

**UNIVERSIDAD TÉCNICA PRIVADA COSMOS
“UNITEPC”**

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE SONIDO



**ESTUDIO DEL ESPECTRO DE RADIO FRECUENCIA DEL TEATRO
AL AIRE LIBRE JAIME LAREDO UBICADO EN EL DISTRITO 1 DE
LA PAZ BOLIVIA PARA PRODUCCIONES DE ESPECTÁCULOS EN
VIVO**

Proyecto de Grado presentado para optar al título de: Ingeniero de Sonido

POSTULANTE: LEYA ANGHELEN SORAIDE BAUTISTA

TUTOR: ING. ALEJANDRO PERALTA ALMAGUER

Cochabamba – Bolivia

2021

DEDICATORIA

A toda la comunidad de ingenieros y técnicos de sonido enfocados en RF que lleguen a trabajar en el Teatro Al Aire Libre Jaime Laredo.

AGRADECIMIENTO

A mi familia

A mi tutor:

Ing. Alejandro Peralta Almaguer

A mis colaboradores:

A los especialistas de RF que me ayudaron en el proceso de la elaboración de mi proyecto de grado.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
CAPÍTULO I.....	4
PRESENTACIÓN DE LA TEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1. Justificación	6
1.2. Planteamiento del problema.....	8
1.3. Objetivos.....	9
1.3.1. Objetivo general	9
1.3.2. Objetivos específicos.....	9
1.4. Delimitaciones del estudio.....	10
1.4.1 Delimitación espacial o geográfica.....	10
1.4.2 Delimitación temporal	10
CAPÍTULO II.....	11
MARCO TEÓRICO	11
2.1. Electromagnetismo	14
2.2. Espectro electromagnético.....	15
2.3. Radio frecuencia.....	15
2.4. Antecedentes del estudio del electromagnetismo.....	16
2.4.1. Isaac Newton	16

2.4.2. Cristiaan Huygens	17
2.4.3. Michael Faraday	18
2.4.4. James Clerk Maxwell	19
2.5. Antecedentes de la comunicación inalámbrica.....	21
2.5.1. Guillermo Marconi	21
2.5.2. Aleksandr Stepánovich Popov.....	21
2.6. Historia de los micrófonos inalámbricos	22
2.7. Comparaciones de normas legales del uso del espectro electromagnético para una producción de espectáculo en vivo.....	23
2.7.1. Dispositivos de Radiocomunicación de Corto Alcance (DRCA).....	24
2.7.2. Estados Unidos: <i>Federal Communications Commission</i>	26
2.7.3. México: <i>Instituto Federal de Telecomunicaciones</i>	29
2.7.4. Brasil: <i>Agencia Nacional de Telecomunicaciones</i>	31
2.7.5. Bolivia: <i>Autoridad de Regulación y Fiscalización de Telecomunicaciones y Transporte</i>	32
2.7.6. Análisis de la experiencia comparada: características de Regulación de los DRCA	34
2.8. Conceptualización de las áreas y sub áreas de la ingeniería de sonido	36
2.8.1. Evento.....	36
2.8.2. Organización de eventos.....	36
2.8.3. Organizador de eventos.....	36

2.8.4. Producción técnica.....	36
2.8.5. Productor técnico.....	37
2.8.6. Sistema de refuerzo sonoro.....	37
2.8.7. Control FOH.	38
2.8.9. Sistema de monitoreo.	40
2.8.10. Mesa de monitoreo	42
2.8.11. Rack de monitores.	42
2.8.12. Monitores.....	43
2.8.13. Cuñas o monitores para músicos.	44
2.8.14. Sidefill o monitores laterales.....	45
2.8.15. Drumfill o monitores para la batería.....	46
2.8.16. Monitor de oído o in-ears.	47
2.8.17. Telecomunicación.....	48
2.8.18. Ingeniería de radiofrecuencia	48
2.8.19. Ingeniero o técnico de radio frecuencia: para un espectáculo en vivo	48
2.9 Conceptualización de fundamentos de radio frecuencia en una producción de espectáculos en vivo	50
2.9.1. Las Ondas de Radio.....	50
2.9.2. Bandas de Frecuencia.	53
2.9.3. Los sistemas de microfónica inalámbrica.....	53

2.9.4. Sistemas electrónicos de comunicación.	55
2.9.5. Modulación.	56
2.9.6. Transmisión de radio frecuencia.....	58
2.9.7. Receptor de radio frecuencia.	60
2.9.8. Tipos de interferencia.	62
2.9.9. Antenas	67
2.9.10. Analizador de Espectro de RF	75
2.9.11. Rf Explorer	76
2.9.12. AXT600 Gestor de espectro Axient	76
2.9.13. Clear Waves.....	77
2.9.14. Wireless Workbench 6.....	78
2.10. Protocolo.....	79
CAPÍTULO III	80
DISEÑO METODOLÓGICO	80
3.1. Campo de investigación	80
3.2. Enfoque de investigación.....	82
3.3. Tipo de investigación	82
3.4. Método de investigación.....	83
3.5. Técnicas de investigación a utilizar.....	83
3.6. Fuentes de información	84

3.7. Instrumentos de medición aplicados	84
3.8 Diseño Muestral.....	85
3.9. Procedimiento.....	87
3.10. Materiales	90
CAPÍTULO IV	91
ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	91
4.1. Análisis e interpretación de resultados de las encuestas.....	92
4.2. Resultados de las entrevistas	101
4.3. Resultados de la observación.....	124
4.3.1. Escaneo por rangos.....	124
4.3.2. Escaneo con AXT 600.....	128
4.3.3. Escaneo con RF Explore.....	133
4.4. Análisis comparativo Axt600- RF Explorer.....	136
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	139
Conclusiones.....	139
Recomendaciones	143
BIBLIOGRAFÍA	145
ANEXOS	148

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sir Isaac Newton dejando pasar un rayo de sol a través de un prisma de cristal y proyectando los colores del arcoíris sobre una pantalla	17
Figura 2. Mapa Mundial UIT	24
Figura 3. Control Foh - Linkin Park.....	39
Figura 4. Sistema P.A. – Marca Das Audio	40
Figura 5. Sistema de monitoreo.....	41
Figura 6. Mesa de monitores – Consola S5000 Dlive Tom Howat.....	42
Figura 7. Monitores de piso.....	44
Figura 8. Sidefill.....	45
Figura 9. Drumfill.....	46
Figura 10. In Ears monitor.....	47
Figura 11. Diagrama de bloques simplificado de un sistema electrónico de comunicación	55
Figura 12. Tipos de transmisores de izquierda a derecha: micrófono de mano inalámbrico, Bodypack, plug-on	59
Figura 13. Tipos de receptores	61
Figura 14. Antena de $\frac{1}{4}$ de longitud de onda.....	68
Figura 15. Antena de $\frac{1}{2}$ de longitud de onda.....	69
Figura 16. Antena omnidireccional	70
Figura 17. Antena Log periodic antenna	72
Figura 18. Antena helicoidal	73
Figura 19. RF Spotlight	75
Figura 20. RF Explorer.....	76
Figura 21. AXT600 Gestor de espectro Axient.....	77
Figura 22. Clear waves	78
Figura 23. Wireless Workbench 6 software	79
Figura 24. Procedimiento del escaneo de radio frecuencia con ATX 600-Shure.....	88
Figura 25. Procedimiento del escaneo de radio frecuencia con RF Explore	89

ÍNDICE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentaje de marcas de sistemas inalámbricos que utilizan en un espectáculo en vivo	93
Gráfico 2. Porcentaje de cuantos sistemas inalámbricos utiliza en un espectáculo en vivo	94
Gráfico 3. Instrumentos de análisis de radio frecuencia que utilizan los técnicos de sonidos ..	95
Gráfico 4. Años de experiencia que tienen trabajando en espectáculo en vivo.....	96
Gráfico 5. Áreas en las que trabajan los ingenieros o técnicos de sonido	97
Gráfico 6. Porcentaje de rango de frecuencias que escanean	98
Gráfico 7. Porcentaje de problemas de radio frecuencia que los técnicos de sonido enfrentan en un espectáculo en vivo.....	99
Gráfico 8. Resultados con AXT600 (entre 470 Mhz a 518 Mhz)	124
Gráfico 9. Resultados con AXT600 (entre 518 Mhz a 566 Mhz)	126
Gráfico 10. Resultados con AXT600 (entre 566 MHz a 608 MHz)	127
Gráfico 11. Escaneo general del Teatro Jaime Laredo con AXT600	128
Gráfico 12. Escaneo con RF Explore desde la frecuencia 470 a 608 MHz.....	133
Gráfico 13. Software de análisis de ambos sistemas (AXT600- RF Explorer) en programa Wireless Workbench 6.....	136

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Marcas de sistemas inalámbricos que son utilizados en espectáculo en vivo	105
Cuadro 2. Cantidad de sistemas inalámbricos que se utiliza en un espectáculo en vivo.....	106
Cuadro 3. Instrumentos de análisis de Radio Frecuencia utilizados	108
Cuadro 4. Funciones que realiza en un show en vivo	110
Cuadro 5. Rangos de frecuencia para la realización del escaneo previo	112
Cuadro 6. Problemas de radio frecuencia que se tuvo en un espectáculo en vivo	114
Cuadro 7. Desempeño de un ingeniero o técnico de radio frecuencia en un espectáculo en vivo	117
Cuadro 8. Herramientas de preferencia AXT600 vs RF Explorer	122
Cuadro 9. Cuadro explicativo de frecuencias con AXT 600	130
Cuadro 10. Cuadro explicativo de frecuencias con RF Explorer	135
Cuadro 11. Cuadro explicativo de frecuencias con AXT 600 y RF Explorer	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Atribución de bandas de frecuencias	33
Tabla 2. Tipos de Regulación de los DRCA y sus características.....	35
Tabla 3. Lista de bandas de Radio ITU	53
Tabla 4. Porcentajes de personas que utiliza sistemas inalámbricos	92
Tabla 5. Porcentaje de personas que tuvieron algún problema de interferencia al utilizar sistemas inalámbricos	94
Tabla 6. Porcentaje de conocimiento del desempeño que realiza un ingeniero o técnico de radio frecuencia en un espectáculo en vivo	98
Tabla 7. Respuestas sobre el desempeño que realiza un ingeniero o técnico de radio frecuencia en un espectáculo en vivo.....	100
Tabla 8. Escaneo de radio frecuencia del Teatro al Aire Libre Jaime Laredo, con AXT 600 (representado en Excel)	130
Tabla 9. Escaneo de radio frecuencia del Teatro al Aire Libre Jaime Laredo, con RF Explorer (representado en Excel)	134
Tabla 10. Comparación de Escaneo de radio frecuencia del Teatro al Aire Libre Jaime Laredo con AXT 600 y RF Explorer (representado en Excel)	137

