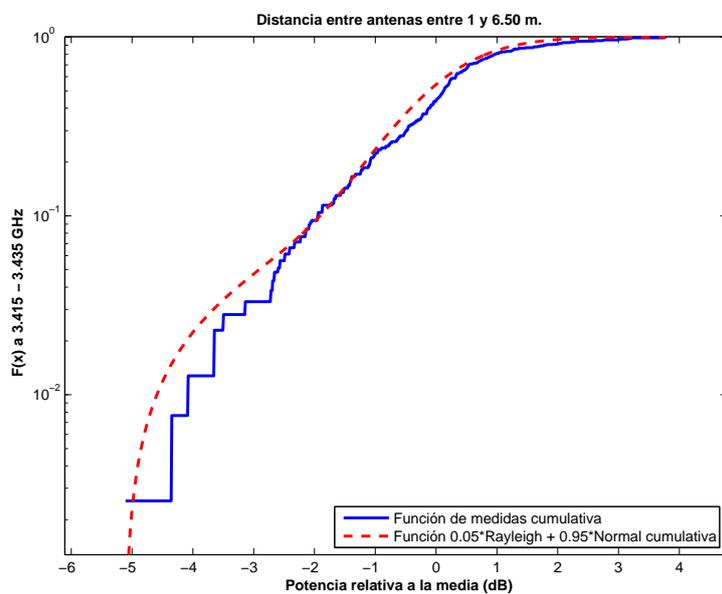


Figura 5.418: CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.5 m de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.419 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por una paralela a las pérdidas en espacio libre, más 3 dB de pérdidas, introducidas por el polarizador.

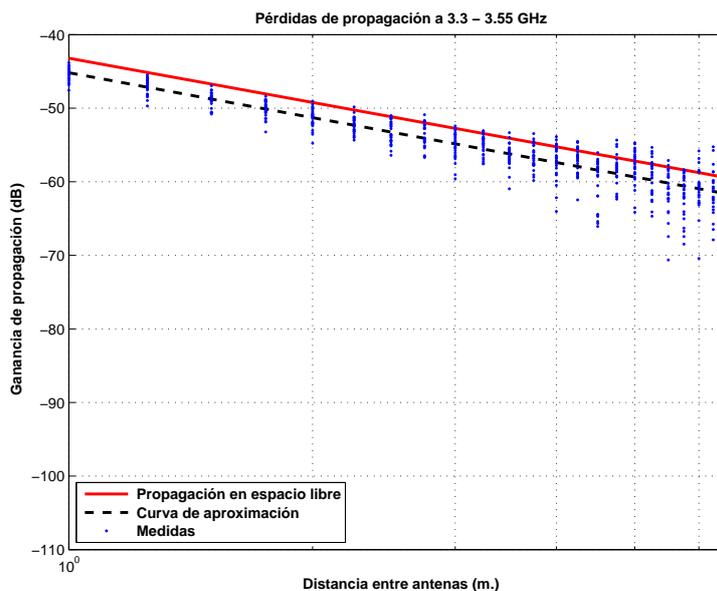


Figura 5.419: Pasillo con ascensores, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 45,18 + 20,26 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.420. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.421.

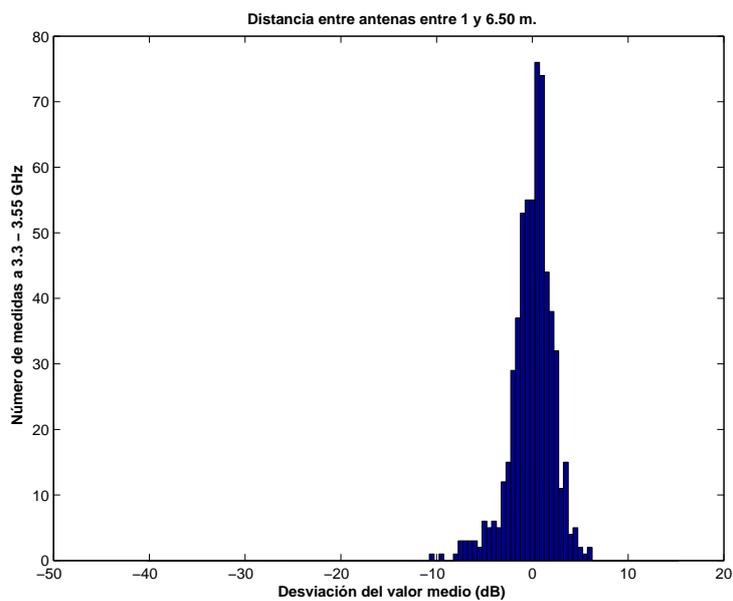


Figura 5.420: Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

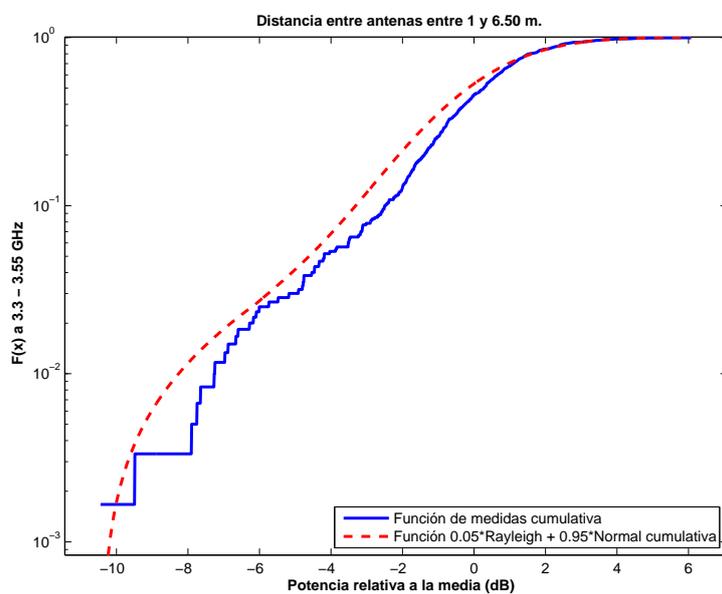


Figura 5.421: CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.422 representa las pérdidas de propagación en toda un canal de frecuencia, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por una paralela a las pérdidas en espacio libre, más 3 dB de pérdidas, introducidas por el polarizador.

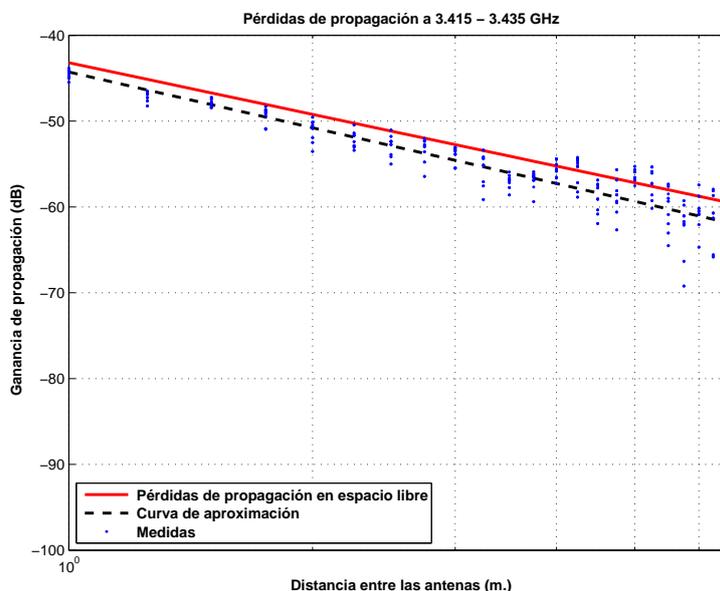


Figura 5.422: Pasillo con ascensores, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, 3.415 y 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 44,29 + 21,56 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.423. Esta aproximación se puede ajustar con una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.424.

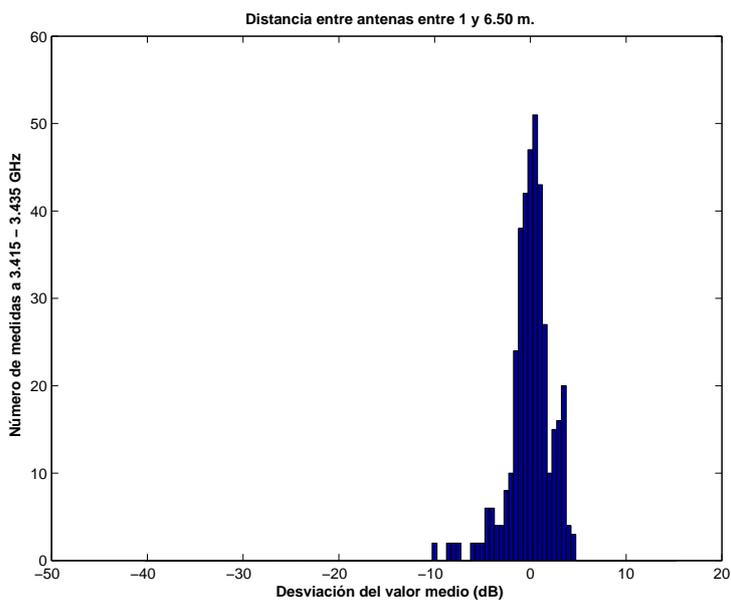


Figura 5.423: Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.5 m.

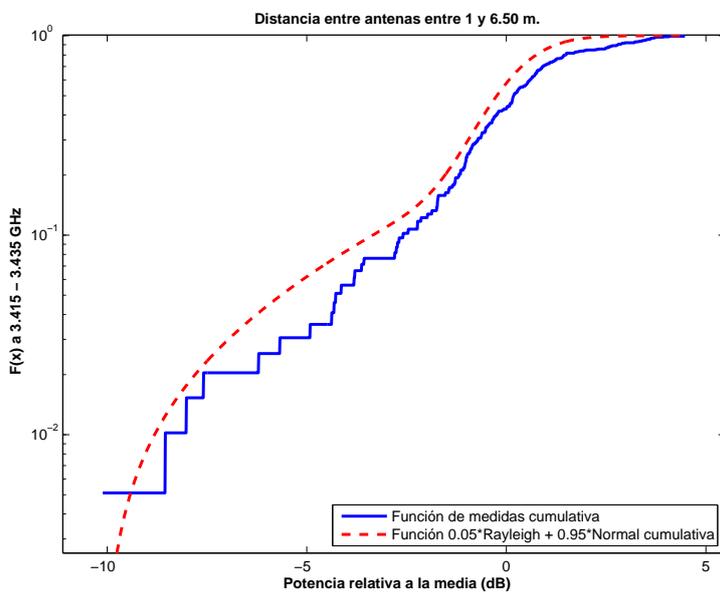


Figura 5.424: CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.5 m.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.425 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 6.5 m., en este caso a 3 m.

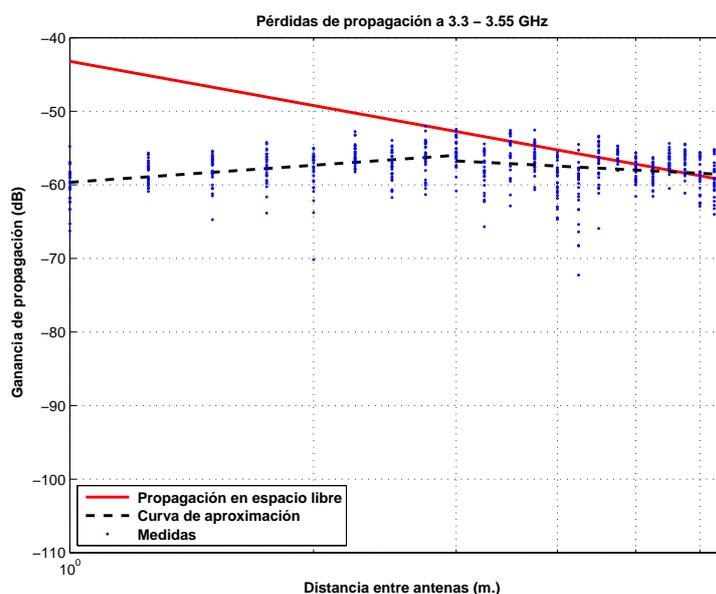


Figura 5.425: Pasillo con ascensores, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 59,65 + -7,71 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 3 \text{ m.} \\ 56,75 + 5,58 * \log_{10}(d/3); & \text{si } d > 3 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.426. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 1$, Figura 5.427.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.428. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 1$, Figura 5.429.

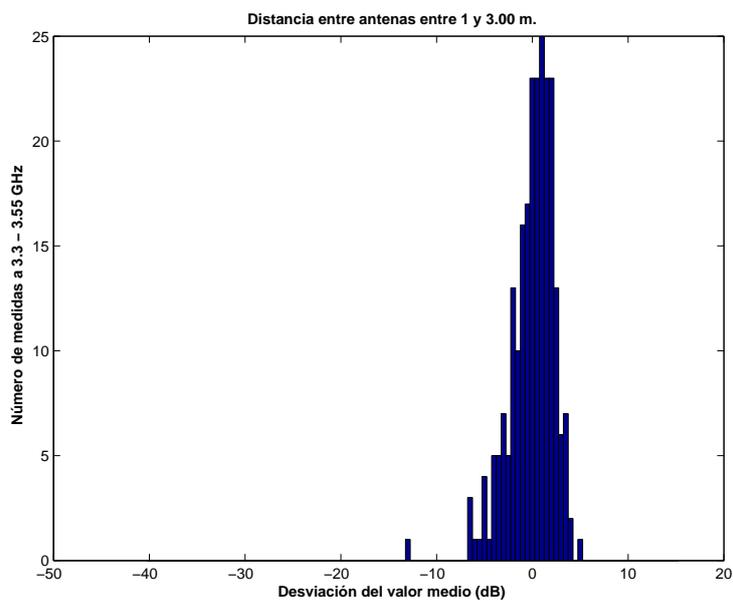


Figura 5.426: Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

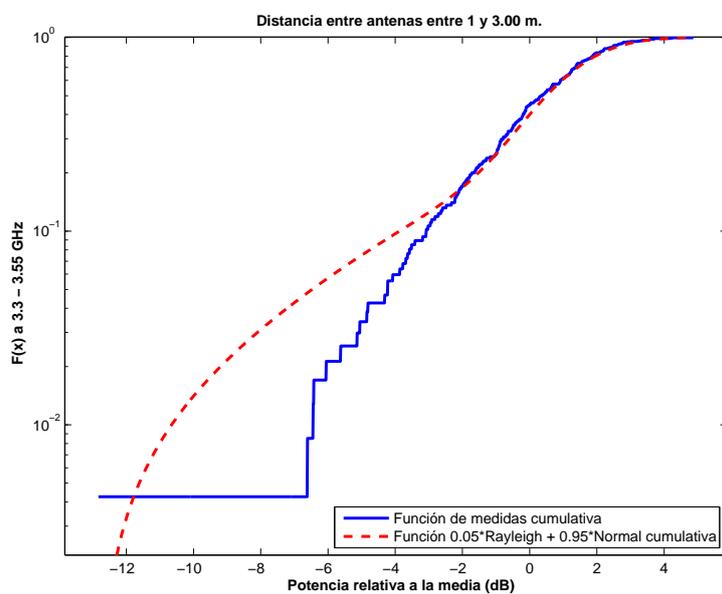


Figura 5.427: CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

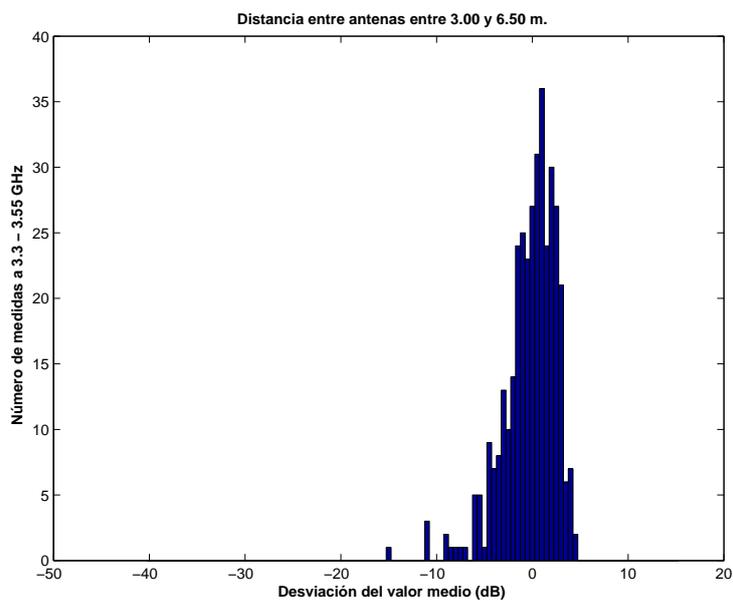


Figura 5.428: Histograma 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

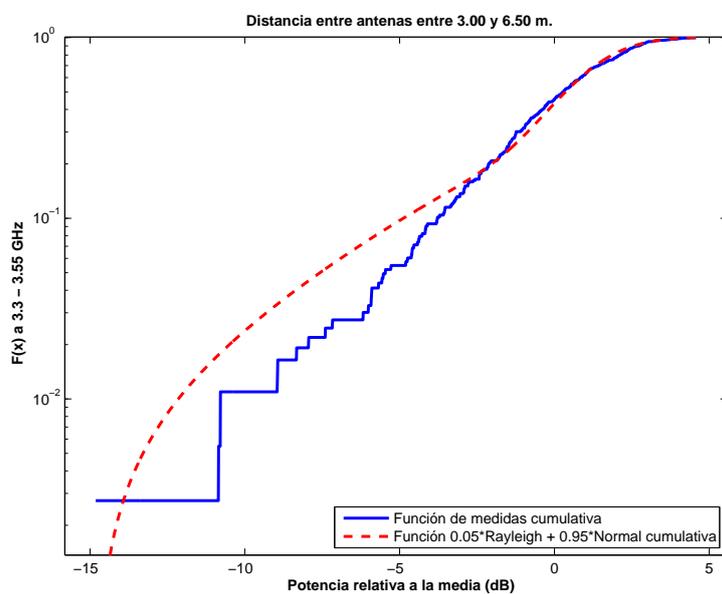


Figura 5.429: CDF 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.430 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 6.5 m., en este caso a 3 m.

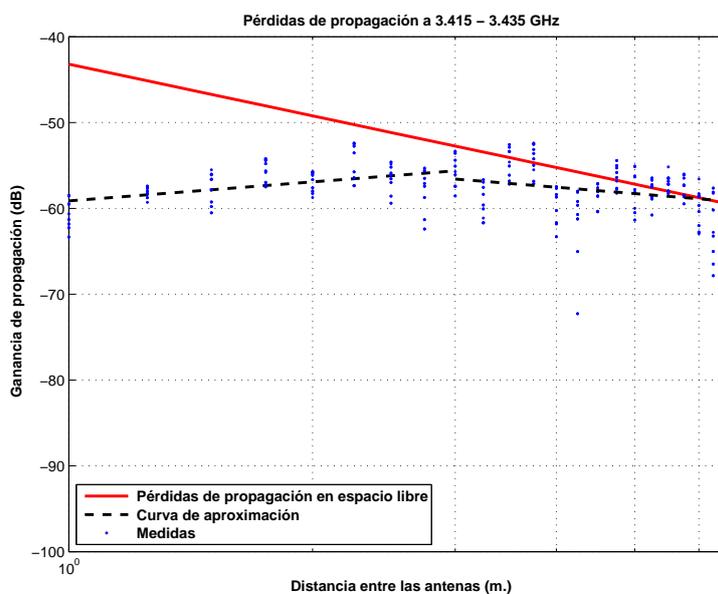


Figura 5.430: Pasillo con ascensores, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, 3.415 y 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 59,13 + (-7,35) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 3 \text{ m.} \\ 56,58 + 7,65 * \log_{10}(d/3); & \text{si } d > 3 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.431. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.432.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.433. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 60 % Rayleigh y 40 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.434.

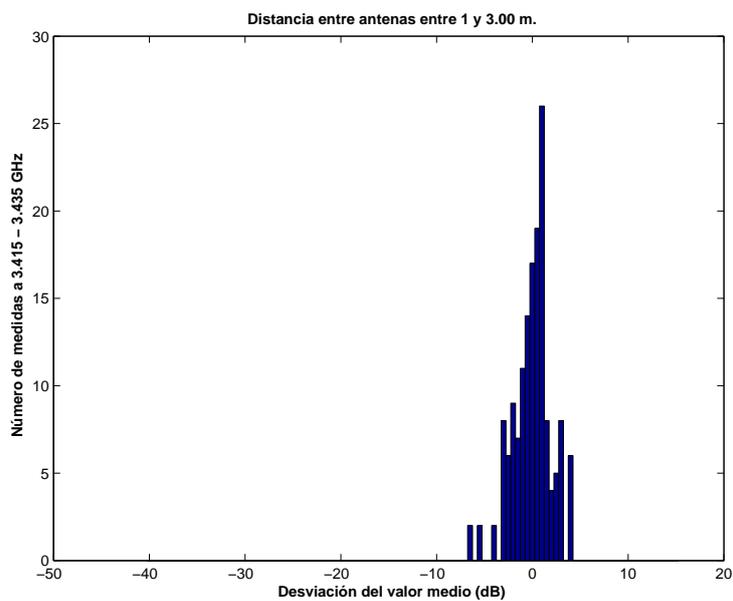


Figura 5.431: Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

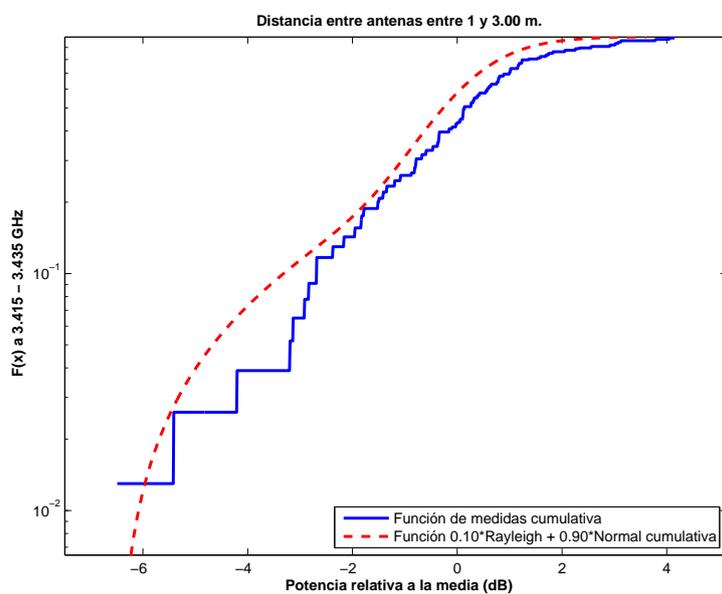


Figura 5.432: CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

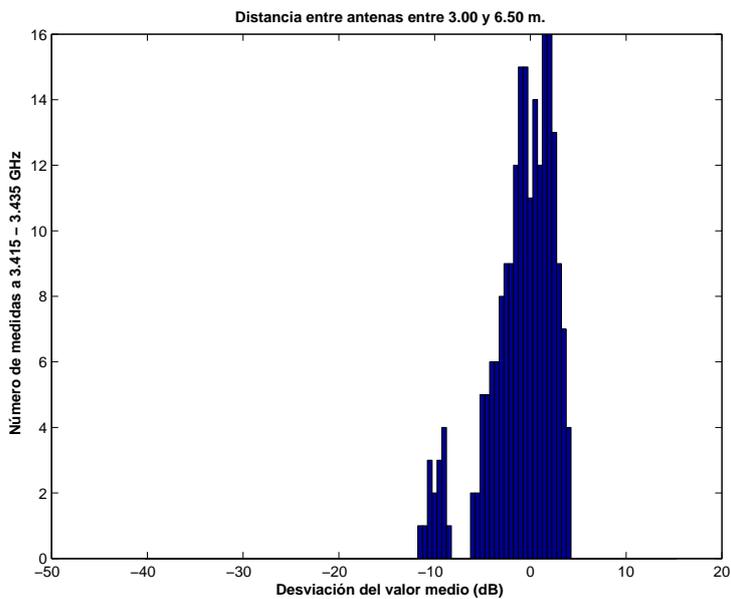


Figura 5.433: Histograma 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

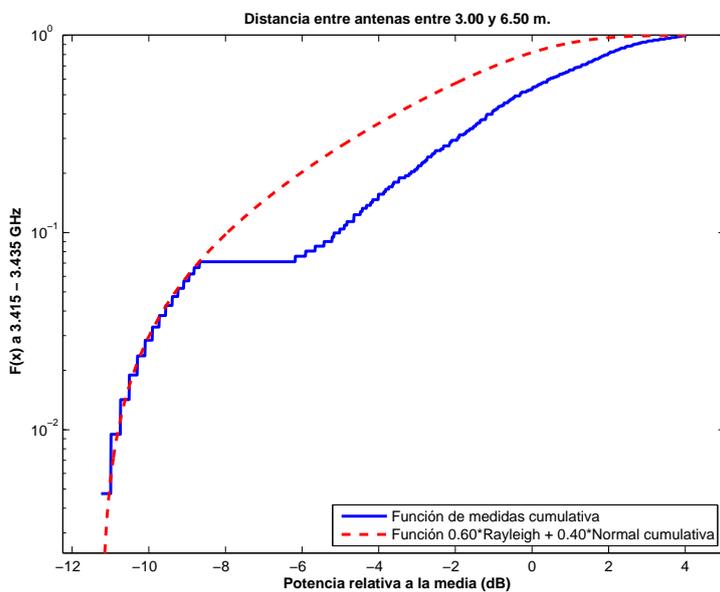


Figura 5.434: CDF 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.435 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 6.5 m., en este caso a 3 m. El primer tramo es una paralela a la Figura 5.425 con una pérdida adicional de 3 dB aproximadamente debido a que tiene implícitas unas pérdidas introducidas por el polarizador, mientras que el segundo tramo finaliza a una pérdida similar, con lo que se puede decir que el polarizador disminuye las pérdidas al final del tramo.

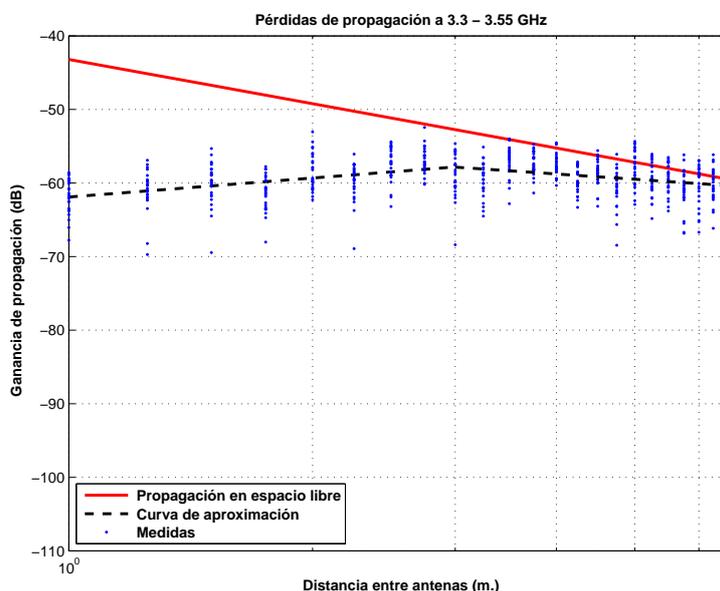


Figura 5.435: Pasillo con ascensores, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 61,90 + (-8,56) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 3 \text{ m.} \\ 57,84 + 7,44 * \log_{10}(d/3); & \text{si } d > 3 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.436. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 1$, Figura 5.437.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.438. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.439.

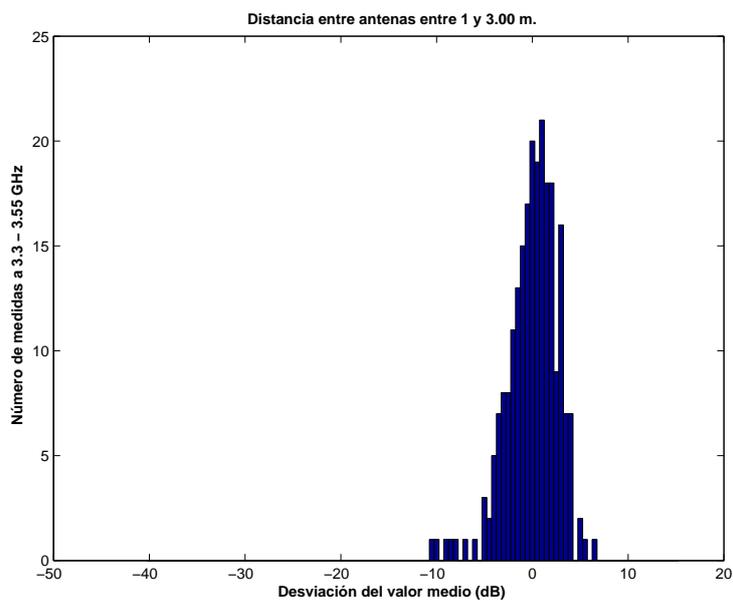


Figura 5.436: Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

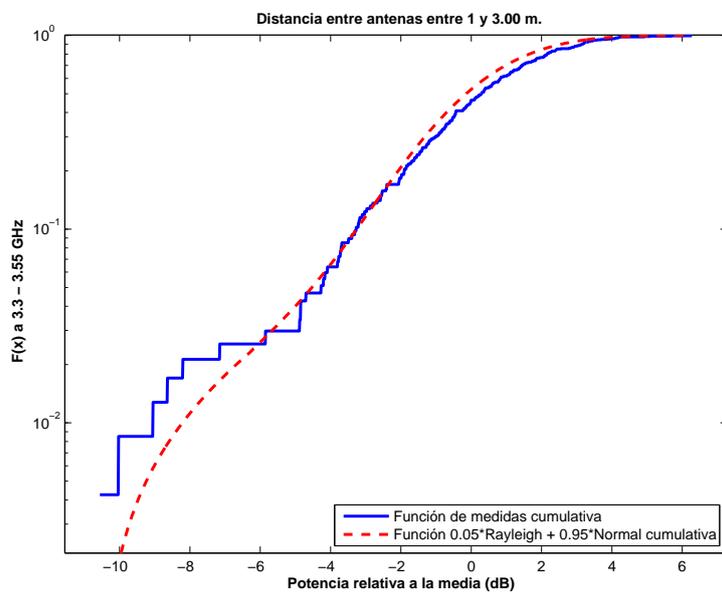


Figura 5.437: CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

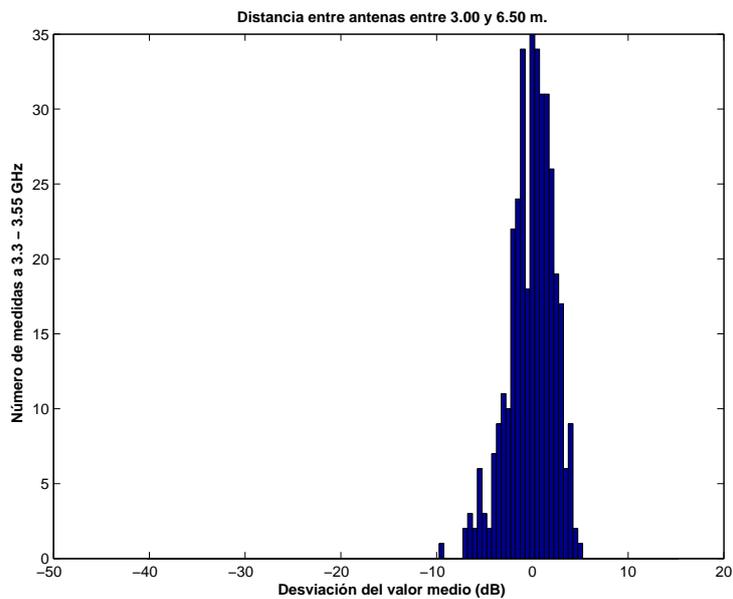


Figura 5.438: Histograma 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

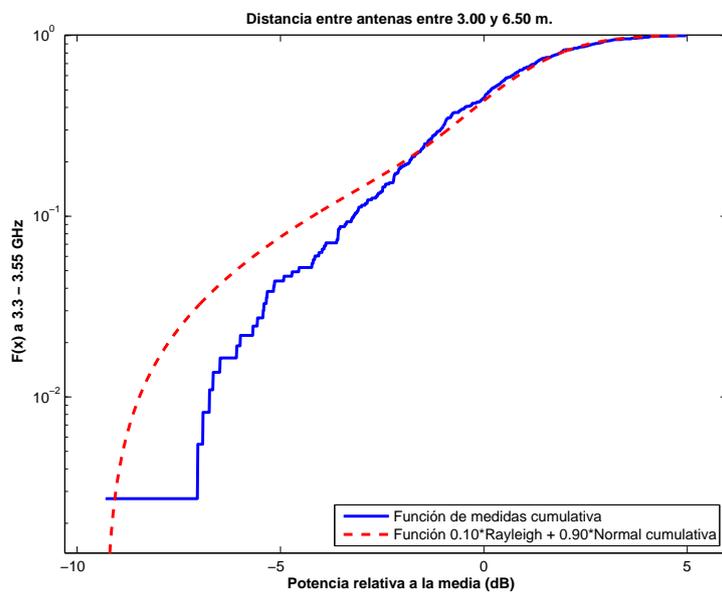


Figura 5.439: CDF 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.440 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 6.5 m., en este caso a 3 m. Este caso es muy similar a la Figura 5.430 por lo que se puede decir que el polarizador disminuye las pérdidas en todo el tramo.

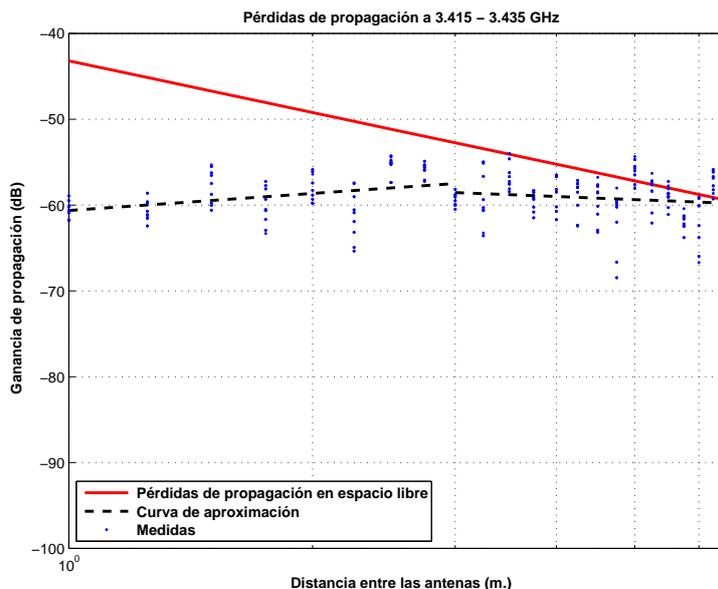


Figura 5.440: Pasillo con ascensores, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, 3.415 y 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 60,62 + (-6,57) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 3 \text{ m.} \\ 58,54 + 3,70 * \log_{10}(d/3); & \text{si } d > 3 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.441. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 1$, Figura 5.442.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.443. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.444.

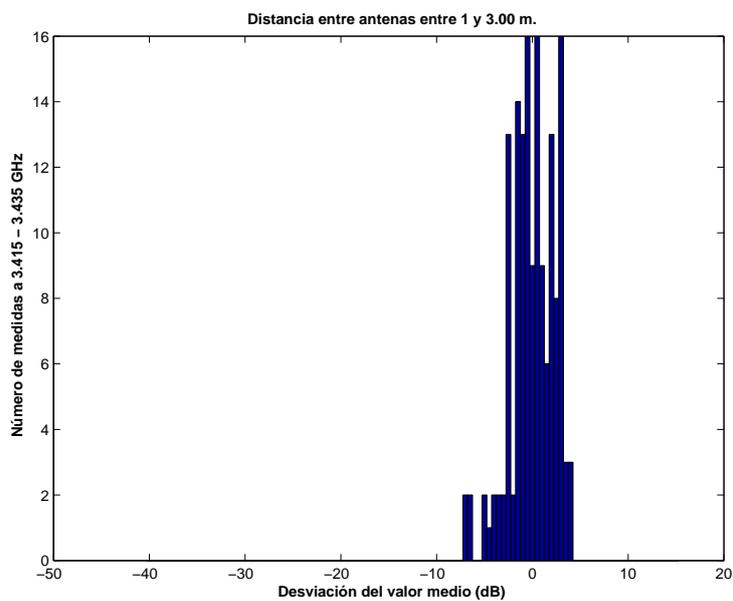


Figura 5.441: Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

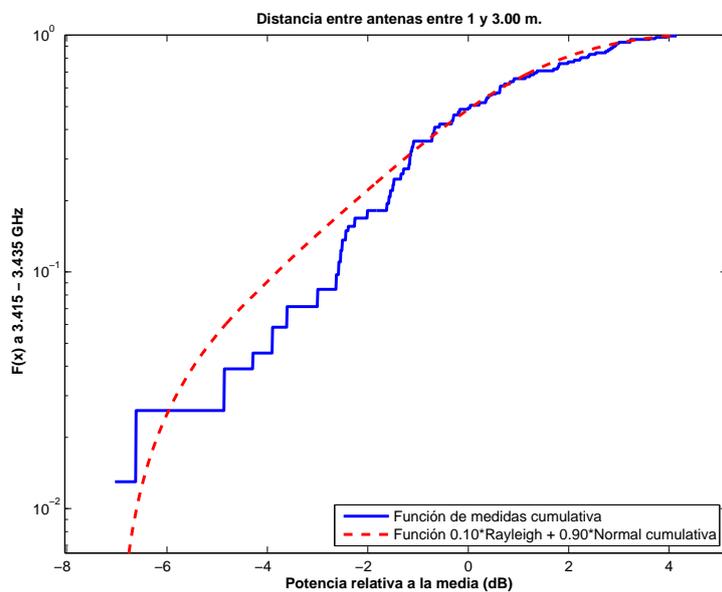


Figura 5.442: CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

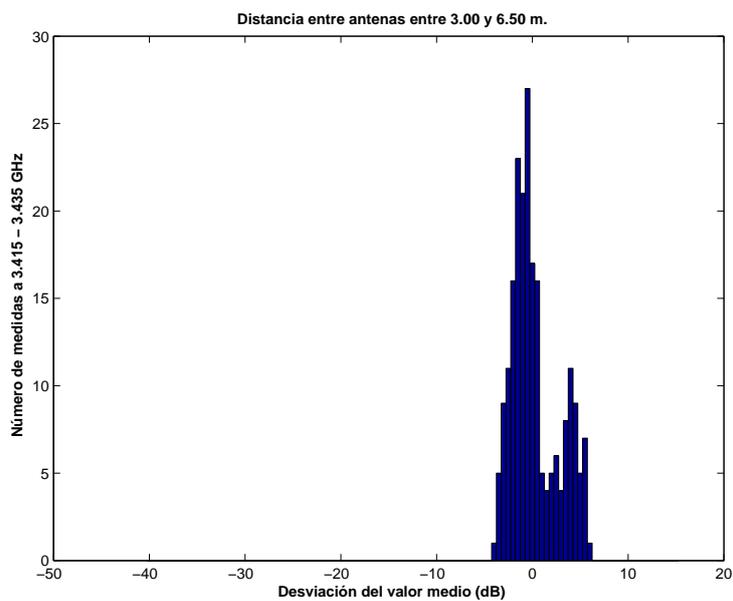


Figura 5.443: Histograma 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

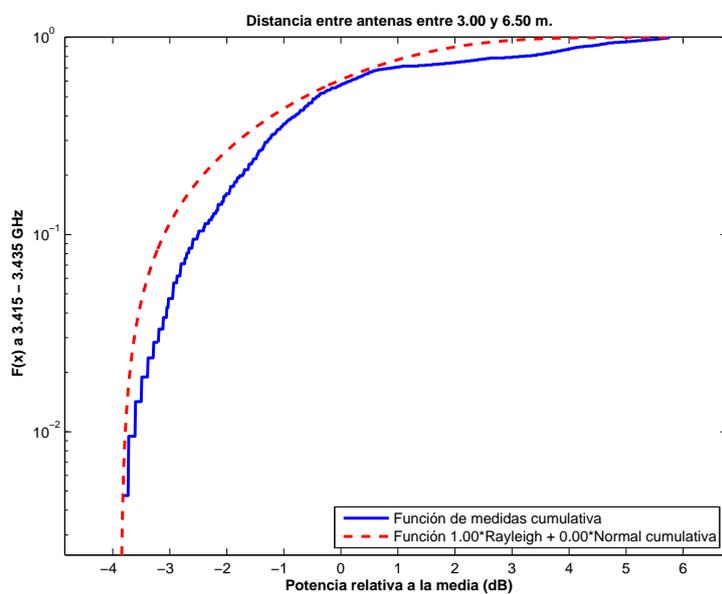


Figura 5.444: CDF 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.445 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por las pérdidas en espacio libre.

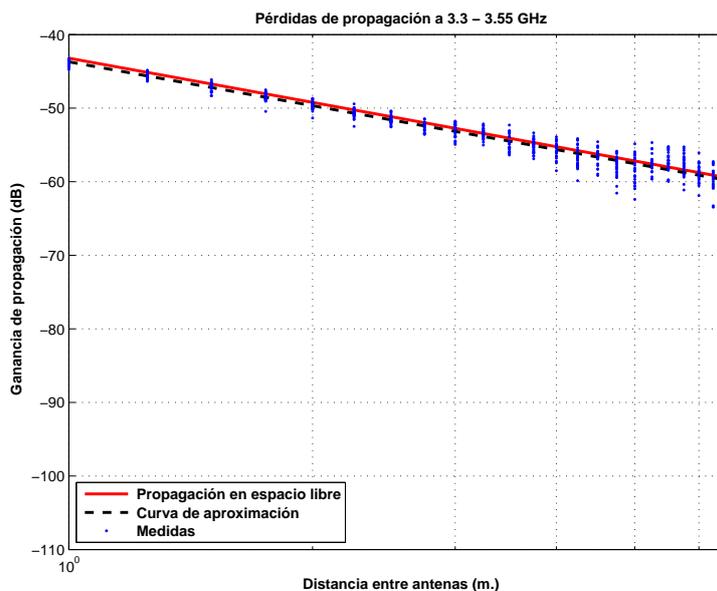


Figura 5.445: Pasillo con ascensores, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 43,70 + 19,82 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.446. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 2 % Rayleigh y 98 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.447.

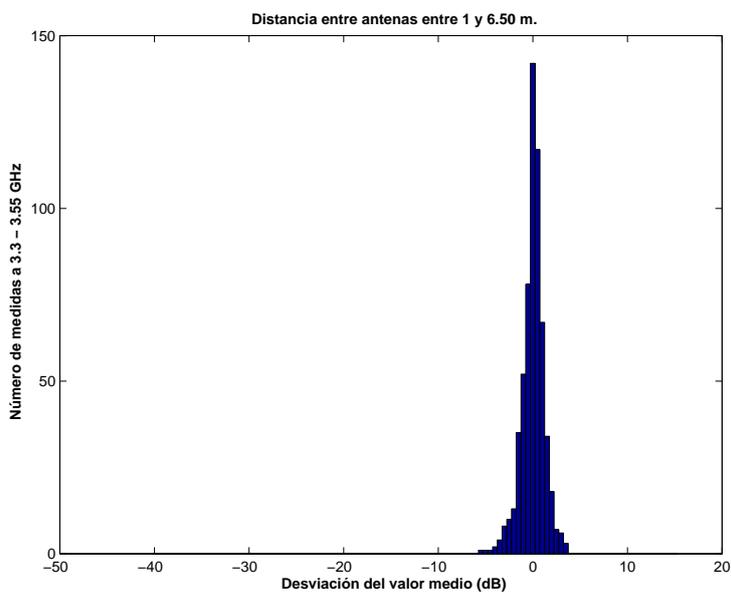


Figura 5.446: Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

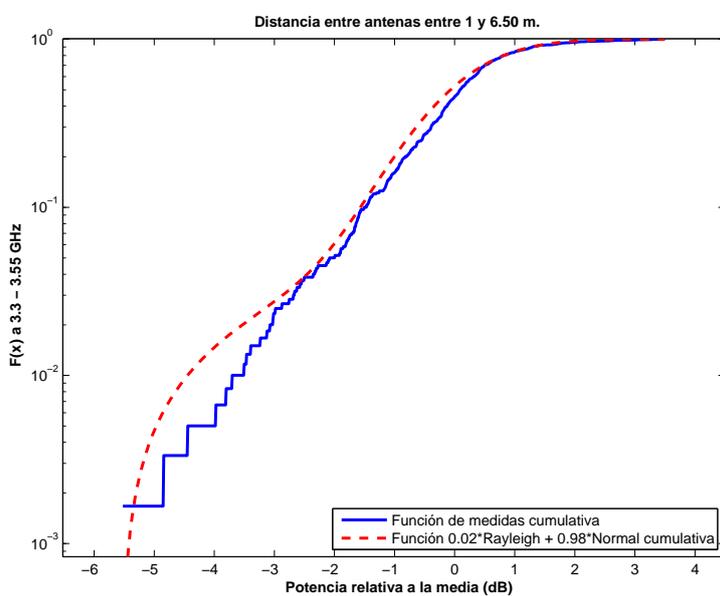


Figura 5.447: CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.448 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por un paralela con una leve diferencia a las pérdidas en espacio libre.

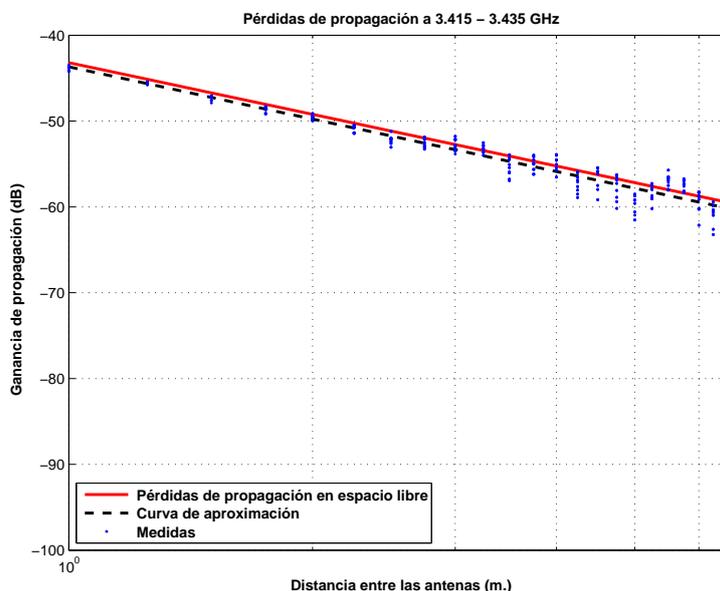


Figura 5.448: Pasillo con ascensores, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, 3.415 y 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 43,68 + 20,25 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.449. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.450.

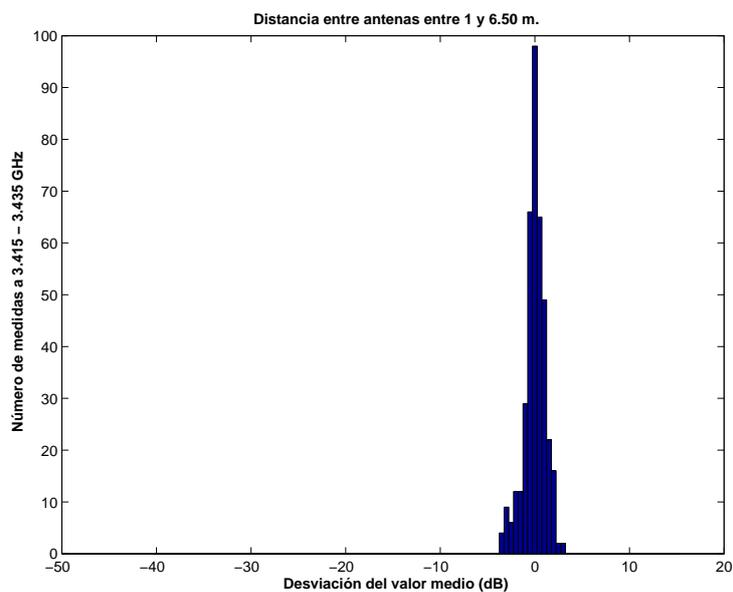


Figura 5.449: Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

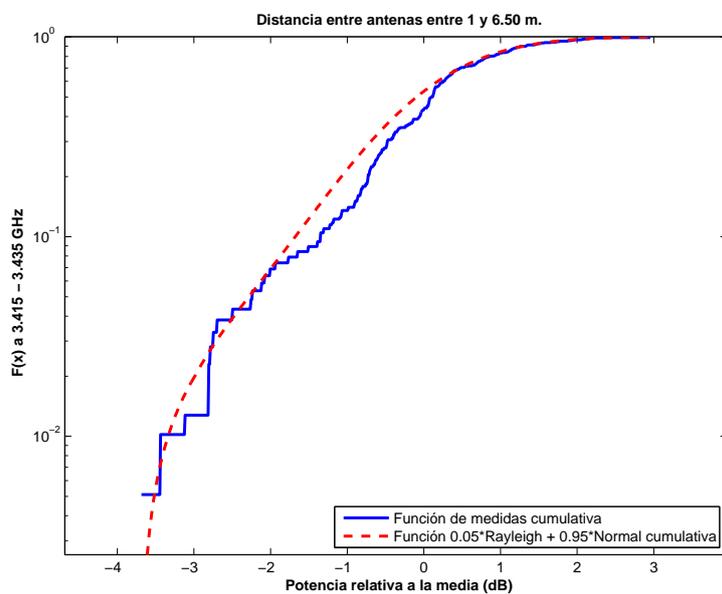


Figura 5.450: CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.451 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por una paralela a las pérdidas en espacio libre, con algo más de 3 dB de pérdidas, introducidas por el polarizador.

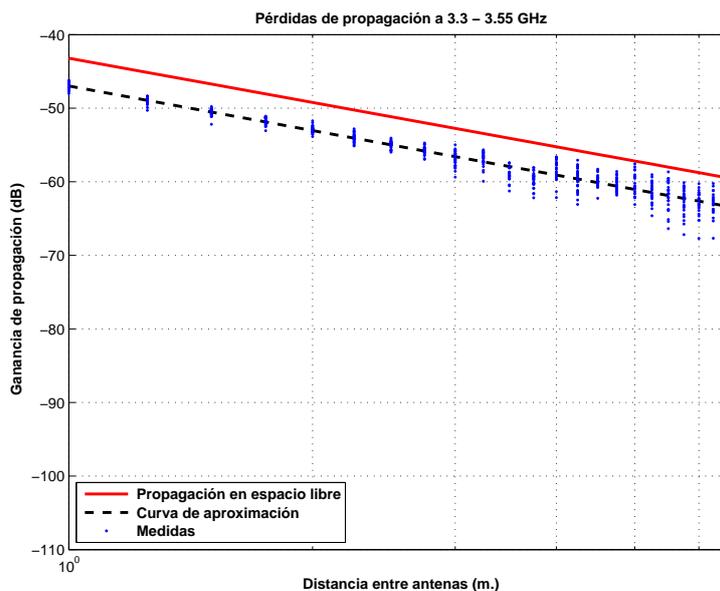


Figura 5.451: Pasillo con ascensores, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 46,99 + 20,10 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.452. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 2 % Rayleigh y 98 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.453.

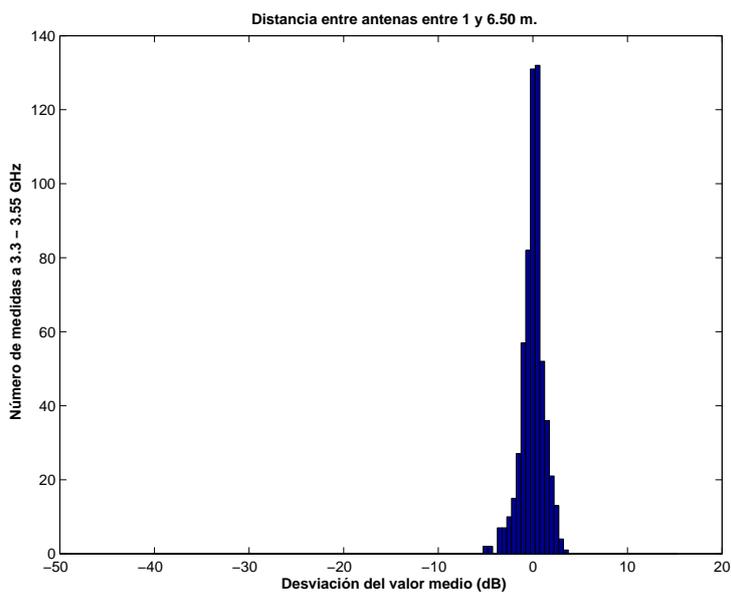


Figura 5.452: Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

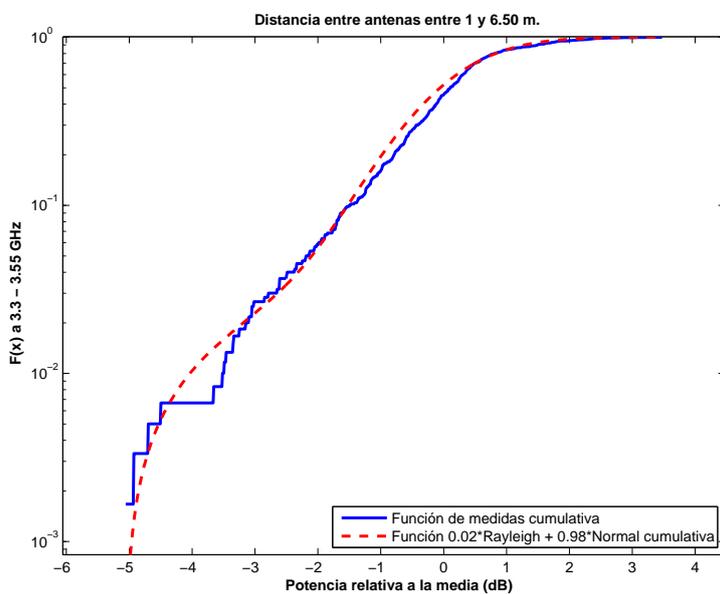


Figura 5.453: CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.454 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por una paralela a las pérdidas en espacio libre, con algo más de 3 dB de pérdidas, introducidas por el polarizador.

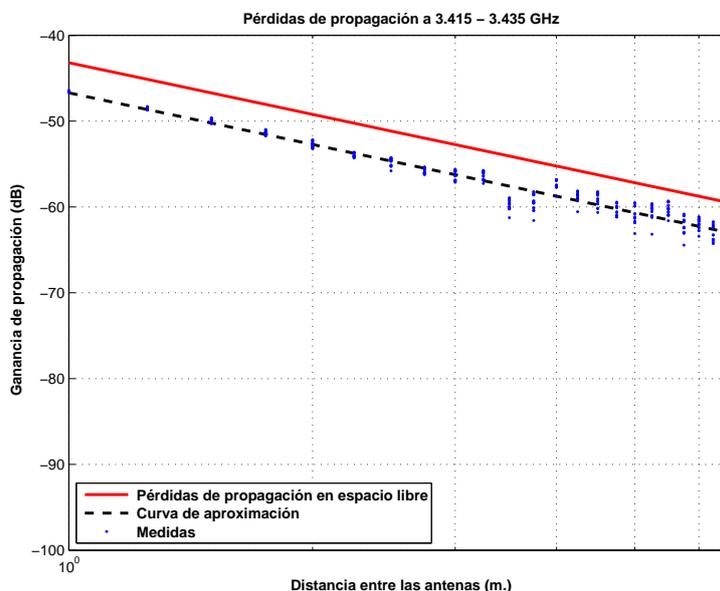


Figura 5.454: Pasillo con ascensores, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, 3.415 y 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 46,71 + 19,99 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.455. Esta aproximación se puede ajustar con una combinación de 2 % Rayleigh y 98 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.456.

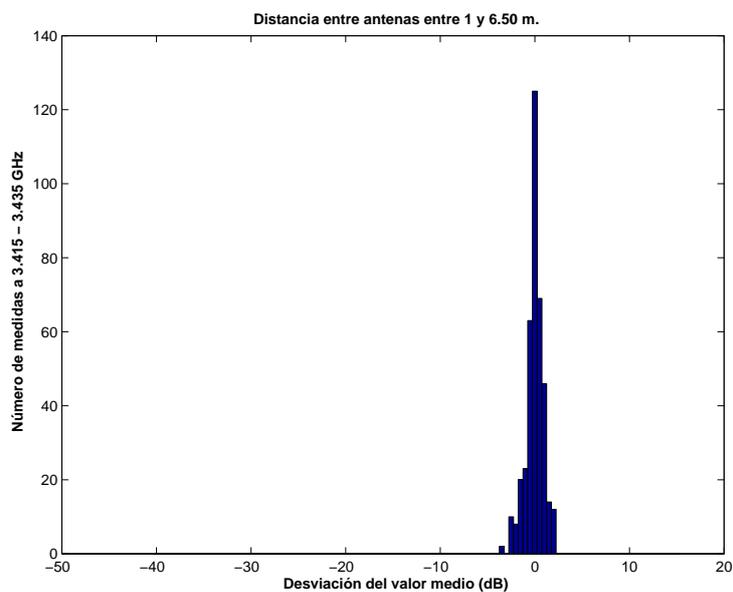


Figura 5.455: Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

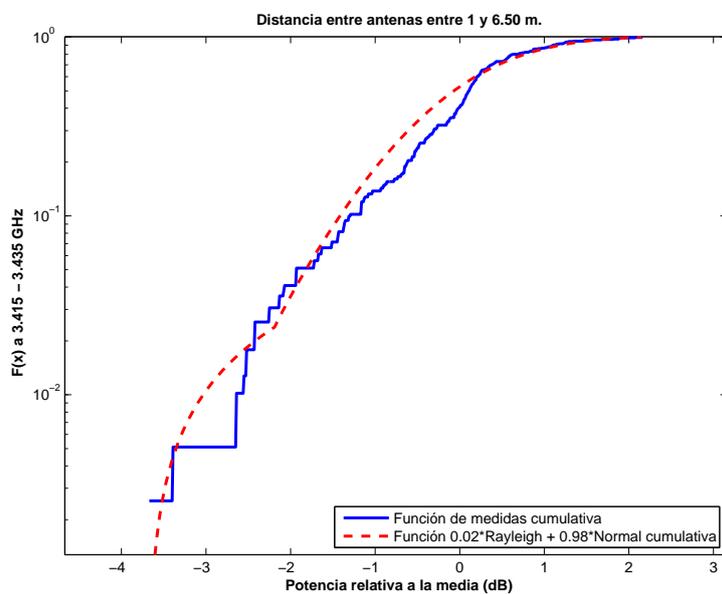


Figura 5.456: CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.457 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 6.5 m., en este caso a 2.25 m. En este caso, observamos que al principio del primer tramo, las pérdidas son mucho mayores que en la Figura 5.425 debido a que, al tener mayor ganancia, la anchura del haz es menor. En cambio, el segundo tramo es similar.

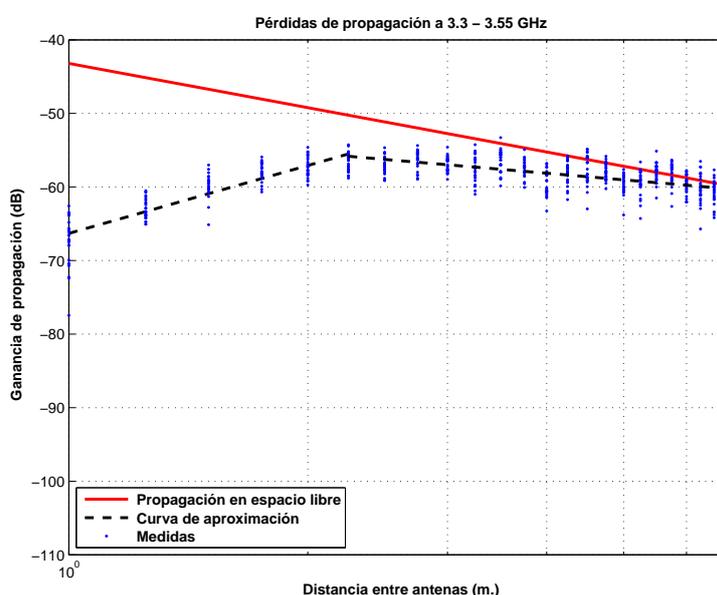


Figura 5.457: Pasillo con ascensores, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 66,31 + (-30,69) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 2,25 \text{ m.} \\ 55,82 + 9,25 * \log_{10}(d/2,25); & \text{si } d > 2,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.458 y se puede ajustar con una combinación de 2 % Rayleigh y 98 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.459.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.460 y se puede ajustar con una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.461.

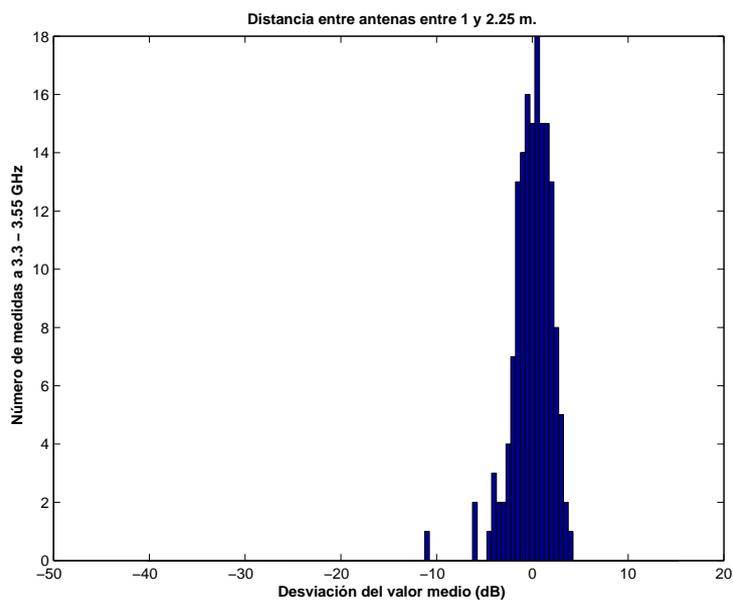


Figura 5.458: Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.25 m. de distancia entre antenas.

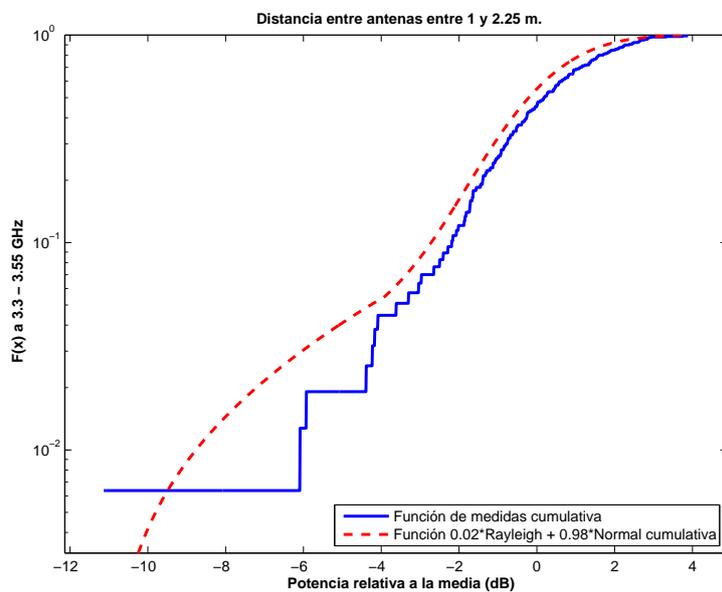


Figura 5.459: CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.25 m. de distancia entre antenas.

