



Metodología de medición de radiación no ionizante para analizador de espectros R&S FSH20

Version 2.0

Daniel Mateo Muñoz Rueda
May 14, 2024

Contents

1	Introducción	2
2	Glosario	2
3	Implementos de medición	3
4	Medición en Banda ancha	6
5	Medición en banda angosta	9
6	procedimiento de medición	16
7	Formalización del informe de medición	21

1 Introducción

En el presente manual se expondrá una metodología de medición de radiación no ionizante, basado en la Resolución 774 de 2018 de la Agencia Nacional del Espectro (ANE), "en el cual se adoptan los límites de exposición de las personas a los campos electromagnéticos, se reglamentan las condiciones que deben reunir las estaciones radioeléctricas para cumplirlos y se dictan disposiciones relacionadas con el despliegue de antenas de radiocomunicaciones". [Agencia Nacional del Espectro (ANE), 2018]

El enfoque de esta metodología se soporta en el analizador de espectros R&S®FSH20 del fabricante Rohde & Schwarz cuyo span de medición se encuentra entre los 90 kHz a 20 GHz, permitiendo la medición de la radiación no ionizante en bandas de telecomunicaciones. Se utilizaron antenas isotrópicas R&S®TSEMF-B1 que cuenta con una frecuencia de operación entre 30 MHz - 3 GHz y la R&S®TSEMF-B2 cuya frecuencia de operación es 700 MHz - 6 GHz. Para generar los reportes de medición se utilizó el software Instrument View del fabricante.

2 Glosario

- I Límites máximos de exposición: Es el umbral pico como medida de seguridad ante la radiación no ionizante propuesto por la resolución 774 de 2018
- II Nivel de decisión: se encuentra en el 50% del límite de exposición e indica la necesidad de un estudio en banda angosta.
- III Zona poblacional: Espacio al que la población puede acceder libremente sin restricciones ni permisos.
- IV Zona ocupacional: Lugar en el que se encuentra una concentración mayor de radiación no ionizante y es accesible únicamente por personal autorizado.
- V Intensidad de campo eléctrico: fuerza que afecta a una partícula cargada por cada unidad de carga cuando se encuentra inmersa en un campo eléctrico, siendo esta medida expresada en voltios por metro (V/m) o en dBV/m si se utiliza una escala logarítmica.
- VI Analizador de espectros FSH20: La normativa vigente establece unas características mínimas para los equipos de medición para banda ancha

y angosta. Se eligió este analizador de espectros pues cumple con todas las propiedades estipuladas dentro del reglamento.

VII Antena isotrópica: Antena omnidireccional para medición de campo electromagnético. En este proyecto se utilizan las antenas TSEMF-B1 y TSEMF-B2, las cuales miden en un rango de frecuencias entre 30MHz - 3GHz y 700MHz - 6GHz respectivamente.

Si se tiene alguna duda sobre cualquier término descrito en el documento consultar la resolución 774 de 2018. [Agencia Nacional del Espectro (ANE), 2018]

3 Implementos de medición

Para realizar una campaña de medición se deberán utilizar los siguientes equipos:

Analizador de espectros R&S®FSH20 del fabricante Rohde & Schwarz:



Figure 1: Analizador de espectros R&S®FSH20.

Además, se requiere contar con antenas que sean compatibles con el equipo y capaces de operar en un espectro de frecuencias de telecomunicaciones comerciales. La primera de ellas presentada en la Figura 2 a

continuación es la R&S TSEMF B1, la cual tiene un rango de frecuencias entre 30MHz a 3GHz, lo que permite medir correctamente desde las frecuencias de radio FM.



Figure 2: Antena isotrópica R&S TSEMF B1.

La segunda antena es la R&S TSEMF B2, que cuenta con un rango entre 700MHz y 6GHz teniendo una capacidad de medición en las bandas de telefonía móvil. Esta antena representada en la Figura 3 es la que se utilizará en las campañas de medición dentro del campus universitario.



