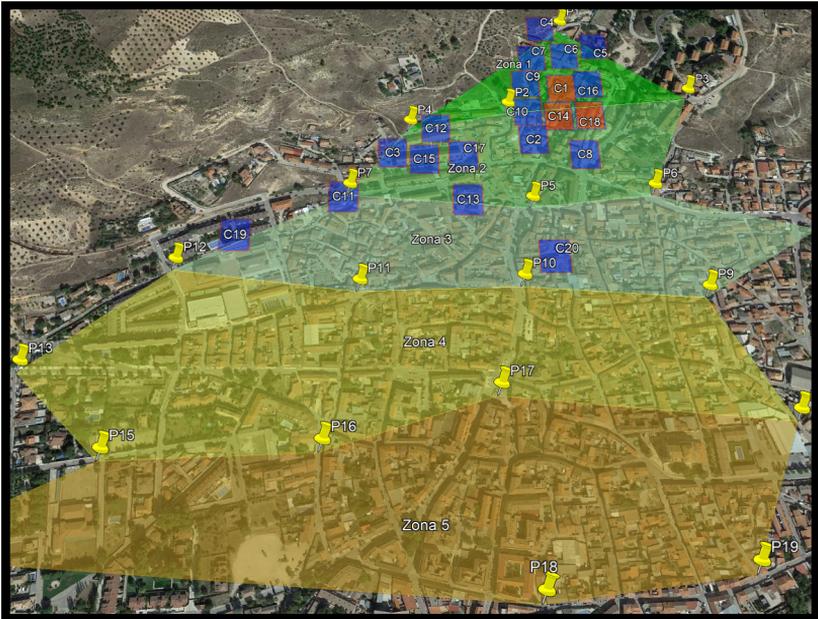




Excmo Ayuntamiento
Morata de Tajuña

ESTUDIO RADIOELÉCTRICO Y DEL ESTADO DE SALUD MORATA DE TAJUÑA



**CENTRO DE
TECNOLOGÍA BIOMÉDICA**

Laboratorio de bioelectromagnetismo

ESTUDIO RADIOELÉCTRICO Y DEL ESTADO DE SALUD

MORATA DE TAJUÑA

(Mayo - septiembre 2023)

CENTRO DE
TECNOLOGÍA BIOMÉDICA

Laboratorio de bioelectromagnetismo

Director del proyecto: Dr Ceferino Maestú

Responsable estudio radioeléctrico: Dr Marco
Xavier Rivera González

Responsable estudio de salud: Ingeniera Isabel
López de Mingo

Integrantes del proyecto: Dr Ceferino Maestú
Unturbe, Dr Marco Xavier Rivera González,
Ingeniera Isabel López de Mingo, Dr Nazario Félix
González

RESUMEN

La presente memoria recoge los resultados del proyecto ‘Estudio radioeléctrico y del estado de salud en Morata de Tajuña’ bajo petición del Ayuntamiento del municipio al laboratorio de bioelectromagnetismo del Centro de Tecnología Biomédica llevado a cabo entre los meses de mayo – septiembre del año 2023. El estudio tiene dos secciones bien diferenciadas. Por un lado, la toma de medidas del espectro radioeléctrico destinada a las telecomunicaciones, tanto en puntos exteriores como en interiores situados en algunas de las viviendas de los vecinos del municipio. Por otro lado, un análisis epidemiológico realizado a través del registro de respuestas de una encuesta de salud estandarizada evaluada en una muestra de la población de la localidad.

Este estudio radioeléctrico presenta 20 puntos de medidas exteriores que permiten establecer el estado dosimétrico del municipio en las distintas bandas de frecuencia destinadas a la telefonía móvil. Las medidas se realizaron a través de un analizador de espectros y una antena isotrópica. El laboratorio de bioelectromagnetismo del Centro de Tecnología Biomédica emplea un protocolo de medida novedoso comparado con los estándares utilizados de forma habitual en el desarrollo de estudios radioeléctricos. Se realizan medidas considerando los valores de pico máximo y no el promediado de los valores por bandas de frecuencia como estos últimos. No promediar los valores de las medidas permite no amortiguar las medidas pico registradas durante la toma de medidas, de forma que se obtiene una aproximación fiel al perfil dosimétrico de la localidad. Además de las medidas exteriores, se seleccionaron viviendas de forma aleatoria de vecinos que solicitaron la participación en el estudio. El total de medidas interiores registradas fue de 20. Las medidas se realizaron usando un exposímetro personal de medida, desarrollado en el laboratorio de bioelectromagnetismo del CTB y que se encuentra patentado. El cual posee precisión y características similares a un analizador de espectros. El dispositivo permaneció en algunas viviendas, registrando la información radioeléctrica del domicilio durante 24 horas. Ambos tipos de medida dan información suficiente para establecer el perfil dosimétrico del domicilio, asegurando que, en el momento de realización de este estudio, ninguna de las medidas realizadas supera la normativa española fijada en el Real Decreto 1066/2001 que establece los límites de exposición de

radiofrecuencia para la población general. Los valores registrados en ambiente externo no superan el límite recomendado de $0.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ recomendado por el Parlamento Europeo.

El estudio de salud se llevó a cabo a través del análisis de las respuestas de un total de 151 encuestas válidas que respondieron los vecinos de la población de Morata de Tajuña. La encuesta, diseñada en el laboratorio de bioelectromagnetismo del CTB, consta de tres cuestionarios estandarizados diferentes que evalúan los parámetros de salud más sensibles a las radiaciones (SF12: salud general de la población; HIT6: dolores de cabeza; SPQI: problemas de sueño). Las respuestas registradas se correlacionan con los valores de las medidas exteriores obtenidos en la primera fase del proyecto. Los resultados, en el momento de la realización de este estudio, muestran una distribución del estado de salud similar al encontrado en la población general española que, además, no puede ser correlacionado con las medidas radioeléctricas registradas.

SECCIÓN 1ª: ANÁLISIS RADIOELECTRICO EN EL MUNICIPIO DE MORATA DE TAJUÑA

ÍNDICE DE LA SECCIÓN

1.	Motivación	1
2.	Introducción	1
3.	Objetivos	2
4.	Metodología del Estudio Radioeléctrico	2
5.	Medidas en Ambiente Exterior.....	3
6.	Resultados de las Medidas Realizadas en Ambiente Exterior.....	8
7.	Análisis de Resultados en Ambiente Exterior	30
8.	Medidas en Ambiente Interior.....	36
9.	Resultados de las Medidas Realizadas en Ambiente Interior.	37
10.	Análisis de Resultados en Ambiente Interior.....	59
11.	Conclusiones	60
12.	Referencias	61

1. Motivación

El presente estudio radioeléctrico es parte del estudio que se ha llevado a cabo en la población de Morata de Tajuña en el mes de junio del año 2023 bajo petición del Ayuntamiento del municipio al laboratorio de bioelectromagnetismo del Centro de Tecnología Biomédica de la Universidad Politécnica de Madrid liderado por el Dr Ceferino Maestú.

2. Introducción

Con el avance de la tecnología, la población se encuentra cada vez más preocupada por las exposiciones a las radiaciones generadas por campos electromagnéticos (RF-EMF) producidas principalmente por tecnologías inalámbricas como Wifi, telefonía móvil, televisión, radiodifusión, etc. [1]

El desconocimiento de los niveles de radiación RF-EMF a los que la población se encuentra inmersa, genera mayor preocupación debido a los posibles efectos adversos en la salud producto de la exposición continua a estos campos electromagnéticos [1,2,3,4]. Actualmente tenemos la posibilidad de conocer los niveles de radiación por medio de instrumentos y sistemas como analizadores de espectro y exposímetros, que permiten la medición y caracterización de las RF-EMF [5,6]. Según criterio de la International Telecommunication Union (ITU) [2] y de European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC) [15], las medidas deben realizarse de forma continua, permitiendo medir la densidad de Potencia y discriminar entre cada frecuencia correspondiente a las fuentes de emisión de RF-EMF [2,15].

Las agencias reguladoras limitan la cantidad de energía radiada por los sistemas de comunicación, siguiendo las pautas de la International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Estas directrices consideran únicamente los llamados efectos térmicos, utilizando el criterio de la máxima tasa de absorción específica (SAR) como único parámetro de evaluación que consiste en la medida de la potencia máxima de RF-EMF absorbida por el tejido vivo en su calentamiento [7]. Sin embargo, los efectos que podemos considerar no térmicos no son reconocidos dentro de la evidencia científica por el ICNIRP [7–12].

Tabla 1. Límites de exposición a Campos electromagnéticos no ionizantes según el Parlamento Europeo. [13]

Rango de Frecuencia	Campo Eléctrico (V/m)	Campo Magnético (A/m)	Densidad de Potencia (W/m ²)
Hasta 1 Hz	--	32000	--
1-8 Hz	10000	$32000/f_{(Hz)}^2$	--
8-25 Hz	10000	$4000/f_{(Hz)}$	--
25-800 Hz	$250/f_{(kHz)}$	$4/f_{(kHz)}$	--
0.8-3 KHz	$250/f_{(kHz)}$	5	--
3-150 KHz	87	5	--
0.15-1 MHz	87	$0.73/f_{(MHz)}$	--
1-10 MHz	$87/f_{(MHz)}^{1/2}$	$0.73/f_{(MHz)}$	--
10-400 MHz	28	0.073	2
0.4-2 GHz	$1.375 f_{(MHz)}^{1/2}$	$0.0037 f_{(MHz)}^{1/2}$	$f_{(MHz)}/200$
2-300 GHz	61	0.16	10

En la Tabla 1 se indican los niveles máximos de radiación permitidos según la ICNIRP y el Parlamento Europeo [13]. Sin embargo, cada vez más científicos y expertos en salud pública rechazan estos límites y sugieren un límite de exposición de $0.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ para garantizar la salud pública [12].

Los límites de exposición en España según el Real Decreto RD 1066/2001 “Condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas” [14], adoptan las directrices de la ICNIRP sobre los límites a exposición de campos electromagnéticos.

El principio de precaución se encuentra en el Tratado de la Comunidad Europea y está relacionada con la gestión del riesgo, este principio indica que al no existir certeza científica, pero si motivos razonables sobre acciones que amenazan a la seguridad de la población, los estándares deben resolverse en favor de la prevención. Por otra parte el principio ALARA (As Low As Reasonably Achievable); es una aplicación del principio de precaución que propone reducir los niveles de emisión de campo electromagnético al valor mínimo razonable que permita usar la tecnología. Por medio de estos principios algunos países como Italia, Luxemburgo, Bélgica, Grecia, Rusia, China, Austria han adoptado límites de exposición a campos electromagnéticos más rigurosos, introduciendo modificaciones a las recomendaciones de la ICNIRP en un factor de entre 20 y 100 veces menor [14].

3. Objetivos

El estudio radioeléctrico ha sido dividido en dos secciones bien diferenciadas:

Sección 1ª: Realización de medidas de radiación electromagnética en el exterior y en el interior de viviendas seleccionadas en las principales bandas de frecuencia destinadas para las telecomunicaciones.

Sección 2ª: Realización de un estudio epidemiológico en el que se evalúan diferentes parámetros de salud a través de tres cuestionarios estandarizados (SF12, HIT6, PSQI) repartidos de forma uniforme en la población.

4. Metodología del Estudio Radioeléctrico

El estudio radioeléctrico está constituido por un total de 40 puntos de medida de densidad de potencia por campos electromagnéticos en diferentes condiciones ambientales:

- 20 puntos de medida en ambiente exterior (a pie de calle), distribuidos en la población de Morata de Tajuña.
- 20 puntos de medida en ambiente interior (dentro de las viviendas), distribuidas en las casas de la gente de Morata de Tajuña.

Las medidas realizadas en ambiente exterior se realizan en dos franjas horarias seleccionadas con respecto a las horas de mayor demanda (horas pico) de uso de telefonía móvil:

- Medidas por la mañana: de 11:00 a 13:00 horas.
- Medidas por la tarde: de 17:00 a 21:00 horas.

5. Medidas en Ambiente Exterior.

Las medidas realizadas en el exterior están distribuidas en 20 puntos de medida de Densidad de Potencia de campo electromagnético. En este estudio las regulaciones expuestas por la ICNIRP [13] no se siguieron, debido a que utilizar la Tasa de Absorción Específica (SAR) como único criterio de exposición no es el más apropiado para este propósito. Además se considera que los efectos biológicos debidos a la exposición prolongada a la radiación de radiofrecuencia aumentan cuando se detectan picos de energía por debajo de las recomendaciones de la ICNIRP [12]. Con el objetivo de ser más rigurosos, las medidas se realizaron en periodos de 10 minutos y se consideran los niveles máximos de potencia recibida (no el promedio), considerando los valores picos o la máxima potencia registrada en cada punto de medida para el análisis de los datos. Las medidas se realizaron para validar únicamente campo lejano (no evalúa campo cercano). Por lo tanto, las medidas se realizaron a dos metros de distancia de las personas para evitar sombras de radiación electromagnética producidas por el cuerpo, y con los dispositivos electrónicos apagados para evitar excitación de las antenas transmisoras.

En la Figura 1 se indica en color amarillo la distribución geográfica de los 20 puntos de medida en la población de Morata de Tajuña, seguido de la Tabla 2 con las coordenadas geográficas y la dirección de cada uno de los puntos de medida.



Figura 1. Puntos de medida en Morata de Tajuña

Tabla 2. Ubicación por coordenada geográfica y dirección de cada punto de medida.

Punto Medida	Coordenadas Geográficas	Dirección
P1	40°14'06.890"N 3°26'06.847"W	C. Don Ángel Casado
P2	40°14'01.156"N 3°26'10.756"W	C. Cta. De Arganda
P3	40°14'02.072"N 3°25'59.002"W	C. Cta. Del Campo
P4	40°14'00.000"N 3°26'17.025"W	C. Estrecha
P5	40°13'55.283"N 3°26'09.646"W	C. Ctra. De Arganda
P6	40°13'56.029"N 3°26'02.148"W	Av. Príncipes de España
P7	40°13'56.053"N 3°26'20.710"W	C. de la vía
P8	40°13'54.052"N 3°25'52.648"W	Av. Príncipes de España
P9	40°13'50.360"N 3°26'00.000"W	C. de la Majada
P10	40°13'50.936"N 3°26'10.481"W	Av. Calvo Sotelo
P11	40°13'50.673"N 3°26'19.937"W	C. de Don Juan Carlos I
P12	40°13'51.812"N 3°26'30.645"W	C. la Tarayuela
P13	40°13'46.624"N 3°26'38.284"W	Av. De la Constitución
P14	40°13'38.778"N 3°26'42.919"W	C. Cárcava
P15	40°13'42.648"N 3°26'33.090"W	C. la Isla
P16	40°13'43.035"N 3°26'21.643"W	C. de los Rosales
P17	40°13'45.554"N 3°26'12.154"W	C. Real
P18	40°13'36.986"N 3°26'10.554"W	C. de la Carrera del Mediodía
P19	40°13'38.102"N 3°26'00.003"W	C. Sol
P20	40°13'44.397"N 3°25'56.375"W	C. Huertarias

En la Población de Morata de Tajuña, según el registro público de concesiones de la SECRETARIA DE ESTADO DE TELECOMUNICACIONES E INFRAESTRUCTURAS DIGITALES del Gobierno de España, se encuentran tres operadoras móviles. En la tablas 3, 4, 5, 6 y 7 se indican las concesiones de operadores móviles en la región y en las bandas GSM 800, GSM 900, GSM 1800, GSM 1900, GSM 2100, y GSM 2600.

Tabla 3. Identificación de operadores móviles que operan en la región en la banda GSM 800.

GSM 800		
Referencia	Empresa	Banda de Frecuencia (MHz)
DGZZ-1400364	ORANGE ESPAÑA	[791-796], [832-837]
DGZZ-1400365	ORANGE ESPAÑA	[796-801], [837-842]
DGZZ-1400366	TELEFÓNICA ESPAÑA	[811-816], [852-857]
DGZZ-1400367	TELEFÓNICA ESPAÑA	[816-821], [857-862]
DGZZ-1400368	VODAFONE ESPAÑA	[801-806], [842-847]
DGZZ-1400369	VODAFONE ESPAÑA	[806-811], [847-852]

Tabla 4. Identificación de operadores móviles que operan en la región en la banda GSM 900.

GSM 900		
Referencia	Empresa	Banda de Frecuencia (MHz)
DGZZ-1104606	ORANGE ESPAÑA	[885.1-890.1], [930.1-935.1]
DGZZ-1205771	TELEFÓNICA ESPAÑA	[890.1-895.1], [935.1-940.1]
DGZZ-1205772	TELEFÓNICA ESPAÑA	[895.1-900.1], [940.1-945.1]
DGZZ-1205773	TELEFÓNICA ESPAÑA	[900.1-904.9], [945.1-949.9]
DGZZ-1205774	ORANGE ESPAÑA	[880.1-885.1], [925.1-930.1]
DGZZ-9520003	VODAFONE ESPAÑA	[904.9-914.9], [949.9-959.9]

Tabla 5. Identificación de operadores móviles que operan en la región en la banda GSM 1800.

GSM 1800		
Referencia	Empresa	Banda de Frecuencia (MHz)
DGZZ-1104638	XFERA MOVILES S.A.	[1750.1-1755.1], [1845.1-1850.1]
DGZZ-1104639	XFERA MOVILES S.A.	[1755.1-1760.1], [1850.1-1855.1]
DGZZ-1104640	XFERA MOVILES S.A.	[1760.1-1764.9], [1855.1-1859.9]
DGZZ-9820001	VODAFONE ESPAÑA	[1730.1-1750.1], [1825.1-1845.1]
DGZZ-9820002	ORANGE ESPAÑA	[1764.9-1784.9], [1859.9-1879.9]
DGZZ-9820003	TELEFÓNICA ESPAÑA	[1710.1-1730.1], [1805.1-1825.1]

Tabla 6. Identificación de operadores móviles que operan en la región en la banda GSM 2100.

GSM 2100		
Referencia	Empresa	Banda de Frecuencia (MHz)
M ZZ-0020003	VODAFONE ESPAÑA	[1905-1910], [1950-1965], [2140-2155]
M ZZ-0020004	ORANGE ESPAÑA	[1900-1905], [1935-1950], [2125-2140]
M ZZ-0020005	TELEFÓNICA ESPAÑA	[1910-1915], [1965-1980], [2155-2170]
M ZZ-0020006	XFERA MOVILES S.A.	[1915-1920], [1920-1935], [2110-2125]

Tabla 7. Identificación de operadores móviles que operan en la región en la banda GSM 2600.

GSM 2600		
Referencia	Empresa	Banda de Frecuencia (MHz)
DGM - 1104975	VODAFONE ESPAÑA	[2540 – 2545], [2660 – 2665]
DGM - 1104976	VODAFONE ESPAÑA	[2545 – 2550], [2665 – 2670]
DGM - 1104977	VODAFONE ESPAÑA	[2550 – 2555], [2670 – 2675]
DGM - 1105546	VODAFONE ESPAÑA	[2575 – 2585]
DGM - 1105547	VODAFONE ESPAÑA	[2585 – 2595]
DGM - 1104988	VODAFONE ESPAÑA	[2555 – 2560], [2675 – 2680]
DGZZ - 1104970	ORANGE ESPAÑA	[2520 – 2530], [2640 – 2650]
DGZZ - 1104974	ORANGE ESPAÑA	[2530 – 2540], [2650 – 2660]
DGZZ - 1104972	TELEFÓNICA ESPAÑA	[2500 – 2510], [2620 – 2630]
DGZZ - 1104973	TELEFÓNICA ESPAÑA	[2510 – 2520], [2630 – 2640]
DGZZ - 1105545	TELEFÓNICA ESPAÑA	[2605 - 2615]
DGZZ - 1105546	TELEFÓNICA ESPAÑA	[2575 – 2585]
DGM - 1601147	TELEFÓNICA ESPAÑA	[2560 – 2570], [2680 – 2690]

Cerca de la población de Morata de Tajuña se encuentra un conjunto de antenas ubicadas en un mismo punto geográfico en el balcón de Pilatos a 1.7545 Km de distancia del centro de la población, siendo la distancia de la antena al punto de medida más cercano (P18) de 1.3006 Km y al punto de medida más lejano (P1) de 2.2085 Km. En la Figura 2 se indica la ubicación geográfica de la antena con respecto a los puntos de medida P1 y P18. En la Tabla 8 se indica la coordenada geográfica y la dirección de las antenas más cercanas a Morata de Tajuña.



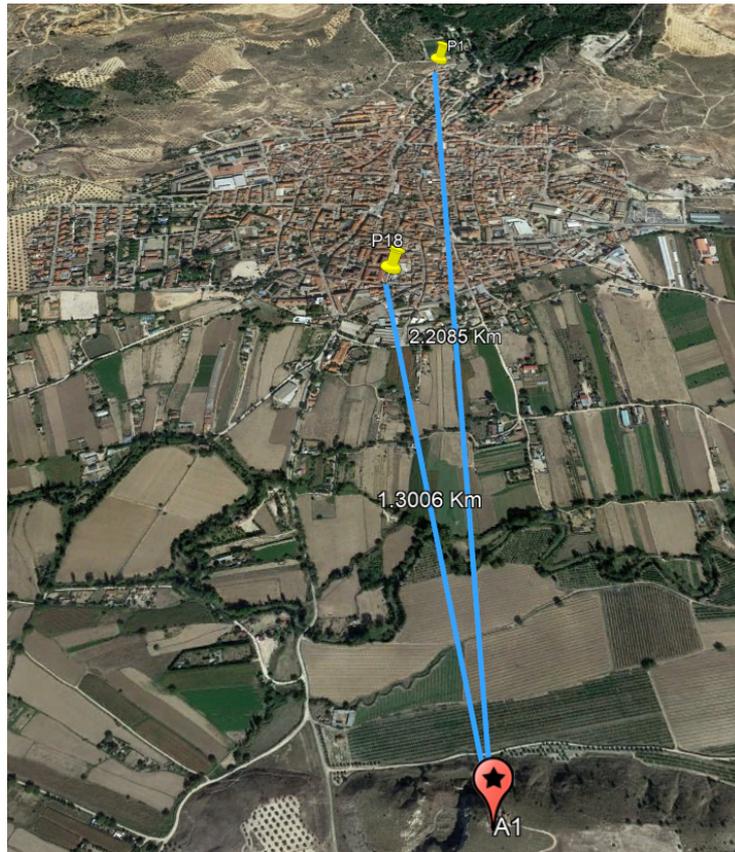


Figura 2. Puntos de Medida en el área de Morata de Tajuña.

Tabla 8. Ubicación por coordenada geográfica y dirección de antenas cerca de la población de Morata de Tajuña.

Antena	Coordenadas Geográficas	Dirección
A1	40°12'55.4"N 3°26'00.8"W	Camino de Valdelaosa (Balcón de Pilatos)

El equipo profesional de analizador de espectros de la marca Rohde & Schwarz modelo FSH8 conjuntamente con su antena omnidireccional TSEMF-B2 (Alemania, Munich, ROHDE & SCHWARDZ), se utilizó para realizar la validación del exposímetro. El analizador de espectros con la antena, permite realizar las medidas de densidad de potencia en el rango de frecuencias comprendido desde 700 MHz hasta 6 GHz, registrando los niveles máximos de potencia en intervalos de 10 minutos para cada punto de medida especificado en la Figura 1. En la Figura 3 se muestra el equipo de analizador de espectros y la antena utilizados.





Figura 3. Analizador de espectros portátil FSH8 y antena omnidireccional TSEMF-B2 (Germany, Munich, ROHDE&SCHWARDZ).

Las medidas se realizaron a una distancia de 1.5 metros del suelo utilizando un trípode de madera para evitar acoplamiento con la antena, y los equipos personales (teléfonos móviles) se apagaron, con el objetivo de impedir estimular las señales de las estaciones base y generara una sobreestimación de las medidas de radiación de campo electromagnético.

Las mediciones realizadas en cada punto de medida de la Figura 1, se realizan en dos franjas horarias:

- Por la mañana: de 11:00 – 13:00 horas.
- Por la Tarde: de 18:00 – 21:00 horas.

6. Resultados de las Medidas Realizadas en Ambiente Exterior.

En general los valores de Densidad de Potencia de radiación por campos electromagnéticos se encuentran por debajo de las recomendaciones de $0.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ y por lo tanto se encuentran muy por debajo de los límites expuestos por el Parlamento Europeo. En la Figura 4 se muestra la gráfica general de Densidad de Potencia de la población de Morata de Tajuña en ambiente de exterior. En la Tabla 9. Se indican los valores máximos más representativos obtenidos por las mediciones en los 20 puntos de medida.



Figura 4. Gráfica de Densidad de Potencia de radiación general en la población de Morata de Tajuña. (ICNIRP corresponde a los límites legales, según el Real Decreto RD 1066/2001)

Tabla 9. Puntos máximos más relevantes de radiación general en la población de Morata de Tajuña.

Resultados Generales de la Población.					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (µW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (µW/cm ²)
P1	0,83460317	0,02571209	P10	0,7	0,01020048
P2	0,94396825	0,00299898	P11	0,93555556	0,0059828
P3	1,08698413	0,00037794	P12	1,10380952	0,00021121
P4	1,81888889	0,00211759	P13	1,94507937	0,00421743
P5	2,12174603	0,00120898	P14	2,16380952	0,00332249
P6	2,42460317	0,00124154	P15	2,40777778	0,00058864
P7	2,62650794	0,00184968	P16	2,63492063	0,00276991
P8	3,25746032	0,03358116	P17	3,45095238	0,00102063
P9	5,30174603	0,00157399	P18	5,30174603	0,00268467

A continuación se indica la Figuras correspondientes a cada punto de medida realizada en el ambiente exterior y las tablas con los puntos máximos más relevantes por bandas de frecuencia. Se indica una recomendación como límite de exposición de 0.1 µW/cm² donde se considera que la Densidad de Potencia no es perjudicial en ningún sentido para la población [12]. Por lo tanto en las Gráficas siguientes se encuentra en dos franjas de color de fondo:

- En color amarillo: al superar el límite de 0.1 µW/cm²
- En color verde: al ser inferior al límite de 0.1 µW/cm²

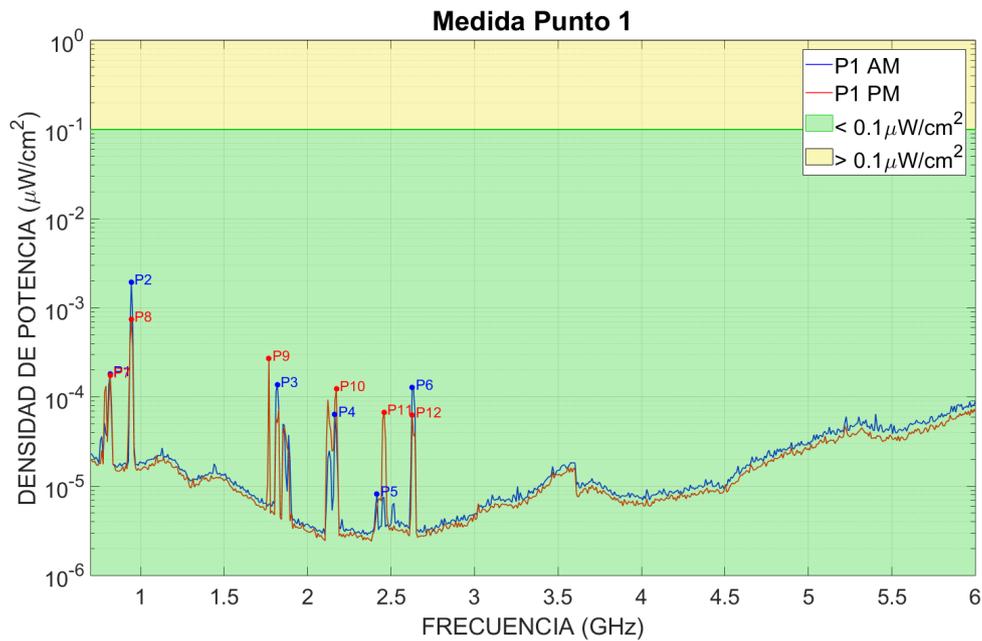


Figura 5. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 1 (P1).

Tabla 10. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 1 (P1).

Medida Punto 1					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,817777778	0,0001821	P7	0,817777778	0,000175638
P2	0,943968254	0,001938694	P8	0,943968254	0,000743463
P3	1,818888889	0,000137951	P9	1,768412698	0,000270372
P4	2,163809524	0,0000636306	P10	2,172222222	0,000124206
P5	2,416190476	0,0000081473	P11	2,458253968	0,0000678244
P6	2,626507937	0,000129358	P12	2,626507937	0,0000628462

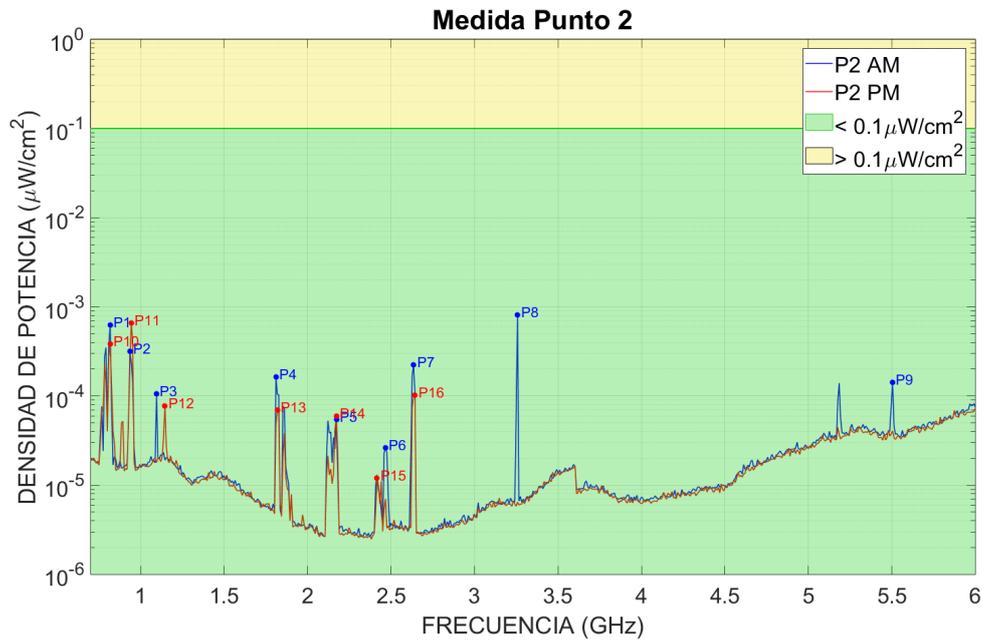


Figura 6. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 2 (P2).

Tabla 11. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 2 (P2).

Medida Punto 2					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,817777778	0,000630251	P10	0,817777778	0,000383462
P2	0,935555556	0,000318344	P11	0,943968254	0,00066239
P3	1,095396825	0,000105526	P12	1,145873016	0,0000775632
P4	1,81047619	0,000164936	P13	1,818888889	0,0000692214
P5	2,172222222	0,0000548761	P14	2,172222222	0,0000593133
P6	2,466666667	0,0000265251	P15	2,416190476	0,0000120946
P7	2,634920635	0,000224984	P16	2,643333333	0,00010256
P8	3,257460317	0,00080818			
P9	5,503650794	0,00014164			

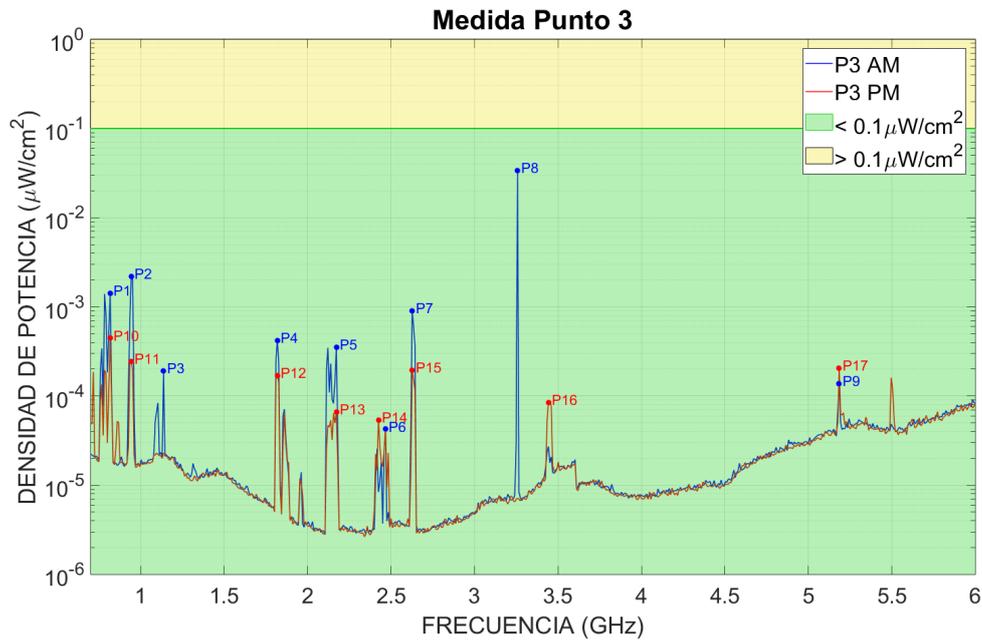


Figura 7. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 3 (P3).

Tabla 12. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 3 (P3).