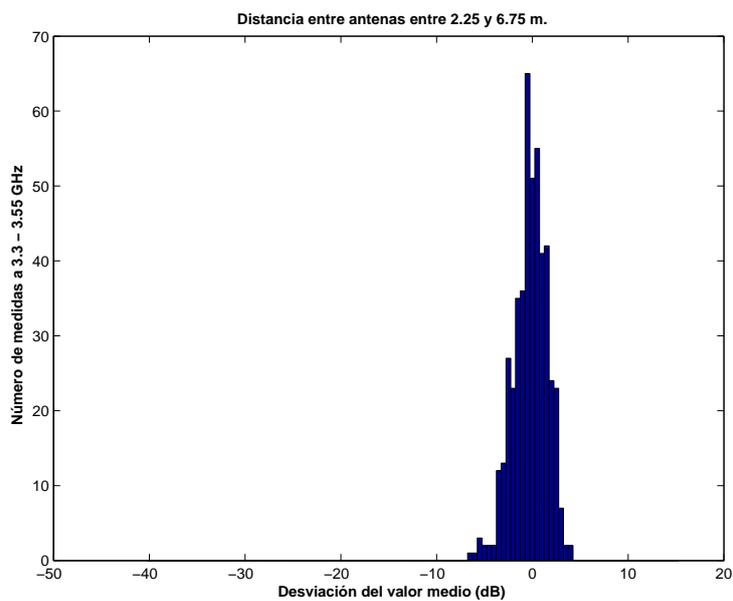


Figura 5.460: Histograma 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.25 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

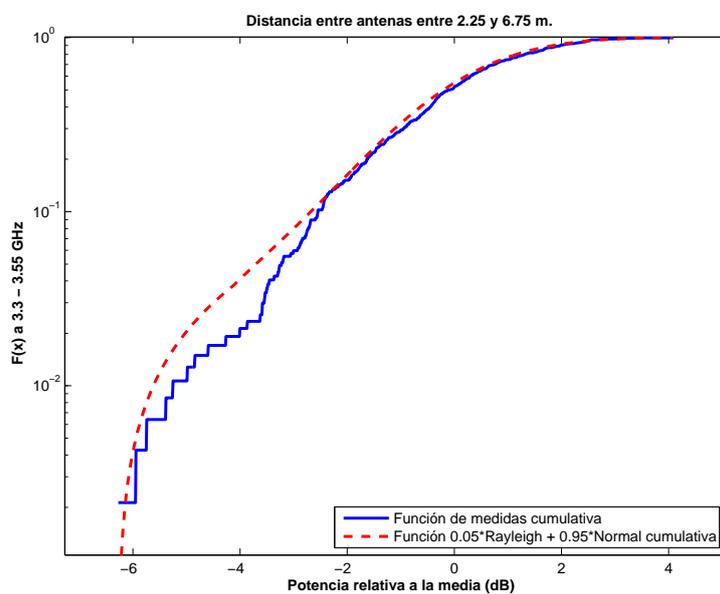


Figura 5.461: CDF 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.25 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.462 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 6.5 m., en este caso a 2.25 m. En este caso, observamos que al principio del primer tramo, las pérdidas son mucho mayores que en la Figura 5.430 debido a que, al tener mayor ganancia, la anchura del haz es menor. En cambio, el segundo tramo es similar.

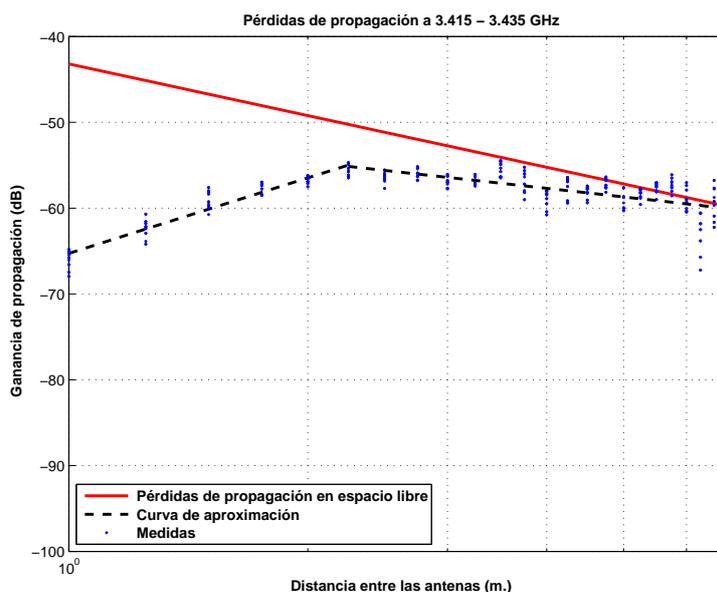


Figura 5.462: Pasillo con ascensores, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, 3.415 y 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 65,27 + (-29,23) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 2,25 \text{ m.} \\ 55,13 + 10,27 * \log_{10}(d/2,25); & \text{si } d > 2,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.463. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.464.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.465. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.466.

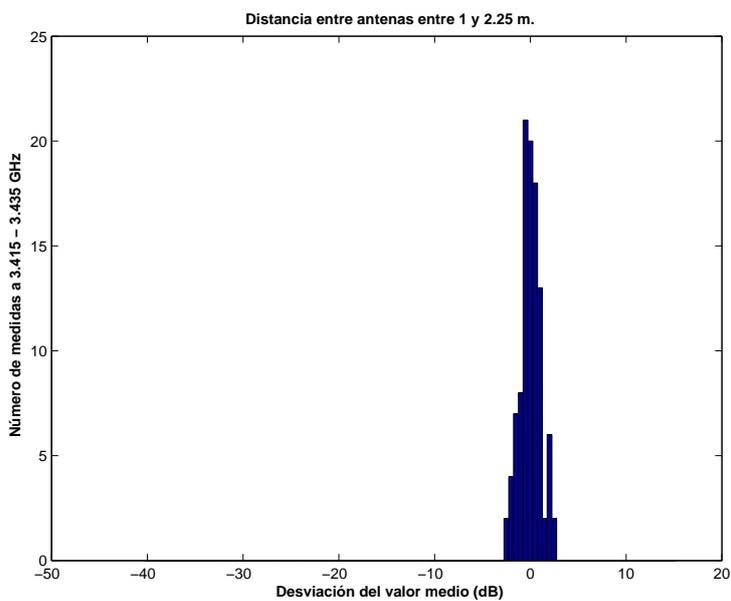


Figura 5.463: Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.25 m. de distancia entre antenas.

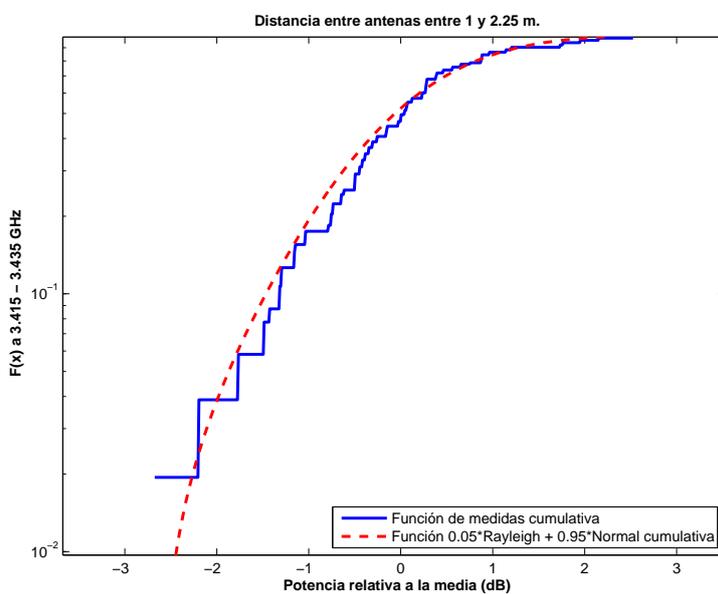


Figura 5.464: CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.25 m. de distancia entre antenas.

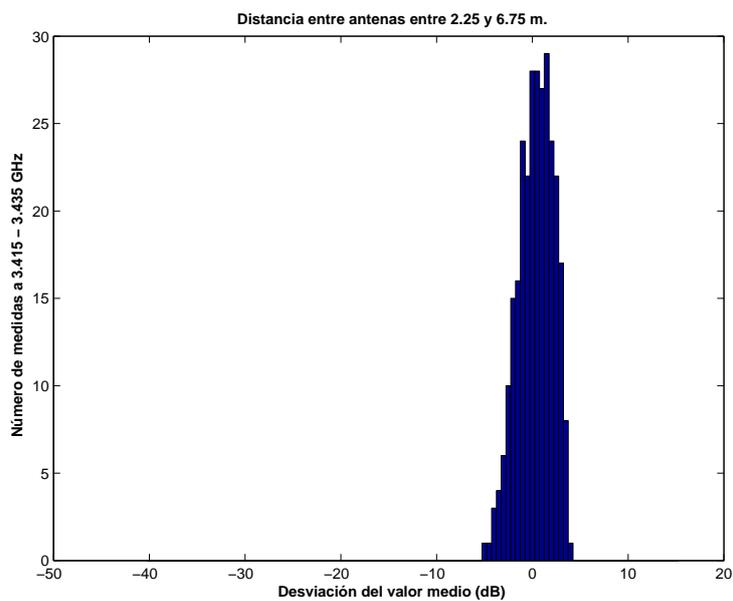


Figura 5.465: Histograma 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.25 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

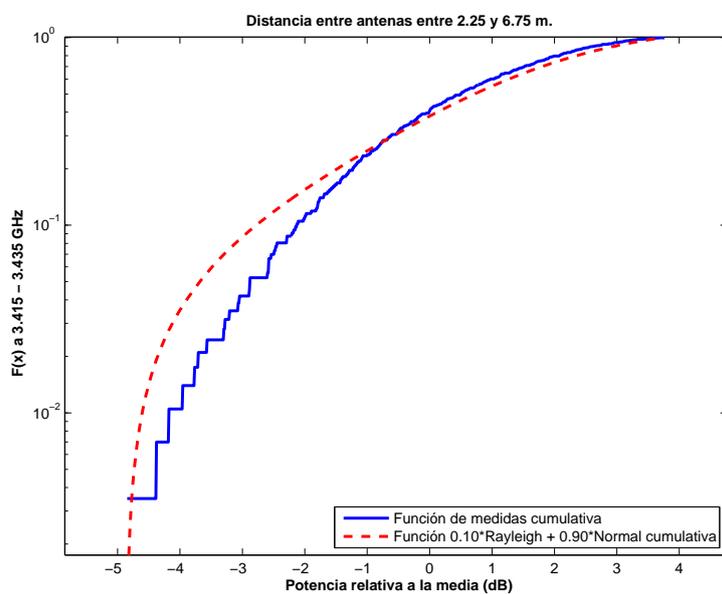


Figura 5.466: CDF 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.25 y 6.5 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.467 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 6.5 m., en este caso a 2.5 m. Caso similar al de la Figura 5.457 en el primer tramo y en el segundo incluyendo una pérdida de 3 dB introducidos por el polarizador.

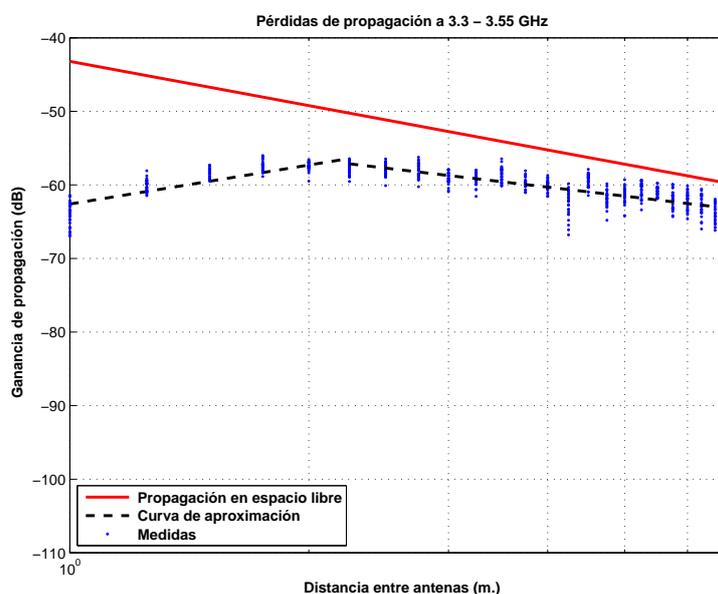


Figura 5.467: Pasillo con ascensores, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 62,59 + (-17,57) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 2,25 \text{ m.} \\ 57,14 + 12,64 * \log_{10}(d/2,25); & \text{si } d > 2,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.468 y se puede ajustar con una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.469.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.470 y se puede ajustar con una combinación de 2 % Rayleigh y 98 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.471.

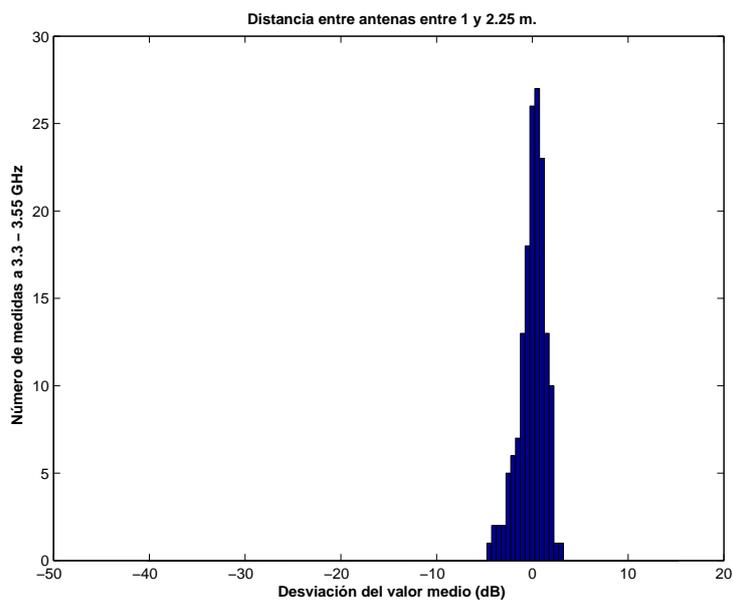


Figura 5.468: Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.25 m de distancia entre antenas.

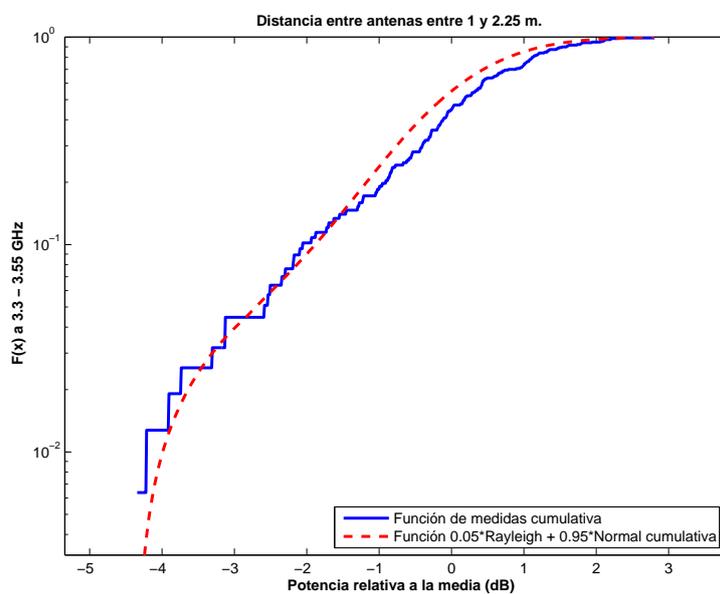


Figura 5.469: CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.25 m de distancia entre antenas.

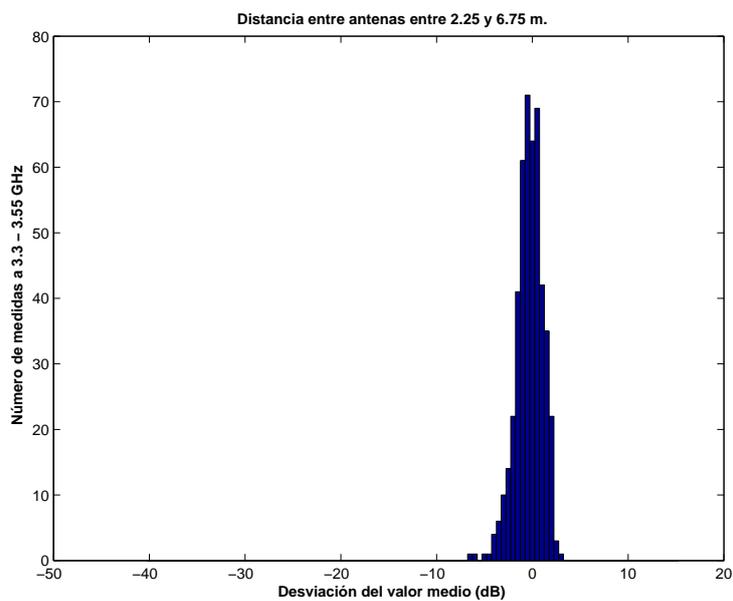


Figura 5.470: Histograma 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.25 y 6.5 m de distancia entre antenas.

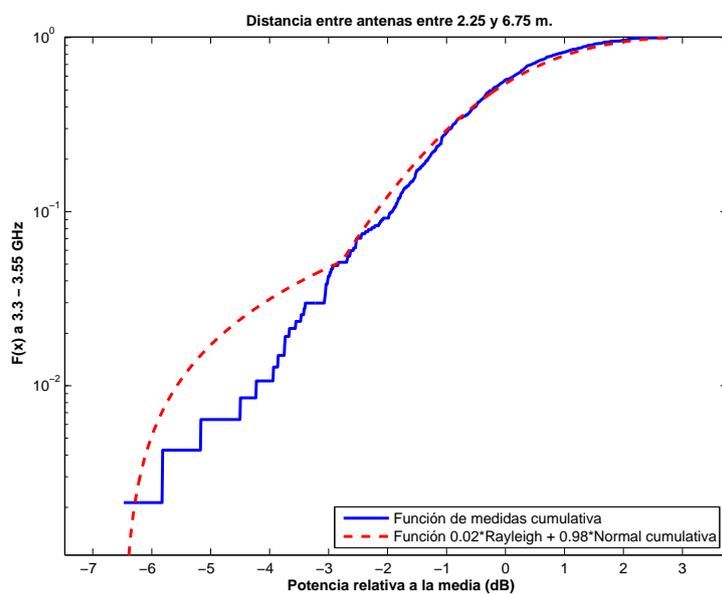


Figura 5.471: CDF 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.25 y 6.5 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.472 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 6.5 m., en este caso a 2.5 m. Caso similar al de la Figura 5.462 en el primer tramo y en el segundo incluyendo una pérdida de 3 dB introducidos por el polarizador.

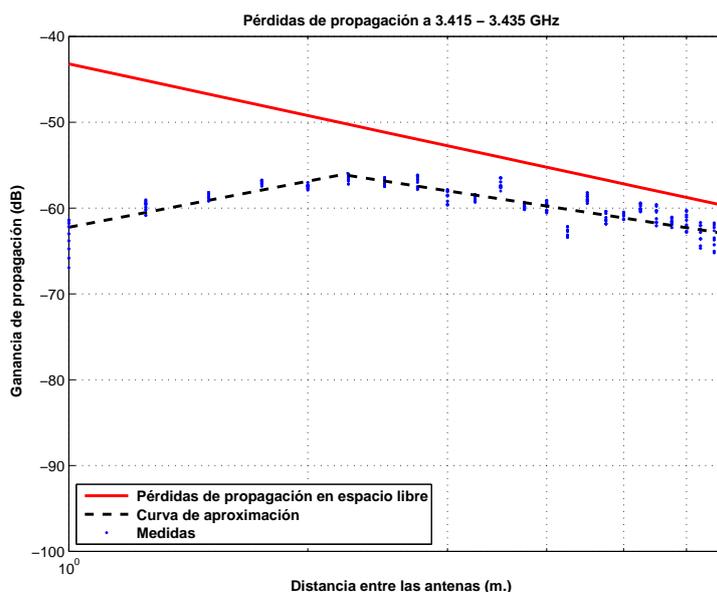


Figura 5.472: Pasillo con ascensores, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, 3.415 y 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 62,24 + (-17,83) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 2,25 \text{ m.} \\ 56,20 + 14,28 * \log_{10}(d/2,25); & \text{si } d > 2,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.473. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 2 % Rayleigh y 98 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.474.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.475. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.476.

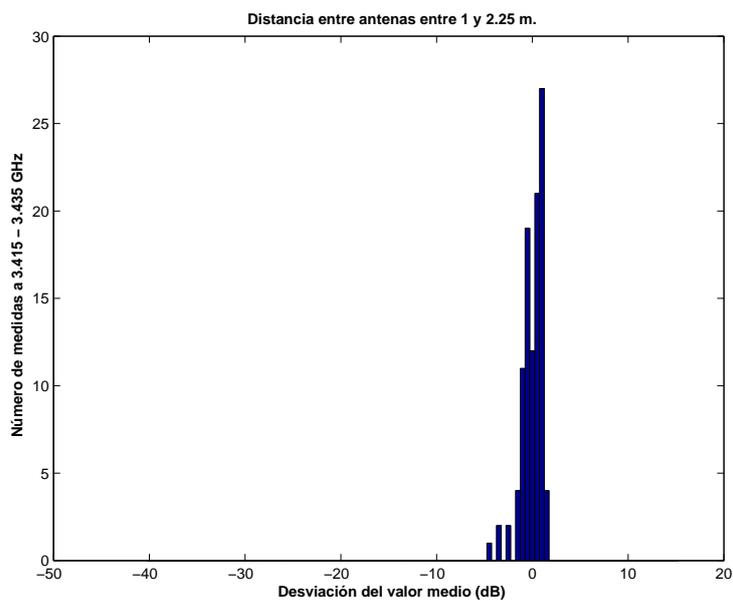


Figura 5.473: Histograma 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.25 m de distancia entre antenas.

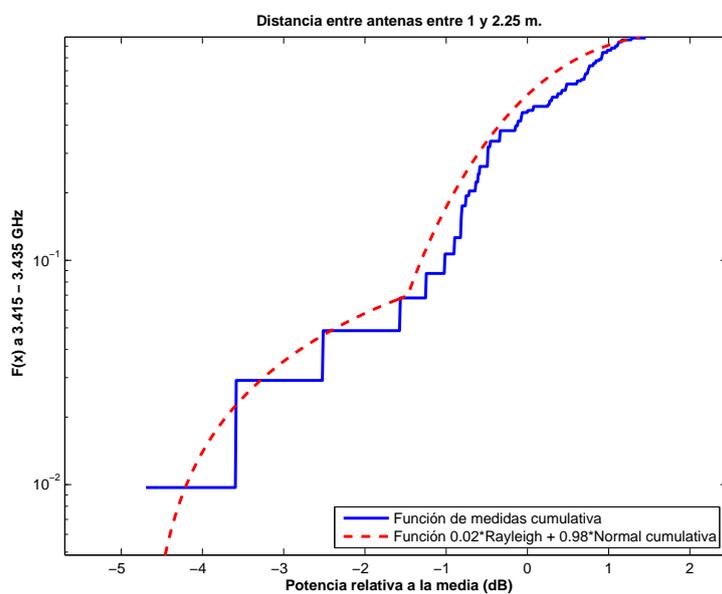


Figura 5.474: CDF 1 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.25 m de distancia entre antenas.

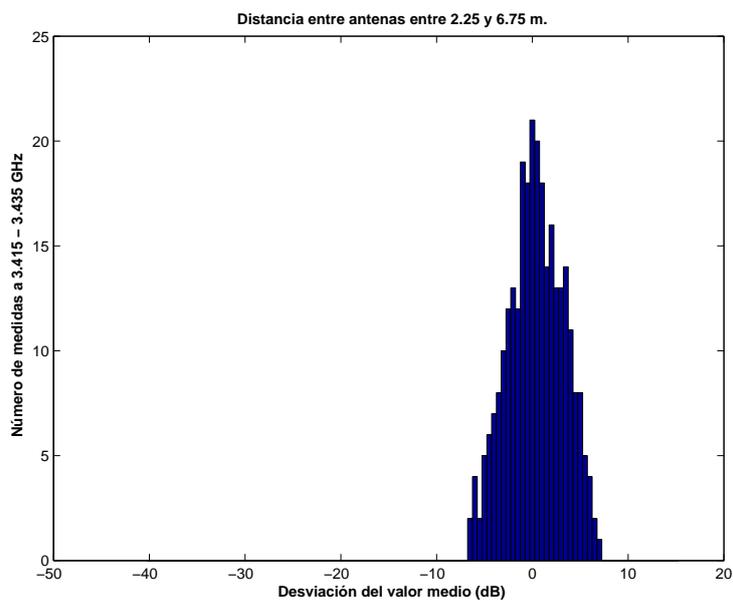


Figura 5.475: Histograma 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.25 y 6.5 m de distancia entre antenas.

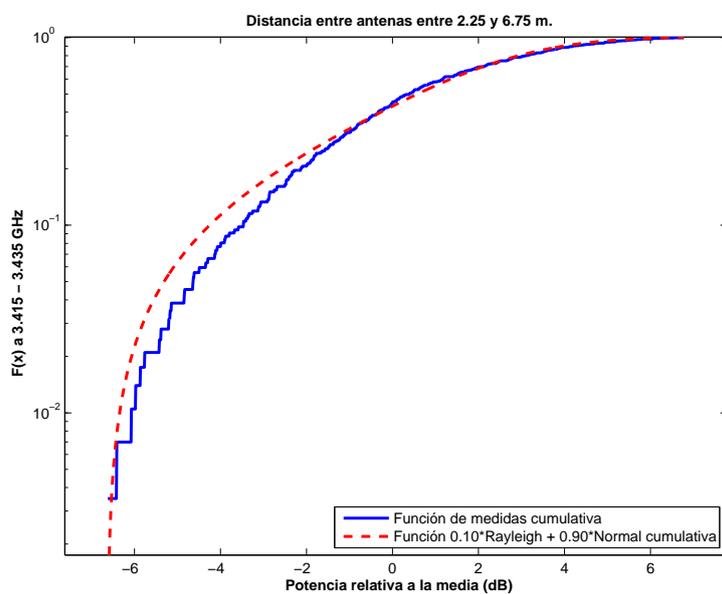


Figura 5.476: CDF 2 del Pasillo con ascensores, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.25 y 6.5 m de distancia entre antenas.

5.2. Pasillos del edificio A

5.2.1. Pasillo semiabierto con taquillas metálicas a un lado

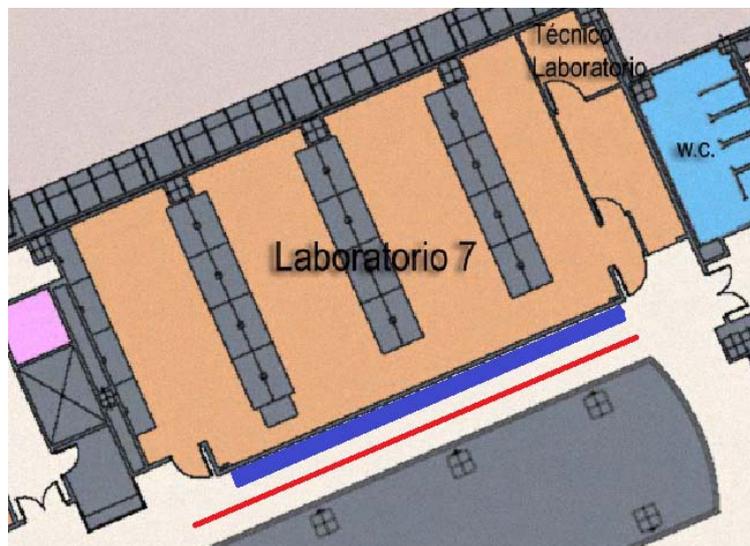


Figura 5.477: Plano del pasillo con taquillas metálicas a un lado, edificio A

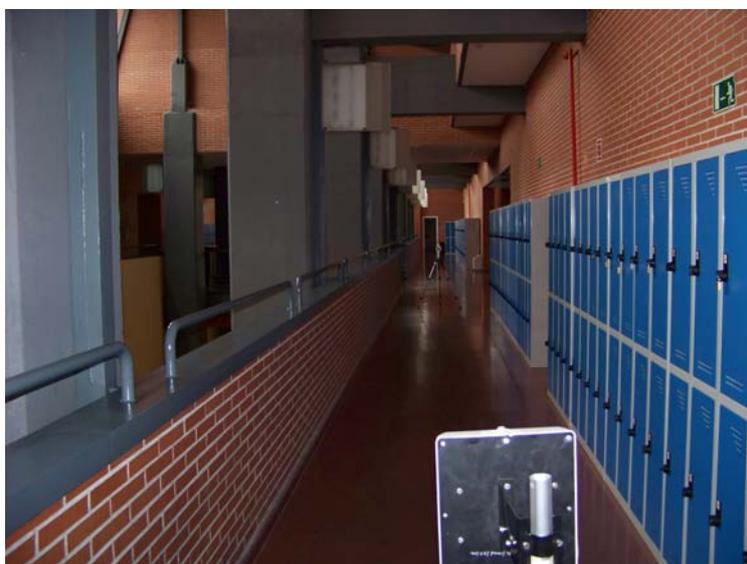


Figura 5.478: Foto del pasillo con taquillas metálicas a un lado, edificio A

Distancia máxima del enlace: 15 m.

Entorno: Pasillo con taquillas metálicas a un lado, del pasillo de los laboratorios de la planta 3ª del edificio A.

Altura de las antenas: La altura de la antena receptora, la del elemento simple, siempre es de 1.40 m., mientras que la altura de la antena transmisora puede ser de 1.40 m. o de 2.50 m. indicado según el caso.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 3.3 a 3.55 GHz y un canal de 20 MHz, de 3.415 a 3.435 GHz

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.479 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre con una mínima disminución del exponente de propagación y el segundo se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre con un mínimo aumento del exponente de propagación.

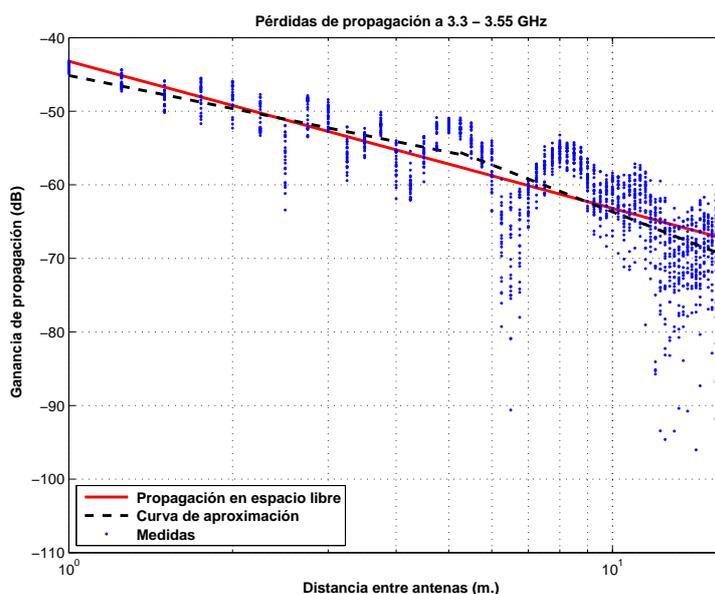


Figura 5.479: Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 45,14 + 14,91 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 5,25 \text{ m.} \\ 55,61 + 28,79 * \log_{10}(d/5,25); & \text{si } d > 5,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.480. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 3$, Figura 5.481.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.482 y el mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 60 % Rayleigh y 40 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 4$, Figura 5.483.

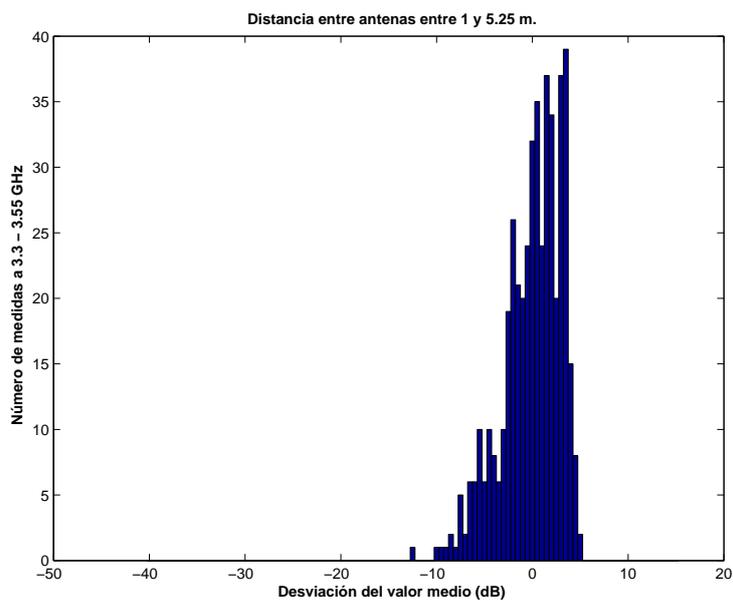


Figura 5.480: Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5.25 m de distancia entre antenas.

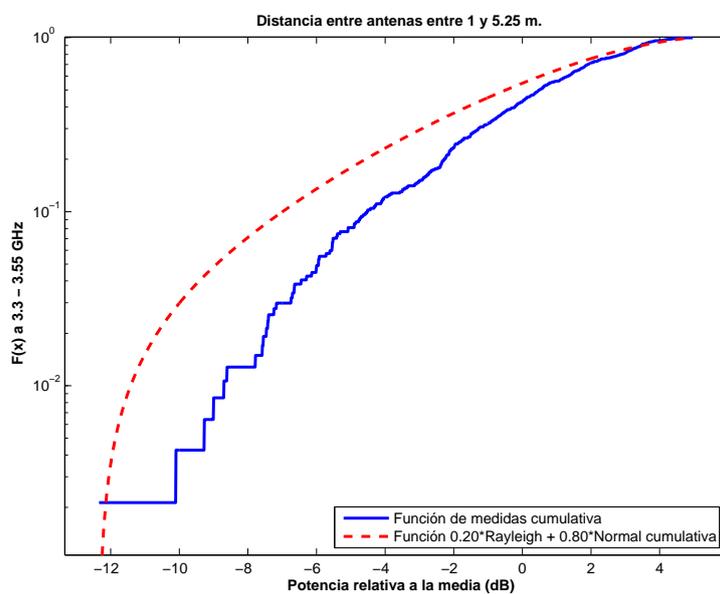


Figura 5.481: CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 5.25 m de distancia entre antenas.

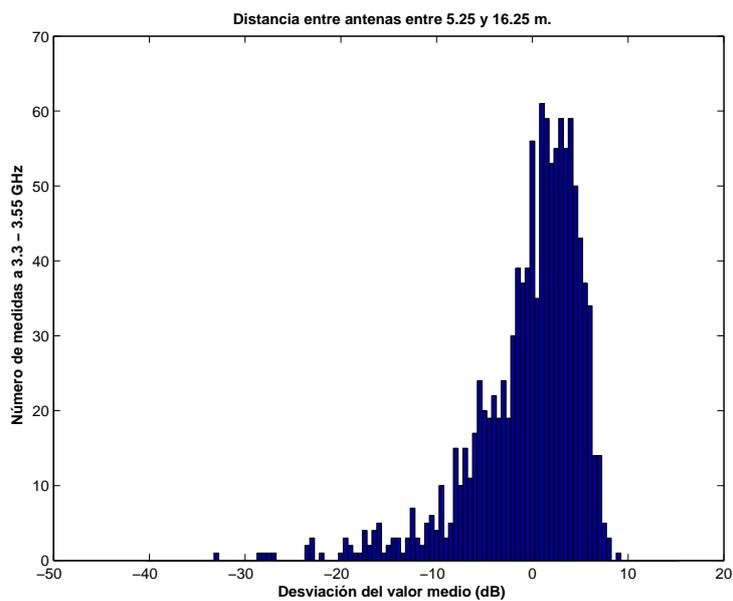


Figura 5.482: Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5.25 y 15 m de distancia entre antenas.

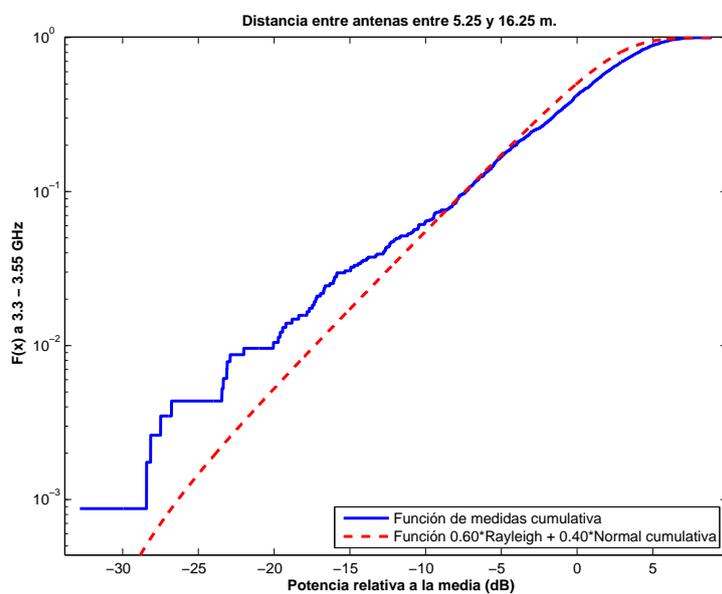


Figura 5.483: CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 5.25 y 15 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.484 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre con una mínima disminución del exponente de propagación y el segundo se puede aproximar por las pérdidas de propagación en el espacio libre con un mínimo aumento del exponente de propagación.

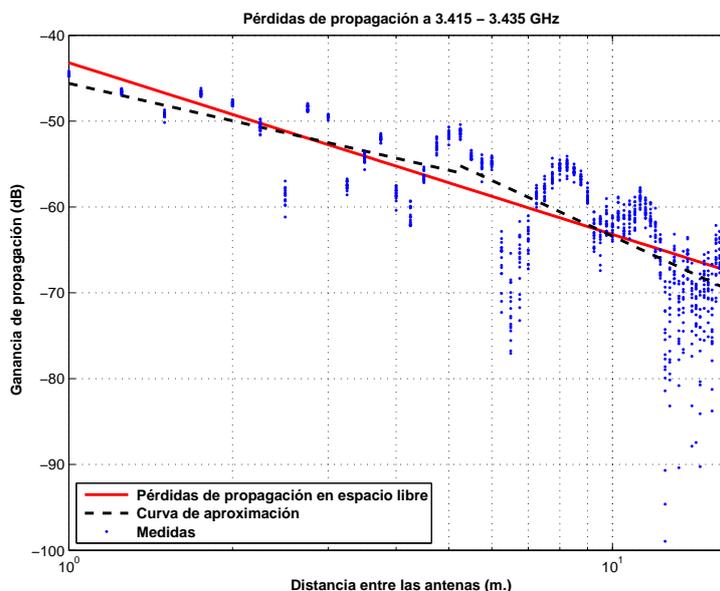


Figura 5.484: Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 45,60 + 14,48 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 5,25 \text{ m.} \\ 55,21 + 29,29 * \log_{10}(d/5,25); & \text{si } d > 5,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.485. Dicha desviación se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.486.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.487. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 5$, Figura 5.488.

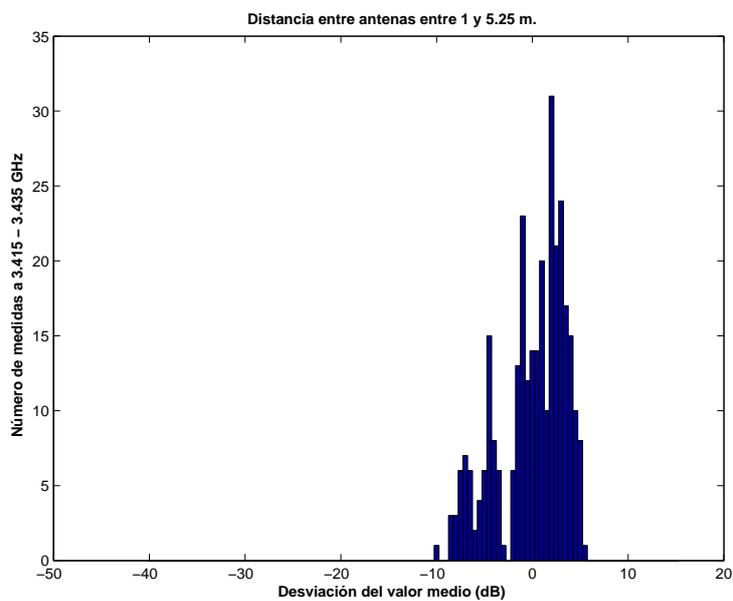


Figura 5.485: Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.25 m de distancia entre antenas.

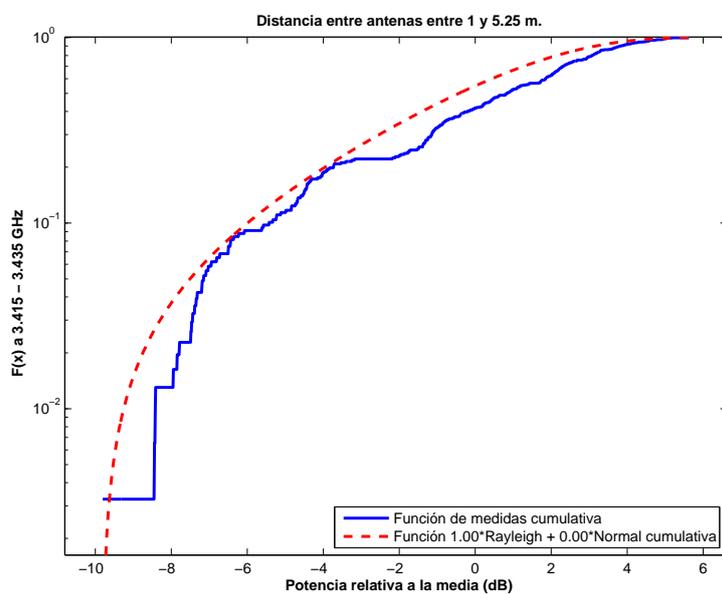


Figura 5.486: CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 5.25 m de distancia entre antenas.

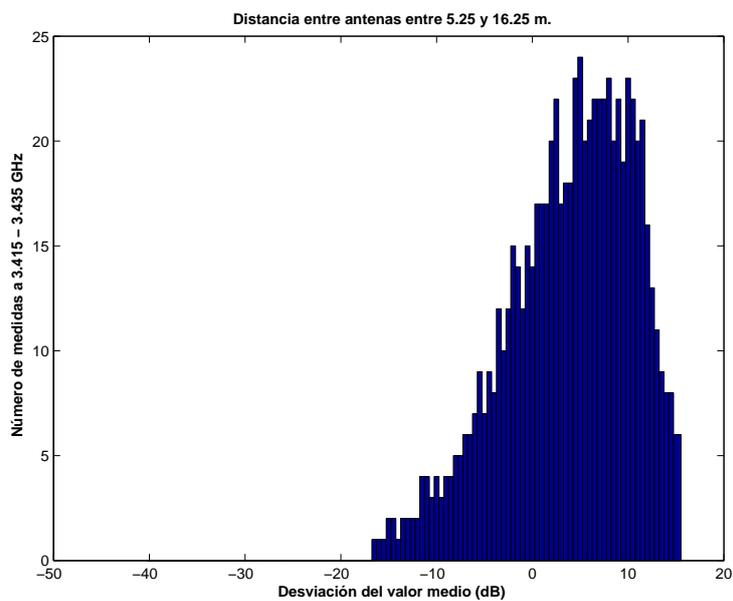


Figura 5.487: Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.25 y 15 m de distancia entre antenas.

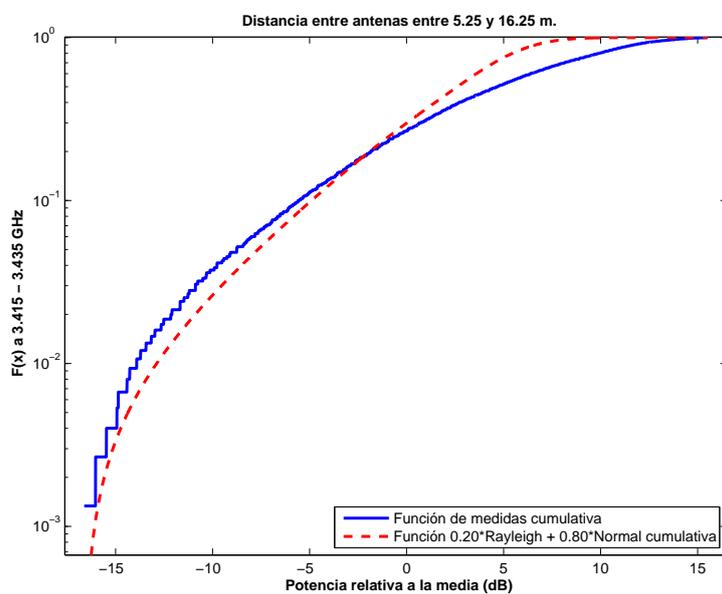


Figura 5.488: CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 5.25 y 15 m de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.489 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero es similar al primer tramo de la Figura 5.479 y el segundo es similar al segundo tramo de la Figura 5.479, con 3 dB más de pérdidas introducidas por el polarizador.

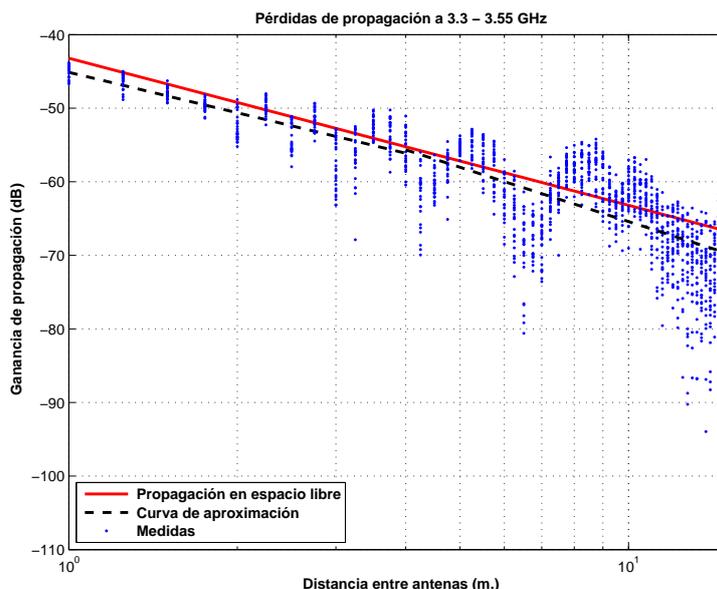


Figura 5.489: Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 45,12 + 18,27 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4 \text{ m.} \\ 55,66 + 24,50 * \log_{10}(d/4); & \text{si } d > 4 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.490. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 1$, Figura 5.491.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.492 y se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.493.

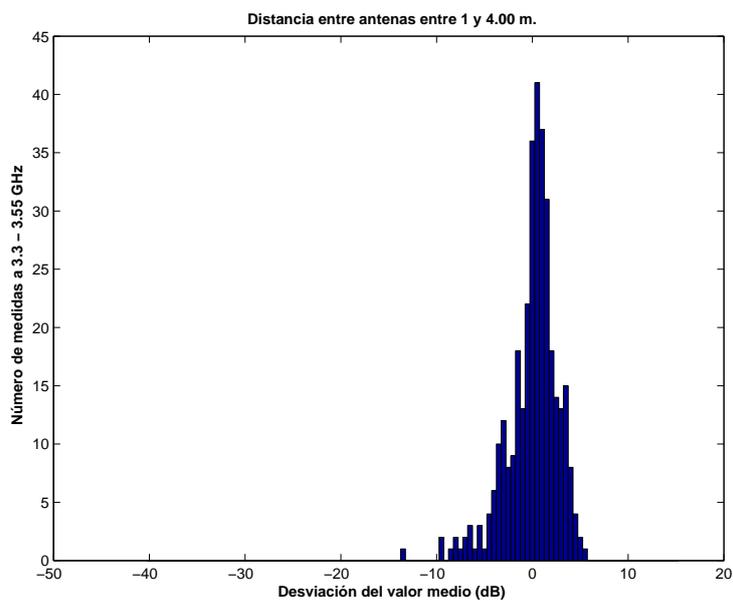


Figura 5.490: Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4 m. de distancia entre antenas.

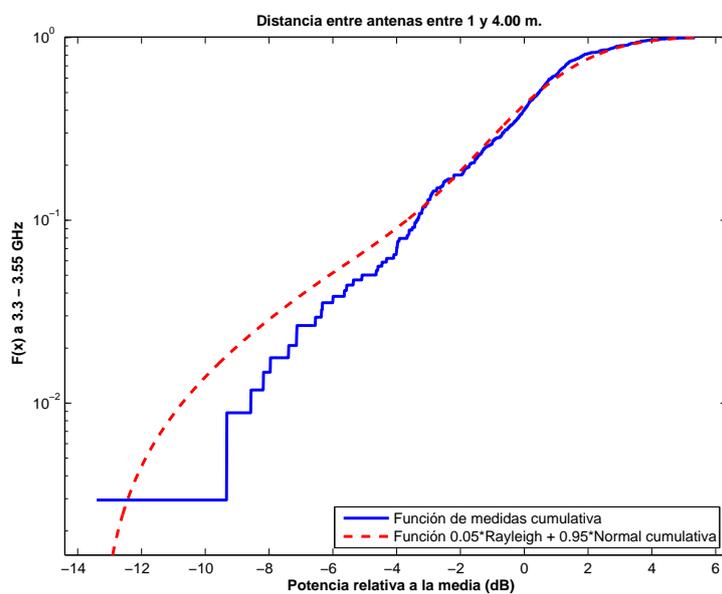


Figura 5.491: CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4 m. de distancia entre antenas.

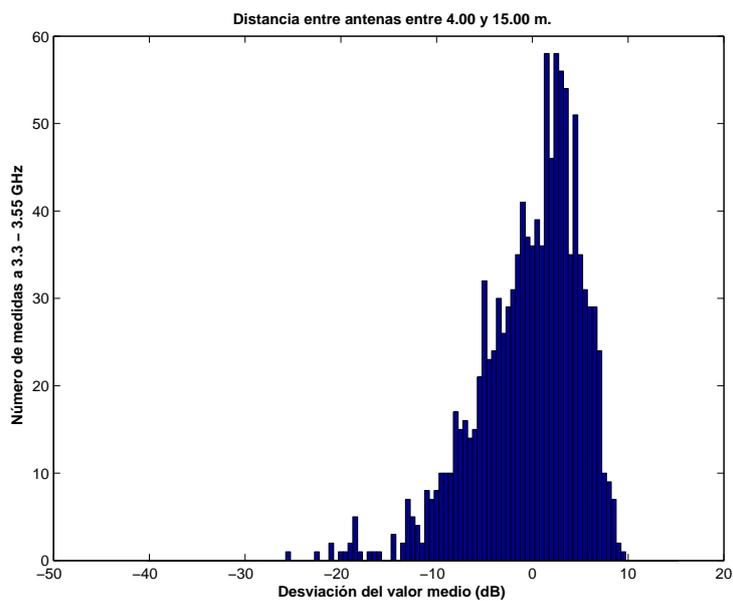


Figura 5.492: Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4 y 15 m. de distancia entre antenas.

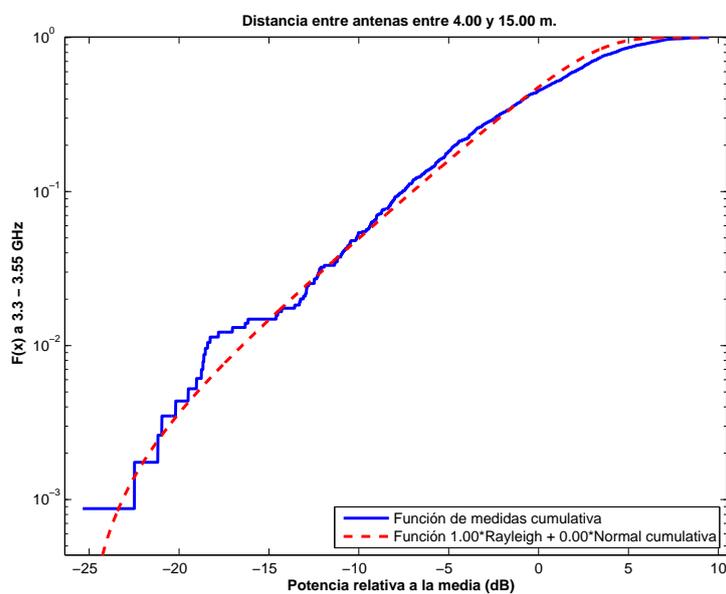


Figura 5.493: CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4 y 15 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.494 representa las pérdidas de propagación en toda un canal de frecuencia, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar dos tramos, donde el primero es similar al primer tramo de la Figura 5.484 y el segundo es similar al segundo tramo de la Figura 5.484, con 3 dB más de pérdidas introducidas por el polarizador.

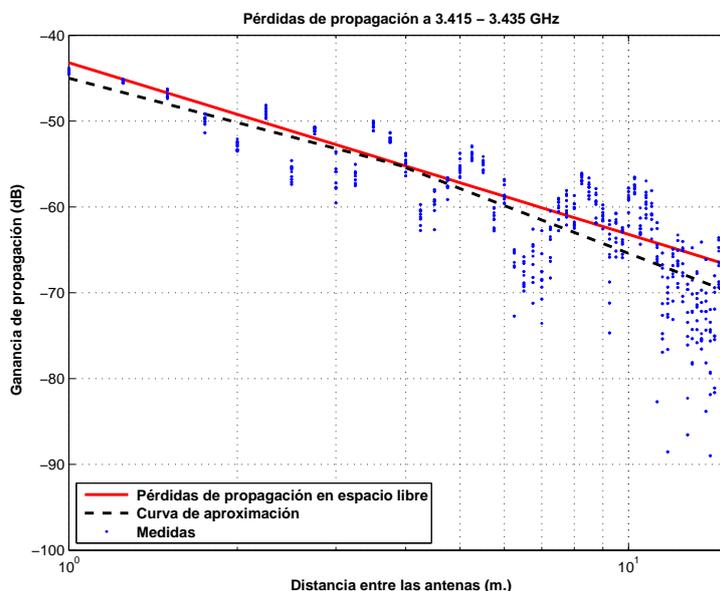


Figura 5.494: Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 45,00 + 17,19 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4 \text{ m.} \\ 55,43 + 25,08 * \log_{10}(d/4); & \text{si } d > 4 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.495. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = -1$, Figura 5.496.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.497. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 8$, Figura 5.498.

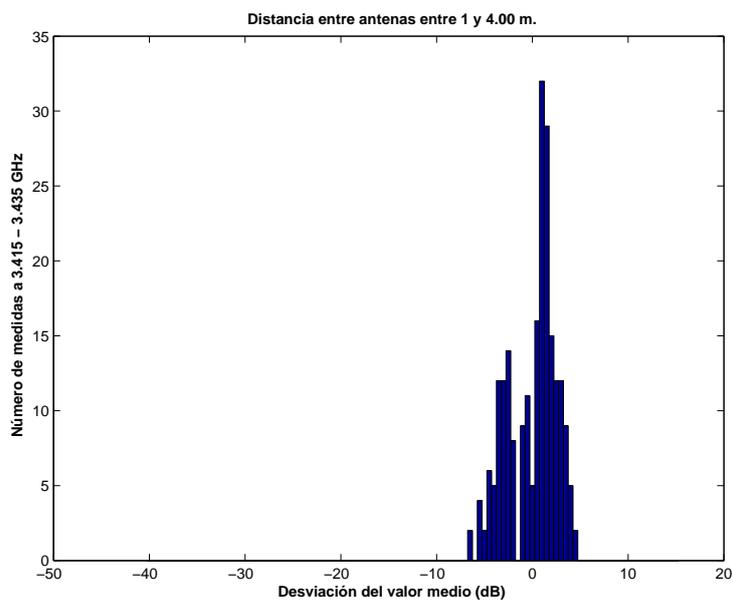


Figura 5.495: Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4 m.

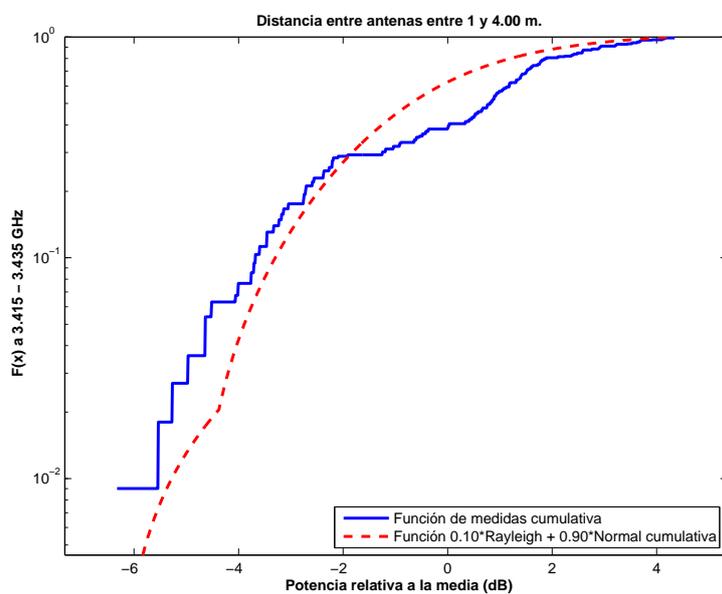


Figura 5.496: CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4 m.

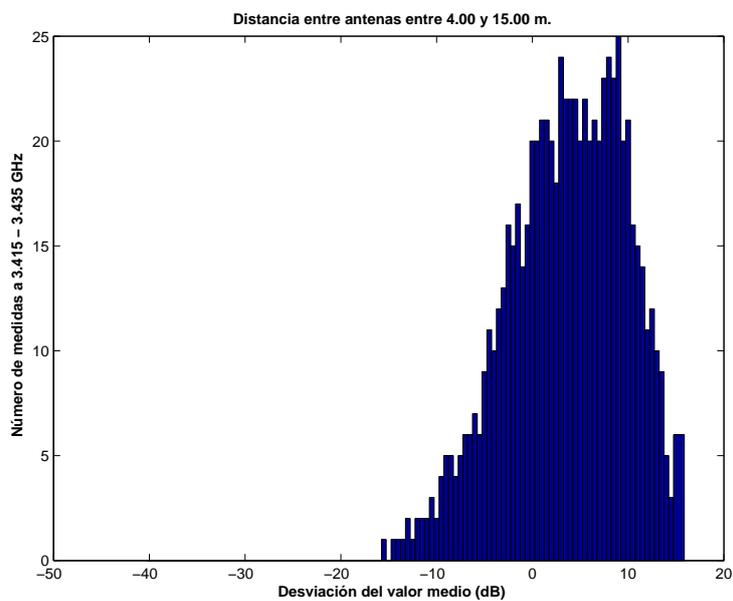


Figura 5.497: Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4 - 15 m.

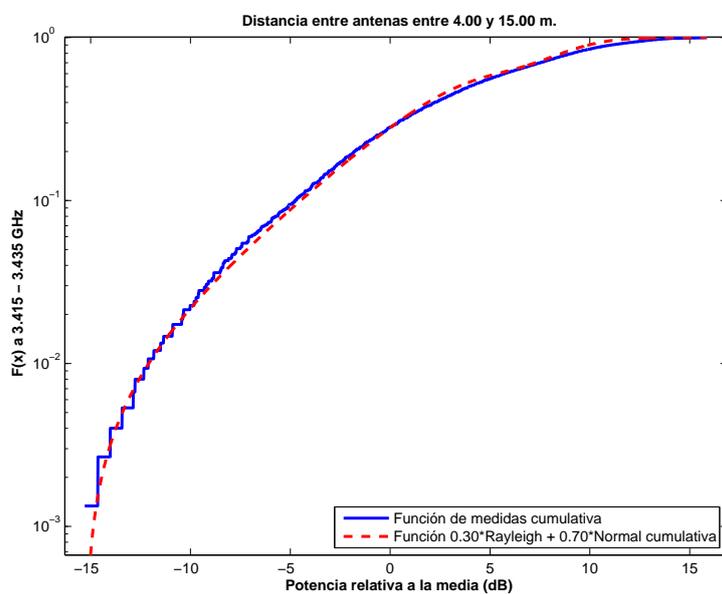


Figura 5.498: CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4 - 15 m.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.499 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 15 m., en este caso a 4.5 m.

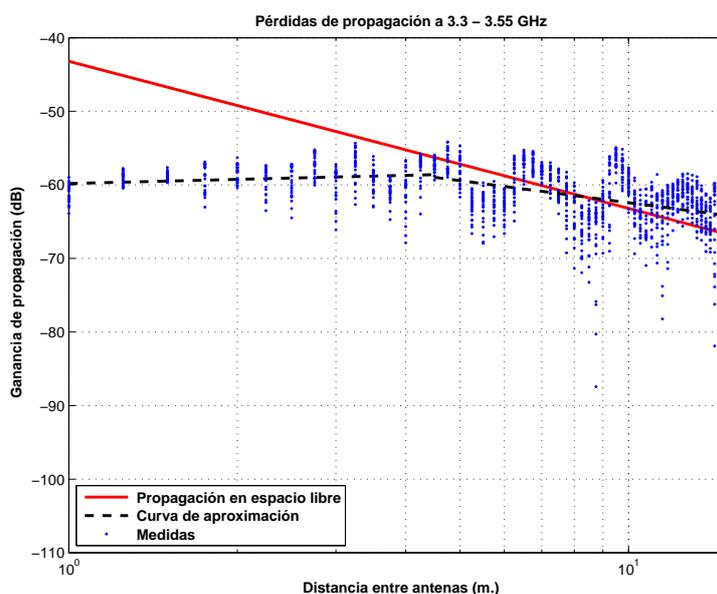


Figura 5.499: Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 59,81 + (-1,85) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,5 \text{ m.} \\ 58,97 + 9,93 * \log_{10}(d/4,5); & \text{si } d > 4,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.500. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 15 % Rayleigh y 85 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 1$, Figura 5.501.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.502. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 3$, Figura 5.503.