Figure 3: Antena isotrópica R&S TSEMF B2.

Por otro lado, tenemos los implementos secundarios que permiten realizar

esta medición de forma correcta. Estos son:

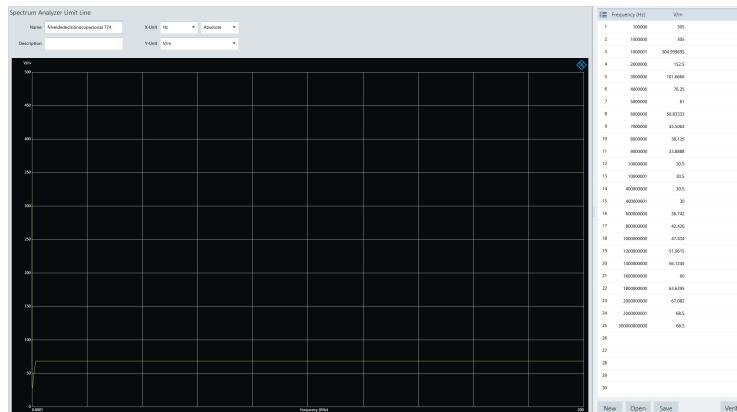
- I Trípode a 1.5m de altura para colocar la antena receptora.
- II Equipo de cómputo con el software Instrument View instalado para configurar y recolectar los resultados de medición.
- III GPS (referencia) conectado al analizador de espectros para georeferenciar el punto de medición.

En la Figura 4 se presentan todos los elementos previamente mencionados para llevar a cabo una campaña de medición adecuada.



Figure 4: Equipo completo para una campaña de medición.

Por último, si el equipo de cómputo no cuenta con una batería capaz de soportar la duración de la campaña se realizan las recomendaciones de cargar el programa al analizador y realizar todas las mediciones guardando los resultados en la memoria del mismo. Adicionalmente, para realizar una



Measurement Mode	Quick Scan
Measurement Name	Quick Scan
Measurement Type	Spectrum
	Channel Power

Figure 8: Modo de medición Quick Scan.

Center Frequencies

	Frequency	Description
22	2130 MHz	---
23	2230 MHz	---
24	2330 MHz	---
25	2430 MHz	---
26	2530 MHz	---
27	2630 MHz	---
28	2730 MHz	---
29	2830 MHz	---
30	2930 MHz	---
+	100 MHz	---

Generate Frequencies

Start Frequency: MHz
 Stop Frequency: GHz

Step Width: MHz

Generate Channel Numbers

Figure 9: Rango de frecuencias para medición en banda ancha.

Una vez seleccionado el rango de frecuencias se procede a introducir la antena isotrópica en la pestaña "Equipment" como se muestra en la Figura 14.

Una vez configurado el tipo de medida, se formula un set haciendo click en la opción "EMF Set" que aparece justo debajo de "EMF Config". En la parte superior de esta sección se encuentra la configuración que establecimos previamente (si esta no aparece puede buscarla seleccionando el símbolo de la carpeta en el extremo superior derecho), la cual se bajará hasta la zona inferior con el botón "Down" o haciendo doble click en la configuración.

Para este set no es necesario modificar tiempo, pues se realiza de forma automática. Sin embargo, es preciso adjuntar los límites que en este caso son los niveles de decisión y el límite inferior del quick scan como se muestra en la Figura 10:

Limit Lines

Limit Line 1

Select Nivel de Decisió Poblacional 774

Limit Line 2

Select Niveldedecisióocupacional 774

Quick Scan

Limit Line

Select Quick Scan Limit

Evaluation Threshold (below limit line) 0 dB

Figure 10: Asignación de límites para el set en banda ancha.

Una vez configurado, se procede a insertar el programa dentro del analizador de espectros y realizar las mediciones correspondientes descritas en próximas secciones.