Medida Punto 3					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,817777778	0,001422134	P10	0,817777778	0,000445536
P2	0,943968254	0,002185036	P11	0,943968254	0,00024438
P3	1,137460317	0,000191356	P12	1,818888889	0,000169434
P4	1,818888889	0,000420388	P13	2,172222222	0,000066224
P5	2,172222222	0,000353045	P14	2,424603175	0,000054024
P6	2,466666667	0,0000424744	P15	2,626507937	0,000194217
P7	2,626507937	0,000902377	P16	3,442539683	0,0000840257
P8	3,257460317	0,033581164	P17	5,183968254	0,000206289
P9	5,183968254	0,000138363			

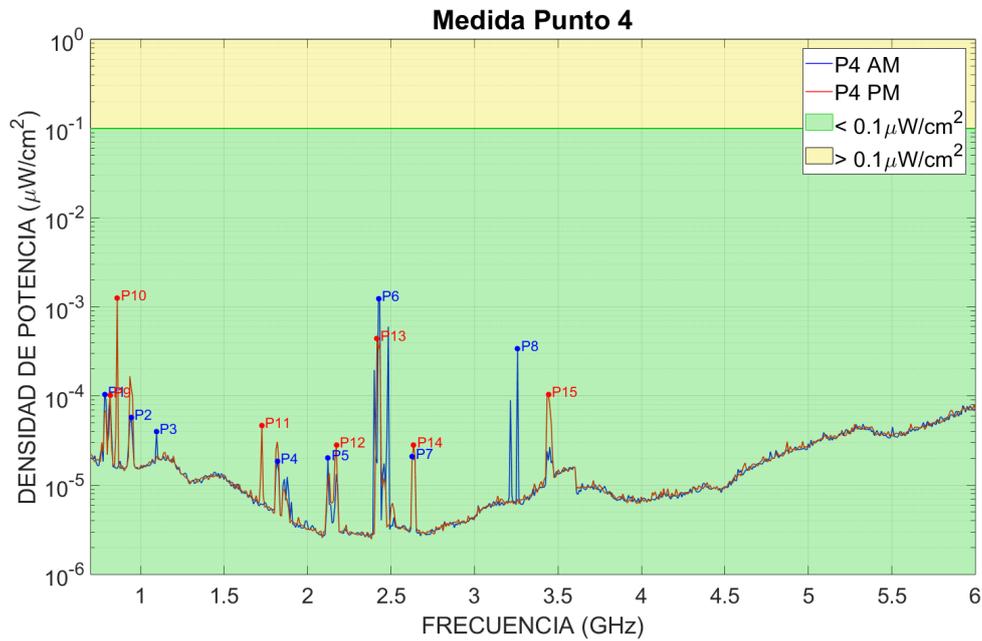


Figura 8. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 4 (P4).

Tabla 13. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 4 (P4).

Medida Punto 4					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,784126984	0,000103947	P9	0,817777778	0,000102958
P2	0,943968254	0,0000580687	P10	0,85984127	0,00125552
P3	1,095396825	0,0000400342	P11	1,726349206	0,0000467049
P4	1,818888889	0,000018547	P12	2,172222222	0,0000280785
P5	2,121746032	0,0000204252	P13	2,416190476	0,000444658
P6	2,424603175	0,001241538	P14	2,634920635	0,0000284086
P7	2,626507937	0,0000210288	P15	3,442539683	0,000104637
P8	3,257460317	0,000337936			

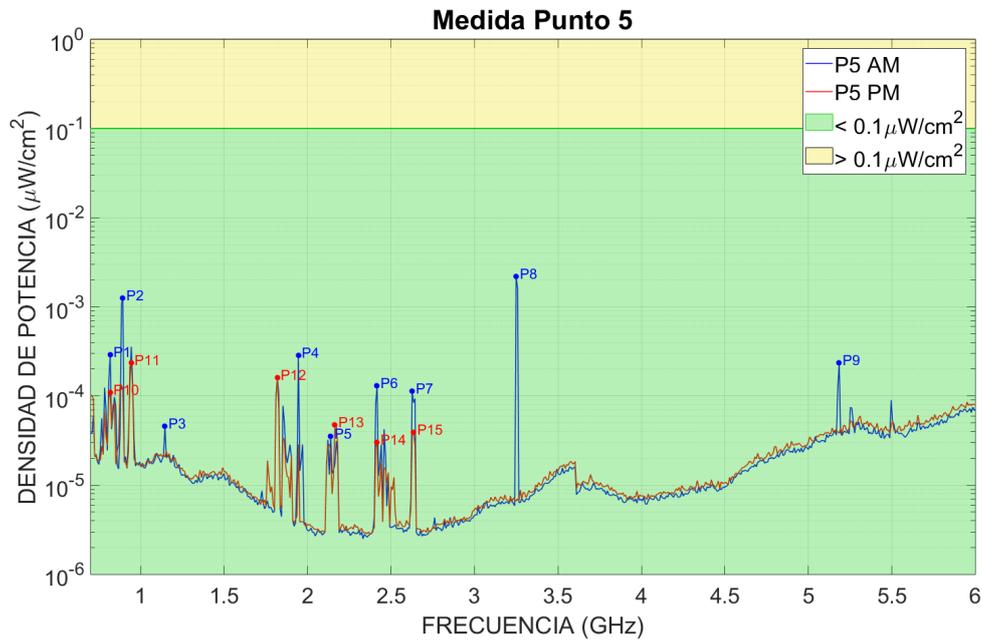


Figura 9. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 5 (P5).

Tabla 14. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 5 (P5).

Medida Punto 5					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,817777778	0,000293054	P10	0,817777778	0,000109979
P2	0,893492063	0,001253601	P11	0,943968254	0,000236239
P3	1,145873016	0,0000461079	P12	1,818888889	0,000159811
P4	1,945079365	0,000286203	P13	2,163809524	0,0000476551
P5	2,138571429	0,0000356123	P14	2,416190476	0,0000301975
P6	2,416190476	0,000130412	P15	2,634920635	0,0000390653
P7	2,626507937	0,000113003			
P8	3,249047619	0,002182792			
P9	5,183968254	0,000235314			

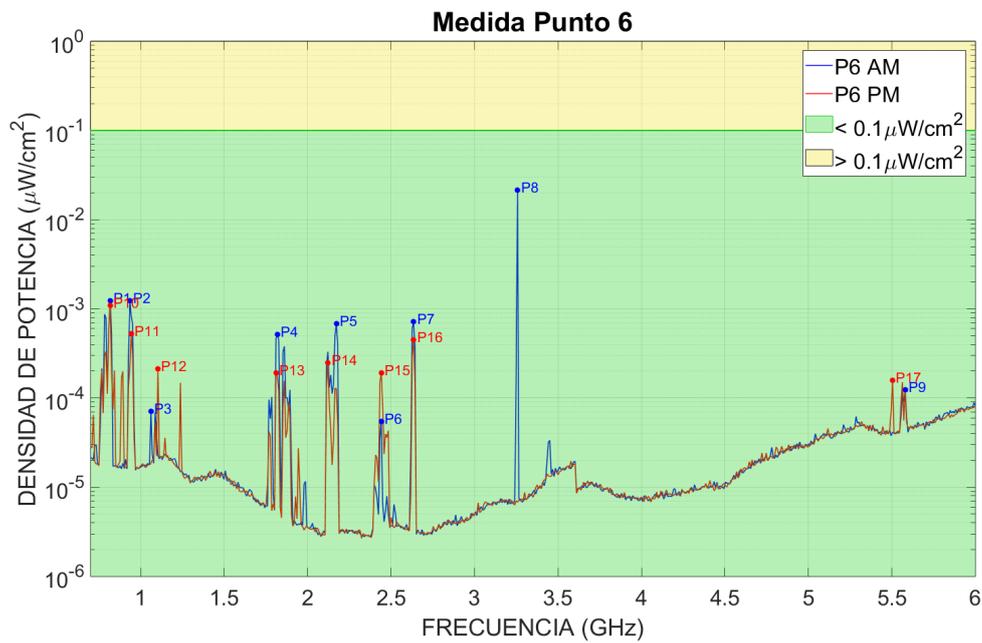


Figura 10. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 6 (P6).

Tabla 15. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 6 (P6).

Medida Punto 6					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,817777778	0,001230717	P10	0,817777778	0,001090087
P2	0,935555556	0,001238499	P11	0,943968254	0,000528799
P3	1,061746032	0,0000713775	P12	1,103809524	0,000211206
P4	1,818888889	0,000514672	P13	1,81047619	0,000191262
P5	2,172222222	0,00068321	P14	2,121746032	0,000247013
P6	2,441428571	0,0000551107	P15	2,441428571	0,000192286
P7	2,634920635	0,000714527	P16	2,634920635	0,000446796
P8	3,257460317	0,021465034	P17	5,503650794	0,000157138
P9	5,579365079	0,000124961			

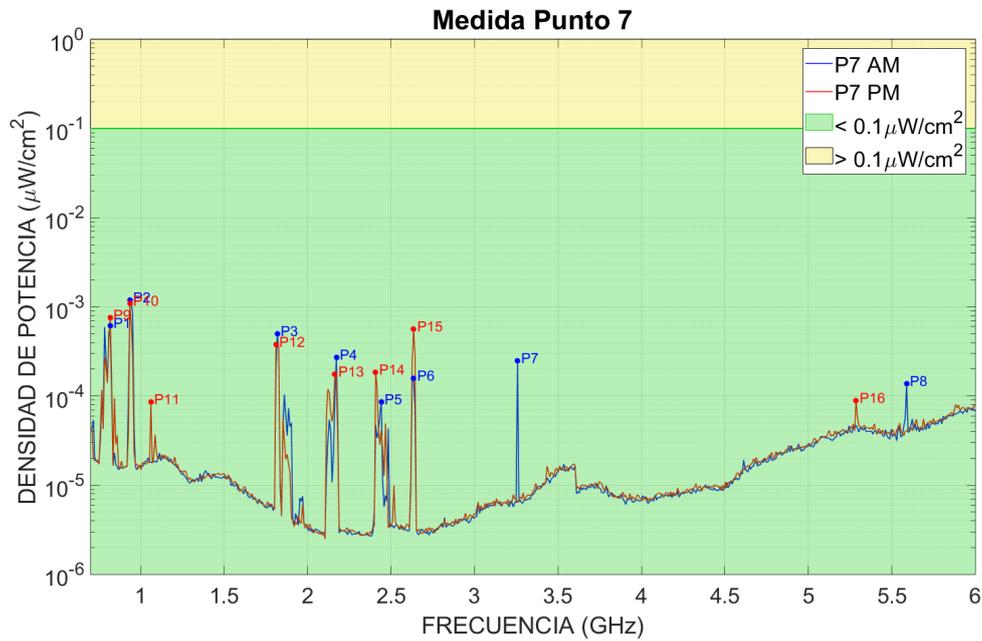


Figura 11. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 7 (P7).

Tabla 16. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 7 (P7).

Medida Punto 7					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,817777778	0,000612491	P9	0,817777778	0,000763026
P2	0,935555556	0,001192883	P10	0,935555556	0,001087992
P3	1,818888889	0,000503109	P11	1,061746032	0,0000855671
P4	2,172222222	0,000271563	P12	1,81047619	0,000378674
P5	2,441428571	0,0000856133	P13	2,163809524	0,000174227
P6	2,634920635	0,000157387	P14	2,407777778	0,000185401
P7	3,257460317	0,000248189	P15	2,634920635	0,000568189
P8	5,587777778	0,000138397	P16	5,284920635	0,0000897197

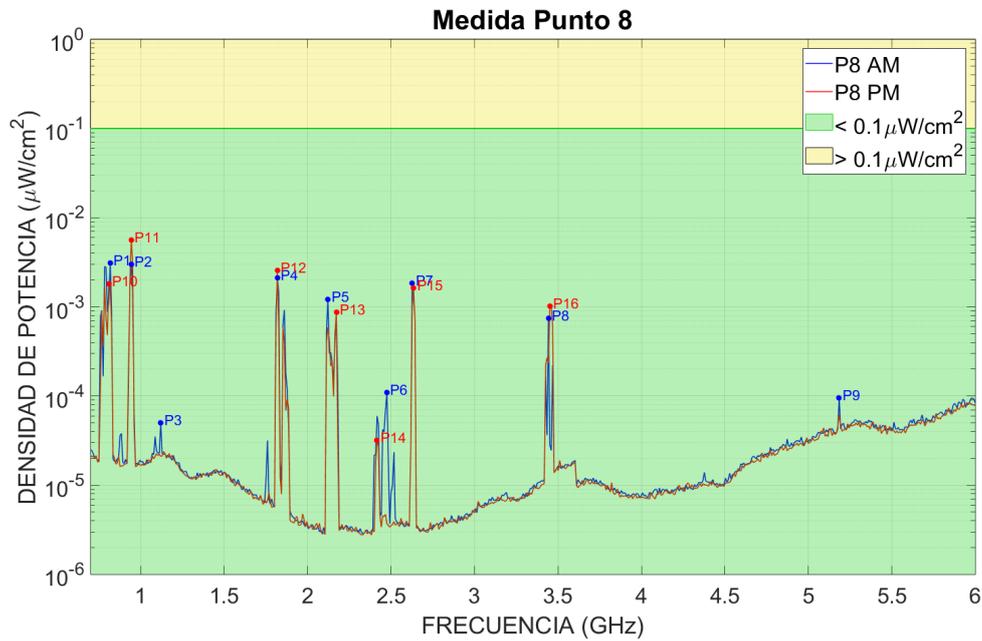


Figura 12. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 8 (P8).

Tabla 17. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 8 (P8).

Medida Punto 8					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,817777778	0,00312498	P10	0,809365079	0,001807451
P2	0,943968254	0,002998982	P11	0,943968254	0,005650648
P3	1,120634921	0,0000502579	P12	1,818888889	0,002560386
P4	1,818888889	0,002117589	P13	2,172222222	0,000877393
P5	2,121746032	0,001208975	P14	2,416190476	0,0000317861
P6	2,475079365	0,000109182	P15	2,634920635	0,001639937
P7	2,626507937	0,001849684	P16	3,450952381	0,001020625
P8	3,442539683	0,000741488			
P9	5,183968254	0,0000958717			

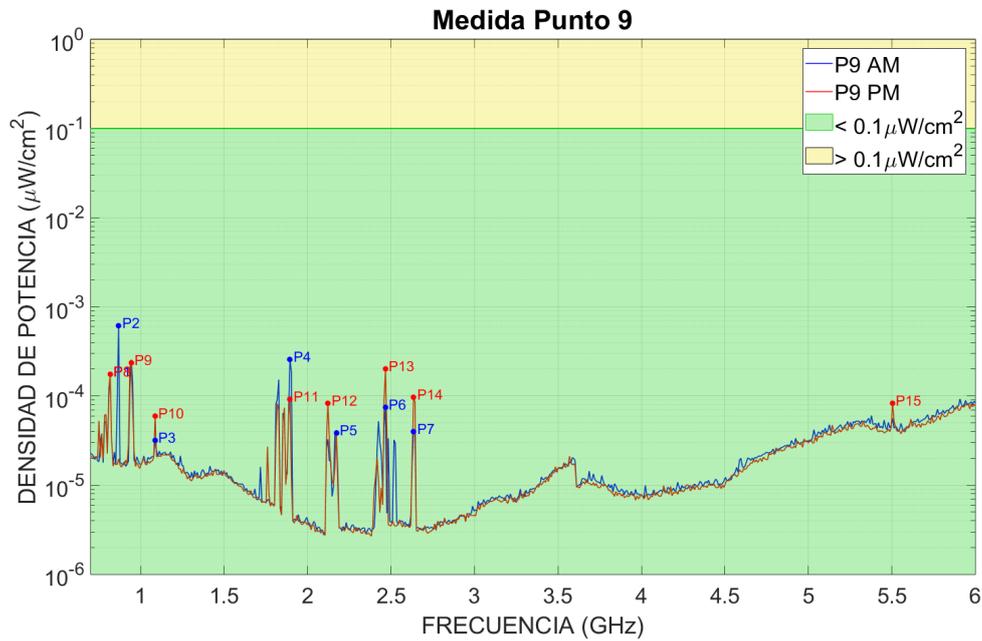


Figura 13. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 9 (P9).

Tabla 18. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 9 (P9).

Medida Punto 9					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,817777778	0,000175863	P8	0,817777778	0,000176284
P2	0,868253968	0,000611456	P9	0,943968254	0,000236703
P3	1,086984127	0,0000318509	P10	1,086984127	0,000059896
P4	1,894603175	0,000256841	P11	1,894603175	0,0000924797
P5	2,172222222	0,000038276	P12	2,121746032	0,0000834624
P6	2,466666667	0,0000749048	P13	2,466666667	0,000200179
P7	2,634920635	0,0000398286	P14	2,634920635	0,000096424
			P15	5,503650794	0,0000830512

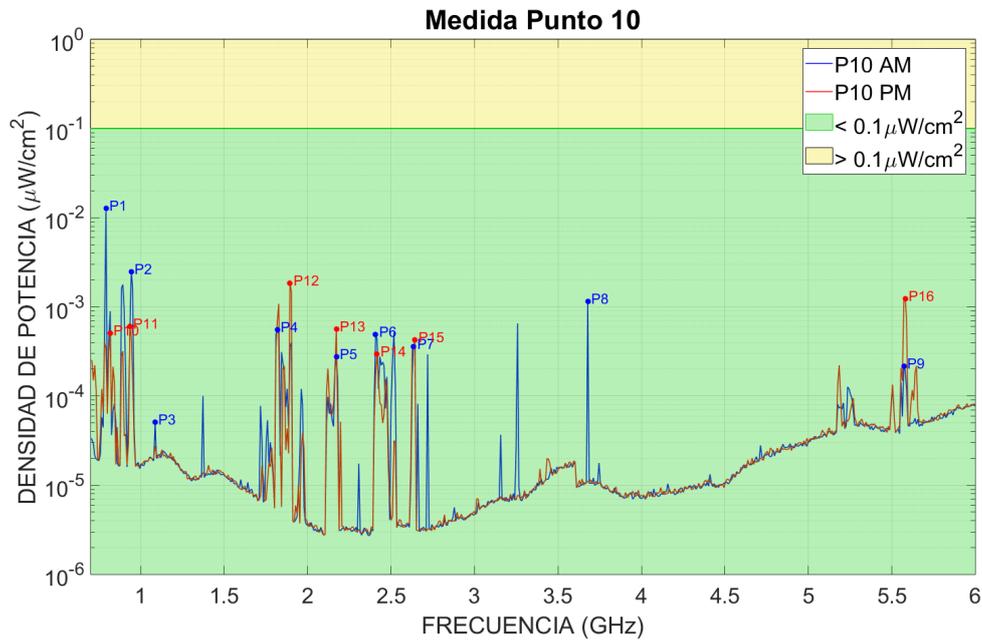


Figura 14. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 10 (P10).

Tabla 19. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 10 (P10).

Medida Punto 10					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,792539683	0,012692765	P10	0,817777778	0,00050482
P2	0,943968254	0,00249227	P11	0,935555556	0,000602258
P3	1,086984127	0,0000509542	P12	1,894603175	0,001855764
P4	1,818888889	0,000557724	P13	2,172222222	0,000564566
P5	2,172222222	0,000274543	P14	2,416190476	0,000296139
P6	2,407777778	0,000488552	P15	2,643333333	0,000428075
P7	2,634920635	0,000357579	P16	5,579365079	0,001239533
P8	3,678095238	0,001159967			
P9	5,570952381	0,000215532			

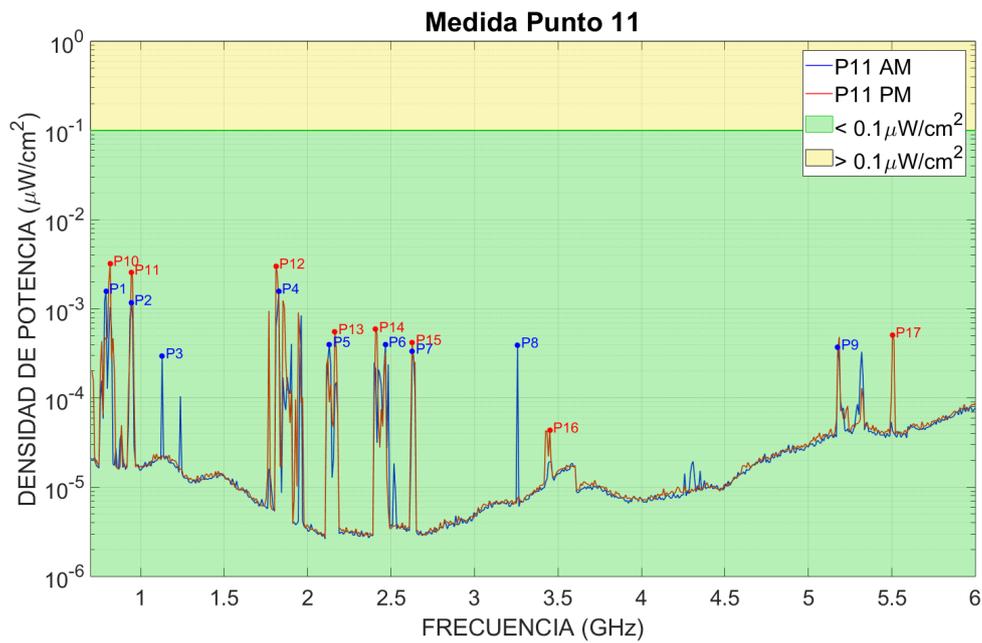


Figura 15. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 11 (P11).

Tabla 20. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 11 (P11).

Medida Punto 11					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,792539683	0,001572171	P10	0,817777778	0,003233414
P2	0,943968254	0,001162366	P11	0,943968254	0,002550595
P3	1,129047619	0,000293502	P12	1,81047619	0,003022614
P4	1,827301587	0,001576599	P13	2,163809524	0,000554297
P5	2,13015873	0,000400046	P14	2,407777778	0,000588638
P6	2,466666667	0,000400967	P15	2,626507937	0,000421387
P7	2,626507937	0,000334821	P16	3,450952381	0,000043375
P8	3,257460317	0,000391676	P17	5,503650794	0,000508309
P9	5,175555556	0,000372305			



Figura 16. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 12 (P12).

Tabla 21. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 12 (P12).

Medida Punto 12					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,817777778	0,000432411	P10	0,716825397	0,003713165
P2	0,935555556	0,000902358	P11	0,943968254	0,000989112
P3	1,103809524	0,000198806	P12	1,945079365	0,004217433
P4	1,903015873	0,000415763	P13	2,13015873	0,000212327
P5	2,172222222	0,00015179	P14	2,466666667	0,000114523
P6	2,416190476	0,0000722367	P15	2,634920635	0,000258864
P7	2,634920635	0,000116786	P16	3,450952381	0,0000675796
P8	3,257460317	0,001315376	P17	5,697142857	0,000476863
P9	5,503650794	0,000431484			



Figura 17. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 13 (P13).

Tabla 22. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 13(P13).

Medida Punto 13					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,817777778	0,000111756	P8	0,817777778	0,00017268
P2	0,943968254	0,000177516	P9	0,943968254	0,000357443
P3	1,086984127	0,0000847308	P10	1,086984127	0,000070482
P4	1,776825397	0,000156996	P11	1,726349206	0,001221782
P5	2,163809524	0,000117205	P12	2,163809524	0,0000868451
P6	2,441428571	0,0000629647	P13	2,416190476	0,0000084699
P7	2,634920635	0,0000233823	P14	2,634920635	0,000041907

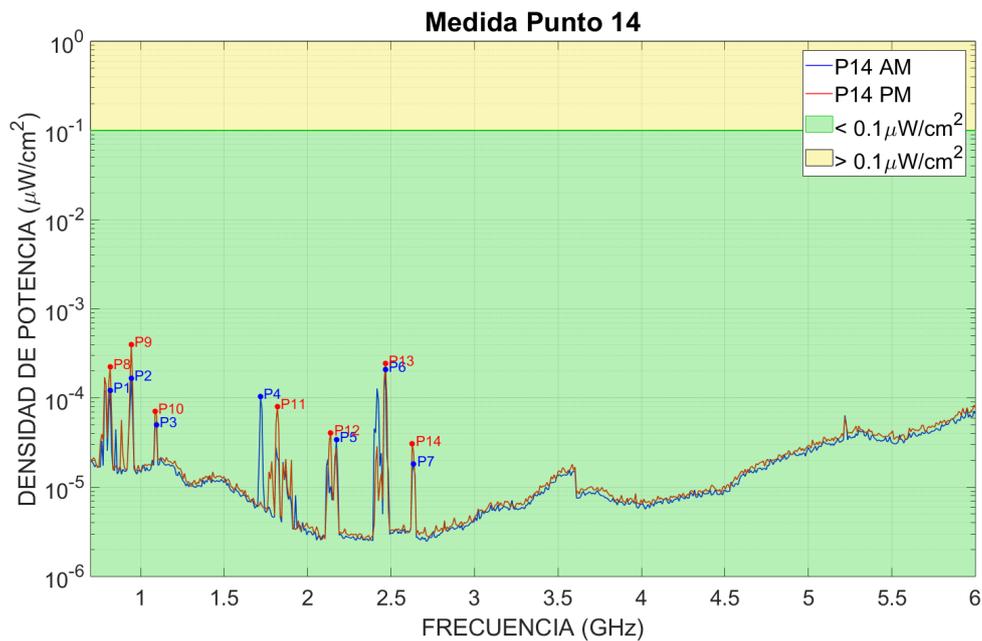


Figura 18. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 14 (P14).

Tabla 23. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 14(P14).

Medida Punto 14					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,817777778	0,000121624	P8	0,817777778	0,000225871
P2	0,943968254	0,000166091	P9	0,943968254	0,000396801
P3	1,095396825	0,0000500214	P10	1,086984127	0,000071227
P4	1,717936508	0,0001047	P11	1,818888889	0,000079908
P5	2,172222222	0,0000342241	P12	2,138571429	0,0000410051
P6	2,466666667	0,000208257	P13	2,466666667	0,000242512
P7	2,634920635	0,000018362	P14	2,626507937	0,0000307529

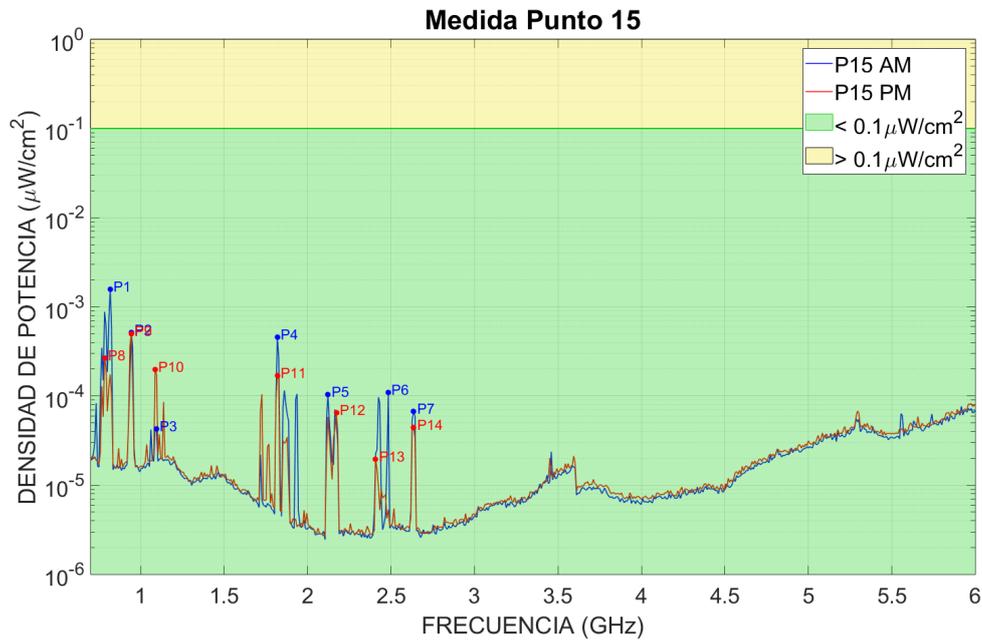


Figura 19. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 15 (P15).

Tabla 24. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 15 (P15).

Medida Punto 15					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,817777778	0,001574133	P8	0,784126984	0,000268327
P2	0,943968254	0,000515238	P9	0,943968254	0,000500533
P3	1,095396825	0,0000431988	P10	1,086984127	0,000198584
P4	1,818888889	0,000459749	P11	1,818888889	0,000170837
P5	2,121746032	0,000104375	P12	2,172222222	0,0000654358
P6	2,483492063	0,000109336	P13	2,407777778	0,0000194223
P7	2,634920635	0,0000671219	P14	2,634920635	0,0000440369

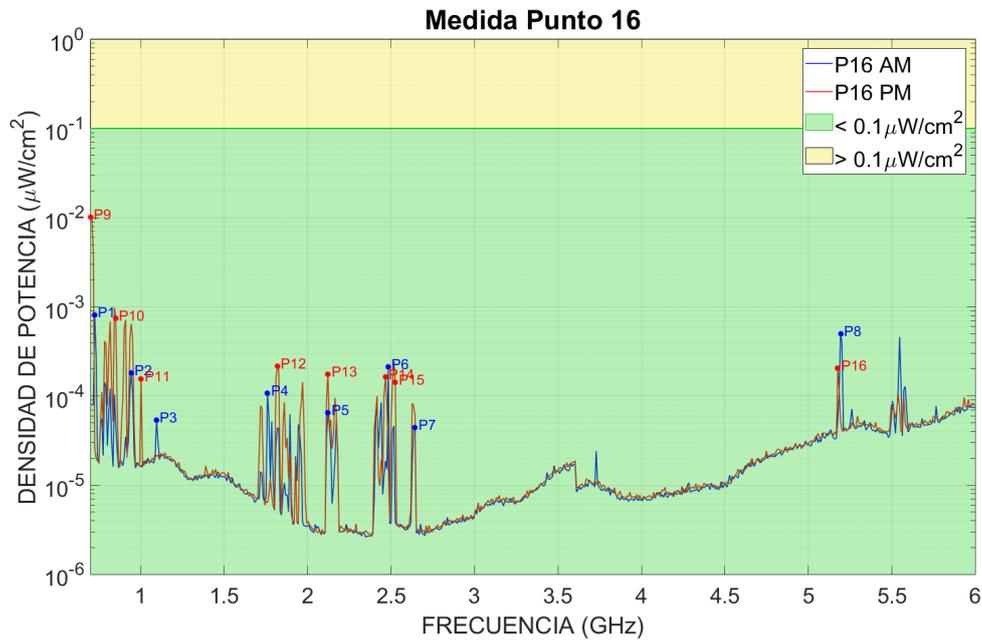


Figura 20. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 16 (P16).

Tabla 25. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 16 (P16).

Medida Punto 16					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,725238095	0,000811201	P9	0,7	0,01020048
P2	0,943968254	0,000182323	P10	0,851428571	0,000749954
P3	1,095396825	0,0000537582	P11	1,002857143	0,000156151
P4	1,76	0,000108657	P12	1,818888889	0,000216971
P5	2,121746032	0,0000647219	P13	2,121746032	0,000175363
P6	2,483492063	0,000212009	P14	2,466666667	0,000164203
P7	2,643333333	0,0000446461	P15	2,525555556	0,000141664
P8	5,192380952	0,000499843	P16	5,175555556	0,000204118

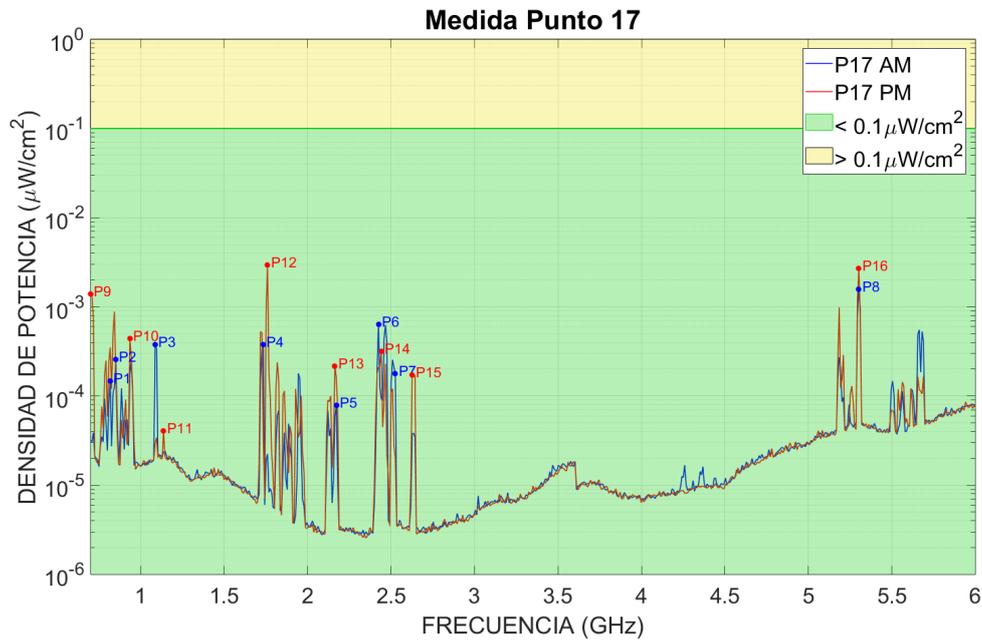


Figura 21. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 17 (P17).

Tabla 26. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 17 (P17).

Medida Punto 17					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,817777778	0,00014657	P9	0,7	0,001381894
P2	0,851428571	0,000258293	P10	0,935555556	0,000440507
P3	1,086984127	0,000377939	P11	1,137460317	0,0000408559
P4	1,734761905	0,00037654	P12	1,76	0,002921506
P5	2,172222222	0,0000794036	P13	2,163809524	0,000216409
P6	2,424603175	0,000635327	P14	2,441428571	0,000317944
P7	2,525555556	0,000180026	P15	2,626507937	0,000173429
P8	5,301746032	0,001573989	P16	5,301746032	0,002684672

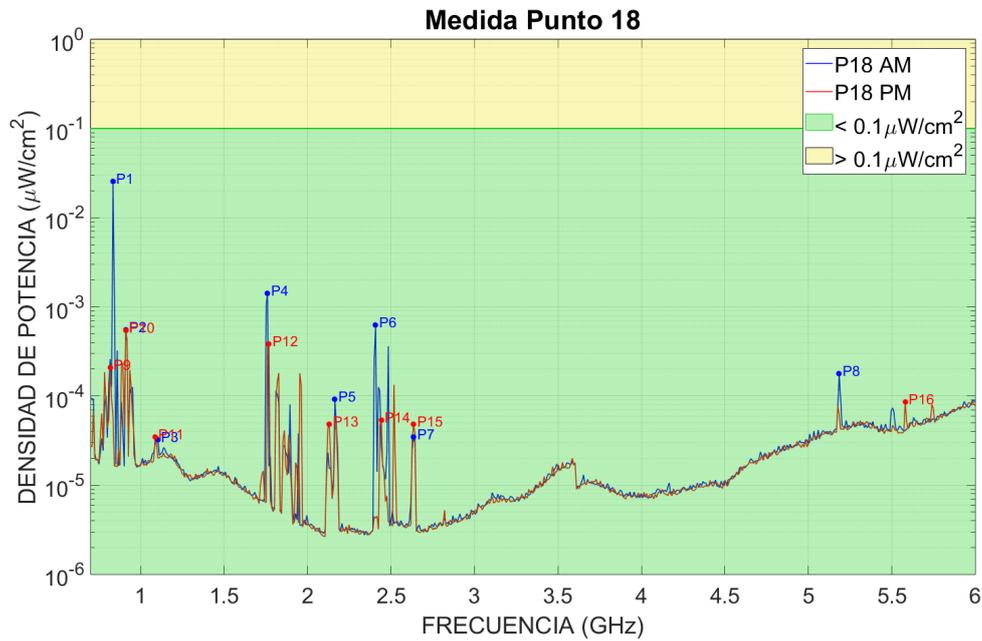


Figura 22. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 18 (P18).