ÍNDICE DE MAPAS CONCEPTUALES

Mapa Conceptual 1. Estructura del marco teórico parte 1	12
Mapa Conceptual 2. Estructura del marco teórico parte 2	13
Mapa Conceptual 3. Desenvolvimiento del ingeniero o técnico de RF (radiofrecuencia).....	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Encuesta	149
Anexo 2 . Propuesta de protocolo para los técnicos o ingenieros de sonido especializados en radio frecuencia, para producciones de espectáculos en vivo para el Teatro al Aire libre “Jaime Laredo”	151
Anexo 3. Reasignación de canales en la ciudad de La Paz	162
Anexo 4. Fotografía.....	163

RESUMEN

El manejo del espectro de Radio Frecuencias, es un problema recurrente en el medio local, así también a la hora de la realización de un espectáculo en vivo, debido a que en el país no existe un estudio profundo que muestre y regule el correcto manejo se vio la necesidad de la realización de uno.

Se propone hacer un estudio del espectro de Radio Frecuencias, con el fin de realizar un manejo adecuado, así se puedan evitar interferencias en sistemas de comunicación inalámbrica en la realización de un espectáculo en vivo y el evento se realice sin percances.

Mediante la realización de encuestas y entrevistas a profesionales del área y con vasta experiencia, se recopiló información valiosa el cual aportó bastante al presente proyecto de investigación. Seguidamente se realizaron mediciones del espectro de Radio Frecuencia en el Teatro al aire libre Jaime Laredo, haciendo uso de instrumentos de medición dedicados a las mediciones de las ondas electromagnéticas (RF Explore y AXT600 Shure), nos mostraron la realidad y el estado en que se encuentra el recinto mencionado.

En cumpliendo a los objetivos planteados, se pudo evidenciar los rangos de Radio Frecuencia disponibles para el total desarrollo de un espectáculo en vivo, de esa manera el ingeniero y técnico especializados en el área tendrán información valiosa y así podrán realizar un mejor manejo y distribución del espectro de frecuencias, todo con el propósito del total desenvolvimiento de un evento.

INTRODUCCIÓN

La realización de producciones de espectáculos en vivo que se realizan en Bolivia (teatros, estadios, plazas, centros de convenciones y todo tipo de recintos) frecuentemente presentan problemas de interferencias en los sistemas de transmisión inalámbrica (micrófonos inalámbricos, sistemas de monitoreo inalámbrico, pantallas y luces) generando problemas de intromisiones en el espectro de radio frecuencia.

El teatro al Aire Libre Jaime Laredo, de la ciudad de La Paz, es un lugar donde frecuentemente se desarrollan eventos, conciertos, espectáculos en vivo, etc. El lugar mencionado anteriormente presenta problemas de interferencia en el espectro de radio frecuencia a la hora de un espectáculo, es importante destacar que *no se cuenta con un estudio* que muestre el espectro de frecuencias libres y ocupadas.

En el presente Proyecto de Grado, se propone realizar el *estudio del espectro de radio frecuencia del teatro al aire libre Jaime Laredo, ubicado en el distrito 1 de La Paz Bolivia, para producciones de espectáculos en vivo*, con el propósito de evitar interferencias en los sistemas de transmisión inalámbricos. Para evitar problemas con los sistemas inalámbricos, fue necesario recopilar información teórica concerniente al tema, se entrevistó a ingenieros expertos en sistemas inalámbricos en un espectáculo en vivo y su conocimiento sobre el software que se utiliza para realizar el escaneo de RF (Radio Frecuencia). El escaneo fue registrado con el RF Explore y AXT600 Shure (herramientas para el estudio del espectro de radio frecuencia).

El presente proyecto fue realizado en la segunda gestión del 2020, en su estructura se desarrolló los siguientes capítulos:

El capítulo uno, presenta consideraciones generales, donde se describe el problema de investigación, objetivos, justificación y delimitaciones del estudio.

El en capítulo dos, el Marco teórico, incorpora diversas teorías generales y específicas, sobre el espectro de radio frecuencia, el software o programa para identificar las frecuencias libres y ocupadas.

El capítulo tres, el Diseño metodológico, como se desarrolló el enfoque de investigación, aplicando entrevistas y encuestas a expertos, de manera virtual; se acudió a fuentes secundarias como libros, textos y artículos científicos.

En el capítulo cuatro, la Presentación de hallazgos, análisis e interpretación, se presenta el desarrollo del proyecto, presentándose los objetivos más importantes, que resultados se obtuvieron de las encuestas y entrevistas sobre el estudio de radio frecuencia para el Teatro al aire libre Jaime Laredo, se propone una guía de operaciones para espectáculos en vivo con una descripción técnica de asuntos esenciales para un buen desempeño de los sistemas inalámbricos.

Por último, se puntualiza las Conclusiones y Recomendaciones a los que se llegó con el presente proyecto de investigación.

CAPÍTULO I

PRESENTACIÓN DE LA TEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

En el ámbito internacional el evento más renombrado es el espectáculo del Super Bowl, en este existe una producción altamente rigurosa para el performance que se realiza a medio tiempo, esto incluye una pre producción para luces, video, audio y la coordinación de radiofrecuencia, para este último tienen un técnico especializado en el área, según la entrevista de *Pro Sound Network en 2018, Professional Wireless Systems (PWS)* y *ATK Audiotek* meses antes del espectáculo analizaron las bases para manejar las tareas de radiofrecuencia para el juego. *Gary Tendra* técnico principal de radio frecuencia para PWS dijo: “Durante la primera visita al sitio, hacemos un escaneo de frecuencia para obtener una imagen clara del entorno local de radiofrecuencia, y consultaré con el equipo de audio y video del estadio para ver qué canales están utilizando para los sistemas inalámbricos internos.”

En Latinoamérica los shows más destacados están en Brasil y México, festivales como el Tecate Pal Norte, Vive Latino, Cosquín Rock México, Carnaval de Rio de Janeiro, Juegos Olímpicos y Paralímpicos Rio 2016 son populares.

En Brasil la empresa de telecomunicaciones Anatel es responsable por la administración y por la manutención del plan de atribución, destino y distribución de radiofrecuencias. La autorización de uso temporal de radiofrecuencias es de competencia exclusiva de la empresa. Las reglas y condiciones son establecidas por la Resolución N° 635/2014.

En México el 2018 se publica un manual llamado “*Dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance: recomendaciones para su regulación en México*”. Por lo que en ambos países existes reglamentaciones de audio una más severa que la otra, pero estas son utilizadas por algunos técnicos especializados en radiofrecuencia combinando empíricamente conocimientos básicos sobre ello, de ahí la falta de un protocolo exclusivo para un espectáculo en vivo y como resultado son los cortes de señal, ruido e interferencia en los sistemas inalámbricos.

A diferencia de otros países, donde si existen estudios y normativas sobre el uso del espectro de Radio Frecuencias, en Bolivia no existe un estudio profundo para el correcto manejo de la Radio Frecuencia.

1.1. Justificación

La elección de este tema, se originó debido a la problemática que existe respecto a la intromisión de frecuencias del espectro de radio frecuencia en una producción de espectáculo en vivo.

Las empresas de telefonía, Wifi, intercomunicadores, radio y tv tienen un rango de frecuencia que son similares a los sistemas de micrófonos inalámbricos y sistemas de monitoreo inalámbrico (in ears), eso llega a generar problemas de ruido a la hora de montar un sistema inalámbrico.

Por otro lado, al no existir un estudio de radio frecuencia respecto a las producciones de espectáculo en vivo en Bolivia, se realizaron análisis (mediante un estudio) donde se permitió visualizar anticipadamente el espectro electromagnético congestionado del lugar, como también frecuencias libres para poder utilizar de manera segura en los sistemas de micrófonos inalámbricos, sistemas de monitoreo personal inalámbrico e intercomunicación inalámbrica; algunas frecuencias se encuentran ocupados por las emisoras de radio, televisión analógica y televisión digital.

Este tema está enfocado en estudios, investigaciones y mediciones en el teatro al aire libre Jaime Laredo en la ciudad de La Paz, debido a que este recinto es muy utilizado en conciertos en vivo, se puede encontrar transmisiones en diferentes frecuencias y que cada año el número de las mismas aumenta considerablemente, sin tener en cuenta el problema que ocasiona a técnicos y personal encargado de radiofrecuencia de un espectáculo en vivo. Por lo tanto, es necesario aportar con la investigación, información previa mediante un escaneo, para un futuro se puedan tomar previsiones necesarias de posibles problemas de interferencia.

La contribución social según el entorno boliviano, colabora con el conocimiento de ingenieros de sonido, técnicos de radiofrecuencia y producción técnica de artistas locales e internacionales, que tienen la necesidad de tener un archivo de escaneo previo a un show (espectáculo de variedades, en especial el que centra su interés en un artista) para poder evitar problemas con los diferentes ruidos de señal o cortes del mismo, como también incompatibilidad de frecuencias de equipos inalámbricos, es por eso que se vio la necesidad de tener un archivo de respaldo presentando un escaneo del espectro de RF (radiofrecuencia) para así, poder posicionar en frecuencias libres los sistemas inalámbricos que comúnmente se utilizan en un espectáculo en vivo.