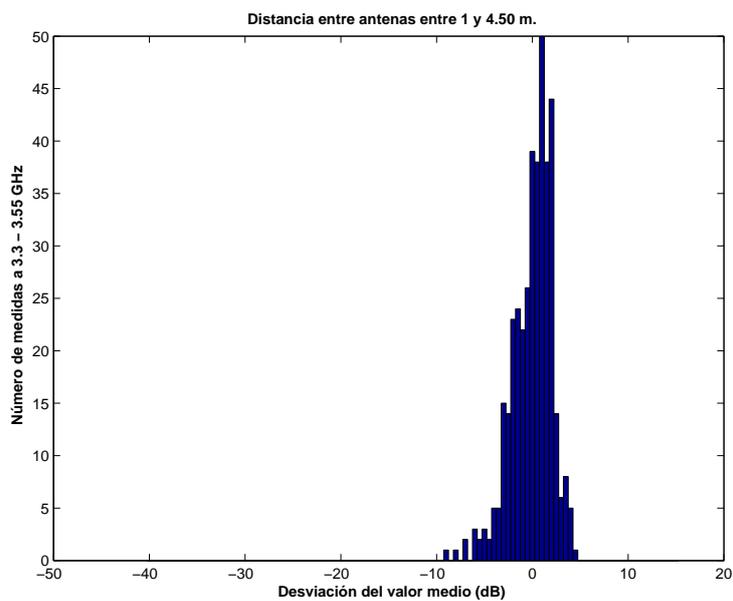


Figura 5.500: Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.

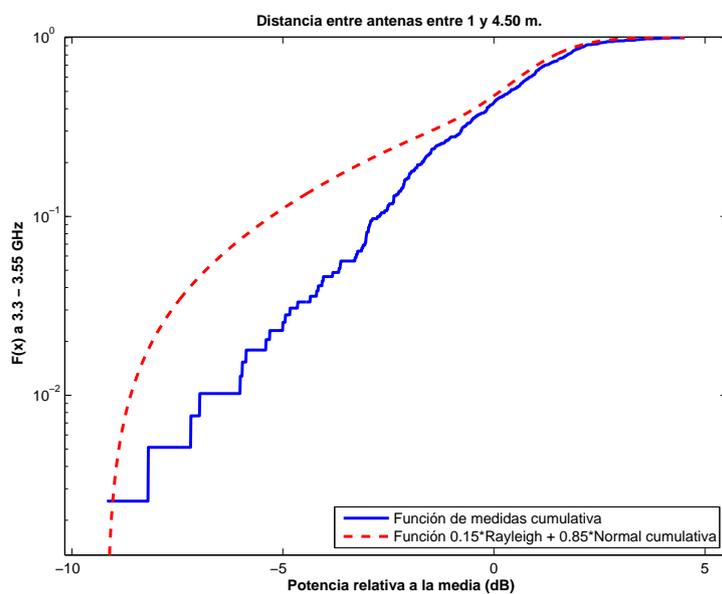


Figura 5.501: CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.50 m. de distancia entre antenas.

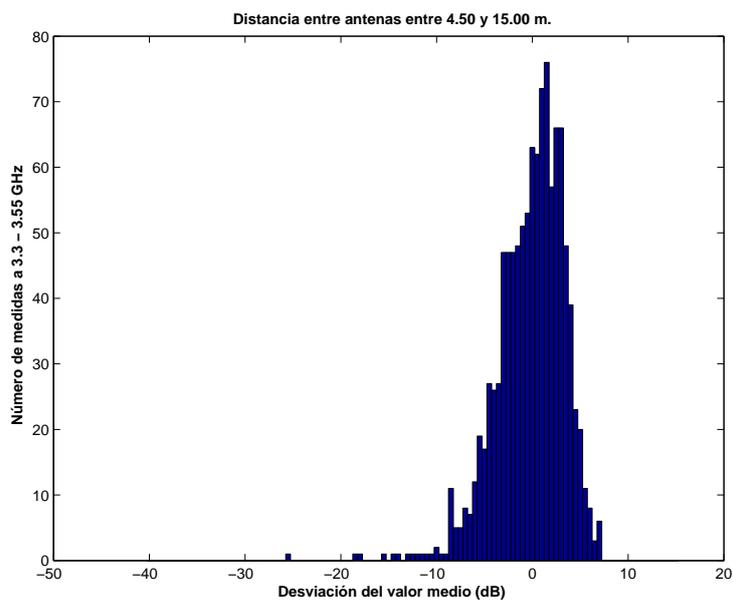


Figura 5.502: Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 15 m. de distancia entre antenas.

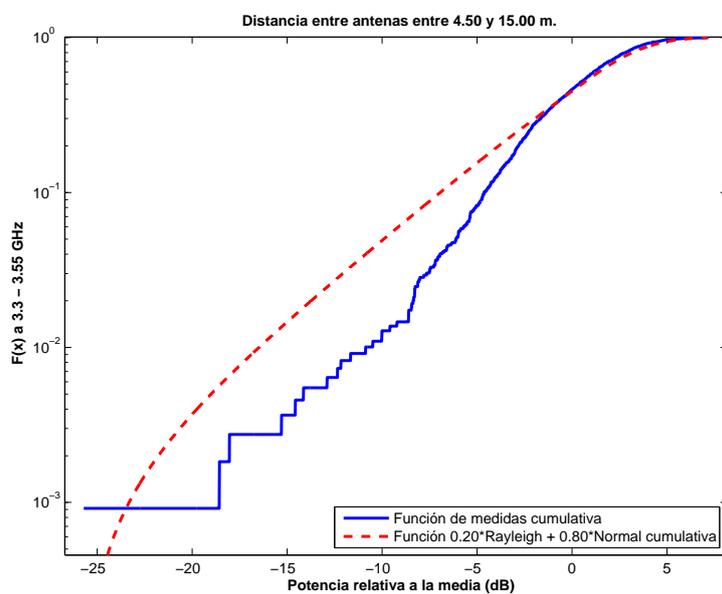


Figura 5.503: CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.50 y 15 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.504 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 15 m., en este caso a 4 m.

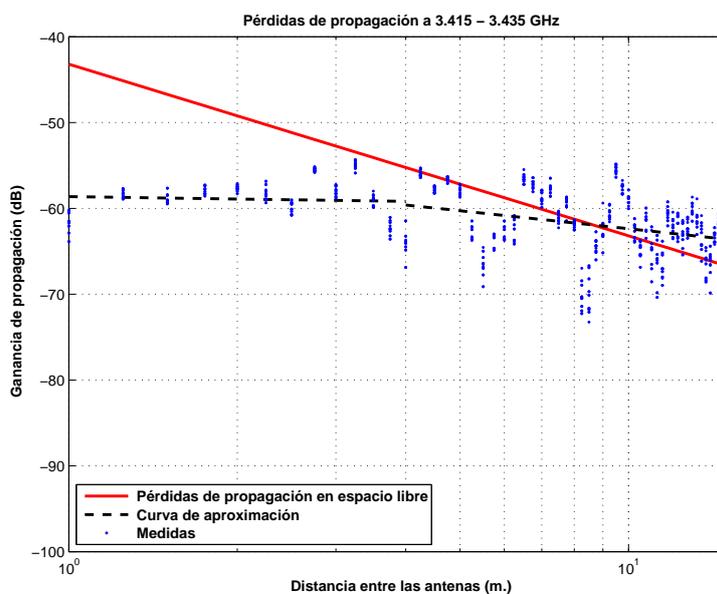


Figura 5.504: Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,63 + 0,91 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4 \text{ m.} \\ 59,60 + 6,96 * \log_{10}(d/4); & \text{si } d > 4 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.505. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.506.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.507. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 4$, Figura 5.508.

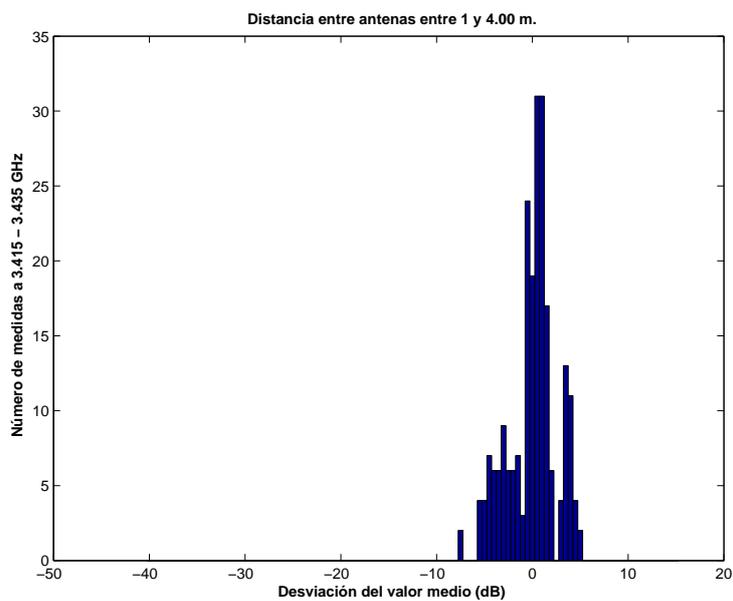


Figura 5.505: Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4 m. de distancia entre antenas.

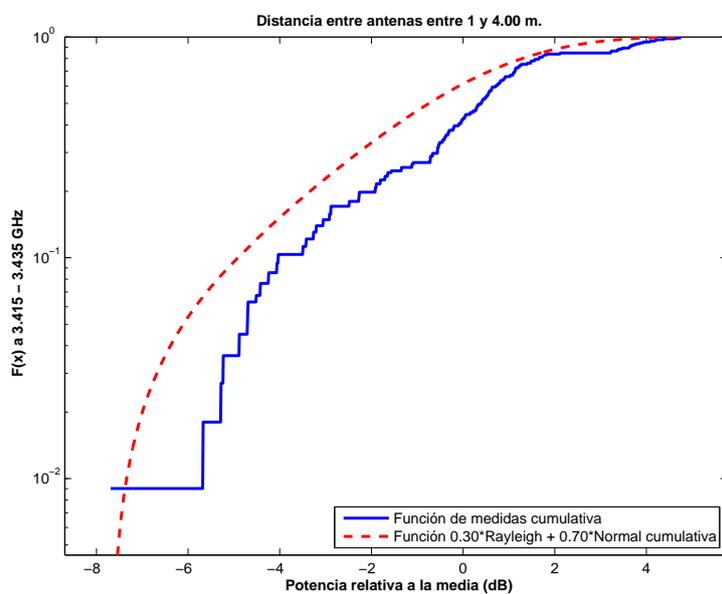


Figura 5.506: CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4 m. de distancia entre antenas.

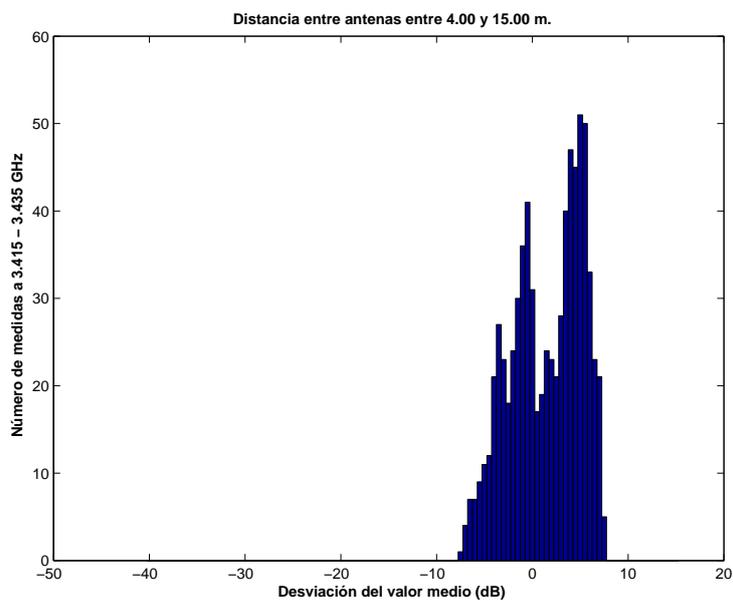


Figura 5.507: Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4 y 15 m. de distancia entre antenas.

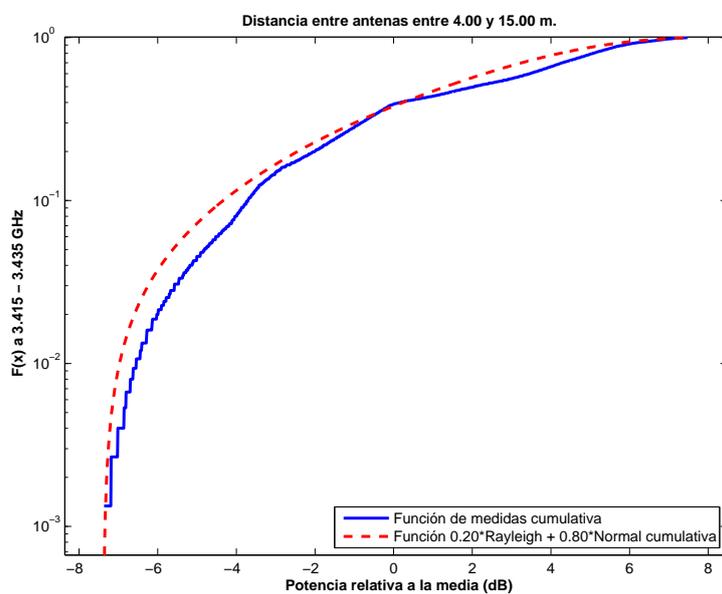


Figura 5.508: CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4 y 15 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.509 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 15 m., en este caso a 4.75 m.

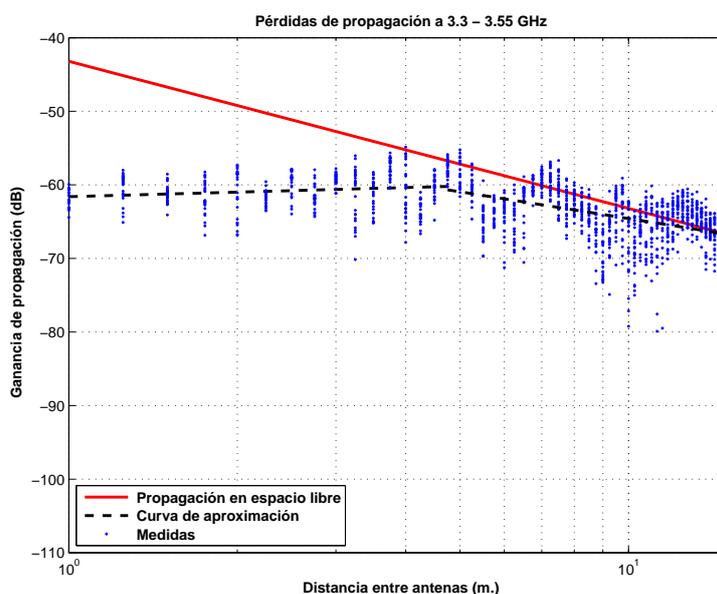


Figura 5.509: Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 61,60 + (-2,06) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,75 \text{ m.} \\ 60,67 + 12,08 * \log_{10}(d/4,75); & \text{si } d > 4,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.510. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 15 % Rayleigh y 85 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 1$, Figura 5.511.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.512. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 15 % Rayleigh y 85 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 1$, Figura 5.513.

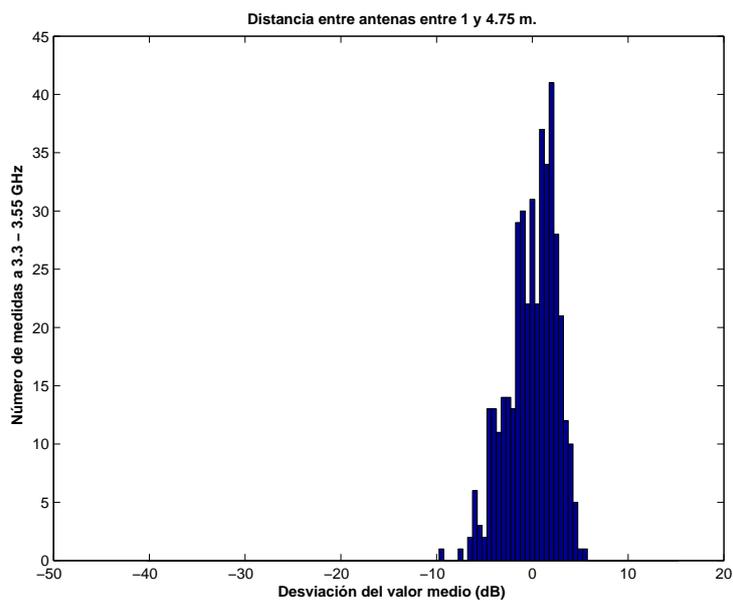


Figura 5.510: Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.75 m. de distancia entre antenas.

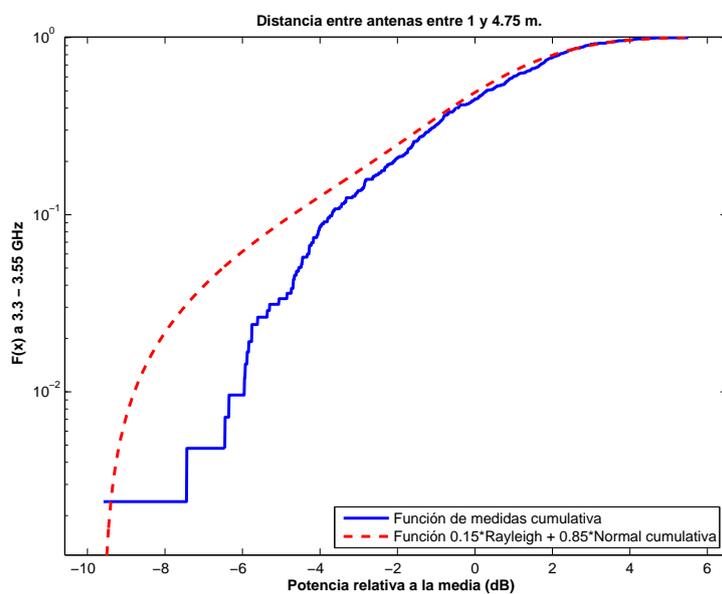


Figura 5.511: CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 4.75 m. de distancia entre antenas.

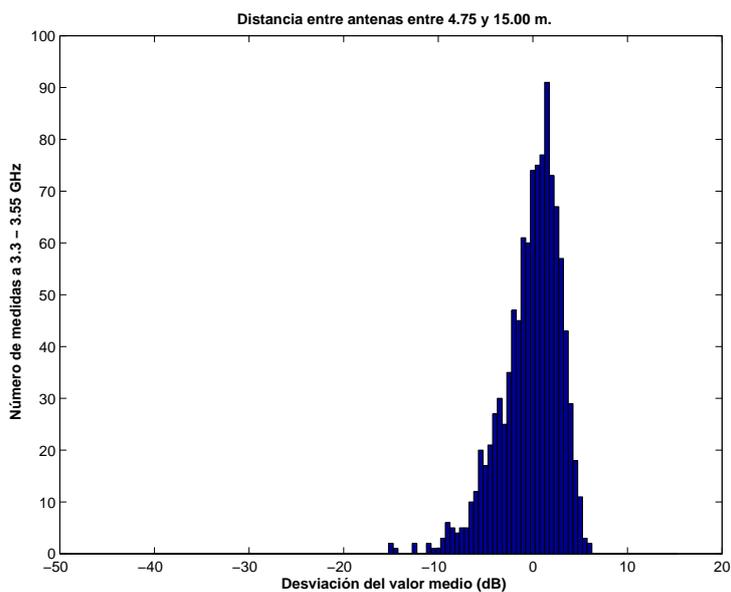


Figura 5.512: Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.75 y 15 m. de distancia entre antenas.

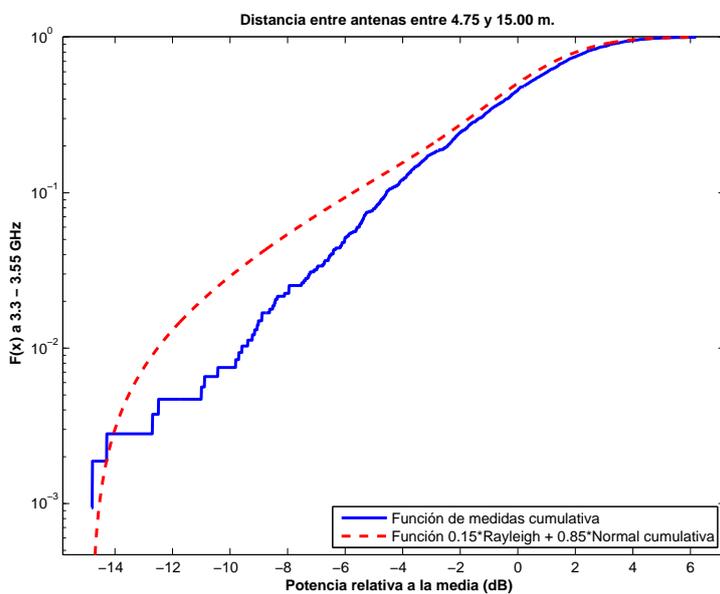


Figura 5.513: CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 4.75 y 15 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.514 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 15 m., en este caso a 4.75 m.

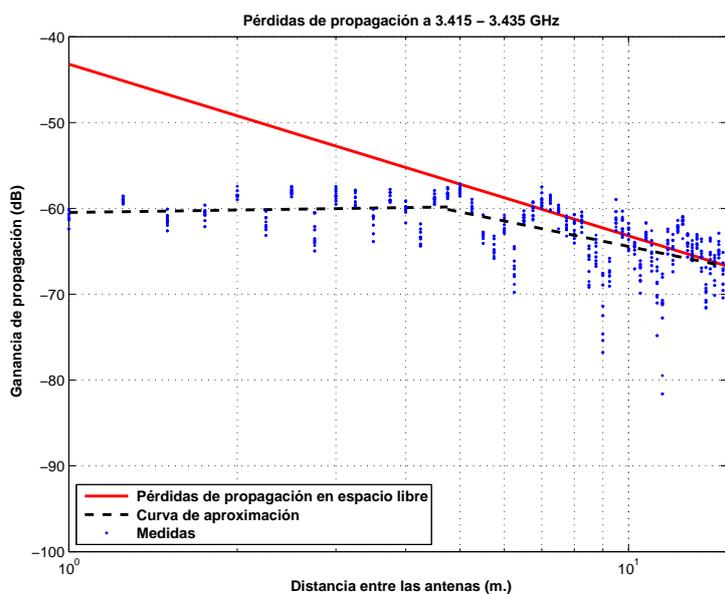


Figura 5.514: Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 60,48 + (-0,95) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 4,75 \text{ m.} \\ 60,12 + 13,32 * \log_{10}(d/4,75); & \text{si } d > 4,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.515. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.516.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.517. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 15 % Rayleigh y 85 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 4$, Figura 5.518.

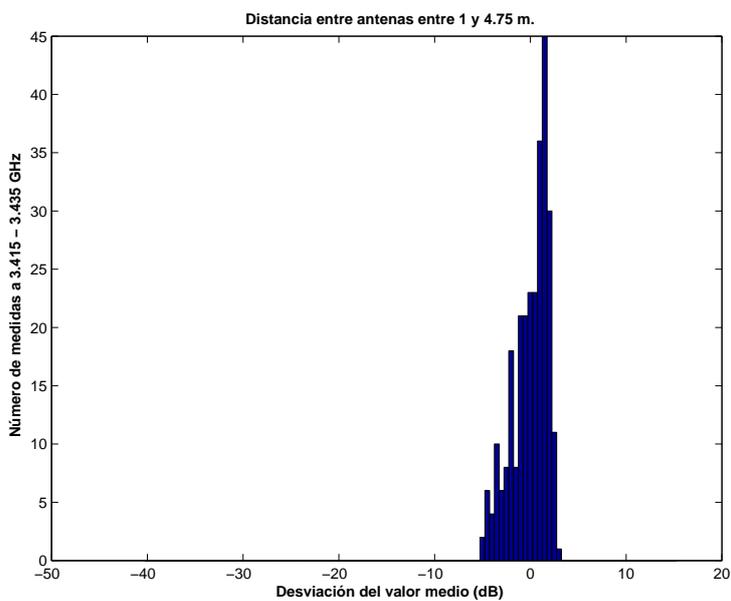


Figura 5.515: Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.75 m. de distancia entre antenas.

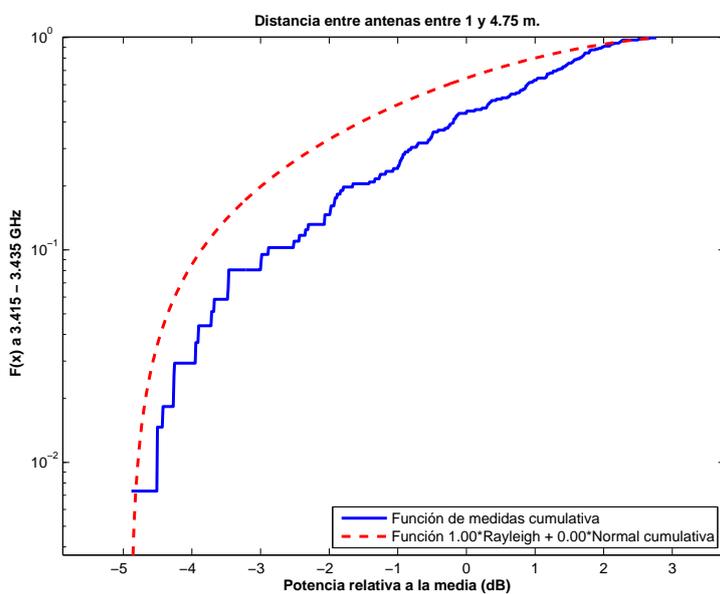


Figura 5.516: CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 4.75 m. de distancia entre antenas.

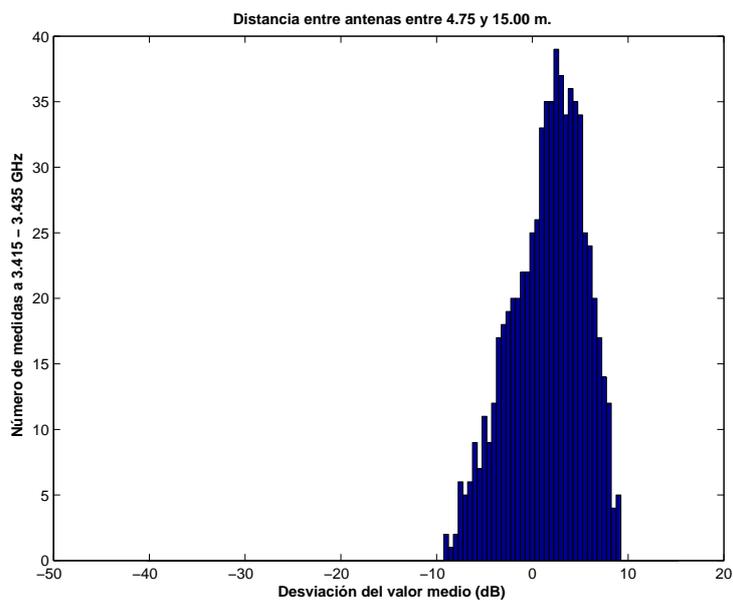


Figura 5.517: Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.75 y 15 m. de distancia entre antenas.

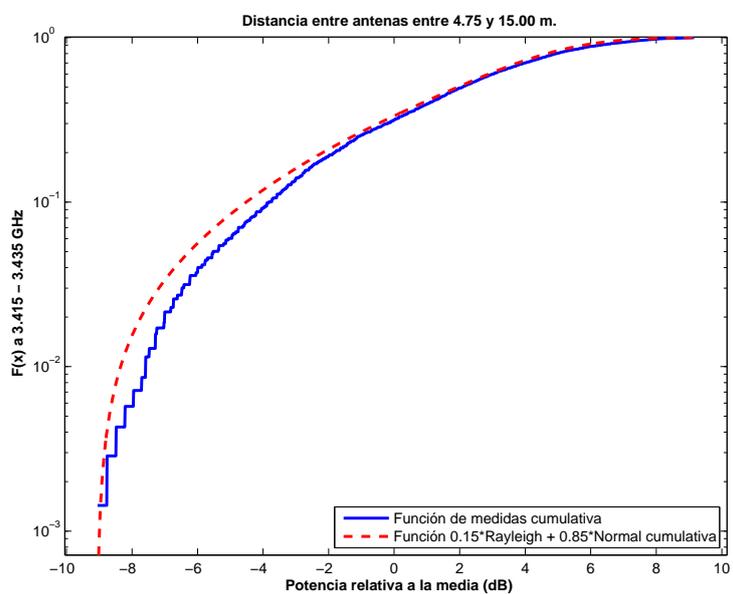


Figura 5.518: CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 4.75 y 15 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.519 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura los dos tramos se pueden aproximar por una paralela a las pérdidas en espacio libre con una leve variación del exponente de propagación.

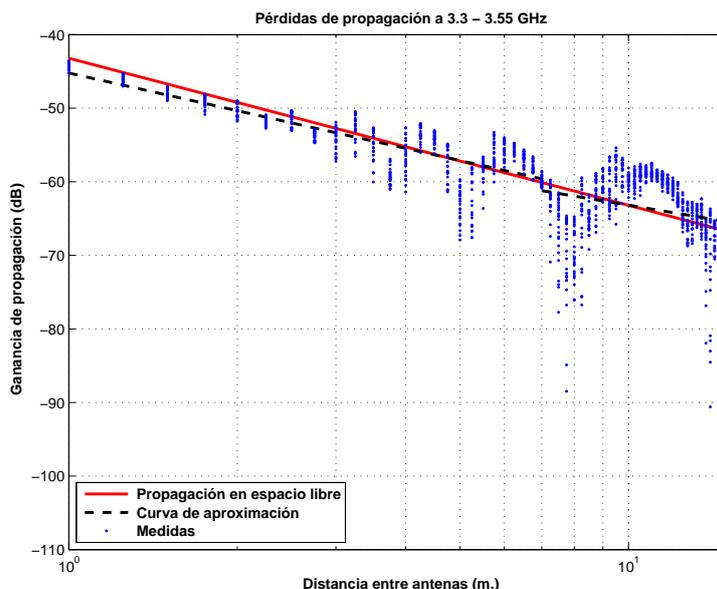


Figura 5.519: Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 45,22 + 17,01 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7 \text{ m.} \\ 61,21 + 12,73 * \log_{10}(d/7); & \text{si } d > 7 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.520. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0,5$, Figura 5.521.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.522 y se puede ajustar con una combinación de 40 % Rayleigh y 60 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 4$, Figura 5.523.

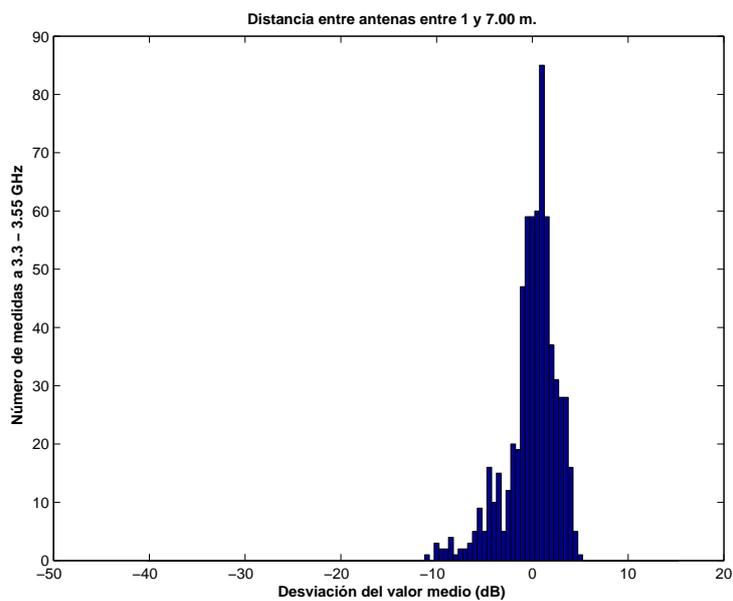


Figura 5.520: Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

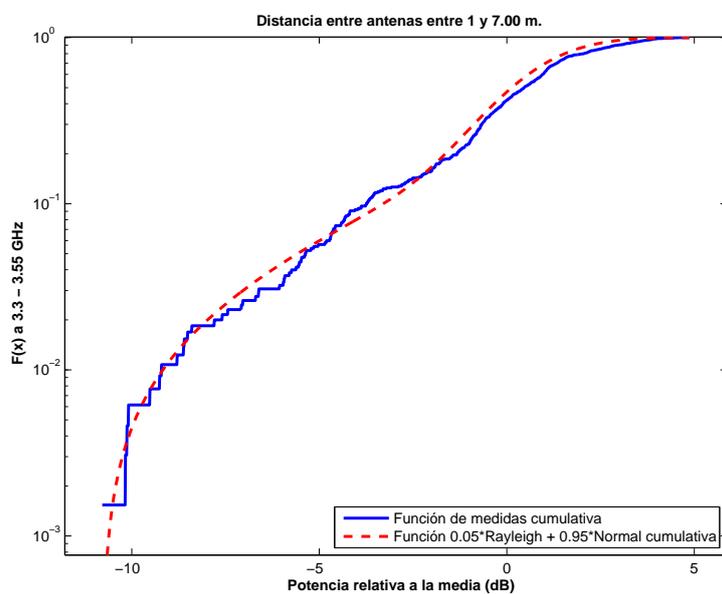


Figura 5.521: CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

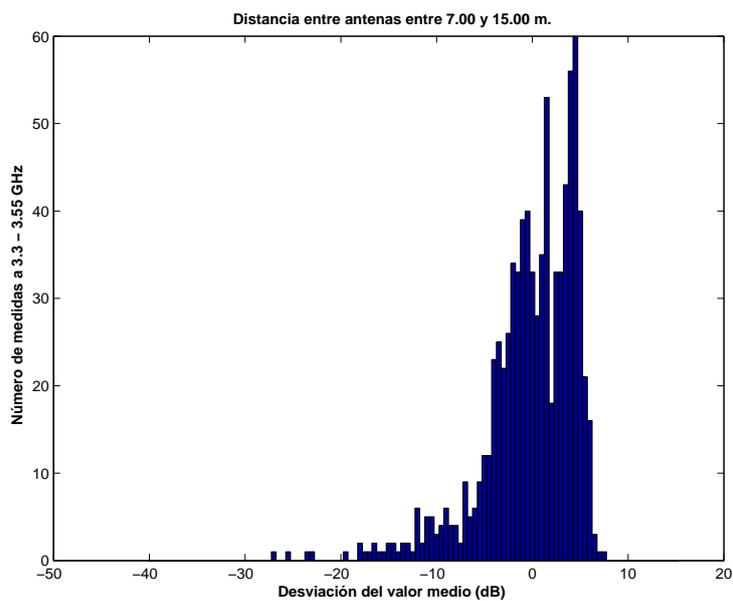


Figura 5.522: Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 15 m. de distancia entre antenas.

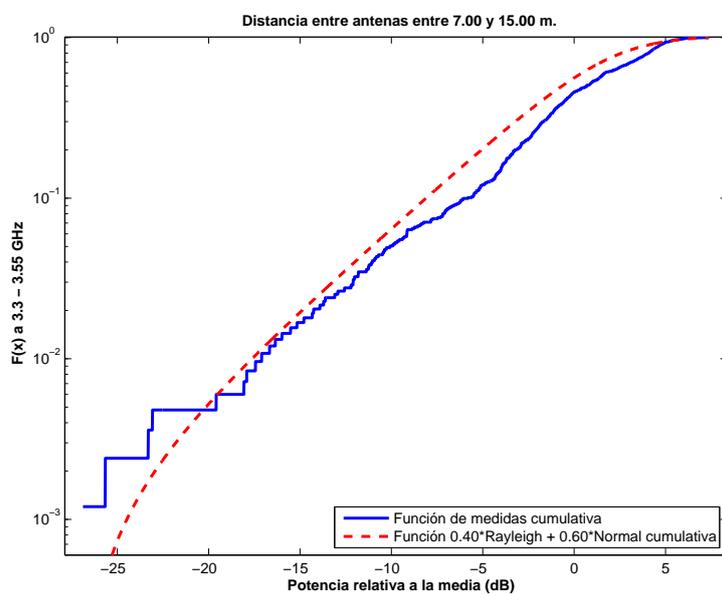


Figura 5.523: CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 15 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.524 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura los dos tramos se pueden aproximar por una paralela a las pérdidas en espacio libre con una leve variación del exponente de propagación.

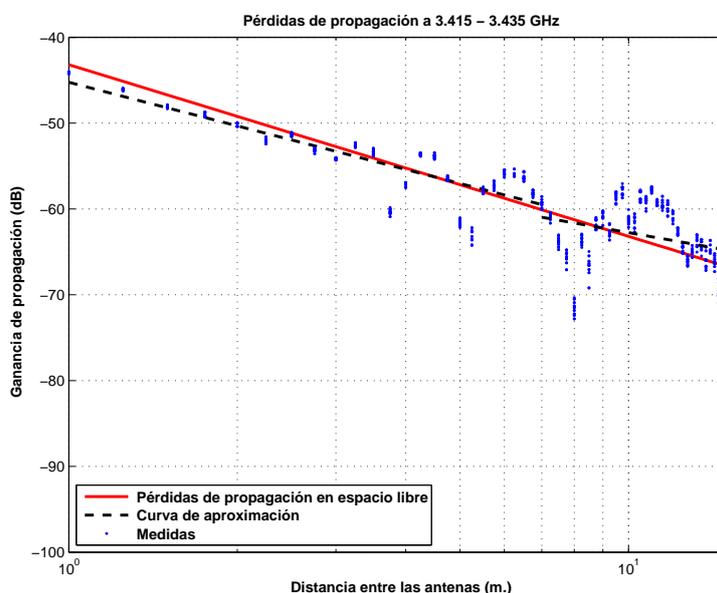


Figura 5.524: Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 45,25 + 16,86 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7 \text{ m.} \\ 60,97 + 11,58 * \log_{10}(d/7); & \text{si } d > 7 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.525. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 1$, Figura 5.526.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.527. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 4$ Figura 5.528.

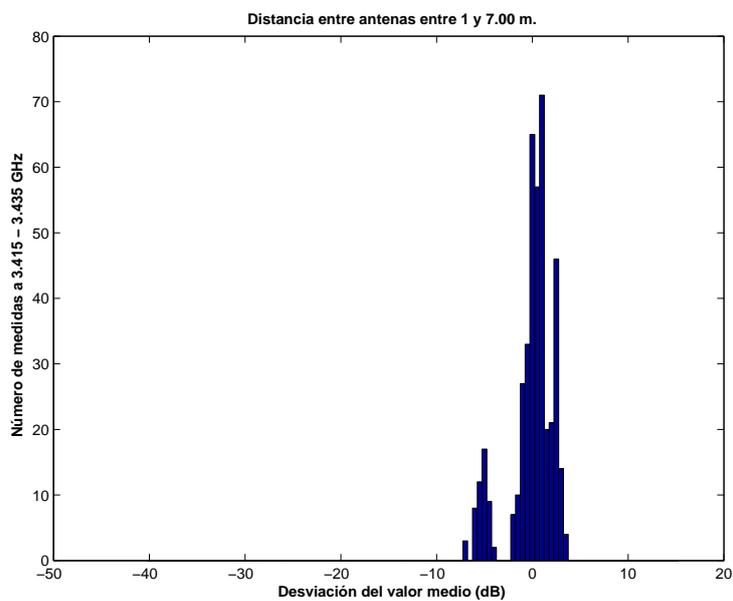


Figura 5.525: Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

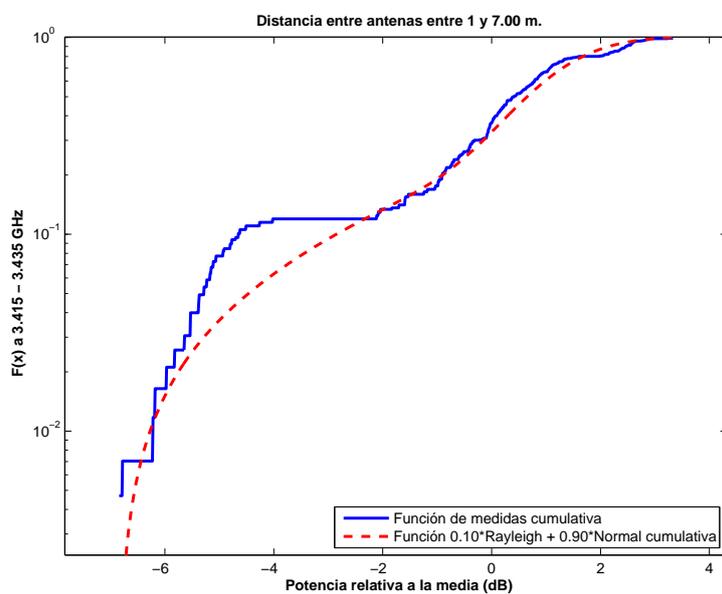


Figura 5.526: CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

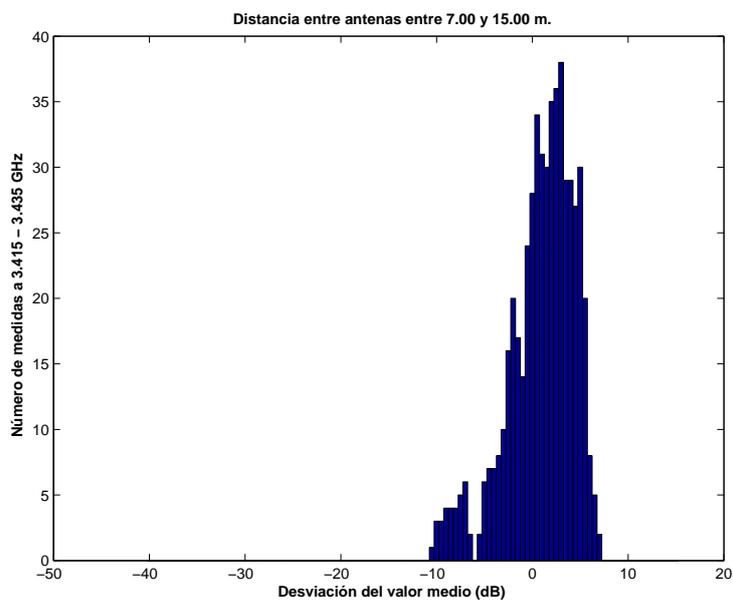


Figura 5.527: Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 15 m. de distancia entre antenas.

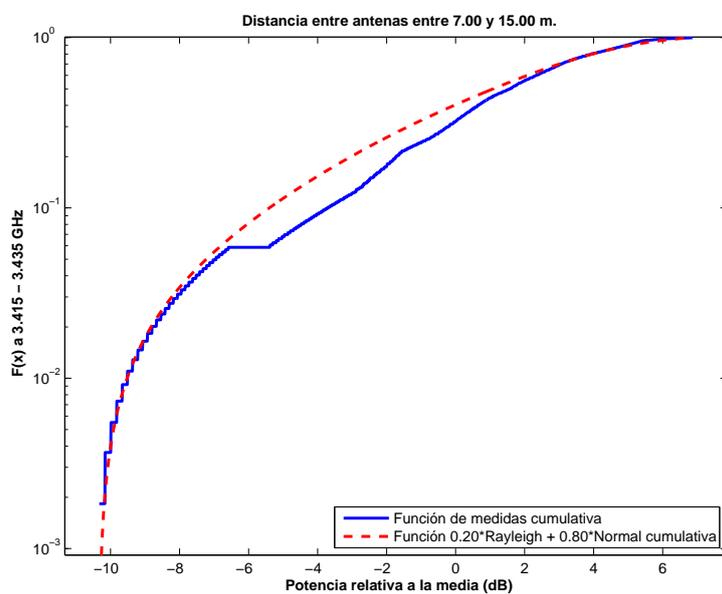


Figura 5.528: CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 7 y 15 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.529 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura los dos tramos se pueden aproximar por una paralela a las pérdidas en espacio libre con una leve variación del exponente de propagación y con un aumento de las mismas de 3 dB aproximadamente debido al polarizador.

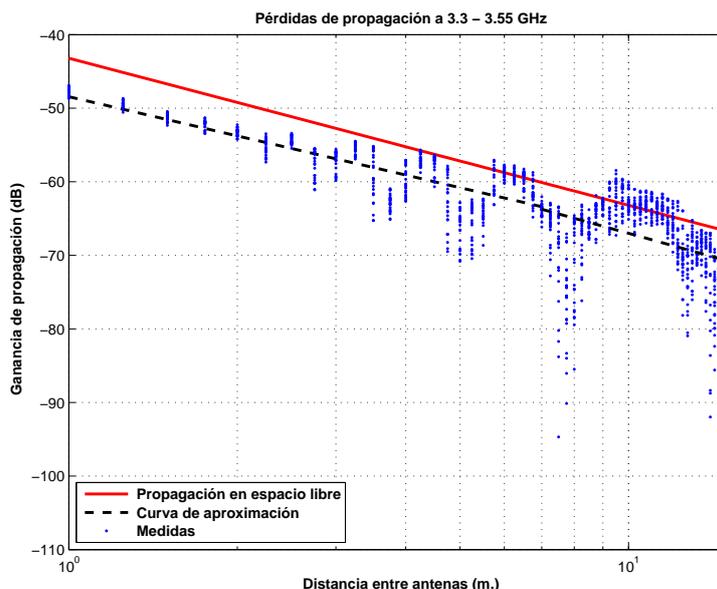


Figura 5.529: Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,44 + 17,69 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 7 \text{ m.} \\ 63,73 + 21,14 * \log_{10}(d/7); & \text{si } d > 7 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.530. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 3$, Figura 5.531.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.532. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 4$, Figura 5.533.

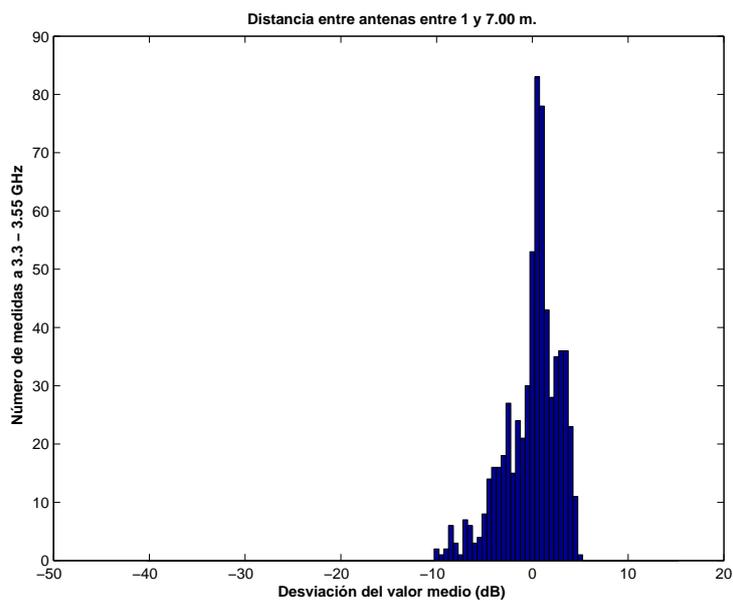


Figura 5.530: Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

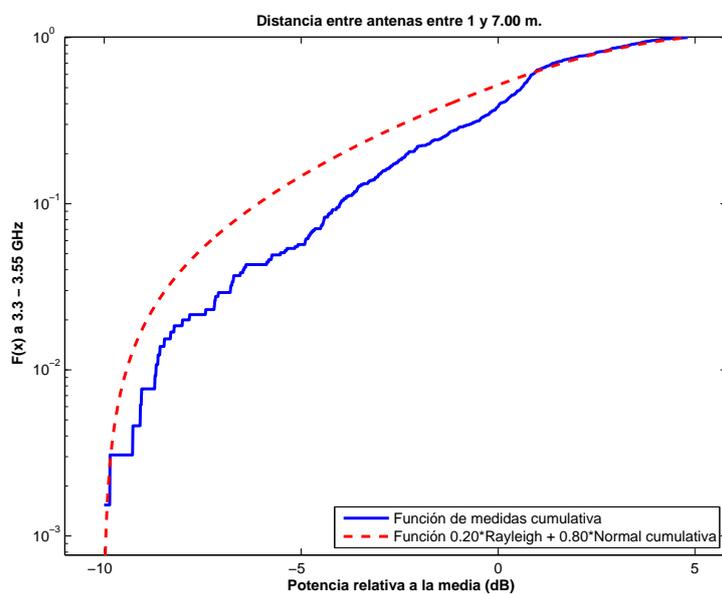


Figura 5.531: CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

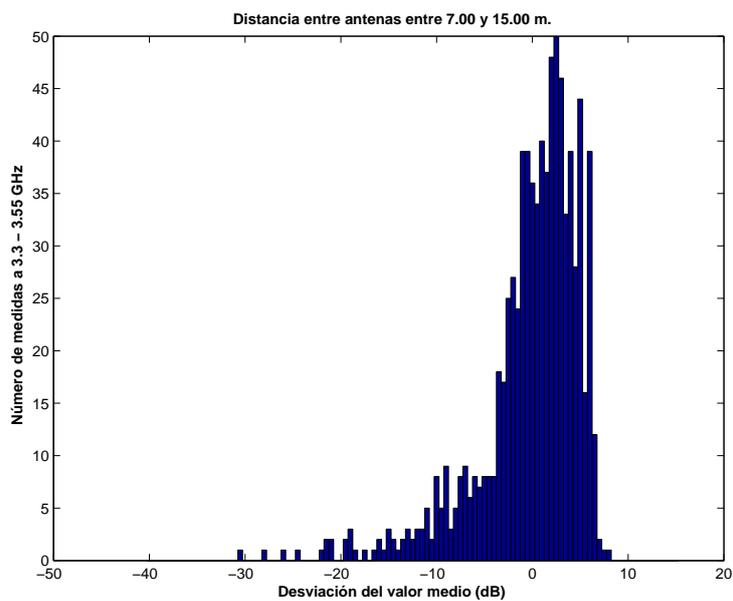


Figura 5.532: Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 15 m. de distancia entre antenas.

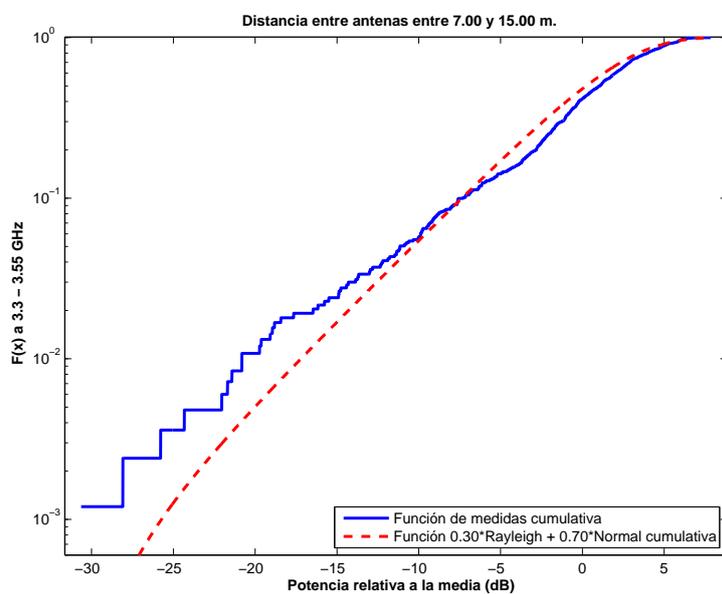


Figura 5.533: CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 7 y 15 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.534 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura los dos tramos se pueden aproximar por una paralela a las pérdidas en espacio libre con una leve variación del exponente de propagación y con un aumento de las mismas de 3 dB aproximadamente debido al polarizador.

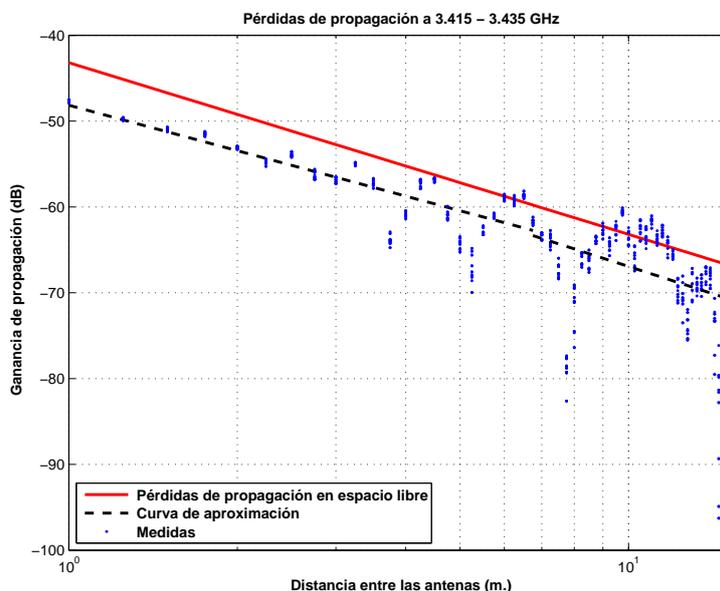


Figura 5.534: Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 48,15 + 17,59 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,75 \text{ m.} \\ 63,34 + 21,07 * \log_{10}(d/6,75); & \text{si } d > 6,75 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.535. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 2$, Figura 5.536.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.537. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 4$, Figura 5.538.

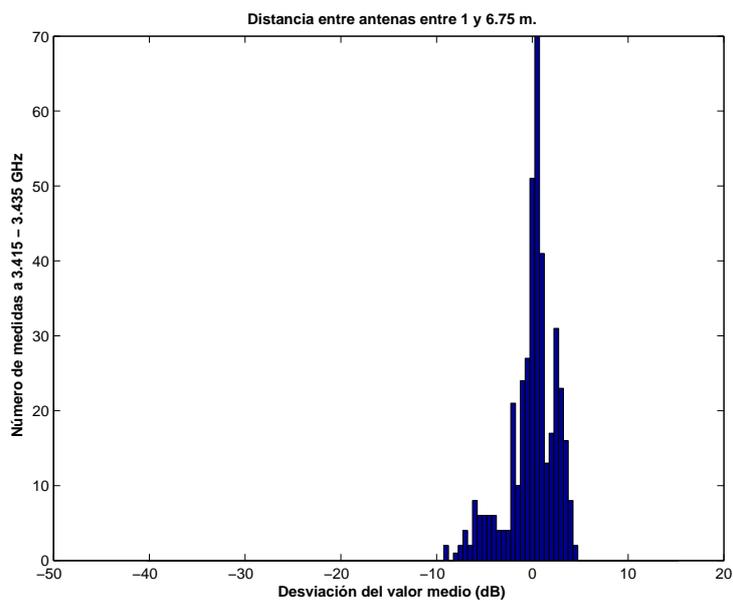


Figura 5.535: Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.

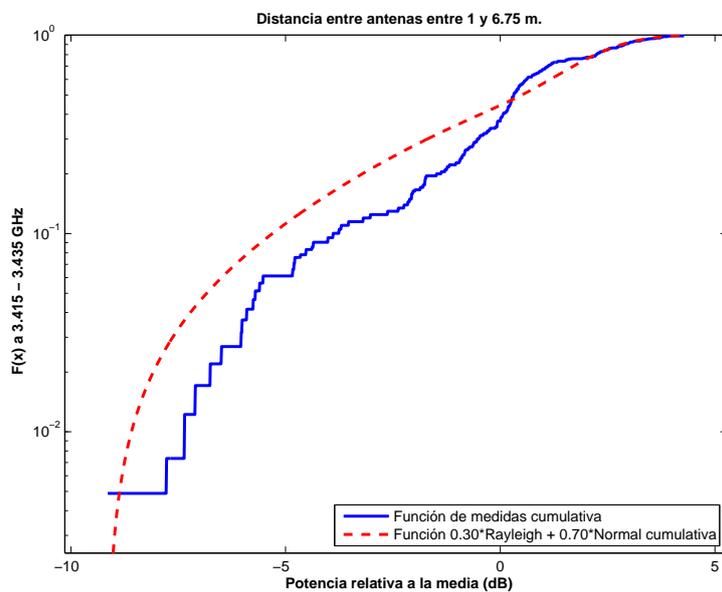


Figura 5.536: CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.75 m. de distancia entre antenas.

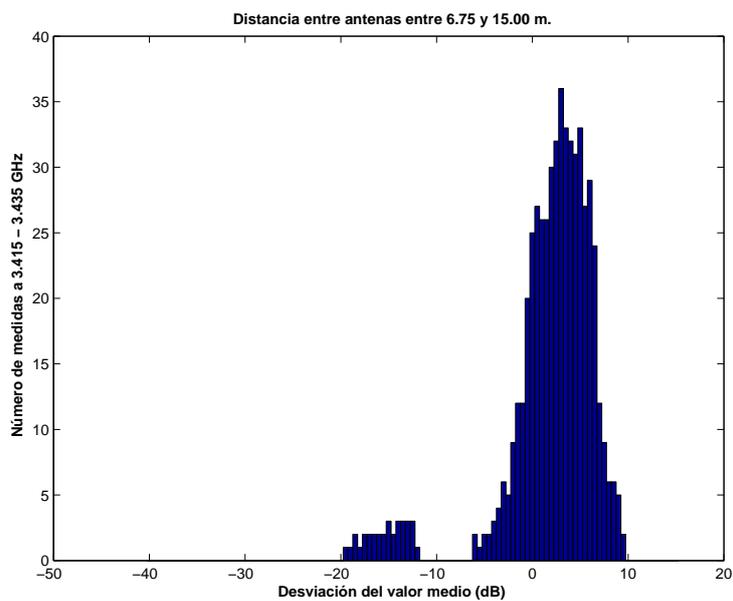


Figura 5.537: Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.75 y 15 m. de distancia entre antenas.

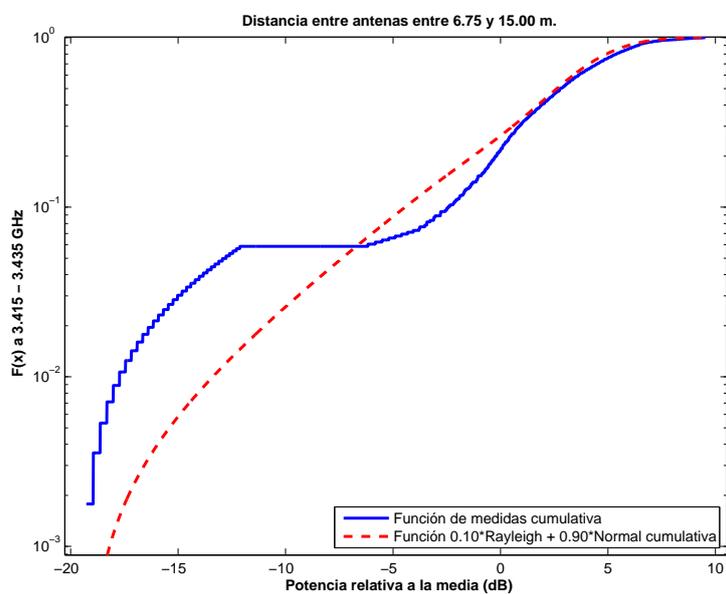


Figura 5.538: CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.75 y 15 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.539 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 15 m., en este caso a 8 m.

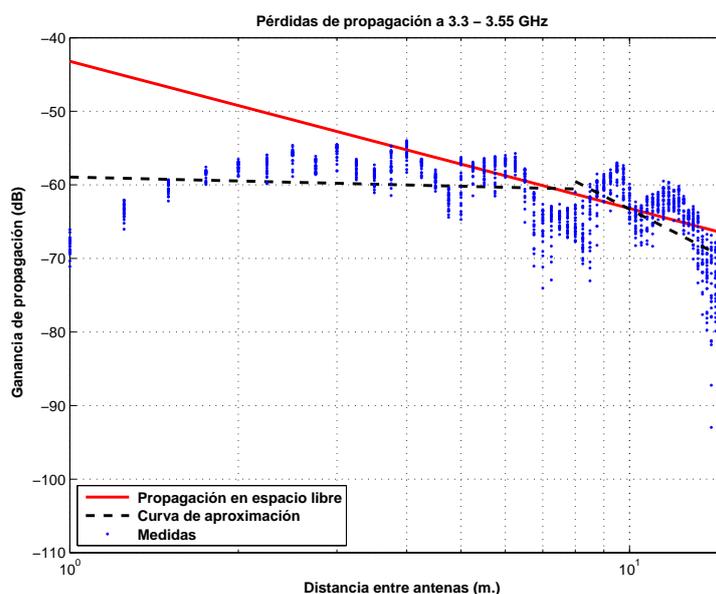


Figura 5.539: Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,93 + 1,80 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 8 \text{ m.} \\ 59,53 + 38,98 * \log_{10}(d/8); & \text{si } d > 8 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.540 y se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.541.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.542 y se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.543.

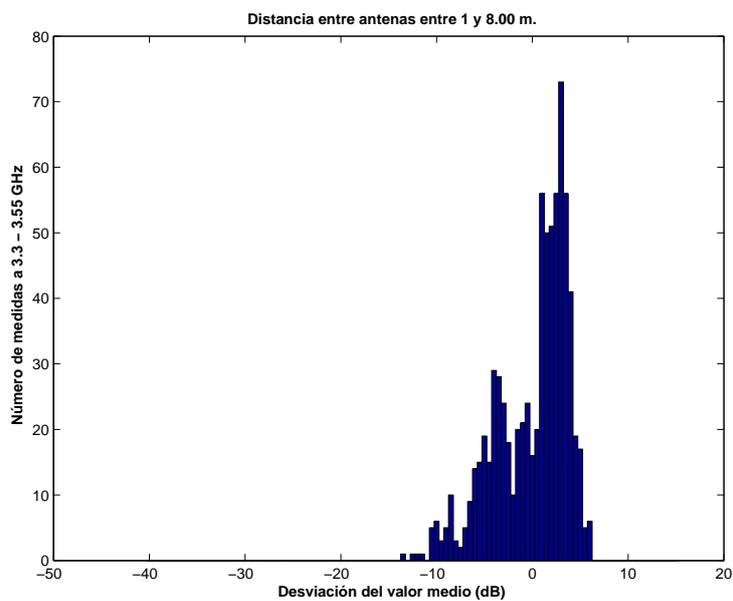


Figura 5.540: Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 8 m. de distancia entre antenas.

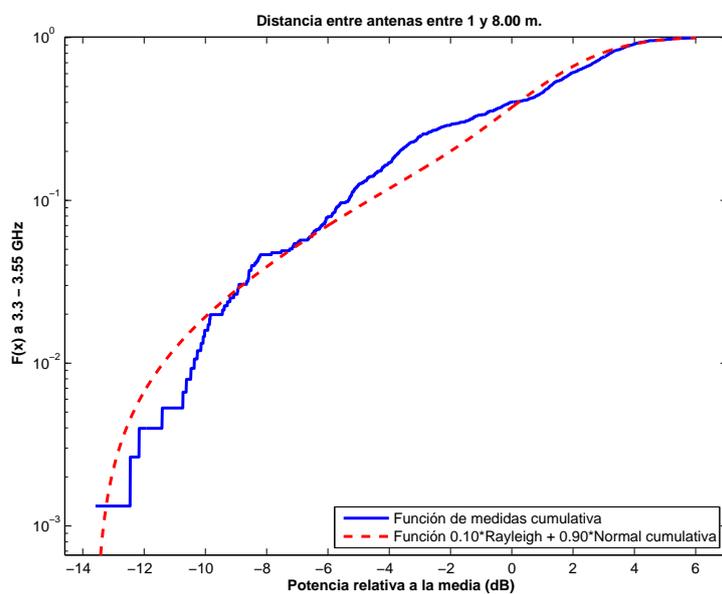


Figura 5.541: CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 8 m. de distancia entre antenas.