5 Medición en banda angosta

Una vez realizada la medida en banda ancha, si el resultado supera el nivel de decisión se procede a realizar el análisis de banda angosta. Esta medición parte desde las frecuencias que emitan mayor potencia, es decir, los picos que arrojen las mayores aportaciones al nivel de decisión.

Luego de observar los picos de frecuencia, se configura una toma de medidas en el software Instrument View incluyendo todos los picos encontrados. Dentro de la pestaña "Preparation" del programa se elige la opción "EMF Config" (Vease la Figura 11) eligiendo FSH en la selección de instrumento. En esta pestaña se podrá observar lo siguiente (Figura 12):

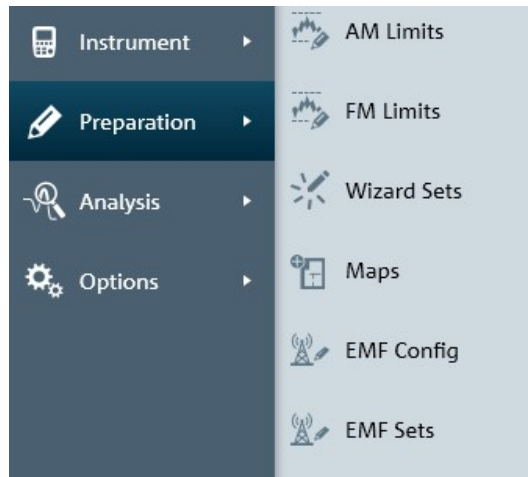


Figure 11: Pestaña Preparation del software Instrument View.

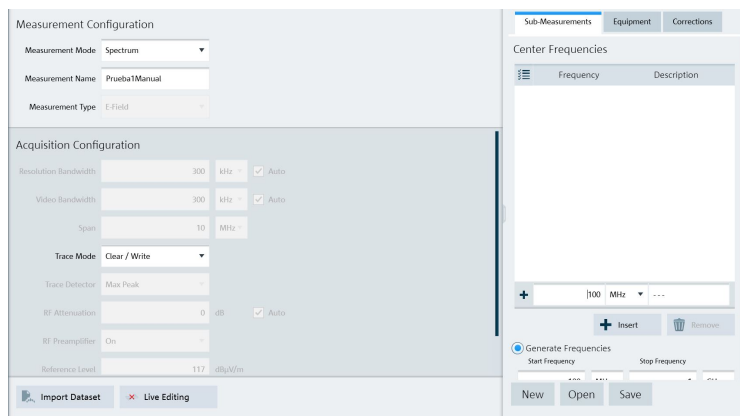


Figure 12: Configuración para medición de frecuencias.

Se procede a la pestaña "Equipment" para seleccionar la antena que se utilizará (Figura 13), al pulsar "select" se nos abrirá una carpeta con todas las opciones de antena. Para seleccionar una antena isotrópica se debe cambiar el formato de archivo de transductores primarios a transductores isotrópicos. Lo anterior se muestra en la Figura 14.

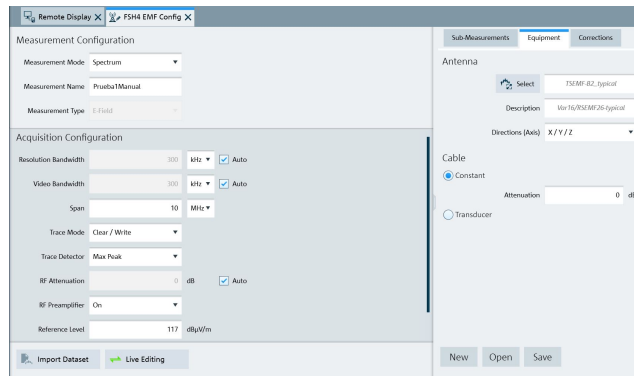


Figure 13: Configuración para medición de frecuencias con "Live Editing" activado.