1.2.Planteamiento del problema

En Bolivia, las producciones de espectáculos en vivo que se realizan de manera general en el país y en recintos específicos como el Teatro Al Aire Libre Jaime Laredo, presentan deficiencia en cuanto a un adecuado análisis en temas específicos como la radiofrecuencia. En la actualidad los problemas principales que se presenta es que el espectro de radiofrecuencia se encuentra congestionado y las producciones para espectáculos en vivo exigen cada vez, más canales libres para utilizar sistemas de micrófonos inalámbricos, monitoreo personal inalámbrico e intercomunicación inalámbrica, pero en el cual trabajan estos el espectro electromagnético está ocupado por estaciones de radio, televisión análoga y televisión digital. Al respecto se formula la siguiente pregunta:

¿De qué manera podemos realizar el estudio del espectro de radiofrecuencia del teatro al Aire Libre Jaime Laredo ubicado en el distrito 1 de La Paz Bolivia para producciones de espectáculos en vivo?

1.3. Objetivos

Tomando en cuenta que los objetivos hacen referencia a metas a ser alcanzadas en la investigación; como puntos de referencia que guían y orientan la misma y cuyo logro se dirigen a los esfuerzos del trabajo de investigación, a continuación, se plantea los siguientes objetivos.

1.3.1. Objetivo general

Realizar el estudio del espectro de radio frecuencia del teatro al aire libre Jaime Laredo ubicado en el distrito 1 de La Paz Bolivia para una producción de espectáculo en vivo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Recopilar información respecto al uso del espectro de radio frecuencias.
- Conocer desde la experiencia de expertos, el uso de sistemas inalámbricos en un espectáculo en vivo y su conocimiento sobre el software que utilizan para realizar el escaneo Radio Frecuencia.
- Registrar escaneos de RF (radio frecuencia) del teatro al aire libre Jaime Laredo con RF Explore y AXT 600 Shure.

1.4.Delimitaciones del estudio

Este proyecto se enfocará únicamente al estudio del espectro de radiofrecuencia, específicamente del teatro al aire libre Jaime Laredo de la ciudad de La Paz.

El estudio de radiofrecuencia solo abarca el rango de 470 – 608Mhz, destinado a los ingenieros y técnicos de Sonido especializados en Radio Frecuencia

1.4.1 Delimitación espacial o geográfica La presente investigación en términos de cobertura geográfica se centra en la ciudad de La Paz, en la zona central, específicamente en el distrito 1, lugar de ubicación del Teatro Jaime Laredo.

1.4.2 Delimitación temporal De acuerdo a las características de estudio, la información que se obtuvo fue en un tiempo de 4 meses, octubre, noviembre, diciembre del año 2020 y el mes de enero del año 2021.

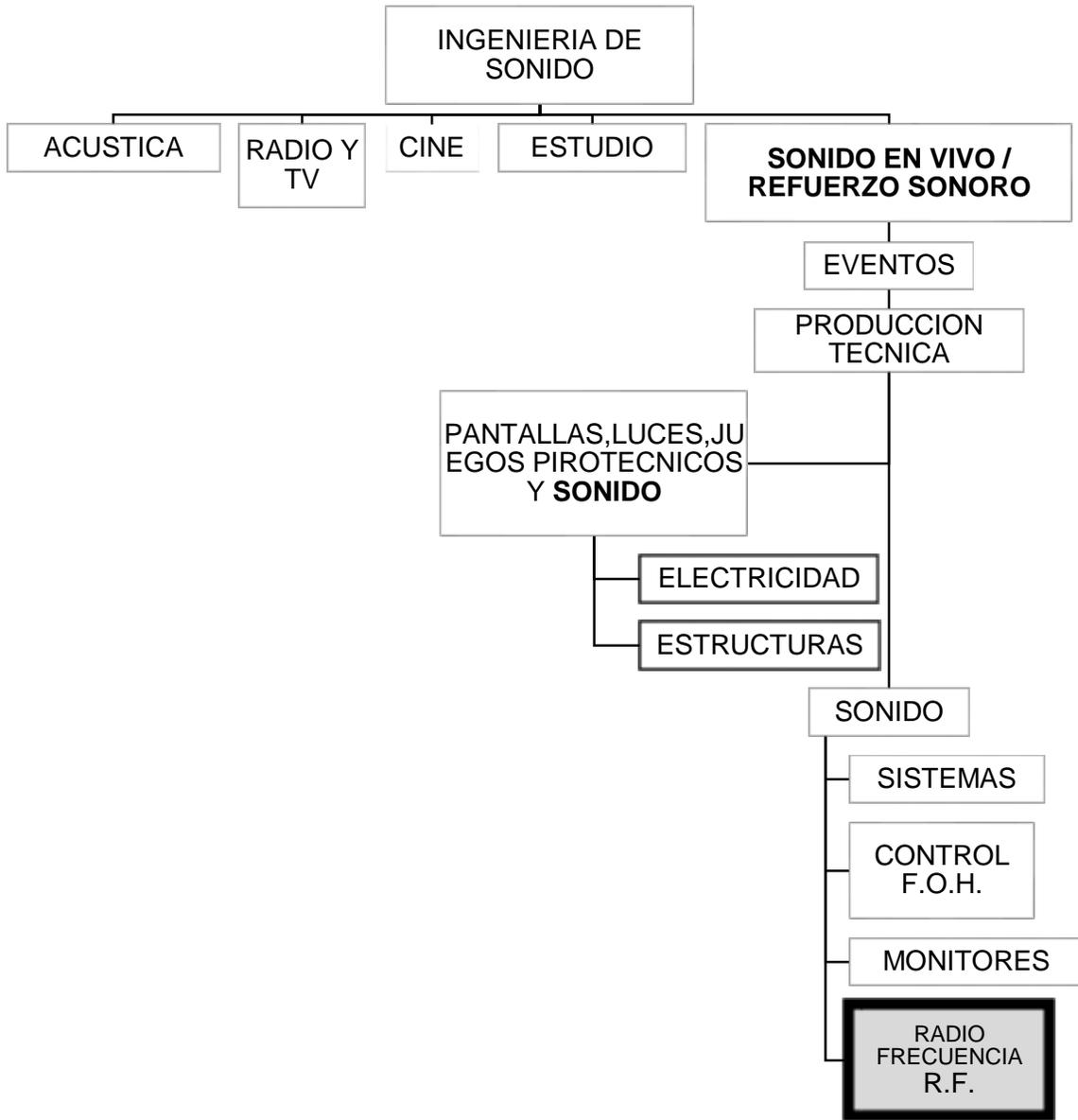
CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo, se trata sobre los conceptos, estructura y beneficios del espectro electromagnetismo, radiofrecuencia, micrófonos inalámbricos, sistema de monitoreo, así como los antecedentes, normativa legal y la importancia de la radiofrecuencia para los shows en vivo del teatro Jaime Laredo.

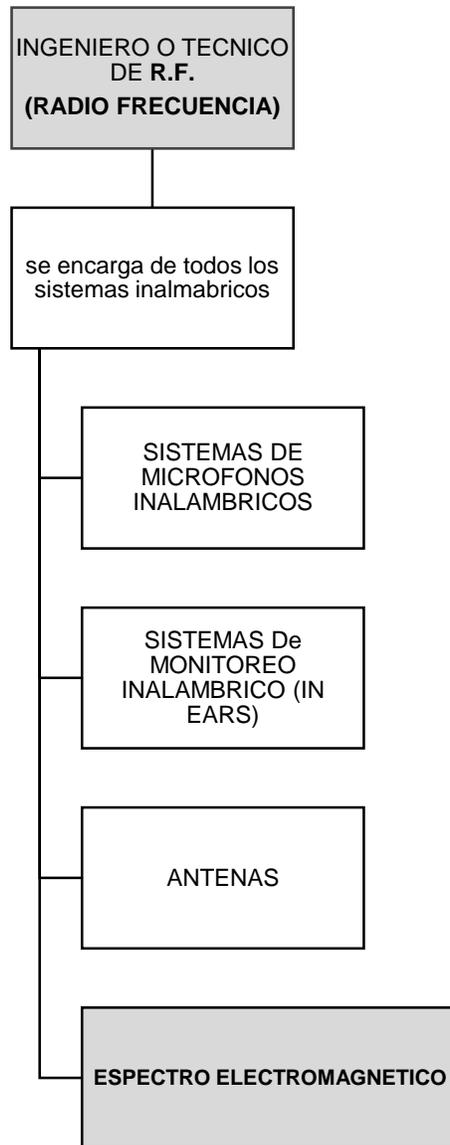
El marco teórico que se presenta a continuación sobre el estudio del espectro electromagnético, parte en base a la figura presentada, que permite ubicar al tema de investigación dentro el área del estudio de ingeniería o técnico de radio frecuencias, que es el encargado de los sistemas inalámbricos.

Mapa Conceptual 1. Estructura del marco teórico parte 1



Fuente: Elaboración propia, 2020

Mapa Conceptual 2. Estructura del marco teórico parte 2



Fuente: Elaboración propia, 2020

2.1. Electromagnetismo

La palabra electromagnetismo deriva del latín, exactamente procede de la suma de los siguientes componentes léxicos de dicha lengua:

- El sustantivo “elektrón”, que significa “electricidad”.
- La palabra “magnes”, que puede traducirse como “imán”.
- El sufijo “-ismo”, que se emplea como sinónimo de “sistema” o de “actividad”

La noción de electromagnetismo se utiliza para nombrar a la interacción que se establece entre campos magnéticos y campos eléctricos. El concepto también se emplea para denominar a la especialización de la física centrada en el estudio de estas cuestiones.

El electromagnetismo se encarga de la descripción de los fenómenos que se desarrollan a partir de la intervención de cargas eléctricas, tanto en movimiento como en reposo, que dan lugar a campos magnéticos y eléctricos y que producen efectos sobre gases, líquidos y sólidos. Hablar de radio frecuencias (RF) es hablar de electromagnetismo. (Pérez y Merino, 2019)

2.2. Espectro electromagnético

El concepto de espectro electromagnético (EM) es:

Es el rango de todos los tipos de radiación. La radiación es energía que viaja y se propaga a medida que avanza: la luz visible que proviene de una lámpara en su casa y las ondas de radio que provienen de una estación de radio son dos tipos de radiación electromagnética. Los otros tipos de radiación que forman el espectro electromagnético son las microondas, la luz infrarroja, la luz ultravioleta, los rayos X y los rayos gamma (NASA, 2013).