Tabla 27. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 18(P18).

Medida Punto 18					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,834603175	0,025712088	P9	0,817777778	0,000208181
P2	0,91031746	0,000549462	P10	0,91031746	0,000542611
P3	1,103809524	0,0000321659	P11	1,086984127	0,0000350491
P4	1,76	0,00142459	P12	1,768412698	0,000386232
P5	2,163809524	0,0000918471	P13	2,13015873	0,0000487438
P6	2,407777778	0,000621786	P14	2,441428571	0,0000535856
P7	2,634920635	0,0000345318	P15	2,634920635	0,0000481464
P8	5,183968254	0,000177325	P16	5,579365079	0,0000859243

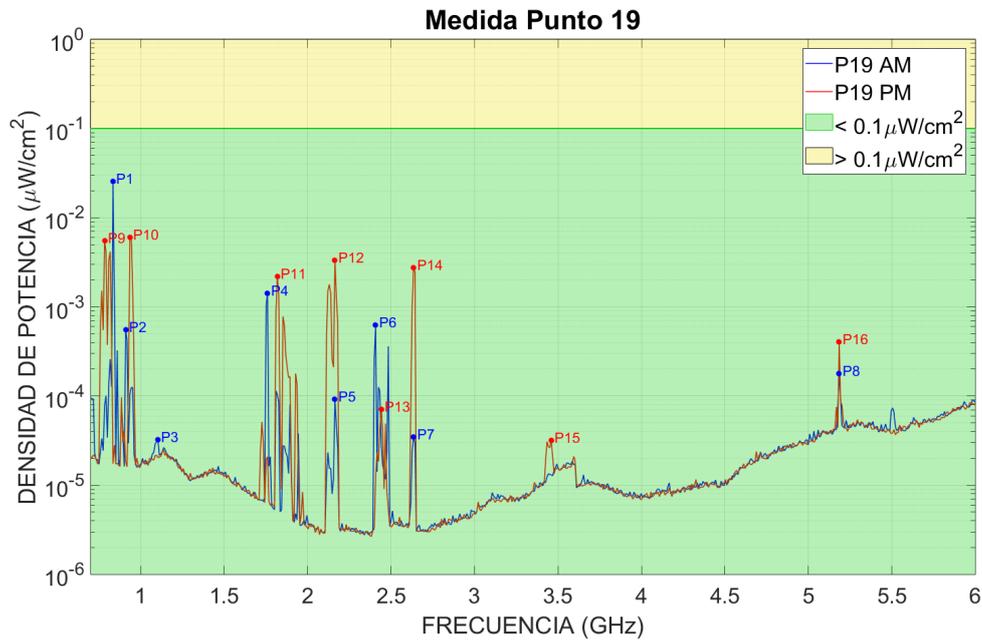


Figura 23. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 19 (P19).

Tabla 28. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 19 (P19).

Medida Punto 19					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,834603175	0,025712088	P9	0,784126984	0,005555799
P2	0,91031746	0,000549462	P10	0,935555556	0,0059828
P3	1,103809524	0,0000321659	P11	1,818888889	0,00220174
P4	1,76	0,00142459	P12	2,163809524	0,003322492
P5	2,163809524	0,0000918471	P13	2,441428571	0,0000711577
P6	2,407777778	0,000621786	P14	2,634920635	0,002769908
P7	2,634920635	0,0000345318	P15	3,459365079	0,0000318958
P8	5,183968254	0,000177325	P16	5,183968254	0,000402335

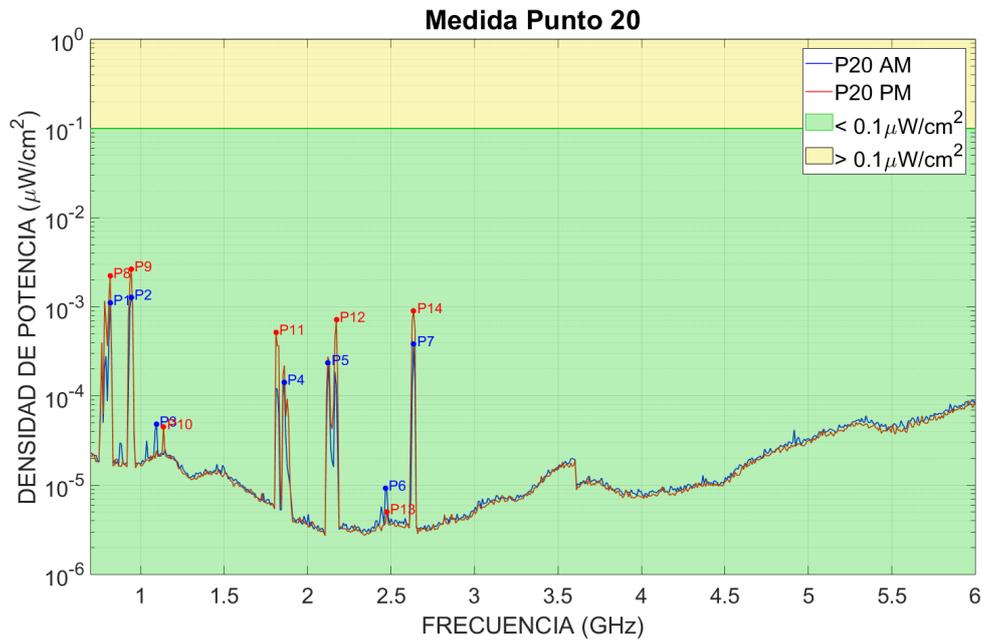


Figura 24. Gráfica de medidas de realizadas en el punto 20 (P20).

Tabla 29. Puntos máximos más relevantes de la medida en el punto 20 (P20).

Medida Punto 20					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,817777778	0,001105976	P8	0,817777778	0,002246724
P2	0,943968254	0,00128663	P9	0,943968254	0,002643311
P3	1,095396825	0,0000485698	P10	1,137460317	0,0000452757
P4	1,860952381	0,000143316	P11	1,81047619	0,000515473
P5	2,121746032	0,000237759	P12	2,172222222	0,000714243
P6	2,466666667	0,00000926512	P13	2,475079365	0,00000501431
P7	2,634920635	0,000386878	P14	2,634920635	0,000909481

7. Análisis de Resultados en Ambiente Exterior

Con las medidas realizadas en ambiente exterior de las Figuras 5-24 y las Tablas 10-29, se ha realizado el análisis con respecto a las Densidades de Potencias de radiación por campos electromagnéticos y las concesiones de telefonía móvil. Se han identificado 5 zonas de radiación en las cuales ninguna supera la recomendación del parlamento Europeo de $0.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. En la Figura 25, se indican las zonas de radiación con respecto a las medidas realizadas y las Densidades de Potencias registradas.

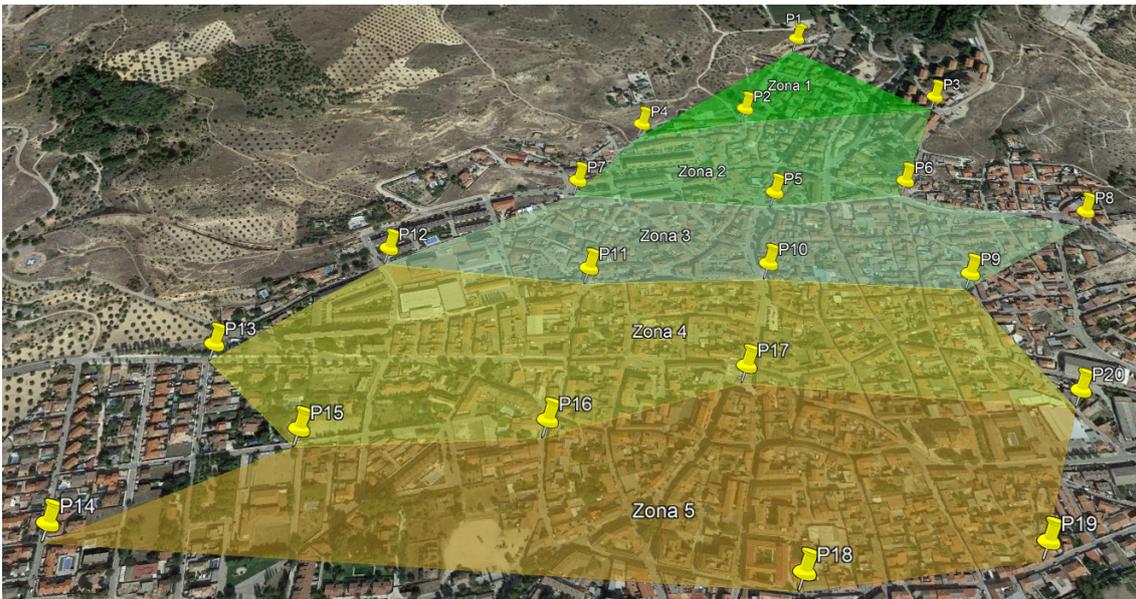


Figura 25. Identificación de zonas de radiación.

En la Figura 24, la representación de las zonas de radiación, ninguna de ellas supera los límites recomendados [12], sin embargo se representa en gama de colores según la Densidad de Potencia de radiación por campos electromagnéticos.

- Zona 1: Entre los puntos de medida 1, 2, 3, y 4 poseen las Densidades de Potencia de más bajas.
- Zona 2: Entre los puntos de medida 2, 3, 4, 5, 6, y 7 poseen las Densidades de Potencia media-bajas.
- Zona 3: Entre los puntos de medida 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, y 12 poseen las Densidades de Potencia media.
- Zona 4: Entre los puntos de medida 9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, y 20 poseen las Densidades de Potencia media-altas.
- Zona 5: Entre los puntos de medida 14, 15, 16, 17, 18, 19, y 20 poseen las Densidades de Potencia más altas.

A continuación se indican las gráficas de Densidad de Potencia para cada zona indicada en la Figura 25. Y las Tablas de resultados correspondientes a cada zona con los puntos máximos más representativos por banda de frecuencia.



Figura 26. Gráfica de Densidad de Potencia de radiación para la zona 1.

Tabla 30. Puntos máximos más relevantes para la zona 1.

Resultados Zona 1					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,81777778	0,00142213	P10	0,81777778	0,00044554
P2	0,94396825	0,00218504	P11	0,85984127	0,00125552
P3	1,13746032	0,00019136	P12	1,14587302	0,000077563
P4	1,81888889	0,00042039	P13	1,7684127	0,00027037
P5	2,17222222	0,00035305	P14	2,17222222	0,00012421
P6	2,42460317	0,00124154	P15	2,41619048	0,00044466
P7	2,62650794	0,00090238	P16	2,62650794	0,00019422
P8	3,25746032	0,03358116	P17	3,44253968	0,00010464
P9	5,50365079	0,00014164	P18	5,18396825	0,00020629

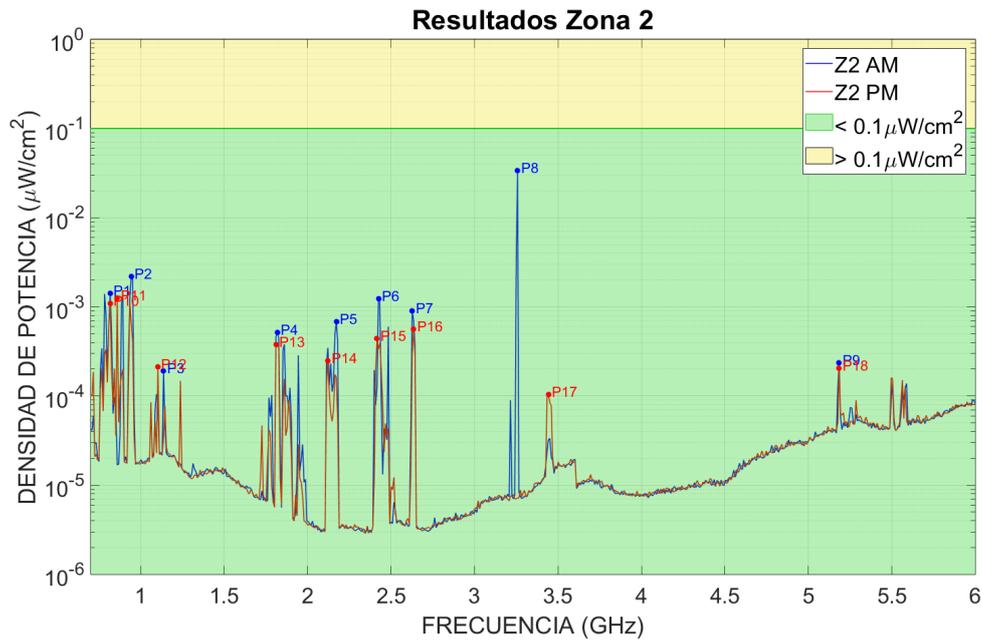


Figura 27. Gráfica de Densidad de Potencia de radiación para la zona 2.

Tabla 31. Puntos máximos más relevantes para la zona 2.

Resultados Zona 2					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,81777778	0,00142213	P10	0,81777778	0,00109009
P2	0,94396825	0,00218504	P11	0,85984127	0,00125552
P3	1,13746032	0,00019136	P12	1,10380952	0,00021121
P4	1,81888889	0,00051467	P13	1,81047619	0,00037867
P5	2,17222222	0,00068321	P14	2,12174603	0,00024701
P6	2,42460317	0,00124154	P15	2,41619048	0,00044466
P7	2,62650794	0,00090238	P16	2,63492063	0,00056819
P8	3,25746032	0,03358116	P17	3,44253968	0,00010464
P9	5,18396825	0,00023531	P18	5,18396825	0,00020629

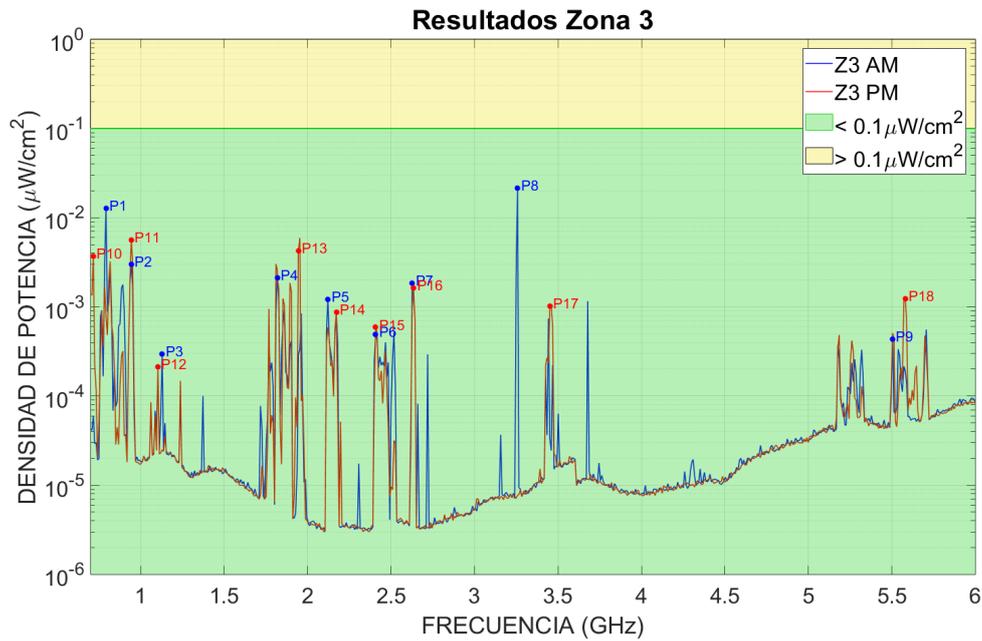


Figura 28. Gráfica de Densidad de Potencia de radiación para la zona 3.

Tabla 32. Puntos máximos más relevantes para la zona 3.

Resultados Zona 3					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,79253968	0,01269276	P10	0,7168254	0,00371317
P2	0,94396825	0,00299898	P11	0,94396825	0,00565065
P3	1,12904762	0,0002935	P12	1,10380952	0,00021121
P4	1,81888889	0,00211759	P13	1,94507937	0,00421743
P5	2,12174603	0,00120898	P14	2,17222222	0,00087739
P6	2,40777778	0,00048855	P15	2,40777778	0,00058864
P7	2,62650794	0,00184968	P16	2,63492063	0,00163994
P8	3,25746032	0,02146503	P17	3,45095238	0,00102063
P9	5,50365079	0,00043148	P18	5,57936508	0,00123953

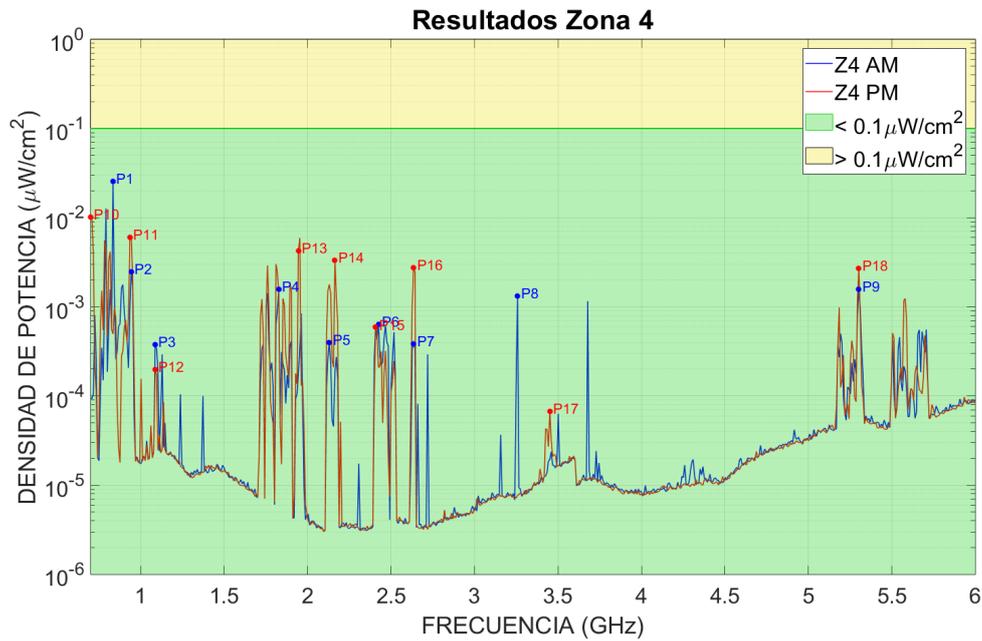


Figura 29. Gráfica de Densidad de Potencia de radiación para la zona 4.

Tabla 33. Puntos máximos más relevantes para la zona 4.

Resultados Zona 4					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm²)
P1	0,83460317	0,02571209	P10	0,7	0,01020048
P2	0,94396825	0,00249227	P11	0,93555556	0,0059828
P3	1,08698413	0,00037794	P12	1,08698413	0,00019858
P4	1,82730159	0,0015766	P13	1,94507937	0,00421743
P5	2,13015873	0,00040005	P14	2,16380952	0,00332249
P6	2,42460317	0,00063533	P15	2,40777778	0,00058864
P7	2,63492063	0,00038688	P16	2,63492063	0,00276991
P8	3,25746032	0,00131538	P17	3,45095238	0,00006758
P9	5,30174603	0,00157399	P18	5,30174603	0,00268467

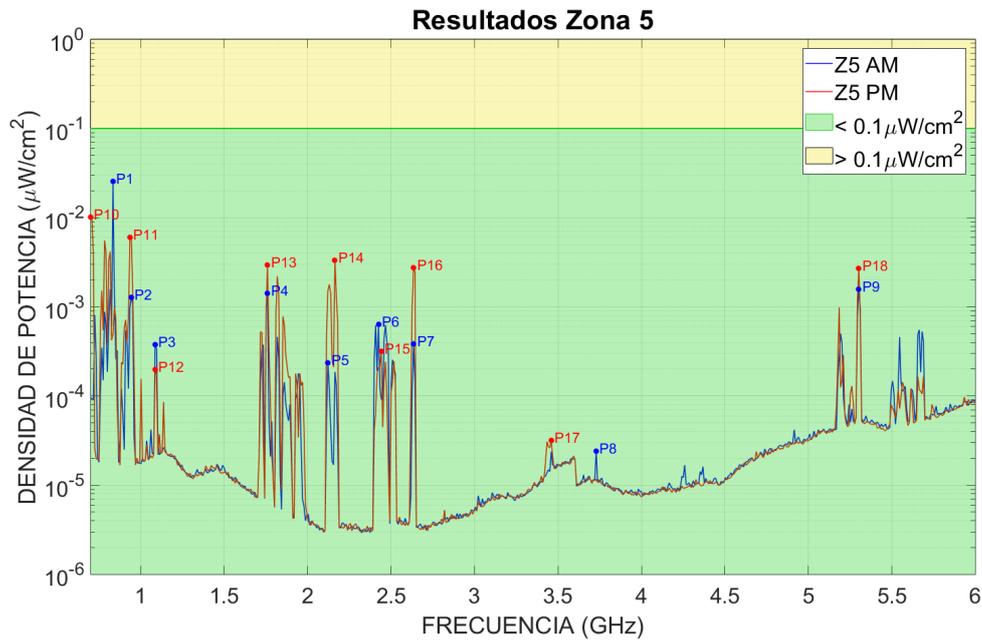


Figura 30. Gráfica de Densidad de Potencia de radiación para la zona 5.

Tabla 34. Puntos máximos más relevantes para la zona 5.

Resultados Zona 5					
Medidas de la mañana (AM)			Medidas de la tarde (PM)		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)	Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,83460317	0,02571209	P10	0,7	0,01020048
P2	0,94396825	0,00128663	P11	0,93555556	0,0059828
P3	1,08698413	0,00037794	P12	1,08698413	0,00019858
P4	1,76	0,00142459	P13	1,76	0,00292151
P5	2,12174603	0,00023776	P14	2,16380952	0,00332249
P6	2,42460317	0,00063533	P15	2,44142857	0,00031794
P7	2,63492063	0,00038688	P16	2,63492063	0,00276991
P8	3,72857143	0,000024173	P17	3,45936508	0,000031896
P9	5,30174603	0,00157399	P18	5,30174603	0,00268467

8. Medidas en Ambiente Interior.

Las medidas de Densidad de Potencia de campo electromagnético realizadas en el interior están distribuidas en 20 viviendas. En este estudio las regulaciones expuestas por la ICNIRP [13] no se siguieron, debido a que utilizar la Tasa de Absorción Específica (SAR) como único criterio de exposición no es el más apropiado para este propósito. Además se considera que los efectos biológicos debidos a la exposición prolongada a la radiación de radiofrecuencia aumentan cuando se detectan picos de energía por debajo de las recomendaciones de la ICNIRP [12].

Las medidas se realizaron en periodos de 24 horas de manera constante para observar cambios durante un día completo, y se consideran los niveles máximos de potencia recibida (no el promedio), considerando los valores picos o la máxima potencia registrada en cada vivienda, para el análisis de los datos. El equipo de medida se instaló dentro de la vivienda en el área de uso general de los habitantes.

Para las medidas en el interior de las viviendas se utilizó un dispositivo de exposímetro personal desarrollado en el Laboratorio de Bioelectromagnetismo del Centro de Tecnología Biomédica de la Universidad Politécnica de Madrid [6].

El sistema de medida tiene una frecuencia de muestreo de 20.000 muestras/seg, tomando menos de un segundo en medir todo el espectro de frecuencias. El sistema tiene un rango de medición de potencia dinámica de 90 dB con potencia de entrada de RF de -70 a $+20$ dBm y una resolución de 0.04 dBm. La Tabla 35 muestra las especificaciones del sistema de medida.

Tabla 35. Especificaciones del sistema de medida.

Característica	Valor
Rango de Frecuencias Operativo	78 MHz–6 GHz
Tasa de Muestreo	20.000 Muestras/seg
Rango Dinámico	90 dB
Potencia de Entrada Mínima	-70 dBm
Potencia de Entrada Máxima	20 dBm
Tiempo de Barrido	902 ms
Consumo de Corriente	450 mA

La calibración del dispositivo se efectuó en la cámara anecoica de la Universidad Politécnica de Madrid, lo que permite aislar fuentes externas y evitar reflexiones producidas al generar las señales con el Analizador de Redes (PNA). Para la calibración del dispositivo se utilizó el PNA de la cámara anecoica (Agilent Technologies E8362B), debidamente calibrado en fábrica y vigente hasta la fecha. El proceso de calibración se ha automatizado por medio de un ordenador, de tal forma, que el exposímetro realice la medida de potencia de cada señal generada por el PNA.

El analizador de redes cubre el espectro de frecuencias entre 78 MHz y 6 GHz, y para cada frecuencia el ordenador almacena los datos obtenidos de pérdidas de retorno por el PNA y la potencia recibida por el exposímetro para luego ser procesadas y obtener las curvas de calibración del dispositivo. Las medidas se realizaron a 2.5 metros de distancia entre la antena transmisora y el exposímetro, evaluando únicamente campo lejano; y se utiliza una potencia de 0 dBm para transmitir con el PNA.

En la figura 31. Se indican la ubicación no específica de cada vivienda donde se realizaron las medidas. Por criterio de protección de datos, no se indica la ubicación exacta de las medidas realizadas dentro de las viviendas, sin embargo, se indica las casas por cuadrados sobrepuestos en el mapa de Morata de Tajuña.

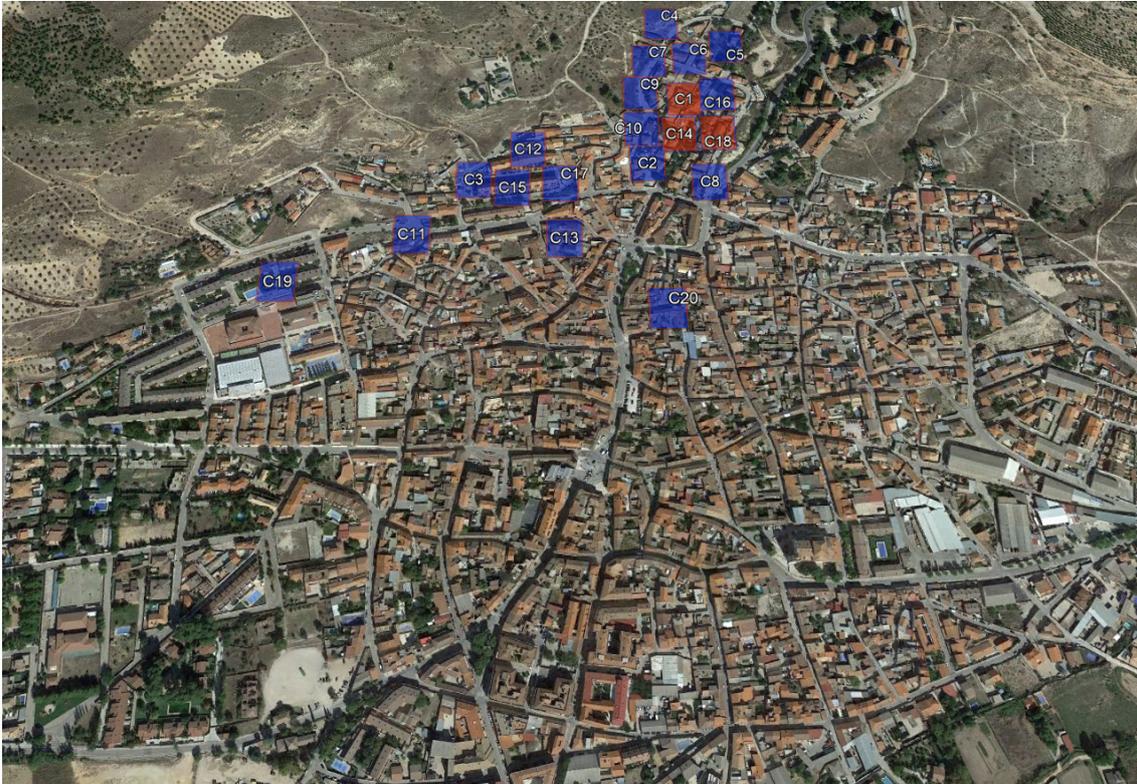


Figura 31. Viviendas donde se realizaron las medidas en interior.

9. Resultados de las Medidas Realizadas en Ambiente Interior.

En general los valores de Densidad de Potencia de radiación por campos electromagnéticos en ambiente interior se encuentran por debajo de los límites de la ICNIRP [13], sin embargo, en algunas viviendas si superan la recomendación de $0.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ [12]. En la Figura 32 se muestra la gráfica general de Densidad de Potencia de la población de Morata de Tajuña en ambiente de interior. En la Tabla 36. Se indican los valores máximos más representativos obtenidos por las mediciones en los 20 puntos de medida.

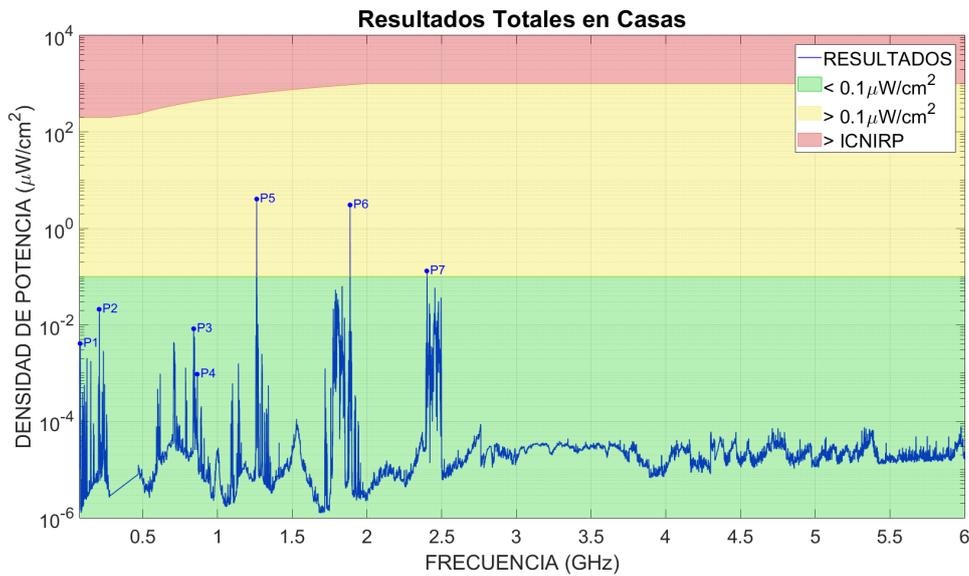


Figura 32. Gráfica de Densidad de Potencia de radiación general en la población de Morata de Tajuña en ambiente interior. (ICNIRP corresponde a los límites legales, según el Real Decreto RD 1066/2001)

Tabla 36. Puntos máximos más relevantes de radiación general en la población de Morata de Tajuña en ambiente interior.

Resultados Totales dentro de Casas		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,0822	0,00412904
P2	0,2094	0,02098153
P3	0,8405	0,00827506
P4	0,8654	0,00095622
P5	1,2623	4,08464149
P6	1,8872	3,08645621
P7	2,4023	0,12987167

A continuación se indican las Figuras correspondientes a cada punto de medida realizada en el ambiente exterior y las tablas con los puntos máximos más relevantes por bandas de frecuencia. Se indica una recomendación como límite de exposición de 0.1 μW/cm² donde se considera que la Densidad de Potencia no es perjudicial en ningún sentido para la población [12]. Por lo tanto en las Gráficas siguientes se encuentra en dos franjas de color de fondo:

- En color amarillo: al superar el límite de 0.1 μW/cm²
- En color verde: al ser inferior al límite de 0.1 μW/cm²

Las gráficas muestran en el eje X la frecuencia en GHz y en el eje Y la densidad de potencia medida en μW/cm².

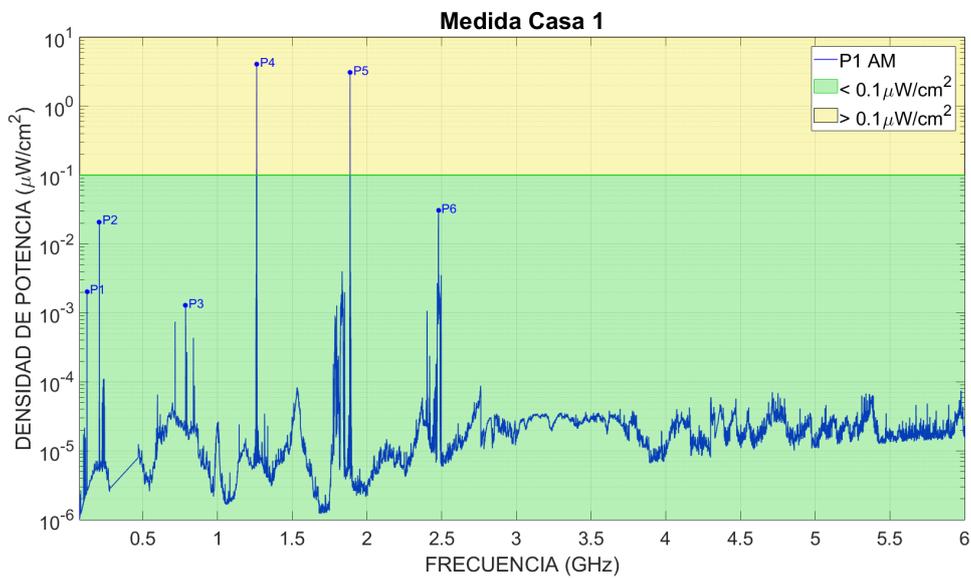


Figura 33. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 1 (C1).

Tabla 37. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 1 (C1).