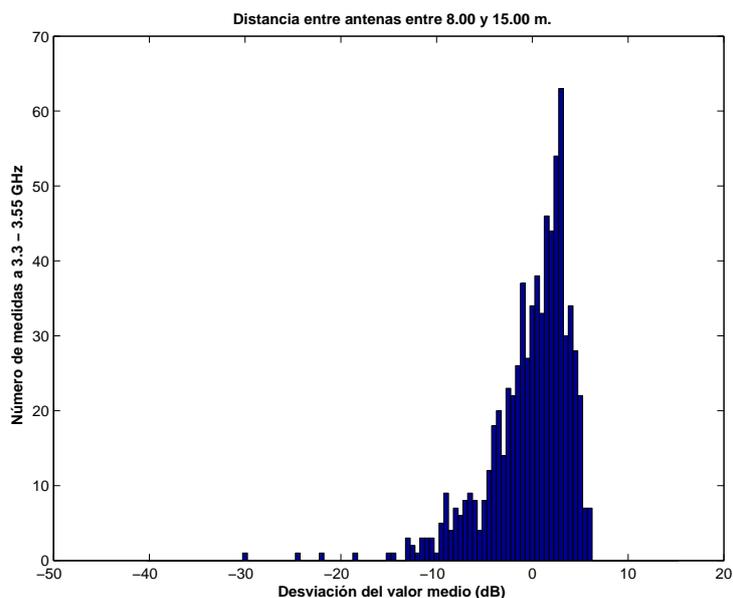


Figura 5.542: Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 8 y 15 m. de distancia entre antenas.

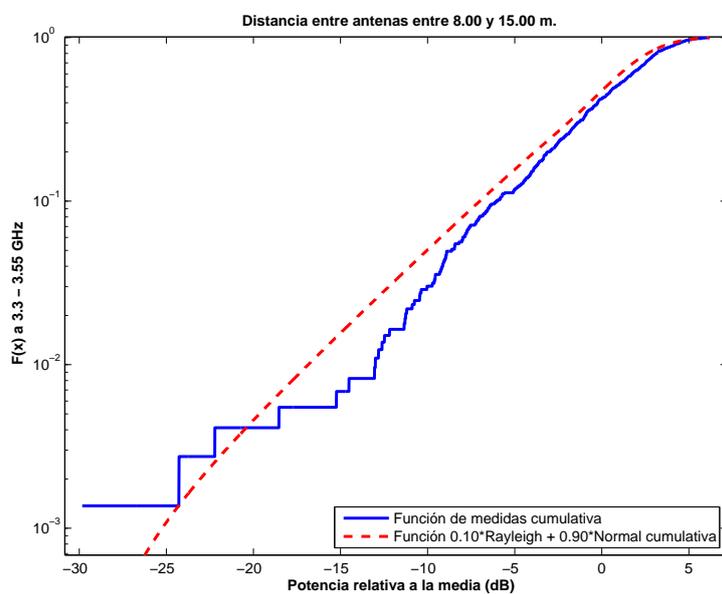


Figura 5.543: CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 8 y 15 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.544 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 15 m., en este caso a 8 m.

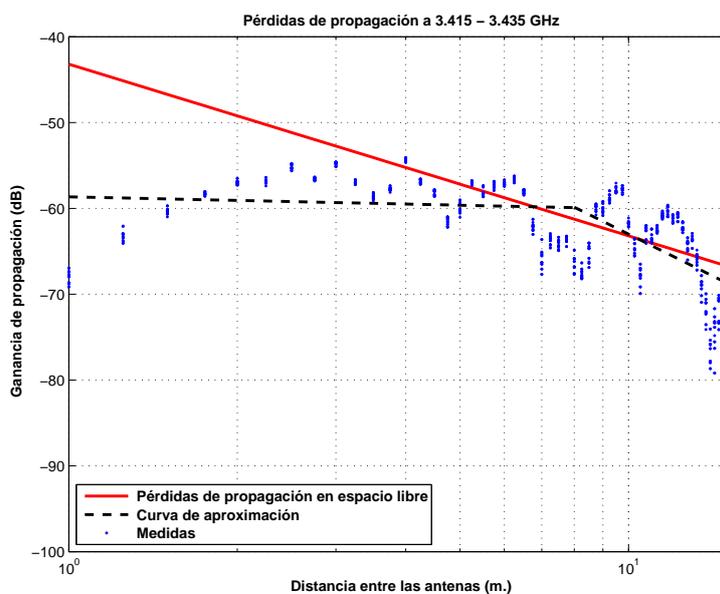


Figura 5.544: Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 58,65 + 1,40 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 8 \text{ m.} \\ 59,86 + 32,41 * \log_{10}(d/8); & \text{si } d > 8 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.545. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 3$, Figura 5.546.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.547. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 4$, Figura 5.548.

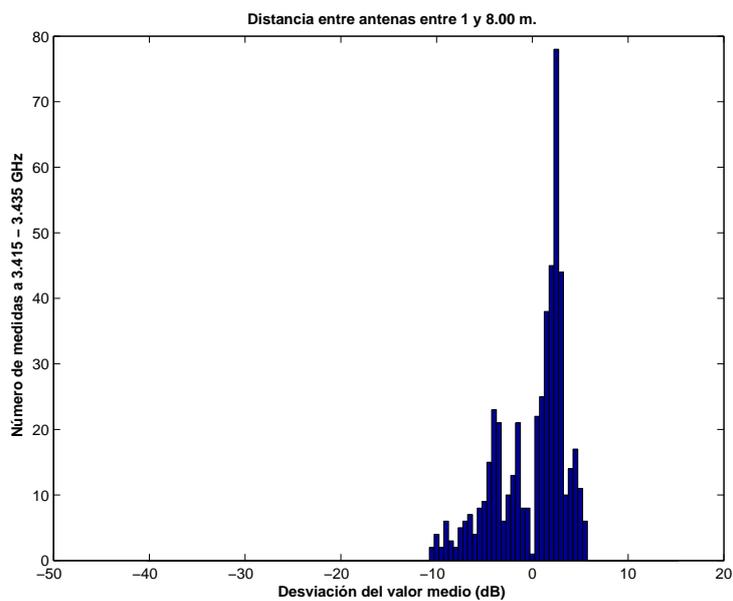


Figura 5.545: Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 8 m. de distancia entre antenas.

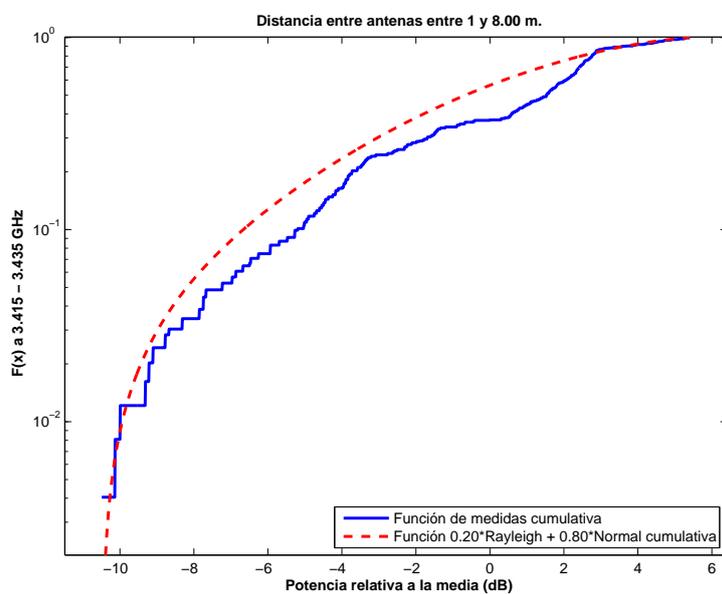


Figura 5.546: CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 8 m. de distancia entre antenas.

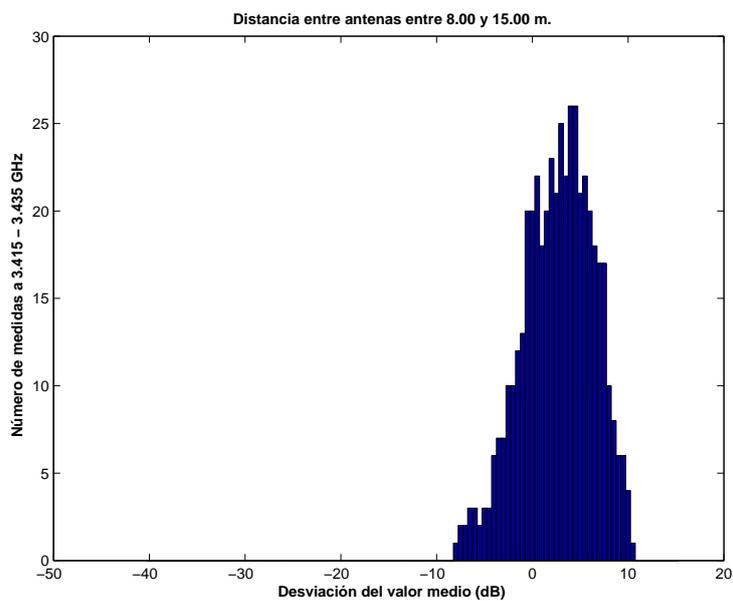


Figura 5.547: Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 8 y 15 m. de distancia entre antenas.

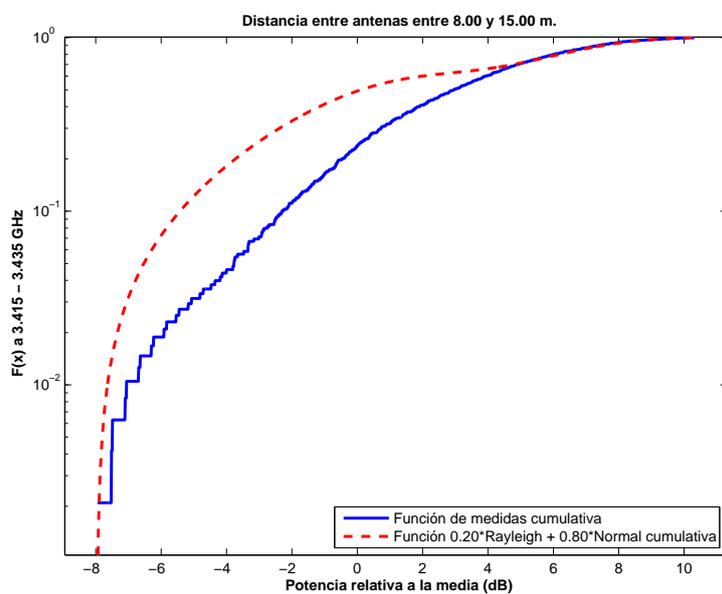


Figura 5.548: CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 8 y 15 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.549 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 15 m., aunque en este caso no se llega a producir ningún mínimo debido a que el exponente de propagación del primer tramo es ligeramente más alto de lo necesario para crear ese mínimo. Caso similar al de la Figura 5.539 incluyendo una pérdida de 3 dB introducidos por el polarizador. Existe un aumento de las pérdidas puntuales entre 7 y 9 m. con respecto a la Figura 5.155 y una reducción de las pérdidas en el máximo de la distancia entre las antenas.

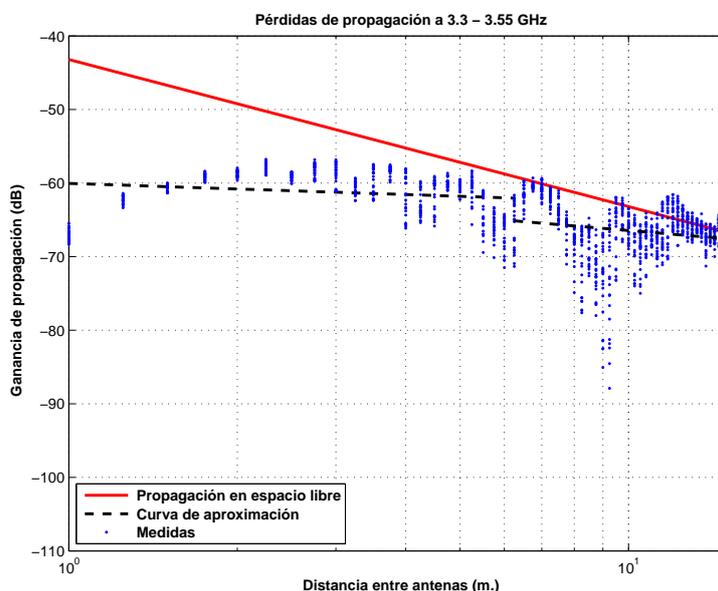


Figura 5.549: Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 60,04 + 2,52 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,25 \text{ m.} \\ 65,14 + 6,42 * \log_{10}(d/6,25); & \text{si } d > 6,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.550 y se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.551.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.552 y se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 4$, Figura 5.553.

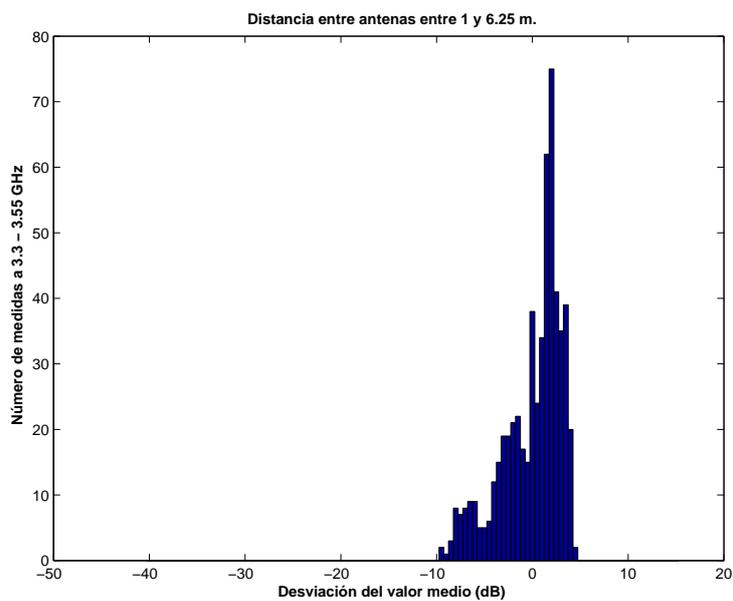


Figura 5.550: Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.25 m de distancia entre antenas.

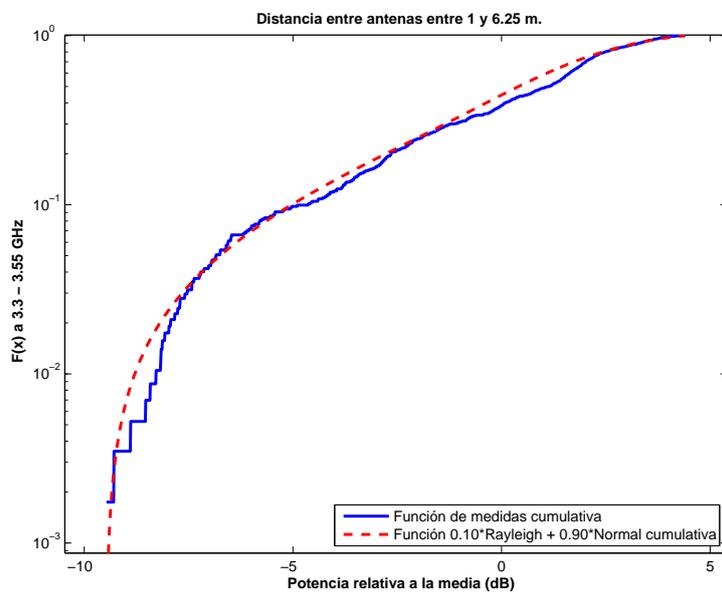


Figura 5.551: CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 6.25 m de distancia entre antenas.

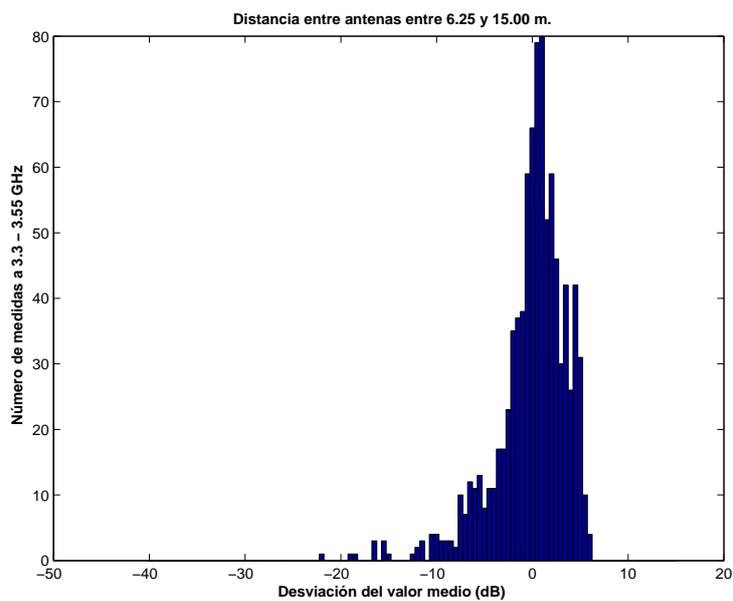


Figura 5.552: Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.25 y 15 m de distancia entre antenas.

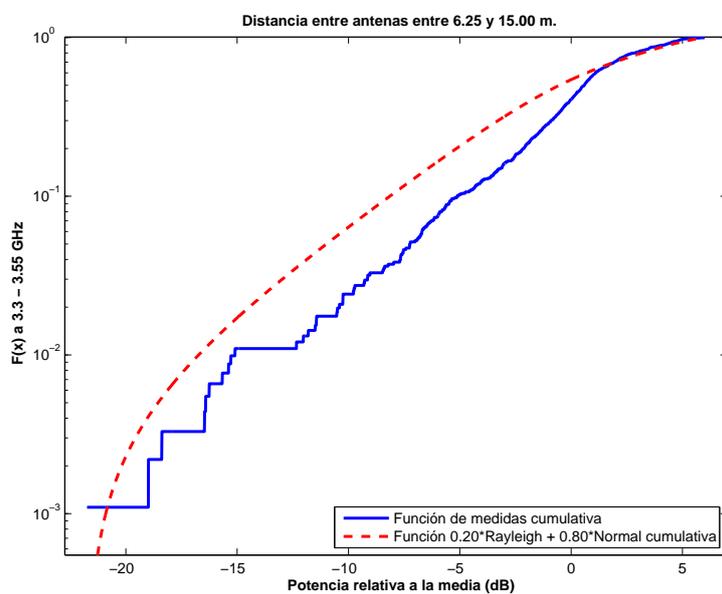


Figura 5.553: CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 6.25 y 15 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.554 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 15 m., aunque en este caso no se llega a producir ningún mínimo debido a que el exponente de propagación del primer tramo es ligeramente más alto de lo necesario para crear ese mínimo. Caso similar al de la Figura 5.544 incluyendo una pérdida de 3 dB introducidos por el polarizador. Existe un aumento de las pérdidas puntuales entre 7 y 9 m. con respecto a la Figura 5.160 y una reducción de las pérdidas en el máximo de la distancia entre las antenas.

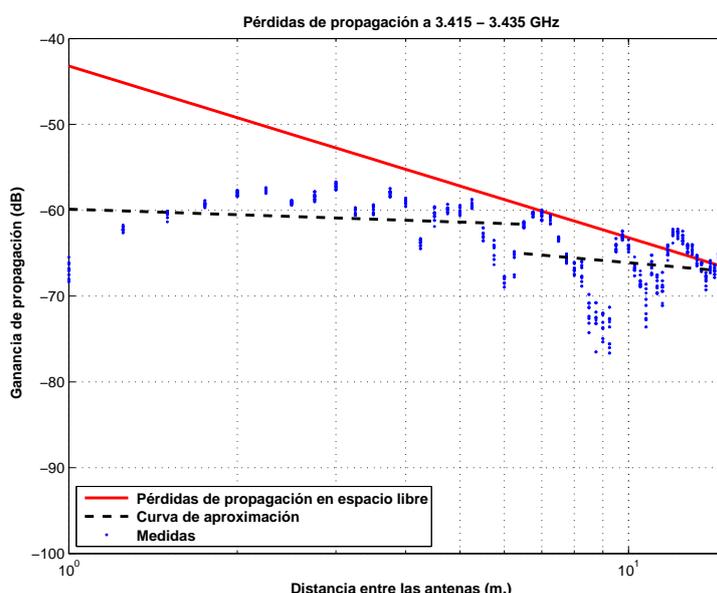


Figura 5.554: Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 59,87 + 2,16 * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 6,5 \text{ m.} \\ 65,04 + 5,72 * \log_{10}(d/6,5); & \text{si } d > 6,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.555. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.556.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.557. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 80 % Rayleigh y 20 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 5$, Figura 5.558.

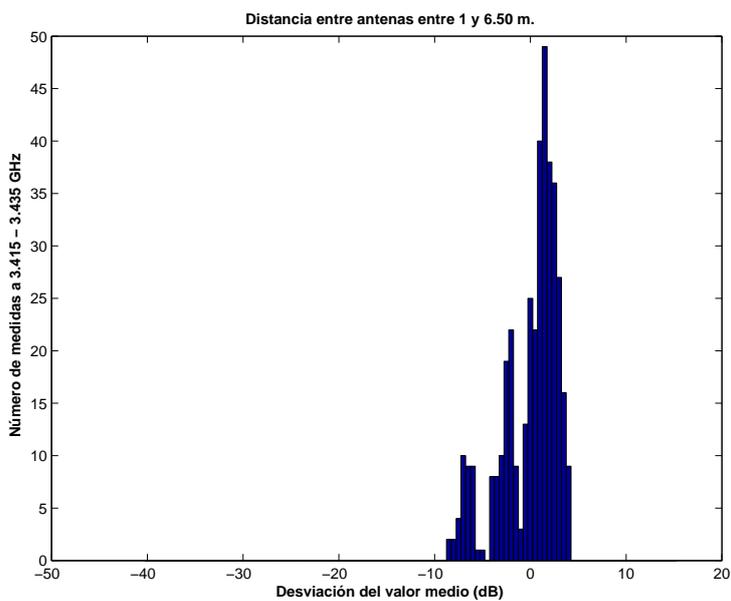


Figura 5.555: Histograma 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m de distancia entre antenas.

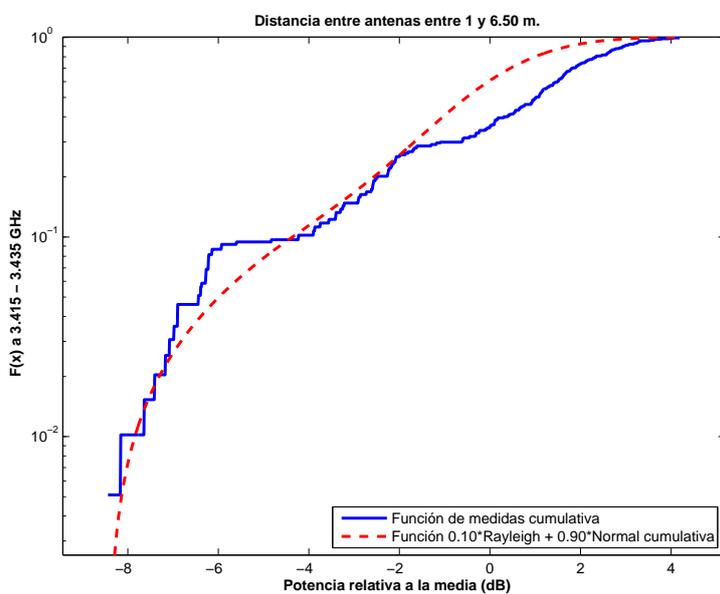


Figura 5.556: CDF 1 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 6.50 m de distancia entre antenas.

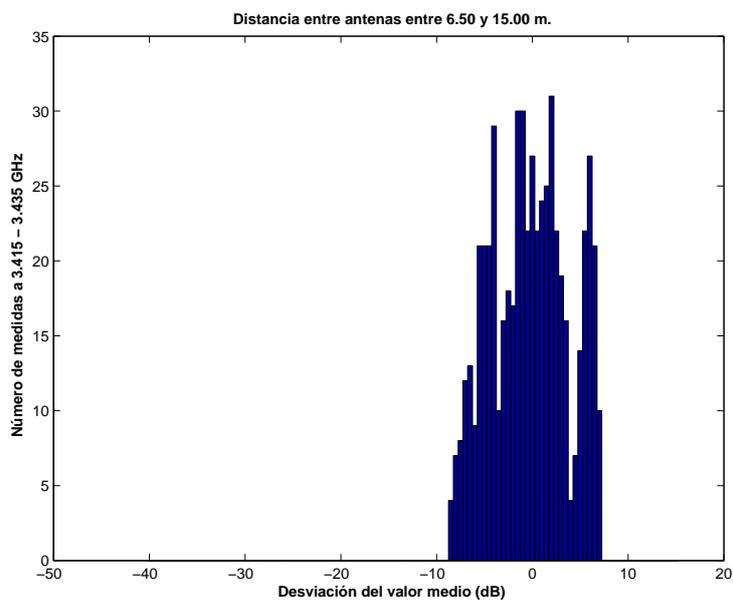


Figura 5.557: Histograma 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 15 m de distancia entre antenas.

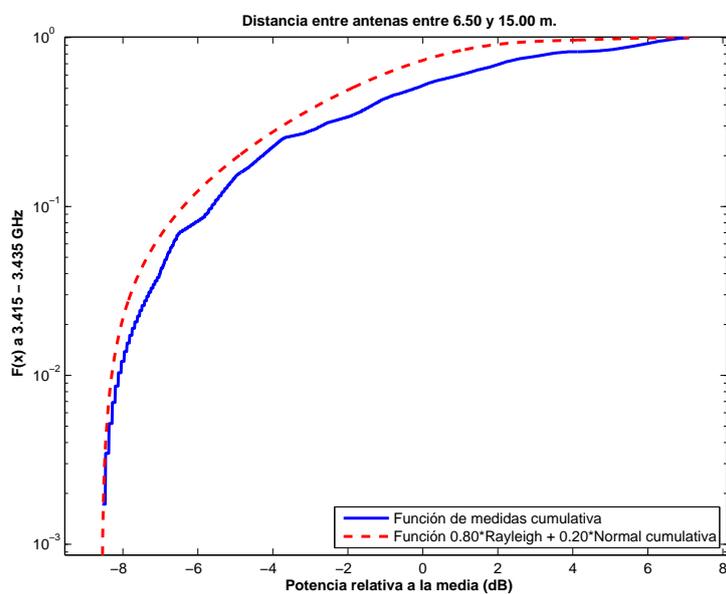


Figura 5.558: CDF 2 del Pasillo con taquillas metálicas a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 6.50 y 15 m de distancia entre antenas.

5.2.2. Pasillo semicerrado con ordenadores a ambos lados

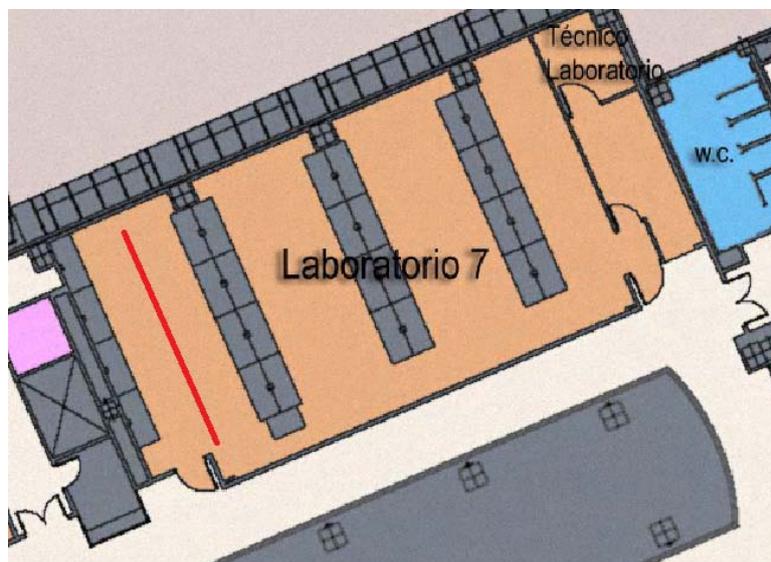


Figura 5.559: Plano del laboratorio 7, edificio A



Figura 5.560: Foto del laboratorio 7, edificio A

Distancia máxima del enlace: 7 m.

Entorno: Laboratorio 7, con ordenadores a los dos lados, de la planta 3^a del edificio A.

Altura de las antenas: La altura de la antena receptora, la del elemento simple, siempre es de 1.40 m., mientras que la altura de la antena transmisora puede ser de 1.40 m. o de 2.50 m. indicado según el caso.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 3.3 a 3.55 GHz y un canal de 20 MHz, de 3.415 a 3.435 GHz

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.561 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por las pérdidas en espacio libre.

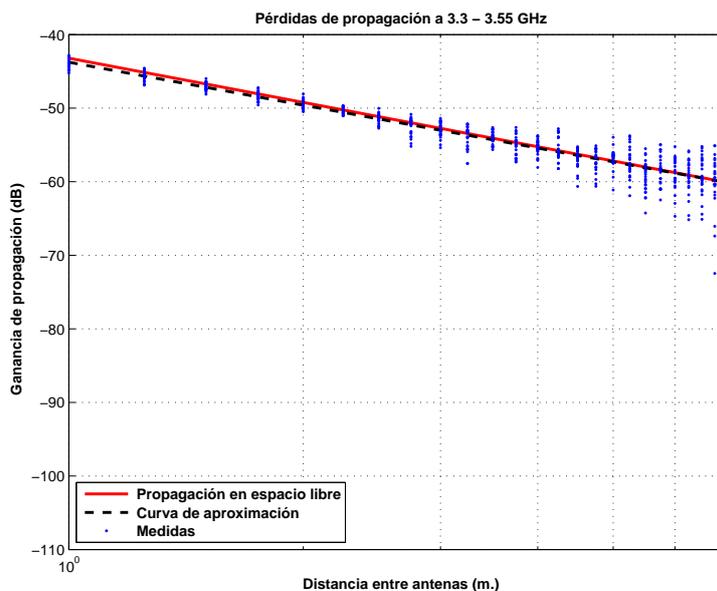


Figura 5.561: Laboratorio 7, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 43,76 + 19,37 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.562. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.563.

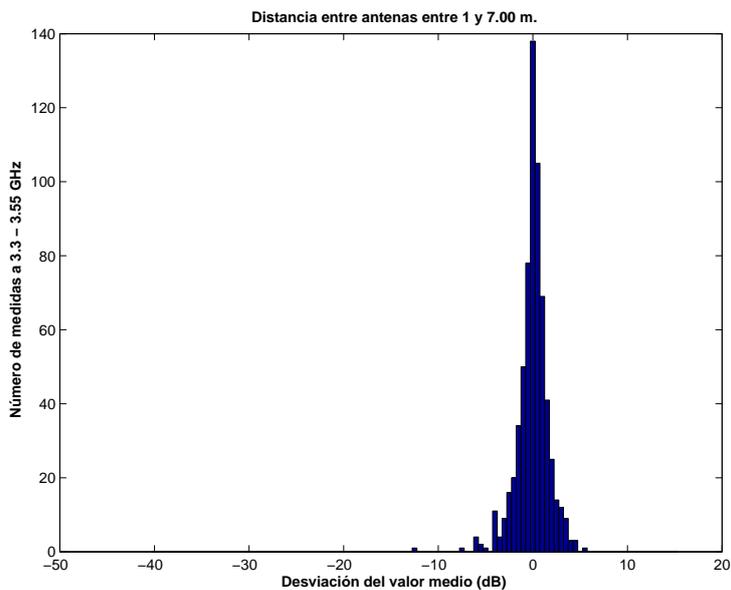


Figura 5.562: Histograma 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m de distancia entre antenas.

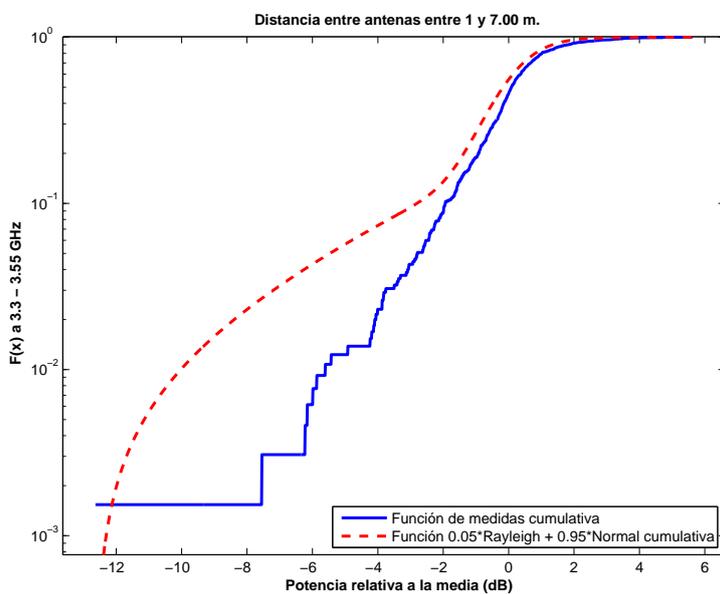


Figura 5.563: CDF 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.564 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por las pérdidas en espacio libre.

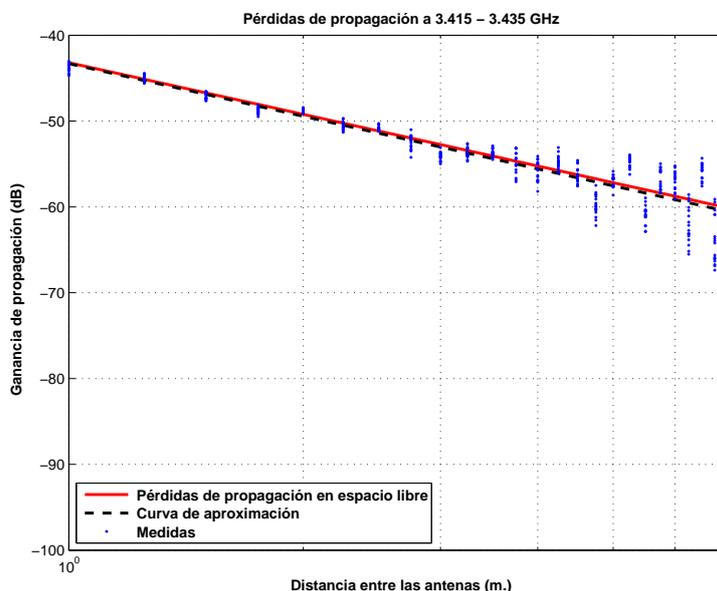


Figura 5.564: Laboratorio 7, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 43,31 + 20,36 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.565. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 50 % Rayleigh y 50 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.566.

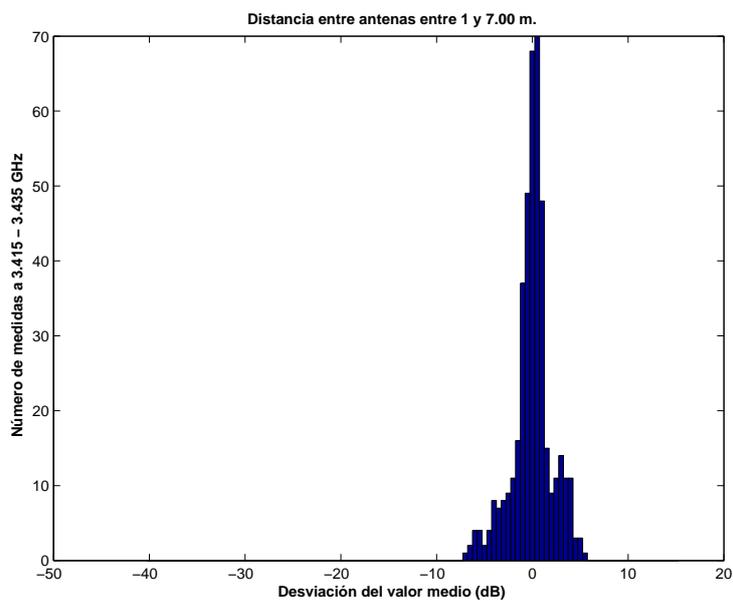


Figura 5.565: Histograma 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m de distancia entre antenas.

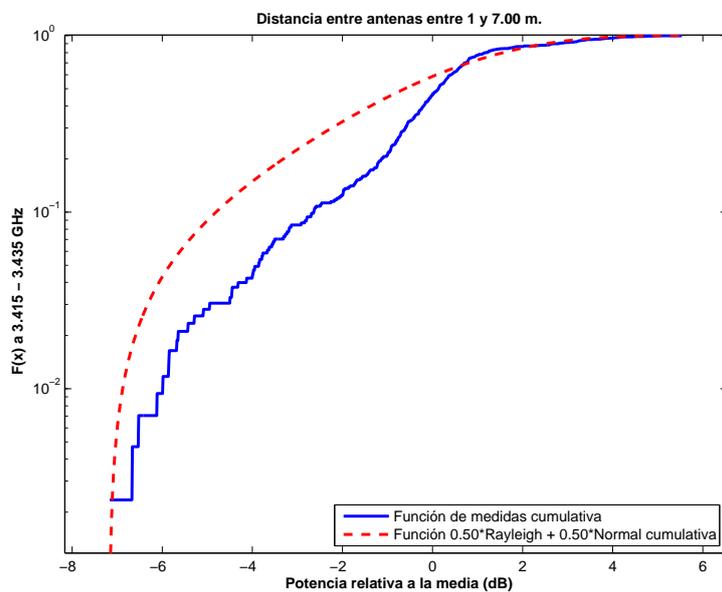


Figura 5.566: CDF 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.567 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por una paralela a las pérdidas en espacio libre, con algo más de 3 dB de pérdidas, introducidas por el polarizador.

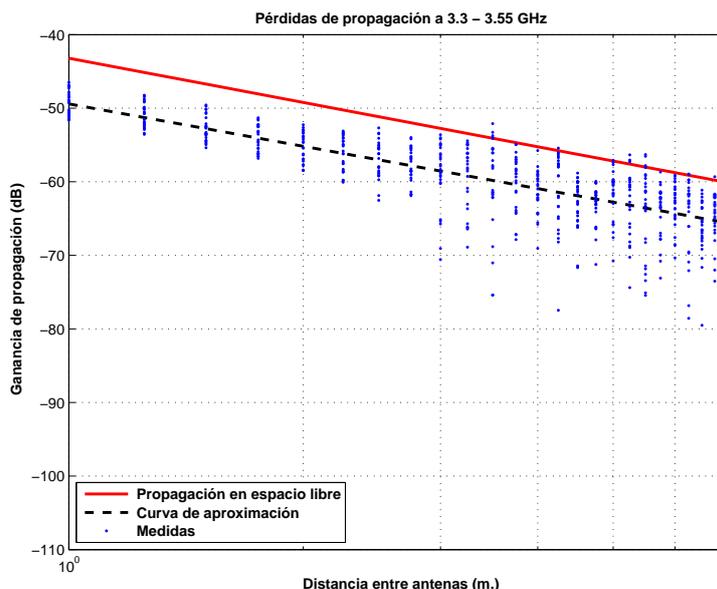


Figura 5.567: Laboratorio 7, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 49,41 + 19,12 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.568. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 60 % Rayleigh y 40 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 2$, Figura 5.569.

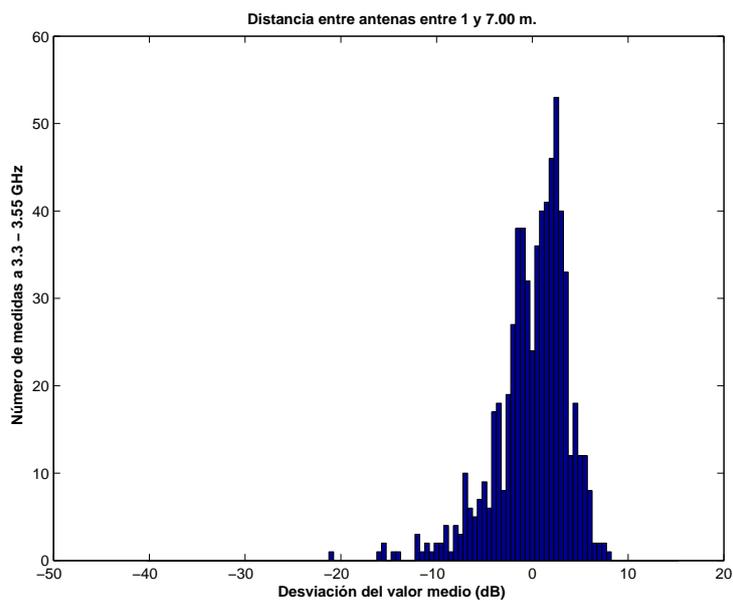


Figura 5.568: Histograma 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

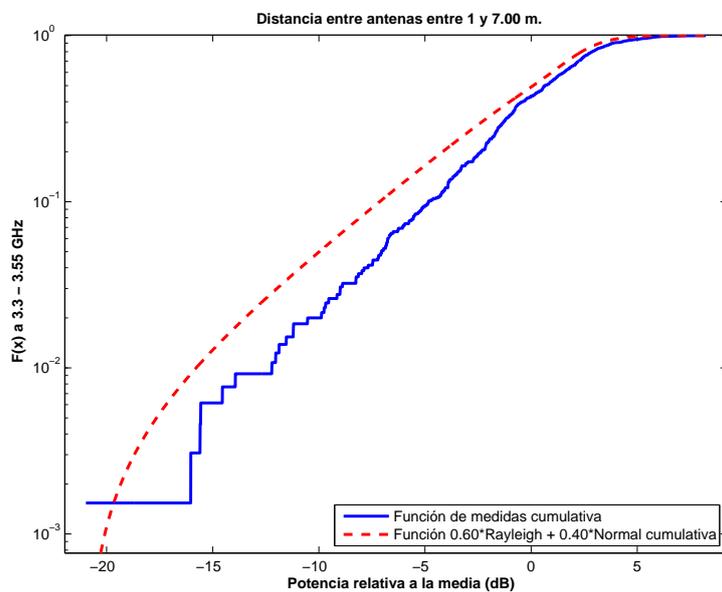


Figura 5.569: CDF 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.570 representa las pérdidas de propagación en toda un canal de frecuencia, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por una paralela a las pérdidas en espacio libre, más 3 dB de pérdidas, introducidas por el polarizador.

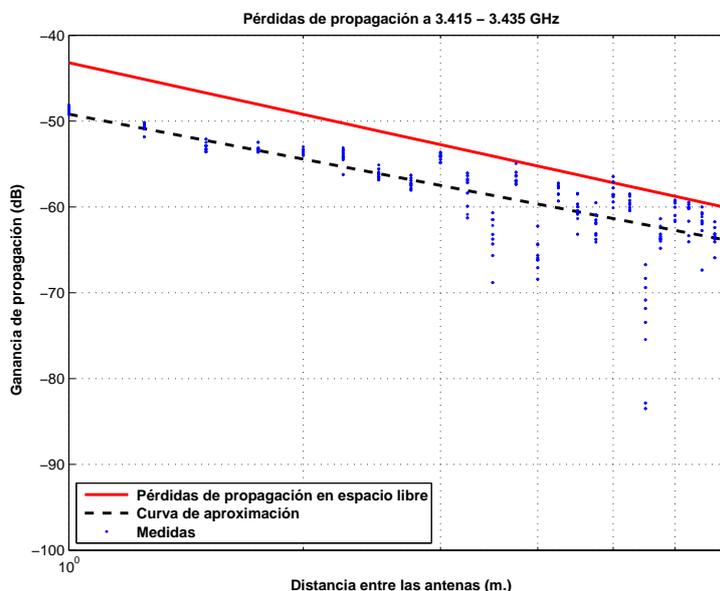


Figura 5.570: Laboratorio 7, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 49,20 + 17,39 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.571. Esta aproximación se puede ajustar con una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 2$, Figura 5.572.

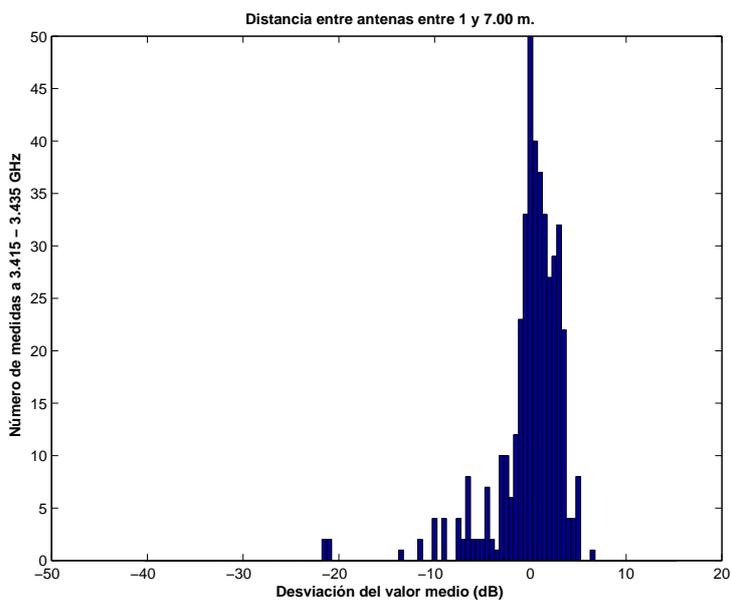


Figura 5.571: Histograma 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m.

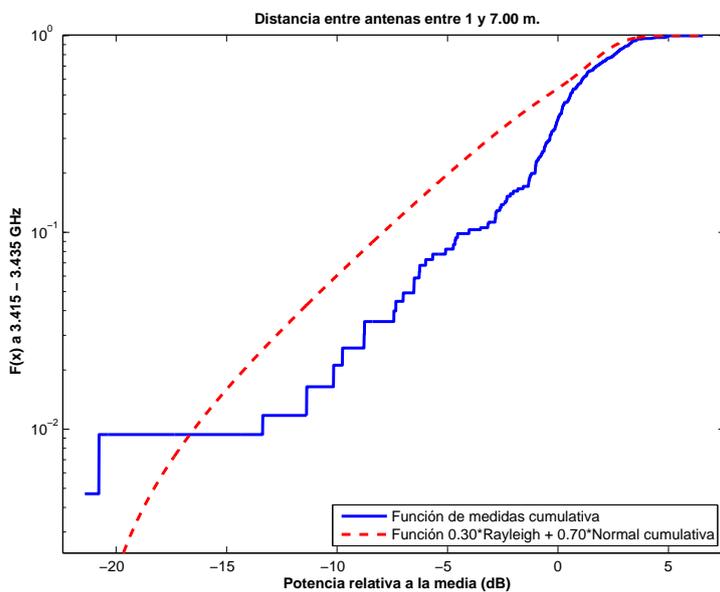


Figura 5.572: CDF 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.573 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 7 m., en este caso a 3 m.

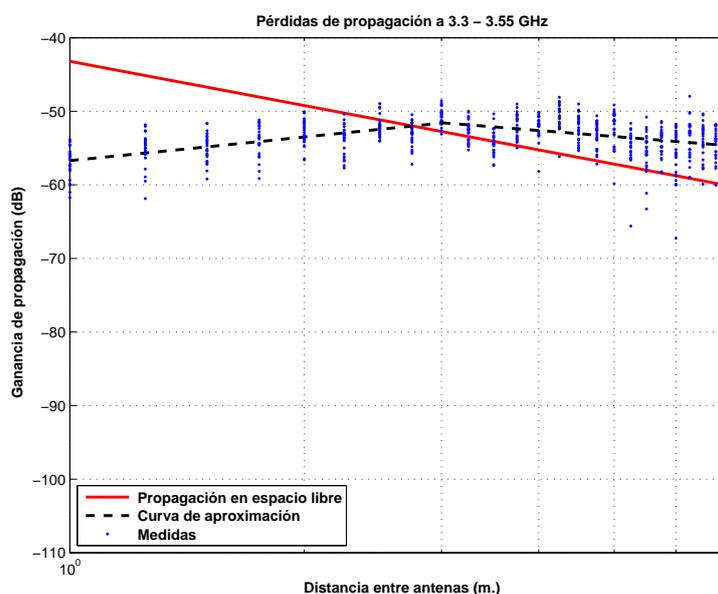


Figura 5.573: Laboratorio 7, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 56,71 + (-10,70) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 3 \text{ m.} \\ 51,55 + 8,44 * \log_{10}(d/3); & \text{si } d > 3 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.574. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 1$, Figura 5.575.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.576. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 25 % Rayleigh y 75 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 1$, Figura 5.577.

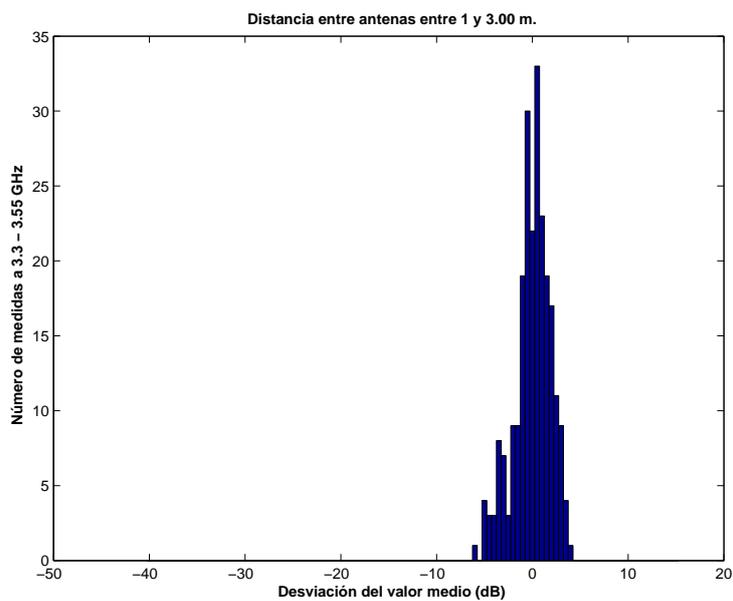


Figura 5.574: Histograma 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

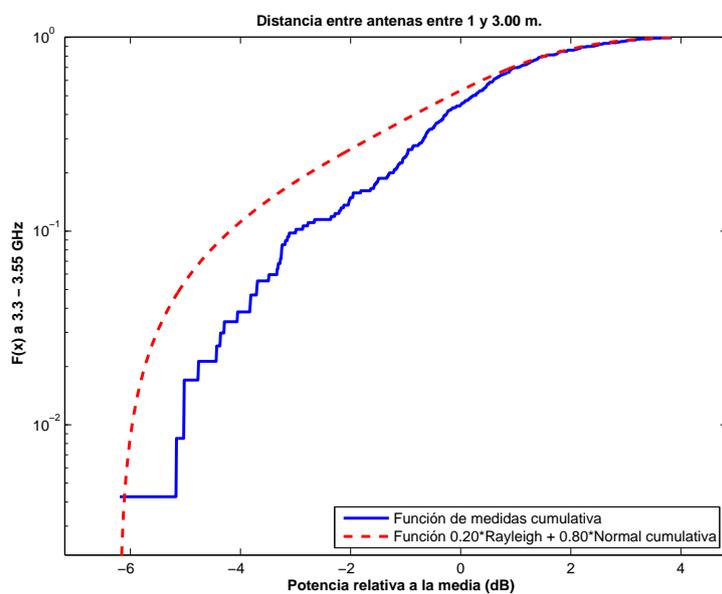


Figura 5.575: CDF 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

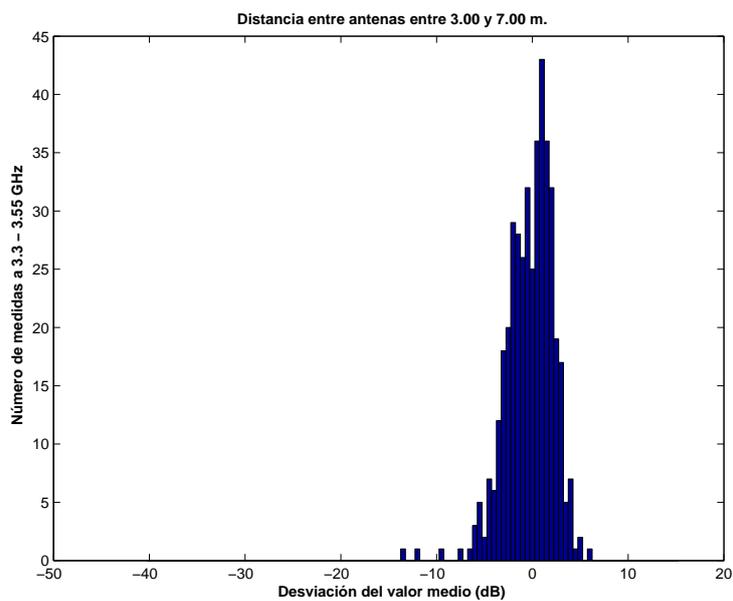


Figura 5.576: Histograma 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.

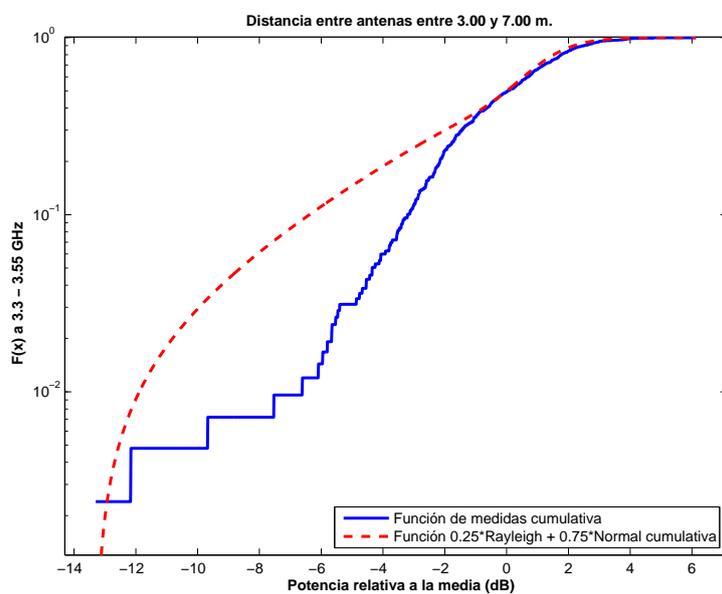


Figura 5.577: CDF 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.578 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 7 m., en este caso a 3 m.

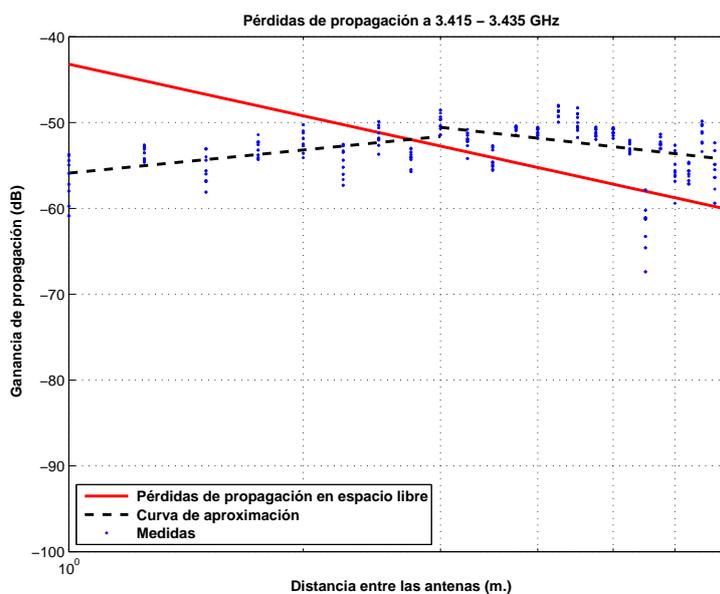


Figura 5.578: Laboratorio 7, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 55,89 + (-8,97) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 3 \text{ m.} \\ 50,55 + 10,21 * \log_{10}(d/3); & \text{si } d > 3 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.579. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 15 % Rayleigh y 85 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 1$, Figura 5.580.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.581. Dicha desviación se puede ajusta con una distribución Rayleigh, Figura 5.582.

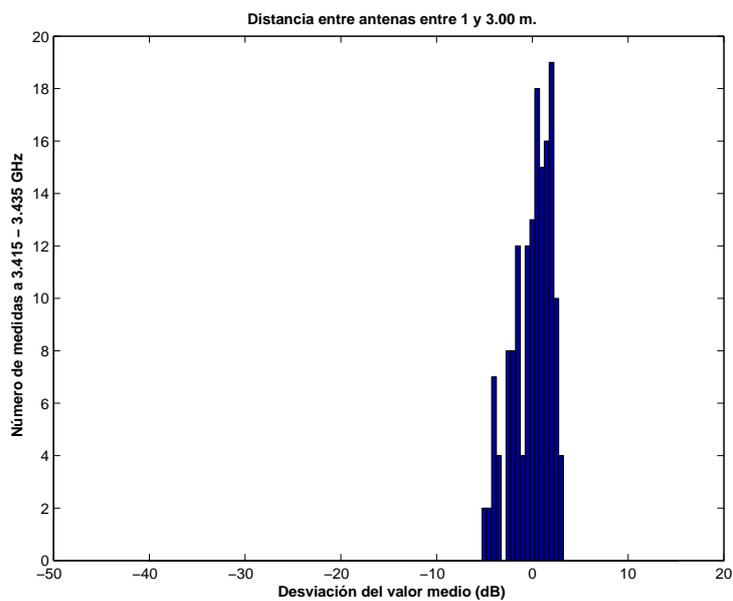


Figura 5.579: Histograma 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

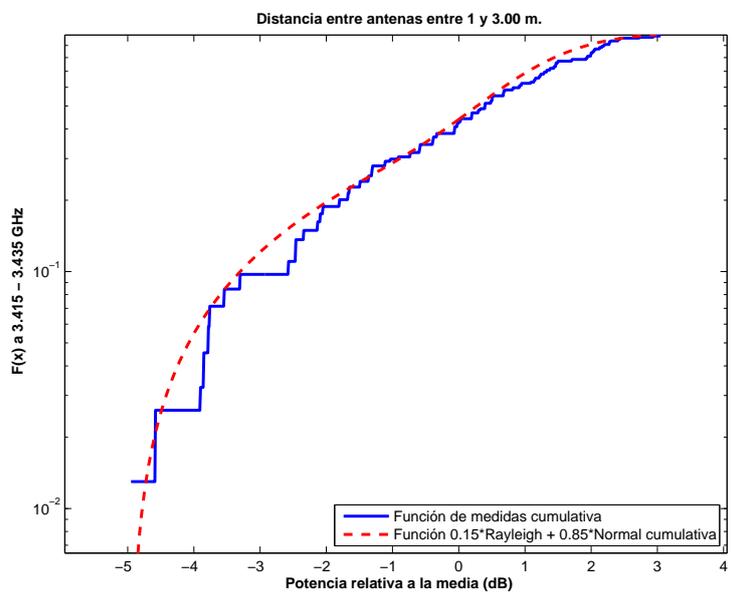


Figura 5.580: CDF 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

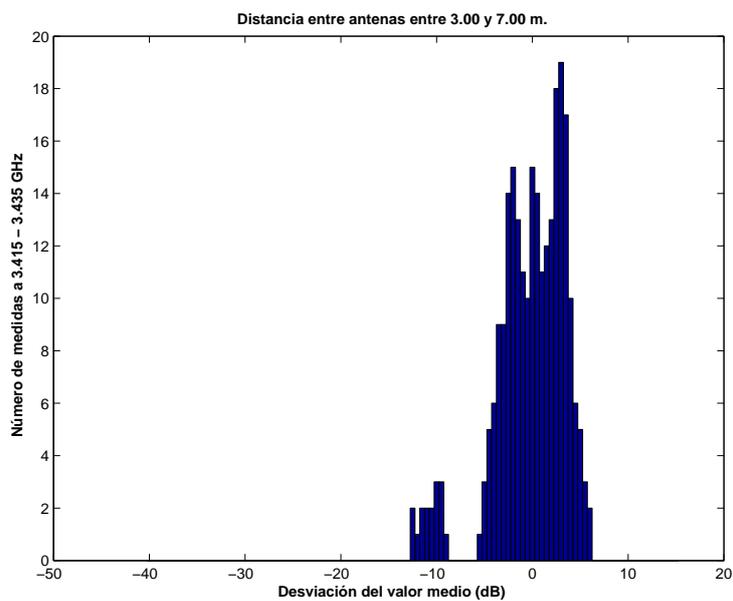


Figura 5.581: Histograma 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.

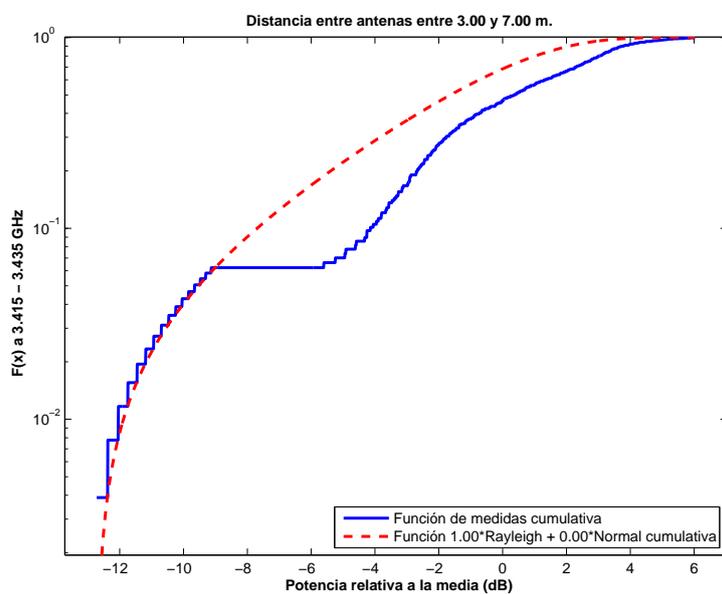


Figura 5.582: CDF 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.583 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 7 m., en este caso a 3 m. Este caso es una paralela a la Figura 5.573 con una pérdida adicional de 3 dB aproximadamente debido a que tiene implícitas unas pérdidas introducidas por el polarizador.

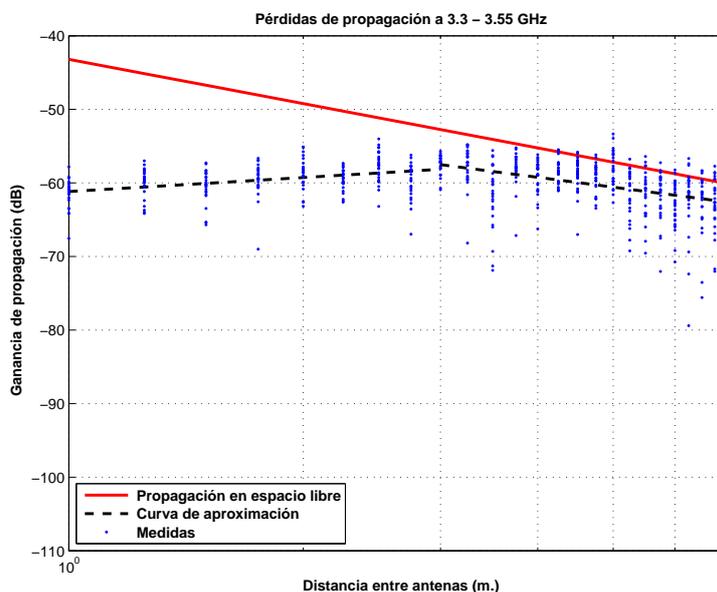


Figura 5.583: Laboratorio 7, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 61,17 + (-6,34) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 3 \text{ m.} \\ 57,51 + 13,81 * \log_{10}(d/3); & \text{si } d > 3 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.584. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 1$, Figura 5.585.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.586. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 1$, Figura 5.587.