2.3. Radio frecuencia

Radiofrecuencia (abreviado RF), en definitiva, es la parte del espectro electromagnético que abarca desde los 3 kilohercios hasta los 300 gigahercios. Estas frecuencias se utilizan para las comunicaciones militares, la navegación, los radares y la radiofonía AM y FM, por citar algunas posibilidades. (Pérez y Merino, 2015)

2.4. Antecedentes del estudio del electromagnetismo

A continuación, se hará mención a los científicos más representativos que hicieron un gran aporte sobre el estudio del Electromagnetismo.

2.4.1. Isaac Newton

En 1666 Isaac Newton hizo uno de los más importantes descubrimientos en la historia de la Astronomía: el espectro. En una habitación oscura, hizo pasar luz solar a través de una pequeña abertura circular en una persiana. Colocó varias lentes y un prisma, y detrás de éste vio diferentes colores. Encontró una explicación más aclaradora cuando cubrió el agujero con un trozo de papel en el que había realizado una hendidura paralela a una de las caras del prisma. Los colores se superponían uno sobre otro. El prisma había dividido la luz solar en los colores del arco iris. Dio a este fenómeno el nombre latino "spectrum", en inglés "ghost". La conclusión de Newton fue que la luz estaba constituida por innumerables partículas microscópicas coloreadas (corpúsculos), que eran emitidas a altas velocidades por una fuente de luz como el Sol. Todas juntas, parecían blancas ante nuestros ojos. Un prisma es capaz de separarlas según su color. (Sicilia,1999)

Figura 1. Sir Isaac Newton dejando pasar un rayo de sol a través de un prisma de cristal y proyectando los colores del arcoíris sobre una pantalla



Fuente: SciLogs , 2014, <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/55/posts/poesa-y-verdad-de-los-colores-12318>

2.4.2. Cristiaan Huygens

Christiaan Huygens formuló su teoría ondulatoria de la luz, que posteriormente, en 1690, publicaría en su obra *Treatise on light*.

El físico holandés propuso que la luz era emitida en todas las direcciones como un conjunto de ondas que se desplazaban por un medio que él denominó éter. Dado que las ondas no se ven afectadas por la gravedad, asumió la velocidad de las ondas se reducía cuando entraban en un medio más denso.

Su modelo resultó particularmente útil para explicar la ley de Snell-Descartes sobre la reflexión y la refracción. También explicaba satisfactoriamente el fenómeno de la difracción (Zapata, 2018)

2.4.3. Michael Faraday

El físico Inglés Michael Faraday en 1831 descubre la Inducción Electromagnética que es la base de la Teoría Electromagnetismo. Se le considera el padre del Electromagnetismo.

Michael Faraday (Newington Butt, 22 de septiembre de 1791 – Hampton Court, 25 de agosto de 1867) fue un físico y químico de origen británico cuyas principales contribuciones se encuentran en las áreas del electromagnetismo y la electroquímica. Entre sus aportes a la ciencia, y por ende a la humanidad, podemos destacar sus trabajos en la inducción electromagnética, el diamagnetismo y la electrólisis. Debido a las condiciones económicas de su familia, Faraday recibió escasa educación formal, por lo que desde sus catorce años se encargó de suplir estas carencias realizando una gran cantidad de lecturas durante su aprendizaje como encuadernador de libros. Uno de los libros que encuadernó y que más influyó en el científico fue *The Improvement of the Mind* (El Mejoramiento de la Mente) de Isaac Watts. Faraday fue un excelente experimentador y transmitió sus descubrimientos en un lenguaje fácil de comprender. Aunque sus habilidades matemáticas no eran las mejores, James Clerk Maxwell resumió su trabajo y el de otros en un grupo de ecuaciones.

En palabras de Clerk Maxwell: “el uso de las líneas de fuerza demuestra que Faraday ha sido en realidad un gran matemático, del cual los matemáticos del futuro podrían derivar métodos valiosos y fértiles.”

La unidad de capacidad eléctrica del Sistema Internacional de Unidades (SI) se denomina Faradio (F) en su honor. Como químico, Faraday descubrió el Benceno, realizó investigaciones sobre el clatrato de cloro, el sistema de números de oxidación y creó lo que sería conocido como el antecesor del mechero Bunsen. Además, popularizó los términos: ánodo, cátodo, electrón y el ion. En el área de la física, sus investigaciones y experimentos se orientaron a la electricidad y al electromagnetismo.

Su estudio del campo magnético fue fundamental para el desarrollo del concepto de campo electromagnético y su invento, nombrado por él mismo como “Dispositivos de rotación electromagnética”, fueron los precursores del actual motor eléctrico (lifeder, 2020).

2.4.4. James Clerk Maxwell

El físico Escocés James Clerk Maxwell creó la Teoría Electromagnética de la Luz por medio de las Ecuaciones de Maxwell en 1864. Se considera el paso más grande en la Teoría Electromagnética.

James Clerk Maxwell (1831 – 1879) fue un científico de origen escocés que se especializó en el área de la física matemática y cuyos aportes marcaron un antes y un después en la historia de esta ciencia. Considerado por ser uno de los científicos más importantes de los que se ha tenido registro, fue reconocido especialmente por la formulación de la teoría de la radiación electromagnética. Su idea sentó las bases en las que está construida la radio que se conoce hoy en día. Además, este físico también desarrolló teorías sobre la razón de la estabilidad de los anillos de Saturno, uno de los planetas del sistema solar; trabajó con la cinética de los gases, y es conocido por haber sido la primera persona en imprimir una fotografía a color.

Los descubrimientos de Clerk Maxwell contribuyeron para sentar las bases que dieron paso a la física moderna. Muchos expertos en el área lo consideran como el científico del siglo XIX que mayor influencia tuvo en el campo de la física del siglo XX. Las contribuciones que realizó en el campo científico son consideradas con el mismo nivel de importancia que las que hicieron Isaac Newton y Albert Einstein.

Los estudios que Maxwell realizó sobre la ley de inducción de Faraday, que planteaba que un campo magnético puede cambiar a uno electromagnético, permitieron que realizara importantes descubrimientos en este ámbito científico. Al intentar hacer una ilustración de esta ley, el científico logró la construcción de un modelo mecánico que dio lugar a una “corriente de desplazamiento”, que podría ser la base de las ondas transversales. El físico realizó un cálculo de la velocidad de estas ondas y descubrió que estaban muy cerca de la velocidad de la luz. Ello derivó en una teoría que sugería que las ondas electromagnéticas podrían generarse en un laboratorio, lo que fue demostrado años después por el científico Heinrich Hertz.

Este estudio realizado por Maxwell permitió que, con el paso de los años, se pudiese crear la radio que conocemos hoy día (lifeder, 2020).

2.5. Antecedentes de la comunicación inalámbrica

2.5.1. Guillermo Marconi

El Italiano Guillermo Marconi es considerado como el padre de la radio ya que en 1894 patentó la primera conexión inalámbrica. Con esto se inicia lo que se conoce como comunicaciones por radio. El realizó la primera transmisión por radio el 14 de mayo de 1879. En ese momento no podía imaginar que su invento sería esencial para salvar vidas, resultando fundamental en el caso del rescate de los naufragos del Titanic (Historia National Geographic, 2020).

2.5.2. Aleksandr Stepánovich Popov

El ruso Aleksandr Stepanovich Popov también es muy importante ya que en 1895 creó una antena para recibir ondas electromagnéticas y en 1896 logró hacer la primera transmisión inalámbrica de un mensaje a 250m.

Nació en 1859 en los Urales. Hijo de un pope, se graduó con honores en Física y Matemáticas por la Escuela Imperial de la Marina Rusa en 1882. En 1896, mediante un sistema completo de recepción-emisión de mensajes telegráficos, realizó la primera comunicación de señales sin hilos entre dos edificios de la Universidad de San Petersburgo (Foro histórico de las telecomunicaciones, 2020).

2.6. Historia de los micrófonos inalámbricos

El inicio del micrófono inalámbrico es muy similar al micrófono tradicional pues muchas compañías afirman ser las primeras en desarrollar el sistema inalámbrico para micrófonos. Acorde a los registros encontrados, los sistemas inalámbricos fueron desarrollados para el espectáculo “Aladdin on Ice” en 1949 en el que Reg. Moores afirma haber desarrollado un micrófono de radio para este evento. Luego, en 1951, John F. Stephens inventa un micrófono de frecuencia modulada para la base naval de Memphis y ese mismo año Herbert McClelland creó un micrófono inalámbrico aplicado en el Estadio Lawrence Dumont en Wichita, Kansas.

En 1953, la empresa Shure desarrolla el primer sistema inalámbrico para cantantes bautizado “The Vagabond” y transmitía dentro de un área de aproximadamente de 65 m². Cuatro años más tarde, en 1957, Sennheiser (Reconocido en esa época como Lab W) con la colaboración de la televisora alemana NDR presentan un sistema inalámbrico para uso profesional en escenario y televisión. Al siguiente año, el sistema es comercializado bajo el nombre de Mikroport.

El 8 de enero de 1960, se registra la primera patente del micrófono inalámbrico en EE.UU. Número 3134074 concebida el 19 de mayo de 1964 por Ingeniero Eléctrico Raymond A. Litke de Vega Electronics Corp quién creó el micrófono con el fin de implementarlo en salones de clase, la radio y la televisión. El micrófono resultó ser el primer dispositivo inalámbrico de este tipo confiable con un rango igual que el de un micrófono tradicional. En 1960, se dispone de dos tipos de micrófonos inalámbricos, uno de mano y otro de corbata. Su módulo transmisor tenía el tamaño de una caja de cigarrillos y pesaba 198,45 gramos.

En los inicios de los años 70's, el Ingeniero Electrónico John Navy reduce el ruido de los micrófonos inalámbricos al desarrollar un proceso patentado de expansión móvil, sistema que

hoy día es estándar en la industria para un sonido claro y natural. En los años 80's, Nady era el sistema inalámbrico más usado por grandes artistas como Madonna, Bruce Springsteen, Bon Jovi, Aerosmith, Neil Young y los Rolling Stones. Los sistemas Navy son reconocidos en 1996 por la Academia Nacional de Ciencias y Artes Televisivas con un premio Emmy por Mejor Logro Técnico de la tecnología inalámbrica.