Medida Casa 1		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,1266	0,00204335
P2	0,2094	0,02091771
P3	0,7865	0,00129472
P4	1,2623	3,2524761
P5	1,8872	3,08645621
P6	2,4791	0,03082373

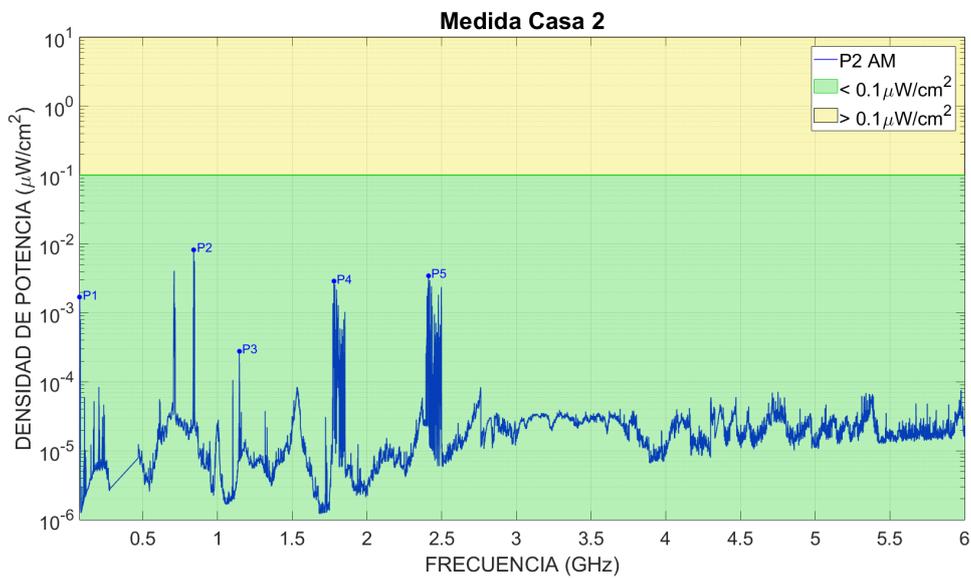


Figura 34. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 2 (C2).

Tabla 38. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 2 (C2).

Medida Casa 2		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,078	0,00168511
P2	0,8405	0,00827506
P3	1,1462	0,0002789
P4	1,7789	0,00286815
P5	2,4119	0,00348188

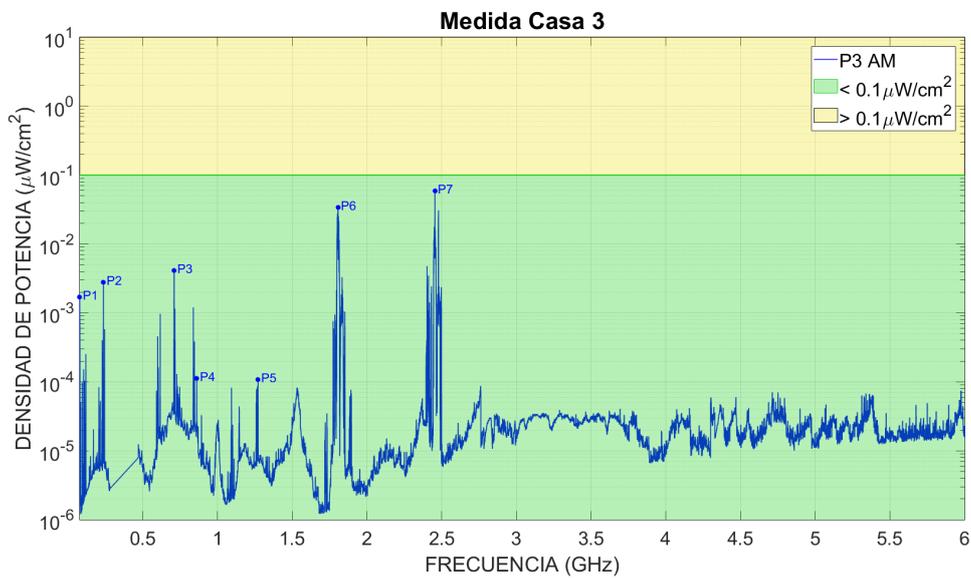


Figura 35. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 3 (C3).

Tabla 39. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 3 (C3).

Medida Casa 3		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,078	0,00168739
P2	0,2361	0,00279058
P3	0,7103	0,00410335
P4	0,8606	0,00011197
P5	1,2716	0,00010818
P6	1,8065	0,0340221
P7	2,4548	0,058998

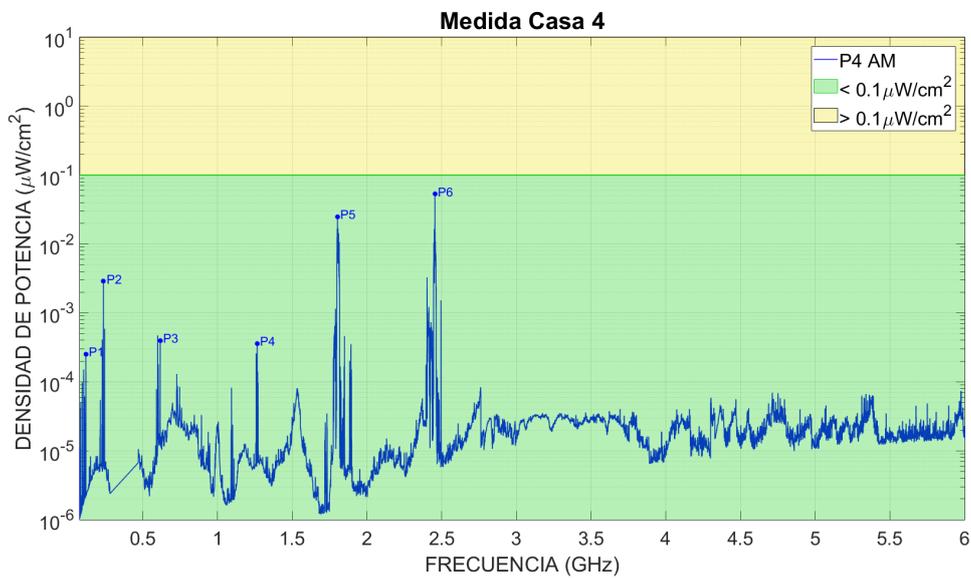


Figura 36. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 4 (C4).

Tabla 40. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 4 (C4).

Medida Casa 4		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,1191	0,00025264
P2	0,2361	0,00288453
P3	0,6167	0,00039758
P4	1,2659	0,00036118
P5	1,8029	0,0250168
P6	2,4548	0,05292443

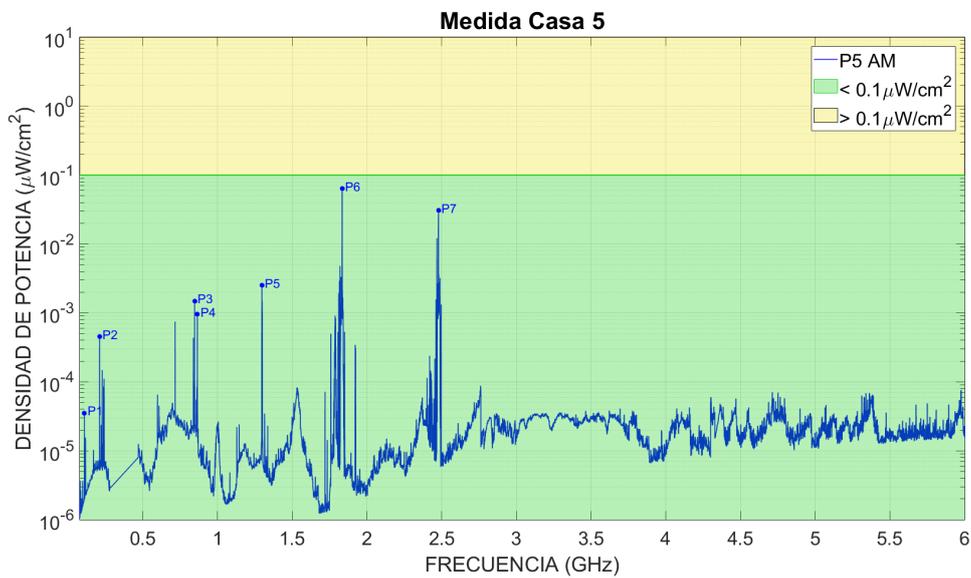


Figura 37. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 5 (C5).

Tabla 41. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 5 (C5).

Medida Casa 5		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,1092	0,000035415
P2	0,2115	0,00045553
P3	0,8468	0,00149556
P4	0,8654	0,00095622
P5	1,2971	0,00250266
P6	1,8338	0,06384047
P7	2,4791	0,03082373

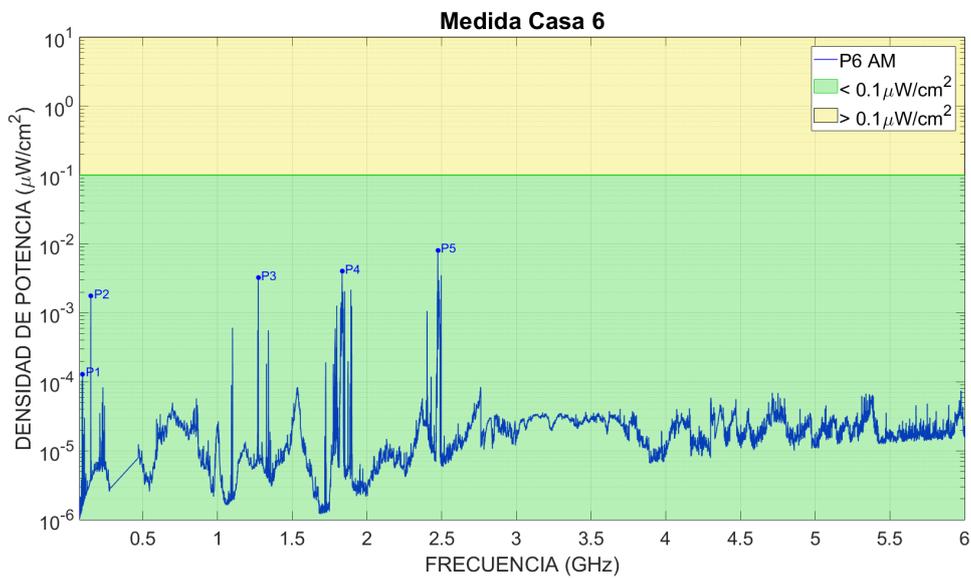


Figura 38. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 6 (C6).

Tabla 42. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 6 (C6).

Medida Casa 6		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,0978	0,00012924
P2	0,1524	0,00177357
P3	1,2734	0,00323197
P4	1,8335	0,00402267
P5	2,4743	0,00813629

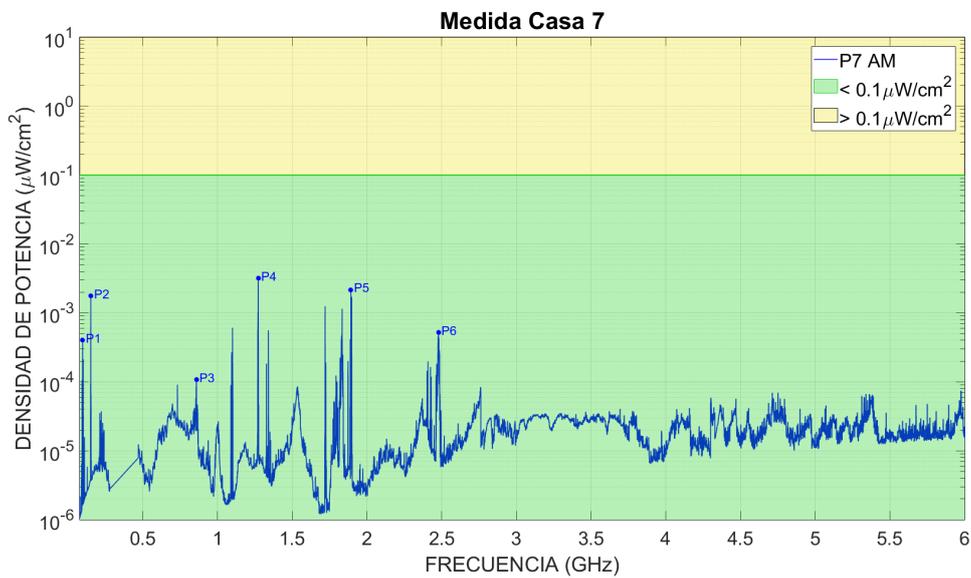


Figura 39. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 7 (C7).

Tabla 43. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 7 (C7).

Medida Casa 7		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,0975	0,00040016
P2	0,1524	0,00177225
P3	0,8585	0,0001081
P4	1,2734	0,00320449
P5	1,8923	0,00216689
P6	2,4788	0,00051785

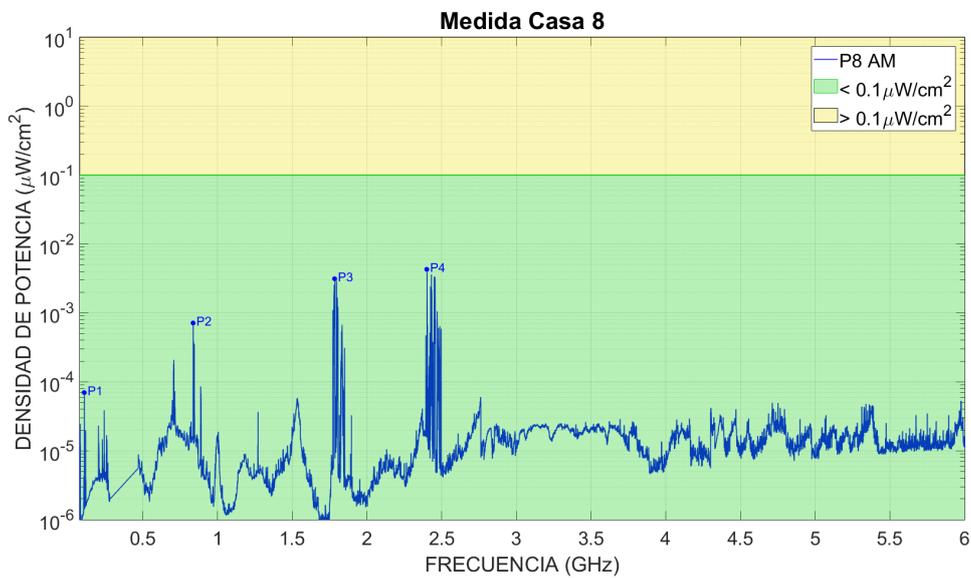


Figura 40. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 8 (C8).

Tabla 44. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 8 (C8).

Medida Casa 8		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,1089	0,000069397
P2	0,8375	0,00071635
P3	1,7855	0,00312602
P4	2,4023	0,00430458

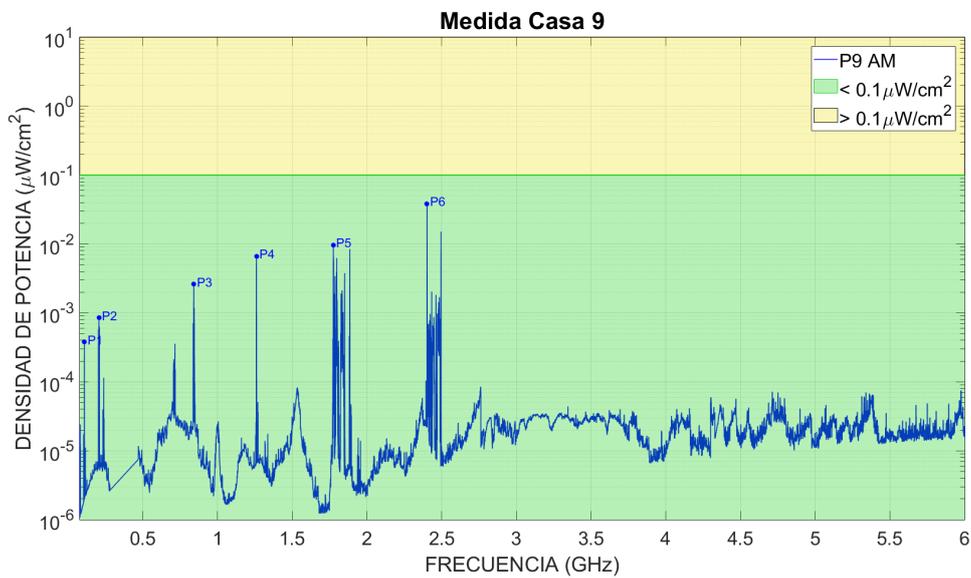


Figura 41. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 9 (C9).

Tabla 45. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 9 (C9).

Medida Casa 9		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,1089	0,00037685
P2	0,2064	0,00084893
P3	0,8408	0,0026275
P4	1,2605	0,0066443
P5	1,7747	0,00966949
P6	2,4023	0,03857296

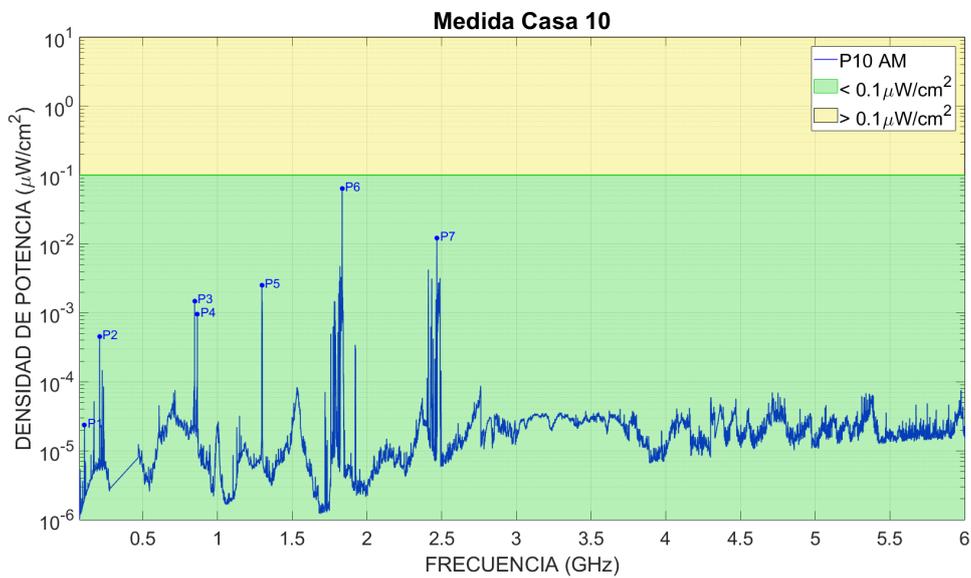


Figura 42. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 10 (C10).

Tabla 46. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 10 (C10).

Medida Casa 10		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (µW/cm ²)
P1	0,1098	0,000023564
P2	0,2115	0,00045535
P3	0,8468	0,001495
P4	0,8654	0,00095595
P5	1,2971	0,00249903
P6	1,8338	0,06384047
P7	2,468	0,01212997

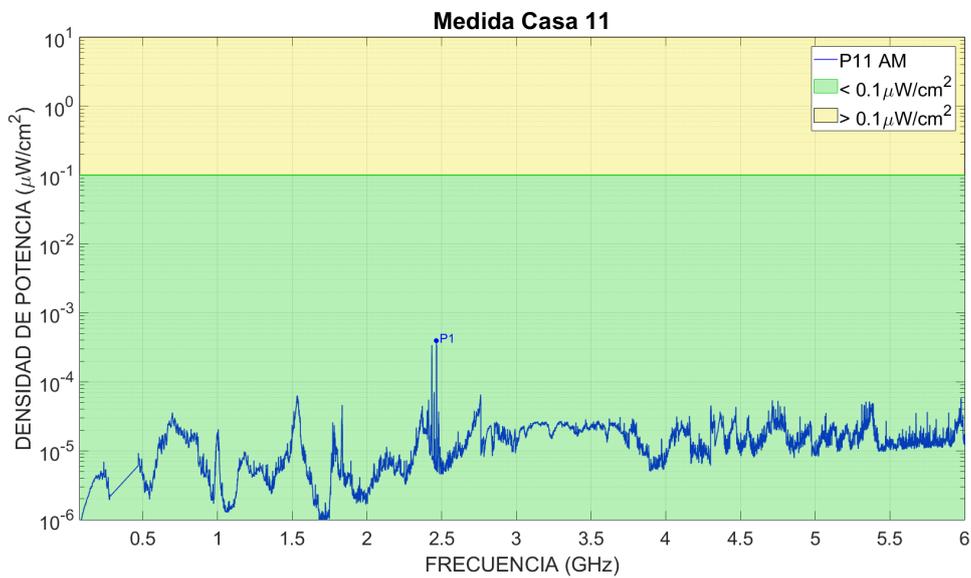


Figura 43. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 11 (C11).

Tabla 47. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 11 (C11).

Medida Casa 11		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	2,4653	0,00039754

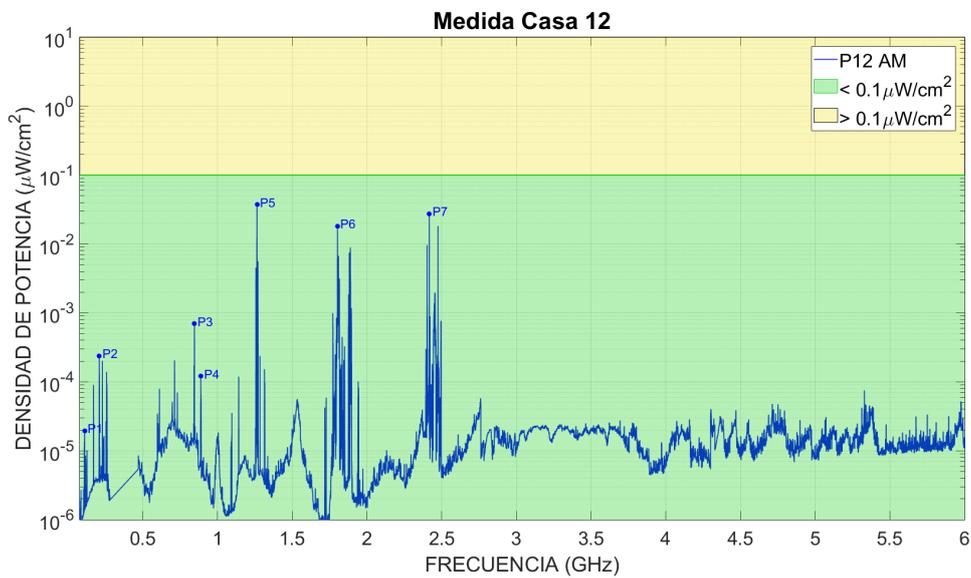


Figura 44. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 12 (C12).

Tabla 48. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 12 (C12).

Medida Casa 12		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,1107	0,000019594
P2	0,2085	0,00023822
P3	0,8456	0,00069816
P4	0,8882	0,00012164
P5	1,2644	0,03738315
P6	1,8029	0,01817747
P7	2,4173	0,02756801

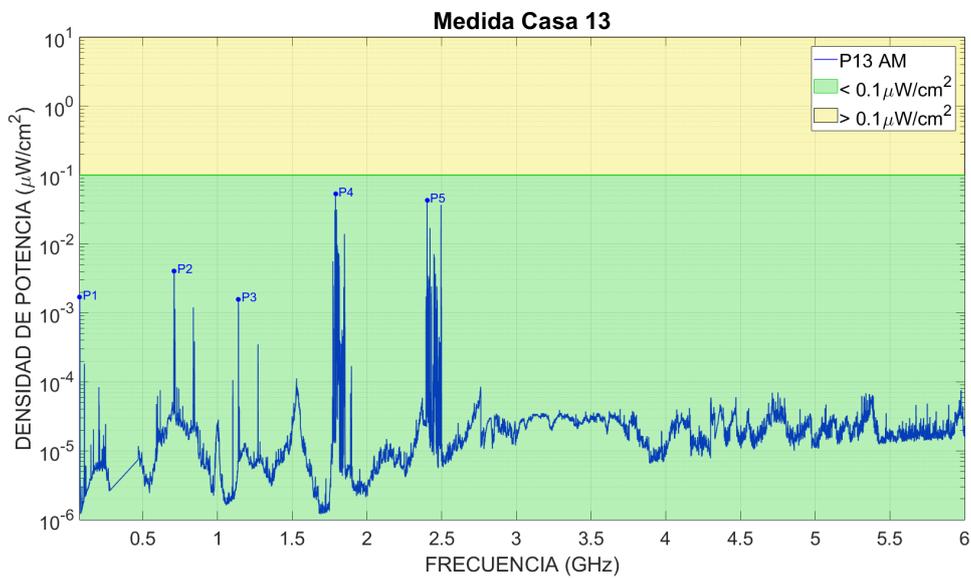


Figura 45. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 13 (C13).

Tabla 49. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 13 (C13).

Medida Casa 13		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,078	0,001691
P2	0,7103	0,00408594
P3	1,1399	0,0015843
P4	1,79	0,05354174
P5	2,4029	0,04320239

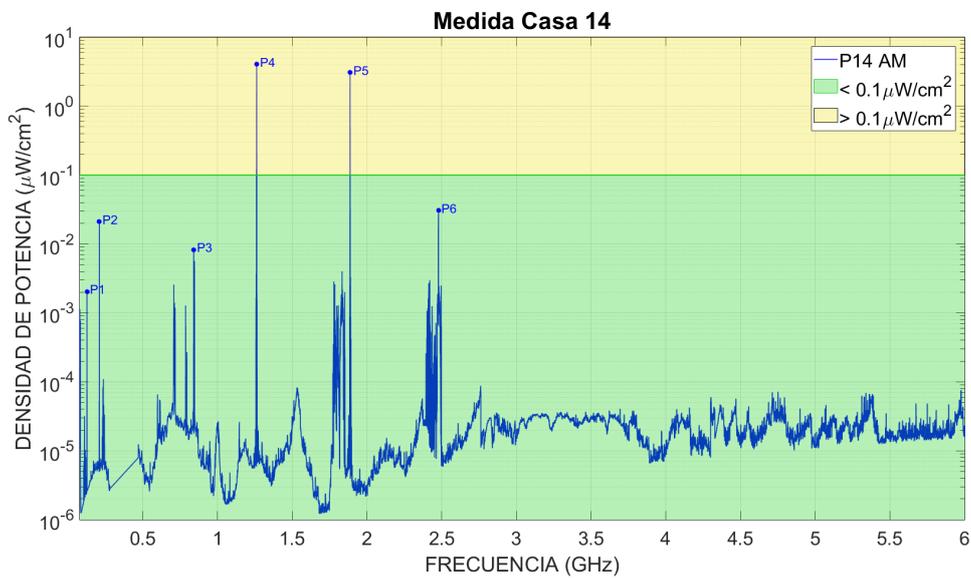


Figura 46. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 14 (C14).

Tabla 50. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 14 (C14).

Medida Casa 14		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,1266	0,0020459
P2	0,2094	0,02098153
P3	0,8405	0,00825278
P4	1,2623	4,08464149
P5	1,8872	3,08389711
P6	2,4791	0,03082373

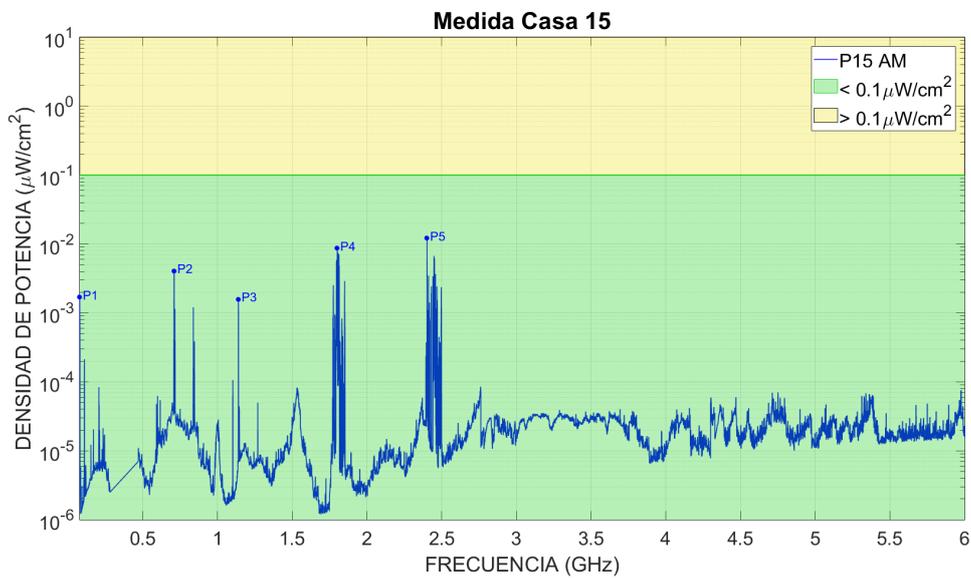


Figura 47. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 15 (C15).

Tabla 51. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 15 (C15).

Medida Casa 15		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,078	0,00168933
P2	0,7103	0,00406731
P3	1,1399	0,00158601
P4	1,8014	0,00866291
P5	2,402	0,01213649

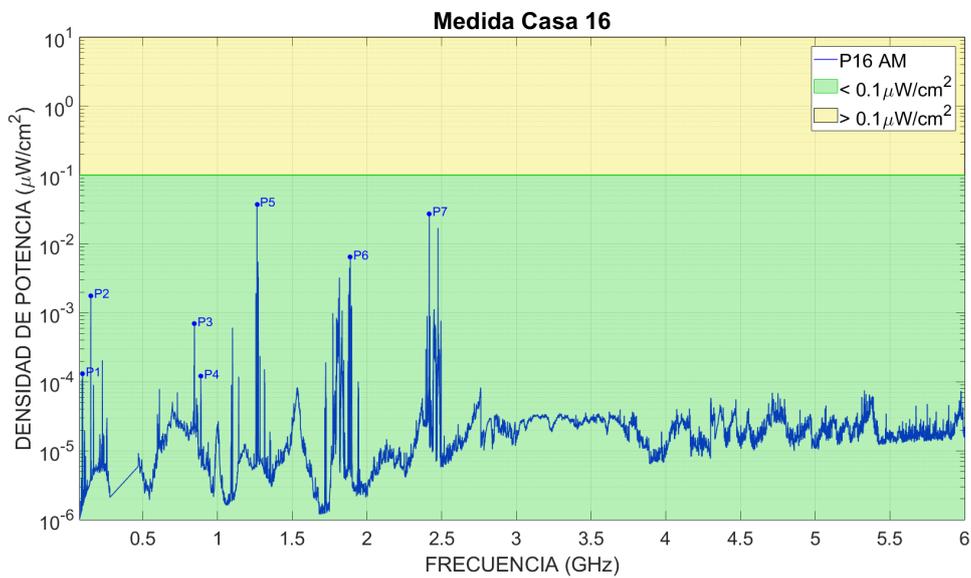


Figura 48. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 16 (C16).

Tabla 52. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 16 (C16).

Medida Casa 16		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia (μW/cm ²)
P1	0,0978	0,00013161
P2	0,1524	0,00177579
P3	0,8456	0,00069635
P4	0,8882	0,00012156
P5	1,2644	0,03761674
P6	1,8887	0,00645064
P7	2,4173	0,02757909

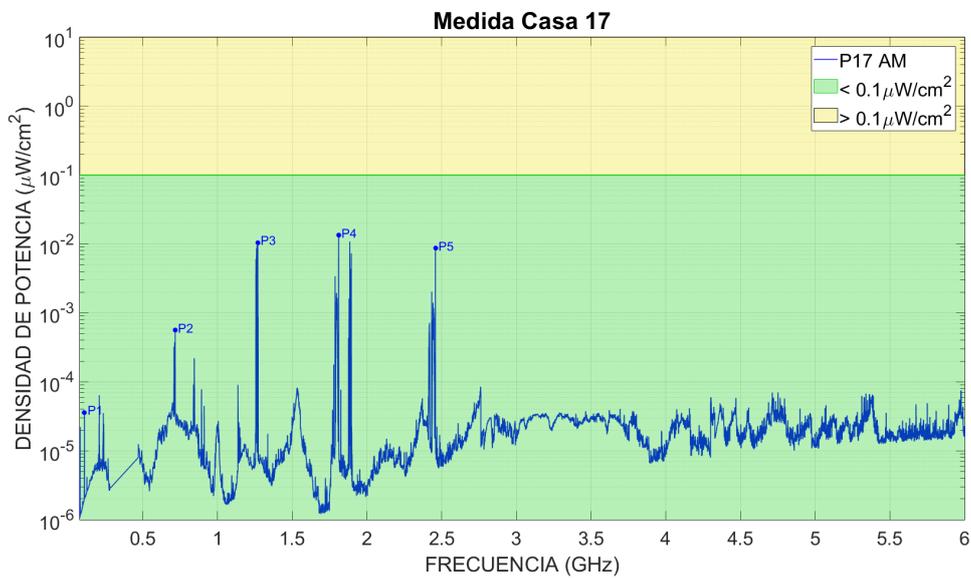


Figura 49. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 17 (C17).

Tabla 53. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 17 (C17).

Medida Casa 17		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,1092	0,00003607
P2	0,7169	0,00056551
P3	1,2695	0,01046664
P4	1,811	0,0134459
P5	2,4584	0,00867287

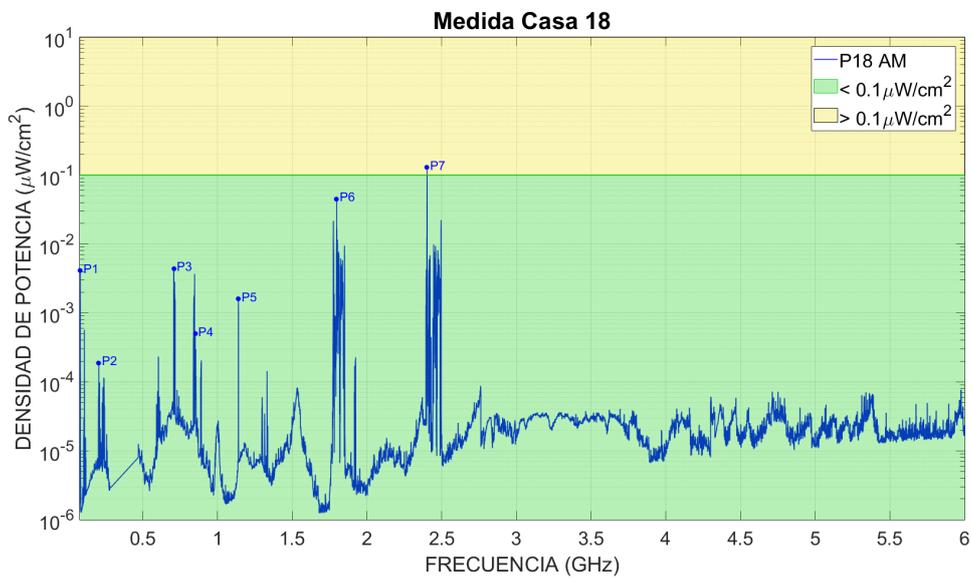


Figura 50. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 18 (C18).

Tabla 54. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 18 (C18).