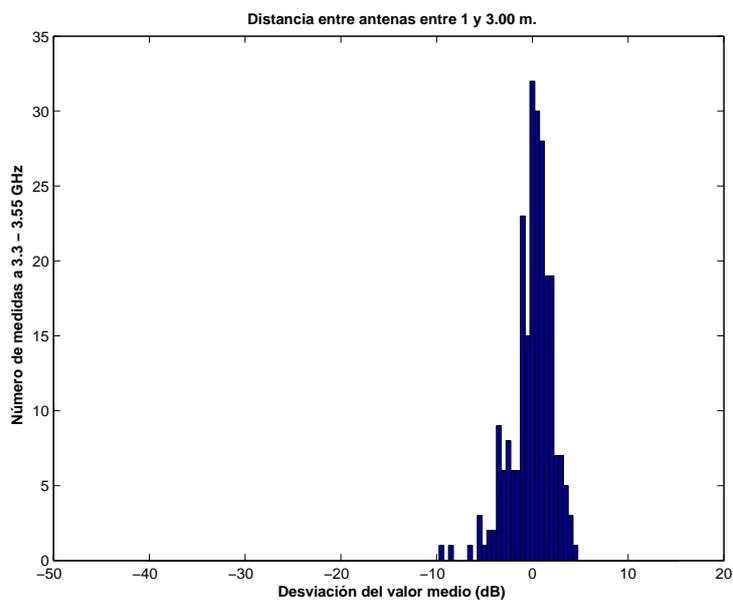


Figura 5.584: Histograma 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

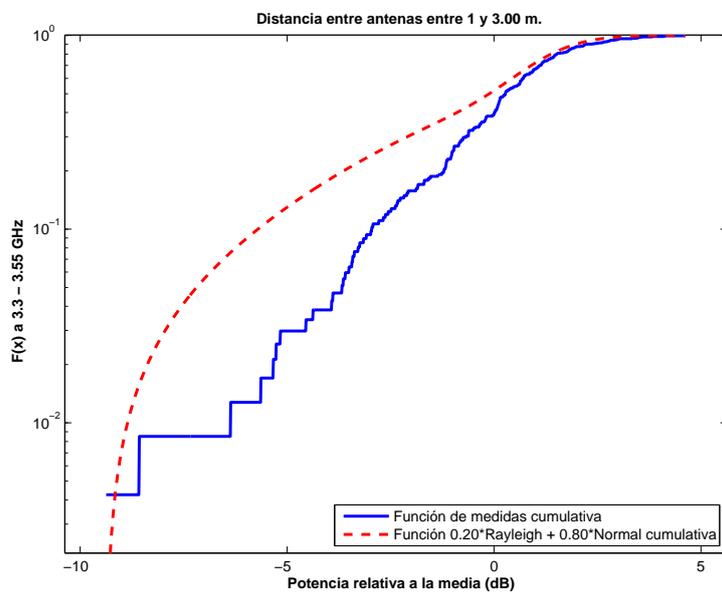


Figura 5.585: CDF 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

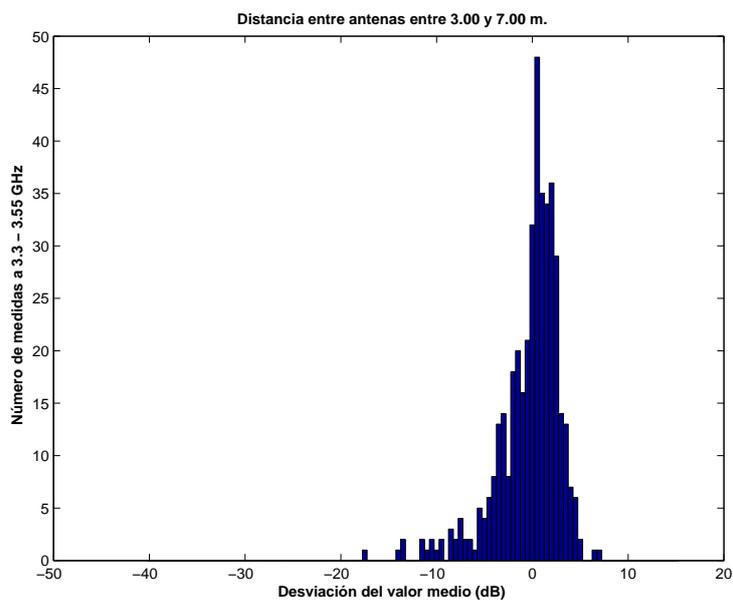


Figura 5.586: Histograma 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.

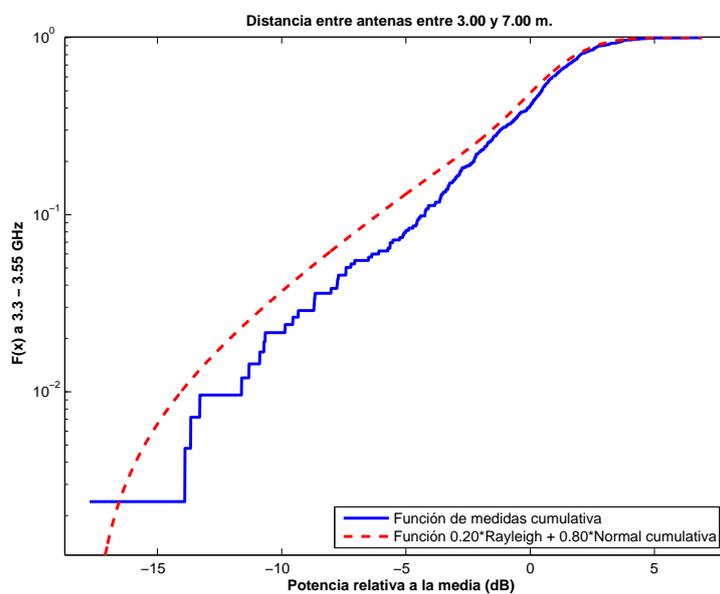


Figura 5.587: CDF 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.588 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 7 m., en este caso a 3 m. Este caso es una paralela a la Figura 5.578 con una pérdida adicional de 3 dB aproximadamente debido a que tiene implícitas unas pérdidas introducidas por el polarizador.

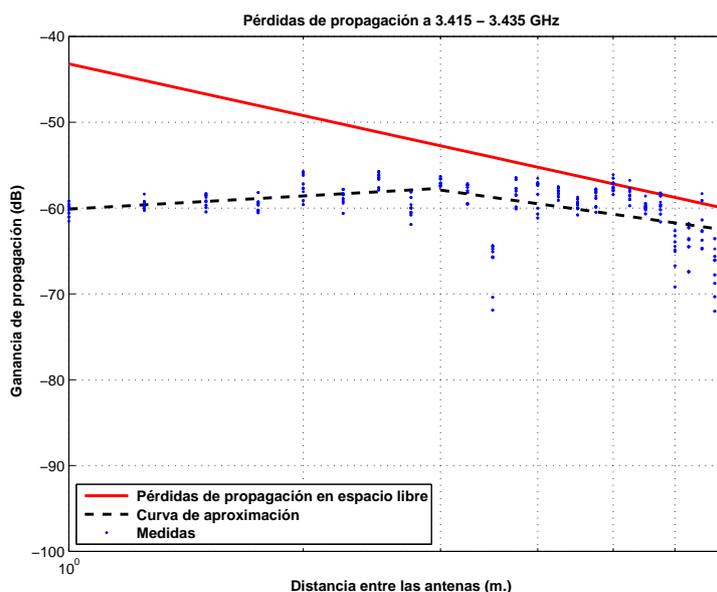


Figura 5.588: Laboratorio 7, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 60,12 + (-5,07) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 3 \text{ m.} \\ 57,91 + 12,67 * \log_{10}(d/3); & \text{si } d > 3 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.589. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.590.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.591. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una distribución Rayleigh, Figura 5.592.

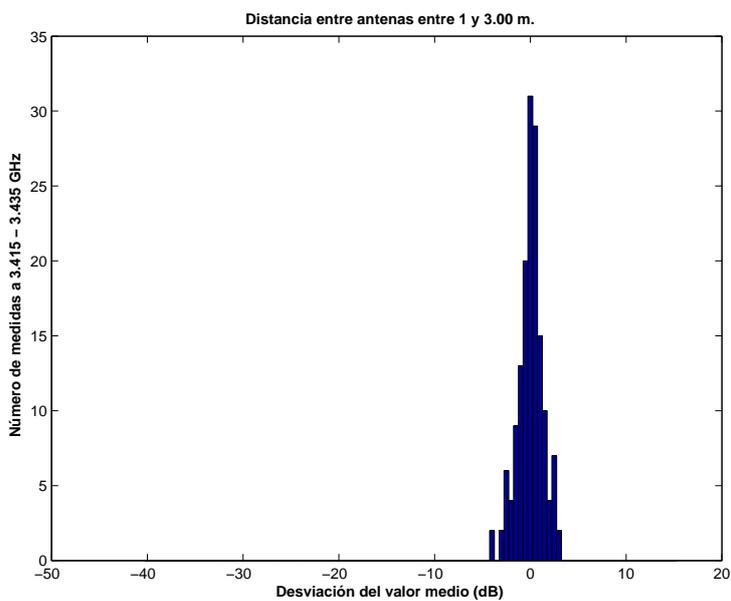


Figura 5.589: Histograma 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

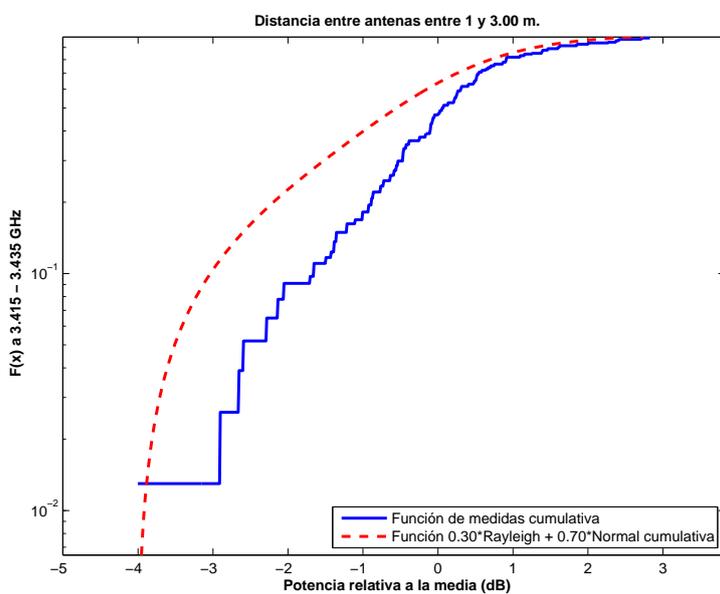


Figura 5.590: CDF 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

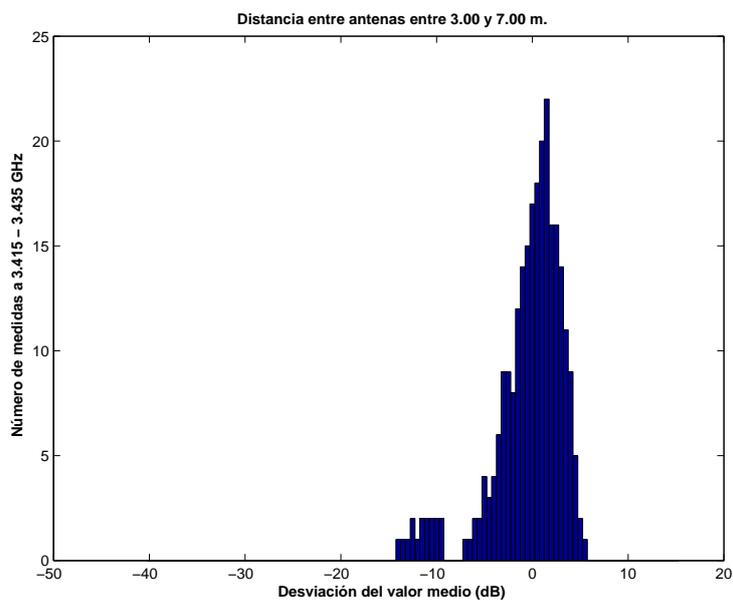


Figura 5.591: Histograma 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.

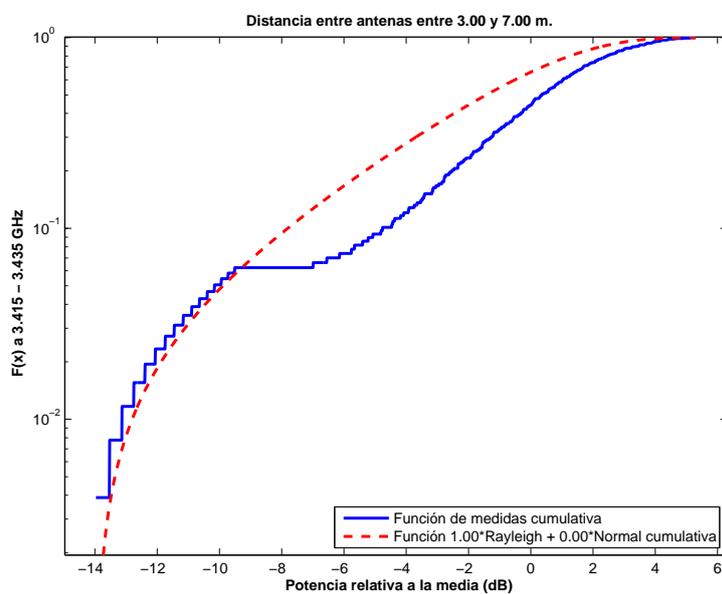


Figura 5.592: CDF 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.593 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por las pérdidas en espacio libre.

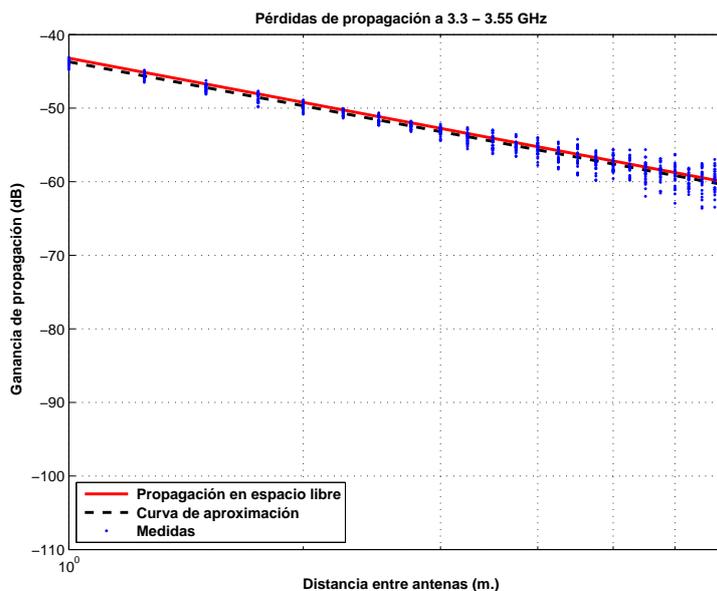


Figura 5.593: Laboratorio 7, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 43,70 + 19,88 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.594. Dicha desviación se puede ajustar a una distribución Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.595.

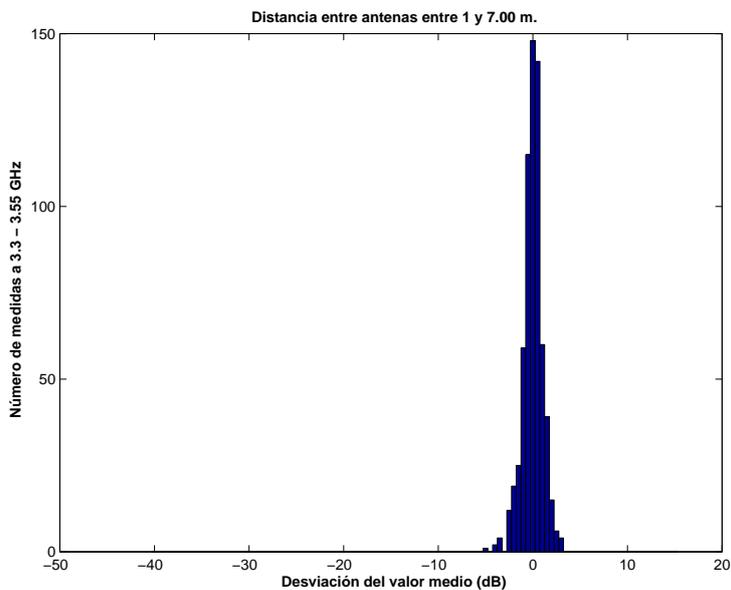


Figura 5.594: Histograma 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

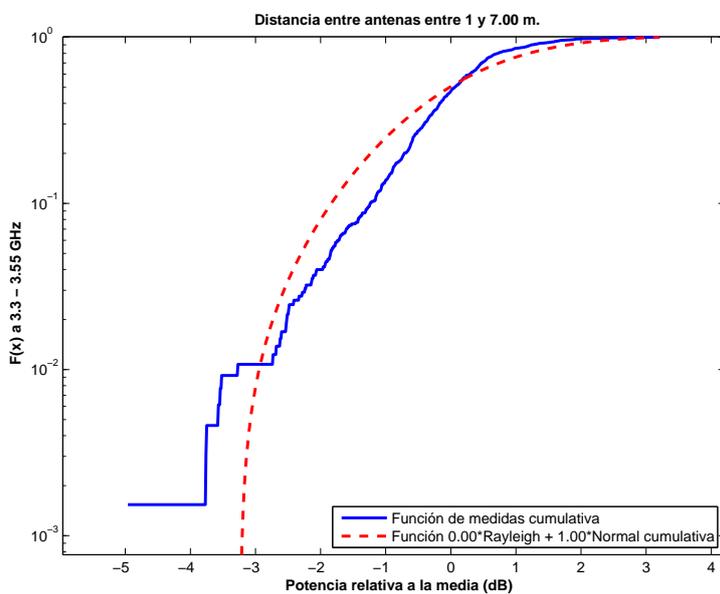


Figura 5.595: CDF 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.596 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por las pérdidas en espacio libre.

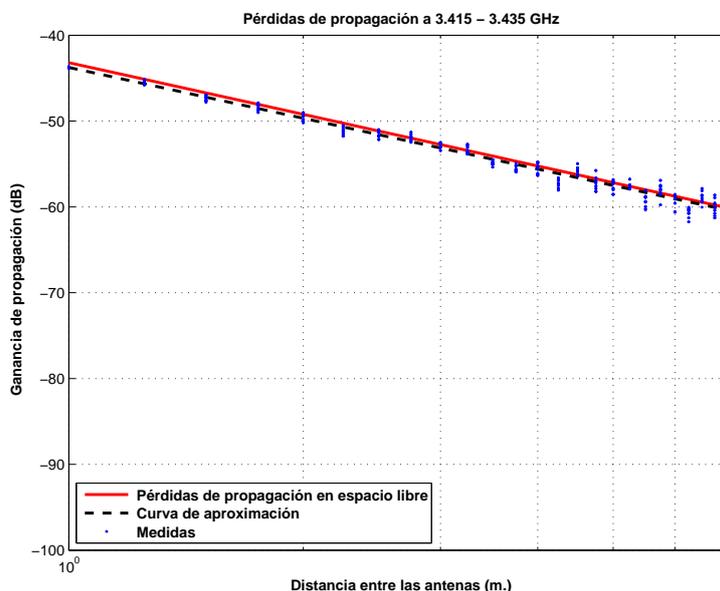


Figura 5.596: Laboratorio 7, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 43,76 + 19,67 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.597. Esta aproximación se puede ajustar con una distribución Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.598.

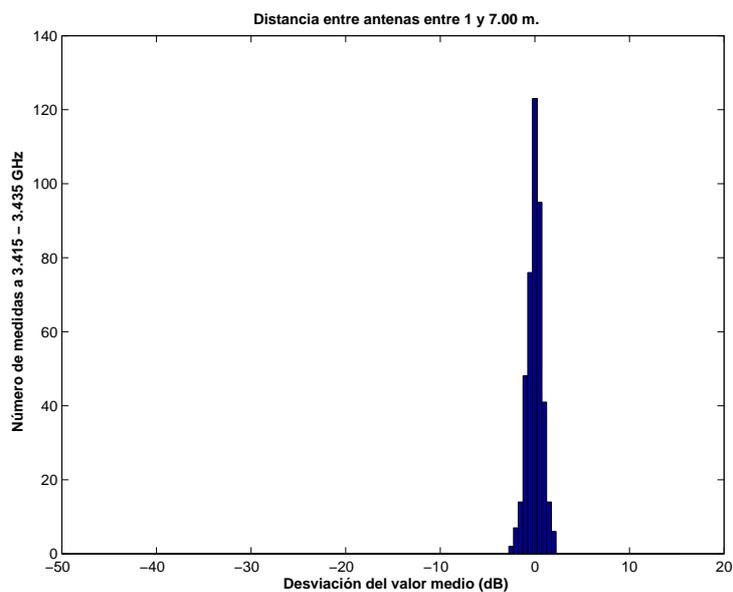


Figura 5.597: Histograma 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

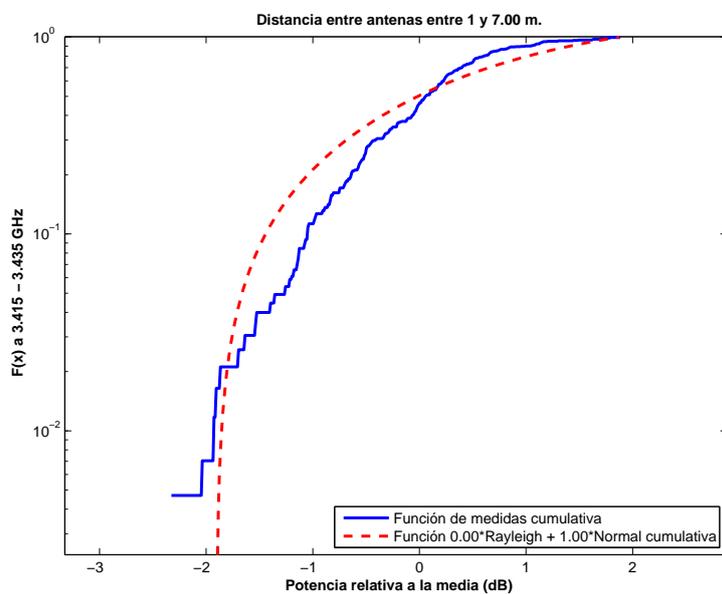


Figura 5.598: CDF 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.599 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por una paralela a las pérdidas en espacio libre, con algo más de 3 dB de pérdidas, introducidas por el polarizador.

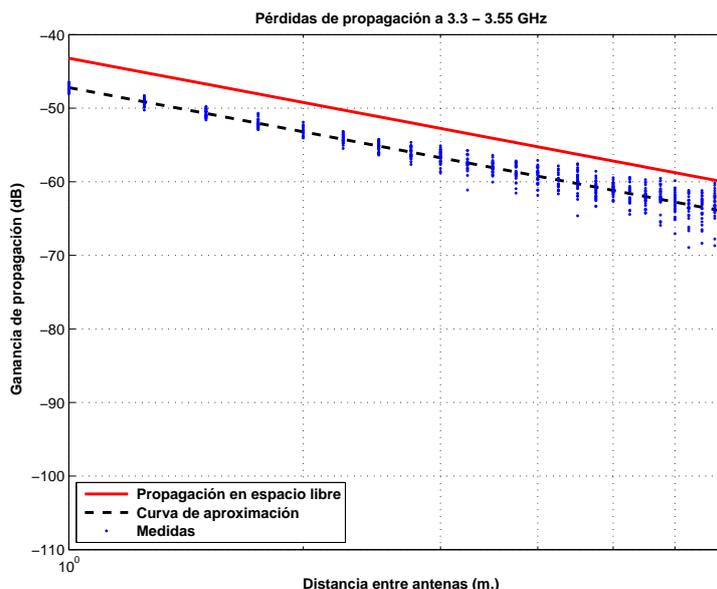


Figura 5.599: Laboratorio 7, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 47,19 + 20,00 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.600. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 2 % Rayleigh y 98 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.601.

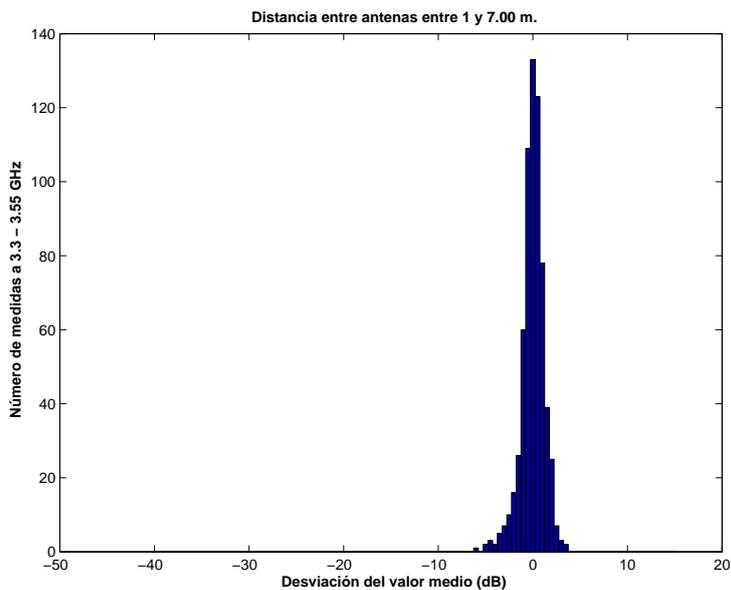


Figura 5.600: Histograma 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

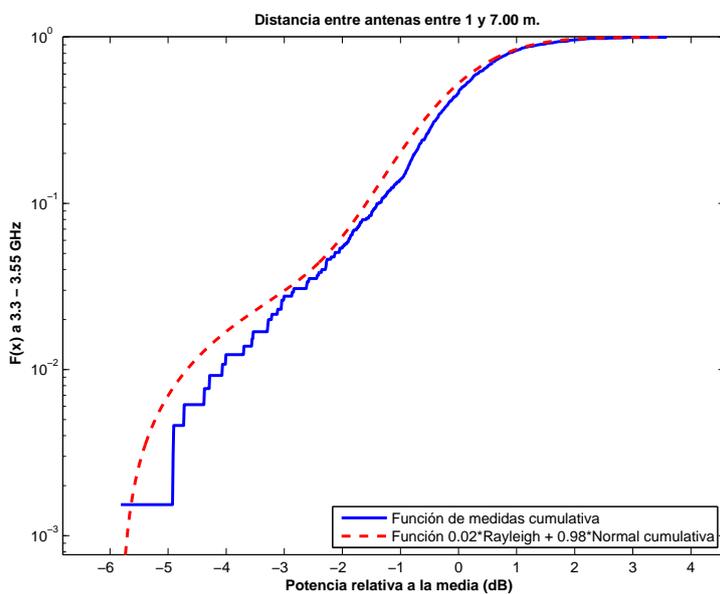


Figura 5.601: CDF 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.602 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por una paralela a las pérdidas en espacio libre, más 3 dB de pérdidas, introducidas por el polarizador.

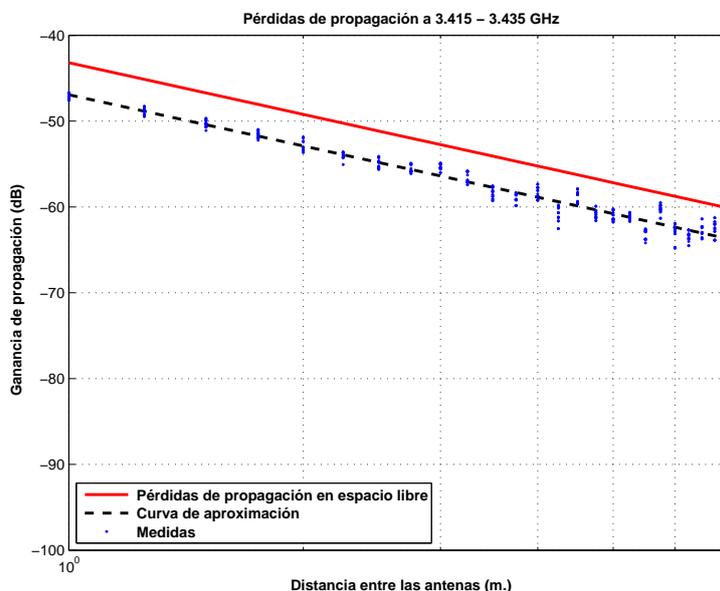


Figura 5.602: Laboratorio 7, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 46,93 + 19,83 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.603. Esta aproximación se puede ajustar con una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.604.

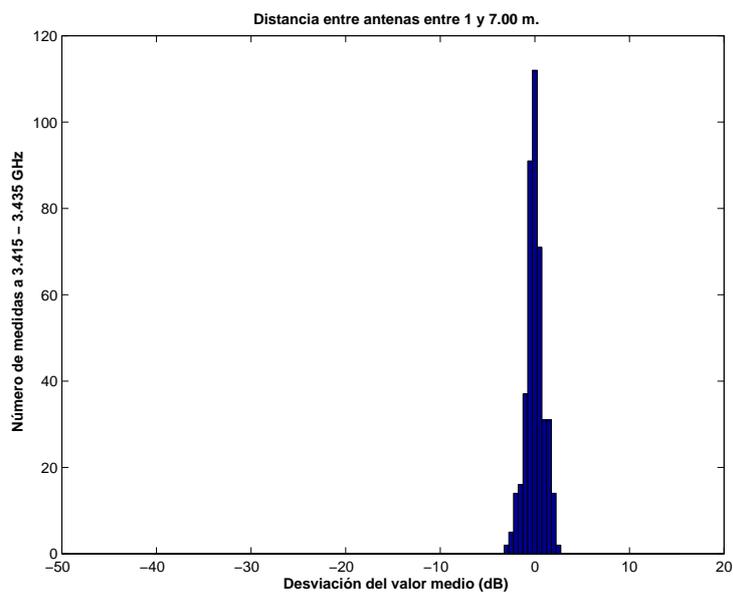


Figura 5.603: Histograma 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

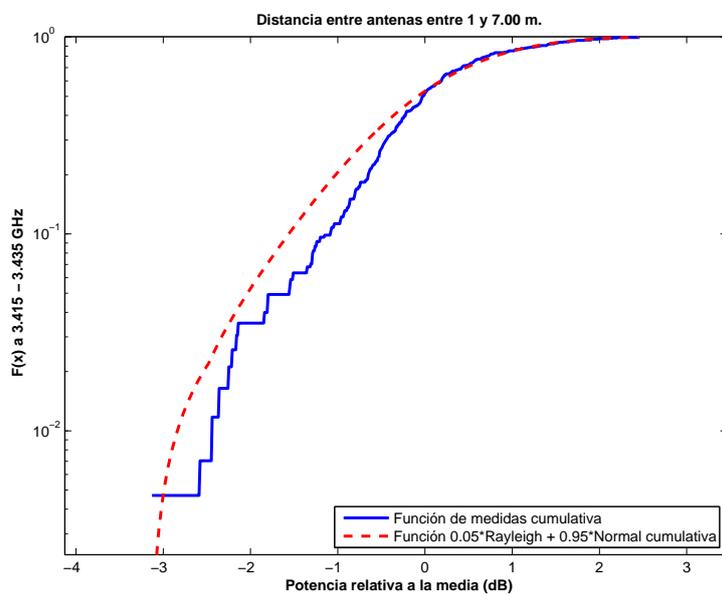


Figura 5.604: CDF 1 del Laboratorio 7, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.605 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 7 m., en este caso a 2.5 m.

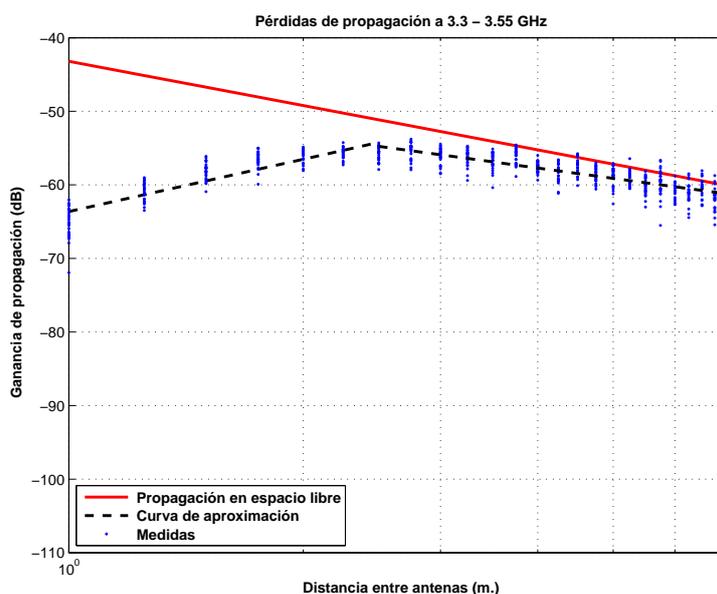


Figura 5.605: Laboratorio 7, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 63,62 + (-23,62) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 2,5 \text{ m.} \\ 54,76 + 14,46 * \log_{10}(d/2,5); & \text{si } d > 2,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.606 y se puede ajustar con una combinación de 2 % Rayleigh y 98 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.607.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.608 y se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.609.

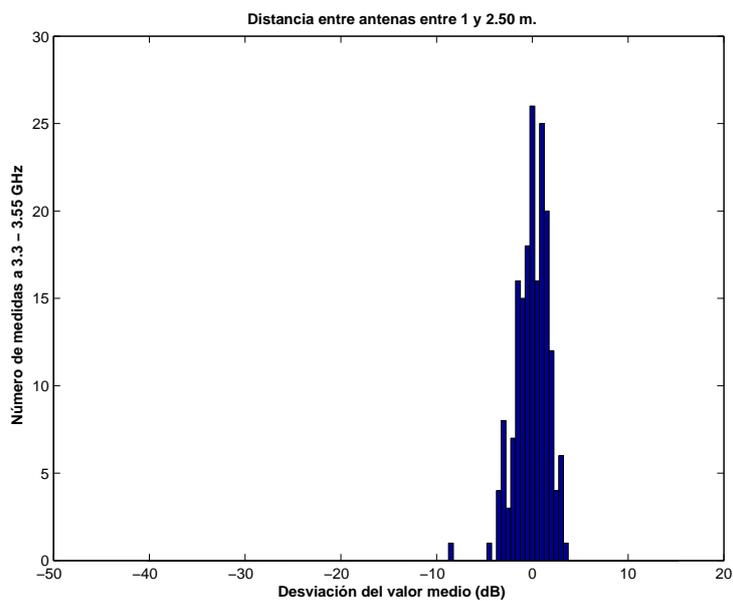


Figura 5.606: Histograma 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.5 m. de distancia entre antenas.

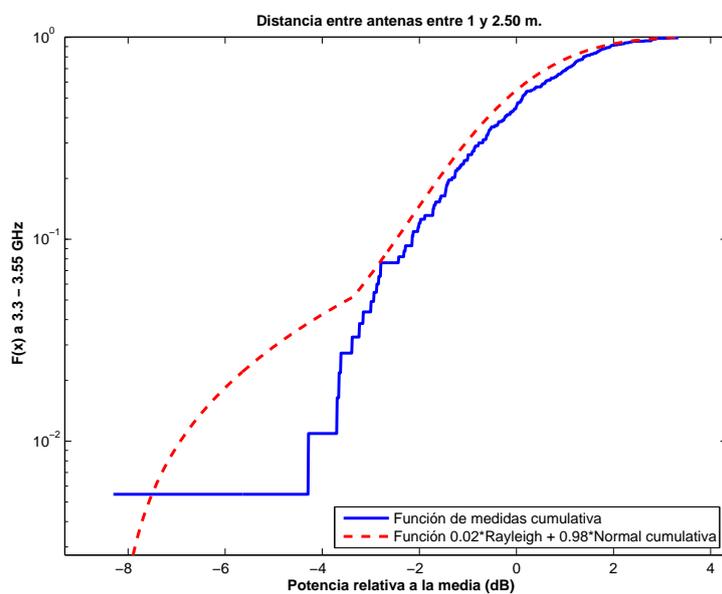


Figura 5.607: CDF 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.5 m. de distancia entre antenas.

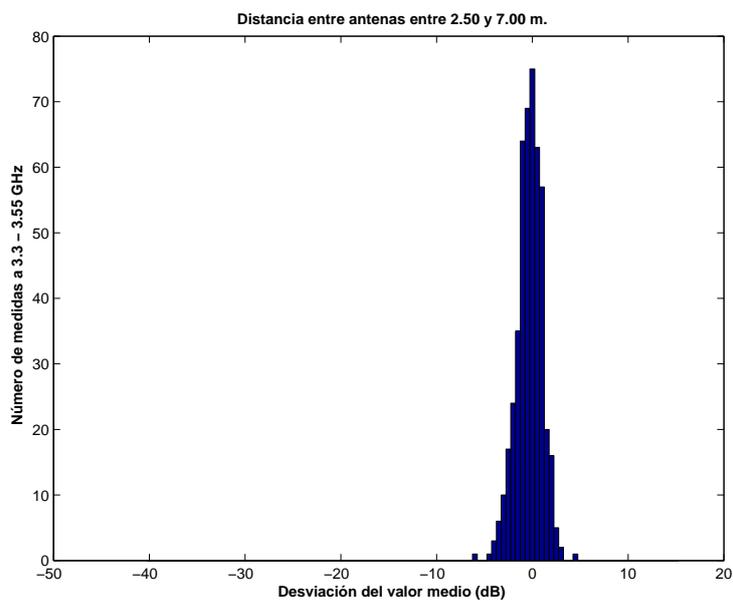


Figura 5.608: Histograma 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.5 y 7 m. de distancia entre antenas.

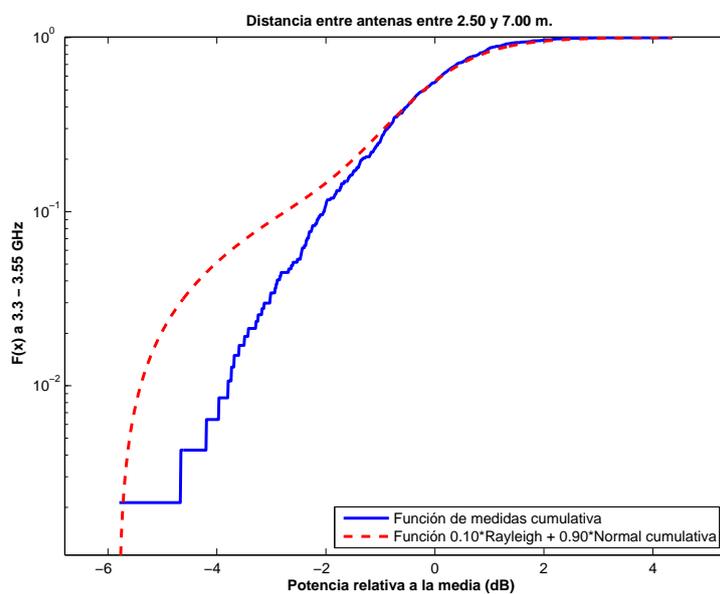


Figura 5.609: CDF 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.5 y 7 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.610 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 7 m., en este caso a 2.5 m.

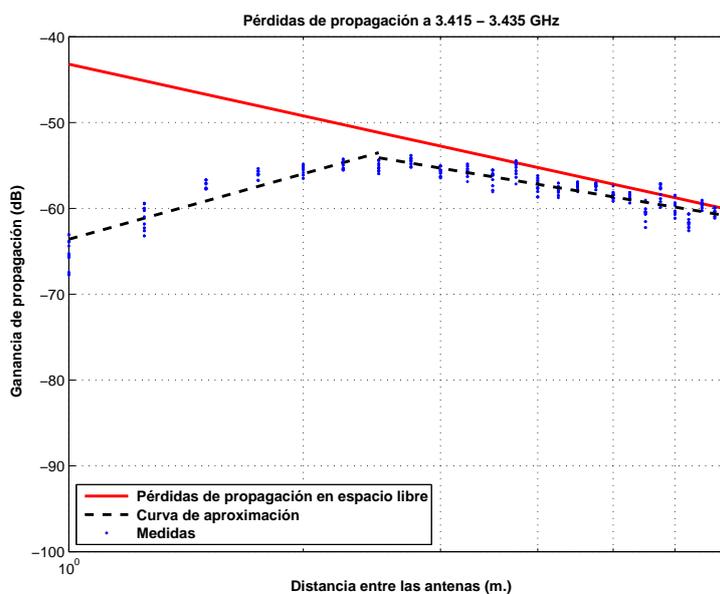


Figura 5.610: Laboratorio 7, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 63,60 + (-25,36) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 2,5 \text{ m.} \\ 54,11 + 15,12 * \log_{10}(d/2,5); & \text{si } d > 2,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.611. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 30 % Rayleigh y 70 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 1$, Figura 5.612.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.613. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 1$, Figura 5.614.

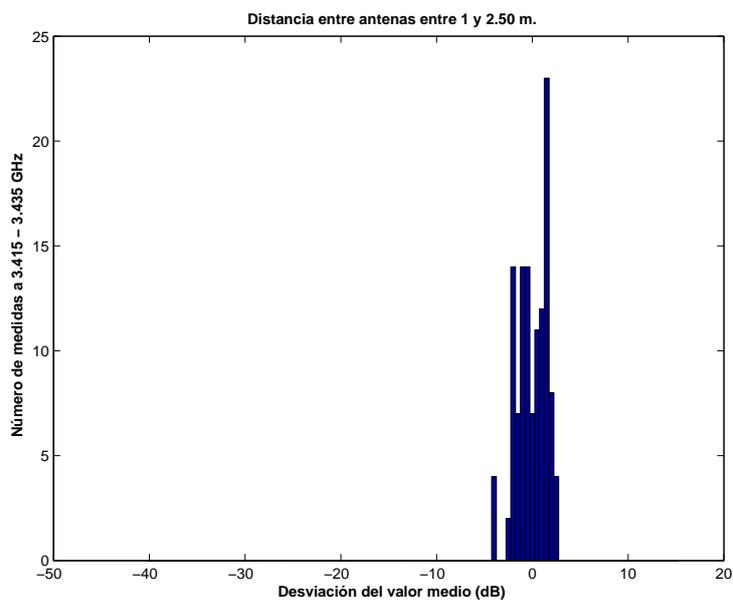


Figura 5.611: Histograma 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.5 m. de distancia entre antenas.

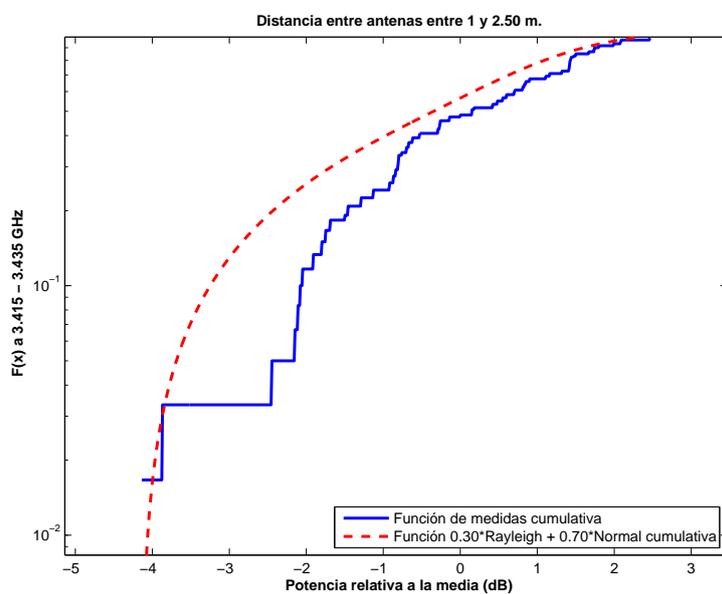


Figura 5.612: CDF 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.5 m. de distancia entre antenas.

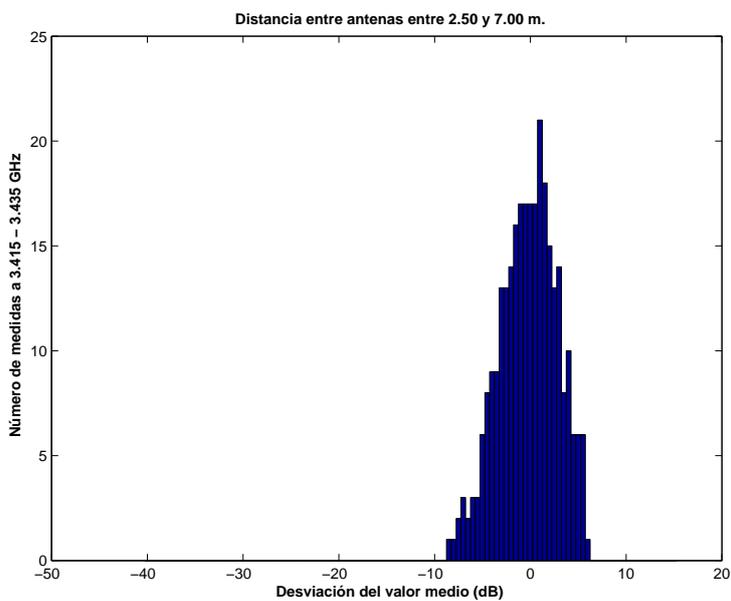


Figura 5.613: Histograma 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.5 y 7 m. de distancia entre antenas.

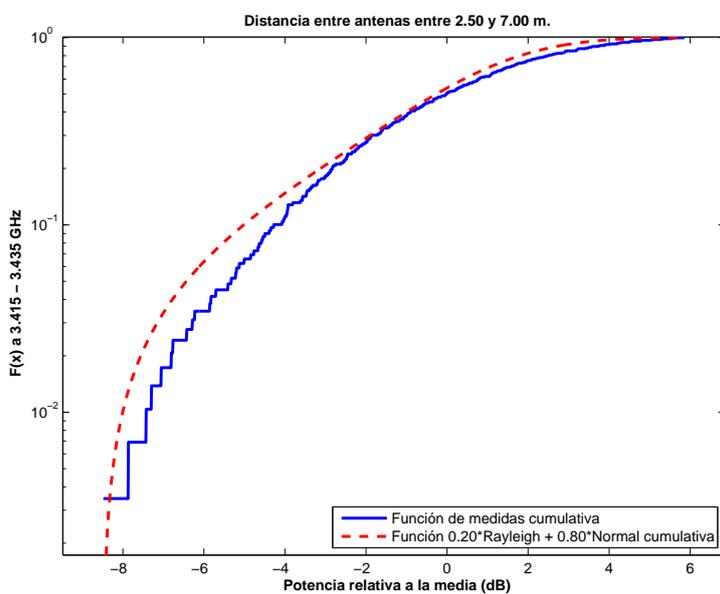


Figura 5.614: CDF 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.5 y 7 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.615 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 7 m., en este caso a 2.5 m. Caso similar al de la Figura 5.605 incluyendo una pérdida de 3 dB introducidos por el polarizador.

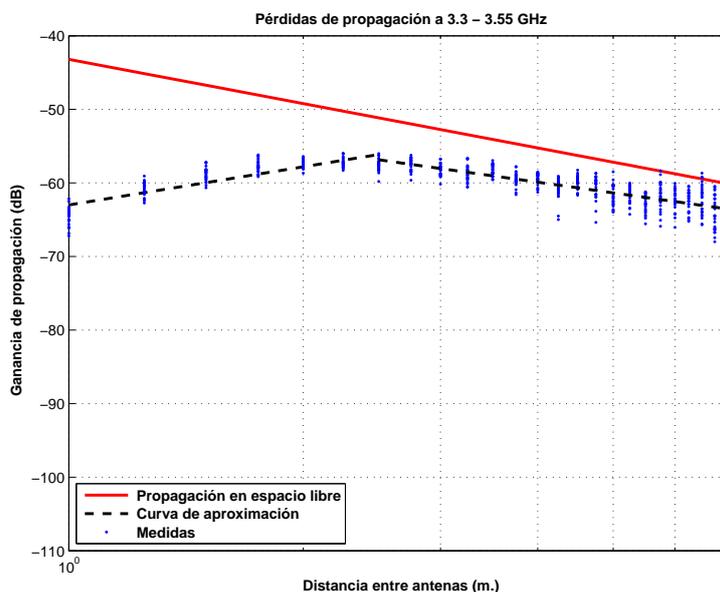


Figura 5.615: Laboratorio 7, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 62,99 + (-17,23) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 2,5 \text{ m.} \\ 56,85 + 14,94 * \log_{10}(d/2,5); & \text{si } d > 2,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.616 y se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.617.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.618 y se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = -1$, Figura 5.619.

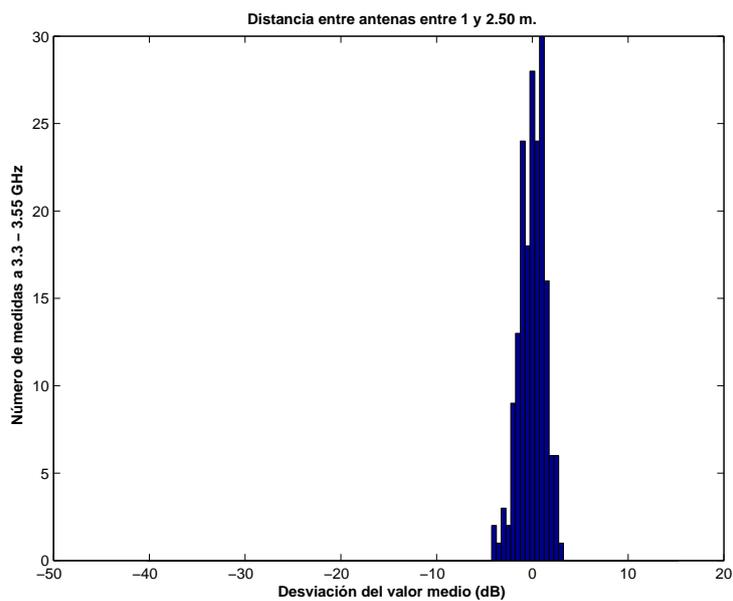


Figura 5.616: Histograma 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.50 m de distancia entre antenas.

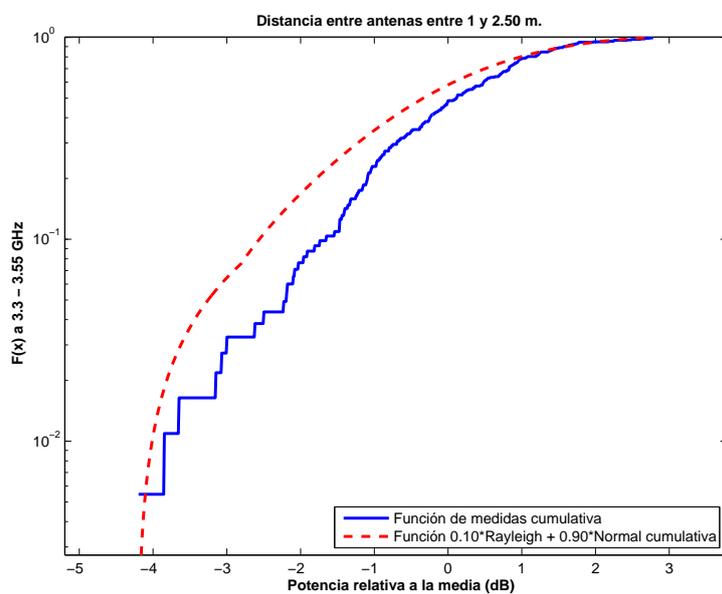


Figura 5.617: CDF 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.50 m de distancia entre antenas.

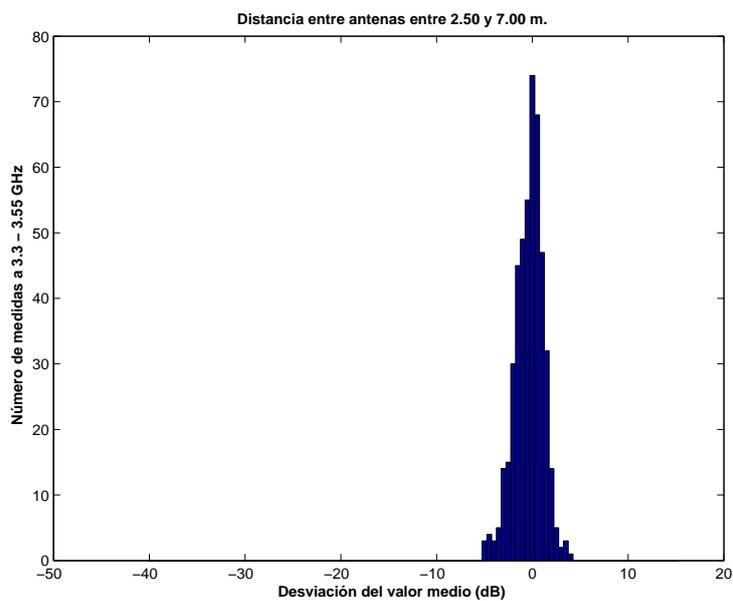


Figura 5.618: Histograma 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.50 y 7 m de distancia entre antenas.

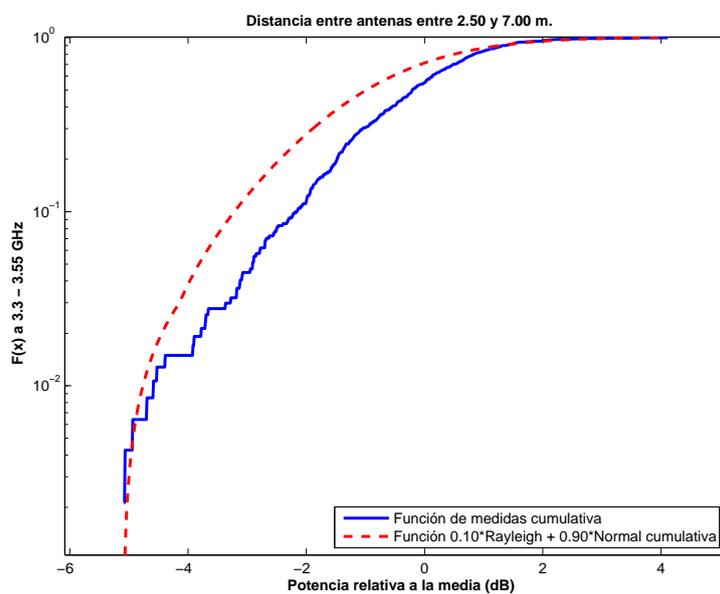


Figura 5.619: CDF 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.50 y 7 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.620 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 7 m., en este caso a 2.5 m. Caso similar al de la Figura 5.610 incluyendo una pérdida de 3 dB introducidos por el polarizador.

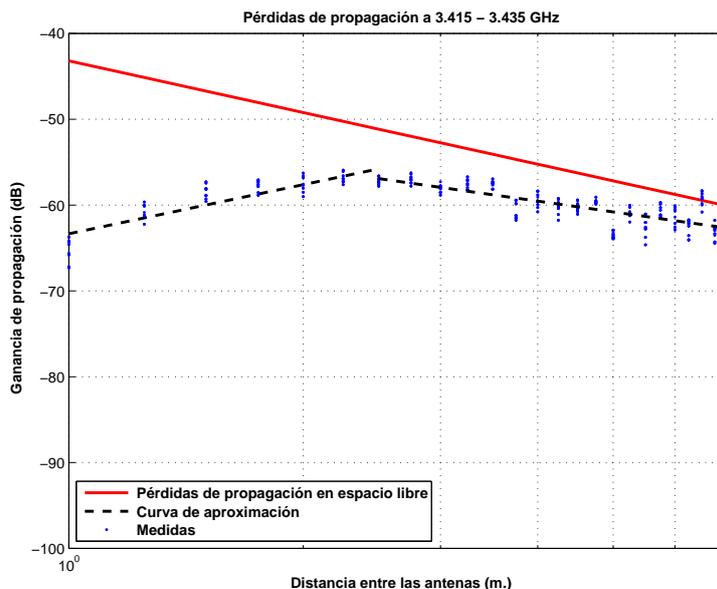


Figura 5.620: Laboratorio 7, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 63,34 + (-19,03) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 2,5 \text{ m.} \\ 56,91 + 12,90 * \log_{10}(d/2,5); & \text{si } d > 2,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.621. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.622.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.623. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 1$, Figura 5.624.

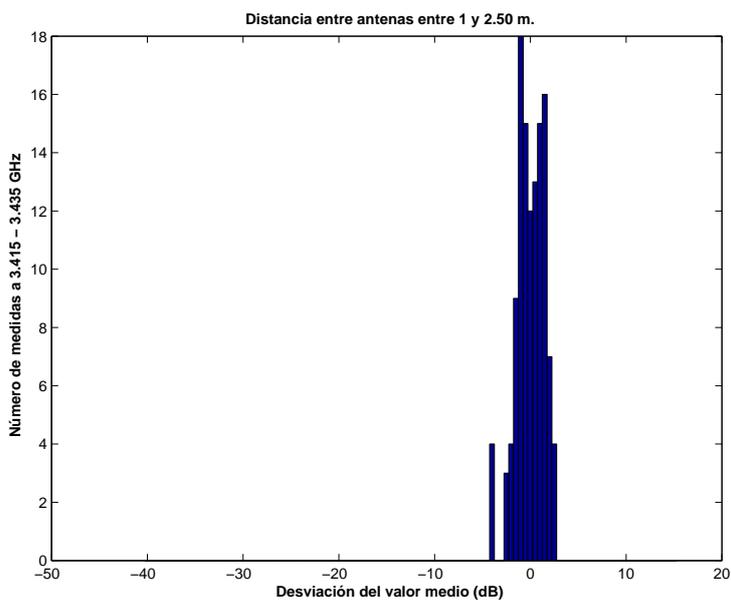


Figura 5.621: Histograma 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.50 m de distancia entre antenas.

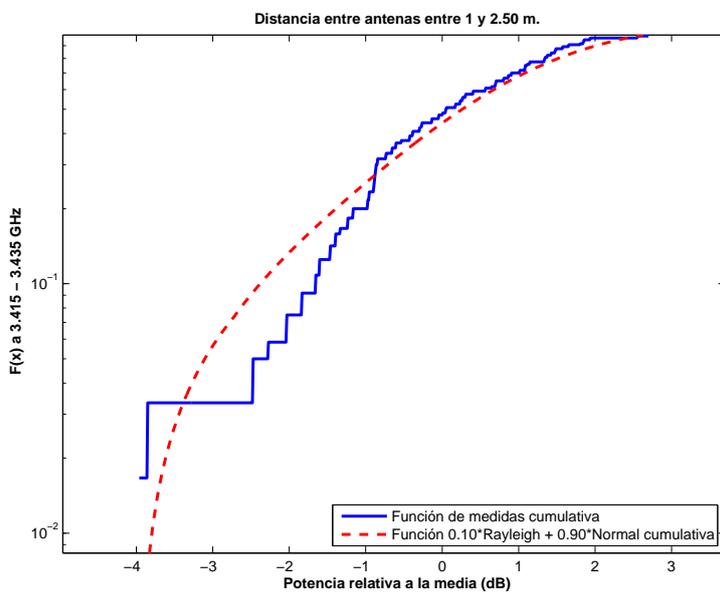


Figura 5.622: CDF 1 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.50 m de distancia entre antenas.

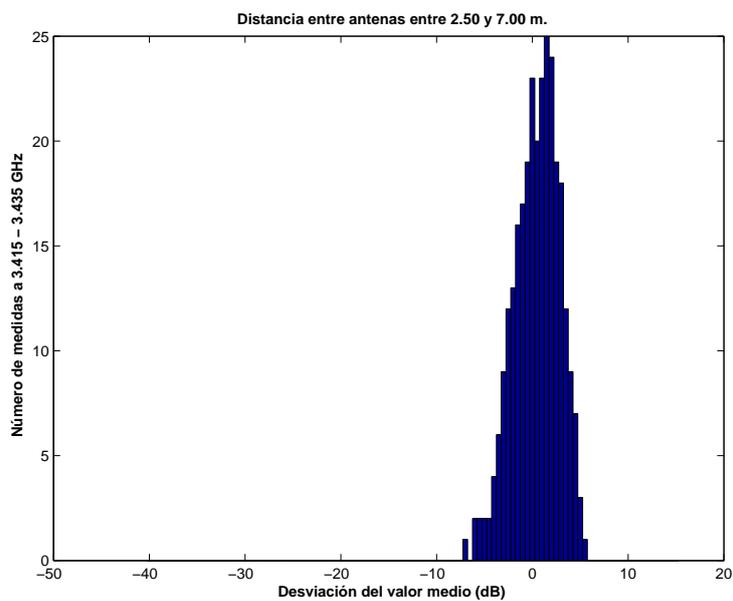


Figura 5.623: Histograma 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.50 y 7 m de distancia entre antenas.

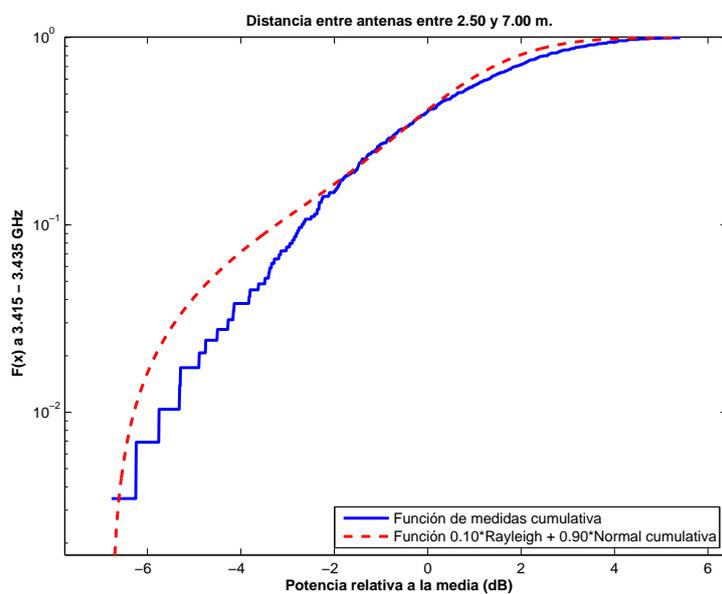


Figura 5.624: CDF 2 del Laboratorio 7, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.50 y 7 m de distancia entre antenas.