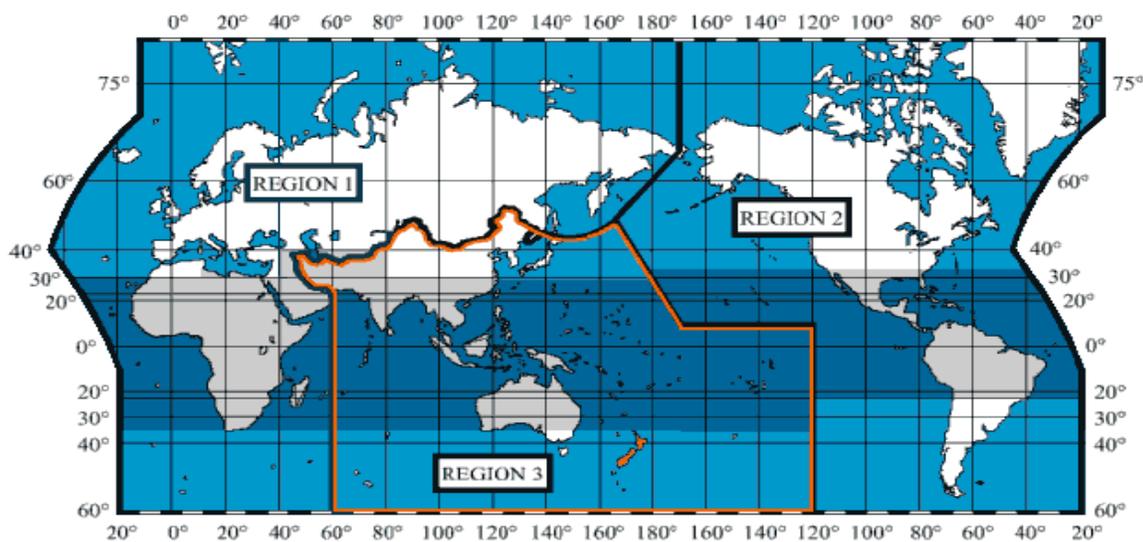
Después en 1986, Audio-Technica presenta sus primeros micrófonos inalámbricos y en 1991 AKG lanza la serie de micrófonos inalámbricos WMS 100 y WMS 900. A partir de los años 90's, las diferentes compañías fabricantes de micrófonos inician el desarrollo de elementos de captura inalámbrica. (Sánchez y Millán, 2014)

2.7. Comparaciones de normas legales del uso del espectro electromagnético para una producción de espectáculo en vivo

Todas las normas respecto al espectro electromagnético y telecomunicaciones mundialmente se norman mediante La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) o sus siglas en ingles The International Telecommunication Union (ITU) es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación.

El siguiente es el Mapa Mundial ITU, en el que se muestran las tres regiones definidas por la organización en el Reglamento de Radiocomunicaciones utiliza el mismo esquema. Las áreas sombreadas corresponden a las Zonas Tropicales definidas en el Reglamento.

Figura 2. Mapa Mundial UIT



Fuente: ITU, <https://www.itu.int/itu-regionssp.html>

2.7.1. Dispositivos de Radiocomunicación de Corto Alcance (DRCA).

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), a través del Reporte ITU-R SM.2153-6. Technical and operating parameters and spectrum use for short-range radiocommunication devices, define a los Dispositivos de Radiocomunicación de Corto Alcance (DRCA) como “transmisores que proveen comunicaciones unidireccionales o bidireccionales, los cuales tienen baja capacidad de causar interferencias a otros equipos de radiofrecuencia”. Estos dispositivos, pueden operar en una amplia gama de bandas de frecuencias dado que tienen una baja probabilidad de causar interferencias perjudiciales a los servicios de radiocomunicaciones existentes. Ejemplos de DRCA son los juguetes de control remoto; los dispositivos que interactúan con las consolas de video para dar una experiencia de realidad virtual al jugador; los relojes de mano que miden el ritmo cardiaco e interactúan con *smartphones*; dispositivos implantables que mediante pequeños impulsos eléctricos mantienen trabajando al corazón; entre otros.

Sin embargo, dado que los DRCA son tan diversos y constantemente aparecen más dispositivos, para los Reguladores representa un gran reto el armonizar el uso del espectro para este tipo de dispositivos, así como el establecimiento de parámetros técnicos que normen la operación los DRCA, ya sea por su tipo de aplicación o por la banda de frecuencias en la que operan. Dado que muchos de estos dispositivos responden a necesidades específicas, es frecuente que se traten de tecnologías propietarias o *ad-hoc*, que no están desarrolladas con base en estándares abiertos que armonicen las condiciones técnicas para su operación. Así, los fabricantes y/o proveedores, en busca de comercializar sus dispositivos, se enfrentan con el reto de diseñar DRCA que observen la regulación local (cuando existe regulación); algunos otros, enfrentan incertidumbre regulatoria al no tener claridad sobre si el Regulador validará las características técnicas de operación de sus dispositivos (cuando no existe regulación); y en el peor caso, los fabricantes y/o proveedores comercializan sus dispositivos de manera irregular al no someterlos a ningún procedimiento de aprobación o certificación previa, con el consecuente riesgo de que éstos provoquen afectaciones a los servicios de radiocomunicaciones. (Instituto Federal de Telecomunicaciones, 2018)

Bolivia pertenece a la región 2 y para estudiar el espectro de cada región es necesario saber cuál será el uso, para el uso del espectro en espectáculos en vivo se utiliza dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance (sistemas de micrófonos inalámbricos, sistemas de monitoreo inalámbrico). En toda la región 2 cada país tiene reglamentos sobre Dispositivos de Radiocomunicaciones de Corto Alcance (D.R.C.A.) excepto Bolivia, con ese motivo estudiaremos sus reglamentos (D.R.C.A.) de Estados Unidos, México, Brasil y por ultimo también estudiaremos el P.F.B (Plan de frecuencias de Bolivia) emitido por la A.T.T. (Autoridad

de Regulación y Fiscalización de Telecomunicaciones y Transportes) que no tiene ninguna norma sobre Dispositivos de Radiocomunicaciones de Corto Alcance.

2.7.2. Estados Unidos: *Federal Communications Commission*

La regulación de los DRCA en Estados Unidos se encuentra dentro del Código Federal de Regulaciones (CFR), en particular, en la Parte 15 del Título 47 del CFR (en lo sucesivo “la Parte 15”). La Parte 15 contiene las condiciones técnicas generales para la operación de los dispositivos de RF, los cuales se clasifican en las siguientes categorías:

- a. Radiadores intencionales: aquellos que generan y emiten energía de RF por radiación o inducción.
- b. Radiadores no intencionales: aquellos que generan energía de RF para ser usada dentro de los dispositivos, o aquellos que envían señales de RF de forma cableada a otros dispositivos, pero que no están destinados a emitir energía de RF por radiación o inducción.
- c. Radiadores incidentales: aquellos que no están diseñados para generar o emitir energía de RF intencionalmente, sin embargo, durante su operación producen energía de RF.

Así, los DRCA son clasificados como radiadores intencionales y pueden operar sin la necesidad de contar con una licencia para el uso del espectro, toda vez que cumplan con los requerimientos establecidos en la Parte 15.

Como se ha dicho anteriormente, la Parte 15 es la sección que contiene la información técnica general de los DRCA, sin embargo, a lo largo del título 47 del CFR, existen diversas Partes que hacen referencia a condiciones técnicas específicas que atienden a aplicaciones o a tecnologías específicas que forman también parte de los DRCA. Por ejemplo: la Parte 2: Frequency

Allocations and Radio Treaty Matters; General Rules and Regulations², la Parte 18: Industrial, Scientific, and Medical Equipment³, la Parte 90: Private Land Mobile Radio Services y la Parte 95: Personal Radio Services. (Instituto Federal de Telecomunicaciones, 2018)

Operaciones de transición

La FCC ha establecido un periodo de tiempo de transición para facilitar la suspensión de las operaciones de micrófonos inalámbricos en la banda de 600 MHz e iniciarla en otras frecuencias. Específicamente, la FCC permite a los usuarios la operación de micrófonos inalámbricos en la banda de 600 MHz bajo ciertas condiciones, hasta el 13 de julio de 2020. No obstante, los micrófonos no deberán causar interferencias dañinas a las transmisiones de televisión existentes ni a las comunicaciones de los proveedores de banda ancha móvil que cuenten con licencia para utilizar dichas frecuencias.

Adicionalmente, los usuarios de micrófonos inalámbricos no cuentan con protección a interferencias de los canales de televisión ni de los proveedores de servicios móviles licenciarios que operan en la misma banda. (Instituto Federal de Telecomunicaciones, 2018)

Frecuencias disponibles tras la transición

Numerosas frecuencias en las bandas de televisión que estaban disponibles antes de la licitación de espectro seguirán disponibles para el uso de micrófonos inalámbricos tras el periodo de transición.

Éstas son:

Frecuencias VHF y UHF en los canales de televisión 2 al 36 que se ubican por debajo de los 608 MHz. Ciertas frecuencias en la banda de guarda de los 600 MHz: 614 a 616 MHz.

Ciertas frecuencias en la brecha dúplex de los 600 MHz: 653 a 657 MHz para usuarios licenciarios y 657 a 663 MHz para usuarios sin licencia.