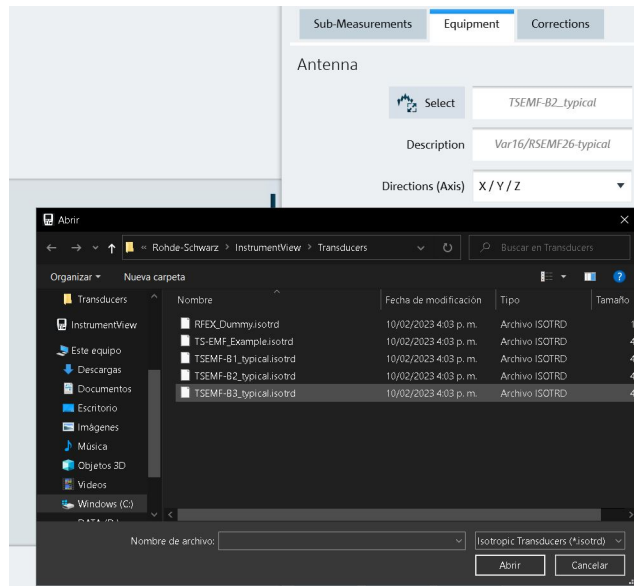


Figure 14: Selección de la antena isotrópica.

Luego de seleccionar la antena se procede a insertar las frecuencias indicadas por los marcadores en la configuración previa, en este caso serán las siguientes:

Sub-Measurements			Equipment	Corrections
Center Frequencies				
	Frequency	Description		
1	843 MHz	---		
2	1,74 GHz	---		
3	1,877 GHz	---		
4	2,416 GHz	---		
5	3,585 GHz	---		
6	5,284 GHz	---		
<input type="text" value="5,294 GHz"/>				
		<input type="button" value="+ Insert"/>	<input type="button" value="Remove"/>	

Figure 15: Picos de frecuencia seleccionados.

Con las frecuencias establecidas y la antena determinada se guarda la configuración y se abre la pestaña "EMF Sets" que se encuentra justo debajo de "EMF Config" como se puede ver en la Figura 11. En la parte superior de esta sección se encuentra la configuración que establecimos previamente (si esta no aparece puede buscarla seleccionando el símbolo de la carpeta en el extremo superior derecho), la cual se bajará hasta la zona inferior con el botón "Down" o haciendo doble click en la configuración.

Measurement Library					
D:\Trabajo de grado\Manual\Prueba1Manual\Config					
Name	Date	Time			
Prueba1Manual.emcf	31/08/2023	5:12 p. m.			
<input type="button" value="+ Add"/> <input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Up"/> <input type="button" value="Down"/> <input type="button" value="Remove"/>					
Measurement Set					
Measurement	Cycle	Time [h:mm:ss]	Count	Instruction	Next Step
1 Prueba1Manual	Time	00:06:00	1	No	Auto

Figure 16: Pestaña EMF Sets.

Una vez abajo, podremos modificar el tiempo de medición por cada frecuencia. Además, se podrán establecer los límites que se desean medir en la opción Limits.

Los límites que se encuentran en el software son de la normativa internacional, sin embargo, se utilizarán las normativas colombianas, por lo que es necesario establecer estos límites. La herramienta Instrument View tiene una opción para esto pulsando la opción "Limit lines" dentro del ítem preparation. Aquí se puede establecer a mano los límites de exposición según la normativa vigente [Agencia Nacional del Espectro (ANE), 2018] como se podrá ver en la siguiente Figura 17:

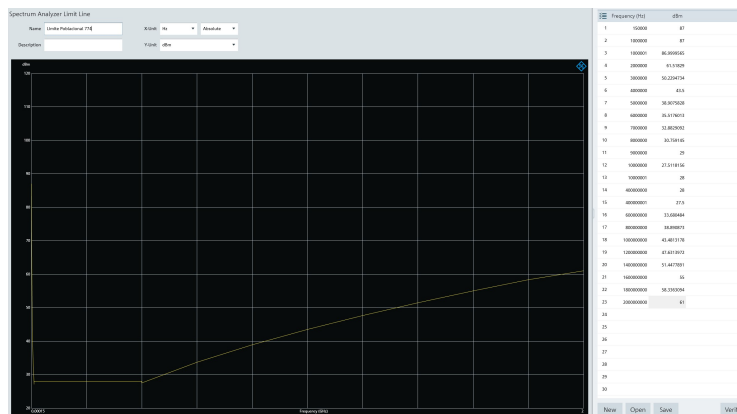


Figure 17: Configuración del límite poblacional según la resolución 774 de 2018.

Luego de establecer y guardar estos límites, se puede acceder a ellos dentro del set seleccionándolos en los espacios determinados como "Limit lines" como se puede ver en la Figura 18.

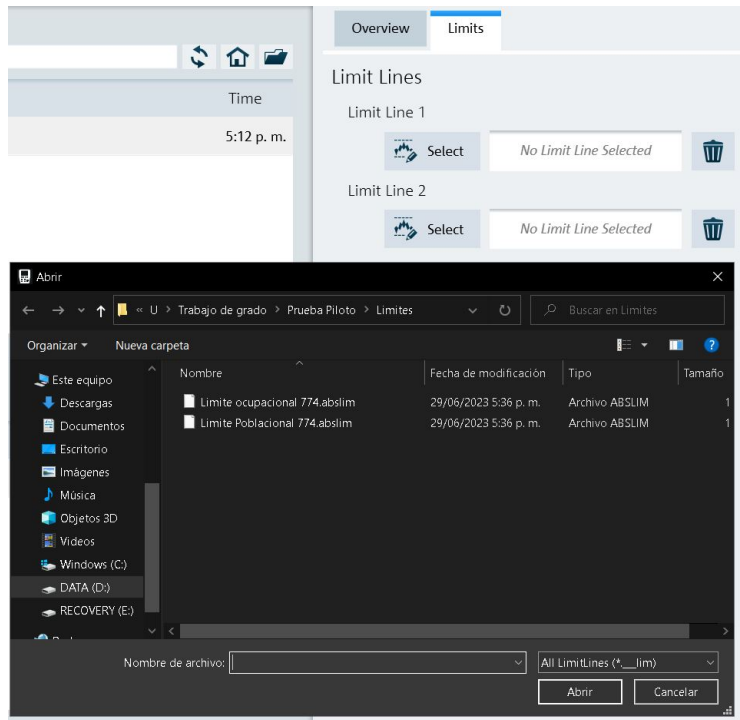


Figure 18: Selección de límites establecidos.

Una vez colocados en dichos espacios aparecerán de la siguiente forma:



Figure 19: Límites utilizados en la medición.

Al guardar el set, este se quedará en la memoria del equipo de cómputo, por lo que se deberá realizar un traslado del archivo a través de la opción "File Transfer" desde las opciones del instrumento en Instrument View como se verá en la Figura 20.

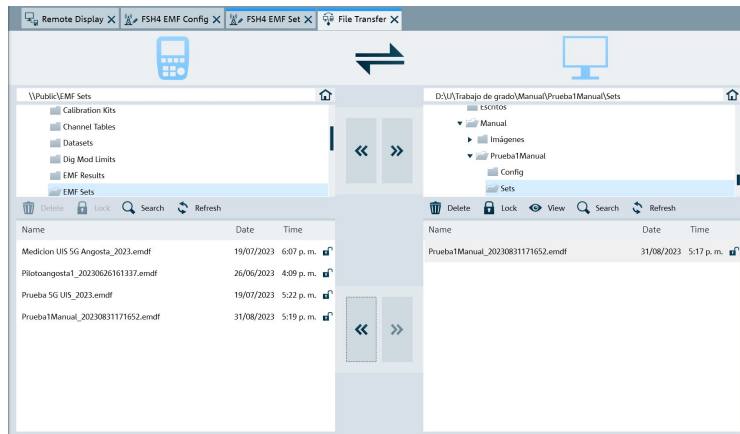


Figure 20: Transferencia del set al analizador de espectros.