5.2.3. Pasillo semicerrado con ordenadores a ambos lados y una plancha de separación a un lado

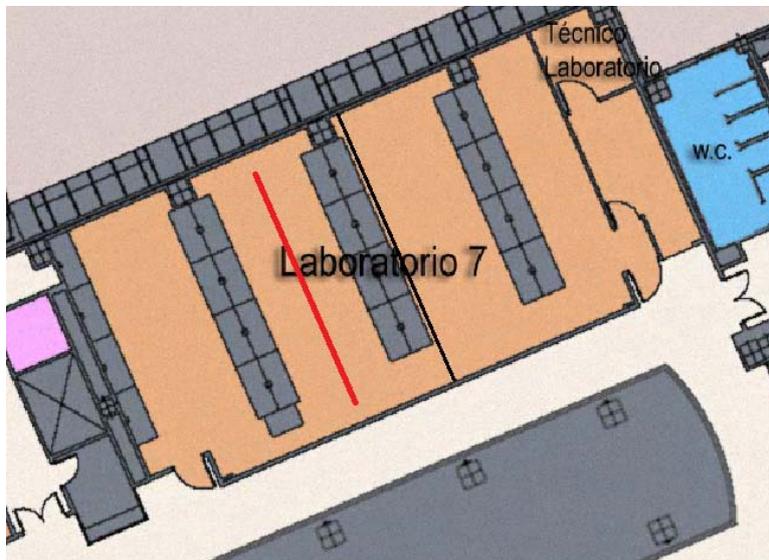


Figura 5.625: Plano del laboratorio 7 con plancha a un lado, edificio A



Figura 5.626: Foto del laboratorio 7 con plancha a un lado, edificio A

Distancia máxima del enlace: 7 m.

Entorno: Laboratorio 7, con ordenadores a los dos lados y una plancha de separación a un lado, de la planta 3ª del edificio A.

Altura de las antenas: La altura de la antena receptora, la del elemento simple, siempre es de 1.40 m., mientras que la altura de la antena transmisora puede ser de 1.40 m. o de 2.50 m. indicado según el caso.

Rango de frecuencias estudiadas: Toda la banda, de 3.3 a 3.55 GHz y un canal de 20 MHz, de 3.415 a 3.435 GHz

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.627 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por las pérdidas en espacio libre.

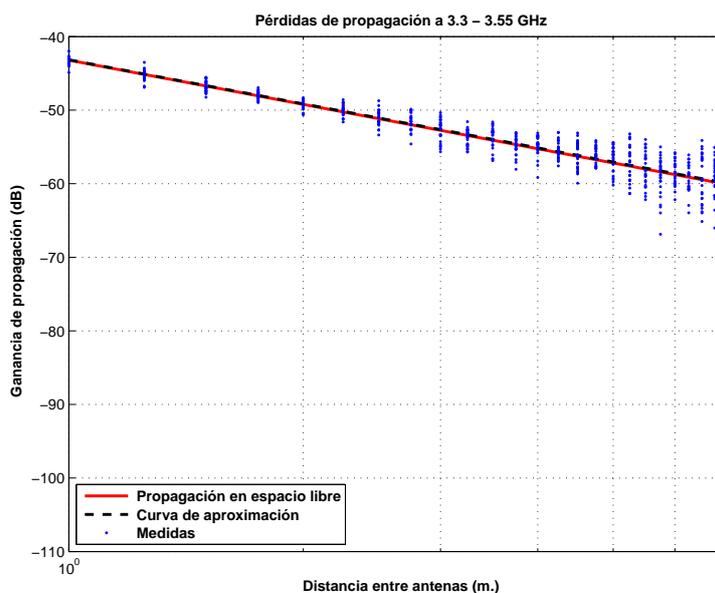


Figura 5.627: Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 43,16 + 19,88 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.628. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.629.

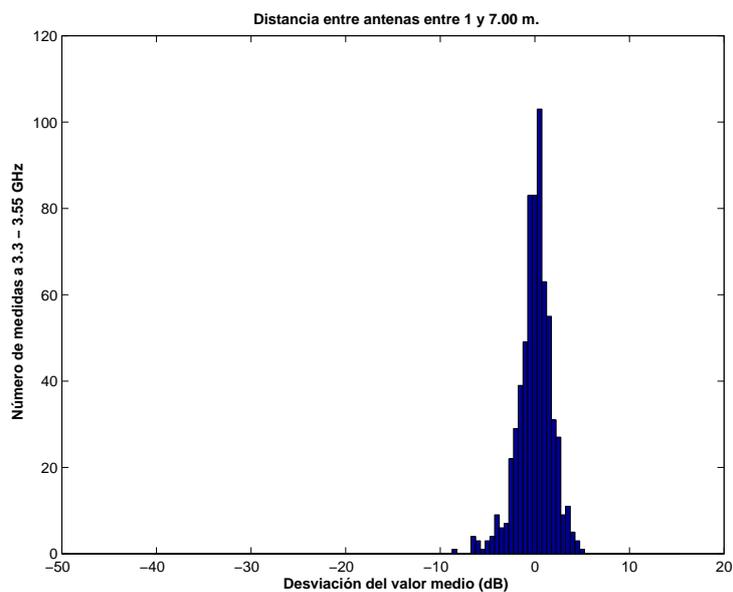


Figura 5.628: Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m de distancia entre antenas.

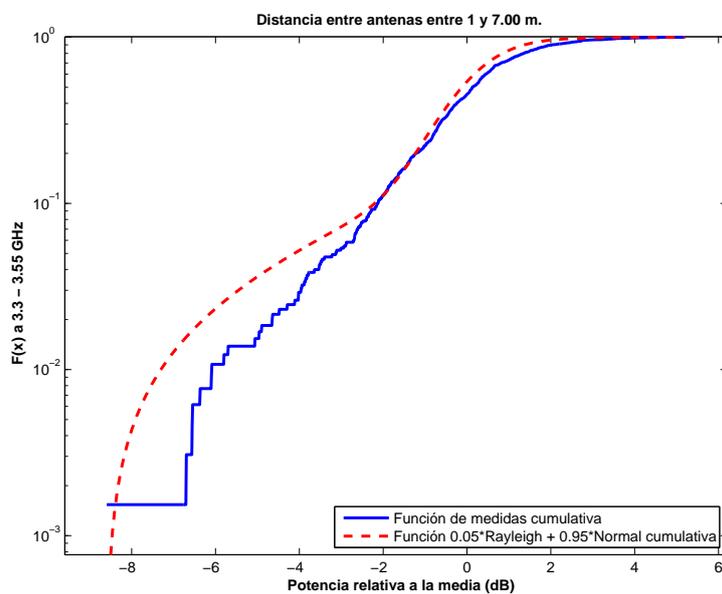


Figura 5.629: CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.630 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por las pérdidas en espacio libre.

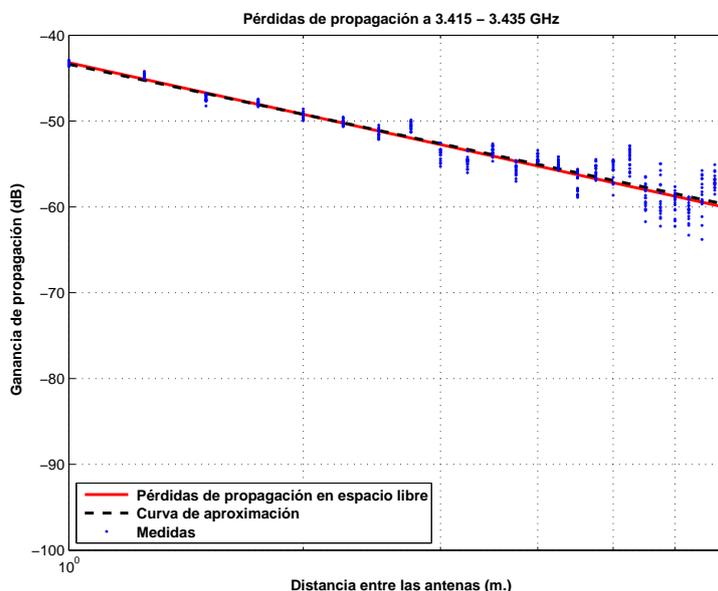


Figura 5.630: Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 43,39 + 19,36 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.631. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.632.

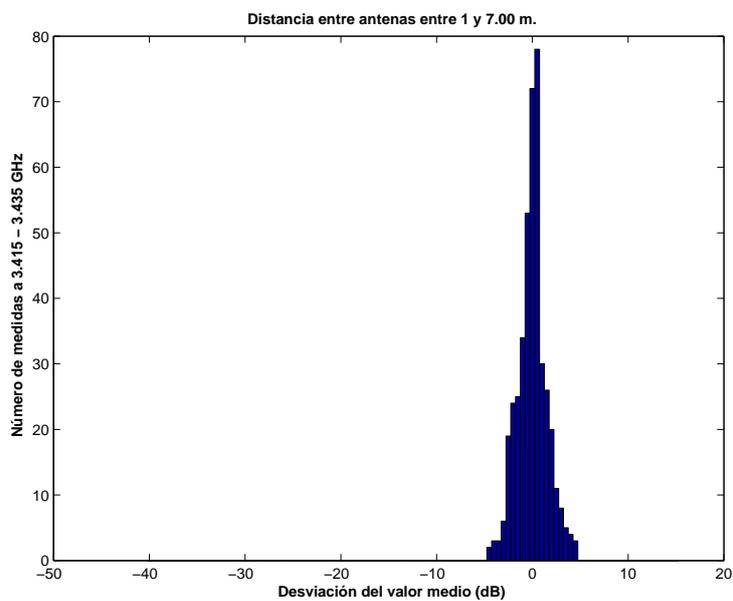


Figura 5.631: Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m de distancia entre antenas.

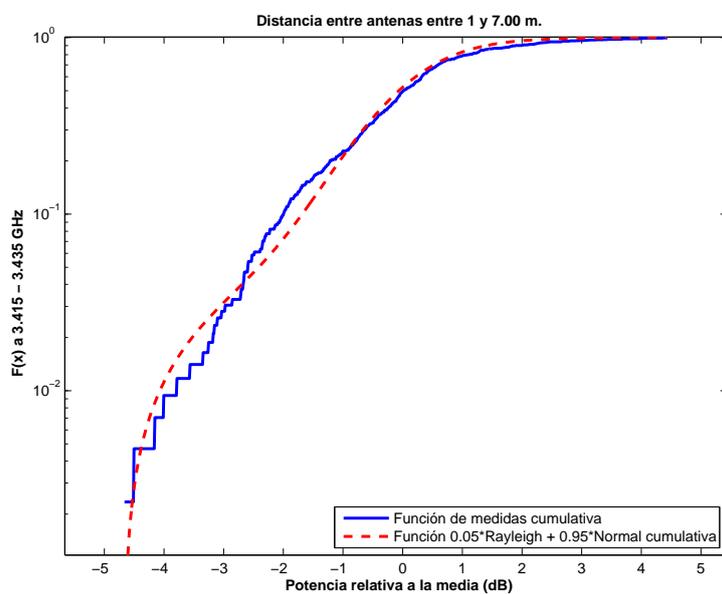


Figura 5.632: CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.633 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por una paralela a las pérdidas en espacio libre, con 3 dB más de pérdidas introducidas por el polarizador.

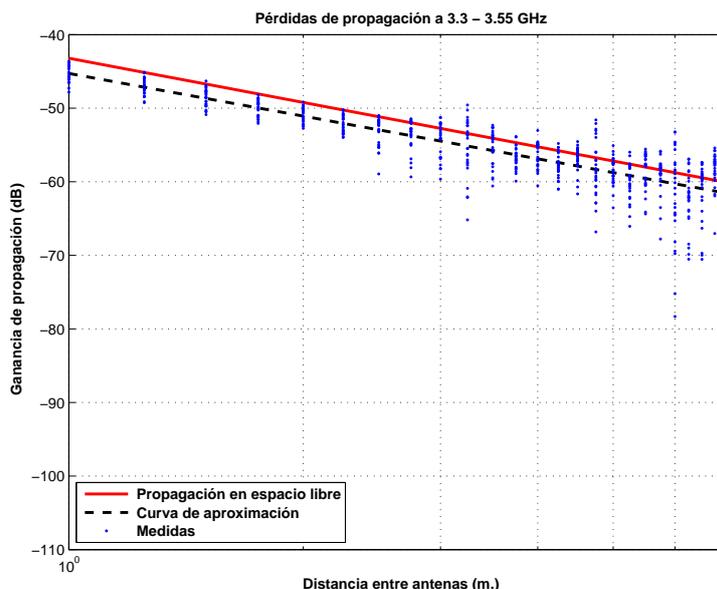


Figura 5.633: Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 45,27 + 19,28 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.634. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 0$, Figura 5.635.

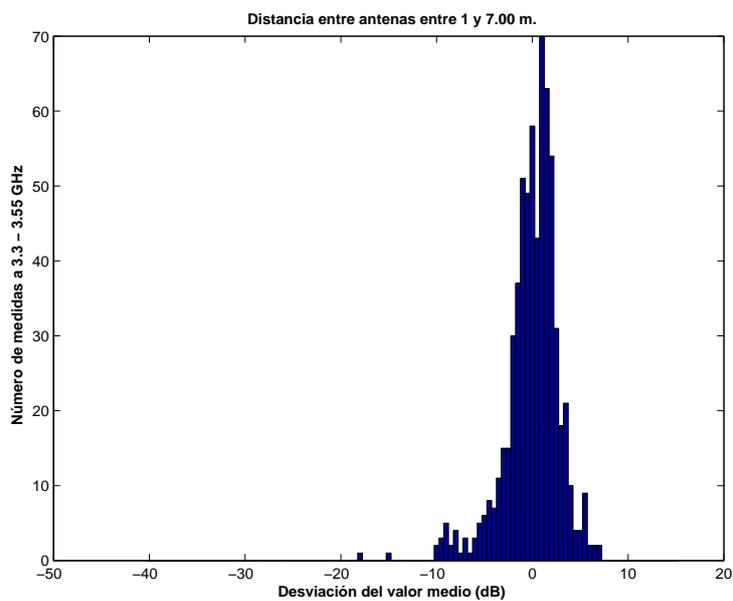


Figura 5.634: Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

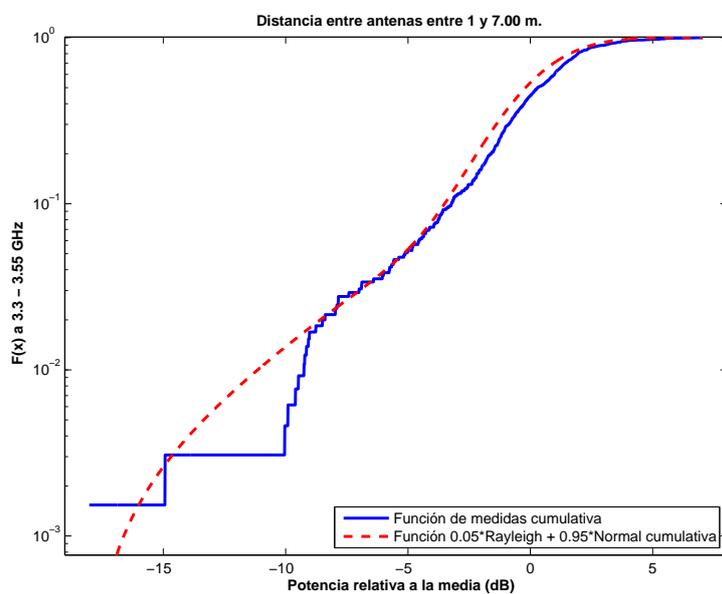


Figura 5.635: CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.636 representa las pérdidas de propagación en toda un canal de frecuencia, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por una paralela a las pérdidas en espacio libre, con 3 dB más de pérdidas introducidas por el polarizador.

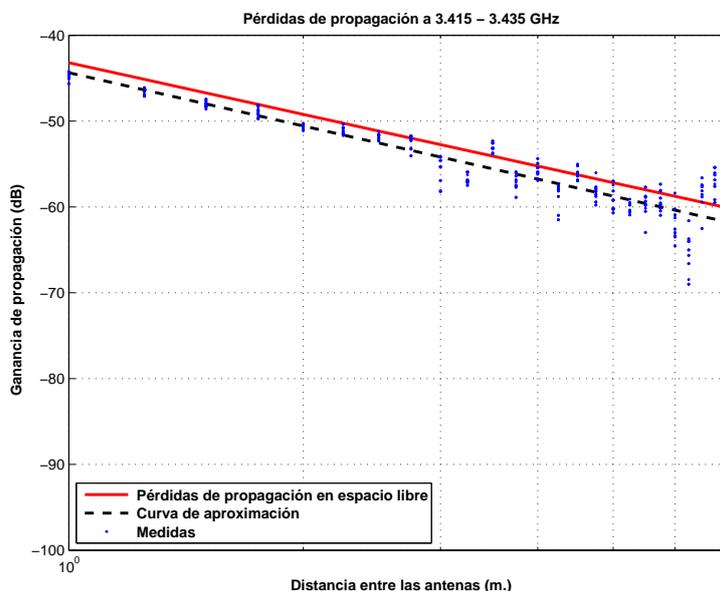


Figura 5.636: Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 44,37 + 20,57 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.637. Esta aproximación se puede ajustar con una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.638.

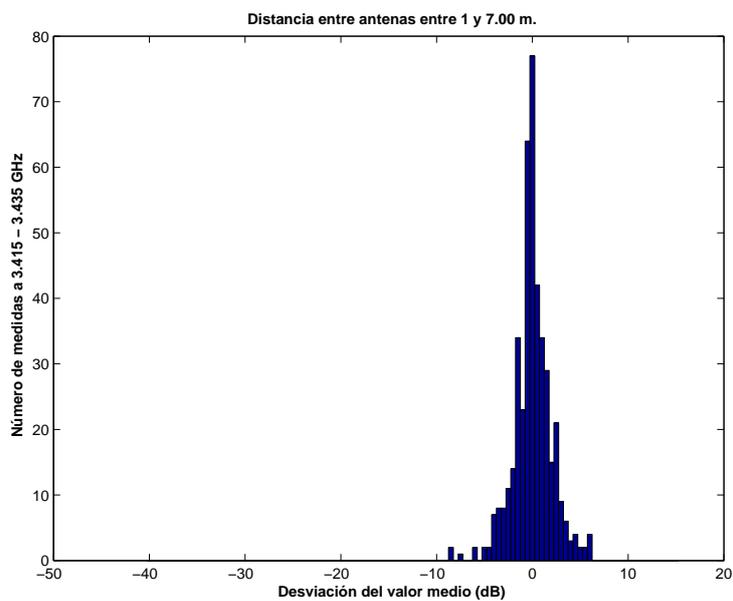


Figura 5.637: Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m.

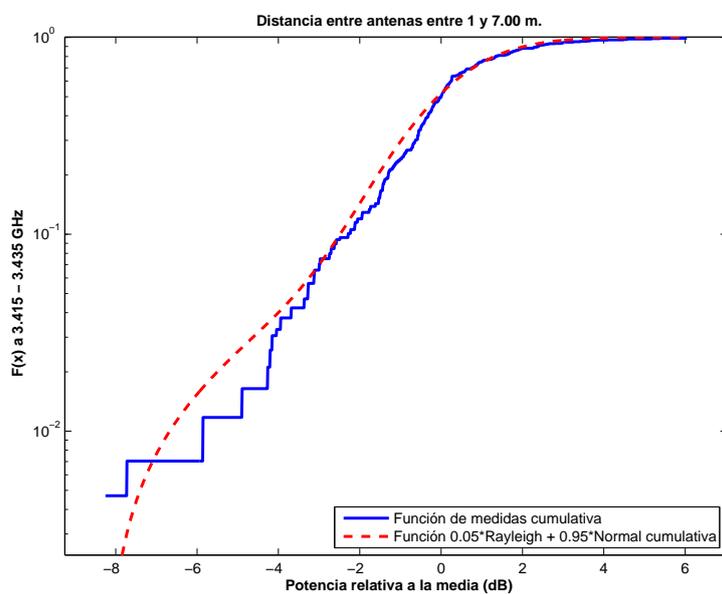


Figura 5.638: CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante sin polarizador

La Figura 5.639 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 7 m., en este caso a 3 m.

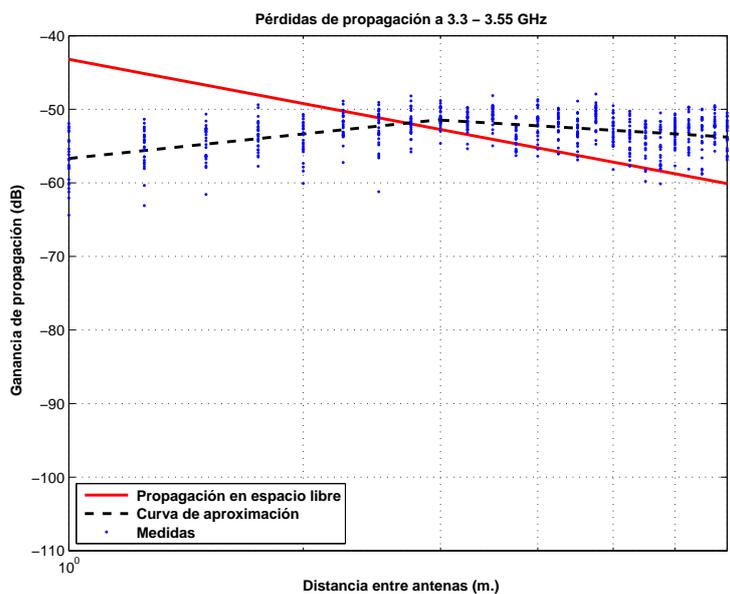


Figura 5.639: Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 56,69 + (-11,08) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 3 \text{ m.} \\ 51,47 + 6,24 * \log_{10}(d/3); & \text{si } d > 3 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.640. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.641.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.642. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 15 % Rayleigh y 85 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 1$, Figura 5.643.

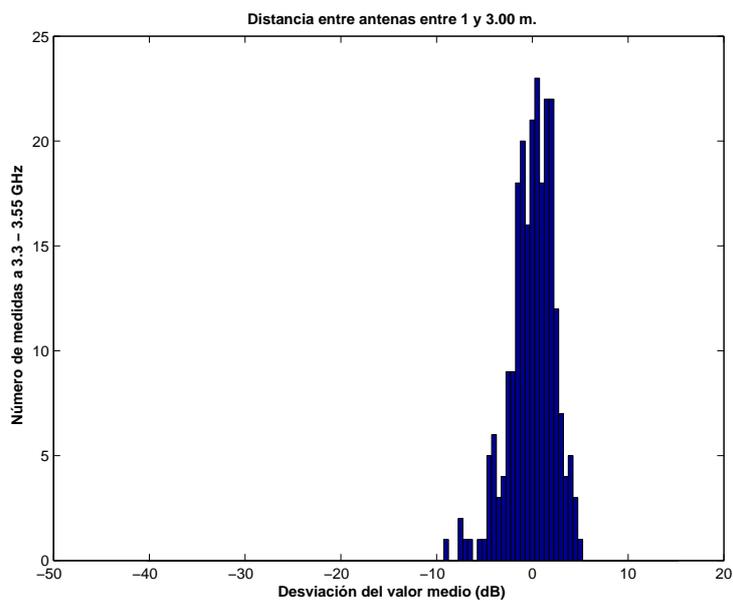


Figura 5.640: Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

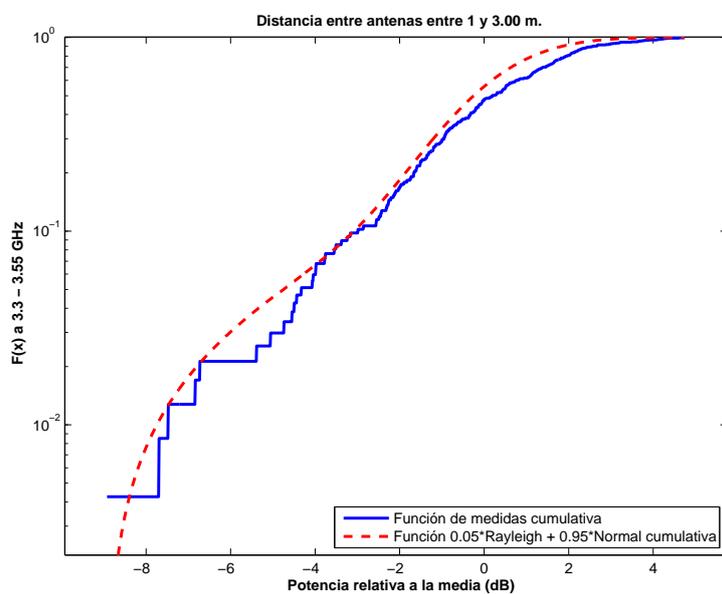


Figura 5.641: CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

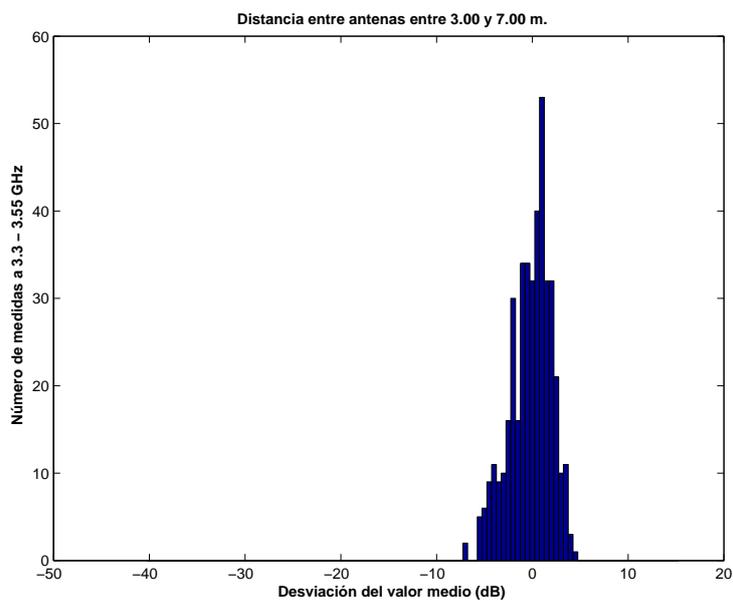


Figura 5.642: Histograma 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.

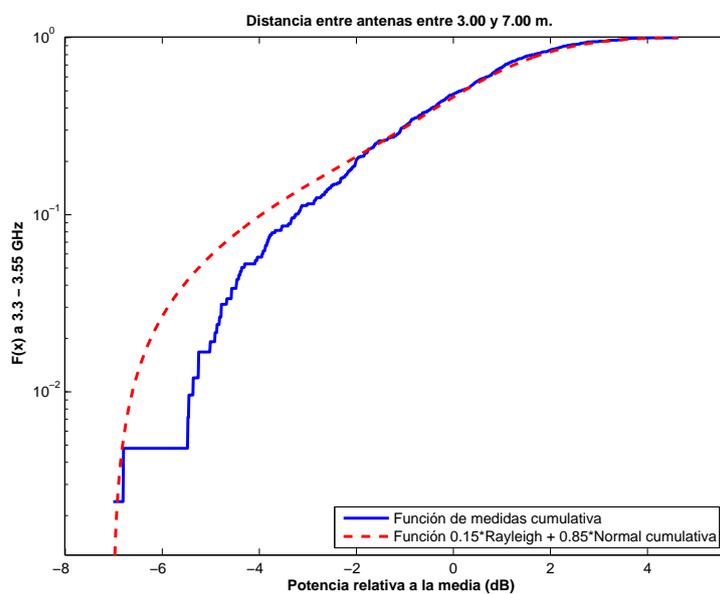


Figura 5.643: CDF 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.644 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 7 m., en este caso a 3 m.

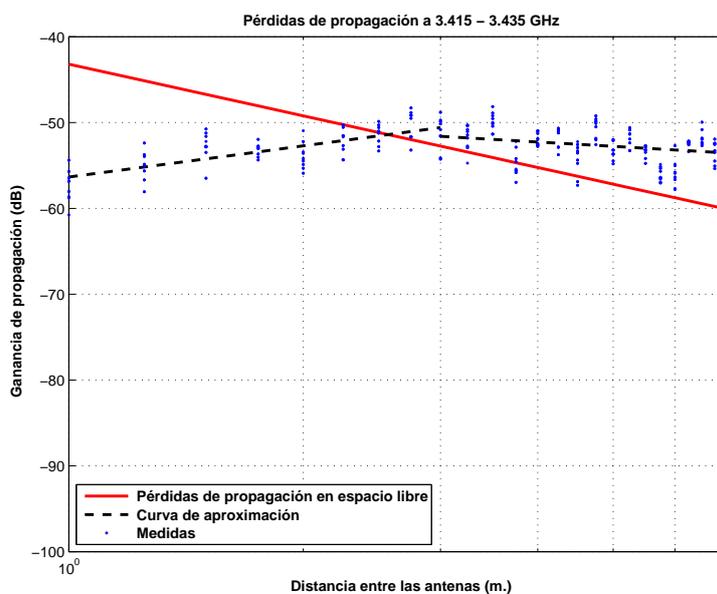


Figura 5.644: Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m., con 1 parche, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 56,35 + (-12,07) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 3 \text{ m.} \\ 51,61 + 5,25 * \log_{10}(d/3); & \text{si } d > 3 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.645. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 1$, Figura 5.646.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.647. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 60 % Rayleigh y 40 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.648.

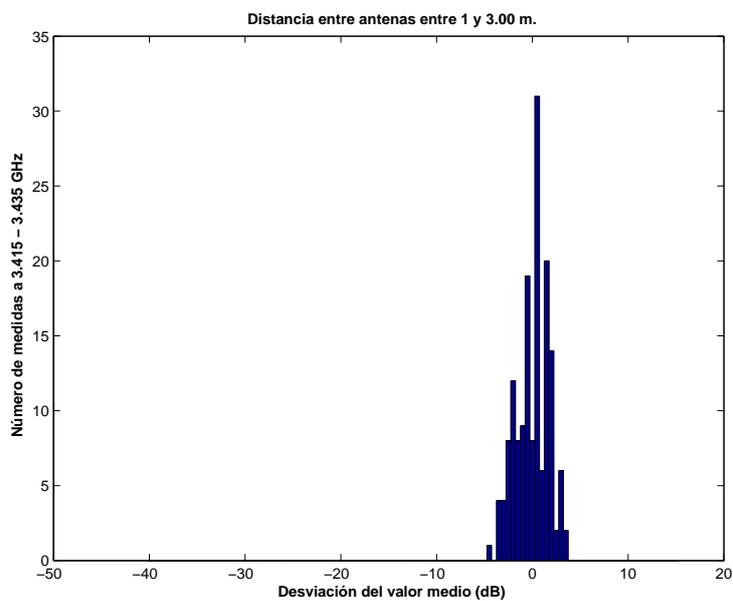


Figura 5.645: Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

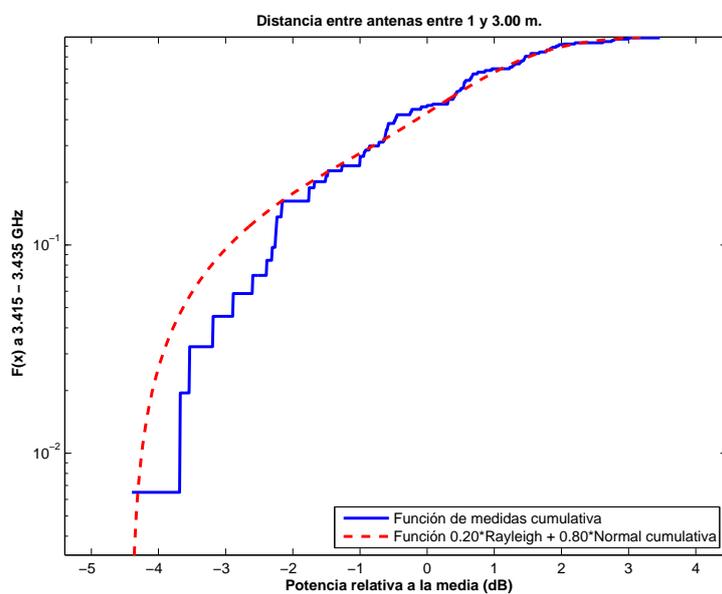


Figura 5.646: CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3 m. de distancia entre antenas.

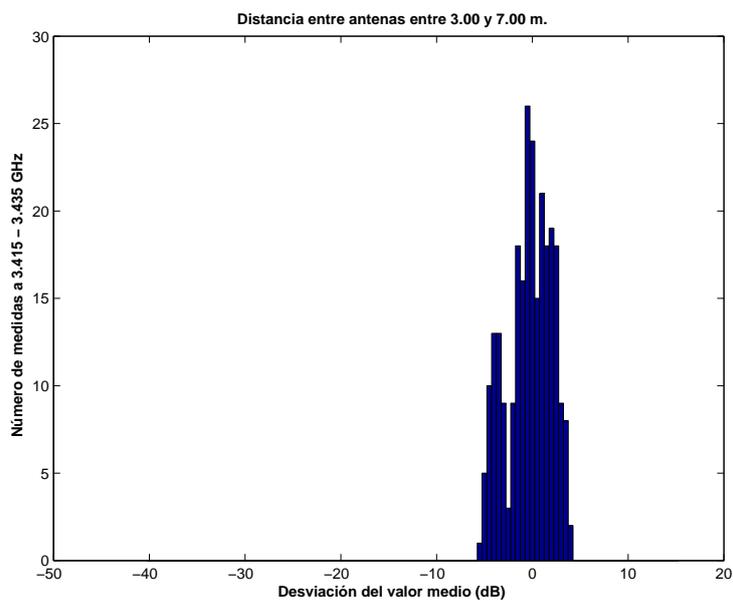


Figura 5.647: Histograma 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.

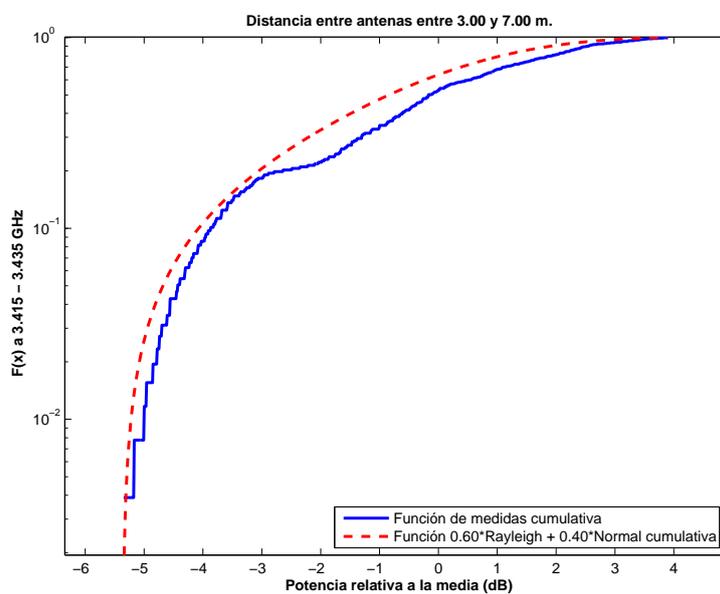


Figura 5.648: CDF 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3 y 7 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 1 elemento radiante con polarizador

La Figura 5.649 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 7 m., en este caso a 3.25 m. Este caso es una paralela a la Figura 5.639 con una pérdida adicional de más de 3 dB debido a las pérdidas introducidas por el polarizador, junto con un escenario desfavorable al multitrayecto.

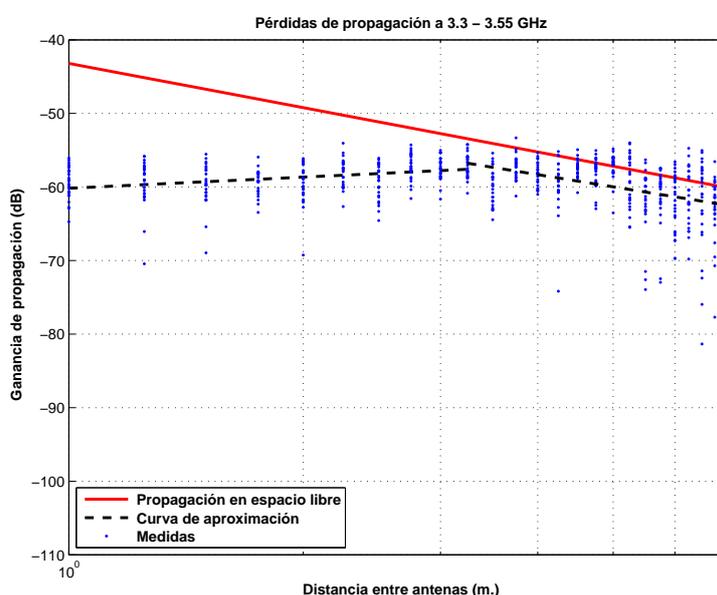


Figura 5.649: Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 60,17 + (-5,02) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 3,25 \text{ m.} \\ 56,77 + 17,14 * \log_{10}(d/3,25); & \text{si } d > 3,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.650. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 1$, Figura 5.651.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.652. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 2$, Figura 5.653.

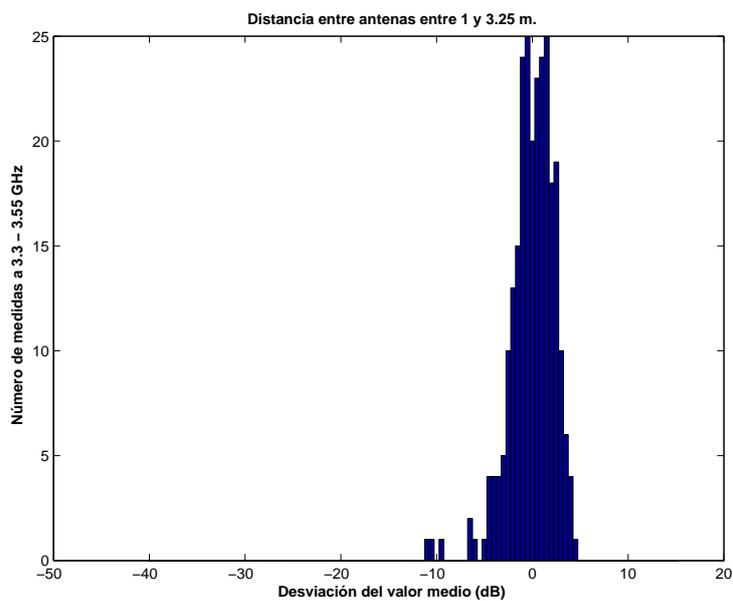


Figura 5.650: Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3.25 m. de distancia entre antenas.

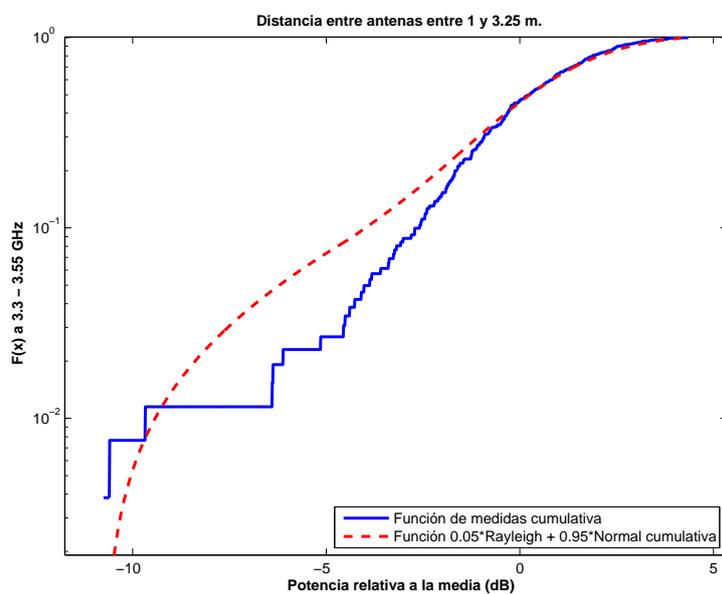


Figura 5.651: CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 3.25 m. de distancia entre antenas.

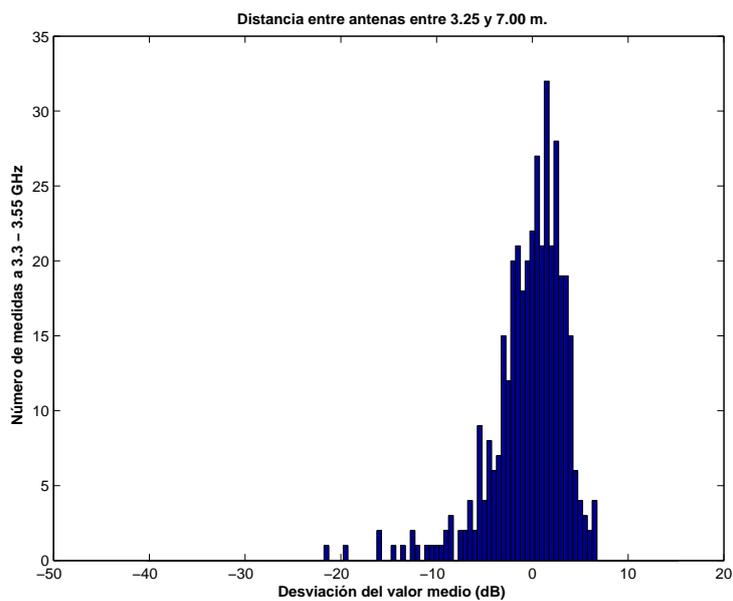


Figura 5.652: Histograma 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3.25 y 7 m. de distancia entre antenas.

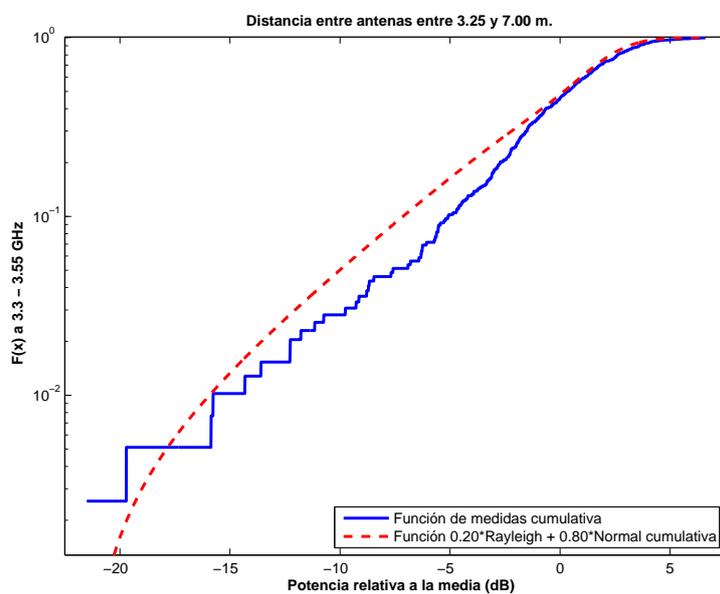


Figura 5.653: CDF 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 3.25 y 7 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.654 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 7 m., en este caso a 3.25 m. Este caso es una paralela a la Figura 5.644 con una pérdida adicional de más de 3 dB debido a las pérdidas introducidas por el polarizador.

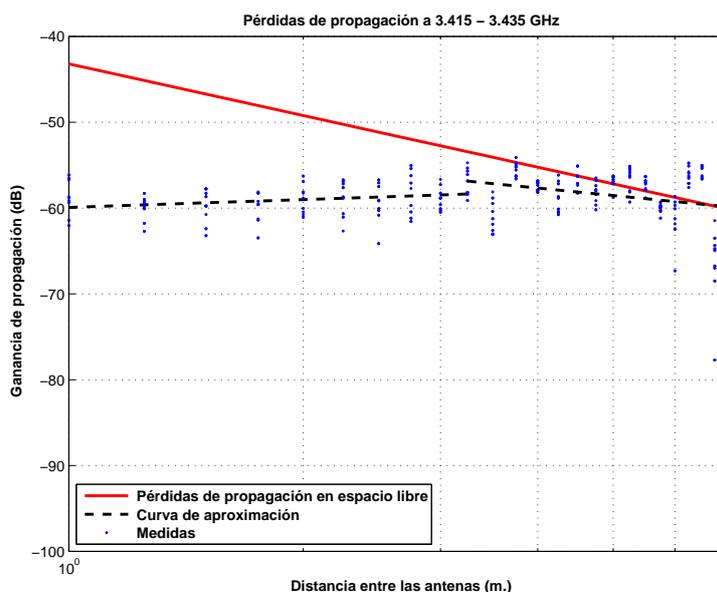


Figura 5.654: Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m., con 1 parche, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 59,93 + (-3,05) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 3,25 \text{ m.} \\ 56,86 + 8,94 * \log_{10}(d/3,25); & \text{si } d > 3,25 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.655. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 20 % Rayleigh y 80 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.656.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.657. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 10 % Rayleigh y 90 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.658.

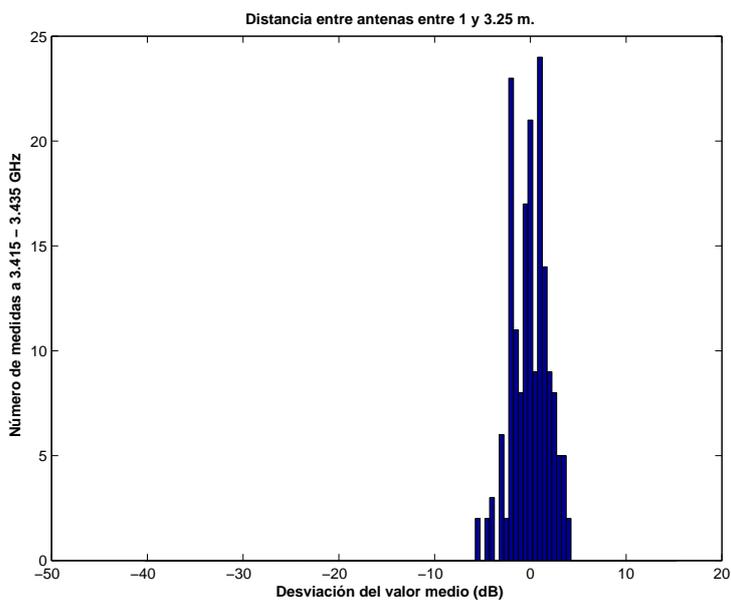


Figura 5.655: Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3.25 m. de distancia entre antenas.

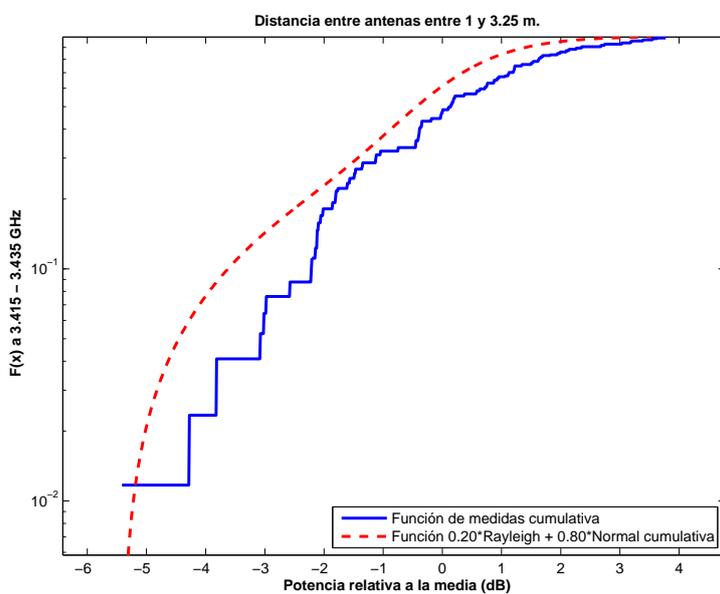


Figura 5.656: CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 3.25 m. de distancia entre antenas.

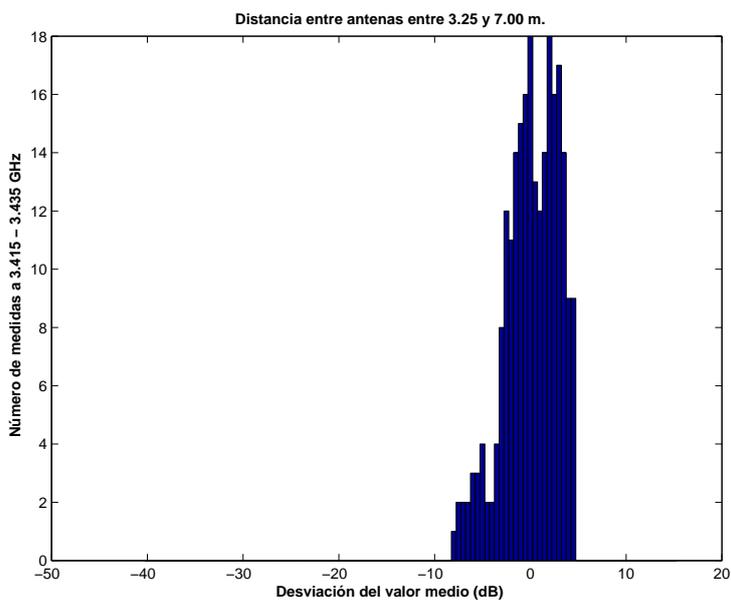


Figura 5.657: Histograma 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3.25 y 7 m. de distancia entre antenas.

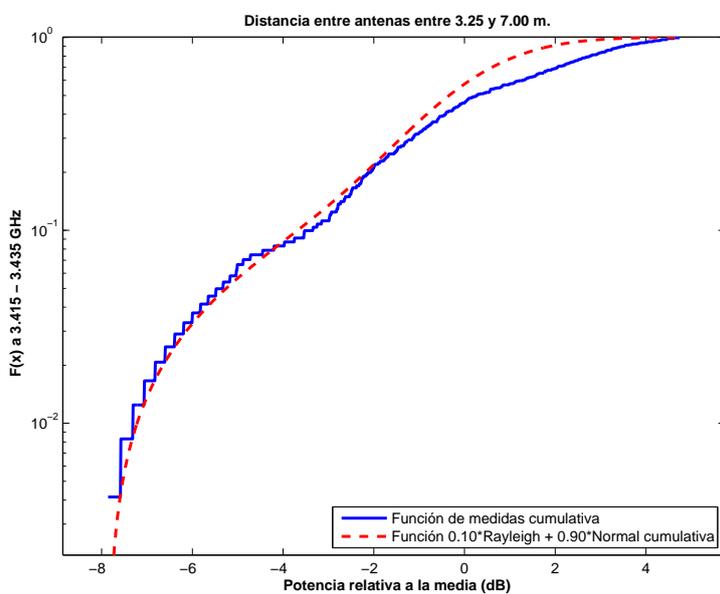


Figura 5.658: CDF 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 1 parche, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 3.25 y 7 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.659 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por las pérdidas en espacio libre.

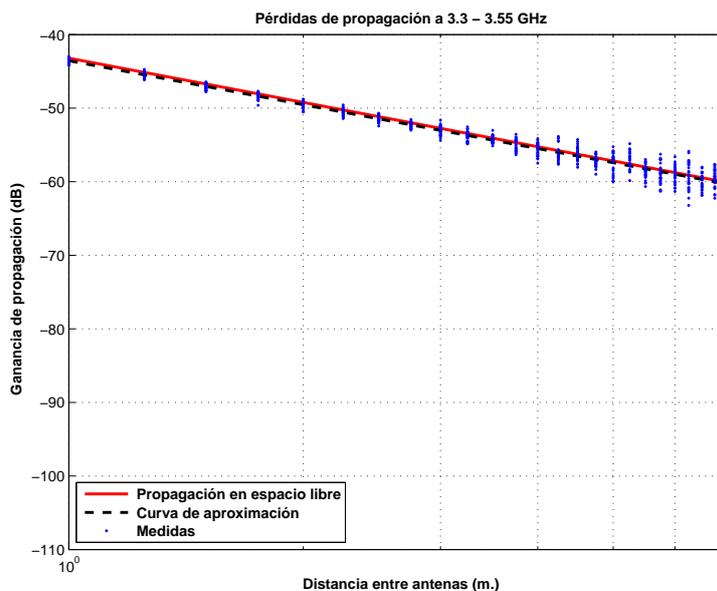


Figura 5.659: Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 43,55 + 19,84 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.660. Dicha desviación se puede ajustar con una combinación de 2 % Rayleigh y 98 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.661.

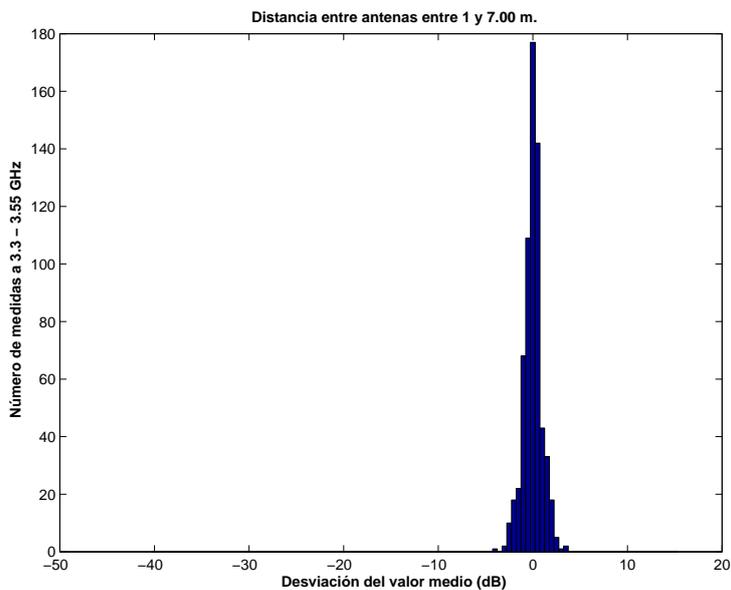


Figura 5.660: Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

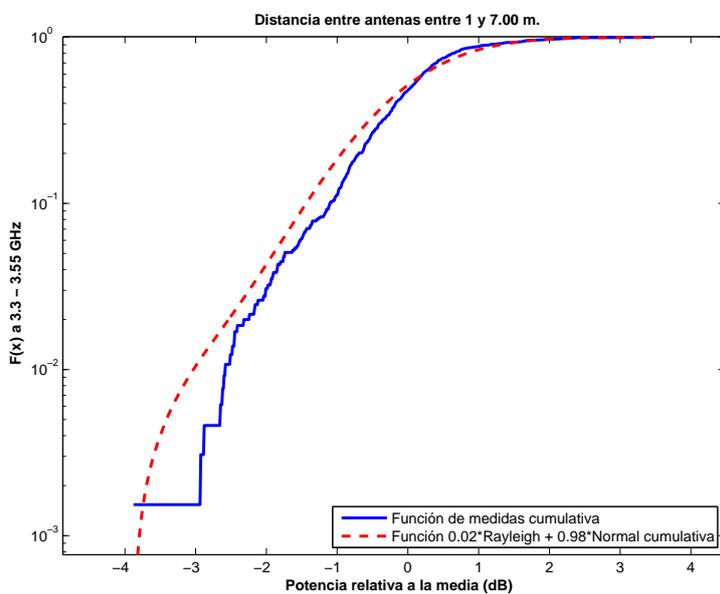


Figura 5.661: CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.662 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por las pérdidas en espacio libre.

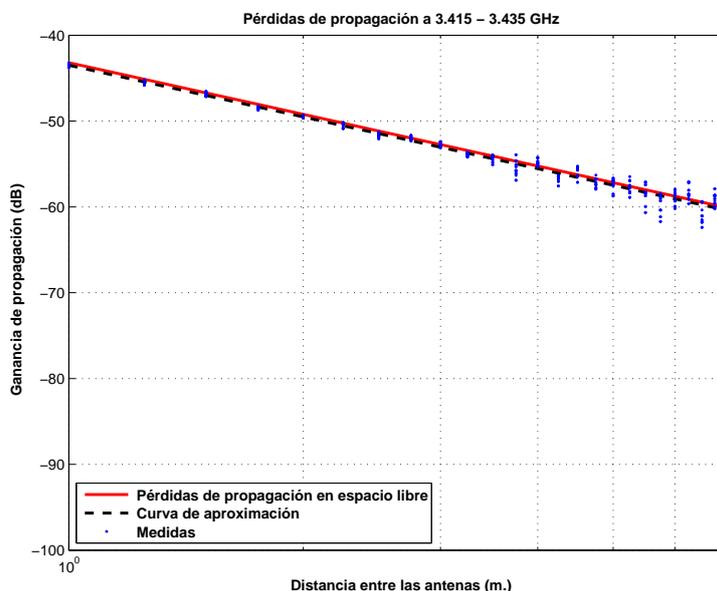


Figura 5.662: Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 43,50 + 20,01 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.663. Esta aproximación se puede ajustar con una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.664.

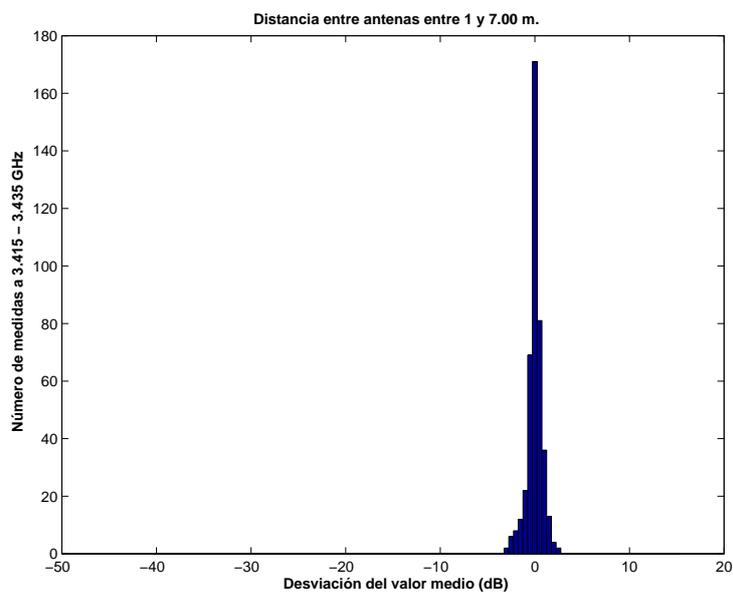


Figura 5.663: Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

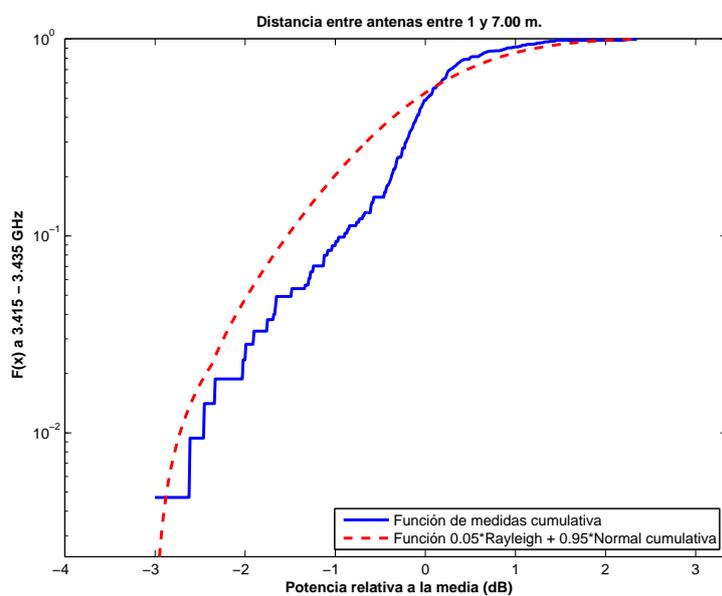


Figura 5.664: CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 1.40 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.665 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por una paralela a las pérdidas en espacio libre, con algo más de 3 dB de pérdidas, introducidas por el polarizador.

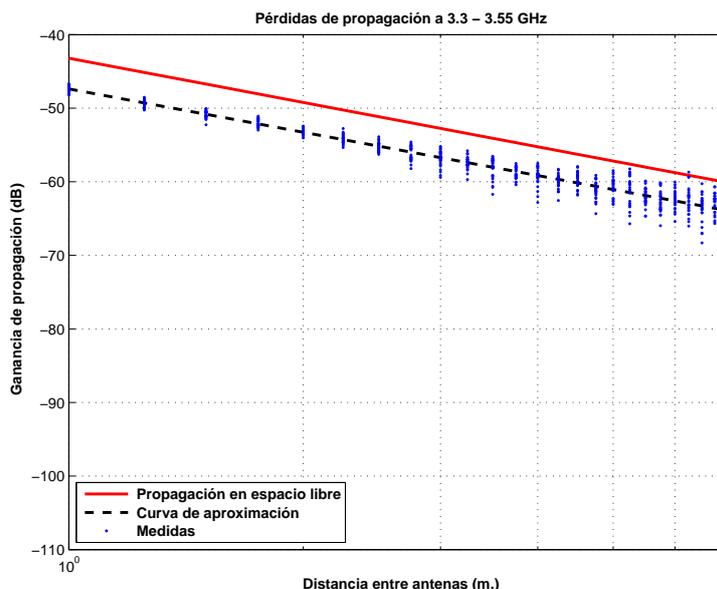


Figura 5.665: Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 47,38 + 19,56 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.666. Dicha desviación no se ajusta ni a una distribución Rayleigh ni a una Normal. El mejor ajuste al que se puede llegar es a una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.667.

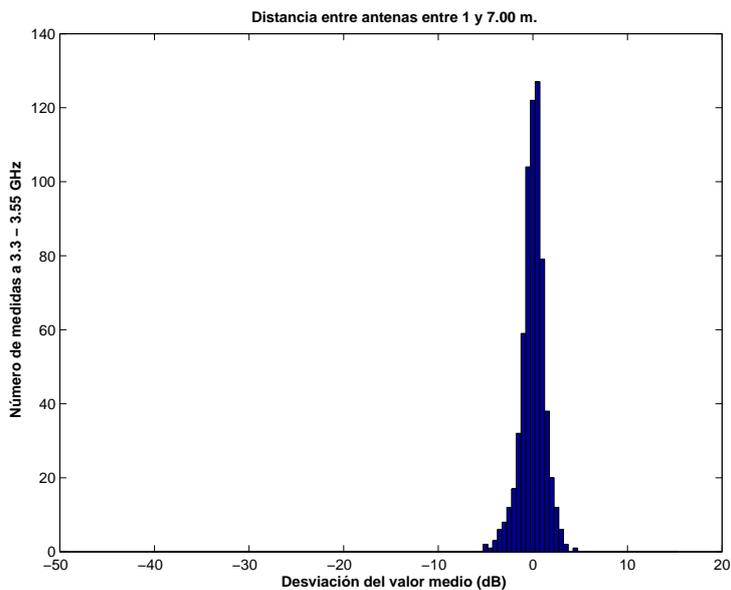


Figura 5.666: Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

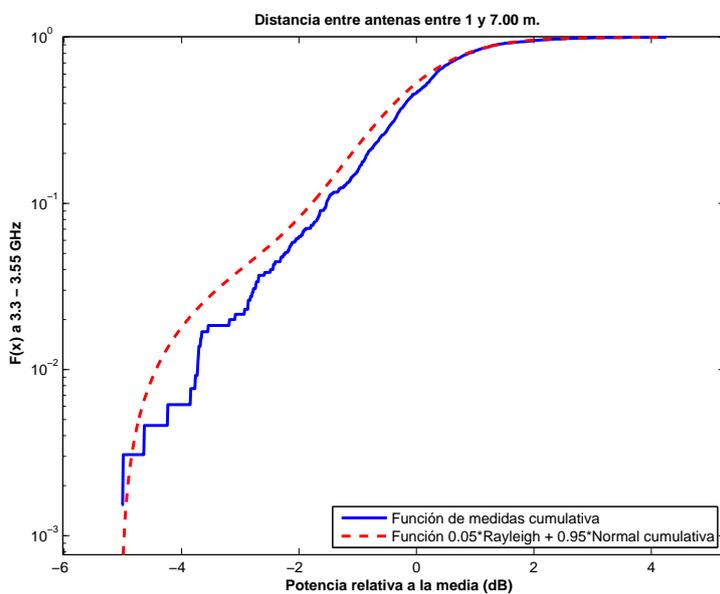


Figura 5.667: CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.668 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura se pueden apreciar un tramo que se puede aproximar por una paralela a las pérdidas en espacio libre, con algo más de 3 dB de pérdidas, introducidas por el polarizador.