También hay frecuencias adicionales, disponibles para el uso de micrófonos inalámbricos fuera de la banda de frecuencias de televisión. El uso sin licencia de micrófonos inalámbricos está permitido en la banda de 902 a 928 MHz, en la banda de 1920 a 1930 MHz y en porciones de las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz dentro de niveles de potencia específicos y con normas para su operación en cada una de esas bandas. El uso de micrófonos inalámbricos con licencia está permitido en varias otras bandas de espectro, incluyendo porciones en la banda de 900 MHz, la de 1435 a 1525 MHz y la de 6875 a 7125 GHz. (Instituto Federal de Telecomunicaciones, 2018)

Restricciones de potencia para micrófonos sin licencia

Los micrófonos inalámbricos que operan sin licencia no deberán operar en una potencia superior a los 50 milliwatts, cuando funcionan en las bandas de televisión. Tampoco podrán operar en más de 20 milliwatts, cuando operen en la banda de los 600 MHz o en la brecha dúplex. Se advierte a los usuarios consultar su manual del usuario u otros materiales proporcionados por el fabricante o distribuidor, para determinar la potencia de salida de sus micrófonos inalámbricos. (Instituto Federal de Telecomunicaciones, 2018)

2.7.3. México: *Instituto Federal de Telecomunicaciones*

La homologación es el acto administrativo por el cual el IFT reconoce oficialmente que las especificaciones técnicas de un producto, equipo, dispositivo o aparato destinado a las telecomunicaciones o a la radiodifusión satisface las normas o las disposiciones aplicables. El certificado de homologación es de carácter obligatorio para cualquier interesado que busque conectar un dispositivo destinado a las telecomunicaciones y/o a la radiodifusión, ya sea de forma cableada o inalámbrica; y/o para cualquier dispositivo que haga uso del espectro radioeléctrico. Esto, de conformidad con el Artículo 289 de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (LFTR). (Instituto Federal de Telecomunicaciones, 2018)

Solicitudes de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico destinadas al uso en eventos específicos, y actividades comerciales e industriales.

Desde su creación, el Instituto ha recibido diversas solicitudes para el uso y aprovechamiento de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico para realizar eventos específicos, desarrollar y operar ciertas actividades comerciales e industriales bajo la premisa de satisfacer necesidades de radiocomunicaciones específicas, que no pretenden prestar servicios de telecomunicaciones con fines comerciales, por lo que requieren de un adecuado análisis de procedencia y transparencia para la asignación de dicho espectro.

De forma particular, las solicitudes mencionadas se pueden clasificar de la siguiente manera:

A. Eventos específicos.

El uso y aprovechamiento de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico se requiere para la organización y desarrollo de eventos específicos de índole artística, cultural, deportiva y

social, entre otros, que de manera temporal y periódica se celebren en nuestro país, los cuales pueden llegar a ser de tal relevancia como los eventos automovilísticos de Fórmula 1, los partidos organizados por la National Football League (NFL) o la National Basketball Association (NBA), ambos de los Estados Unidos de América, o los mundiales de fútbol llevados a cabo por la Federación Internacional de Fútbol Asociación (FIFA).

Las características a considerar de estos eventos específicos, es que se trata de acontecimientos públicos previamente programados y de corta duración, los cuales se realizan dentro de áreas geográficas determinadas y delimitadas, por lo tanto, no necesitan de una cobertura por región o localidad para su operación, organización y desarrollo, a diferencia de las bandas de frecuencias de uso determinado destinadas a prestar servicios públicos de telecomunicaciones o de radiodifusión.

En ese sentido, se debe considerar además que la demanda de uso y aprovechamiento de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico actualmente es tan diversa que no puede ser satisfecha por concesionarios o autorizados que ofrezcan integralmente el servicio y los equipos requeridos, o en su caso, que los solicitantes puedan arrendar las bandas de frecuencias necesarias para satisfacer las necesidades de radiocomunicaciones en tales eventos específicos, pues tendrían que contar con una concesión única aun cuando no prestaran ningún tipo de servicio de telecomunicaciones con fines comerciales. (Instituto Federal de Telecomunicaciones, 2018)

2.7.4. Brasil: *Agencia Nacional de Telecomunicaciones*

La Agencia Nacional de Telecomunicaciones (Anatel) regula la operación de los DRCA a través del Reglamento sobre Equipos de Radiocomunicación de Radiación Restringida (RERRR). El reglamento establece los límites de potencia, bandas de frecuencias y restricciones de operación para los DRCA, conocidos en Brasil como “equipos de radiocomunicaciones de radiación restringida”.

Anatel define a los DRCA como aquellos “[...] equipos, aparatos o dispositivos que utilizan radiofrecuencia para aplicaciones diversas y cuyas emisiones producen campo electromagnético con intensidades dentro de los límites establecidos en el Reglamento [el RERRR] y que cumplan con los requisitos técnicos para la certificación”⁵². Además, el artículo 163 de la Ley n° 9.47253 señala que quedan exentos de licencia para el uso de RF los equipos de radiación restringida definidos por Anatel (por ejemplo, los MICS, los sensores de medición y dispositivos que utilizan tecnología UWB) y los equipos de las Fuerzas Armadas que operan en bandas destinadas a fines exclusivamente militares.

Las operaciones de los DRCA deben atenerse a las siguientes condiciones: no tienen derecho a la protección contra interferencias perjudiciales provenientes de cualquier otra estación de radiocomunicaciones previamente autorizada por Anatel, y no deberán causar interferencias perjudiciales en cualquier otro sistema de radiocomunicaciones. Aquellos DRCA que violen la segunda condición antes mencionada deberán cesar su funcionamiento inmediatamente, o en su caso Anatel preverá su remoción.

Asimismo, quienes busquen comercializar u operar un DRCA deberán poseer una certificación emitida por Anatel. Además, los dispositivos deberán tener una etiqueta colocada en un lugar

fácilmente visible que contenga la leyenda: “Este equipo no tiene derecho a la protección contra interferencias perjudiciales y no puede causar interferencia en sistemas debidamente autorizados”. Adicionalmente, los DRCA deben estar diseñados para que no sean modificables por el usuario final. (Instituto Federal de Telecomunicaciones, 2018)

2.7.5. Bolivia: *Autoridad de Regulación y Fiscalización de Telecomunicaciones y Transporte*

El Plan Nacional de Frecuencias (PNF), es el instrumento de carácter normativo y técnico que establece el uso y atribución de frecuencias electromagnéticas en el rango de 8,3 kHz hasta 3.000 GHz denominado como “Espectro Radioeléctrico”, para reglamentar el uso de frecuencias y la atribución a los servicios dentro del territorio del Estado Plurinacional de Bolivia.

Este Plan tiene su fundamento jurídico en las siguientes normas legales:

En la Constitución Política del Estado, Artículo 348 que establece:

I. Son recursos naturales los minerales en todos sus estados, los hidrocarburos, el agua, el aire, el suelo y subsuelo, los bosques, la biodiversidad, el espectro electromagnético y todos aquellos elementos y fuerzas físicas susceptibles de aprovechamiento.

II. Los recursos naturales son de carácter estratégico y de interés público para el desarrollo del país”.

La categoría de servicios de radiocomunicación está dividida en servicios primarios y servicios secundarios, el cual estudiaremos los servicios secundarios ya que ahí entra los dispositivos de baja potencia.

Servicios cuyo nombre está impreso en el Cuadro en “Caracteres Normales” (ejemplo: Radiolocalización); estos se denominan servicios “Secundarios”.

Las estaciones de un servicio secundario:

- No deben causar interferencia perjudicial a las estaciones de un servicio primario a las que se le hayan asignado frecuencias con anterioridad o se les puedan asignar en el futuro.
- No pueden reclamar protección contra interferencias perjudiciales causadas por estaciones de un servicio primario a las que se les hayan asignado frecuencias con anterioridad o se les puedan asignar en el futuro.
- Tienen derecho, a la protección contra interferencias perjudiciales causadas por estaciones del mismo servicio o de otros servicios secundarios a las que se les asignen frecuencias posteriormente.

Tabla 1. Atribución de bandas de frecuencias

Región 2- U.I.T.	Estado Plurinacional de Bolivia	Notas
470,00 MHz - 512,00 MHz Radiodifusión Fijo Móvil	470,00 MHz- 608,00 MHz	BOL 15
512,00 MHz - 603,00 MHz Radiodifusión	Radiodifusión	

Fuente: ATT, 2012, <https://www.att.gob.bo/content/plan-nacional-de-frecuencias>

BOL 15 El servicio de RADIODIFUSIÓN televisiva en UHF se presta mediante la distribución de canales con un ancho de banda de 6 MHz, en la banda de 470 a 608 MHz y de 614 a 698 MHz.

No se podrá realizar la asignación de canales adyacentes para Radiodifusión Televisiva analógica en una misma área de servicio.

No se realizará nuevos otorgamientos para el servicio de Radiodifusión Televisiva en la sub banda de 698 a 734 MHz. (ATT, 2012)

2.7.6. Análisis de la experiencia comparada: características de Regulación de los DRCA

Después de haber analizado las regulaciones de los DRCA de diferentes países, es posible hacer un comparativo general a través de las características que las componen. Estas características de regulación son el resultado de obtener una o varias condiciones regulatorias para la operación de los DRCA de las diferentes normativas internacionales abordadas en los numerales anteriores. Es así que, dependiendo del cumplimiento de una o varias de estas características (o incluso ninguna) para la operación de los DRCA, es posible establecer diferentes tipos de regulación, los cuales se detallan en la Tabla 2. Estas regulaciones están identificadas con letras, que van desde la “A” a la “F”, donde la “A” indica que no hay regulación para los DRCA (es decir, no cuenta con ninguna de características de regulación identificadas en este estudio), y la “F” indica que existe un marco sólido de regulación (es decir, cuenta con todas las características de regulación identificadas en este estudio).

Tabla 2. Tipos de Regulación de los DRCA y sus características

Tipo de Regulación	Características de la regulación						Ejemplos de DRCA que podrían operar bajo el Nivel de Regulación	Países que utilizan el Nivel de Regulación
	Existe una regulación de DRCA.	Los DRCA operan bajo una autorización del Regulador	Los DRCA son registrados por el Regulador.	Los DRCA cuentan con un certificado emitido por un LP que garantiza la operación de los DRCA con base en la regulación local.	El Regulador cuenta con un mecanismo de protección para la operación de los DRCA de aplicaciones especiales.	El Regulador designa bandas de frecuencias exclusivas para la operación de DRCA de aplicaciones especiales.		
F	SI	SI	SI	SI	SI	SI	<ul style="list-style-type: none"> • Micrófonos Inalámbricos. • MICS. • DRCA para seguridad pública. • DRCA a bordo de aeronaves. • Sistemas de transporte inteligente. 	Estados Unidos
B	NO	SI	SI	NO	NO	NO	Todos	México
D	SI	NO	SI	SI	NO	NO	Todos	Brasil
A	NO	NO	NO	NO	NO	NO	Todos	Bolivia

Fuente: Elaboración propia, 2020

2.8. Conceptualización de las áreas y sub áreas de la ingeniería de sonido

Se describen las áreas y sub áreas que integran el campo de la Ingeniería de Sonido

2.8.1. Evento. El término evento proviene del latín *eventus* y, de acuerdo al diccionario de la Real Academia Española es un suceso importante y programado, de índole social, artística o deportiva.