Medida Casa 18		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,0822	0,00412904
P2	0,2055	0,00018883
P3	0,7085	0,00440528
P4	0,851	0,0005012
P5	1,1399	0,00158912
P6	1,7972	0,04495362
P7	2,4023	0,12987167

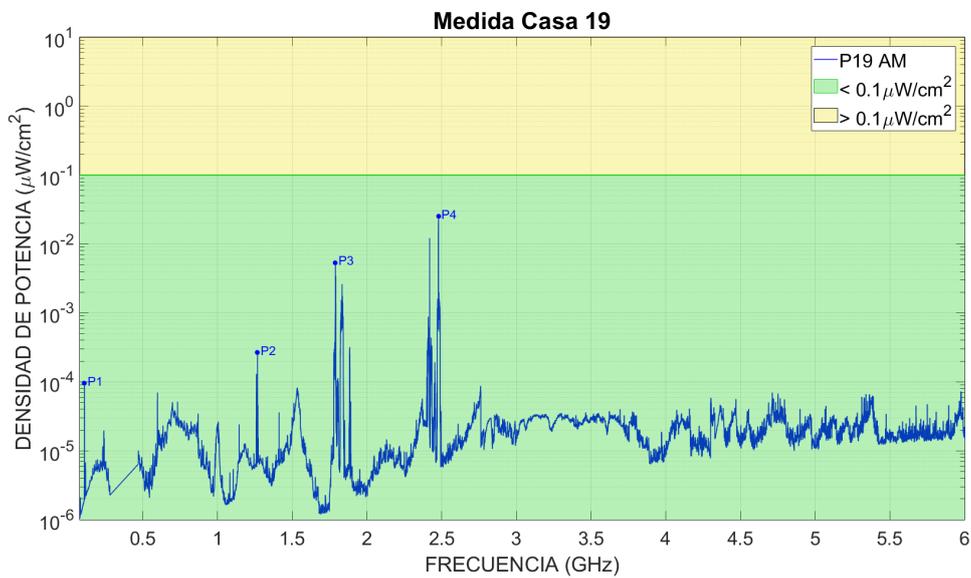


Figura 51. Gráfica de medidas de realizadas en la vivienda 19 (C19).

Tabla 55. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 19 (C19).

Medida Casa 19		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,1098	0,000095899
P2	1,2677	0,00026649
P3	1,7888	0,00537636
P4	2,4791	0,02512016

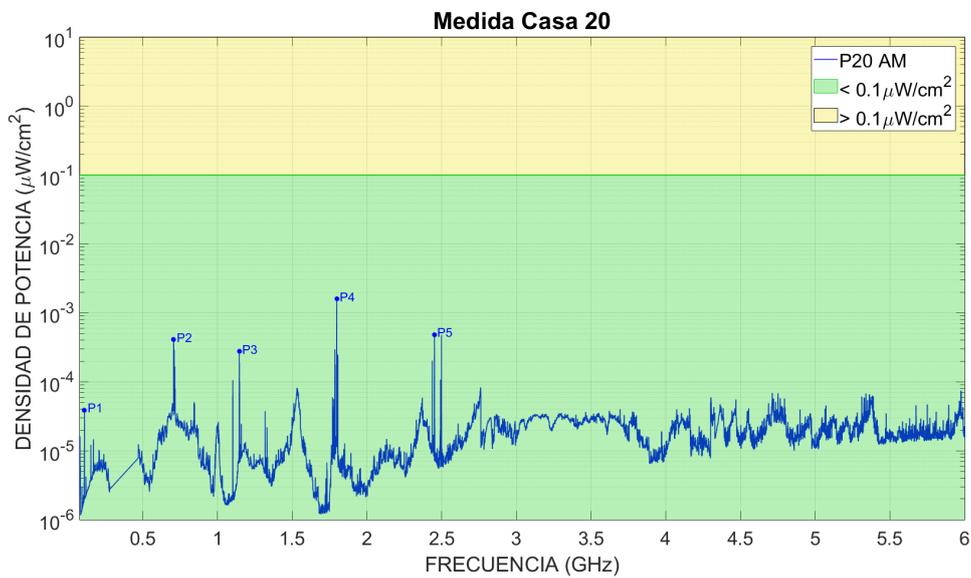


Tabla 56. Puntos máximos más relevantes de la medida en la vivienda 20 (C20).

Medida Casa 20		
Px Máximo	Frecuencia (GHz)	Densidad de Potencia ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)
P1	0,1098	0,000039037
P2	0,707	0,00041092
P3	1,1462	0,00027848
P4	1,7984	0,00160505
P5	2,4518	0,00048578

10. Análisis de Resultados en Ambiente Interior

Con las medidas realizadas en ambiente interior de las Figuras 33-52 y las Tablas 37-56, se ha realizado el análisis con respecto a las Densidades de Potencia de radiación por campos electromagnéticos y las concesiones de telefonía móvil. En la figura 53 se ubican las zonas de radiación realizadas en ambiente exterior y se superponen las medidas realizadas en interior de las viviendas, con ubicaciones no específicas.

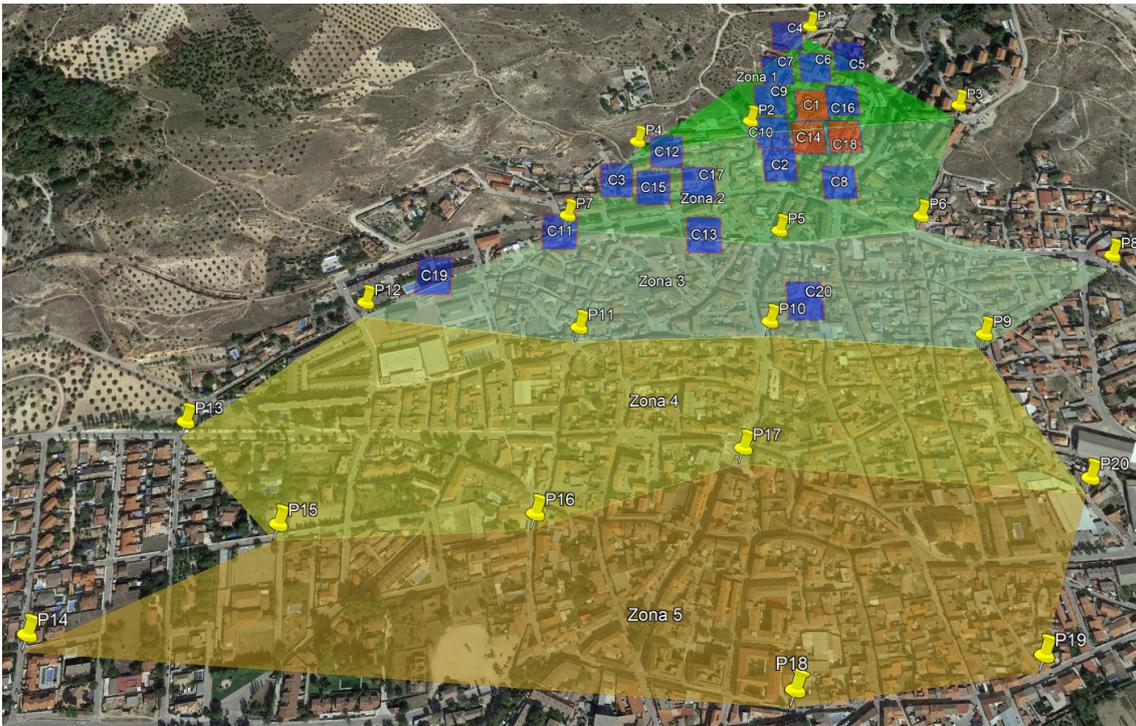


Figura 53. Zonas de radiación en ambiente exterior e interior.

En la Figura 52, La representación por cuadrados superpuestos de la representación de las medidas en interior de las viviendas se representa en dos colores según las Densidades de Potencia de radiación.

- Los cuadrados superpuestos de color azul, **no** sobrepasan la recomendación de $0.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ [12]
- Los cuadrados superpuestos de color rojo, **si** sobrepasan la recomendación de $0.1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ [12]
- Ninguna de las medidas realizadas sobrepasa el límite expuesto por la ICNIRP [13].

11. Conclusiones

- A) Las medidas se realizaron obteniendo los niveles máximos de potencia recibida (no el promedio), utilizando el criterio de 10 minutos de medida en ambiente externo con el analizador de espectros, y el criterio de 24 horas de medida en ambiente interno con el exposímetro, por lo tanto, no se siguieron las normativas expuestas por la ICNIRP [13] con el objetivo de ser más restrictivos en el análisis y evaluación de los resultados.

El exposímetro diseñado en el laboratorio de bioelectromagnetismo del centro de tecnología biomédica, sigue el requisito de la ITU y CENELEC para medir todo el espectro radioeléctrico en un segundo o menos [2,15]. El exposímetro realiza la medida completa de todo el espectro en un tiempo menor a 1 segundo.

- B) En España, los límites de radiación electromagnética se instauran en el Real Decreto RD 1066/2001 sobre "Condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas"[14]. El artículo 6 de este decreto establece que los límites de exposición a las emisiones radioeléctricas, así como los niveles de referencia se han acordado:

"... De acuerdo con la recomendación del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea de 12 de julio de 1999, y para garantizar una adecuada protección de la salud de la población, los límites se fijan en $450 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ para una frecuencia de 900 MHz y $900 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ en frecuencias de 1800 MHz".

Ninguna de las medidas de densidad de potencia de radiación de este informe supera los límites establecidos por el RD 1066/2001.

El Parlamento Europeo recomienda reducir la tasa de exposición a un valor máximo de $0,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ en las frecuencias de 900 y 1800 MHz para distancias inferiores a 100 metros de la estación base [12].

- C) La ubicación de la estación de antenas para telefonía móvil se encuentra a 1.7 Km de distancia con respecto al punto central de la población de Morata de Tajuña, con lo que, se observa en los resultados de las medidas realizadas en ambiente externo no superan el límite de $0,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ recomendado por el Parlamento Europeo, no se observan diferencias significativas entre las medidas realizadas por la mañana y la tarde, obteniendo el máximo de radiación en $0,03358116 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Con el análisis de resultados en ambiente externo se indican 5 zonas de radiación de campo electromagnético por las empresas de telefonía móvil, donde, la zona más cercana a las antenas (zona 5) es la que posee mayor Densidad de Potencia de radiación. La zona más alejada a las antenas (zona 1) es la que presenta menor Densidad de Potencia de radiación.

- D) Las medidas de Densidad de Potencia de radiación en ambientes interiores (dentro de las viviendas) no presentan Densidad de Potencia que superen los límites expuestos por la ICNIRP [13]; sin embargo, algunas medidas presentan Densidad de Potencia que

superan el límite de $0,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ recomendado por el Parlamento Europeo, obteniendo el máximo de radiación en $4,08464149 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Con el análisis de resultados en ambiente interno, se identifican 3 viviendas que sobrepasan el límite de $0,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ recomendado por el Parlamento Europeo, esto es debido al uso de teléfonos cerca del dispositivo de exposimetría, y en la figura 53 se han sobrepuesto cuadrados en color rojo para representar estas medidas.

Por la ley de protección de datos no se indica específicamente el sitio geográfico de ninguna vivienda donde se han realizado las medidas.

- E) En general los resultados obtenidos en este estudio presentan una Densidad de Potencia de radiación por debajo del límite de $0,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ recomendado por el Parlamento Europeo [12].

12. Referencias

- [1] Eurobarometer TNS Opinion & Social. (2010, June). Eurobarometer 73.3, Electromagnetic fields. [Online]. Available: http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_347_en.pdf 2010.
- [2] ITU Monitoring of electromagnetic field levels; Recommendation ITU-T K.83, International Telecommunication Union (ITU) Std. [Online]. Available: <http://www.itu.int/rec/T-REC-K.83-201103-I/>, 2011; Vol. 83;.
- [3] Hardell, L.; Sage, C. Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards. *Biomed. Pharmacother.* 2008, 62, 104–109, doi:10.1016/j.biopha.2007.12.004.
- [4] Ruediger, H.W. Genotoxic effects of radiofrequency electromagnetic fields. *Pathophysiology* 2009, 16, 89–102, doi:10.1016/j.pathophys.2008.11.004.
- [5] López, I.; Félix, N.; Rivera, M.; Alonso, A.; Maestú, C. What is the radiation before 5G? A correlation study between measurements in situ and in real time and epidemiological indicators in Vallecas, Madrid. *Environ. Res.* 2021, 194, doi:10.1016/j.envres.2021.110734
- [6] Xavier, M.; Gonz, R.; Nazario, F.; Isabel, L.; Sebasti, J.; Zambrano, O.; Maest, C. Compact Exposimeter Device for the Characterization and Recording of Electromagnetic Fields from 78 MHz to 6 GHz with Several Narrow Bands (300 kHz). 2021.
- [7] Blackman, C. Cell phone radiation: Evidence from ELF and RF studies supporting more inclusive risk identification and assessment. *Pathophysiology* 2009, 16, 205–216, doi:10.1016/j.pathophys.2009.02.001.
- [8] Marko, M. *Dosimetry in Bioelectromagnetics*; Marko, M., Ed.; 1st Editio.; Taylor & Francis Group, LLC CRC: New York, 2017; ISBN 9781315154572.
- [9] Hardell, L. World health organization, radiofrequency radiation and health - A hard nut to crack (Review). *Int. J. Oncol.* 2017, 51, 405–413, doi:10.3892/ijo.2017.4046.
- [10] Blackman, C. Cell phone radiation: Evidence from ELF and RF studies supporting more inclusive risk identification and assessment. *Pathophysiology* 2009, 16, 205–216, doi:10.1016/j.pathophys.2009.02.001.
- [11] Behari, J.; Paulraj Rajamani, I.; Carlo Bellieni, I. V; Igor Belyaev, I.; Republic Carl Blackman, S.F.; Martin Blank, U.; Michael Carlberg, U.; David, S.; Zoreh Davanipour, U.; Adamantia Fragopoulou, U.F.; et al. *Biolinitiative 2012 A*
- [12] Salzburg Resolution on Mobile Telecommunication Base Stations. International Conference on Cell Tower Siting Linking Science & Public Health. (2000). Available in:

<https://web.archive.org/web/20050320064948/http://www.salzburg.gv.at/themen/gs/gesundheit/umweltmedizin/elektrosmog/celltower.htm#ank-salzburger>

- [13] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys. 2020.
- [14] Ministerio de la Presidencia. (2001). BOE-A-2001-18256. Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas. 1–16.
- [15] European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC). EN 50413:2019. Basic Standard on Measurement and Calculation Procedures for Human Exposure to Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (0 Hz–300 GHz). Brussels: European Committee for Electrotechnical Standardization; (2019).

SECCIÓN 2ª: ANÁLISIS DE SALUD EN EL MUNICIPIO DE MORATA DE TAJUÑA

ÍNDICE DE LA SECCIÓN

1.	Motivación	1
2.	Objetivos	1
3.	Diseño de las encuestas	1
a.	Cuestionario de Salud Corto 12 (SF - 12).	1
b.	Cuestionario de dolor de cabeza (Headache Impact Test – HIT 6).....	2
c.	Cuestionario Pittsburgh Sleep Quality Index	2
4.	Localización de las encuestas	3
5.	Perfil de la población participante.....	3
6.	Resultados descriptivos del test SF-12	4
7.	Resultados descriptivos del cuestionario HIT-6.	12
8.	Resultados descriptivos del cuestionario PSQI.....	18
9.	Resultados estadísticos de significación.	25
10.	Presencia de enfermedades	27
11.	Conclusiones	29
12.	Referencias	32

1. Motivación

El presente estudio de salud es parte del estudio radioeléctrico que se ha llevado a cabo en la población de Morata de Tajuña en el mes de junio del año 2023 bajo petición del Ayuntamiento del municipio al laboratorio de bioelectromagnetismo del Centro de Tecnología Biomédica de la Universidad Politécnica de Madrid liderado por el Dr Ceferino Maestú.

2. Objetivos

El estudio radioeléctrico ha sido dividido en dos secciones bien diferenciadas:

Sección 1ª: Realización de medidas de radiación electromagnética en el exterior y en el interior de viviendas seleccionadas en las principales bandas de frecuencia destinadas para las telecomunicaciones.

Sección 2ª: Realización de un estudio de salud en el que se evalúan diferentes parámetros de salud a través de tres cuestionarios estandarizados (SF12, HIT6, PSQI) repartidos de forma uniforme en la población.

3. Diseño de las encuestas

La encuesta consta de cuatro secciones. La primera sección contiene datos epidemiológicos importantes para establecer el perfil del encuestado. Las tres secciones restantes incluyen tres cuestionarios estandarizados diferentes que evalúan los parámetros de salud más sensibles a las radiaciones (SF12: salud general de la población; HIT6: dolores de cabeza; SPQI: problemas de sueño).

La elección de los parámetros a evaluar en la encuesta responde a sintomatología que bien podría estar relacionada con la exposición prolongada a campos electromagnéticos como el llamado "síndrome de las microondas" o "hipersensibilidad electromagnética" que incluye fatiga, irritabilidad, dolor de cabeza, náuseas, pérdida de apetito, trastornos del sueño, depresión, sensación de malestar, dificultad para concentrarse, pérdida de memoria, mareos, dificultad para caminar, alteraciones visuales y otros [1].

a. Cuestionario de Salud Corto 12 (SF- 12).

El primero de los cuestionarios que componen la encuesta sobre parámetros de salud entregada a la población de Morata de Tajuña es el cuestionario SF - 12 (Short Form 12 Health Survey), versión abreviada del cuestionario SF - 36 (Short Form 36 Health Survey), que evalúa la salud general de la población [2]. El objetivo principal de los cuestionarios SF - 36 y SF - 12 en su versión acotada es la estimación del estado funcional del paciente reflejando su salud física, mental y social, culminando en un parámetro numérico que refleja el estado de salud del paciente de forma multidimensional [3].

El cuestionario SF - 12 incluye dos dimensiones que miden ocho conceptos de salud: **función física** (grado en que la salud afecta a la actividad física), **función social** (grado en que la salud física y emocional afecta a la vida social normal), **rol físico** (grado en que los problemas físicos

afectan al trabajo y a las actividades diarias), **rol emocional** (grado en que los problemas emocionales interfieren en el trabajo y en las actividades diarias), **salud mental** (salud mental general del paciente), **vitalidad** (sensación de energía y vitalidad), **dolor corporal** (intensidad del dolor) y **salud general** (valoración personal de la salud) [3,4]. Los resultados se estandarizan con los valores de las normas de población, de modo que 50 puntos (con una desviación estándar de 10) es la media de la población general. Los valores superiores o inferiores a 50 deben interpretarse como mejores o peores, respectivamente, que los de la población de referencia [5].

b. Cuestionario de dolor de cabeza (Headache Impact Test – HIT 6).

El segundo de los tests incluidos es el cuestionario HIT - 6 (Headache Impact Test, Test de impacto del dolor de cabeza), que evalúa la salud en términos de cefaleas [6]. Este cuestionario consta de seis ítems diseñados para establecer una medida global del impacto adverso de las cefaleas [7,8]. El objetivo principal del cuestionario es medir el impacto adverso de las cefaleas en el funcionamiento social y cognitivo, así como en la vitalidad y el malestar psicológico [8]. Además, proporcionan una medida numérica de la gravedad del dolor de cabeza.

- a) Las puntuaciones de 60 puntos o más muestran un impacto muy grave en la vida del encuestado. Las personas con estas puntuaciones experimentan un dolor que incapacita sus actividades cotidianas y sus relaciones sociales.
- b) Una puntuación entre 56 y 59 indica que las cefaleas tienen un impacto importante en la vida del encuestado, por lo que puede estar experimentando un dolor intenso que causa una disminución de sus relaciones sociales.
- c) Una persona con una puntuación entre 50 y 55 muestra cierto impacto de las cefaleas en su vida diaria, lo que no le haría perder algunas de sus relaciones sociales.
- d) Un encuestado con una puntuación igual o inferior a 49 puntos indica un impacto escaso o nulo de las cefaleas en su vida.

En puntuaciones iguales o superiores a 50 puntos, se recomienda realizar un estudio para detectar la posible presencia de episodios de migraña.

c. Cuestionario Pittsburgh Sleep Quality Index

El último test es el Cuestionario de Calidad del Sueño de Pittsburgh [9]. Este cuestionario fue desarrollado por el Departamento de Psiquiatría de la Universidad de Pittsburgh en 1988, es un cuestionario que evalúa aspectos cualitativos y cuantitativos de la calidad del sueño en el mes anterior a su aplicación. Consta de un total de 24 preguntas que dan como resultado un valor numérico. Este valor numérico es la suma de 7 puntuaciones obtenidas tras responder a las 24 preguntas anteriores y evalúa la calidad subjetiva del sueño, la latencia del sueño (el tiempo que el paciente tarda en dormirse), la duración del sueño, la eficiencia habitual (porcentaje de tiempo que el paciente cree que duerme sobre el tiempo total que pasa en la cama), las alteraciones (frío, calor, nicturia, tos...), el uso de fármacos para conciliar el sueño y la disfunción diurna (facilidad para dormirse mientras se realiza una actividad cotidiana o aumento del cansancio diurno). Todos estos elementos reciben una puntuación de 0 a 3 que aumenta proporcionalmente al incremento del problema de sueño y cuyo total dará lugar a la puntuación final del test de Pittsburgh [10].

Tras sumar las puntuaciones obtenidas en el cuestionario, en el que "0" indica facilidad para dormir y "21" dificultad severa en todas las áreas, se considera que una puntuación igual o

inferior a "5" es la calidad óptima del sueño, mientras que una puntuación superior a "5" sugiere que el paciente tiene una dificultad para dormir más o menos severa [10].

4. Localización de las encuestas

Han sido recogidos un total de 156 cuestionarios, de los que se han desechado 5 por no estar completados en su totalidad (requisito para la evaluación del test).

Cada una de las encuestas recogidas han sido relacionadas con el máximo de densidad de potencia del punto de medida exterior más cercano en línea recta a la vivienda participante. De tal modo, en la Tabla 1 se recoge la distribución de encuestas por punto de medida.

Las viviendas se dividen en dos grupos bien diferenciados:

1. Viviendas cercanas a puntos de densidad de radiación pequeños, denominadas en adelante "zona control", que permiten la comparación de los resultados con el segundo grupo de viviendas (n = 102).
2. Viviendas que reciben mayores valores de densidad de potencia de radiación, denominadas en adelante como "zona expuesta" (n = 49).

El límite para la clasificación de estas viviendas se establece en $0,01 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, que se sitúa muy por debajo de los límites de exposición recomendados [12]. De este modo, viviendas con valores de densidad de potencia de radiación por encima de $0,01 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ formarán el grupo de viviendas de la zona expuesta, mientras que aquellas viviendas con valores de densidad de potencia de radiación menores a $0,01 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ formarán parte de la zona control.

Tabla 1. Distribución de encuestas por punto de medida (P1 - P20). Datos expresados en recuento y en porcentaje sobre el total de encuestas (n=151).

PUNTO	Recuento (porcentaje)	PUNTO	Recuento (porcentaje)
P1	22 (14,57%)	P11	4 (2,65%)
P2	8 (5,30%)	P12	0 (0%)
P3	15 (9,93%)	P13	0 (0%)
P4	15 (9,93%)	P14	2 (1,32%)
P5	9 (5,96%)	P15	8 (5,30%)
P6	0 (0%)	P16	11 (7,28%)
P7	6 (3,97%)	P17	6 (3,97%)
P8	6 (3,97%)	P18	12 (7,95%)
P9	6 (3,97%)	P19	3 (1,99%)
P10	8 (5,30%)	P20	10 (6,62%)

5. Perfil de la población participante

Tal y como muestra la Tabla 2, existe una proporción similar de mujeres y hombres entre los participantes, ligeramente superior en el sexo femenino (52,32%). Las respuestas se encuentran concentradas en su mayoría en el rango de edad de 31 – 60 años en ambos sexos (Mujeres: 31,13%, Hombres: 23,18%). La mayoría de los encuestados forma parte de la población activa (72,85%).

Tabla 2. Perfil epidemiológico del encuestado. Los datos se representan en recuento y porcentaje para cada uno de los apartados sobre el total (n=151).

Sexo	Mujer	Hombre
	79 (52,32%)	72 (47,68%)
Edad		
0 – 30 años	14 (9,27%)	22 (14,57%)
31 – 60 años	47 (31,13%)	35 (23,18%)
Más de 60 años	18 (11,92%)	15 (9,93%)
Ocupación		
Activo	110 (72,85%)	
Parado/Jubilado	23 (15,23%)	
NS/NC	18 (11,92%)	

6. Resultados descriptivos del test SF-12

El cuestionario SF - 12, ya explicado en la sección 3. Diseño de las encuestas, se utiliza para la evaluación de la salud física y mental general de la población. En esta sección se resumirán las respuestas de los participantes a cada una de las preguntas formuladas, relacionándolas con cada uno de los dominios evaluados por la prueba.

Dominio 1: Salud general

Este ámbito responde a la primera pregunta del test:

"En general, ¿diría usted que su estado de salud es..."

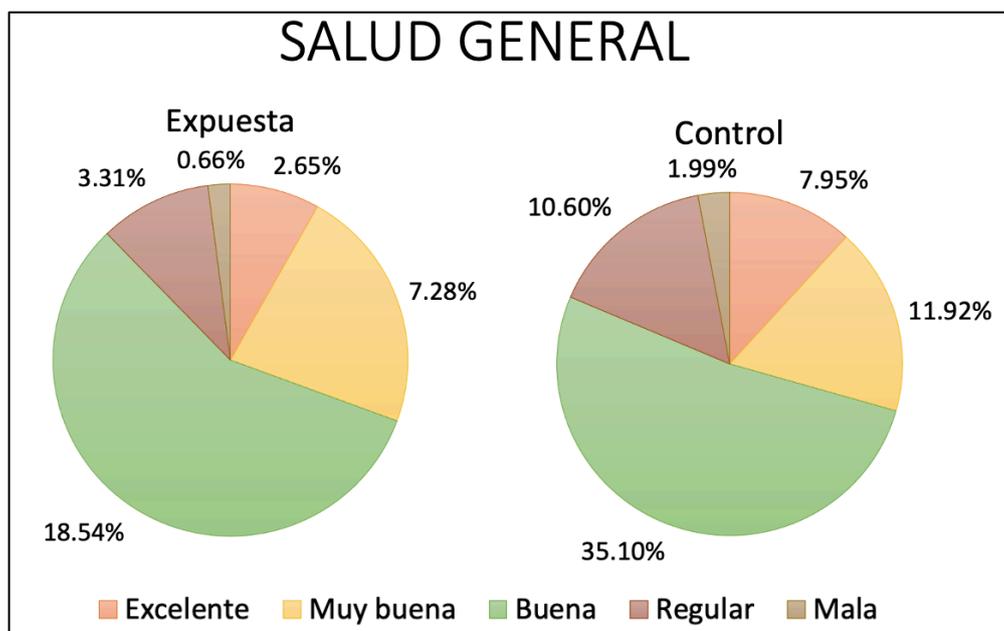


Figura 1. Gráfico de sectores que representa la percepción de la salud general. Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49) a la izquierda y para el grupo de control (n = 102) a la derecha sobre el total de la población encuestada (n = 151).

A continuación, se ofrecen al encuestado cinco posibles respuestas evaluadas numéricamente del 1 al 5; cuanto mayor sea el número, peor será el estado de salud (1 - Excelente, 2 - Muy bueno, 3 - Bueno, 4 - Regular, 5 - Malo).

La observación de los resultados obtenidos (Figura 1) muestra que la mayoría de la población evalúa su estado de salud como bueno (Expuesta: 18,54%; Control: 35,10%). Los porcentajes disminuyen significativamente para el estado de salud excelente (Expuesta: 2,65%; Control: 7,95%) y para el estado muy malo (Expuesta: 0,66%; Control: 1,99%). En cuanto a la respuesta "muy buena" (Expuestos: 7,28%; Control: 11,92%) y "regular" (Expuestos: 3,31%; Control: 10,60%), en ambos grupos la proporción de personas es inferior a "bueno" pero superior a "excelente" y "malo".

Dominio 2: Función física

Este ámbito agrupa dos preguntas del test:

*"Las siguientes preguntas se refieren a actividades que podría realizar durante un día normal. ¿Su estado de salud actual le limita en estas actividades? En caso afirmativo, ¿en qué medida?
 - ¿Actividades moderadas como mover una mesa o empujar una aspiradora?
 - ¿Subir varios tramos de escaleras?"*

A continuación, se ofrecen al encuestado tres posibles respuestas evaluadas numéricamente del 1 al 3 (1 - Sí, le limita mucho, 2 - Sí, le limita un poco, 3 - No, no le limita mucho). Para evaluar este ámbito, se sumaron las puntuaciones de ambas respuestas para obtener puntuaciones en el intervalo 2 - 6, donde 2 actividades están muy limitadas y 6 actividades no están limitadas en absoluto.

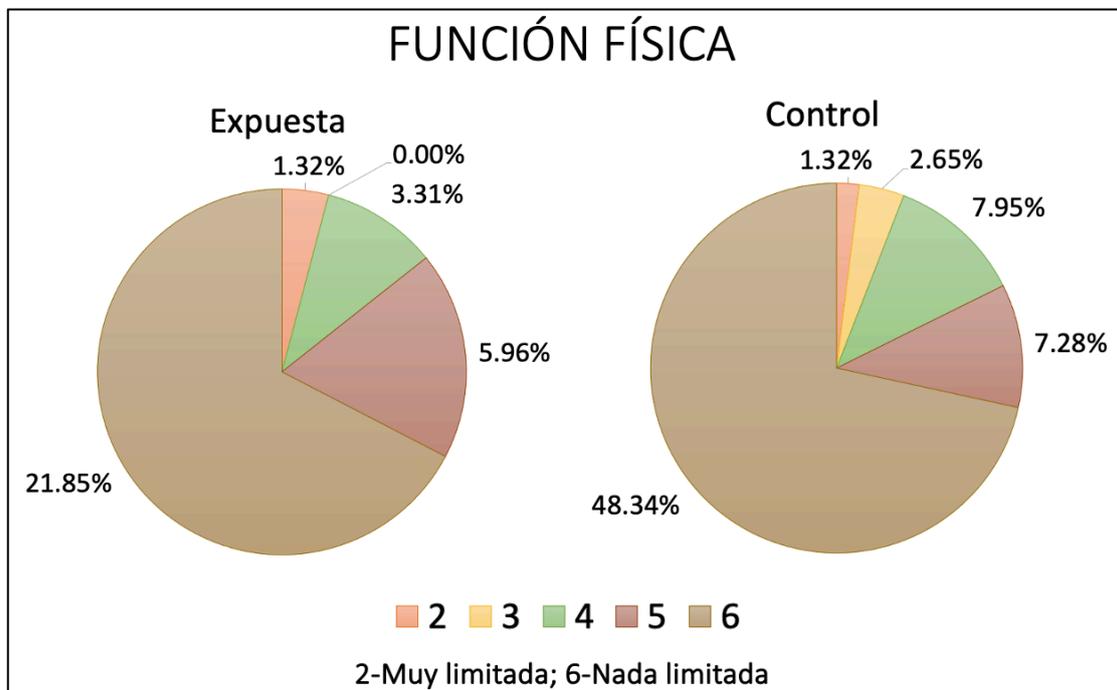


Figura 2. Gráfico de sectores que representa la función física. Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49) a la izquierda y para el grupo de control (n = 102) a la derecha sobre el total de la población encuestada (n = 151).

Como se observa en la Figura 2, la mayoría de las personas encuestadas en ambos grupos no ven nada limitada su función física (Expuesta: 21,85%; Control: 48,34%), lo que muestra un buen estado de salud física. Las puntuaciones obtenidas para un estado físico poco limitado son similares en ambos grupos de población (5 puntos, Expuesta: 5,96%; Control: 7,28%; 4 puntos, Expuesta: 3,31%; Control: 3,31%). Los resultados para un estado físico limitado (Expuesta: 0%; Control: 2,65%) y muy limitado (Expuesta: 1,32%; Control: 1,32%) son mínimos en ambos grupos de población.

Dominio 3: Rol físico

Este ámbito agrupa dos preguntas de la prueba:

"Durante las últimas 4 semanas, ¿ha tenido alguno de los siguientes problemas con su trabajo u otras actividades cotidianas habituales como consecuencia de su salud física?"

- Realizó más trabajo del que le gustaría

- Se vio limitado en el tipo de trabajo u otras actividades"

A continuación, se ofrecen al encuestado dos posibles respuestas evaluadas numéricamente con dos posibles valores 1 y 2 (1 - Sí, 2 - No). Para evaluar este ámbito, se sumaron las puntuaciones de ambas respuestas para obtener puntuaciones en el intervalo 2 - 4, siendo 2 problemas destacados y 4 ningún problema.

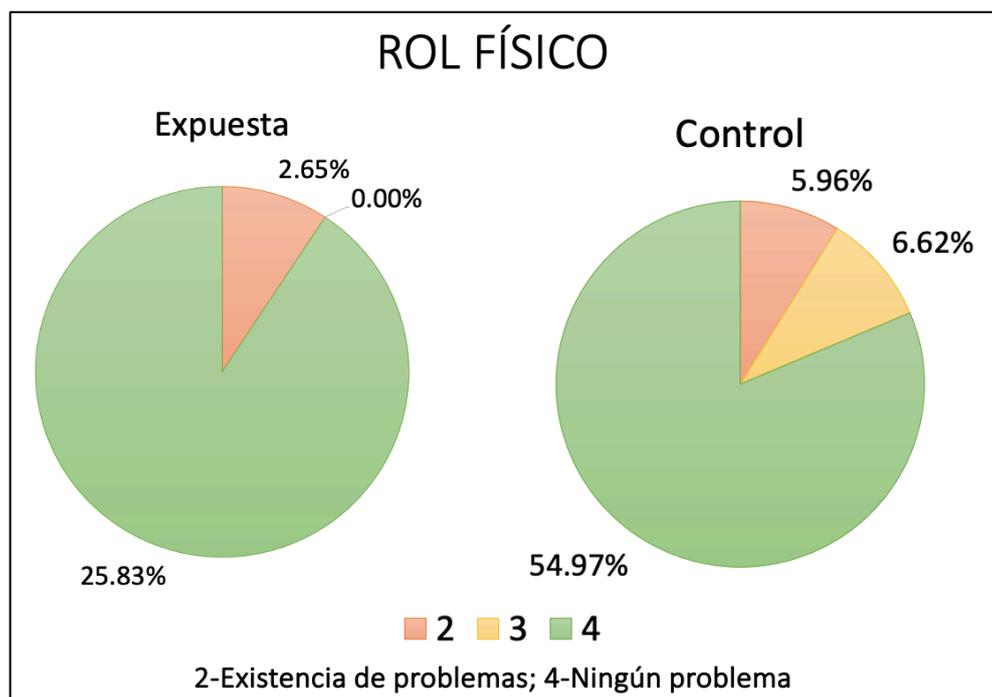


Figura 3. Gráfico de sectores que representa el rol físico. Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49) a la izquierda y para el grupo de control (n = 102) a la derecha sobre el total de la población encuestada (n = 151).