Una vez completado este paso el analizador ya tendrá el set en su memoria, para activarlo se tiene que acceder al menú de usuario (Figura 21) y seleccionar EMF, el cual desplegará un menú en pantalla completa. Pulsando "Load Meas Set" se accederá a todos los sets que se tengan en memoria, y se inicia la medición una vez se accione la opción "Start Meas Set" (Figura 22).

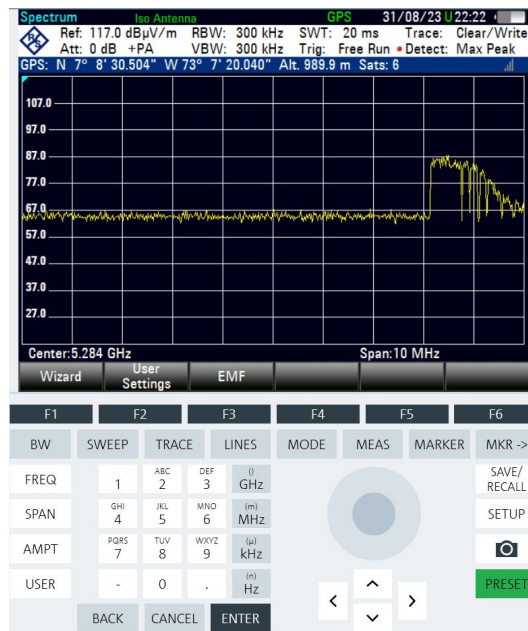


Figure 21: Menú de usuario.

EMF				
Measurement Definition		Prueba1Manual		
Description				
User				
Name				
Site				
Site Name		porteria-27		
Comments				
GPS Position GPS: N 7° 8' 30.702" W 73° 7' 19.770" Alt. 988.7 m				
Measurements	Duration	Instruction	Next Step	
Prueba1Manual	00:36 h	No	Auto	
Load Meas Set		Start Meas Set		Exit EMF

Figure 22: Activar el set de medición seleccionado.

6 procedimiento de medición

Para realizar una campaña de medición es necesario tener en cuenta los parámetros esenciales que dictamina la normativa colombiana sobre un buen escenario de comprobación. En primer lugar, se deben obtener por lo menos veinte (20) puntos de medición alrededor de la antena emisora colocando mínimo cinco (5) de ellos en la dirección del acimut del sistema radiante para verificar todo el área de irradiación de la antena. Se debe verificar así mismo que la antena receptora esté a una altura de uno punto cinco metros (1.5m) de altura sobre el nivel del suelo y tener una distancia mínima de dos metros (2m) de espacio libre alrededor [Agencia Nacional del Espectro (ANE), 2018]. Si el punto de medición establecido se encuentra sobre un edificio, se procederá a realizar la medición a uno punto cinco metros (1.5m) de altura sobre el nivel del edificio.

Por cada punto es necesario tomar una foto del lugar exacto en donde se encuentre el equipo de medición como se muestra en la Figura 23 y posteriormente cargar la medición en banda ancha descrita anteriormente. Una vez termine la primera medición en cada punto, si se determina que la suma de las señales recibidas es superior al nivel de desición se procede a insertar las frecuencias que evidencien las mayores aportaciones en la configuración

del software. Una vez se tenga el set, se transfiere al analizador y se carga en este realizando una segunda medición por cada punto.



Figure 23: Adquisición de datos en el analizador.