2.8.2. Organización de eventos. La organización de un evento es una herramienta comunicacional de alto impacto en la que hay que presentar especial cuidado a todos los detalles que proyectan un mensaje del cliente al consumidor, un evento tiene una división por tamaño: donde hasta 100 participantes es pequeño, de 100 a 500 participantes es mediano y de 500 a más participantes es grande. También se requiere de recursos humanos donde estos forman parte de la producción del evento coordinando la agenda, logística e imprevistos (Centellas, 2004:4).

2.8.3. Organizador de eventos. Un organizador de eventos es un profesional que proyecta, crea, gestiona, organiza, produce, ejecuta con profesionalismo, seriedad acontecimientos especiales; lleva adelante una propuesta de comunicación, como también requiere de una persona encargada de la producción técnica (Centellas, 2004:4).

2.8.4. Producción técnica. La producción técnica es la fase de preparación previa a cualquier espectáculo, donde se averiguan y resuelven todas las necesidades técnicas y de logística necesarias para poder llevar a cabo un espectáculo, festival, concierto, evento, etc. (Bel, 2018).

2.8.5. Productor técnico. El productor técnico es el máximo responsable de la producción técnica de cualquier espectáculo. Es la persona que valorará que el espectáculo sea asumible y realizable, dentro del proyecto artístico, tanto técnicamente, económicamente, como artísticamente. Por debajo de este existen personas encargadas de las estructuras, luces, visuales y sonido (Bel, 2018).

2.8.6. Sistema de refuerzo sonoro. Un sistema de refuerzo sonoro es un conjunto complejo de dispositivos y elementos acústicos y electro acústicos que se conectan entre sí para conseguir que los sonidos emitidos en un escenario, tanto voz como instrumentos, sean reproducidos con mayor nivel de presión sonora y de la manera más fiel posible para que puedan ser escuchados por un determinado público.

Se pueden distinguir dentro de un sistema de refuerzo sonoro 3 subsistemas diferentes: sistema de P.A (Public Address), control F.O.H (Front of House) y Sistema de monitoreo.

Cada subsistema está compuesto por diferentes dispositivos, y cada dispositivo tiene una función diferente. Los subsistemas se conectan entre si de una forma determinada para el correcto funcionamiento del sistema. En el escenario es donde se recoge la señal de audio emitida por distintas fuentes sonoras, las cuales se recogen a través de micrófonos que se conectan por cable o van directamente por línea a una caja o matriz de conexionado. Dicha caja está conectada a través de una manguera de cables que llevan las distintas señales de audio al control F.O.H. (López, 2009:46)

2.8.7. Control FOH. El control F.O.H. (Front Of House) es el subsistema donde se recogen, procesan, mezclan y encaminan las señales de audio emitidas en el escenario. Dicho subsistema está compuesto por una mesa de mezclas y por diferentes dispositivos de procesado de señal como puertas de ruido, ecualizadores o procesadores de efectos.

Una vez hayan sido procesadas las señales que llegaron a la mesa de mezclas según el criterio del ingeniero de sonido y las necesidades del espectáculo (con el fin de obtener un sonido de calidad), se obtiene una sola señal estéreo, la cual se lleva a una serie de amplificadores cuya función es la conversión de una señal de bajo nivel en una señal con niveles altos o muy altos sin pérdida de calidad. Finalmente, dicha señal del alto nivel alimentara a un conjunto de altavoces de diferentes tipos, tamaños y disposiciones que forman el segundo subsistema del sistema de refuerzo sonoro, el sistema de PA, que deberá reproducir la señal de audio que ha sido captada en el escenario del público, con la máxima fidelidad y con la potencia suficiente para que sea escuchada por cada persona que forme la audiencia (López, 2009:47)

Figura 3. Control Foh - Linkin Park



Fuente: Hispasonic, 2016, <https://www.hispasonic.com/tutoriales/donde-va-control-foh/42346>

2.8.8. Sistema de P.A. El sistema de P.A., que procede de las siglas de Public Address (dirigido al público en inglés), es la parte de un sistema de refuerzo sonoro que se encarga de reproducir las señales de audio que se emiten en el escenario para que todo el público asistente pueda escucharlas con la mayor fiabilidad posible. Para ello, el sistema se compone de un conjunto de cajas acústicas, las cuales se podrán agrupar de diferentes formas intentando obtener el mejor resultado, una infraestructura que sostendrá a las cajas y una alimentación de potencia para su funcionamiento.

La parte más trascendental de este subsistema es la disposición de las cajas acústicas, ya que, según el número de cajas y su colocación, obtendremos diferentes características direccionales, diferentes áreas recubiertas y diferente potencia consumida. La agrupación en línea de dos o más cajas se denomina array o arreglo (López, 2009: 52)

Figura 4. Sistema P.A. – Marca Das Audio



Fuente: Cuevas, 2016, <https://www.ispmusica.com/audio-directo/didactica-directo-audio/1941-sistemas-de-sonorizacion.html>

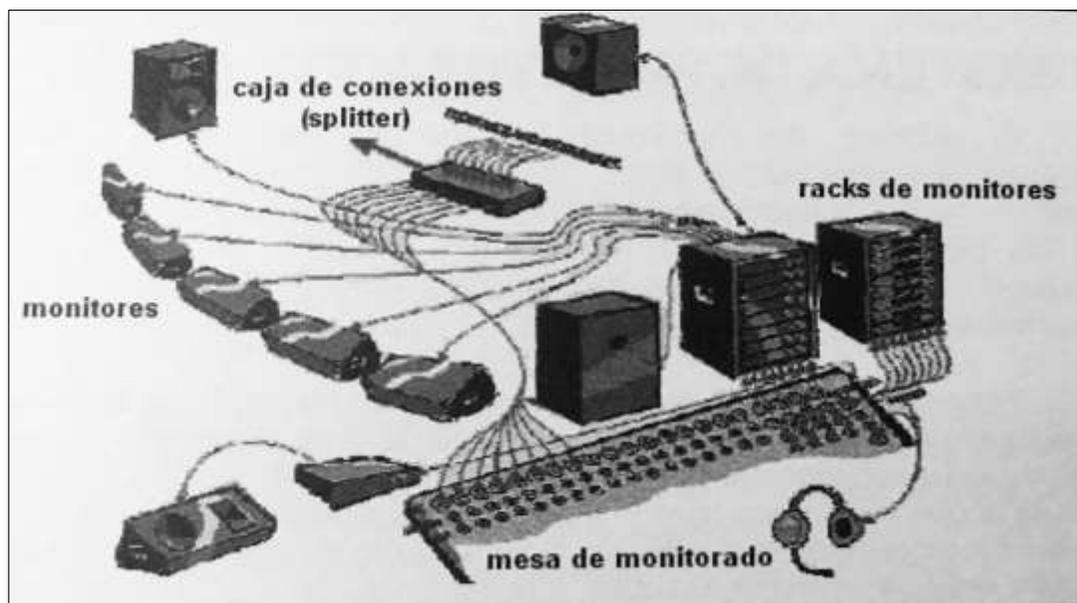
2.8.9. Sistema de monitoreo. El sistema de monitoreo es el conjunto de elementos y dispositivos electro acústico que, interconectados de una determinada manera, reproducen una mezcla de las señales emitidas en el escenario hacia las personas que en él se encuentran para que estas puedan escuchar el sonido que emite su propio instrumento o vox y el del resto de sus compañeros de una forma más clara.

Durante los últimos diez años, esta parte del sistema de refuerzo sonoro ha ido creciendo hasta ser el subsistema más importante, ya que el sonido de este subsistema es el que escucha la banda, y la opinión de la banda es la que tiene peso para el ingeniero. La calidad y el nivel del sonido del monitoreo determinarán lo que piensa la banda sobre el sistema y el trabajo del que lo maneja. Como función principal, los monitores tienen que sonar lo suficientemente alto para la banda para que se escuchen a ellos mismos sobre el nivel de música que hay en el escenario. No es tan fácil como parece, ya que para conseguir que cada músico esté contento con su

monitorización habrá que realizar un buen trabajo en la mesa. Se intenta conseguir un gran nivel del altavoz que generalmente está a no más de 2 metros de un micrófono. No es de extrañar que el control de feedback sea el mayor problema a la hora de configurar el monitoreo del sistema.

Las exigencias de cada tipo de concierto suelen variar según el tipo de concierto o el tamaño de este. A grandes rasgos, un sistema de monitoreo completo se ha de componer de: mesa de monitores, rack de monitores y monitores (López, 2009: 62).

Figura 5. Sistema de monitoreo



Fuente: López, 2009 pág. 62

2.8.10. Mesa de monitoreo

La mesa de monitores es la mesa que se encarga de realizar la mezcla que irá a cada uno de los diferentes monitores del escenario. Al contrario que la mesa de PA, la mesa de monitores se coloca a uno de los lados del escenario, orientada hacia los músicos para una buena comunicación entre el músico y el ingeniero que se encarga de la mezcla (López, 2009:67).

Figura 6. Mesa de monitores – Consola S5000 Dlive Tom Howat



Fuente: Doctorproaudio, 2017, <https://www.doctorproaudio.com/content.php?2073-bryan-ferry-gira-2017>

2.8.11. Rack de monitores. Al igual que en el sistema PA, en el sistema de monitoreo existen rack con diferentes dispositivos con funciones muy parecidas a los del PA y hacen que el sistema funcione y se perfeccione. Los diferentes racks son: rack de potencia, rack de efectos y rack de dinámica (López, 2009:71).