Observando la Figura 3, la mayoría de la población tanto en la zona expuesta (25,83%) como en la zona control (54,97%), expresan no tener ningún problema en la limitación de sus actividades diarias. El porcentaje es casi insignificante en las puntuaciones intermedias (Expuesta: 0%; Control: 6,62%) y en la menor puntuación que expresa la existencia de problemas importantes (Expuesta: 2,65%; Control: 5,96%).

Dominio 4: Rol emocional

Este ámbito agrupa dos preguntas del test:

"Durante las últimas 4 semanas, ¿ha tenido alguno de los siguientes problemas con su trabajo u otras actividades cotidianas habituales como consecuencia de su salud física?"

- Realizó menos cosas de las que le gustaría
- Se vio limitado en el tipo de trabajo u otras actividades"

A continuación, se ofrecen al encuestado dos posibles respuestas evaluadas numéricamente con dos posibles valores 1 y 2 (1 - Sí, 2 - No). Para evaluar este ámbito, se sumaron las puntuaciones de ambas respuestas para obtener puntuaciones en el intervalo 2 - 4, siendo 2 problemas destacados y 4 ningún problema.

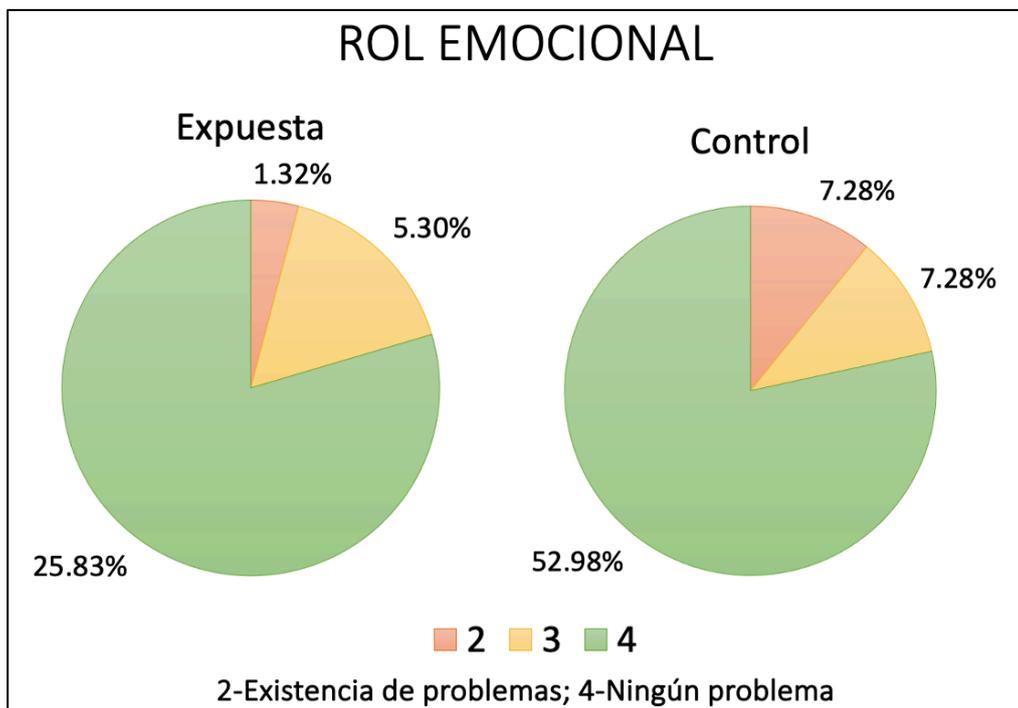


Figura 4. Gráfico de sectores que representa el rol emocional. Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49) a la izquierda y para el grupo de control (n = 102) a la derecha sobre el total de la población encuestada (n = 151).

Como se observa en la Figura 4, la mayor parte de la población no presenta ningún problema en el rol emocional (Expuesta: 25,83%; Control: 52,98%). Se obtienen porcentajes mucho menores para ambos grupos en la puntuación intermedia (Expuesta: 5,30%; Control: 7,28%) y en la que presenta problemas destacados (Expuesta: 1,32%; Control: 7,28%).

Dominio 5: Dolor corporal

Este ámbito responde a la octava pregunta del test:

"Durante las últimas 4 semanas, ¿en qué medida interfirió el dolor con su trabajo normal (incluido el trabajo fuera de casa y las tareas domésticas)?"

A continuación, se ofrecen al encuestado cinco posibles respuestas evaluadas numéricamente del 1 al 5, siendo peor el estado de salud cuanto mayor sea el número (1 - Nada, 2 - Muy poco, 3 - Moderadamente, 4 - Bastante, 5 - Mucho).

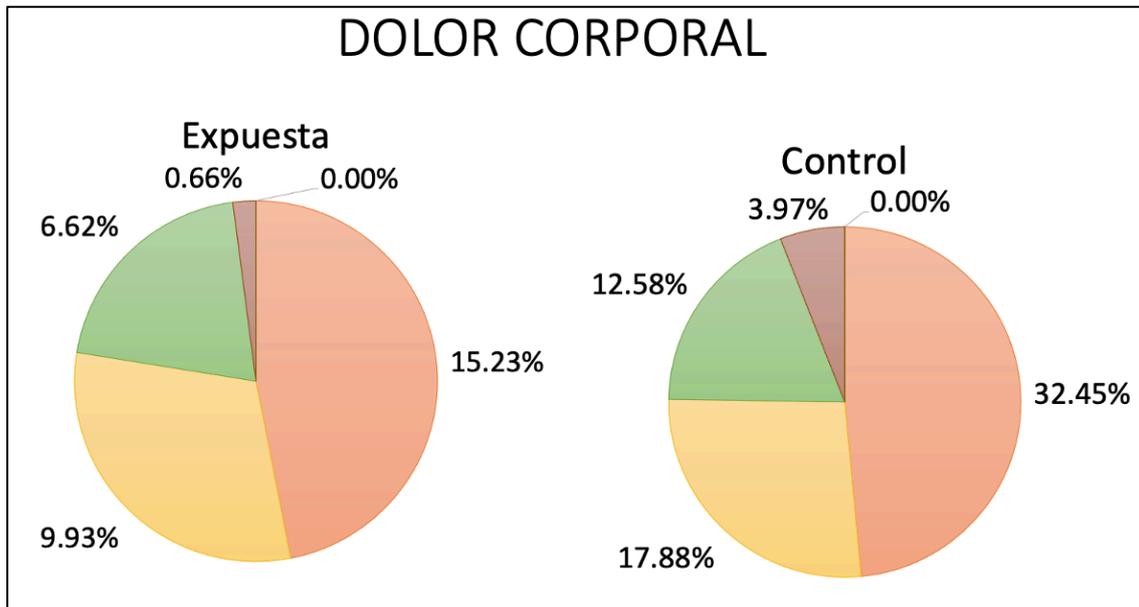


Figura 5. Gráfico de sectores que representa el ámbito del dolor corporal. Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49) a la izquierda y para el grupo de control (n = 102) a la derecha sobre el total de la población encuestada (n = 151).

La mayoría de la población no siente nada de dolor corporal (Expuesta: 15,23%; Control: 32,45%) o siente muy poco dolor (Expuesta: 9,93%; Control: 12,58%) (Figura 5). Se encuentran menores porcentajes para el dolor moderado (Expuesta: 6,62%; Control: 12,58%) y bastante (Expuesta: 0,66%; Control: 3,97%). El número de personas que sufre mucho dolor es casi insignificante con porcentajes muy cercanos a cero en ambos grupos (Expuesta: 0%; Control: 0,66%).

Dominio 6: Salud mental

Este ámbito agrupa dos preguntas del test:

"Estas preguntas se refieren a cómo se ha sentido durante las últimas 4 semanas. ¿Cuánto tiempo durante las últimas 4 semanas...
- ¿Se ha sentido tranquilo y en paz?
- ¿Se ha sentido deprimido y triste?"

A continuación, se ofrecen al encuestado seis posibles respuestas evaluadas numéricamente del 1 al 6, siendo el número más alto (1 - Todo el tiempo, 2 - La mayor parte del tiempo, 3 - Bastante tiempo, 4 - Algo de tiempo, 5 - Un poco de tiempo, 6 - Nada de tiempo). Como las preguntas y, por tanto, las respuestas son opuestas, es necesario analizarlas por separado.

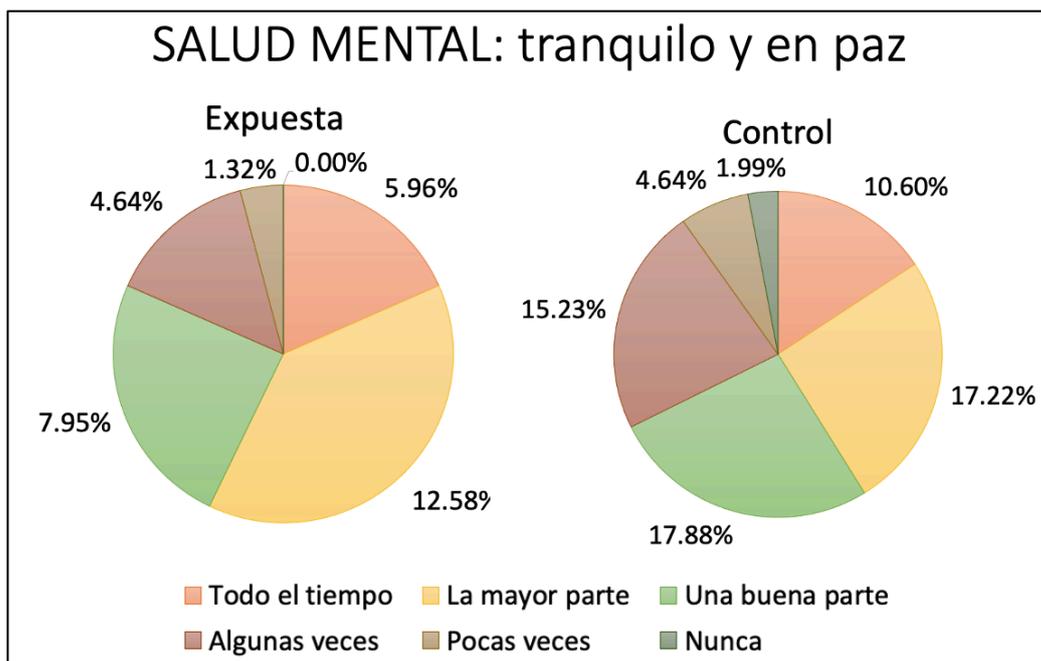


Figura 6. Gráfico de sectores que representa el ámbito de la salud mental: calma y tranquilidad. Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49) a la izquierda y para el grupo de control (n = 102) a la derecha sobre el total de la población encuestada (n = 151).

La mayoría de la población se encuentra tranquilo y en paz la mayor parte del tiempo (Expuesta: 5,9%; Control: 17,22%) o una buena parte del tiempo (Expuesta: 7,95%; Control: 17,88%) (Figura 6). Un porcentaje menor pero similar se manifiesta en las personas que están tranquilos y en paz todo el tiempo (Expuesta: 5,96%; Control: 10,60%) y algunas veces (Expuesta: 4,64%; Control: 15,23%). Un porcentaje menor de respuestas, cercano a cero, se muestra para la población que se siente tranquilo y en paz pocas veces (Expuesta: 1,32%; Control: 4,64%) o nunca (Expuesta: 0%; Control: 1,99%).

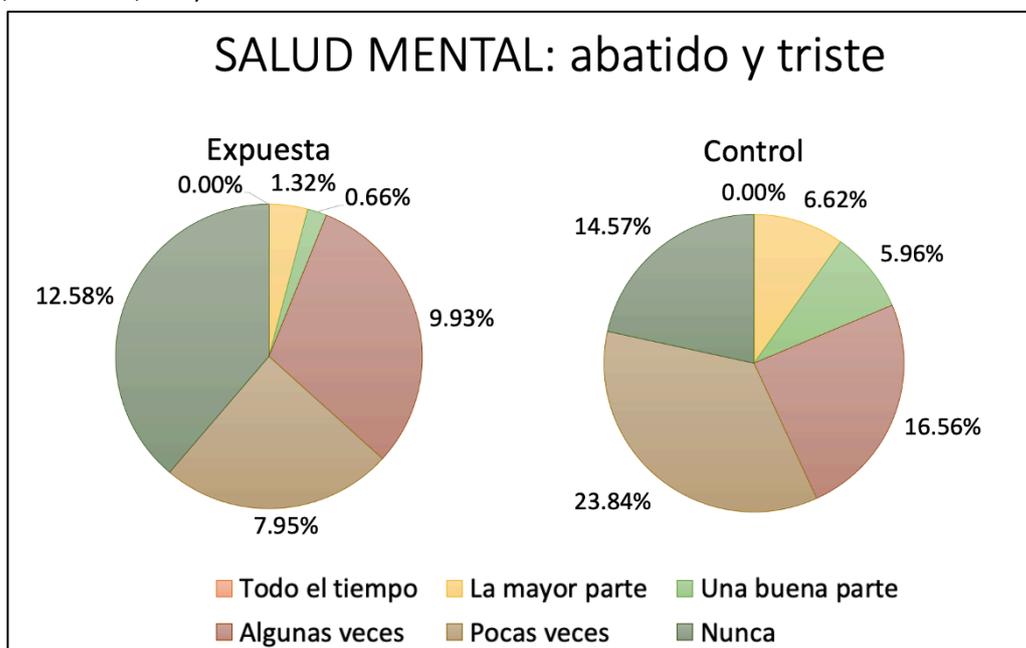


Figura 7. Gráfico de sectores que representa el ámbito de la salud mental: abatido y triste. Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49) a la izquierda y para el grupo de control (n = 102) a la derecha sobre el total de la población encuestada (n = 151).

Los porcentajes mayores de respuesta se producen para el grupo de población que nunca (Expuesta: 12,58%; Control: 14,57%) o pocas veces (Expuesta: 7,95%; Control: 23,84%) se ha sentido abatido o triste (Figura 7). Un porcentaje de respuestas intermedio se alcanza para aquellas personas que se sienten tristes y abatidos algunas veces (Expuesta: 9,93%; Control: 16,56%). Porcentajes cercanos a cero se muestran para las personas que se sienten todo el tiempo (Expuesta: 0%; Control: 0%) o la mayor parte del tiempo (Expuesta: 1,32%; Control: 6,62%) triste y abatido.

Dominio 7: Vitalidad

Este dominio responde a la décima pregunta del test:

"¿Cuánto tiempo durante las últimas 4 semanas tuvo mucha energía?"

A continuación, se ofrecen al encuestado seis posibles respuestas evaluadas numéricamente del 1 al 6, siendo el número más alto (1 -Todo el tiempo, 2 -La mayor parte del tiempo, 3 -Buena parte del tiempo, 4 -Algunas veces, 5 -Algunas veces, 6 -Nunca).

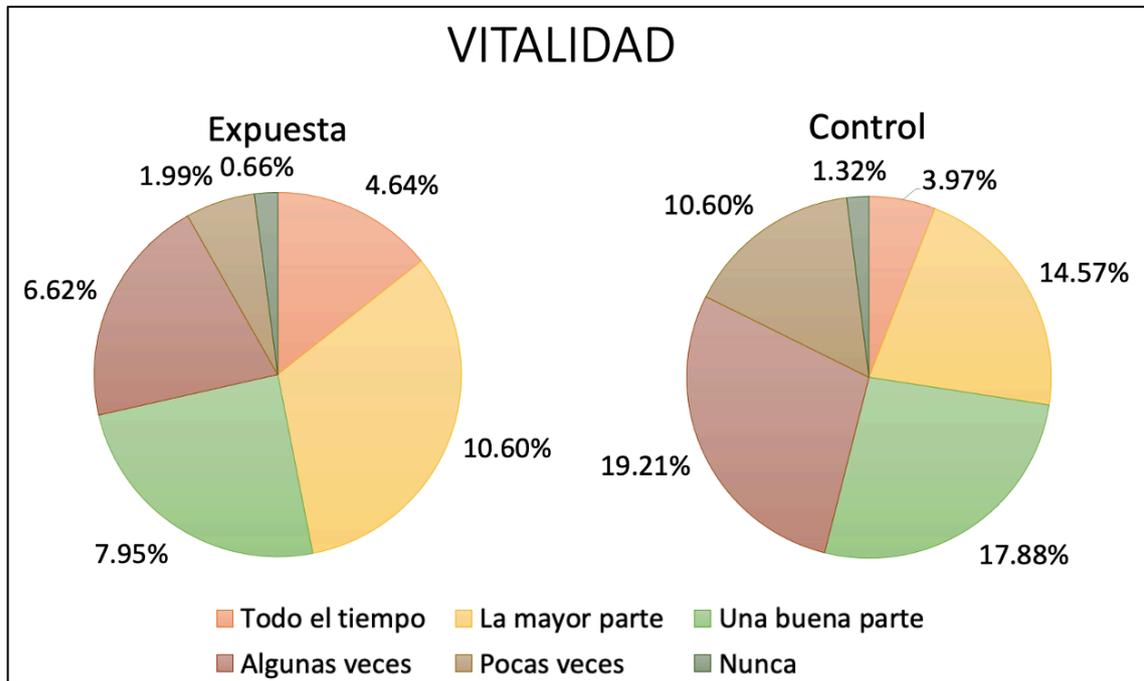


Figura 8. Gráfico de sectores que representa el ámbito de la vitalidad. Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49) a la izquierda y para el grupo de control (n = 102) a la derecha sobre el total de la población encuestada (n = 151).

La mayor parte de la población se siente con vitalidad la mayor parte (Expuesta: 10,60%; Control: 14,57%) y una buena parte del tiempo (Expuesta: 7,95%; Control: 7,95%)(Figura 8). Los porcentajes son similares para las personas que se sienten con vitalidad algunas veces (Expuesta: 6,62%; Control: 19,21%). En el caso de las personas que se sienten vitales todo el tiempo (Expuesta: 4,64%; Control: 3,97%), pocas veces (Expuesta: 1,99%; Control: 10,60%) y nunca (Expuesta: 0,66%; Control: 1,32%) los porcentajes son menores.

Dominio 8: Función social

Este ámbito responde a la duodécima pregunta del test:

"Durante las últimas 4 semanas, ¿en qué medida su salud física o sus problemas emocionales han interferido en sus actividades sociales (como visitar a amigos, familiares...)?"

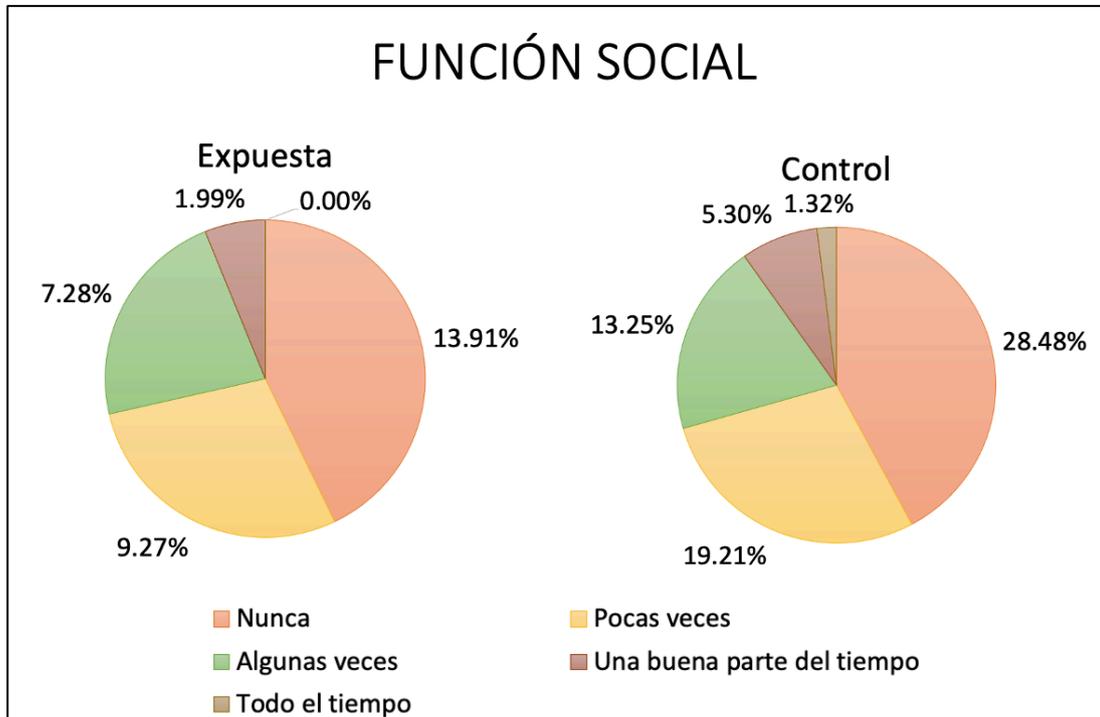


Figura 9. Gráfico de sectores que representa el ámbito de la vitalidad. Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49) a la izquierda y para el grupo de control (n = 102) a la derecha sobre el total de la población encuestada (n = 151).

La mayor parte de la población no tiene nunca problemas en sus relaciones sociales (Expuesta: 13,91%; Control: 28,48%)(Figura 9). Cuanto mayor es la frecuencia de la presencia de problemas en las redes sociales, menor es el porcentaje de respuestas obtenido, siendo "todo el tiempo" la respuesta que obtiene resultados menores cercanos a cero (Expuesta: 0%; Control: 1,32%).

Puntuación global

La puntuación máxima que puede obtenerse en el cuestionario es de 47 puntos, lo que equivaldría a una puntuación de 100 puntos en una escala normalizada. La puntuación más baja que puede obtenerse es de 12 puntos, lo que equivaldría a una puntuación de 0 puntos en la escala normalizada del test.

Tabla 3. Puntuaciones totales de las pruebas, SF12. El número de respuestas dividido por cuartiles y el porcentaje de respuestas sobre la población total (n = 151) se presentan para ambos grupos, expuesto (n= 49) y control (n = 102).

Cuartiles (SF12 puntuación)	Expuesta	Control
Q1 - min (12 – 21 puntos; 0 – 25 puntos)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
Q2 (22 – 30 puntos; 26 – 50 puntos)	31 (20,53%)	54 (35,76%)
Q3 (31 – 38 puntos; 51 – 75 puntos)	18 (11,92%)	48 (31,79%)
Q4 - max (39 – 47 puntos; 76 – 100 puntos)	0 (0.0%)	0 (0.0%)

Las puntuaciones separadas por cuartiles se presentan en la Tabla 3. Hay que tener en cuenta que por encima de 50 puntos en la escala normalizada (30 puntos en la escala del test SF12) se considera que una persona tiene problemas de salud no teniéndolos si este valor es inferior a 50 puntos, siempre en comparación con la media de la población general. Por ello, en este caso, ambas poblaciones muestran valores similares en los cuartiles 2 y 4, no existiendo ningún caso en los cuartiles de peor (cuartil 1) o mejor pronóstico (cuartil 4).

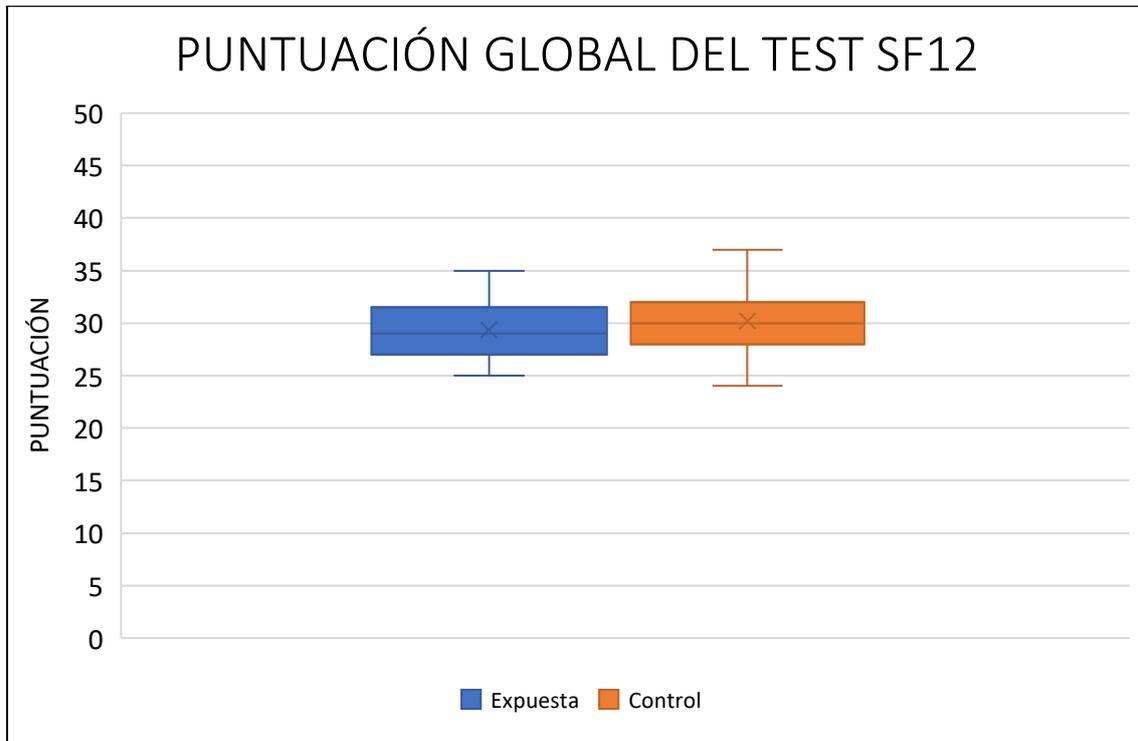


Figura 10. Diagrama de cajas y bigotes de la puntuación total de los cuestionarios SF12. Los gráficos corresponden al grupo expuesto y al grupo de control.

La distribución de valores totales del test puede observarse en la Figura 10. Ambas poblaciones obtienen valores cercanos a 30 puntos, lo que indica que el estado de salud de la población total incluyendo ambos grupos es buena, situándose por debajo del valor de 50 puntos en la escala normalizada (30 puntos en la escala del test).

7. Resultados descriptivos del cuestionario HIT-6.

El cuestionario HIT - 6, se utiliza para la evaluación de la presencia e intensidad de las cefaleas. En este apartado, se ofrecerá un resumen de las respuestas de los participantes a cada una de las preguntas formuladas y se mostrarán las estadísticas de las puntuaciones finales.

En esta prueba, se ofrecen al encuestado cinco posibles respuestas para cada una de las preguntas formuladas, que van aumentando en la puntuación a medida que aumenta la frecuencia en el tiempo (6 - Nunca, 8 - Rara vez, 10 - A veces, 11 - Muy a menudo, 13 - Siempre).

Cuestión 1

"Cuando tienes dolores de cabeza, ¿con qué frecuencia el dolor es intenso?"

La mayoría de la población tiene dolores de cabeza intensos raras veces (Expuesta: 12,58%; Control: 26,49%) o a veces (Expuesta: 11,26%; Control: 21,19%). Aunque un porcentaje importante de la población los tiene a menudo (Expuesta: 3,97%; Control: 5,30%), es mayor el número de personas que nunca sufren cefaleas importantes (Expuesta: 4,64%; Control: 14,57%) siendo nulo el porcentaje de población que siempre sufre cefaleas intensas (Figura 11).

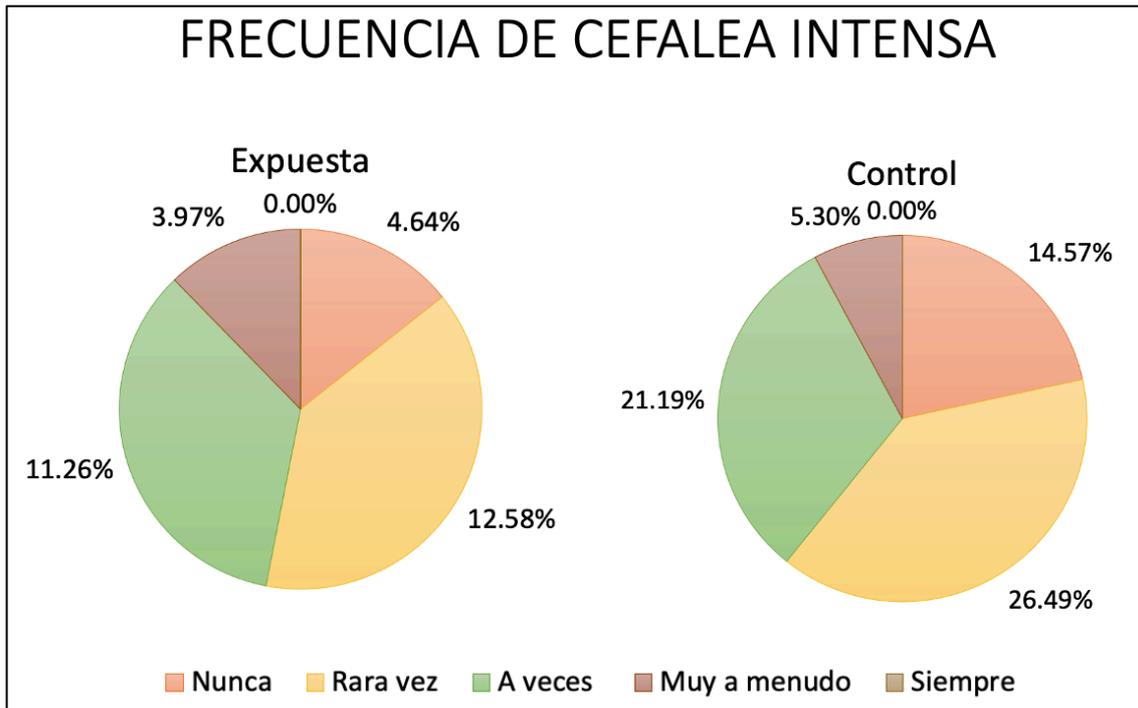


Figura 11. Gráfico de sectores que representa la intensidad de los dolores de cabeza (pregunta 1 HIT 6). Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49), y para el grupo de control (n = 102) sobre el total de la población encuestada (n = 151).

Cuestión 2

"¿Con qué frecuencia los dolores de cabeza limitan su capacidad para realizar las actividades cotidianas habituales, incluidas las tareas domésticas, el trabajo, la escuela o las actividades sociales?"

Como se observa en la Figura 12, la mayor parte de la población rara vez (Expuesta: 15,23%; Control: 29,80%) o nunca (Expuesta: 7,28%; Control: 22,52%) sienten sus actividades diarias limitadas a causa del dolor de cabeza. Una parte más pequeña de población siente a veces sus actividades limitadas por esta razón (Expuesta: 8,61%; Control: 13,25%), siendo casi inexistente el porcentaje de personas que ven sus actividades limitadas por la cefalea (Muy a menudo, Expuesta: 1,32%, Control: 1,99%; Siempre: 0%).

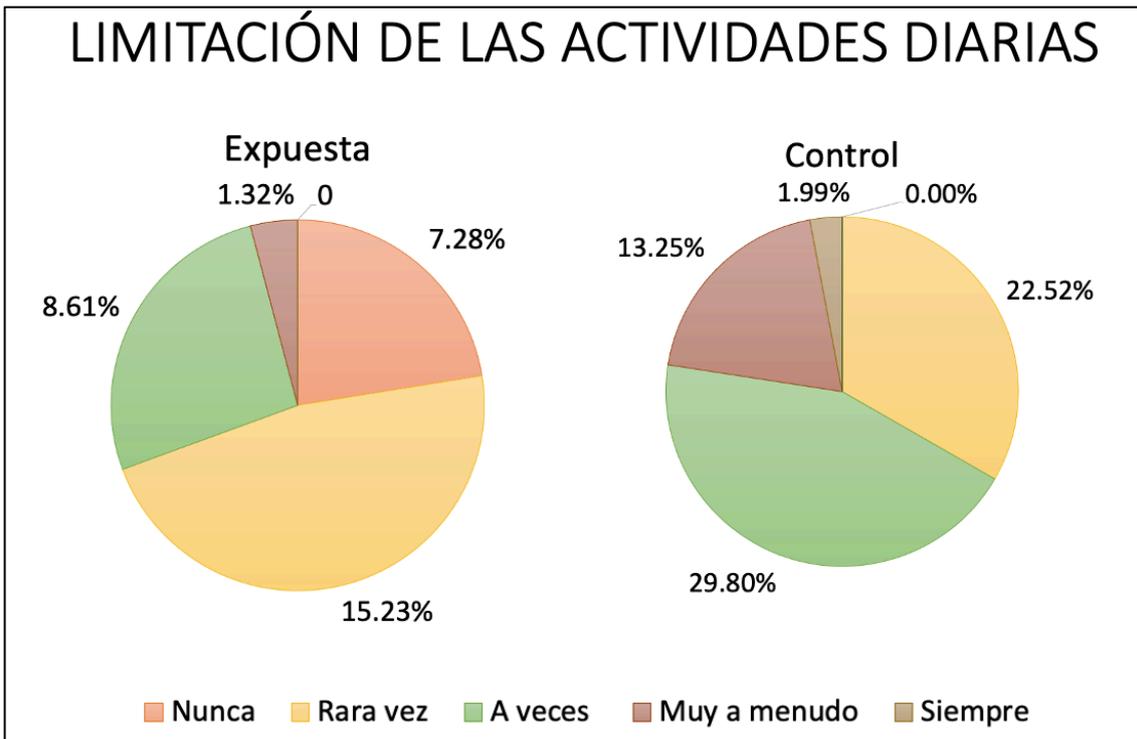


Figura 12. Gráfico de sectores que representa la limitación de las actividades diarias (pregunta 2 HIT 6). Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49), y para el grupo de control (n = 102) sobre el total de la población encuestada (n = 151)

Cuestión 3

“Cuando te duele la cabeza, ¿cuántas veces has deseado tumbarte?”