Para finalizar, en cada una de las mediciones se guarda el informe generado por el set y se migran a una carpeta dentro del equipo de cómputo para ser procesados. Los informes de cada punto de medición se pueden visualizar abriendo el archivo del resultado pulsando en la opción "Open" del menú principal de Instrument View (Figura 24)

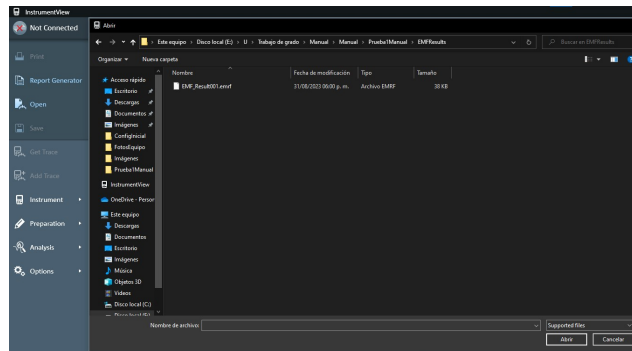


Figure 24: Buscador de resultados de medición.

Este resultado se puede exportar a PDF como se podrá ver a continuación y se divide en dos partes. La primera es una suma del aporte en ganancia de todas las frecuencias seleccionadas como se evidencia en la Figura 25 teniendo como resultado una medición en banda ancha.

Start Date	1/09/2023	Start Time	8:14 p. m.
Stop Date	1/09/2023	Stop Time	8:50 p. m.
Duration	00.00:36:11	GPS Latitude	7° 8' 30,738" N
		GPS Longitude	73° 7' 19,494" W

PruebaConGenerador

RMS



Result Summary

Total Field Strength	Total Exposure Limit 1	Total Exposure Limit 2
123.73 mV/m	0,20 %	0,09 %

Limit Line Results

Limite Poblacional 774 (Upper)	PASS
Limite ocupacional 774 (Upper)	PASS

Result Details

Measurement	Field Strength	ER 1 %	ER 2 %	Peak Value
PruebaConGenerador	123.73 mV/m	0,20	0,09	83.52 mV/m

Figure 25: Segunda página del reporte generado.

El resto del informe indicará el aporte individual para cada frecuencia, es decir, un aporte en banda angosta lo que permite obtener un informe más detallado y así mismo realizar las dos fases que indica la reglamentación colombiana. [Agencia Nacional del Espectro (ANE), 2018]

Antenna Anisotropy 0 dB Instrument Uncertainty 0 dB

Result Details

Frequency	Field Strength	Limit 1 (V/m)	Limit 2 (V/m)	ER 1 %	ER 2 %	Cycles
2,0000 GHz	31,36 mV/m	61,00	134,16	0,05	0,02	1315
2,2000 GHz	62,32 mV/m	61,00	137,00	0,10	0,05	1328
2,4000 GHz	83,52 mV/m	61,00	137,00	0,14	0,06	1314
2,6000 GHz	28,68 mV/m	61,00	137,00	0,05	0,02	1313
2,8000 GHz	44,90 mV/m	61,00	137,00	0,07	0,03	1311
3,0000 GHz	25,07 mV/m	61,00	137,00	0,04	0,02	1319

Figure 27: Cuarta página del reporte generado.

7 Formalización del informe de medición

Para complementar el procedimiento de medición, es necesario generar un informe técnico que contenga el resultado del mismo, incluyendo un diagrama con la ubicación de los puntos de medición y las antenas radiantes. Además de esto, se deben adjuntar al documento mínimo 5 fotografías de los puntos de medición, además de otra fotografía con el punto de mayor exposición a campos electromagnéticos. Se recomienda hacer un croquis con el nivel de todos los puntos dentro del diagrama de ubicación para obtener

una referencia visual esclarecedora.

Por otra parte, para dejar una constancia de la medición, es recomendable adjuntar una tabla con los valores medidos, las características de los instrumentos de medición y la fecha y hora en la cual se realizó la campaña.

References

[Agencia Nacional del Espectro (ANE), 2018] Agencia Nacional del Espectro (ANE) (2018). Resolución 774 de 2018. https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion_ane_0774_2018.htm. Published: 2018-09-29.