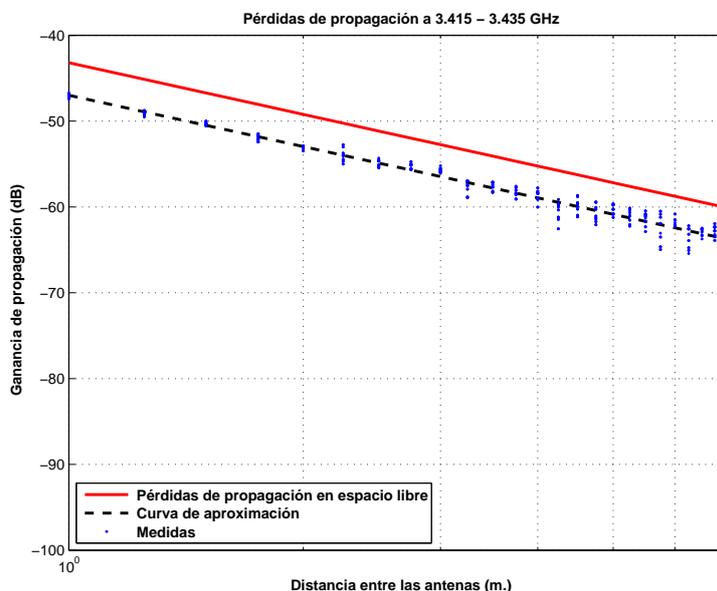


Figura 5.668: Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = 47,00 + 19,84 * \log_{10}(d);$$

La desviación del valor medio de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.669. Esta aproximación se puede ajustar con una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.670.

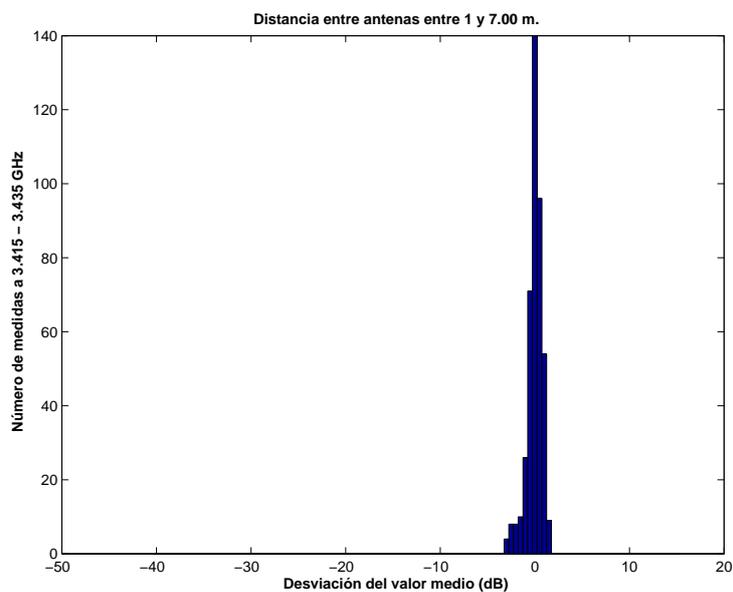


Figura 5.669: Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

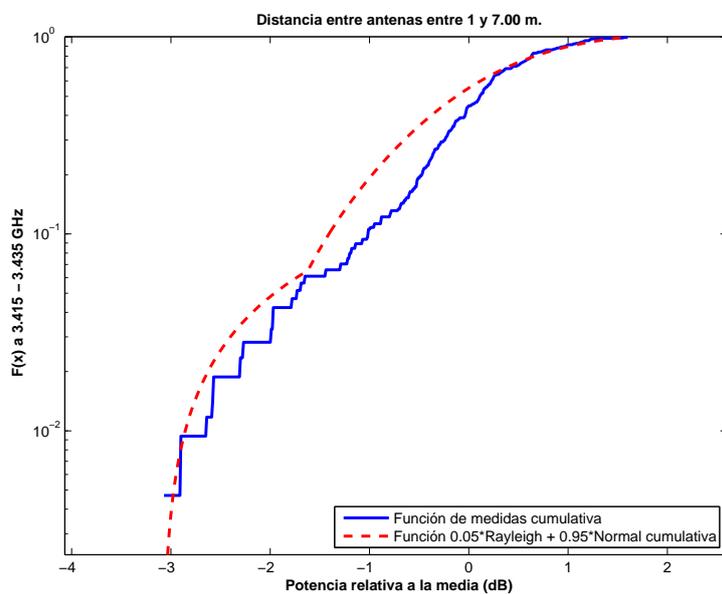


Figura 5.670: CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 1.40 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 7 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes sin polarizador

La Figura 5.671 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 7 m., en este caso a 2.5 m.

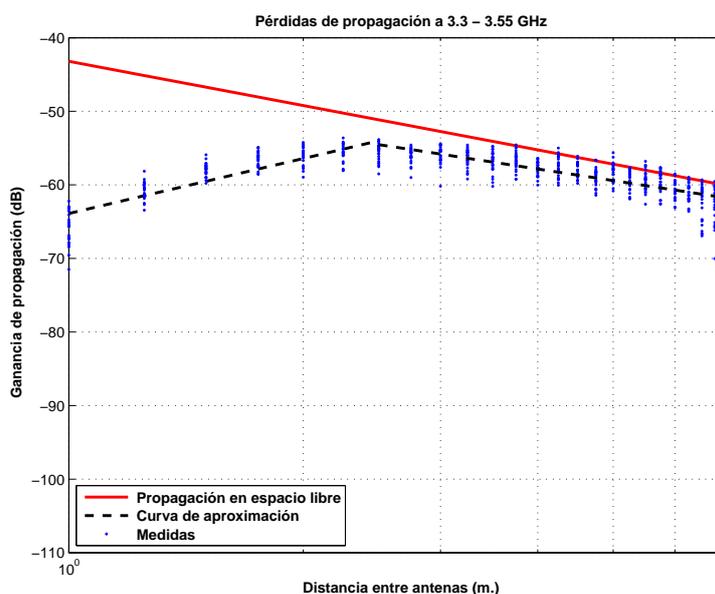


Figura 5.671: Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 63,88 + (-24,81) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 2,5 \text{ m.} \\ 54,53 + 16,26 * \log_{10}(d/2,5); & \text{si } d > 2,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.672 y se puede ajustar con una combinación de 2 % Rayleigh y 98 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.673.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.674 y se puede ajustar con una combinación de 2 % Rayleigh y 98 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.675.

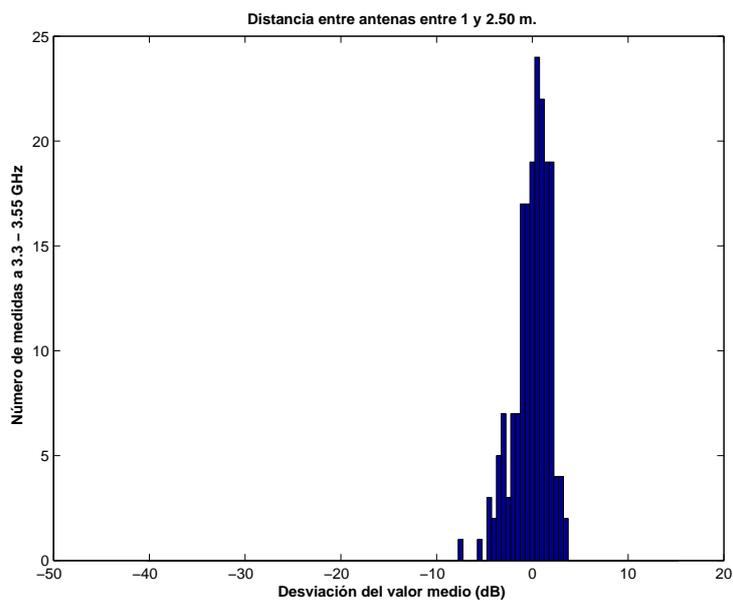


Figura 5.672: Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.5 m. de distancia entre antenas.

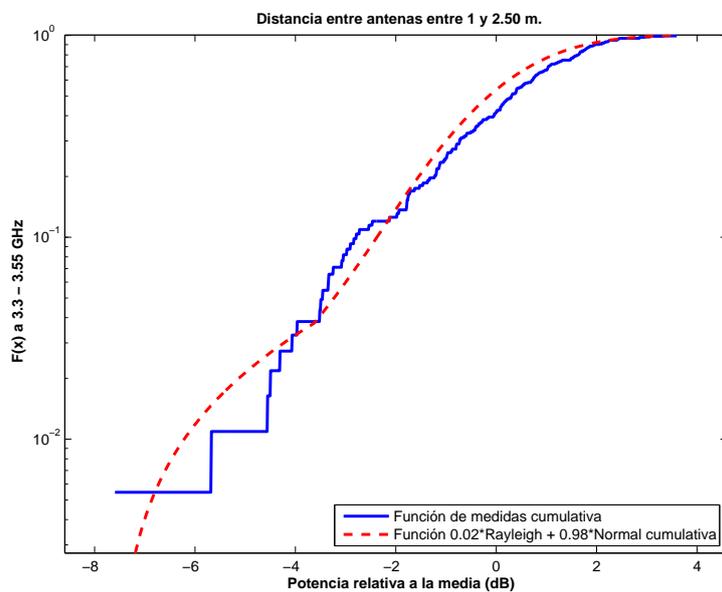


Figura 5.673: CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.5 m. de distancia entre antenas.

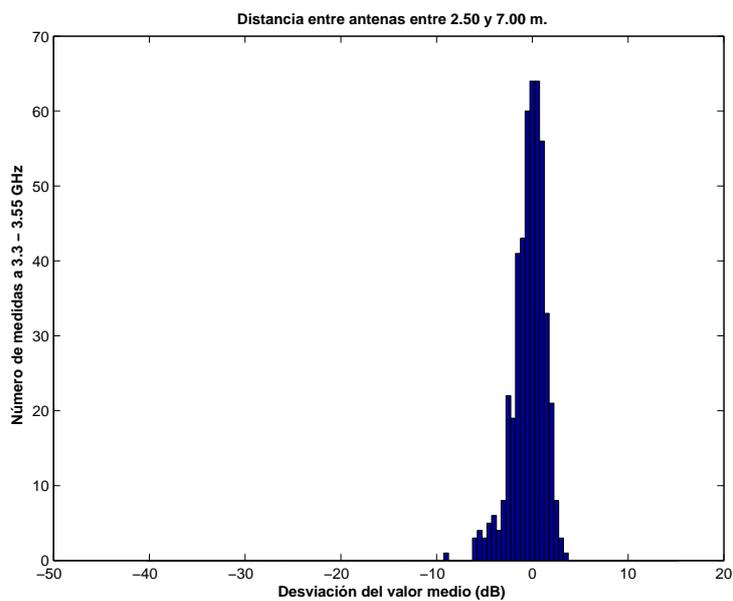


Figura 5.674: Histograma 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.5 y 7 m. de distancia entre antenas.

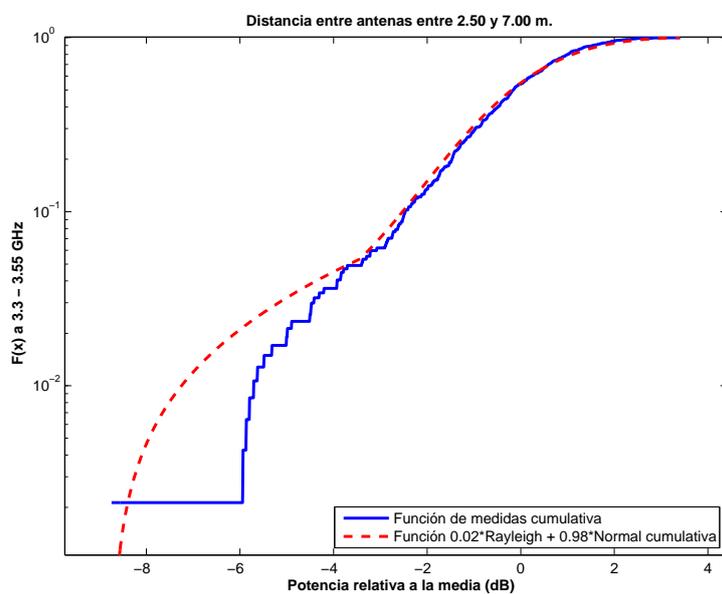


Figura 5.675: CDF 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.5 y 7 m. de distancia entre antenas.

La Figura 5.676 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 7 m., en este caso a 2.5 m.

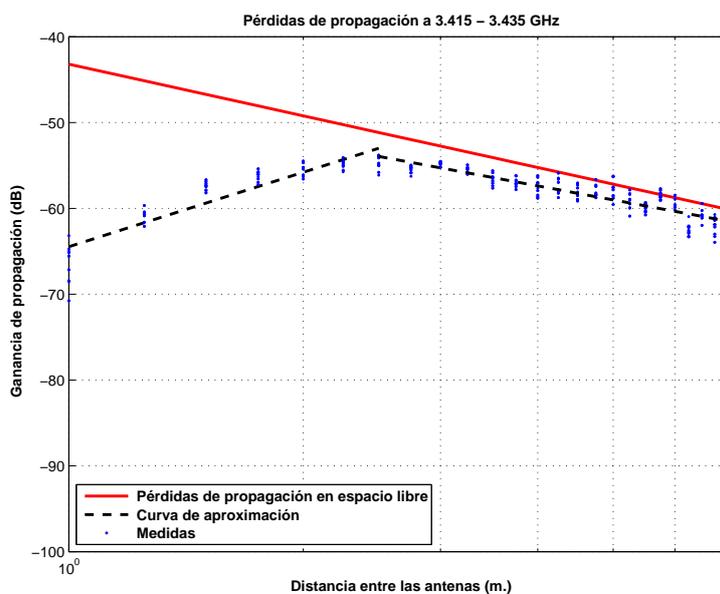


Figura 5.676: Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m., con 4 parches, sin polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 64,46 + (-28,81) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 2,5 \text{ m.} \\ 53,94 + 16,84 * \log_{10}(d/2,5); & \text{si } d > 2,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.677. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 1$, Figura 5.678.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.679. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.680.

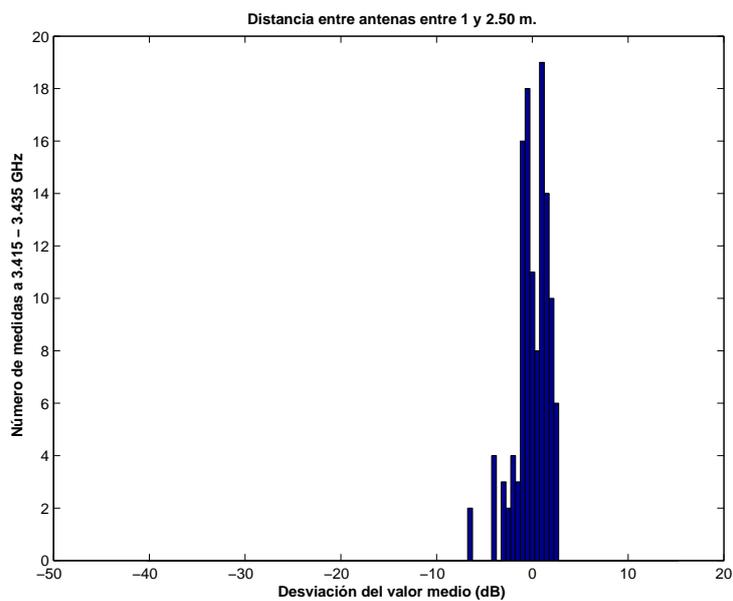


Figura 5.677: Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.5 m. de distancia entre antenas.

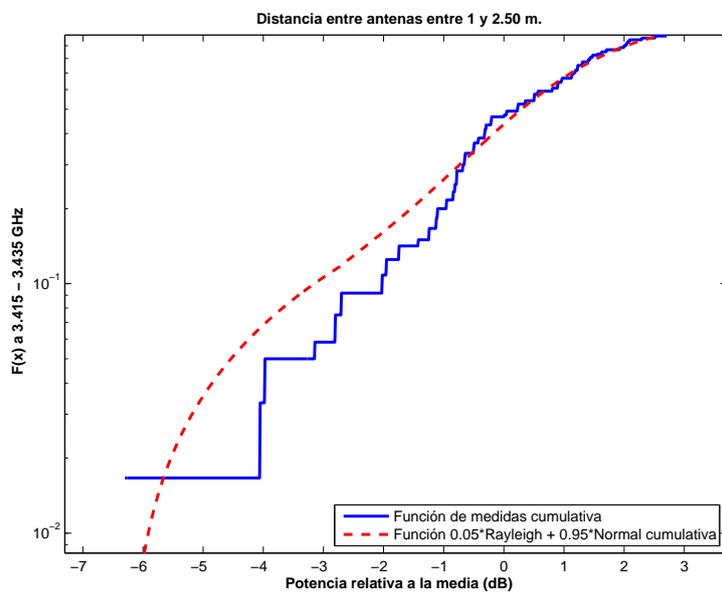


Figura 5.678: CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.5 m. de distancia entre antenas.

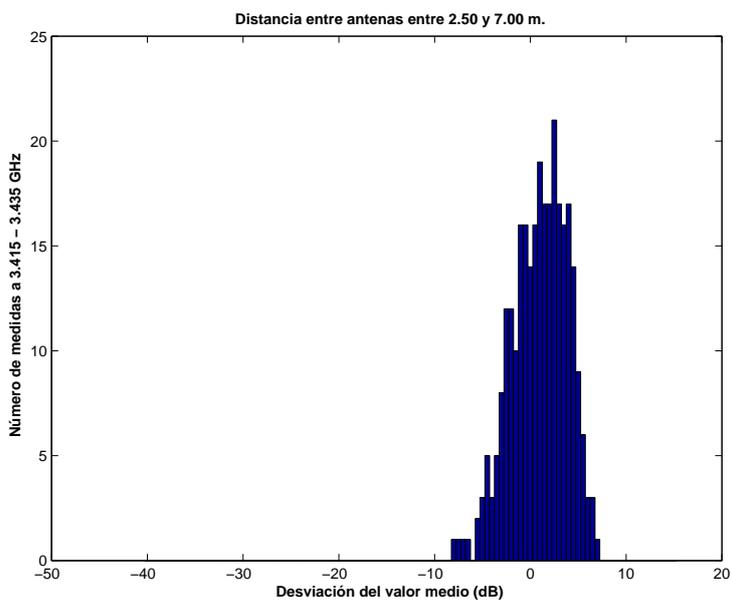


Figura 5.679: Histograma 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.5 y 7 m. de distancia entre antenas.

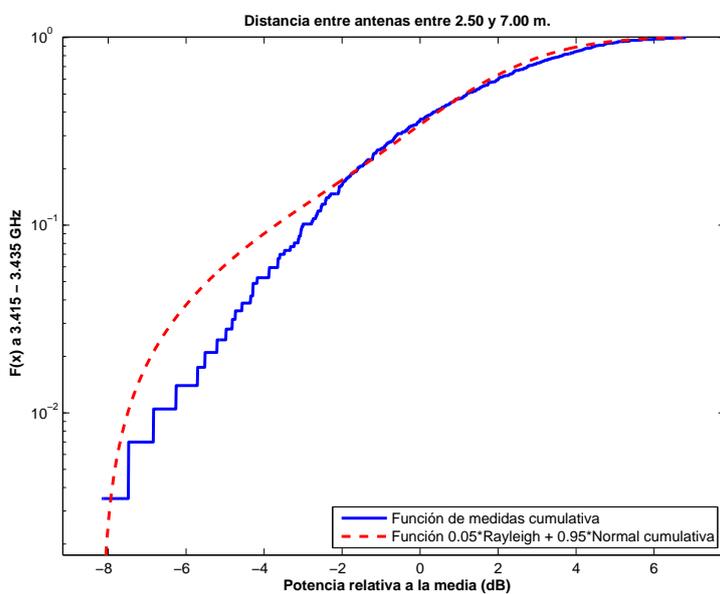


Figura 5.680: CDF 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, sin polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.5 y 7 m. de distancia entre antenas.

Antenas a 2.50 m. con 4 elementos radiantes con polarizador

La Figura 5.681 representa las pérdidas de propagación en toda la banda (3.3 - 3.55) GHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 7 m., en este caso a 2.5 m. Caso similar al de la Figura 5.671 incluyendo una pérdida de 3 dB introducidos por el polarizador.

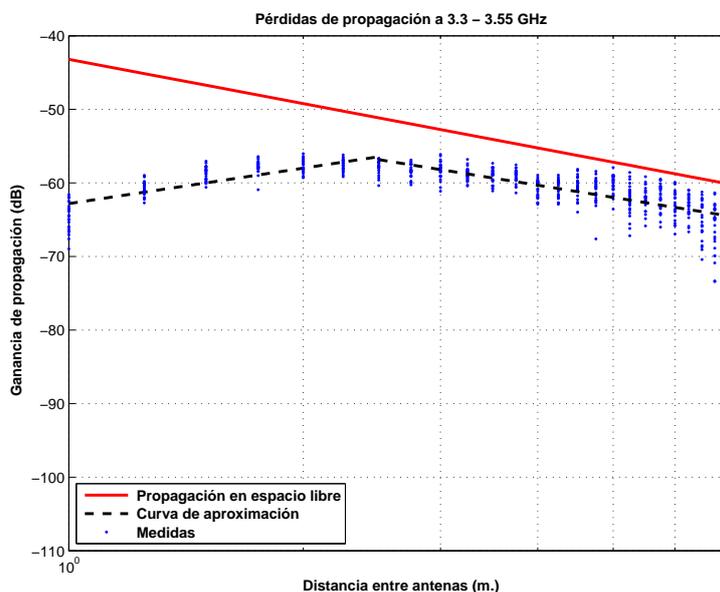


Figura 5.681: Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.3 a 3.55 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 62,81 + (-16,02) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 2,5 \text{ m.} \\ 56,83 + 17,06 * \log_{10}(d/2,5); & \text{si } d > 2,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.682 y se puede ajustar con una combinación de 3 % Rayleigh y 97 % Normal con $\sigma = 1$ y $\mu = 0$, Figura 5.683.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.684 y se puede ajustar con una combinación de 2 % Rayleigh y 98 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.685.

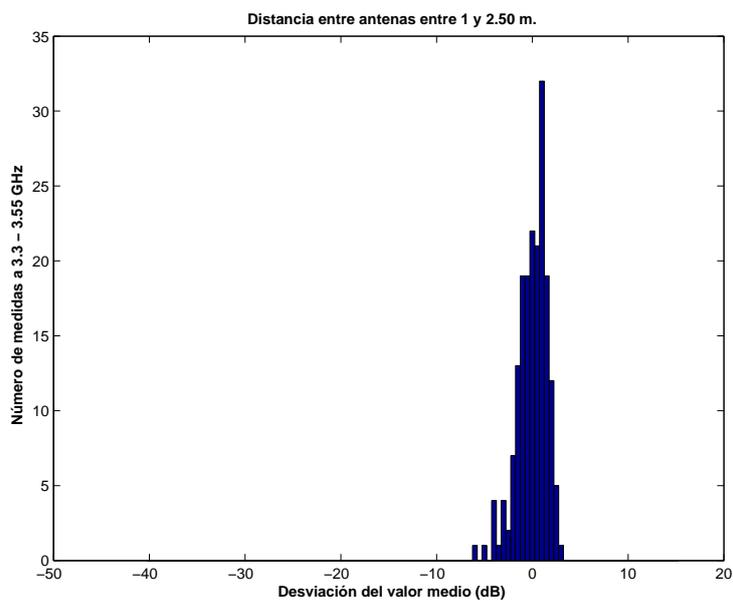


Figura 5.682: Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.50 m de distancia entre antenas.

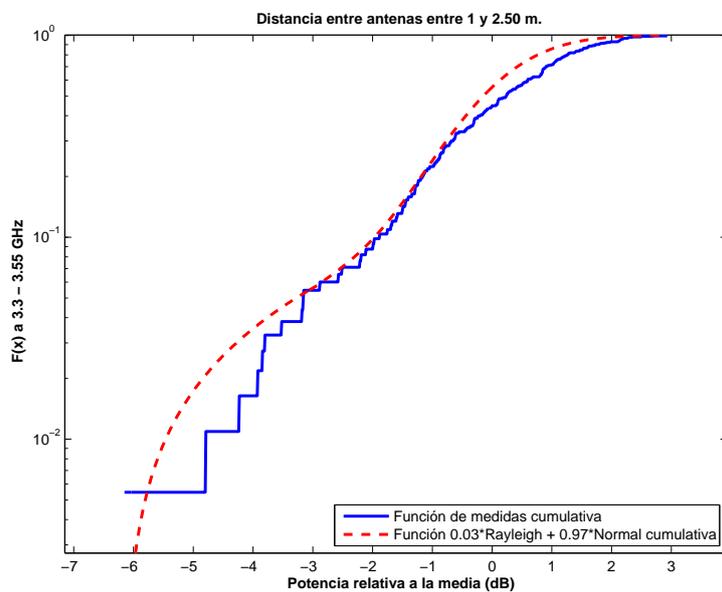


Figura 5.683: CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 1 y 2.50 m de distancia entre antenas.

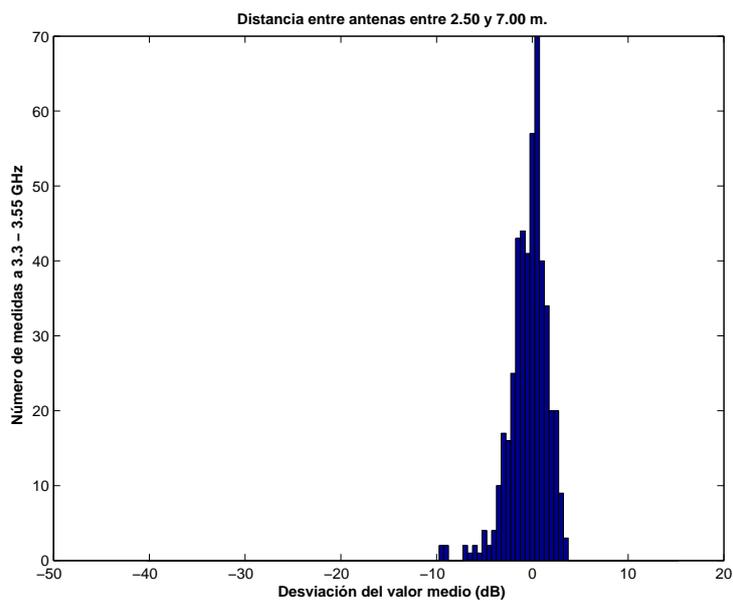


Figura 5.684: Histograma 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.50 y 7 m de distancia entre antenas.

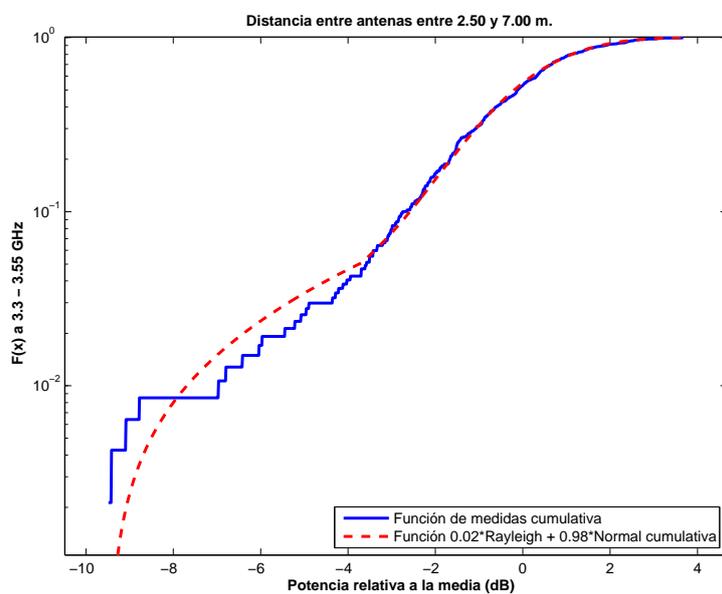


Figura 5.685: CDF 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.3 y 3.55 GHz, y 2.50 y 7 m de distancia entre antenas.

La Figura 5.686 representa las pérdidas de propagación en un canal de 20 MHz, en función de la distancia de separación entre las antenas. En dicha figura la ganancia de la antena transmisora aumenta con el aumento de la distancia de separación hasta un máximo, en la distancia de separación máxima del escenario. Sin embargo, las pérdidas de propagación aumentan con la distancia de propagación y por ello se espera un mínimo de pérdidas a una distancia entre 1 y 7 m., en este caso a 2.5 m. Caso similar al de la Figura 5.676 incluyendo una pérdida de 3 dB introducidos por el polarizador.

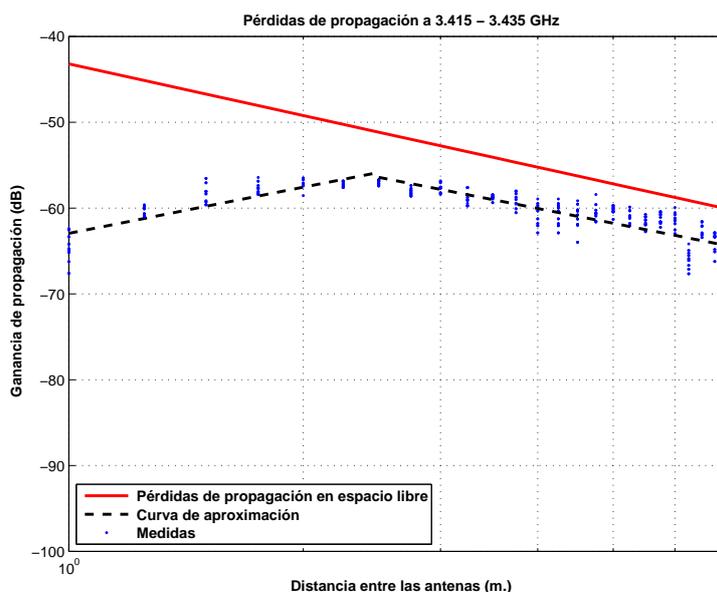


Figura 5.686: Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m., con 4 parches, con polarizador, de 3.415 a 3.435 GHz.

$$L_{pmedio}(dB) = \begin{cases} 62,94 + (-17,83) * \log_{10}(d); & \text{si } d \leq 2,5 \text{ m.} \\ 56,41 + 17,80 * \log_{10}(d/2,5); & \text{si } d > 2,5 \text{ m.} \end{cases}$$

La desviación del valor medio de la primera parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.687. Esta primera parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 1,5$ y $\mu = 0$, Figura 5.688.

La desviación del valor medio de la segunda parte de la aproximación se representa por el histograma de la Figura 5.689. Esta segunda parte de la aproximación se puede ajustar con una combinación de 5 % Rayleigh y 95 % Normal con $\sigma = 2$ y $\mu = 2$, Figura 5.690.

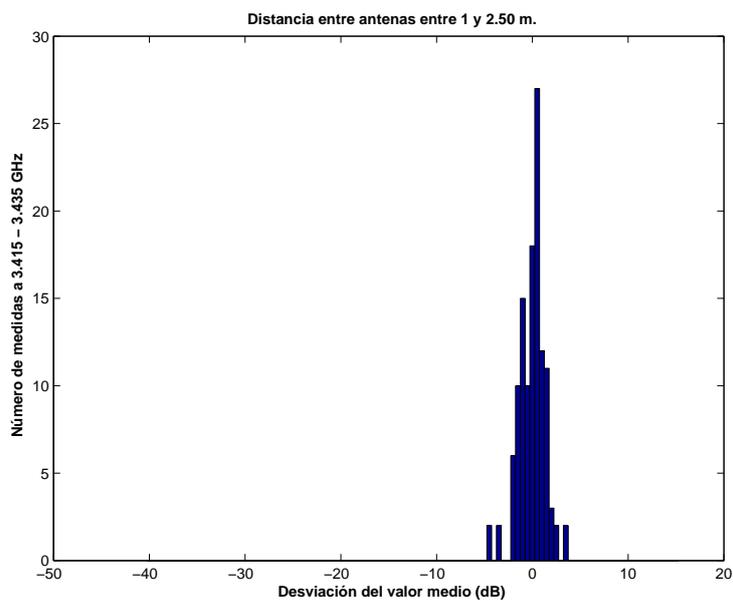


Figura 5.687: Histograma 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.50 m de distancia entre antenas.

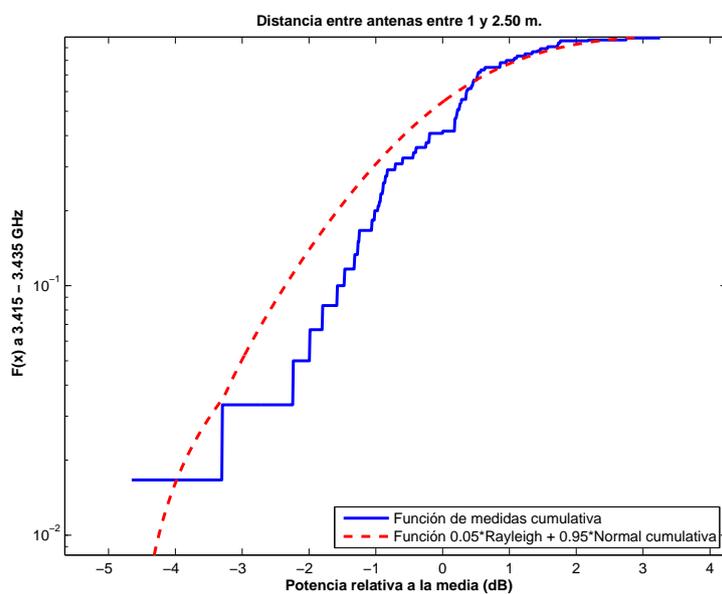


Figura 5.688: CDF 1 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 1 y 2.50 m de distancia entre antenas.

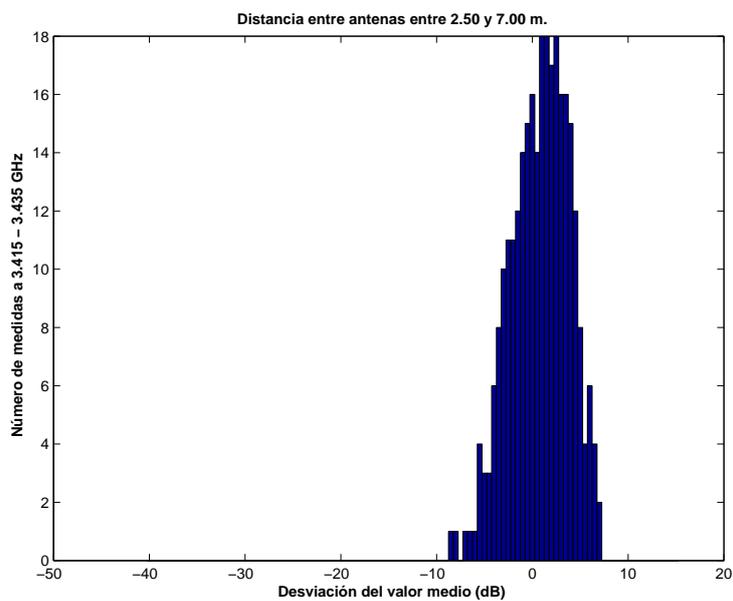


Figura 5.689: Histograma 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.50 y 7 m de distancia entre antenas.

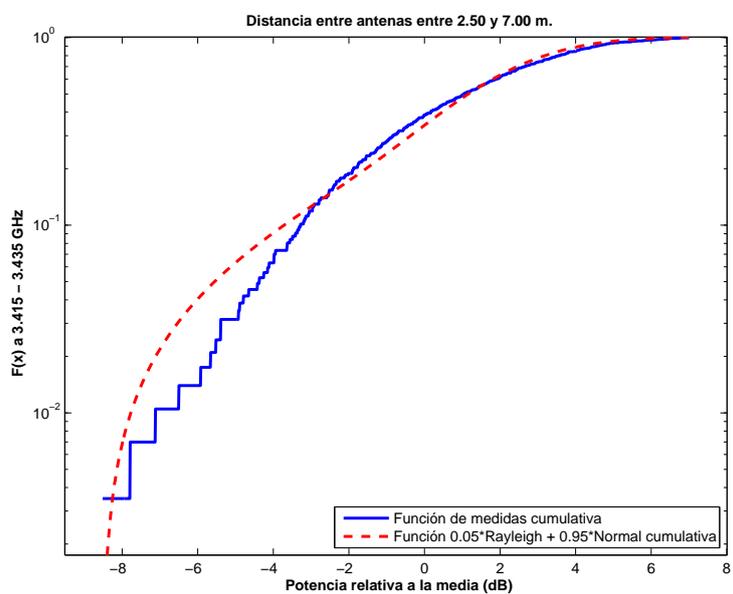


Figura 5.690: CDF 2 del Laboratorio 7 con plancha a un lado, a 2.50 m. de altura, con 4 parches, con polarizador, entre 3.415 y 3.435 GHz, y 2.50 y 7 m de distancia entre antenas.

6

Conclusiones y trabajo futuro

6.1. Conclusiones

En las tecnologías inalámbricas, es imprescindible realizar un estudio de canal para la correcta implantación de dicho sistema, ya que el estudio nos proporciona datos y, por lo tanto, herramientas de estimación para la correcta distribución de los distintos elementos que conforman dicha implantación. El estudio del canal de propagación es el centro de este Proyecto Fin de Carrera, obteniendo datos sobre las pérdidas de propagación en escenarios dentro de edificios, lo que puede dar una idea muy aproximada de la potencia de transmisión y la ganancia de las antenas que se necesitaría para cumplir unos requerimientos en un sistema basado en WiMAX en particular, así como su posicionamiento en un escenario dentro de un edificio.

Las conclusiones de los datos obtenidos de las pérdidas de propagación en los escenarios estudiados en este Proyecto Fin de Carrera son:

- Cuanta más ganancia tiene la antena, menos sensible es la señal propagada al multitrayecto y menos dispersión presentan sus medidas.
- Cuanto más ancho sea el pasillo, menos sensible es la señal propagada al multitrayecto y menos dispersión presentan sus medidas.
- En distancias cortas, menos de 4 - 5 m, entre el transmisor y el receptor, la distribución de la dispersión de las medidas se asemeja a una distribución Normal porque apenas existe multitrayecto.
- En distancias largas, más de 4 - 5 m, entre el transmisor y el receptor, la distribución de la dispersión de las medidas se asemeja a una combinación de distribución Rayleigh y Normal porque aparece el multitrayecto. El valor de distribución Rayleigh frente a normal aumenta según aumente la influencia del multitrayecto.
- En los escenarios estudiados, el multitrayecto no hace que el campo gire.
- A distancias cortas y a igual altura entre transmisor y receptor, las pérdidas de propagación se asemejan a las pérdidas en espacio libre.
- Cuanto más estrecho es un escenario, más se reducirá el coeficiente de propagación a larga distancia, obteniendo menos pérdidas que las ideales en espacio libre.
- El polarizador introduce 3 dB de pérdidas de media. A larga distancia aumenta las pérdidas con respecto al mismo caso sin el polarizador. Debe usarse sólo los casos en que el transmisor y el receptor no se encuentren con la misma polarización.
- Las taquillas metálicas influyen negativamente en la propagación, generando más pérdidas que si no existieran taquillas.
- Los equipos del laboratorio (PCs, pantallas, multímetros, etc...) no influyen en el campo, posiblemente debido a que la separación de los mismos es suficiente para que no interfiera.
- La plancha del laboratorio 7 no influye en el campo, el comportamiento del mismo es muy similar al caso en el que no existe dicha plancha.

6.2. Trabajo futuro

Se propone como trabajo futuro:

- Elaborar una campaña de medidas como la que se ha desarrollado con la señal modulada.
- Elaborar una campaña de medidas para las pérdidas de inserción con la antena de 4 parches y la nueva antena que se está desarrollando en la UAM y que contará con una ganancia de ≈ 22 dB.
- Realizar un estudio, análogo al que se ha desarrollado, con otras bandas de frecuencia.
- Realizar un estudio, análogo al que se ha desarrollado, con polarización horizontal.
- Realizar un estudio, análogo al que se ha desarrollado, con dos antenas con polarización circular.
- Estudiar escenarios exteriores y la influencia de los árboles en el enlace radioeléctrico.

Referencias

- [1] 802.11b, 802.11g and 802.11n Specifications, IEEE-SA Standards Board. 1999, 2002, 2009.
- [2] Pablo Andrés Núñez López: “Estudio de la propagación de señales electromagnéticas en edificios en bandas de WiFi y WiMAX”, Proyecto Fin de Carrera UAM, 2009.
- [3] González Fernández, Fernando: “Diseño de antena impresa de banda ancha y polarización circular para sistemas WiMAX a 3.5 GHz”, Proyecto Fin de Carrera UAM, 2008.
- [4] Wireless communications principles and practices, T. S. Rappaport, 2002, Prentice-Hall.
- [5] J. M. Keenan and A. J. Motley: “Radio coverage in buildings” British Telecom Technol. J., pp. 19-24, Jan. 1990.
- [6] “Electromagnetic Radiation and How It Affects Your Instruments. Near field vs. Far field.”, OSHA, Cincinnati Technical Center, May. 1990.
- [7] Balanis, Constantine A.: “Antenna theory analysis and design”, 2nd edition, John Wiley & sons inc., 1997.
- [8] Tobias Koch and Amos Lapidot: “Gaussian Fading is the Worst Fading” ETH Zurich, Apr. 2008.
- [9] Bazil Taha Ahmed: “Antenas 2, RRI” Universidad Autónoma de Madrid, Sep. 2008.



Publicaciones

A.1. RF PROPAGATION IN INDOOR ENVIRONMENT AT WIMAX BAND OF 3.5 GHZ

J.L. Masa-Campos, J.M. Lalueza-Mayordomo and Bazil Taha-Ahmed “RF propagation in indoor environment at wimax band of 3.5 GHz” , Journal of Electromagnetic Waves and Applications, Vol. 24, No. 17/18, 2495-2508, 2010. Factor de impacto: 1.551.

Esta publicación muestra por primera vez las pérdidas indoor en un canal de 20 MHz centrado en 3.5 GHz en los escenarios más comunes y característicos en edificios: pasillo muy ancho, en este caso el del edificio C; pasillo estrecho, de 1.2 m. de ancho; y pasillo semiabierto con taquillas metálicas a uno de los lados. La distribución de la dispersión de las pérdidas también ha sido analizada, comparándola con los modelos de distribución teóricos Normal, Rayleigh o combinación de los dos. Para el pasillo estrecho las pérdidas son de tipo combinación Rayleigh y Normal. Con la antena a 2.5 m. de altura e inclinada, para distancias menores a 4.5 m. las pérdidas son de tipo combinación Rayleigh y Normal, mientras que para distancias mayores son de tipo Rayleigh. Para el pasillo semiabierto, las pérdidas son de tipo Rayleigh. Y para el pasillo muy ancho, a distancias pequeñas, las pérdidas son de tipo Normal, mientras que para distancias grandes son de tipo combinación Rayleigh y Normal.

RF PROPAGATION IN INDOOR ENVIRONMENT AT WIMAX BAND OF 3.5 GHz

**J. L. Masa-Campos, J. M. Lalueza-Mayordomo
and B. Taha-Ahmed**

Radiocommunication and Optic Communication Group
Electronic and Communication Technology Department
Autonoma University of Madrid
Francisco Tomas y Valiente 11, Madrid 28049, Spain

Abstract—The purpose of this study is to characterize the indoor channel for IEEE 802.16 (WiMAX) at 3.5 GHz frequency band. This paper presents a channel model based on measurements conducted in commonly found scenarios in buildings. These scenarios include narrow corridor, wide corridor (a passage) and semi open corridor. Path loss equations are determined using log-distance path loss model and a Gaussian (Normal) or Rayleigh fading. Sometimes a combination of both fadings takes place. A numerical analysis of the measurements in each scenario was conducted, and the study determined equations that described path loss for each scenario. Propagation loss for a 20 MHz bandwidth is given. Our contribution is to show for the first time that indoor fading can be represented by Normal, Rayleigh or a combination of both.

1. INTRODUCTION

The design and deployment of wireless broadband access systems, notably of WiMAX [1], represents nowadays one of the main challenges for telecommunication service providers, which need to perform cost/performance analyses, the costs being related to infrastructure deployment, required bandwidth and power consumption and the benefits to offered bit rate and coverage.

Different coverage strategies are used to guarantee higher bit rates both in outdoor and indoor environments. In order to support WiMAX broadband mobile access also in indoor environments the

introduction of WiMAX picocells and femtocells is needed in addition to conventional macrocellular and microcellular base stations. Due to the high penetration loss at the 3.5 GHz WiMAX frequency operation, picocells and/or femtocells base stations are likely to be essential to provide good indoor service quality.

Therefore, a layered cellular structure is expected for WiMAX coverage. This implies that propagation phenomena will be very different for each cellular layer, and a suitable and adaptable propagation model will be required to correctly evaluate WiMAX coverage in all different propagation conditions.

The study of indoor propagation is of vital importance since it can be used in many applications, namely, indoor communications and localization [2–4]. In [5], a theoretical treatment of propagation in indoor environment has been given. Meanwhile in [6], a mode based approach for characterizing RF propagation in conduits has been given. Cut-off frequency of each mode of propagation has been obtained. In [7], indoor propagation loss at 2.4 GHz band has been presented. Studied zones are a closed corridor, an open corridor and a classroom. Results show that propagation loss deviation from the mean value can be presented by Gaussian distribution with $\sigma \approx 1$ dB for all the cases. In [8], propagation losses are measured in different frequency bands (1, 2.4 and 5.8 GHz) within an arched cross section tunnels. Results show that fast fading could be represented by Rayleigh distribution. The used antennas were wideband horn antennas with a gain of 9.2 dBi at 2.4 GHz and 10.1 dBi at 5.8 GHz. In [9], propagation loss in narrow tunnels is presented. Measurements results at 374 MHz, 915 MHz, and 2400 MHz are given. Studied scenarios were unobstructed, line of site (LOS), Obstructed LOS, *T*-junction NLOS and L-bend NLOS. Results show that deviation from the mean value could be presented by Gaussian distribution. Antennas used at 2.4 GHz, have a gain of 6.5 dBi. In [10], different propagation models for coverage prediction of WiMAX microcellular and picocellular urban environments and for WiMAX indoor femtocells at 3.5 GHz are compared with experimental data. Results obtained for different urban and indoor environments show that statistical models are quite far from good agreement with experimental data while deterministic ray-tracing models provide appropriate prediction in all different complex analyzed environments. The modeling of new WLAN models for indoor and outdoor environments is presented in [11]. Based on the standard Opnet models for WLAN nodes, the propagation loss estimation for these two types of environment has been improved. Paper [12] describes and evaluates a new algorithm for the purpose of Indoor propagation prediction for centimetric waves. The approach

shown in this paper started from formalism similar to the famous transmission line model approach in the frequency domain. In [13], the radio channel characterization of an underground mine at 2.4 GHz is investigated. Propagation loss as a function of the distance between the transmitter and the receiver has been presented. Delay spread has been also given. In [14], the propagation modes and the temporal variations along a lift shaft in UHF band have been given. Moreover, propagation in corridors, as well as tunnels and urban street canyons has been studied in [15, 16].

In this paper, the authors present a model to characterize the indoor channel for WiMAX at 3.5 GHz frequency band in commonly found building scenarios. Equations to describe path loss have been determined from the analysis of measurement results in each scenario. 20 MHz bandwidth has been selected since it is the maximum bandwidth of a given WiMAX channel. This work also presents the insertion loss of different materials and the obstruction loss due human beings between the transmitting and receiving antennas.

2. PROPAGATION MODEL

In indoor environment, propagation could be due to the direct ray and four reflection rays (reflection from side walls, ground and ceil). For a medium distance (higher than the width of the studied zone) between the transmitting antenna and the receiving one, multi reflection rays also exist. Thus, in general, indoor propagation cannot be represented by the Two Rays Model (direct ray and ground reflection one).

For a short distance between the transmitting and receiving antennas (d), the propagation loss for an indoor environment is given by:

$$L_p = L_o + 10 n_1 \log_{10} \left(\frac{d}{d_o} \right) + \xi_1, \quad (1)$$

where L_o is the propagation loss at the reference distance d_o (1 m in our case); n_1 is the propagation exponent; and ξ_1 is a random variable (Normal, Rayleigh or a combination of both) that represents the deviation from the mean value.

Sometimes, second mode of propagation exists due to the waveguide mode of propagation which is generated in narrow corridors. In this case, the propagation loss at a distance d higher than the breakpoint distance d_b can be written as:

$$L_p \text{ (dB)} = \begin{cases} L_o + 10 n_1 \log_{10}(d_b) + \xi_1, & d \leq d_b \\ L_1 + 10 n_2 \log_{10}(d/d_b) + \xi_2, & d > d_b \end{cases}, \quad (2)$$

where L_1 is the propagation loss of the distance d_b at which the waveguide mode starts, and n_2 is the second propagation exponent usually lower than n_1 . ξ_2 is a random variable (Normal, Rayleigh or a combination of both) that represents the deviation from the main value. In wide indoor environment, n_2 will be in general higher than 2 (3 to 4). Equation (2) represents the commonly known two slopes propagation model [17, 18]. For the indoor environment with the transmitting antenna mechanically inclined pointing at a given distance, L_o will have a value higher than the propagation loss in free space. L_1 will have a value lower than L_o . The first propagation exponent n_1 will have a negative value mean while n_2 has a positive one.

3. MEASUREMENT CAMPAIGN

A Network Analyzer (6 GHz ZVL of Rohde & Schwarz) has been used to measure the propagation loss at the WiMAX band of (3.3–3.6) GHz. Calibration has been carried out with a 20 m cable. The gain of the two directional patch antennas [19] used in the study has been measured with an error lower than 0.1 dB using the standard method (by comparison of received power between the measured antenna and a calibrated standard horn antenna). It has been found that the antenna gain for both transmitting (Tx) and receiving (Rx) antennas is 6.9 dB. 70° and 75° beamwidth values (half power criteria) in both E and H planes have been measured, with very low front to back radiation (< -30 dB) and crosspolar levels (< -20 dB) over the desired vertical polarization. In this way, the propagation loss is the sum of the gain of the two antennas used in the measurements plus the reading of the network analyzer. It is believed that the measurement error is lower than 0.3 dB. The transmitted power in all the measurements was 10 dBm, with a receiver resolution bandwidth of 100 KHz, and the Rx antenna is separated from the Tx antenna (fix) from 1 to 18 m. Measurements have been carried out in different sites within the Escuela Politecnica Superior of the Universidad Autonoma de Madrid. Fig. 1 and Table 1 illustrate the measurement system set up and the main dimensions of the studied scenarios.

As Fig. 1(b) shows, scenario 1 consists of a semi open corridor with metallic lockers in the right wall and mainly open air in the left wall. Scenarios 2 and 3 are set in a narrow corridor with a total length of 18 m (Fig. 1(c)). The difference between them is the transmitting antenna height (h_{Tx}) and main beam down tilt (θ_{Tx}). In scenario 3 case, the θ_{Tx} value has been fixed to point the main lobe of the Tx antenna at a distance of 16 m. Finally, as Fig. 1(d) shows, scenario 4 is

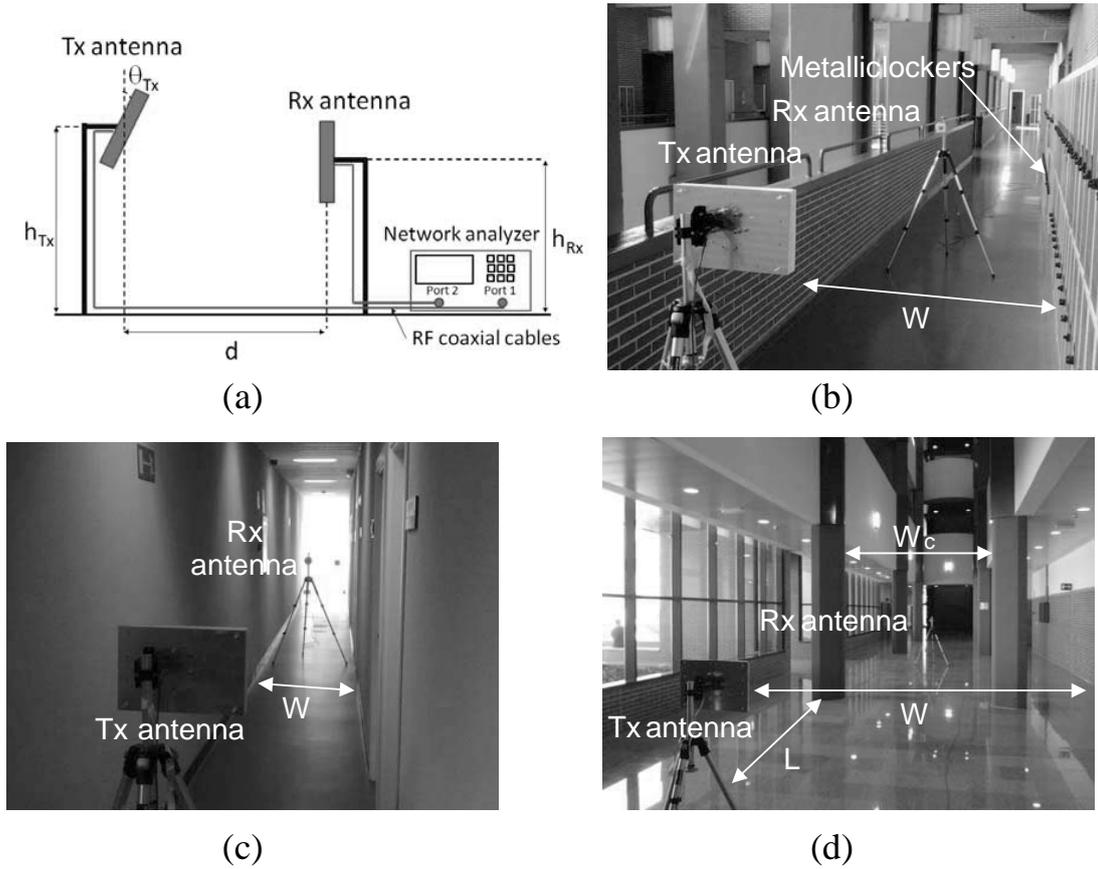


Figure 1. Measurement scenarios: (a) Set up, (b) scenario 1: semi open corridor, (c) scenarios 2 & 3: narrow corridor, (d) scenario 4: wide corridor.

Table 1. Measurement set up dimensions.

Scenario	h_{Tx} (m)	h_{Rx} (m)	W (m)	θ_{TX} ($^{\circ}$)
1	1.4	1.4	3	0
2	1.4	1.4	1.2	0
3	2.5	1.4	1.2	9
4	1.4	1.4	8	0

a wide corridor with two columns separated by a distance of $W_c = 4$ m between them, and $L = 8$ m from the transmitting antenna.

4. RESULTS

In this section, some of the results of the measurements campaign are shown. In all cases, a 20 MHz bandwidth and a 3.45 GHz central

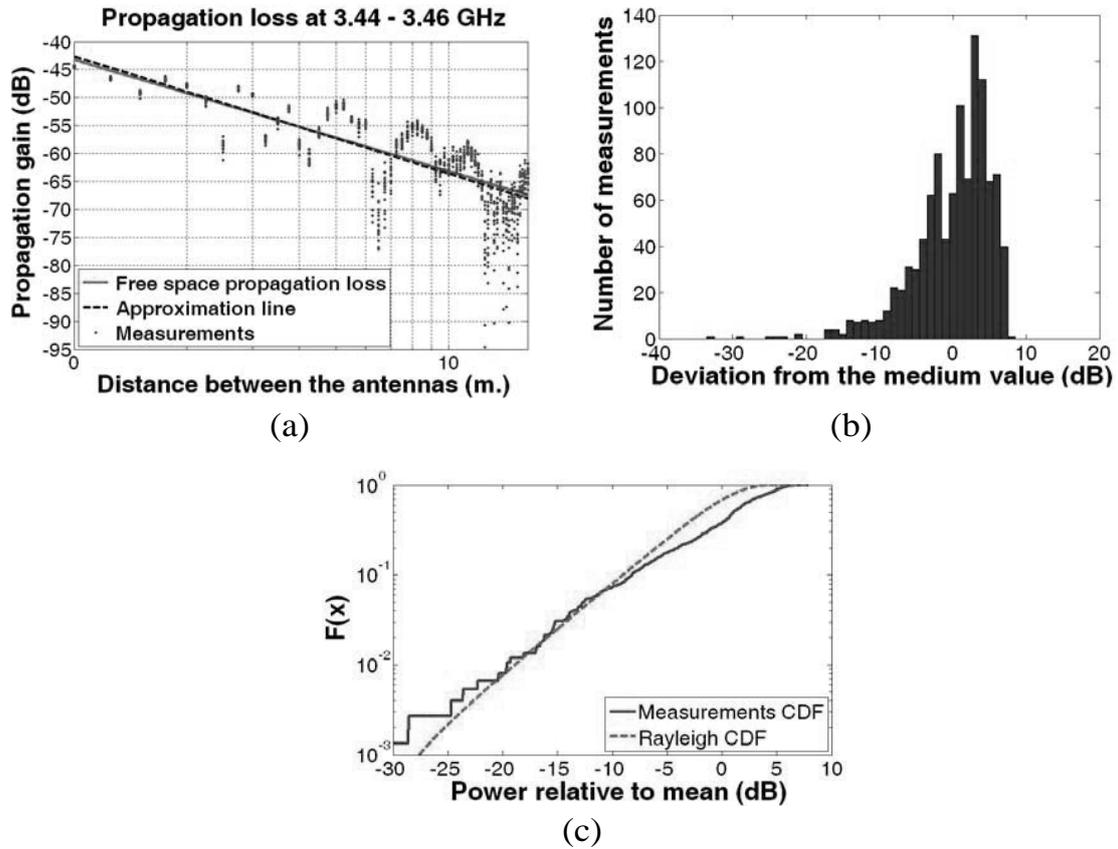


Figure 2. Propagation loss for scenario 1: (a) Propagation loss regression as a function of the Tx antenna distance, (b) histogram of the normalized measured propagation loss, (c) CDF (Cumulative Distribution Function) of the measurements.

frequency have been considered. Firstly, the results for scenario 1 are shown. From Fig. 2(a), it can be noticed that the propagation loss can be presented by the one slope propagation loss model given by (1). The propagation exponent has been obtained as 2.1. The difference between the free space propagation and the measured results is due to the metallic lockers that represent a source of multi-reflections. Mean value of the propagation loss is given by:

$$L_p(\text{dB}) = 42.62 + 21 \log_{10}(d) \quad (3)$$

Figure 2(b) represents the histogram of measured points. Fig. 2(c) represents the CDF of the measurements within the entire path, which can be approximated by a Rayleigh Distribution.

Secondly, the measurement results for scenario 2 are presented. Both transmitting and receiving antennas are at a height of 1.4 m. From Fig. 3(a), two modes of propagation can be noticed. The first one is the deformed LOS mode till 4.25 m, and then it converts into

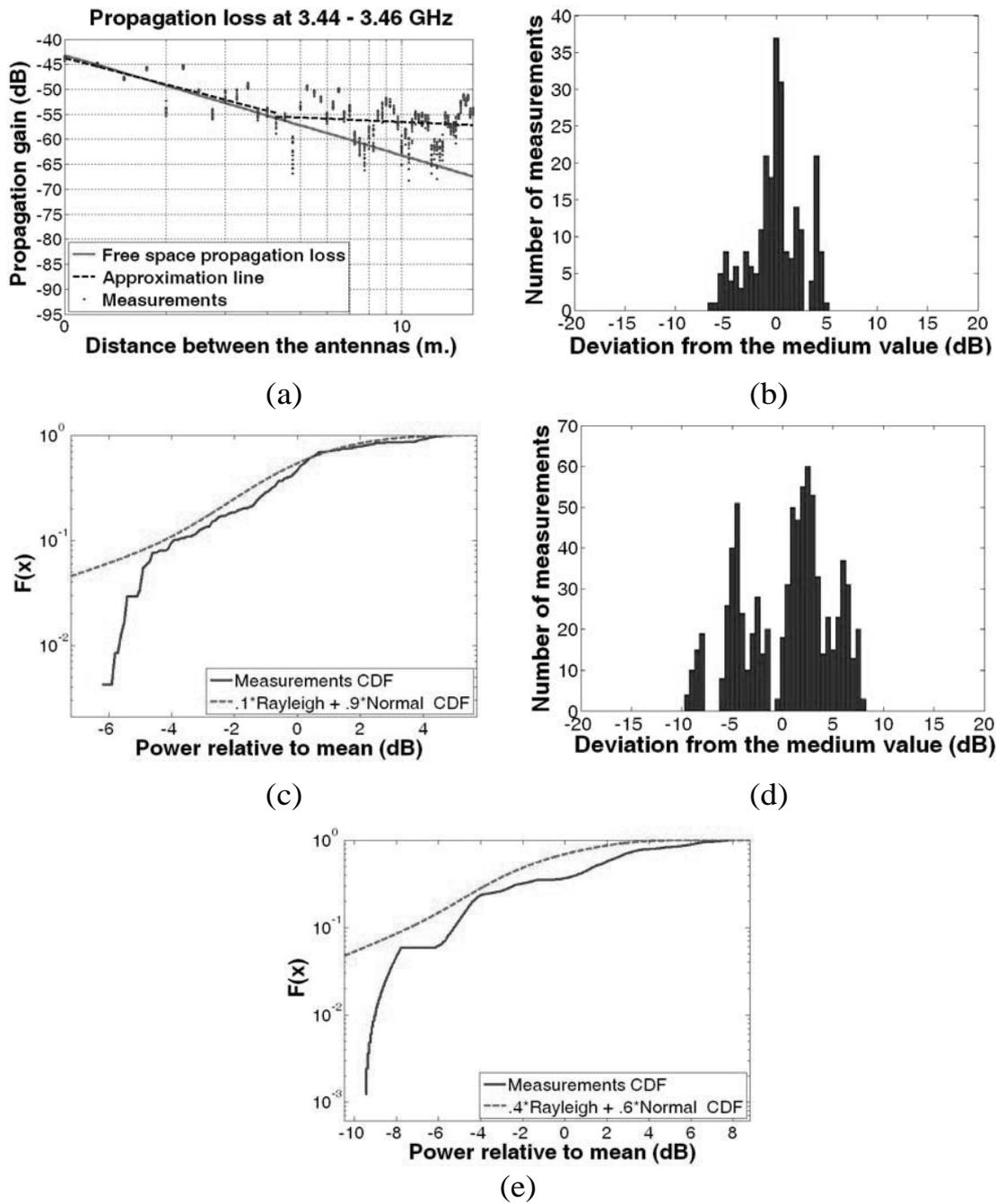


Figure 3. Propagation loss results for scenario 2: (a) Propagation loss regression as a function of the Tx antenna distance, (b) histogram of the measurement points for the distance 1 to 4.25 m, (c) CDF of the measurements in the first part of the path, (d) histogram of the measurement points for the distance 4.25 to 18 m, (e) CDF of the measurements in the second part of the path.

the waveguide mode with lower propagation loss. The difference between the free space propagation and the measured results is due to the two very close walls of the corridor that represent a source of multi-reflections. For the first and second modes of propagation, the histogram of the measurement points can be seen in Figs. 3(b) and 3(d). First propagation exponent has been calculated as 1.754, meanwhile the second one as 0.346 representing possible waveguide mode. Propagation losses mean value can be represented by:

$$\begin{aligned} L_p(\text{dB}) &= 43.73 + 17.54 \log_{10}(d), & d \leq 4.25 \text{ m} \\ &= 55.35 + 3.46 \log_{10}(d/4.25), & d > 4.25 \text{ m} \end{aligned} \quad (4)$$

Figure 3(c) represents the CDF of the measurements in the first part of the path, which can be approximated by a combination of Normal (with $\sigma = 2$ dB) and Rayleigh Distributions. Fig. 3(e) represents the CDF of the measurements in the second part of the path, and is approximated by a combination of Normal (with $\sigma = 2$ dB and $\mu = 3$ dB) and Rayleigh Distributions.