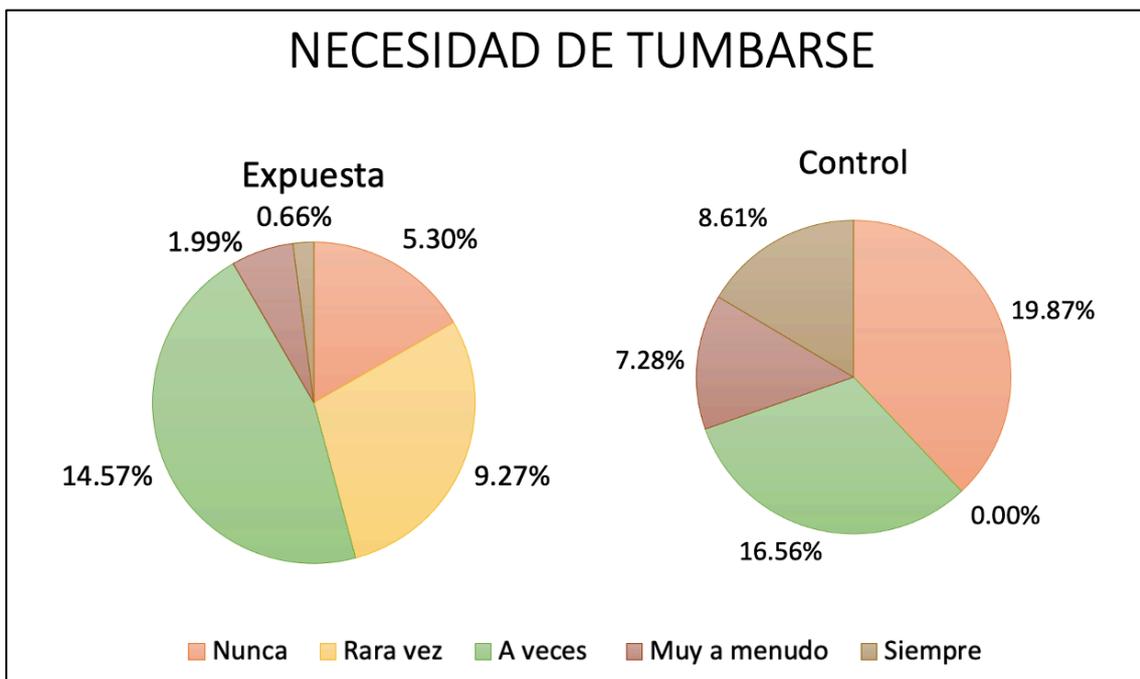


Figura 13. Gráfico de sectores que representa la necesidad de tumbarse a causa de las cefaleas (pregunta 3 HIT 6). Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49), y para el grupo de control (n = 102) sobre el total de la población encuestada (n = 151)

La mayor parte de la población nunca (Expuesta: 5,30%; Control: 19,87%) o a veces (Expuesta: 14,57%; Control: 16,56%) ha sentido la necesidad de acostarse a causa de la cefalea (Figura 13). Los porcentajes son menores para las frecuencias mayores de esta necesidad, muy a menudo (Expuesta: 1,99%; Control: 7,28%) o siempre (Expuesta: 0,66%; Control: 8,61%).

Cuestión 4

“En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia se ha sentido demasiado cansado para trabajar o realizar actividades cotidianas debido a sus dolores de cabeza?”

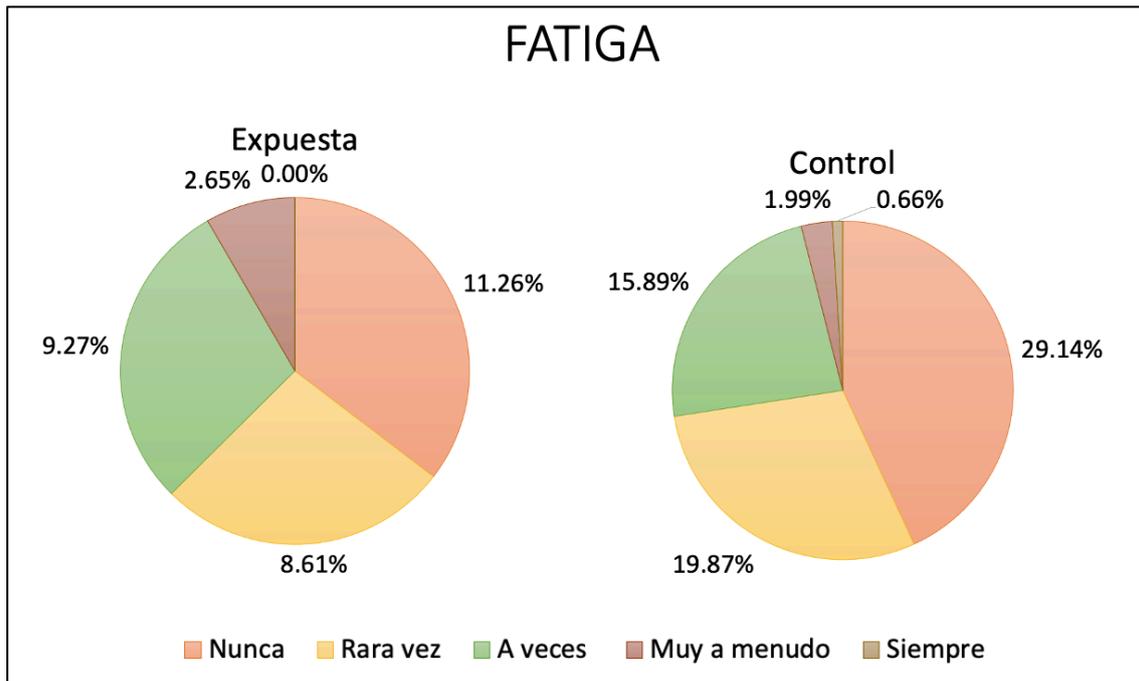


Figura 14. Gráfico de sectores que representa la presencia de fatiga (pregunta 4 HIT 6). Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49), y para el grupo de control (n = 102) sobre el total de la población encuestada (n = 151)

La mayor parte de la población expresa no tener nunca (Expuesta: 11,26%; Control: 29,14%) o rara vez (Expuesta: 8,61%; Control: 19,87%) fatiga a causa del dolor de cabeza (Figura 14). Un porcentaje menor casi inexistente refiere fatiga a causa de la cefalea muy a menudo (Expuesta: 2,65%; Control: 1,99%) o siempre (Expuesta: 0%; Control: 0,66%).

Cuestión 5

“En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia te has sentido harto o irritado a causa de tus dolores de cabeza?”

Tal y como se muestra en la Figura 15, la mayor parte de la población muestra no sentirse nunca irritada con el padecimiento de las cefaleas (Expuesta: 13,25%; Control: 40,40%). Porcentajes menores, pero similares entre ellos, se encuentran en las respuestas “rara vez” (Expuesta: 10,60%; Control: 9,27%) y “a veces” (Expuesta: 7,95%; Control: 14,57%). Los porcentajes de respuesta son insignificantes en las respuestas “muy a menudo” (Expuesta: 0,66%; Control: 2,65%) o siempre (Expuesta: 0%; Control: 0,66%).

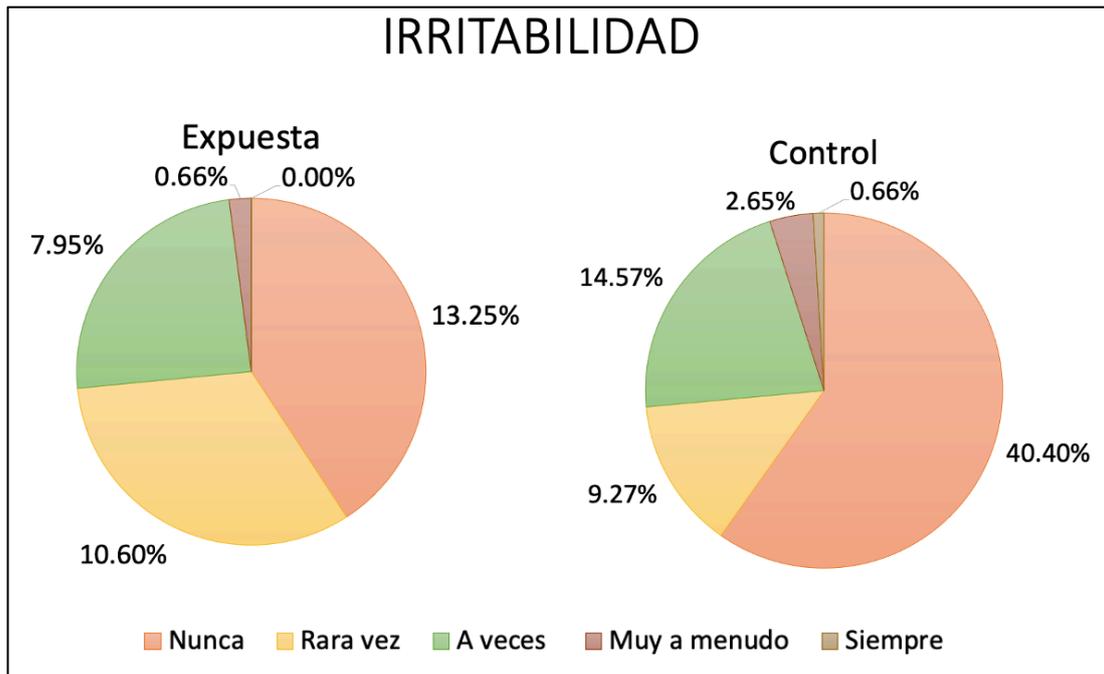


Figura 15. Gráfico de sectores que representa la presencia de irritabilidad a causa de las cefaleas (pregunta 5 HIT 6). Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49), y para el grupo de control (n = 102) sobre el total de la población encuestada (n = 151)

Cuestión 6

“En las últimas 4 semanas, ¿con qué frecuencia los dolores de cabeza limitaron su capacidad de concentración en el trabajo o en las actividades cotidianas?”

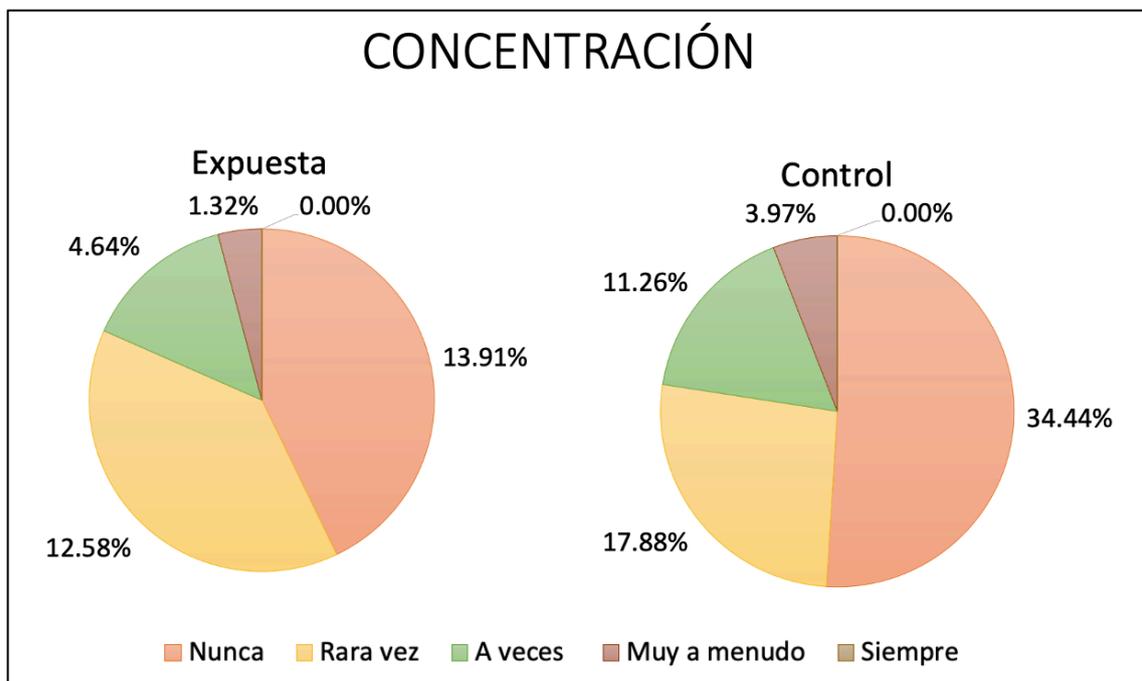


Figura 16. Gráfico de sectores que representa la falta de concentración a causa de las cefaleas (pregunta 6 HIT 6). Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49), y para el grupo de control (n = 102) sobre el total de la población encuestada (n = 151)

La mayor parte de la población expresa que nunca ha visto alterada su concentración a causa de las cefaleas (Expuesta: 13,91%; Control: 34,44%) (Figura 16). Un porcentaje menor de la población expresa que rara vez (Expuesta: 12,58%; control: 17,88%) o a veces (Expuesta: 4,64%; Control: 11,26%) presentan falta de concentración por los dolores de cabeza. El porcentaje de personas que la sufren siempre (Expuesta: 1,32%; Control: 3,97%) o siempre (Expuesta:0%; Control: 0%) es insignificante.

Puntuación global

La puntuación máxima que puede obtenerse en el cuestionario es de 78 puntos, con una puntuación mínima de 36 puntos. Puntuaciones más altas indican una mayor incidencia de cefaleas, puntuaciones más bajas indican ausencia de cefaleas o presencia de cefaleas sin interferencia en la vida cotidiana del encuestado.

Tabla 4. Puntuaciones totales de la prueba, HIT6. Las puntuaciones se muestran para cada rango y cada una de las zonas estudiadas, expuestas (n = 49) y control (n = 102). Los porcentajes de aparición de puntuaciones específicas se muestran para la población total (n = 151).

Puntuación global	Expuesta	Control
Bajo o no impacto (< 50 puntos)	23 (15,23%)	59 (39,07%)
Posibles migrañas (> 50 puntos)	26 (17,22%)	43 (28,48%)
Impacto débil en la vida del paciente (50 – 55 puntos)	12 (7,95%)	16 (10,60%)
Impacto importante en la vida del paciente (56 – 60 puntos)	11 (7,28%)	17 (11,26%)
Migrañas severas (> 60 puntos)	3 (1,99%)	10 (6,62%)

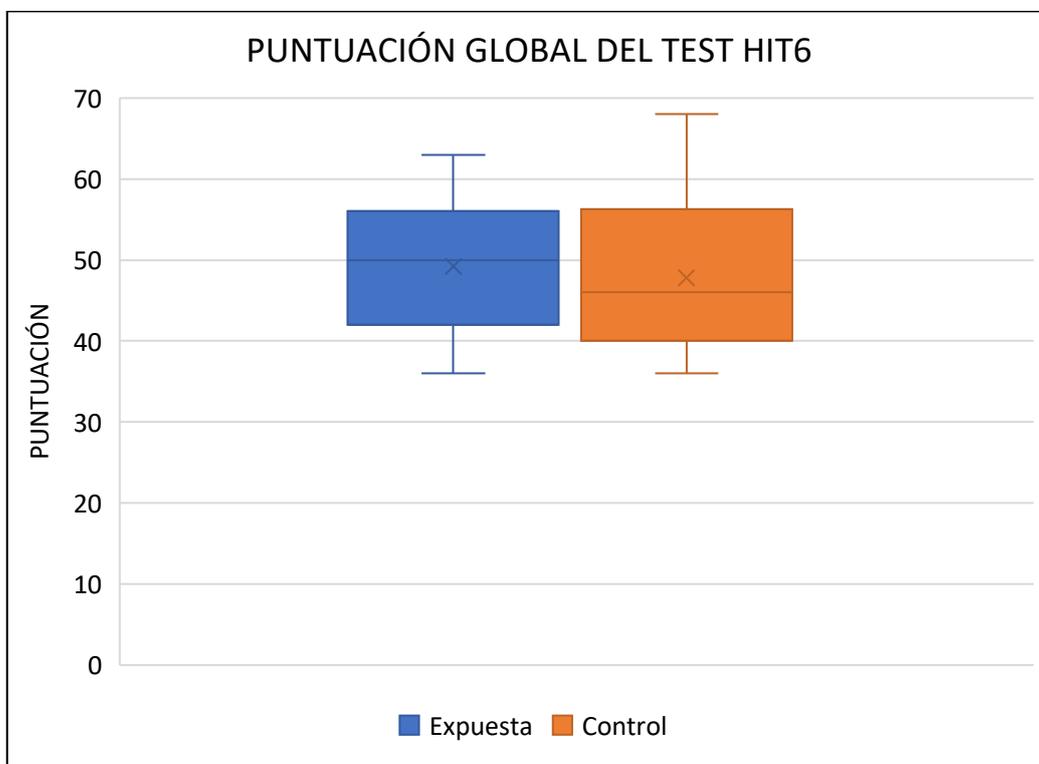


Figura 17. Diagrama de cajas y bigotes de la puntuación total de los cuestionarios HIT6. Los gráficos se presentan para el grupo expuesto y el grupo de control.

La distribución por grupos de las personas que obtienen menos de 50 puntos (Expuesta: 15,23%; Control: 39,07%) y las que obtienen más de 50 puntos (Expuesta: 17,22%; Control: 28,48%) son similares por grupos de población (Figura 17). La mayoría de la población que presenta posibles migrañas (puntuaciones > 50 puntos) obtiene distribuciones similares porcentuales entre las migrañas con un impacto débil en la vida de las personas (Expuesta: 7,95%; Control: 10,60%) y aquellas con un impacto importante en la vida de las personas (Expuesta: 7,28%; Control: 11,26%) (Tabla 4). La población con dolores de cabeza severos es mínima (Expuesta: 1,99%; Control: 6,62%).

8. Resultados descriptivos del cuestionario PSQI.

El cuestionario PSQI, se utiliza para la evaluación de la calidad del sueño. A través de una serie de preguntas, se obtiene una puntuación para los diferentes aspectos evaluados a través del cuestionario: calidad subjetiva del sueño, latencia del sueño, duración del sueño, eficiencia del sueño, alteraciones del sueño, uso de medicación para dormir y disfunción diurna. Una vez evaluados, se obtiene una puntuación final.

En esta sección, se resumirán las puntuaciones de los participantes para cada una de las áreas evaluadas y se mostrarán las estadísticas de las puntuaciones finales.

Componente 1: Calidad subjetiva del sueño

Esta sección evalúa la pregunta número 6 del cuestionario:

"Durante el último mes, ¿cómo calificaría la calidad de su sueño en general?"

Se ofrecen al encuestado cuatro respuestas en un rango de 0 a 3, siendo 0 muy buena y 3 muy mala (0 - Muy buena, 1 - Buena, 2 - Mala, 3 - Muy mala).

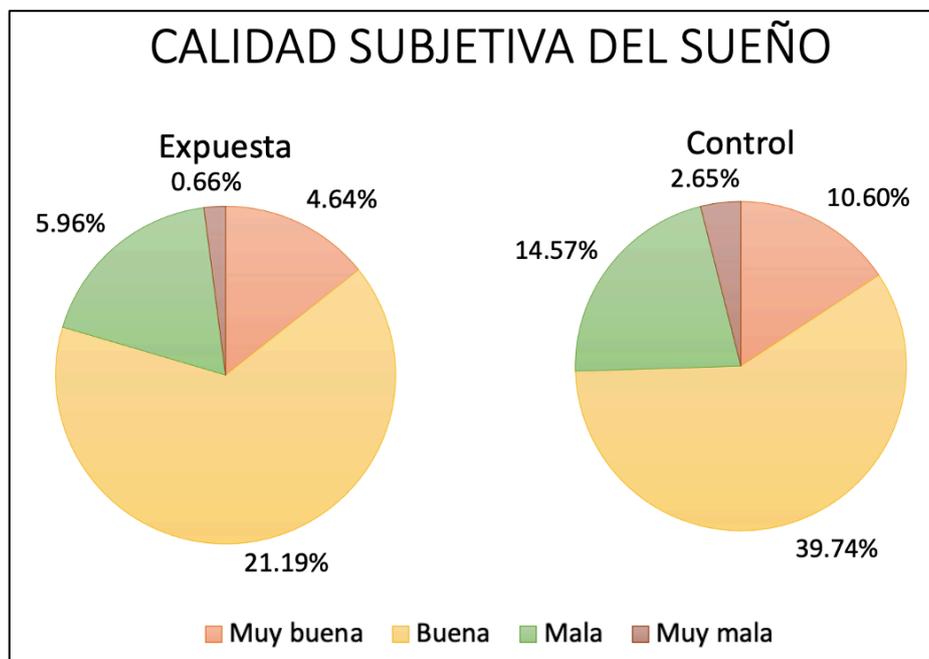


Figura 18. Gráfico de sectores que representa el componente 1 del test PSQI: Calidad subjetiva del sueño. Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49), y para el grupo de control (n = 102) sobre el total de la población encuestada (n = 151)

Como se muestra en la Figura 18, la mayoría de la población manifiesta que la calidad de su sueño es buena (Expuesta: 21,19%; Control: 39,74%). Las respuestas “muy buena” (Expuesta: 4,64%; Control: 10,60%) y “mala” (Expuesta: 5,96%; Control: 14,57%) obtienen similares porcentajes tanto en el grupo control como en el grupo expuesto. El porcentaje de población con una calidad de sueño muy mala es mínimo para ambos grupos de población (Expuesta: 0,66%; Control: 2,65%).

Componente 2: Latencia del sueño

La latencia del sueño se define como el tiempo que tarda una persona en dormirse después de apagar las luces de la habitación. Este componente se evalúa en la prueba mediante dos preguntas:

"Durante el último mes, ¿cuánto tiempo (en minutos) ha tardado habitualmente en dormirse cada noche?" (0: Menos o igual a 15 minutos; 1: 16 - 30 minutos; 2: 31 - 60 minutos; 3: Más de 60 minutos)

"Durante el último mes, ¿con qué frecuencia ha tenido problemas para dormir porque no puede conciliar el sueño en 30 minutos?" (0: No durante el último mes; 1: Menos de una vez a la semana; 2: Una o dos veces a la semana; 3: Tres o más veces a la semana)

Una vez contestadas estas preguntas, se suman las puntuaciones y se reescalan para obtener puntuaciones que van de 0 a 3, siendo 0 el tiempo mínimo y 3 el máximo.

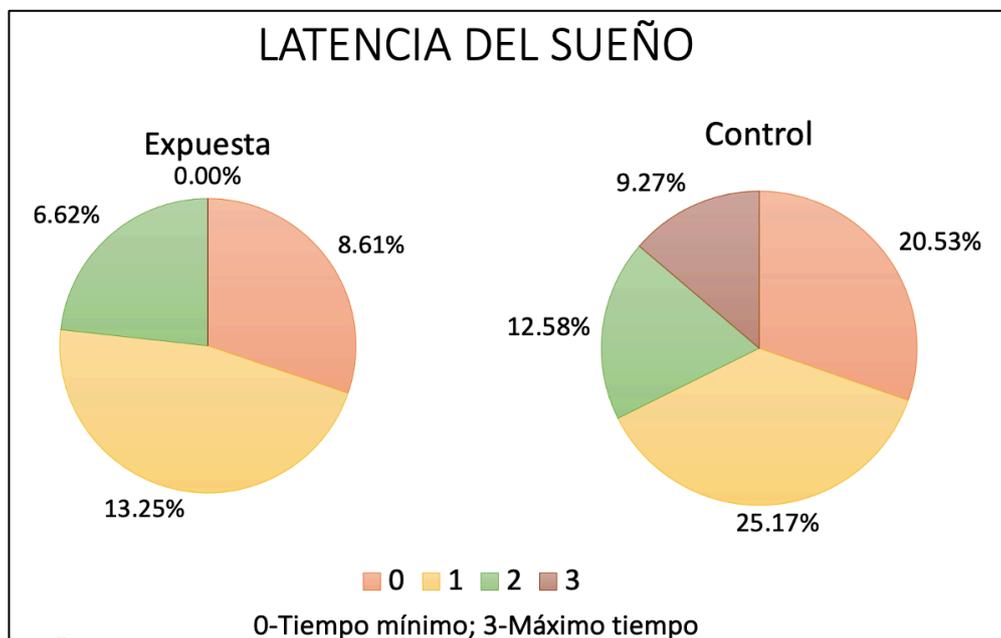


Figura 19. Gráfico de sectores que representa el componente 2 del test PSQI: latencia del sueño. Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49), y para el grupo de control (n = 102) sobre el total de la población encuestada (n = 151)

La mayoría de la población presenta una latencia del sueño nula (Expuesta: 8,61%; Control: 20,53%) o ligera (Expuesta: 13,25%; Control: 25,17%) (Figura 19). Se encuentran porcentajes menores cuando aumenta la latencia del sueño, siendo casi nulo con la máxima latencia (Expuesta: 0%; Control: 9,27%).

Componente 3: Duración del sueño

Este componente evalúa la duración del sueño de una persona a través de la respuesta a la pregunta 4 de la prueba:

"Durante el último mes, ¿cuántas horas durmió realmente por la noche?"

Esta pregunta requiere una respuesta concreta del número de horas que una persona considera que duerme al día. Una vez obtenido el número, se codifica en un rango específico de 0 - 3 (0: >7 horas; 1: 6 - 7 horas; 2: 5 - 6 horas; 3: <5 horas).

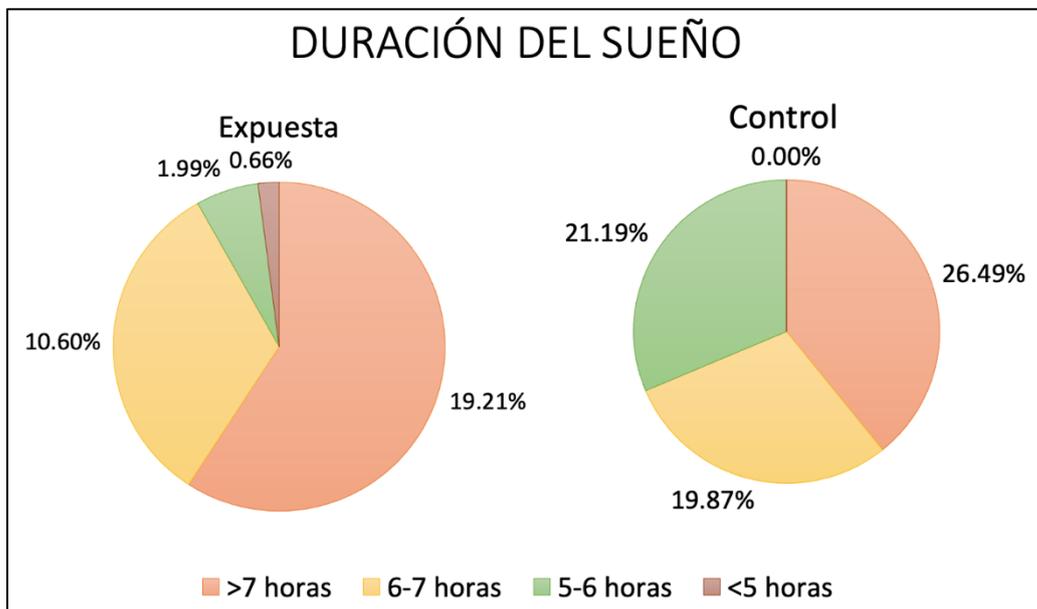


Figura 20. Gráfico de sectores que representa el componente 3 del test PSQI: duración del sueño. Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49), y para el grupo de control (n = 102) sobre el total de la población encuestada (n = 151)

La mayor parte de ambos grupos de población muestran los mayores porcentajes para las duraciones del sueño mayores a 7 horas (Expuesta: 19,21%; Control: 26,49%) y entre 6-7 horas (Expuesta: 10,60%; Control: 19,87%) (Figura 20). Además, un porcentaje importante de población en la zona control muestra un porcentaje alto en el rango 5-6 horas (Expuesta: 1,99%; Control: 21,19%). Un ínfimo porcentaje duerme menos de 5 horas (Expuesta: 0,66%; Control: 0%).

Componente 4: Eficiencia de sueño habitual

La eficiencia del sueño se define como (número de horas dormidas/Número de horas pasadas en la cama) x 100. Por lo tanto, para evaluar este componente es necesario recurrir a tres preguntas del cuestionario.

*"Durante el último mes...
¿cuántas horas durmió cada noche?
¿a qué hora solía levantarse por la mañana?
¿a qué hora solía acostarse?"*

Una vez evaluada la fórmula, se obtiene un porcentaje que se ajustará a un rango de 0 a 3, siendo 0 la mayor eficacia y 3 la menor eficacia (0: eficacia >85%; 1: eficacia 75 - 85%; 2: eficacia 65 - 74%; 3: eficacia <65%).

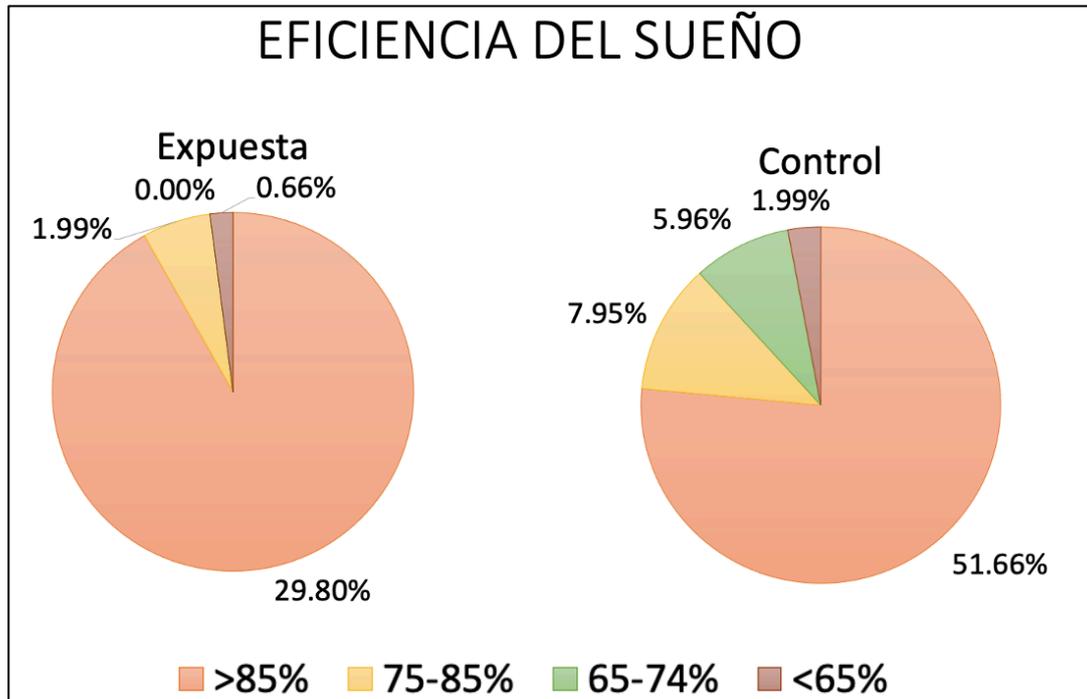


Figura 21. Gráfico de sectores que representa el componente 4 del test PSQI: eficiencia del sueño. Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49), y para el grupo de control (n = 102) sobre el total de la población encuestada (n = 151)

La mayor parte de la población muestra una eficiencia del sueño mayor al 85% (Expuesta: 29,80%; Control: 51,66%) (Figura 21). Los porcentajes son mínimos para el resto de las respuestas evaluadas. No se encuentran diferencias entre ambos grupos.

Componente 5: Perturbaciones del sueño

Las alteraciones del sueño se definen como factores que perturban el sueño de una persona. Se evalúan en la pregunta 5 de la prueba e incluyen factores como la necesidad de ir al baño, respiración interrumpida o dificultosa, tos o ronquidos, cambios de temperatura como frío y calor, pesadillas y dolores corporales. Se pide al encuestado que puntúe cada uno de los factores de 0 a 3, siendo 0 menos frecuente y 3 muy frecuente (0 - No en el último mes, 1 - Menos de una vez a la semana, 2 - Una o dos veces a la semana, 3 - Tres o más veces a la semana). Estas puntuaciones se suman hasta un máximo de 27 y un mínimo de 0, que aumenta con la dificultad para establecer un sueño profundo sin interrupciones. Una vez obtenida la puntuación global, se ajusta a un rango entre 0 y 3, siendo 0 el sueño sin interrupciones y 3 el sueño muy interrumpido.

La mayor parte de la población presenta perturbaciones leves durante el sueño (Expuesta: 24,50%; Control: 41,06%) (Figura 22). Un porcentaje importante de los encuestados presenta perturbaciones que afectan a su sueño (Expuesta: 6,62%; Control: 41,06%). Porcentajes casi inexistentes se encuentran para aquellos con nulas perturbaciones (Expuesta: 0,66%; Control: 1,99%) e importantes perturbaciones (Expuesta: 0,66%; Control: 1,99%).

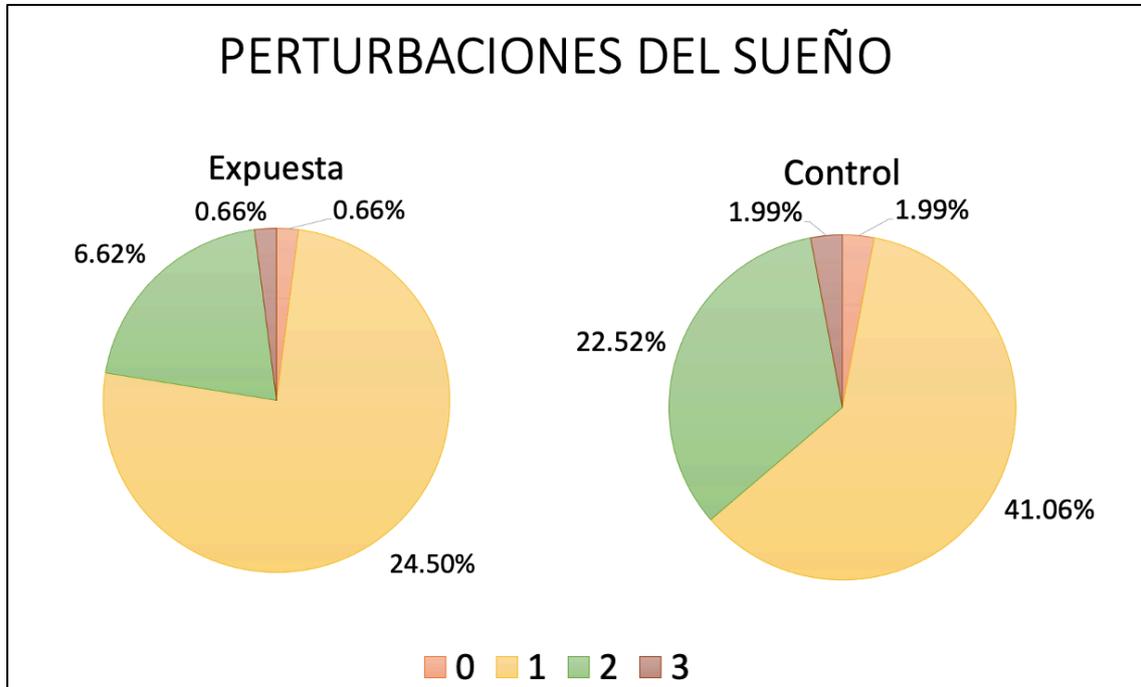


Figura 22. Gráfico de sectores que representa el componente 5 del test PSQI: perturbaciones del sueño. Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49), y para el grupo de control (n = 102) sobre el total de la población encuestada (n = 151)

Este componente evalúa la necesidad de la población de tomar fármacos para conciliar el sueño. Se evalúa en la pregunta 7 del cuestionario:

"Durante el último mes, ¿con qué frecuencia ha tomado medicamentos (con o sin receta) para conciliar el sueño?"

El encuestado responde a esta pregunta con cuatro posibles opciones en un rango de 0 a 3, siendo 0 nunca y aumentando a medida que aumenta la frecuencia de consumo (0 - No durante el último mes, 1 - Menos de una vez a la semana, 2 - Una o dos veces a la semana, 3 - Tres o más veces a la semana).

La mayor parte de la población no toma medicación en el último mes (Expuesta: 13,25%; Control: 43,71%) (). Un porcentaje similar de personas han tomado medicación menos de 1 vez a la semana (Expuesta: 9,27%; control: 10,60%), 1-2 veces a la semana (Expuesta: 4,64%; Control: 3,31%) o 3 o más veces a la semana (Expuesta: 5,30%; Control: 9,93%).

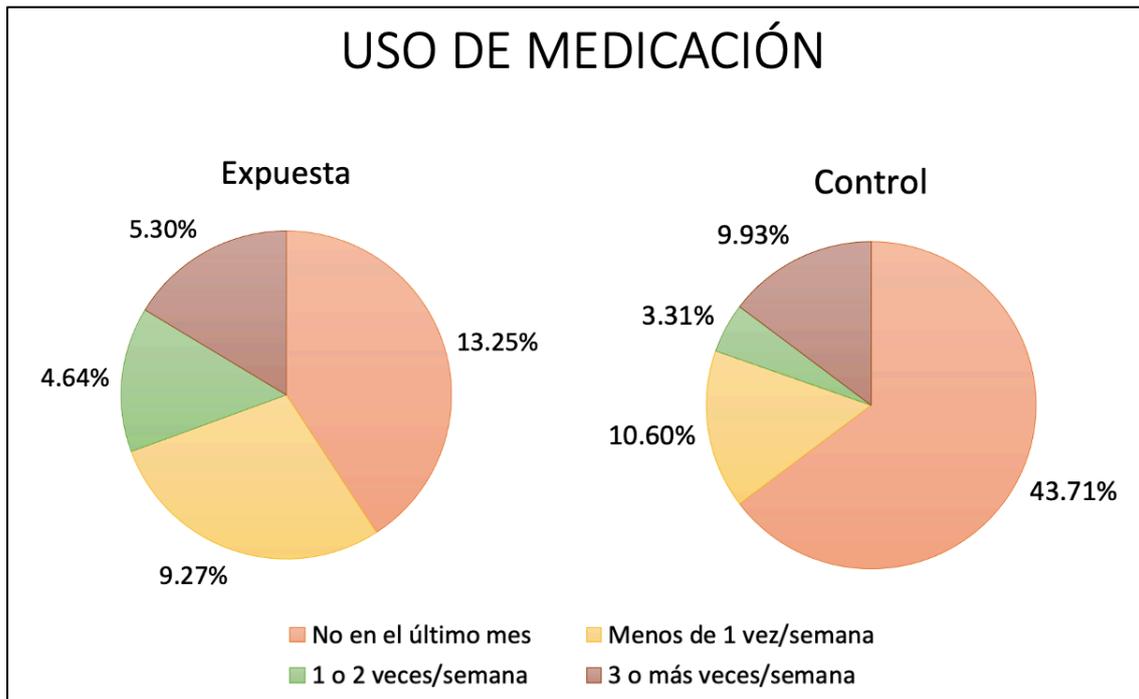


Figura 23. Gráfico de sectores que representa el componente 6 del test PSQI: uso de medicación. Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49), y para el grupo de control (n = 102) sobre el total de la población encuestada (n = 151)

Componente 7: disfunción diurna

Este componente evalúa factores como la somnolencia diurna excesiva y la fatiga diurna excesiva debida a un descanso incompleto. Para obtener la puntuación que evalúa la disfunción diurna en la población, se suman las puntuaciones de dos preguntas de la prueba:

"Durante el último mes,

¿con qué frecuencia ha tenido problemas para mantenerse despierto mientras conducía, comía o socializaba (0 - En absoluto en el último mes, 1 - Menos de una vez a la semana, 2 - Una o dos veces a la semana, 3 - Tres o más veces a la semana)?

¿cuántos problemas ha tenido para mantener el entusiasmo suficiente para hacer cosas (0 - Ningún problema, 1 - Problema leve, 2 - Problema moderado, 3 - Problema grave)?"

Una vez obtenidas las puntuaciones de cada una de las preguntas, se suman y se codifican en una puntuación con un rango de 0 - 3, siendo 0 ningún problema y 3 el mayor grado de somnolencia diurna.

La mayoría de la población encuestada no presenta ningún problema (Expuesta: 13,25%; Control: 23,18%) o presenta un problema leve (Expuesta: 13,91%; Control: 31,79%) de disfunción diurna (Figura 24). Es menor el porcentaje que se encuentra en la población para un problema moderado (Expuesta: 3,31%; Control: 11,26%). Un porcentaje insignificante de personas presenta un problema grave de disfunción diurna (Expuesta: 1,32%; control: 1,32%).

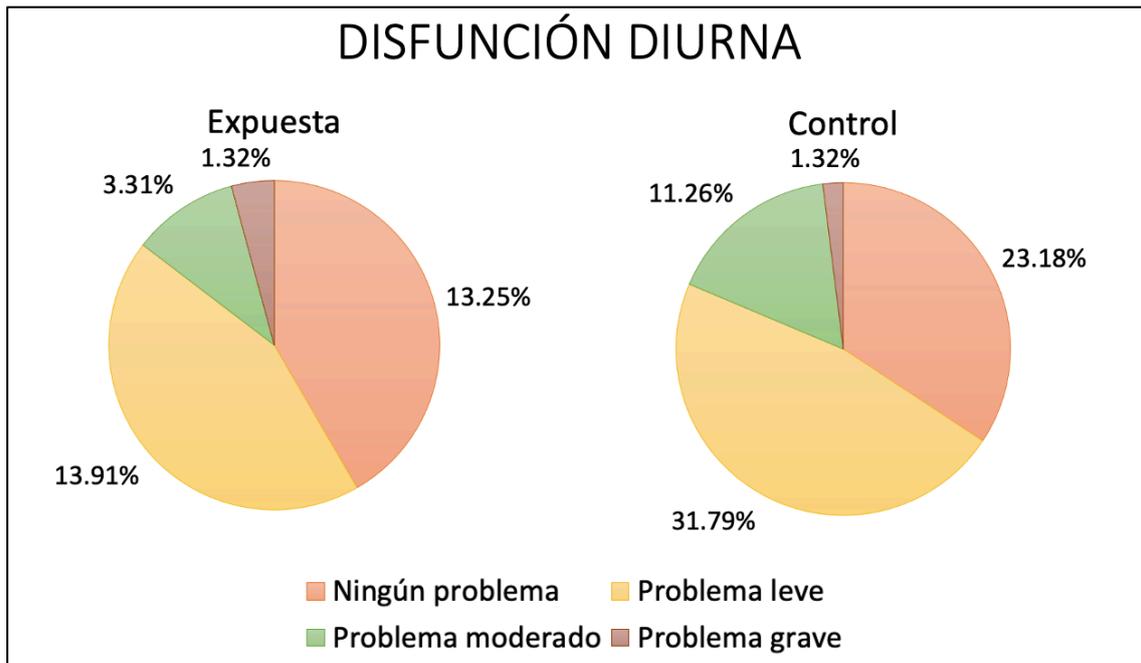


Figura 24. Gráfico de sectores que representa el componente 7 del test PSQI: disfunción diurna. Porcentaje de respuestas para el grupo expuesto (n = 49), y para el grupo de control (n = 102) sobre el total de la población encuestada (n = 151)

Resultados globales del test

Para obtener la puntuación global de la prueba, se suma la suma de todos los componentes anteriores, generando un valor numérico en el rango de 0 a 21, siendo 0 ningún problema de sueño y 21 un problema de sueño grave. A partir de una puntuación de 5, se puede considerar que la persona sufre problemas de sueño más leves o más graves, en función del aumento de la puntuación.

Tabla 5. Puntuaciones totales de la prueba PSQI. Las puntuaciones se muestran para cada rango y cada una de las zonas estudiadas, expuestas (n = 49) y control (n = 102). Los porcentajes de aparición de puntuaciones específicas se muestran para la población total (n = 151).

Puntuación global	Expuesta	Control
No impacto (< 5 puntos)	19 (12,58%)	42 (27,81%)
Problemas de sueño (> 5 puntos)	30 (19,87%)	60 (39,74%)
Problemas de sueño leves-moderados (5-13 puntos)	28 (18,54%)	56 (37,09%)
Problemas de sueño moderados-graves (14-21 puntos)	2 (1,32%)	4 (2,65%)

La mayoría de la población tiene problemas de sueño leves-moderados (Expuesta: 18,54%; Control: 37,09%) (Tabla 5). Un porcentaje pequeño de la población padece problemas moderados-graves (Expuesta: 1,32%; Control: 2,65%). Un porcentaje similar al hallado para el padecimiento de problemas de sueño no padece ningún tipo de problema (Expuesta: 12,58%; Control: 27,81%). Ambos grupos obtienen puntuaciones similares para el test (Figura 25).

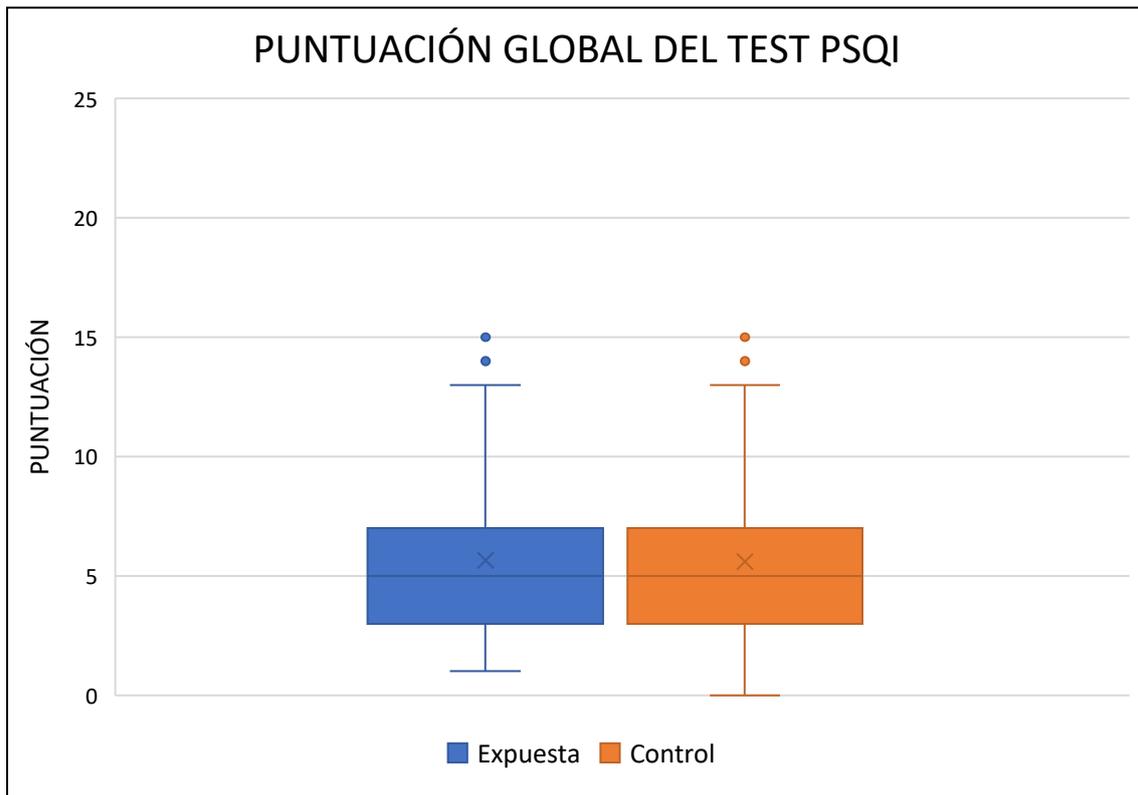


Figura 25. Gráfico de cajas y bigotes de la puntuación total de los cuestionarios PSQI. Los gráficos corresponden al grupo expuesto y al grupo de control.

9. Resultados estadísticos de significación.

El objetivo principal de esta sección es encontrar una correlación, si la hay, entre las medidas de densidad de potencia de radiación realizadas en el municipio con las respuestas a las preguntas de forma individual y con la puntuación total de cada uno de los cuestionarios. Se utiliza el modelo estadístico de regresión logística multinomial con un intervalo de confianza (IC) del 95%. Para ello, se han dividido, como ya se ha explicado anteriormente, la población en dos grupos, hogares expuestos a tasas mayores de $0,01\mu\text{W}/\text{cm}^2$ y hogares con tasas menores a $0,01\mu\text{W}/\text{cm}^2$.

En el análisis estadístico de los diferentes cuestionarios, los resultados se obtienen para cada uno de los dominios que contiene y para la puntuación total, tomando como hipótesis nula:

Hipótesis nula (H_0): No se encuentran diferencias significativas entre las puntuaciones de ambos grupos (expuesta, control) para las diferentes cuestiones evaluadas.

De esta forma si $p < 0,05$, se rechaza la hipótesis nula y se entiende que las diferencias entre ambos grupos sí son significativas. Si, por el contrario, $p > 0,05$ la hipótesis nula no puede ser rechazada y las diferencias entre grupos son inexistentes.

a. Resultados de significación estadística para el test SF12

Los resultados no establecen significación estadística para ninguno de los dominios ni para el resultado global del test (Tabla 6), lo que indica que no existen diferencias significativas entre los grupos, arrojando resultados similares, como ya se ha comprobado en la estadística descriptiva, si el grupo analizado es el expuesto o el control.

Tabla 6. Resultados estadísticos obtenidos mediante una regresión logística multinomial en el cuestionario SF12. Se presentan los valores OR, con un nivel de confianza del 95% y la significación a través del p-valor.

	OR	95%-CI	P – valor
Salud general	1,082	0,671 – 1,747	0,328
Función física	0,716	0,326 – 1,571	0,746
Rol físico	1,243	0,438 – 3,527	0,404
Rol emocional	0,824	0,434 – 1,564	0,683
Dolor corporal	0,875	0,553 – 1,383	0,554
Salud mental	0,883	0,607 – 1,283	0,567
Vitalidad	0,718	0,372 – 1,384	0,513
Función social	1,162	0,727 – 1,857	0,323
Puntuación GLOBAL	0,900	0,796 – 1,018	0,529

b. Resultados de significación estadística para el test HIT6.

Los resultados no establecen significación estadística para ninguno de los dominios ni para el resultado global del test (Tabla 7), lo que indica que no existen diferencias significativas entre los grupos, arrojando resultados similares, como ya se ha comprobado en la estadística descriptiva, si el grupo analizado es el expuesto o el control.

Tabla 7. Resultados estadísticos obtenidos mediante una regresión logística multinomial en el cuestionario HIT6. Se presentan los valores OR, con un nivel de confianza del 95% y la significación a través del p-valor.

	OR	95%-CI	P – valor
Intensidad de los dolores de cabeza	1,113	0,774 – 1,601	0,563
Limitación de las actividades diarias	1,308	0,901 – 1,900	0,158
Necesidad de acostarse	0,831	0,665 – 1,038	0,103
Fatiga	1,166	0,873 – 1,557	0,298
Irritabilidad	1,173	0,771 – 1,787	0,456
Concentración	0,699	0,456 – 1,072	0,100
Puntuación GLOBAL	1,018	0,979 – 1,058	0,380

c. Resultados de significación estadística para el test PSQI.

Los resultados no establecen significación estadística para ninguno de los dominios ni para el resultado global del test (Tabla 8), lo que indica que no existen diferencias significativas entre los grupos, arrojando resultados similares, como ya se ha comprobado en la estadística descriptiva, si el grupo analizado es el expuesto o el control.

Aunque la duración del sueño arroja un resultado significativo estadísticamente ($p = 0,046$) el Odds Ratio obtenido ($OR = 0,591$, $OR < 1$) indica que no puede establecerse una correlación estadística entre ambos grupos y, por tanto, una significación estadística.

Tabla 8. Resultados estadísticos obtenidos mediante una regresión logística multinomial en el cuestionario PSQI. Se presentan los valores OR, con un nivel de confianza del 95% y la significación a través del p-valor.

	OR	95%-CI	P – valor
Latencia del sueño	1,362	0,880 – 2,109	0,166
Duración del sueño	0,591	0,353 – 0,990	0,046
Eficiencia del sueño	0,589	0,263 – 1,316	0,197
Disturbios del sueño	0,712	0,332 – 1,526	0,383
Disfunción diurna	0,935	0,690 – 1,268	0,666
Puntuación GLOBAL	0,964	0,883 – 1,052	0,964

10. Presencia de enfermedades

La encuesta incluye una pregunta sobre la presencia de enfermedades:

"¿Sufre alguna enfermedad? ¿Cuál? ¿Cuándo se la detectaron?"

Las enfermedades se agrupan en cinco categorías:

- (i) Cáncer
- (ii) Enfermedades neurológicas
- (iii) Enfermedades cardiovasculares
- (iv) Depresión, ansiedad y otros trastornos psicológicos/psiquiátricos
- (v) Dermatológicos
- (vi) Otros

Como se observa en la Figura 26, en el grueso de la población evaluada, la presencia de enfermedades es escasa (15,89%). Los casos de cáncer (3,31%) y las enfermedades neurológicas (3,31%) son las áreas que reportan mayor número de casos, seguidas de las enfermedades cardiovasculares (2,65%) y los trastornos psicológicos y/o psiquiátricos (2,65%). Tan solo se encuentra un caso relacionado con las enfermedades dermatológicas (0,66%). Existe un 3,31% de personas que muestra otro tipo de patologías no relacionadas con las anteriores.

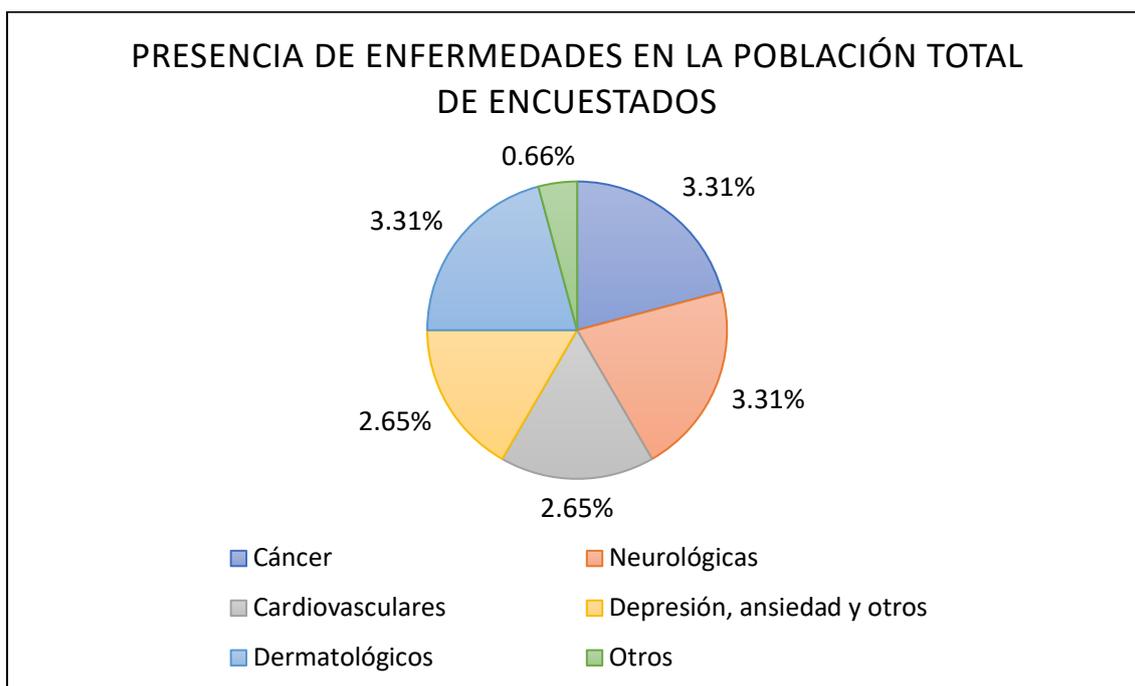


Figura 26. Gráfico de sectores de las patologías encontradas en la población total evaluada (n=151), dividida por tipología de enfermedad.

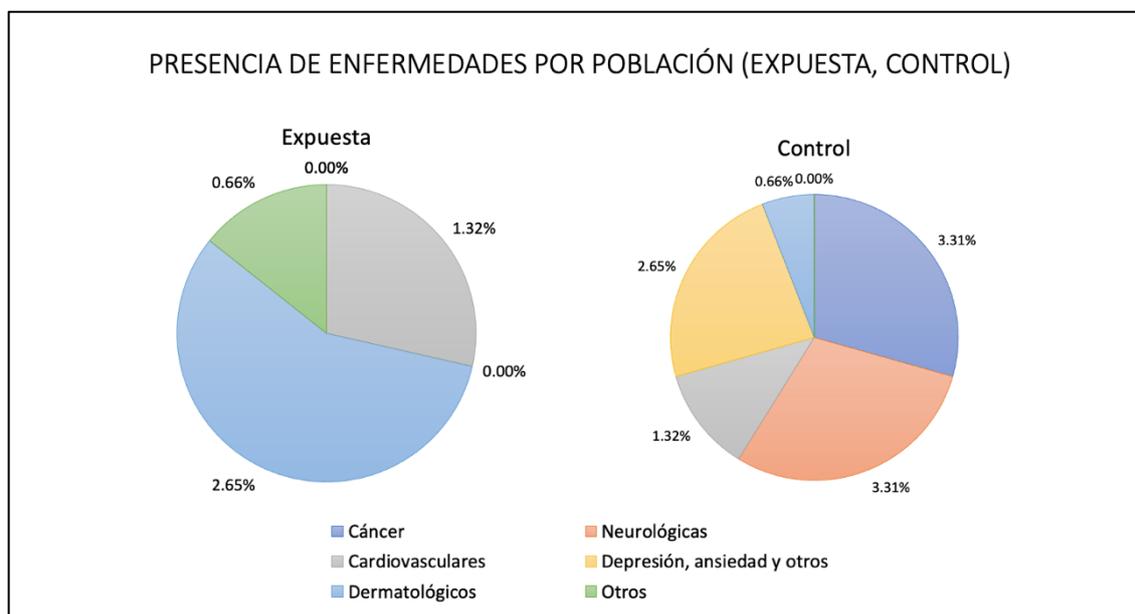


Figura 27. Gráfico de sectores de las patologías encontradas en la población expuesta (n=49) y control (n=102) dividida por tipología de enfermedad.

En la Figura 27, se realiza la división de la presencia de patologías por diferentes grupos de exposición, expuesta y control. El porcentaje de presencia de patologías es menor en el grupo expuesto frente al grupo control, debido previsiblemente a un mayor número de encuestados en este último grupo. Las diferencias no son significativas entre ambos grupos.

11. Conclusiones

- A) En España, los límites de radiación electromagnética se instauran en el Real Decreto RD 1066/2001 sobre "Condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas" [11]. El artículo 6 de este decreto establece que los límites de exposición a las emisiones radioeléctricas, así como los niveles de referencia se han acordado:

"... De acuerdo con la recomendación del Consejo de Ministros de Sanidad de la Unión Europea de 12 de julio de 1999, y para garantizar una adecuada protección de la salud de la población, los límites se fijan en 450 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ para una frecuencia de 900 MHz y 900 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ en frecuencias de 1800 MHz".

Ninguna de las medidas de densidad de potencia de radiación presentadas en la primera parte de este informe supera los límites establecidos por el RD 1066/2001.

El Parlamento Europeo recomienda reducir la tasa de exposición a un valor máximo de 0,1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ en las frecuencias de 900 MHz para distancias inferiores a 100 metros de la estación base [12]. Tampoco ninguna de las medidas presentadas en la primera parte de este informe supera el límite de 0,1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ recomendado por el Parlamento Europeo.

Por lo expuesto anteriormente, el límite de densidad de potencia de radiación elegido en la separación de ambos grupos se sitúa 10 veces por debajo de la Recomendación del Parlamento Europeo, estableciéndose en 0,01 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.

- B) El cuestionario de evaluación de la salud general SF12, muestra en términos generales un buen estado de salud de la población en general. Las puntuaciones globales entre ambos grupos se encuentran en torno a los 30 puntos, indicativo de buena salud. Las respuestas son nulas en el peor cuartil evaluado. No se reportan diferencias estadísticamente significativas entre grupos con diferentes exposiciones a campos electromagnéticos de radiofrecuencia (Expuesta, Control), lo que reporta que no pueden atribuirse diferencias entre grupos debido a la diferencia de exposiciones de radiofrecuencia.
- C) El cuestionario de evaluación del impacto de los dolores de la cabeza en la población (HIT6), muestra que, de forma general, no existe un impacto importante de los dolores de cabeza en la población general, las puntuaciones son menores a 50 puntos. Según la Sociedad Española Neurología (SEN), el 50% de personas han padecido una cefalea primaria en el último año, siendo el 4% pacientes con migrañas crónicas [13]. El 45,8% de la población de Morata de Tajuña refieren dolores de cabeza sin diferencias en la proporción de afectados entre ambos grupos, porcentaje que se corresponde con las estadísticas españolas de la SEN [13]. Las respuestas son ínfimas en el mayor impacto evaluado (>60 puntos). No se reportan diferencias estadísticamente significativas entre grupos con diferentes exposiciones a campos electromagnéticos de radiofrecuencia (Expuesta, Control), lo que reporta que no pueden atribuirse diferencias entre grupos debido a la diferencia de exposiciones de radiofrecuencia.

- D) El cuestionario de evaluación del de la calidad del sueño en la población (SPQI), muestra que, de forma general, existen problemas leves de sueño en la población, que contrastan con los datos de la población general española proporcionados por la SEN [14]. Según la SEN el 48% de la población española adulta no tiene un sueño de calidad, siendo alrededor de 12 millones de personas los que no descansan de forma adecuada y 4 millones aquellos que poseen un trastorno de sueño crónico [14]. Además, el 50% de los españoles tiene problemas para conciliar el sueño y el 32% no posee un sueño reparador [14]. Existe un porcentaje ínfimo de personas que refieren problemas moderados-graves de sueño sin diferencias en la proporción de afectados entre ambos grupos. No se reportan diferencias estadísticamente significativas entre grupos con diferentes exposiciones a campos electromagnéticos de radiofrecuencia (Expuesta, Control), lo que reporta que no pueden atribuirse diferencias entre grupos debido a la diferencia de exposiciones de radiofrecuencia.
- E) Según La Sociedad Española de Oncología médica en el Documento “Las cifras del cáncer en España 2023” la prevalencia del cáncer en España es del 4,82% [15]. En la población evaluada, se encuentra una prevalencia de tumores del 3,31%, un porcentaje menor que el de la población española. Además, según la sociedad Española de Neurología la prevalencia de enfermedades neurodegenerativas es de un 15% [16], siendo en la población estudiada de un 3,31%, muy inferior a los datos procedentes de la población española. Con estos datos, puede indicarse que la presencia de enfermedades no es importante en la población, siendo mínimos las diferencias por grupos de exposición y no pudiéndose atribuir por la tasa de exposición a la que están sujetos los dos grupos evaluados.
- F) La información contenida en esta memoria de salud muestra que no existe una correlación entre el estado de salud y la presencia de enfermedades de la población de Morata de Tajuña con el estado actual dosimétrico perfilado tras la toma de medidas reales de densidad de potencia de radiación.

El motivo central de este estudio es motivado por la instalación en el municipio de una torre soporte de un nuevo sistema de comunicaciones situado en una ubicación diferente y opuesta a las actuales antenas. Por lo que al no estar operativa aún esta nueva antena los niveles actuales de radiación corresponden a las medidas registradas sin tomar en cuenta esta nueva instalación, por lo que en el caso de instalarse habría que repetir estas mediciones con el objetivo de comparar los cambios.

Si se instalará, nuevos sistemas de comunicaciones de diferentes operadoras, con altos niveles de potencia instalada, muy próximos a la ubicación cercana a la Zona 1, tendría probablemente como consecuencia un aumento de radiación en las viviendas cercanas a la nueva antena, superando, al menos en esta zona, los valores obtenidos en esta medición.

No tenemos información técnica concerniente a la instalación de la nueva antena, por lo tanto, no podemos suponer estos incrementos en el nivel de radiación en la población de Morata de Tajuña, sin embargo, esto significaría un aumento en la radiación en el pueblo en general, ya que la Densidad de Potencia radiada es inversamente proporcional a la distancia, siendo las viviendas más cercanas, las más afectadas.

Otro de los motivos que justificarían esta nueva instalación sería que existiría unos niveles bajos de cobertura para alguna de las compañías que tienen concesiones aprobadas por la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones del Ministerio de Industria para las instalaciones que se ubican actualmente en el balcón de pilatos. Ya que desconocemos si existen nuevas concesiones para la nueva ubicación, ya que hasta el momento de realizar este informe no se han localizado nuevas concesiones.

Según los resultados de las medidas realizadas en ambiente interior y exterior en el pueblo de Morata de Tajuña, y el registro público de concesiones de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones e Infraestructuras Digitales del gobierno de España; todas las bandas de comunicación móvil (3G, 4G y 4G+) tienen suficiente cobertura para las operadoras de Orange, Telefónica y Vodafone concesiones que figuran en el BOE.

De ser necesario mejorar la cobertura para el pueblo de Morata de Tajuña, se propone aumentar ligeramente la potencia de las antenas ubicadas en el balcón de Pilatos y/o reorientar las antenas, estas medidas son suficientes para mantener la calidad de las comunicaciones en este municipio, por lo que no parece necesario la instalación de un nuevo centro de transmisiones situado en un lugar más próximo al municipio y a muy corta distancia de las viviendas.

12. Referencias

- [1] E. A. Navarro, J. Segura, M. Portolés, and C. Gómez-Perretta, "The Microwave Syndrome: A Preliminary Study in Spain," *Electromagn. Biol. Med.*, vol. 22, no. 2–3, pp. 161–169, 2003, doi: 10.1081/JBC-120024625.
- [2] Vera-Villarroel P, Silva J, Celis-Atenas K, Pavez P. Evaluación del cuestionario SF-12: Verificación de la utilidad de la escala salud mental. *Rev Med Chil.* 2014 Oct 1;142(10):1275–83.
- [3] O. Monteagudo Piqueras and L. A. Hernando Arizaleta Joaquín Palomar Rodríguez, "Normas poblacionales de referencia de la versión española del SF-12V2 para la Región de Murcia Population based norms of the Spanish version of the SF-12V2 for Murcia (Spain)," *Gac. Sanit.*, vol. 25, no. 1, pp. 50–61, 2010, doi: 10.1016/j.gaceta.2010.09.001
- [4] R. T. Molina, "La Calidad de Vida, su importancia y cómo medirla," *Barranquilla (Col.)*, vol. 21, pp. 76–86, 2005.
- [5] A. J. L. PRIETO, and J. ANTO, "Versión española del Cuestionario de Salud SF-12 adaptada por J. Alonso y cols.," *Medicina Clínica*, 1995.
- [6] QualityMetric, GlaxoSmithKline, Medical Outcomes Trust, and J. Ware, Jr., "HIT-6™ Headache Impact Test," pp. 1–2, 2001, [Online]. Available: www.headachetest.com.
- [7] R. D. Hays, L. S. Morales, and S. P. Reise, "Item Response Theory and health outcomes measurement in the 21st century," *Med. Care*, vol. 38, no. 9 SUPPL. 2, 2000, doi: 10.1097/00005650-200009002-00007.
- [8] M. Kosinski *et al.*, "A six-item short-form survey for measuring headache impact: The HIT-6™," *Qual. Life Res.*, vol. 12, no. 8, pp. 963–974, Dec. 2003, doi: 10.1023/A:1026119331193.
- [9] K. D. Buysse, DJ, Reynolds CF, Monk TH, Berman SR, "Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)," *Psychiatry Res.*, vol. 28, pp. 193–213, 1989.
- [10] P. C. García, F. Rosa, and H. Miranda, "Calidad del sueño según el Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) en una muestra de pacientes recibiendo cuidados paliativos.," vol. 20, no. 2, pp. 44–48, 2016.
- [11] Ministerio de la Presidencia. (2001). BOE-A-2001-18256. Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas. 1–16.
- [12] Salzburg Resolution on Mobile Telecommunication Base Stations. International Conference on Cell Tower Siting Linking Science & Public Health. (2000). Available in: https://web.archive.org/web/20050320064948/http://www.salzburg.gv.at/themen/gs/ge_sundheit/umweltmedizin/elektrosmog/celltower.htm#ank-salzbuerger
- [13] Sociedad Española de Neurología. (2021). 19 de abril: Día Nacional de la Cefalea. Casi 2 millones de españoles experimentan dolor de cabeza más de 15 días al mes. Available in: <https://www.sen.es/saladeprensa/pdf/Link336.pdf>
- [14] Sociedad Española de Neurología. (2023). 17 de marzo: Día Mundial del Sueño. Un 45% de la población padecerá en algún momento algún trastorno del sueño grave Available in: <https://www.sen.es/saladeprensa/pdf/Link332.pdf>
- [15] Sociedad Española de Oncología Médica. (2023). Las cifras del cáncer en España. ISBN: 978-84-09-48173-6.
- [16] Sociedad Española de Neurología. (2022). 21 de julio: Día Mundial del cerebro. Una de cada tres personas, en el mundo, parece algún tipo de trastorno neurológico. Available in: <https://www.sen.es/saladeprensa/pdf/Link381.pdf>