Thirdly, the scenario 3 results are analyzed. From Fig. 4(a), two propagation exponents can be noticed. The first one with a value of -0.175 meanwhile the second has a value of 0.423 . At 1 m distance, the propagation loss mean value is 58.47 dB, which is very high compared with the free space loss of 42.5 dB. It has almost the same value at a distance of 18 m. The difference between free space propagation and measured results is the same given previously for Fig. 3(a). Propagation losses mean value can be represented by:

$$\begin{aligned} L_p(\text{dB}) &= 58.47 + (-1.75) \log_{10}(d), & d \leq 4.5 \text{ m} \\ &= 57.97 + 4.23 \log_{10}(d/4.5), & d > 4.5 \text{ m} \end{aligned} \quad (5)$$

The minimum mean value of propagation loss is now expected at a point between 1 m and 18 m (trade off between the antenna gain and the propagation loss caused by distance), due to the inclination of the antenna. This give arise to two propagation exponents: the first one is negative until the maximum point and then it is converted to a positive value. Histogram of the measurement points of the first and the second parts can be noticed in Figs. 4(b) and 4(d). Fig. 4(c) represents the CDF of the measurements in the first part of the path, which can be approximated by a combination of Normal (with $\sigma = 2$ dB and $\mu = 3$ dB) and Rayleigh Distributions. Fig. 4(e) shows the CDF of the measurements in the second part of the path, which is approximated by a Rayleigh Distribution.

Finally, the scenario 4 is studied. Fig. 5(a) indicates the propagation loss as a function of TR distance. In this case, the mean

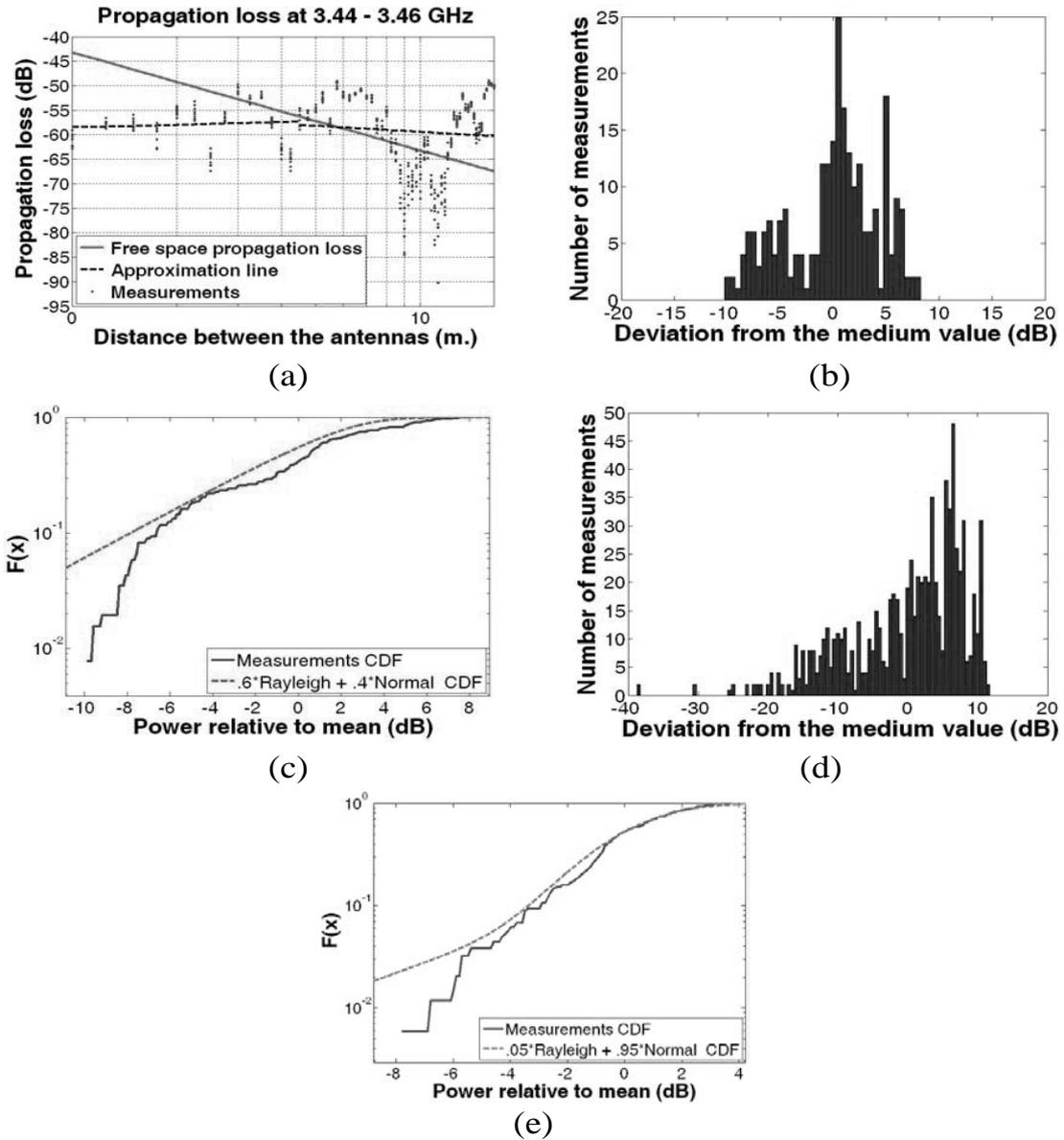


Figure 4. Propagation loss results for scenario 3: (a) Propagation loss regression as a function of the Tx antenna distance, (b) histogram of the measurement points for the distance 1 to 4.5 m, (c) CDF of the measurements in the first part of the path, (d) histogram of the measurement points for the distance 4.5 to 18 m, (e) CDF of the measurements in the second part of the path.

value of the propagation loss is given by:

$$\begin{aligned}
 L_p(\text{dB}) &= 43.25 + 20 \log_{10}(d), & d \leq 8 \text{ m} \\
 &= 60.91 + 20 \log_{10}(d/8), & d > 8 \text{ m}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

The propagation exponent for both equations is 2. Using two equations to represent the mean value of the propagation loss is because

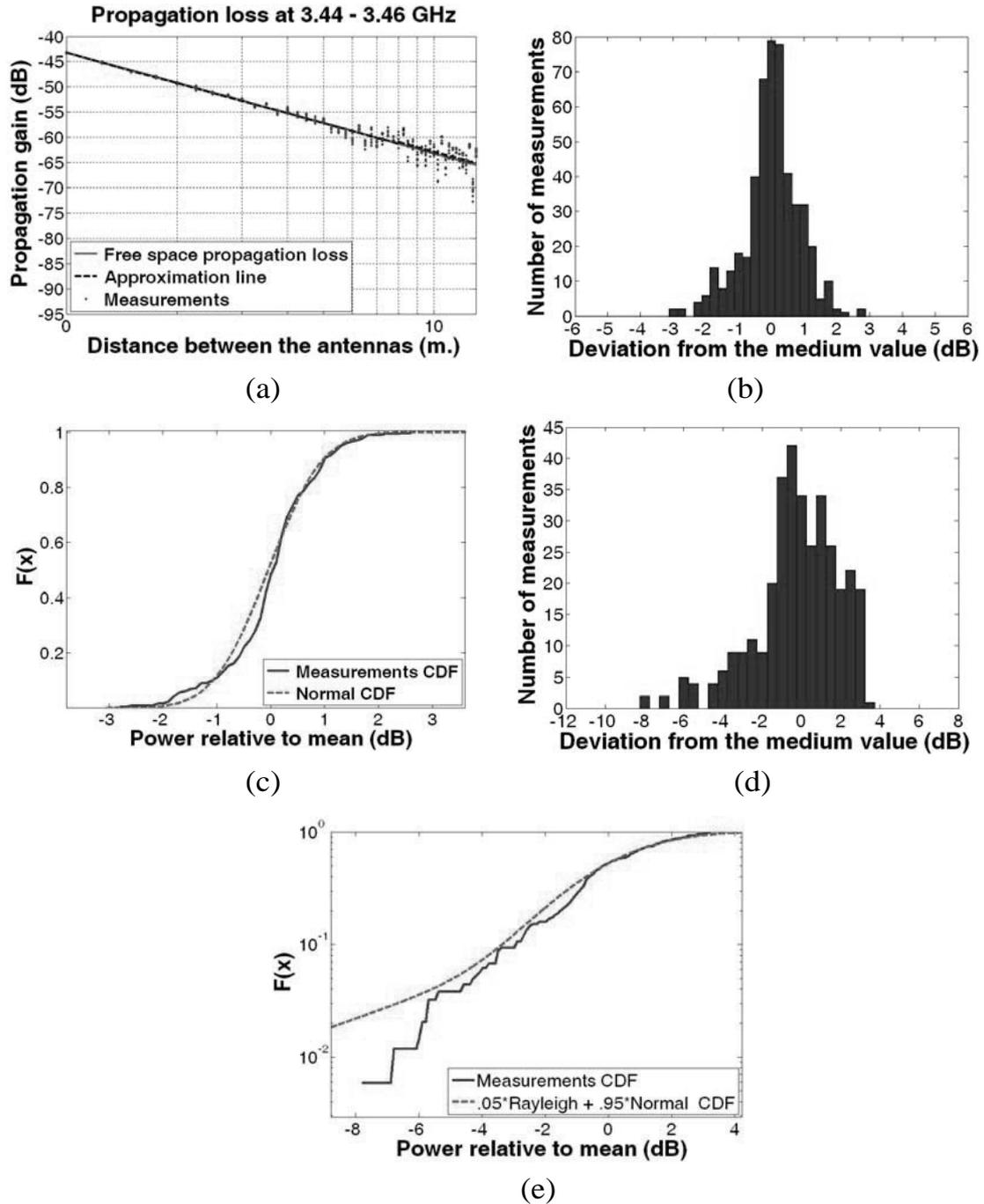


Figure 5. Propagation loss results for scenario 4: (a) Propagation loss regression as a function of the Tx antenna distance, (b) histogram of the measurement points for the distance 1 to 8 m, (c) CDF of the measurements in the first part of the path, (d) histogram of the measurement points for the distance 8 to 14 m, (e) CDF of the measurements in the second part of the path.

fading is different in these two zones. In the first one, it is Normal and in the second zone is a combination of both Normal and Rayleigh fadings. All measurement results with higher bandwidth (not shown in this paper) indicate that the fading is almost of the Rayleigh type. The histogram of the measurement points for the first and second part of the path are shown in Figs. 5(b) and 5(d). Fig. 5(c) represents the CDF of the measurements in the first part of the path, which can be approximated by a Normal Distribution with $\sigma = 1.14$ dB. Fig. 5(e) represents the CDF of the measurements in the second part of the path, which is approximated by a combination of Normal (with $\sigma = 2$ dB) and Rayleigh Distributions.

5. OBSTRUCTION CAUSED BY PERSONS

Obstruction caused by human and animal activities has been previously studied in different scenarios [20–22]. Nevertheless, we have included a measurement campaign for narrow corridors using a 20 MHz bandwidth at 3.5 GHz band, with results published for the first time. In this campaign, 10 persons with different heights (160–180) cm and different weights (60–90) kg have participated. For the narrow corridor case with TR distance of 18 m, it has been noticed that if a person exists at a distance of 10 m from the receiving antenna, an obstruction loss of 4 to 6 dB is expected. A higher obstruction loss of 14 to 18 dB is expected when the person exists at a distant of 4 m from the receiving antenna. Obstruction loss depends on the length and weight of the person that exist between the transmitting and receiving antennas, as well as on the distance of the person from both antennas. Insertion loss, reflection and diffraction are the three mechanisms that create the obstruction loss.

Table 2. Materials insertion loss.

Material	Insertion loss (dB)
Wood doors	2–3
Thin walls (6 cm brick)	4–6
Thick walls (16 cm brick)	12–15
Glass (3 mm to 6 mm)	4–6
Human beings (frontal)	10–18
Human beings (lateral)	7–12

6. INSERTION LOSS OF DIFFERENT MATERIALS

Using two antennas with a gain of 18 dB and at a height of 150 cm for each one, the insertion loss of different materials has been measured. Absorbing material in the floor between the two antennas has been used to almost eliminate ground reflection. Insertion loss was measured in different points of the material under study. We have assured that the main lobe of the Tx antenna illuminates the material under test and that it does not touch the board of it. Table 2 shows these results.

7. CONCLUSION

This paper presents a channel model based on measurements conducted in commonly found scenarios in buildings. These scenarios include narrow corridor, wide corridor and semi open corridor. Measurements were carried out at a centre frequency of 3.45 GHz with a bandwidth of 20 MHz. Path loss equations were determined using log-distance path loss model and a Normal fading, Rayleigh fading or a combination of both. Differences between theory and measurements due to different obstacles in each scenario have been analyzed. Results show that for a semi open corridor scenario fading is of the Rayleigh type. For a narrow corridor scenario without tilting the transmitting antenna, fading is a combination of Normal and Rayleigh. The same fading model can be applied with a tilted transmitting antenna when the distance to the receiving one was 4.5 m. For a bigger distance, Rayleigh fading is noticed. Finally, for a wide passage, fading can be represented by Normal one for small distance between transmitter and receiver. For higher distance it can be represented by a combination of Normal and Rayleigh fadings.

REFERENCES

1. Yang, Y.-J., L. Yang, S.-X. Gong, and X. Li, "A novel design of dual-wideband CPW-fed antenna for WLAN/WIMAX applications," *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, Vol. 23, No. 8–9, 1191–1200, 2009.
2. Tayebi, A., J. Gomez, F. Saez de Adana, and O. Gutierrez, "The application of ray-tracing to mobile localization using the direction of arrival and received signal strength in multipath indoor environments," *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 91, 1–15, 2009.
3. Roozbahani, M. G., E. Jedari, and A. A. Shishegar, "A new link-level simulation procedure of wideband MIMO radio channel

- for performance evaluation of indoor WLANs,” *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 83, 13–24, 2008.
4. Blas, J., P. Fernández, R. M. Lorenzo, and E. J. Abril, S. Mazuelas, A. Bahillo, and D. Bullido, “A model for transition between outdoor and indoor propagation,” *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 85, 147–167, 2008.
 5. Yarkoni, N. and N. Blaunstein, “Prediction of propagation characteristics in indoor radio communication environment,” *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 59, 151–174, 2006.
 6. Howitt, L. and M. S. Khan, “A mode based approach for characterizing RF propagation in conduits,” *Progress In Electromagnetics Research B*, Vol. 20, 49–64, 2010.
 7. Tummala, D., “Indoor propagation modeling at 2.4 GHz for IEEE 802.11 networks,” M.Sc Thesis, University of North Texas, Dec. 2005.
 8. Masson, E., et al., “Radio wave propagation in arched cross section tunnels — Simulations and measurements,” *Journal of Communications*, Vol. 4, No. 4, 276–283, May 2009.
 9. Kjeldsen, E. and M. Hopkins, “An experimental look at RF propagation in narrow tunnels,” *IEEE Military Communications Conference, MILCOM 2006*, Scientific Research Corporation (SRC) Atlanta, Georgia, 2006.
 10. Barbiroli, M., C. Carciofi, V. Degli Esposti, F. Fuschini, P. Grazioso, D. Guiducci, D. Robalo, and F. J. Velez, “Characterization of WiMAX propagation in microcellular and picocellular environments,” *2010 Proceedings of the Fourth European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*, 1–5, Barcelona, Spain, 2010.
 11. Zaballos, A., G. Corral, A. Carné, and J. L. Pijoan, “Modeling new indoor and outdoor propagation models for WLAN,” Available at: www.salle.url.edu/zaballos/opnet/OPNET2004b.pdf.
 12. Gorce, J. M., K. Runser, and G. de la Roche, “FDTD based efficient 2D simulations of indoor propagation for wireless LAN,” available at: katiea.runser.free.fr/Fichiers/GORCE_IMACS_FINAL.pdf.
 13. Nerguizian, C., C. L. Despins, S. Affes, and M. Djadel, “Radio-channel characterization of an underground mine at 2.4 GHz,” *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol. 4, No. 5, 2441–2453, Sep. 2005.
 14. Mao, X. H., Y. H. Lee, and B. C. Ng, “Propagation modes and temporal variations along a lift shaft in UHF band,” *IEEE*

- Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. 58, No. 8, 2700–2709, Aug. 2010.
15. Poutanen, J., K. Haneda, J. Salmi, et al., “Analysis of radio wave propagation from an indoor hall to a corridor,” *IEEE Antennas and Propagation Symposium/USNC/URSI*, Vols. 1–6, 2683–2686, 2009.
 16. Lee, J. and H. L. Bertoni, “Coupling at cross, T , and L junctions in tunnels and urban street canyons,” *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. 51, No. 5, 926–935, May 2003.
 17. Iskander, M. F. and Z. Yun, “Propagation prediction models for wireless communication systems,” *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 50, No. 3, 662–673, Mar. 2002.
 18. Bertoni, H. L., *Radio Propagation for Modern Wireless Systems*, Prentice Hall, 1999.
 19. Masa-Campos, J. L. and F. Gonzalez-Fernandez, “Dual linear/circular polarized planar antenna with low profile double-layer polarizer of 45° tilted metallic strips for WiMAX applications,” *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 98, 221–231, 2009.
 20. Kara, A. and H. L. Bertoni, “Effect of people moving near short-range indoor propagation links at 2.45 GHz,” *Journal of Communications and Networks*, Vol. 8, No. 3, 286–289, Sep. 2006.
 21. Kara, A., “Human body shadowing variability in short-range indoor radio links at 3–11 GHz band,” *International Journal of Electronics*, Vol. 96, No. 2, 205–211, 2009.
 22. López-Martín, E., J. C. Bregains, F. J. Jorge-Barreiro, J. L. Sebastián-Franco, E. Moreno-Piquero, and F. J. Ares-Pena, “An experimental set-up for measurement of the power absorbed from 900 MHz GSM standing waves by small animals, illustrated by application to picrotoxin-treated rats,” *Progress In Electromagnetics Research*, Vol. 87, 149–165, 2008.

A.2. PROPAGATION PATH LOSS AND MATERIALS INSERTION LOSS IN INDOOR ENVIRONMENT AT WIMAX BAND OF 3.3 TO 3.6 GHZ

Bazil Taha Ahmed, José Luis Masa Campos, and José María Lalueza Mayordomo “Propagation path loss and materials insertion loss in indoor environment at wimax band of 3.3 to 3.6 GHz” , Wireless Personal Communications, Status: Sended revised and published online (15th May 2011).

Esta publicación muestra por primera vez las pérdidas indoor en toda la banda de WiMAX, 300 MHz, en los escenarios más comunes en edificios: pasillo ancho, en este caso el del edificio C; pasillo estrecho, de 1.2 m. de ancho; y pasillo semiabierto con taquillas metálicas a uno de los lados. La distribución de la dispersión de las pérdidas también ha sido analizada, comparándola con los modelos de distribución teóricos Normal, Rayleigh o combinación de los dos. Para el pasillo estrecho las pérdidas son de tipo Rayleigh. Con la antena a 2.5 m. de altura e inclinada, las pérdidas son del mismo tipo. Para el pasillo semiabierto, las pérdidas son de tipo Rayleigh. Y para el pasillo muy ancho, a distancias pequeñas, las pérdidas son de tipo Normal, mientras que para distancias grandes son de tipo combinación Rayleigh y Normal.

Propagation Path Loss and Materials Insertion Loss in Indoor Environment at WiMAX Band of 3.3 to 3.6 GHz

Bazil Taha Ahmed · José Luis Masa Campos ·
Jose Maria Lalueza Mayordomo

© Springer Science+Business Media, LLC. 2011

Abstract The purpose of this study is to characterize the indoor channel for IEEE 802.16 (WiMAX) at 3.3–3.6 GHz frequency. This work presents a channel model based on measurements conducted in commonly found scenarios in buildings. These scenarios include closed corridor, wide corridor and semi open corridor. Path loss equations are determined using log-distance path loss model and a Rayleigh multipath induced fading, Normal multipath induced fading or a combination of both. A numerical analysis of measurements in each scenario was conducted and the study determined equations that describe path loss for each scenario. Propagation loss is given for 300 MHz bandwidth. This work also represents the insertion loss of different materials and the obstruction loss due the existence of human beings between the transmitting antenna and the receiving one.

Keywords WiMAX · Indoor propagation · Rayleigh multipath induced fading · Normal multipath induced fading

1 Introduction

The design and the deployment of wireless broadband access systems, and notably of WiMAX, represents nowadays one of the main challenges for telecommunication service providers, which need to perform cost/performance analyses, the costs being related to infrastructure deployment, required bandwidth and power consumption and the benefits to offered bit rate and coverage.

Different coverage strategies are used to guarantee higher bit rates both in outdoor and indoor environments. In order to support WiMAX broadband mobile access also in indoor environments the introduction of WiMAX picocells and femtocells is needed in addition to conventional macrocellular and microcellular base stations. Due to the high penetration loss

B. T. Ahmed (✉) · J. L. Masa Campos · J. M. Lalueza Mayordomo
Universidad Autonoma de Madrid, Madrid, Spain
e-mail: bazil.taha@uam.es

at the 3.5 GHz WiMAX frequency operation, picocells and/or femtocells base stations are likely to be essential to provide good indoor service quality.

Therefore, a layered cellular structure is expected for WiMAX coverage. This implies that propagation phenomena will be very different for each cellular layer and a suitable and adaptable propagation model will be required to correctly evaluate WiMAX coverage in all different propagation conditions.

In [1] indoor propagation loss at 2.4 GHz band has been presented. Studied zones are a closed corridor, an open corridor and a classroom. Results show that propagation loss deviation from the mean value can be presented by Gaussian distribution with $\sigma \approx 1$ dB for all the cases. In [2] propagation losses are measured at different frequency bands (1, 2.4 and 5.8 GHz) within an arched cross section tunnels. Results show that fast multipath induced fading could be represented by Rayleigh distribution. The used antennas were wideband horn antennas with a gain of 9.2 dBi at 2.4 GHz and 10.1 dBi at 5.8 GHz. In [3] propagation loss in narrow tunnels is presented. Measurements results at 374, 915, and 2400 MHz are given. Studied scenarios were unobstructed, LOS, Obstructed LOS, T-junction NLOS and L-bend NLOS. Results show that deviation from the mean value could be presented by Gaussian distribution. Antennas used at 2.4 GHz, have a gain of 6.5 dBi. In [4], different propagation models for coverage prediction of WiMAX microcellular and picocellular urban environments and for WiMAX indoor femtocells at 3.5 GHz are compared with experimental data. Results obtained for different urban and indoor environments show that statistical models are quite far from good agreement with experimental data while deterministic ray-tracing models provide appropriate prediction in all different complex analyzed environments. In [5], the modelling of new WLAN models for indoor and outdoor environments. Based on the standard Opnet models for WLAN nodes, the propagation loss estimation for these two types of environment has been improved. Work [6] describes and evaluates a new algorithm for the purpose of Indoor propagation prediction for centimetric waves. Their approach started from a formalism similar to the famous TLM approach in the frequency domain. In [7], the radio channel characterization of an underground mine at 2.4 GHz is investigated. Propagation loss as a function of the distance between the transmitter and the receiver has been presented. Delay spread has been also given. In [8], the propagation modes and the temporal variations along a lift shaft in UHF band have been given.

2 Propagation Model

For a short distance between the transmitting and receiving antennas, the propagation loss for an indoor environment is given by:

$$L_p = L_o + 10 n_1 \log_{10} \left(\frac{d}{d_o} \right) + \xi_1 \quad (1)$$

where

- L_o is the propagation loss at the reference distance d_o (1m in our case),
- n_1 is the propagation exponent, and
- ξ_1 is a random variable (Rayleigh, Normal or a combination of both) that represents the deviation from the mean value.

Sometimes, second mode of propagation exists due to the waveguide mode of propagation which is generated in narrow corridors. In this case, the propagation loss at a distance d higher than the breakpoint distance d_b can be written as:



Fig. 1 Measurements scenario 4.

$$L_p = L_1 + 10 n_2 \log_{10} \left(\frac{d}{d_b} \right) + \xi_2 \quad (2)$$

where L_1 is the propagation loss of the distance d_b at which the waveguide mode starts, n_2 is the second propagation exponent usually lower than n_1 and ξ_2 is a random variable (Rayleigh, Normal, or a combination of both) that represents the deviation from the main value. In wide indoor environment, n_2 will be in general higher than 2 (3–4).

For indoor environment with the transmitting antenna mechanically inclined pointing at a given distance, propagation loss can be represented by:

$$L_p \text{ (dB)} = \begin{cases} L_o + 10 n_1 \log_{10}(d_o) + \xi_1, & d \leq d_o \\ L_1 + 10 n_2 \log_{10} \left(\frac{d}{d_o} \right) + \xi_2, & d > d_o \end{cases} \quad (3)$$

In this case, L_o has a value higher than the propagation loss in free space. L_1 has a value lower than L_o . The first propagation exponent n_1 has a negative value mean while n_2 has a positive one.

3 Measurements Campaign

A network analyzer (6 GHz ZVL of Rohde & Schwarz) has been used to measure the propagation loss at the WiMAX band of (3.3–3.6) GHz. Calibration has been carried out with a 20 m cable. The gain of the antennas used in the study has been measured with an error lower than 0.1 dB using the standard method. Transmitting and receiving antennas are single element wideband patch antennas with a gain of 6.9 dB. In this way, the propagation loss is the sum of the gain of the two antennas used in the measurements plus the reading of the network analyzer. It is believed that the measurement error is lower than 0.3 dB. Measurements have been carried out in different sites within the Escuela Politecnica Superior of the Universidad Autonoma de Madrid. Figure 1 illustrates one of the measurement scenarios.

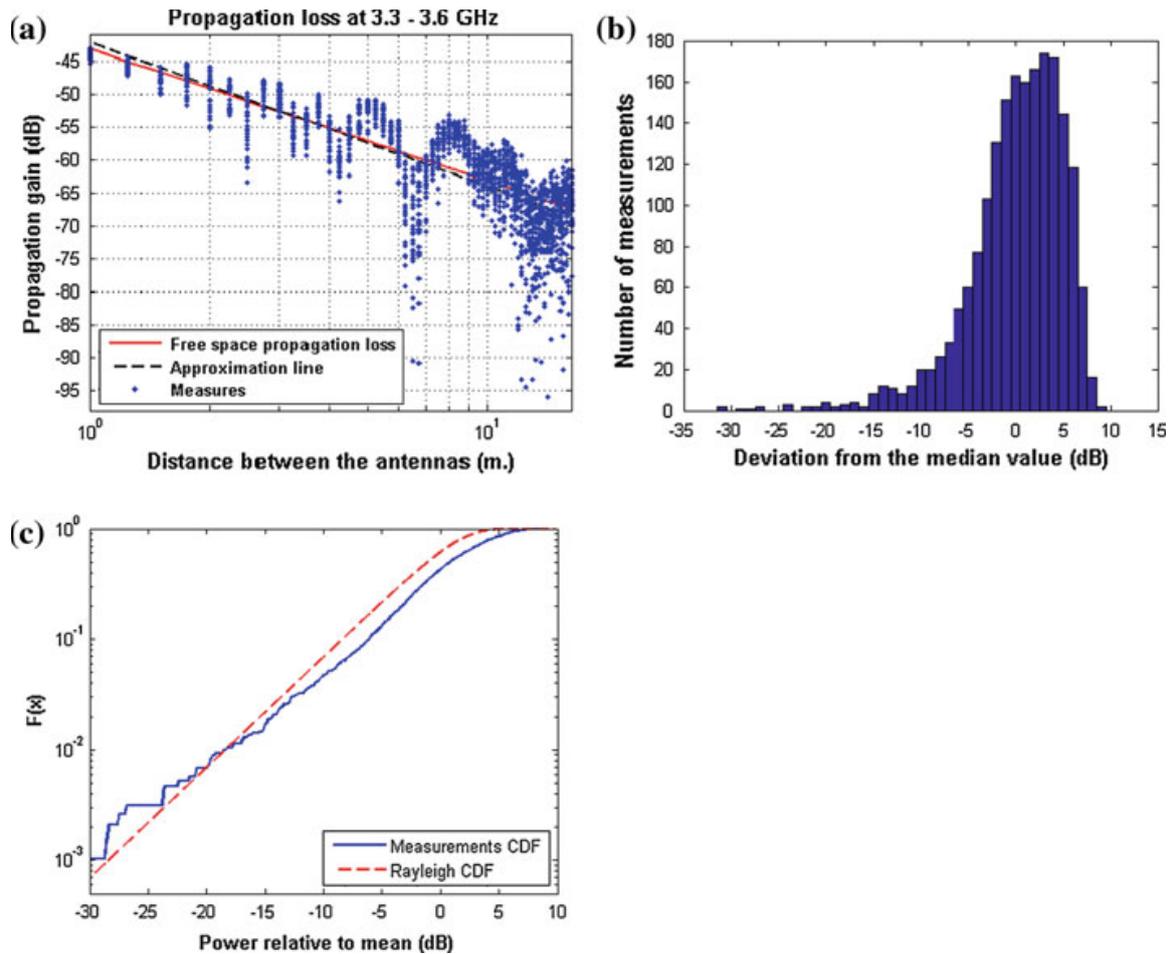


Fig. 2 Propagation loss results for the open corridor. **a** Propagation loss regression as a function of the TR distance. **b** Histogram of the measured power. **c** CDF of the measured power

4 Results

Here we will present some of the results of the measurements campaign.

Firstly, we will present the measurements result for a semi open corridor with 3 m width. Here metallic lockers are placed in one side of it. The other side is an open one. Both transmitting and receiving antennas are at 1.4 m height. Figure 2a represents the propagation loss at different distance from the transmitting antenna. At a given distance d , 31 points are presented to show the propagation loss within the entire band (3.3–3.6) GHz with a 10 MHz step. This means that each WiMAX channel with a bandwidth of 10 MHz has been presented by a given point. To calculate the propagation exponent, the Minimum Mean Square Error Method (MMSEM) has been used to calculate it. This procedure has been adapted to give a single or double slope propagation loss model depending upon the measurement results.

From Fig. 2a, it can be noticed that the propagation loss can be presented by the one slope propagation loss model given by (1). The propagation exponent has been obtained as 2.185. Mean value of the propagation loss is given by:

$$L_p(\text{dB}) = 42.18 + 21.85 \log_{10}(d) \quad (4)$$

The histogram of the measurement point is presented by Fig. 2b. Figure 2c represents the CDF (Cumulative Distribution Function) of the measurement points which can be approximated by Rayleigh Distribution. The deviation of the measurements from the median value

is due to the fact that the received signal is the result of the vector sum (amplitude and phase) of the multipath components. This gives a rise to instructive vector sum at given frequencies and a destructive vector sum at other ones. The theoretical difference between them can be infinity. In practice, it can reach a value of 40 dB depending on the gain of the transmitting and receiving antennas (lower value for higher gain). Since we present at each single position the response of the WiMAX channel due to a bandwidth of 300 MHz (represented by 31 points with a frequency separation of 10 MHz), we have not to strange that a deviation of up to 40 dB can be noticed.

Secondly, we will present the measurements result for a 18 m corridor with 1.2 m width. Both transmitting and receiving antennas are at 1.4 m height. From Fig. 3a, two modes of propagation can be noticed. The first one is till 4.25 m is the deformed LOS mode of propagation that converts into the waveguide mode of propagation with lower propagation loss for a higher distance. First propagation exponent has been calculated as 2.108 and the second one as 0.351 representing possible waveguide mode. Propagation losses mean value can be represented by:

$$L_p(\text{dB}) = \begin{cases} 42.88 + 21.08 \log_{10}(d), & d \leq 4.25 \text{ m} \\ 56.08 + 3.51 \log_{10}(d/4.25), & d > 4.25 \text{ m} \end{cases} \quad (5)$$

The histograms of the measured power are shown in Fig. 3b, d and the CDF of the measured power are depicted in Fig. 3c, e. Both of them can be approximated by a Rayleigh Distribution.

Thirdly, we will present the measurements result for the same corridor when the transmitting antenna with 2.5 m height points at a distance of 16 m. In this case, the receiving antenna is maintained at 1.4 m height. Form Fig. 4a, two propagation exponents can be noticed. The first one with a value of -0.261 and the second has a value of 0.142 . At 1 m distance the propagation loss mean value is almost 60 dB very high compared with the free space loss of 42.5 dB. It has the same value at a distance of 18 m. Propagation losses mean value can be represented by:

$$L_p(\text{dB}) = \begin{cases} 59.78 + (-2.61) \log_{10}(d), & d \leq 4.5 \text{ m} \\ 58.48 + 1.42 \log_{10}(d/4.5), & d > 4.5 \text{ m} \end{cases} \quad (6)$$

In this case, the minimum mean value of propagation loss is expected at a point between 1 and 18 m. The histograms of the measured power are shown in Fig. 4b, d and the CDF of the measured power are depicted in Fig. 4c, e. Both of them can be approximated by a Rayleigh Distribution.

Fourthly we present the propagation loss for a wide corridor with two columns a distance of 8 m from the transmitting antenna. Figure 5a shows the propagation loss a function of TR distance. In this case, the mean value of the propagation loss is given by:

$$L_p(\text{dB}) = \begin{cases} 43.8 + 19.76 \log_{10}(d), & d \leq 8 \text{ m} \\ 61.48 + 22.3 \log_{10}(d/8), & d > 8 \text{ m} \end{cases} \quad (7)$$

First and second propagation exponents have values of 1.976 and 2.23 respectively.

The histograms of the measured power are shown in Fig. 5b, d and the CDF of the measured power are depicted in Fig. 5c, e. For the first zone of propagation ($d \leq 8$ m), Gaussian (Normal) multipath induced fading can be noticed (Fig. 5c). For the second zone of propagation, the multipath induced fading can be approximated by a combination of Normal (with $\sigma = 2$ dB) and Rayleigh induced multipath fading (Fig. 5e).

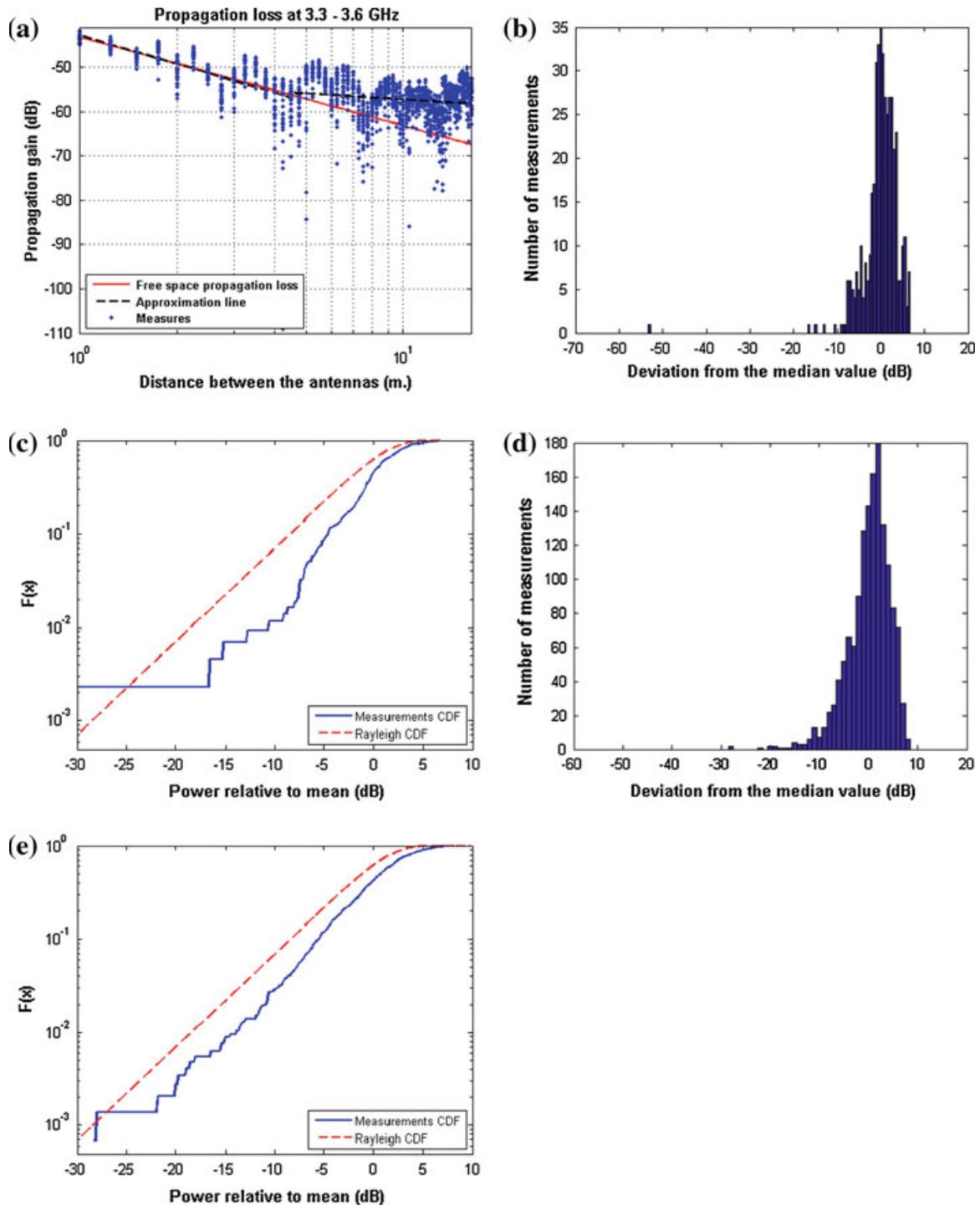


Fig. 3 Propagation loss results for the narrow corridor. **a** Propagation loss regression as a function of the TR distance. **b** Histogram of the measured power for the distance 1–4.25 m. **c** CDF of the measured power for the distance 1–4.25 m. **d** Histogram of the measured power for the distance 4.25–18 m. **e** CDF of the measured power for the distance 4.25–18 m

5 Obstruction Caused by Persons

Obstruction loss has been measured in the narrow corridor scenario with a distance of 18 m between the transmitting antenna and the receiving one. First of all a calibration process for the parameter (S_{21}) has been carried out in the absence of the human subject. Then the

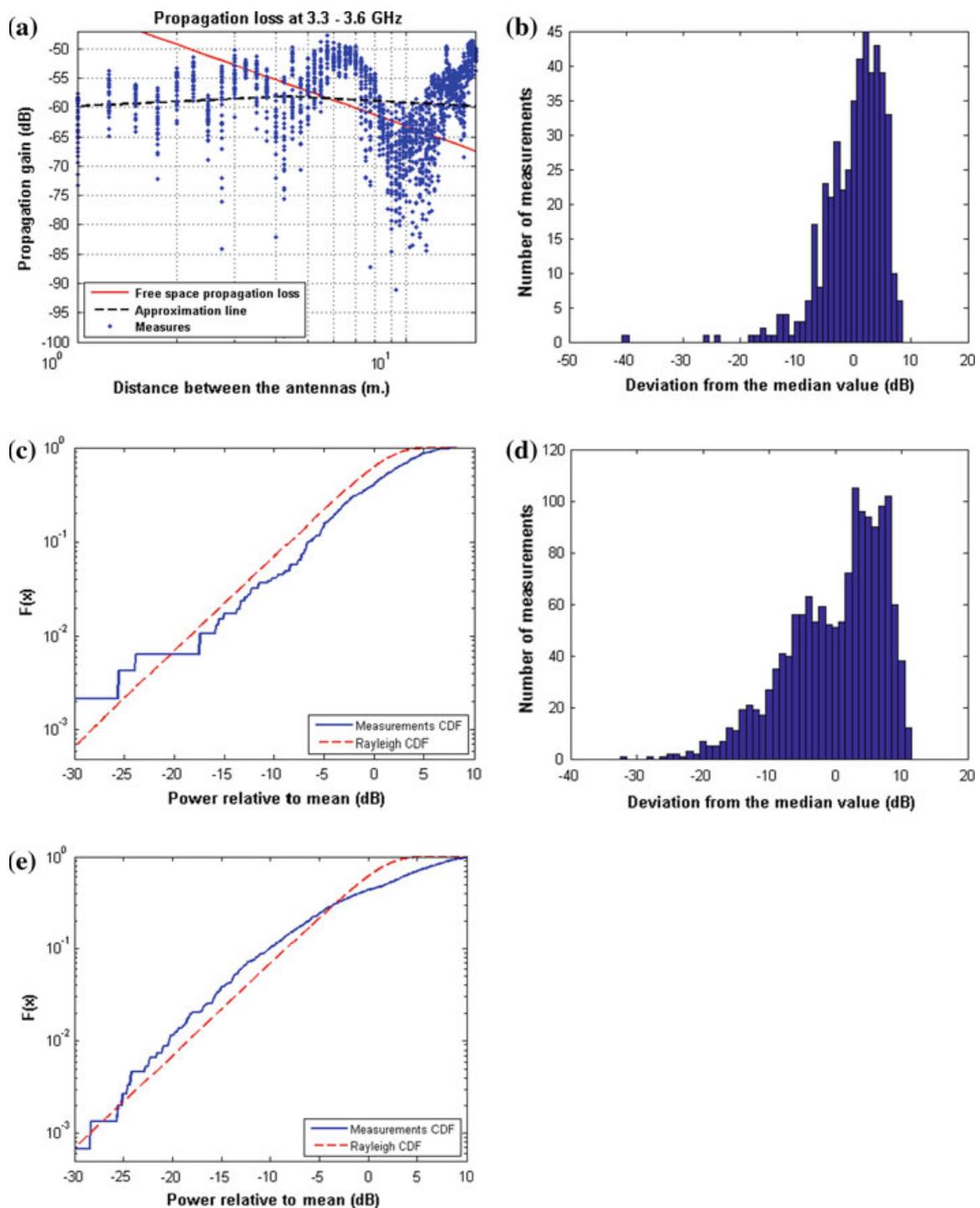


Fig. 4 Propagation loss results for the narrow corridor with the transmitting antenna at a height of 2.4 m pointing at 18 m from it. **a** Propagation loss regression as a function of the TR distance. **b** Histogram of the measured power for the distance 1–4.5 m. **c** CDF of the measured power for the distance 1–4.5 m. **d** Histogram of the measured power for the distance 4.5–18 m. **e** CDF of the measured power for the distance 4.5–18 m

received signal representing S_{21} has been recorded in the presence of the human subject. This value (neglecting the negative sign) represents the obstruction loss due to the human subject.

It has been noticed that when a person exists at a distance of 10 m from the receiving antenna, an obstruction loss of 4–6 dB has been measured. A higher obstruction loss of 14–18 dB has been measured when the person exists at a distant of 4 m from the receiving antenna. Obstruction loss depends on the length and weight of the person that exists between

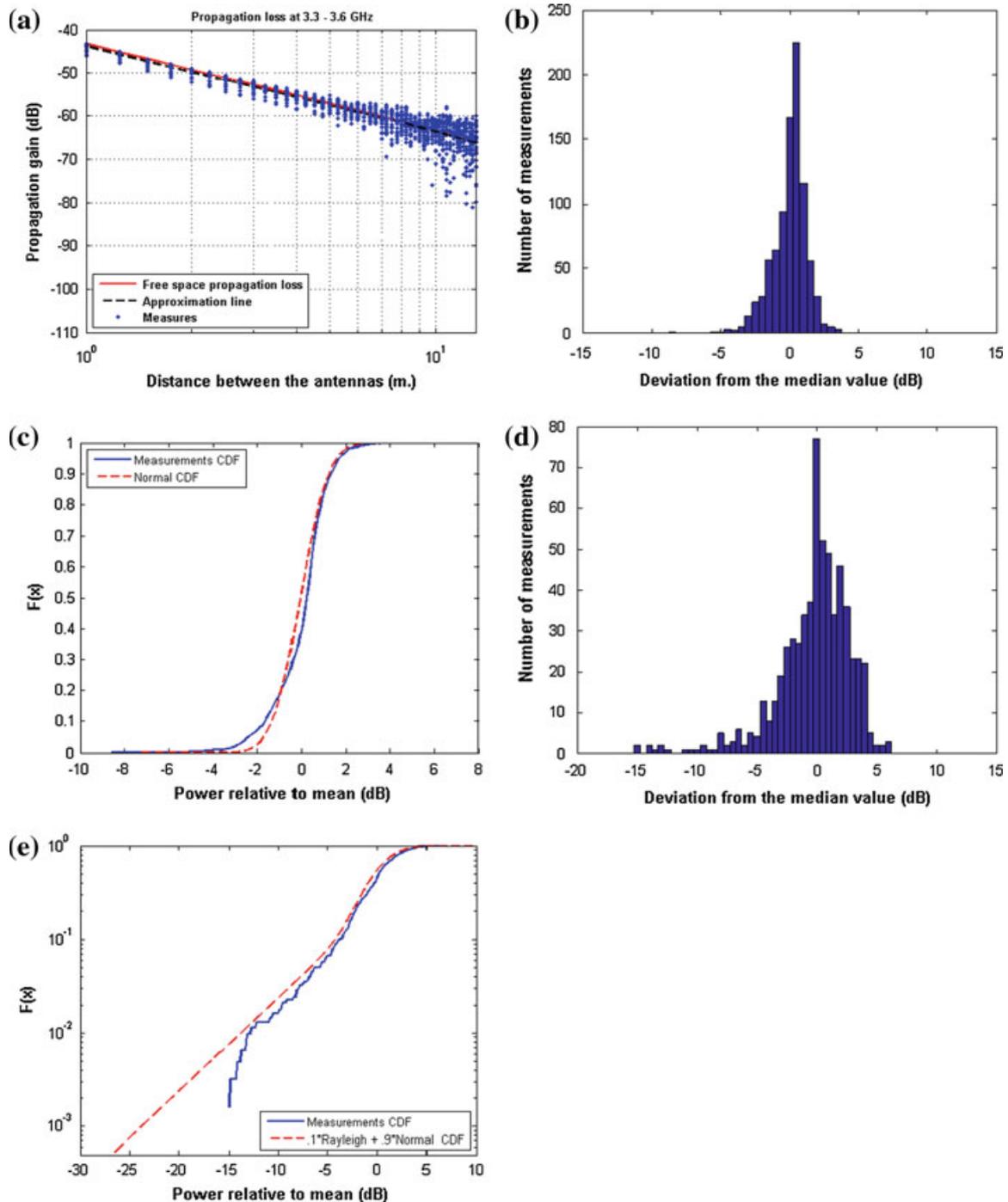


Fig. 5 Propagation loss results for the wide corridor with two columns at 8 m from the transmitting antenna. **a** Propagation loss regression as a function of the TR distance. **b** Histogram of the measured power for the distance 1–8 m. **c** CDF of the measured power for the distance 1–8 m. **d** Histogram of the measured power for the distance 8–14 m. **e** CDF of the measured power for the distance 8–14 m

the transmitting antenna and the receiving one. Also it depends on the distance of the person from the transmitting antenna and the receiving one. Insertion loss, reflection and diffraction are the three mechanisms that create the obstruction loss.

6 Insertion Loss of Different Materials

Two directive antennas with a gain of 18 dB for each one were used to measure the insertion loss of different materials. The far field distance of each one was calculated to be 1.2 m.

Table 1 Materials insertion loss within the band (3.3–3.6) GHz

Material	Insertion loss (dB)
Thin walls	4–6
Thick walls	12–15
Glass	4–6
Wood doors	2–3
Human beings (frontal)	10–18
Human beings (lateral)	7–12

To ensure the minimum possible reflection from the surface between the two antennas, an absorbing material was placed between them. Measurements were done in 9 points for each material under study insuring that the main lobe of the antenna illuminates only the material under study. With a distance of 2.5 m between the used antennas we calibrated the parameter S_{21} of the network analyzer in the band (3.3–3.6) GHz. Then the material is inserted between them and the S_{21} parameter (which presents the insertion loss) was recorded. The surface of the material under test was more than 2×2 m. This is not applicable in the case of the humans. Table (1) shows the lower and the upper value of the combination of the 9 records. Most of the recorded values are very close to the medium value.

7 Conclusions

This article presents a channel model based on measurements conducted in commonly found scenarios in buildings. These scenarios include narrow corridor, wide corridor and semi open corridor. Path loss equations are determined using log-distance path loss model and a Gaussian or Rayleigh multipath induced fading. A numerical analysis of measurements in each scenario was conducted and the study determined equations that describe path loss for each scenario. Propagation loss is given for 300 MHz bandwidth.

References

1. Tummala, D. (2005). Indoor propagation modeling at 2.4 GHz for IEEE 802.11 Networks. M.Sc Thesis, University of North Texas, December.
2. Masson, E., et al. (2009). Radio wave propagation in arched cross section tunnels—simulations and measurements. *Journal of Communications*, 4(4), 276–283.
3. Kjeldsen, E., & Hopkins, M. *An experimental look at RF propagation in narrow tunnels*. Scientific Research Corporation (SRC) Atlanta, Georgia.
4. Barbiroli, M., Carciofi, C., Esposti, V. D., Fuschini, F., Grazioso, P., Guiducci, D., Robalo, D., & Velez, F. J. Characterization of WiMAX propagation in microcellular and picocellular environments. EUCAP 2010, Barcelona, SPAIN.
5. Zaballos, A., Corral, G., Carné, A., & Pijoan, J. L. Modeling new indoor and outdoor propagation models for WLAN. Available at: www.salle.url.edu/~zaballos/opnet/OPNET2004b.pdf.
6. Gorce, J. M., Runser, K., & de la Roche, G. FDTD based efficient 2D simulations of Indoor propagation for wireless LAN. Available at: http://www.katia.runser.free.fr/Fichiers/GORCE_IMACS_FINAL.pdf.
7. Nerguizian, C., Despains, C.L., Affes, S., & Djadel, M. (2005). Radio-channel characterization of an underground mine at 2.4 GHz. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 4(5), 2441–2453.
8. Mao, X. H., Lee, Y. H., & Ng, B. C. (2010). Propagation modes and temporal variations along a lift shaft in UHF band. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 58(8), 2700–2709.

Author Biographies



Bazil Taha Ahmed was born in Mosul, Iraq, in 1960. He received the B.Sc. and M.Sc. degrees in Telecommunication Engineering from the University of Mosul, in 1982 and 1985, respectively. He got the Ph.D. degree in Telecommunication Engineering from the Polytechnic University of Madrid in 2003. Now he is working as an Associate Professor at the Universidad Autonoma de Madrid. He has published more than 80 scientific journal and conference papers in the area of the electromagnetic propagation and CDMA systems, particularly the CDMA capacity. His research interests include coexistence and wireless access technologies such as UMTS, WiMAX and Ultra Wideband systems.



José Luis Masa Campos was born in Madrid, Spain, in 1974. He received the Master degree in 1999 and the Ph.D. Degree in 2006, from the Universidad Politécnica de Madrid, Spain. From 1990 to 2003 we developed his professional activity in the R&D department of the company RYMSA with the design of base station antennas for mobile communications and satellite antennas. From 2002 to 2003 he directed the R&D department of RYMSA. From 2003 to 2007 he worked as Research for Universidad Politécnica de Madrid, and in 2005 he joined to Universidad Autónoma de Madrid as Assistant Professor in the Radiocommunications Group of the Polytechnic Collegue. His main current research interests are in planar and active antennas.



Jose Maria Lalueza Mayordomo was born in Madrid, Spain, in February 1985. He is now finishing the Telecommunication Engineering Degree at the Universidad Autonoma de Madrid. His main current research interest is RF propagation in indoor environment.

B

Presupuesto

1) Ejecución Material	
▪ Compra de ordenador personal (Software incluido)	1.200 €
▪ Compra de impresora láser + tóners	200 €
▪ Material de oficina	50 €
▪ Total de ejecución material	1.450 €
2) Gastos generales	
▪ sobre Ejecución Material	200 €
3) Beneficio Industrial	
▪ sobre Ejecución Material	100 €
4) Honorarios Proyecto	
▪ 1300 horas a 15 €/ hora	19500 €
5) Material fungible	
▪ Gastos de impresión	300 €
▪ Encuadernación	30 €
6) Subtotal del presupuesto	
▪ Subtotal Presupuesto	23.030 €
7) I.V.A. aplicable	
▪ 18 % Subtotal Presupuesto	4.145,4 €
8) Total presupuesto	
▪ Total Presupuesto	27.175,4 €

Madrid, Junio 2011

El Ingeniero Jefe de Proyecto

Fdo.: Jose María Lalueza Mayordomo
Ingeniero Superior de Telecomunicación

C

Pliego de condiciones

Pliego de condiciones

Este documento contiene las condiciones legales que guiarán la realización, en este proyecto, de un *Estudio de propagación en diferentes entornos para señales de banda ancha en sistemas WiMAX*. En lo que sigue, se supondrá que el proyecto ha sido encargado por una empresa cliente a una empresa consultora con la finalidad de realizar dicho estudio. Dicha empresa ha debido desarrollar una línea de investigación con objeto de elaborar el proyecto. Esta línea de investigación, junto con el posterior desarrollo de los programas está amparada por las condiciones particulares del siguiente pliego.

Supuesto que la utilización industrial de los métodos recogidos en el presente proyecto ha sido decidida por parte de la empresa cliente o de otras, la obra a realizar se regulará por las siguientes:

Condiciones generales.

1. La modalidad de contratación será el concurso. La adjudicación se hará, por tanto, a la proposición más favorable sin atender exclusivamente al valor económico, dependiendo de las mayores garantías ofrecidas. La empresa que somete el proyecto a concurso se reserva el derecho a declararlo desierto.
2. El montaje y mecanización completa de los equipos que intervengan será realizado totalmente por la empresa licitadora.
3. En la oferta, se hará constar el precio total por el que se compromete a realizar la obra y el tanto por ciento de baja que supone este precio en relación con un importe límite si este se hubiera fijado.
4. La obra se realizará bajo la dirección técnica de un Ingeniero Superior de Telecomunicación, auxiliado por el número de Ingenieros Técnicos y Programadores que se estime preciso para el desarrollo de la misma.
5. Aparte del Ingeniero Director, el contratista tendrá derecho a contratar al resto del personal, pudiendo ceder esta prerrogativa a favor del Ingeniero Director, quien no estará obligado a aceptarla.
6. El contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de los planos, pliego de condiciones y presupuestos. El Ingeniero autor del proyecto autorizará con su firma las copias solicitadas por el contratista después de confrontarlas.
7. Se abonará al contratista la obra que realmente ejecute con sujeción al proyecto que sirvió de base para la contratación, a las modificaciones autorizadas por la superioridad o a las órdenes que con arreglo a sus facultades le hayan comunicado por escrito al Ingeniero Director de obras siempre que dicha obra se haya ajustado a los preceptos de los pliegos de condiciones, con arreglo a los cuales, se harán las modificaciones y la valoración de las diversas unidades sin que el importe total pueda exceder de los presupuestos aprobados. Por consiguiente, el número de unidades que se consignan en el proyecto o en el presupuesto, no podrá servirle de fundamento para entablar reclamaciones de ninguna clase, salvo en los casos de rescisión.
8. Tanto en las certificaciones de obras como en la liquidación final, se abonarán los trabajos realizados por el contratista a los precios de ejecución material que figuran en el presupuesto para cada unidad de la obra.

9. Si excepcionalmente se hubiera ejecutado algún trabajo que no se ajustase a las condiciones de la contrata pero que sin embargo es admisible a juicio del Ingeniero Director de obras, se dará conocimiento a la Dirección, proponiendo a la vez la rebaja de precios que el Ingeniero estime justa y si la Dirección resolviera aceptar la obra, quedará el contratista obligado a conformarse con la rebaja acordada.
10. Cuando se juzgue necesario emplear materiales o ejecutar obras que no figuren en el presupuesto de la contrata, se evaluará su importe a los precios asignados a otras obras o materiales análogos si los hubiere y cuando no, se discutirán entre el Ingeniero Director y el contratista, sometiéndolos a la aprobación de la Dirección. Los nuevos precios convenidos por uno u otro procedimiento, se sujetarán siempre al establecido en el punto anterior.
11. Cuando el contratista, con autorización del Ingeniero Director de obras, emplee materiales de calidad más elevada o de mayores dimensiones de lo estipulado en el proyecto, o sustituya una clase de fabricación por otra que tenga asignado mayor precio o ejecute con mayores dimensiones cualquier otra parte de las obras, o en general, introduzca en ellas cualquier modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero Director de obras, no tendrá derecho sin embargo, sino a lo que le correspondería si hubiera realizado la obra con estricta sujeción a lo proyectado y contratado.
12. Las cantidades calculadas para obras accesorias, aunque figuren por partida alzada en el presupuesto final (general), no serán abonadas sino a los precios de la contrata, según las condiciones de la misma y los proyectos particulares que para ellas se formen, o en su defecto, por lo que resulte de su medición final.
13. El contratista queda obligado a abonar al Ingeniero autor del proyecto y director de obras así como a los Ingenieros Técnicos, el importe de sus respectivos honorarios facultativos por formación del proyecto, dirección técnica y administración en su caso, con arreglo a las tarifas y honorarios vigentes.
14. Concluida la ejecución de la obra, será reconocida por el Ingeniero Director que a tal efecto designe la empresa.
15. La garantía definitiva será del 4
16. La forma de pago será por certificaciones mensuales de la obra ejecutada, de acuerdo con los precios del presupuesto, deducida la baja si la hubiera.
17. La fecha de comienzo de las obras será a partir de los 15 días naturales del replanteo oficial de las mismas y la definitiva, al año de haber ejecutado la provisional, procediéndose si no existe reclamación alguna, a la reclamación de la fianza.
18. Si el contratista al efectuar el replanteo, observase algún error en el proyecto, deberá comunicarlo en el plazo de quince días al Ingeniero Director de obras, pues transcurrido ese plazo será responsable de la exactitud del proyecto.
19. El contratista está obligado a designar una persona responsable que se entenderá con el Ingeniero Director de obras, o con el delegado que éste designe, para todo relacionado con ella. Al ser el Ingeniero Director de obras el que interpreta el proyecto, el contratista deberá consultarle cualquier duda que surja en su realización.
20. Durante la realización de la obra, se girarán visitas de inspección por personal facultativo de la empresa cliente, para hacer las comprobaciones que se crean oportunas. Es obligación del contratista, la conservación de la obra ya ejecutada hasta la recepción de la misma, por lo

que el deterioro parcial o total de ella, aunque sea por agentes atmosféricos u otras causas, deberá ser reparado o reconstruido por su cuenta.

21. El contratista, deberá realizar la obra en el plazo mencionado a partir de la fecha del contrato, incurriendo en multa, por retraso de la ejecución siempre que éste no sea debido a causas de fuerza mayor. A la terminación de la obra, se hará una recepción provisional previo reconocimiento y examen por la dirección técnica, el depositario de efectos, el interventor y el jefe de servicio o un representante, estampando su conformidad el contratista.
22. Hecha la recepción provisional, se certificará al contratista el resto de la obra, reservándose la administración el importe de los gastos de conservación de la misma hasta su recepción definitiva y la fianza durante el tiempo señalado como plazo de garantía. La recepción definitiva se hará en las mismas condiciones que la provisional, extendiéndose el acta correspondiente. El Director Técnico propondrá a la Junta Económica la devolución de la fianza al contratista de acuerdo con las condiciones económicas legales establecidas.
23. Las tarifas para la determinación de honorarios, reguladas por orden de la Presidencia del Gobierno el 19 de Octubre de 1961, se aplicarán sobre el denominado en la actualidad "Presupuesto de Ejecución de Contrataz anteriormente llamado "Presupuesto de Ejecución Material" que hoy designa otro concepto.

Condiciones particulares.

La empresa consultora, que ha desarrollado el presente proyecto, lo entregará a la empresa cliente bajo las condiciones generales ya formuladas, debiendo añadirse las siguientes condiciones particulares:

1. La propiedad intelectual de los procesos descritos y analizados en el presente trabajo, pertenece por entero a la empresa consultora representada por el Ingeniero Director del Proyecto.
2. La empresa consultora se reserva el derecho a la utilización total o parcial de los resultados de la investigación realizada para desarrollar el siguiente proyecto, bien para su publicación o bien para su uso en trabajos o proyectos posteriores, para la misma empresa cliente o para otra.
3. Cualquier tipo de reproducción aparte de las reseñadas en las condiciones generales, bien sea para uso particular de la empresa cliente, o para cualquier otra aplicación, contará con autorización expresa y por escrito del Ingeniero Director del Proyecto, que actuará en representación de la empresa consultora.
4. En la autorización se ha de hacer constar la aplicación a que se destinan sus reproducciones así como su cantidad.
5. En todas las reproducciones se indicará su procedencia, explicitando el nombre del proyecto, nombre del Ingeniero Director y de la empresa consultora.
6. Si el proyecto pasa la etapa de desarrollo, cualquier modificación que se realice sobre él, deberá ser notificada al Ingeniero Director del Proyecto y a criterio de éste, la empresa consultora decidirá aceptar o no la modificación propuesta.
7. Si la modificación se acepta, la empresa consultora se hará responsable al mismo nivel que el proyecto inicial del que resulta el añadirla.

8. Si la modificación no es aceptada, por el contrario, la empresa consultora declinará toda responsabilidad que se derive de la aplicación o influencia de la misma.
9. Si la empresa cliente decide desarrollar industrialmente uno o varios productos en los que resulte parcial o totalmente aplicable el estudio de este proyecto, deberá comunicarlo a la empresa consultora.
10. La empresa consultora no se responsabiliza de los efectos laterales que se puedan producir en el momento en que se utilice la herramienta objeto del presente proyecto para la realización de otras aplicaciones.
11. La empresa consultora tendrá prioridad respecto a otras en la elaboración de los proyectos auxiliares que fuese necesario desarrollar para dicha aplicación industrial, siempre que no haga explícita renuncia a este hecho. En este caso, deberá autorizar expresamente los proyectos presentados por otros.
12. El Ingeniero Director del presente proyecto, será el responsable de la dirección de la aplicación industrial siempre que la empresa consultora lo estime oportuno. En caso contrario, la persona designada deberá contar con la autorización del mismo, quien delegará en él las responsabilidades que ostente.

D

CD

D.1. CD con los datos