2.8.12. Monitores. Un monitor es una caja acústica concebida para la escucha de las señales de audio en estudios de grabación, emisoras de radio y televisión, operadores de sonido en general, y para lo más importante el monitoreo de los músicos en el escenario. Estas cajas acústicas están formadas por dos o más altavoces y por unos filtros eléctricos, los denominados redes de cruce, que separan las frecuencias en las bandas de operación correspondientes a cada altavoz, de tal manera que, además el ancho de banda de la fuente, se cubre una mayor superficie con una calidad aceptable, se incrementa la eficiencia de los altavoces y también se los protege. (López, 2009:72).

Partiendo de esta base, dentro del sistema de monitoreo, hay varios tipos de monitores que poseen finalidades específicas y, por lo tanto, características implícitas a cada tipo de monitor.

Los tipos de monitores principales son:

- Cuñas o monitores para músicos
- Sidefill o monitores laterales
- Drumfill o monitores para la batería
- Monitor de oído o in-ears monitor

2.8.13. Cuñas o monitores para músicos. Los monitores para músicos son cajas de altavoces que se disponen inclinadas y se colocan a lo largo del escenario generalmente en frente de cada cantante o músico y en el suelo (López, 2009:63).

Figura 7. Monitores de piso



Fuente: Fajardo, 2017, <https://soundcheck.com.mx/festival-quimera-2016-suenos-tangibles/>

2.8.14. Sidefill o monitores laterales. Los monitores laterales son pilas de pares de altavoces que se colocan detrás de las pilas principales del sistema PA, orientados hacia la banda a lo largo del escenario. Su función principal es la de proporcionar a los músicos una mezcla similar a la proporcionada del PA, equilibrando el sonido producido fuera del escenario (López, 2009:64).

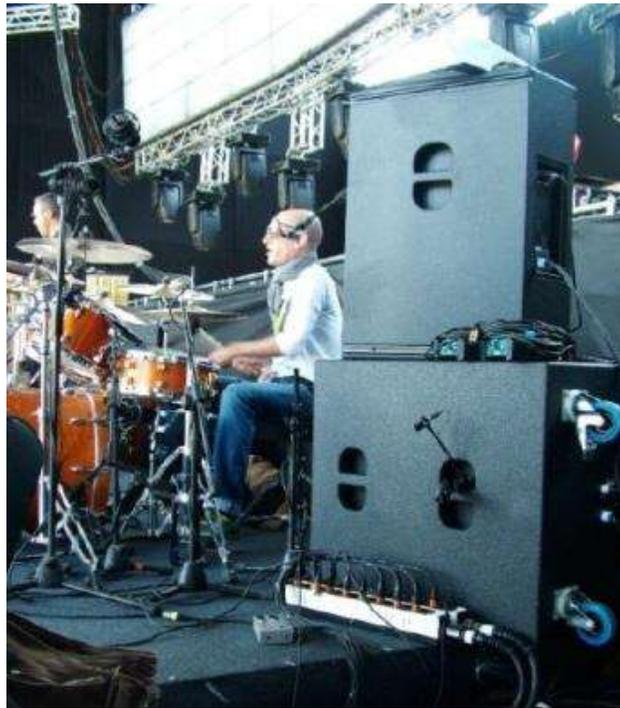
Figura 8. Sidefill



Fuente: Maxwell, 2012, <https://www.prosoundweb.com/festival-altavoz-delivering-diverse-styles-across-a-huge-coverage-area/>

2.8.15. Drumfill o monitores para la batería. Como su propio nombre indica, este tipo de monitores son específicos para la batería y se colocan junto a su lado. Estos monitores suelen ser cajas de graves y sub graves debido a que el rango de frecuencia de graves es muy importante en la batería, pues está presente en el bombo y en los timbales, y por su propia condición de graves, estos tienen menor sensación de volumen que los agudos. Dar un refuerzo en este rango ayuda a la interpretación de la batería (López, 2009: 64).

Figura 9. Drumfill



Fuente: Santiago, 2016, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lss_1_maggio_drumfill.jpg

2.8.16. Monitor de oído o in-ears. El sistema de monitor personal “in-ear monitor” es un dispositivo inalámbrico, utilizado por el artista, capaz de hacer llegar una mezcla de la mesa de monitoreo a sus oídos, con un volumen que el mismo puede controlar. Dado que cada vez son más usados se ven mesas ya equipadas con auxiliares estéreos.

Según el tipo de transmisión de señal

- Por cable: Este sistema emplea un cable de audio para transmitir la señal directamente desde la mesa de mezcla al receptor de los monitores. Son útiles para situaciones de músicos estáticos, y su precio es mucho menor.
- Por radio frecuencia: Este, sin embargo, envía la señal desde el mezclador a un transmisor mediante un cable de audio. Este transmisor emite ondas de radio frecuencia con la señal de audio codificada, que llega al receptor (una petaca que el músico lleva colgada) a través de sus antenas. En la petaca la señal se descodifica y se envía a los auriculares por cable. (López, 2009:65).

Figura 10. In Ears monitor



Fuente: Home brew audio, 2020, [https://www.homebrewaudio.com/monitors-ariana-grande-ears-saturday-night-](https://www.homebrewaudio.com/monitors-ariana-grande-ears-saturday-night-live/)

live/

2.8.17. Telecomunicación.

Para la ITU (internacional telecommunication union) es toda emisión, transición y recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos e información de cualquier naturaleza propagada por un cable, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.

2.8.18. Ingeniería de radiofrecuencia

La ingeniería de radio frecuencia también es conocida como ingeniería de telecomunicaciones, es una rama de la ingeniería que se encargar de resolver problemas de transmisión y recepción de señales, normalmente esas señales se propagan a través de ondas electromagnéticas y/o ópticas.

Las señales a optimizar normalmente están asociadas a tecnologías como radio, la tv, el teléfono, comunicaciones de datos y redes de información como el internet. (RFLatino, 2020)

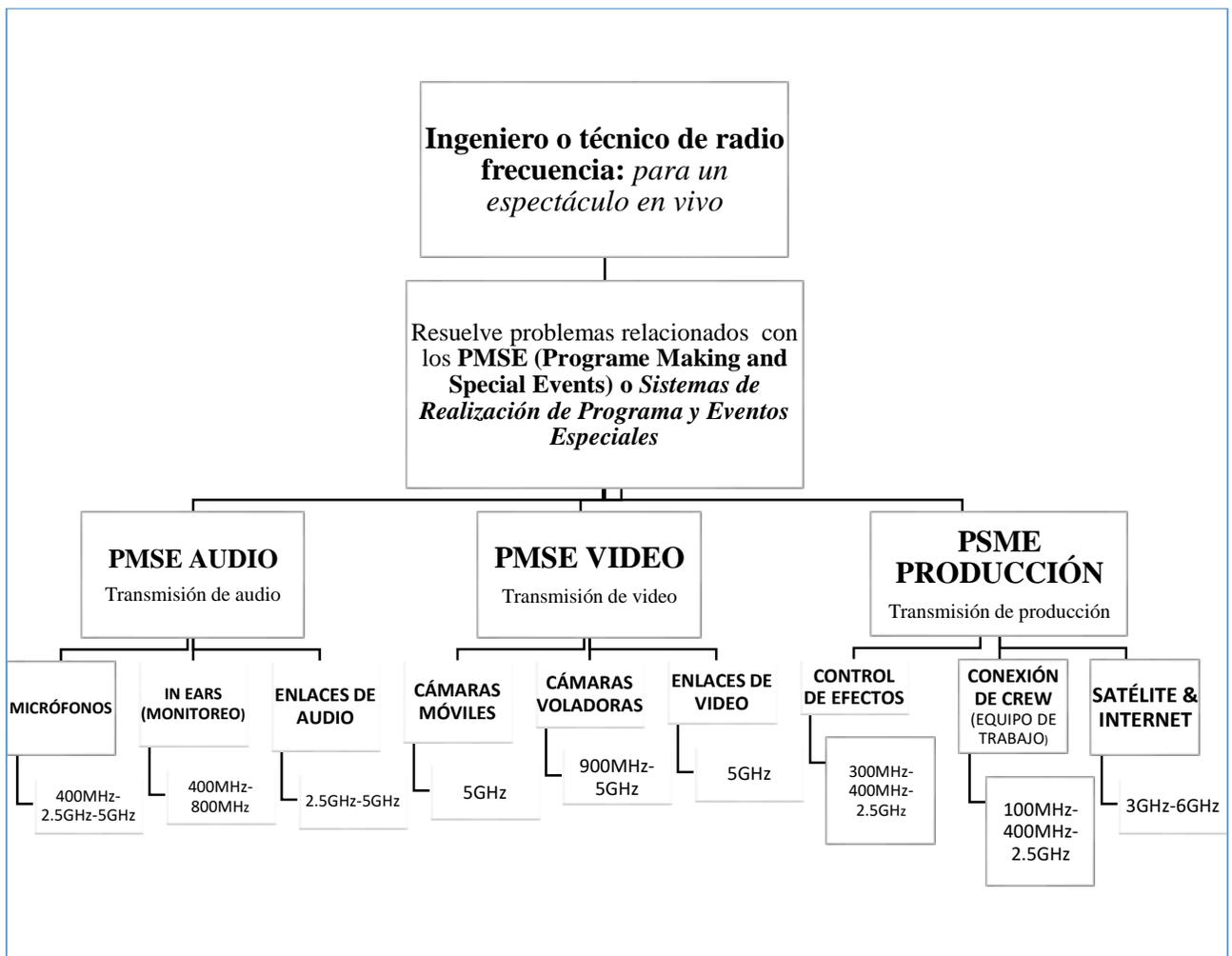
2.8.19. Ingeniero o técnico de radio frecuencia: para un espectáculo en vivo

El ingeniero o técnico de RF radiofrecuencia en un espectáculo en vivo es el que resuelve problemas relacionados esencialmente con tecnología de audio usadas para transmitir sonido.

Sin embargo, actualmente los sistemas de RF en la industria de la producción de espectáculos en vivo se han extendido en aplicaciones no solo de sonido. Todos los sistemas que se puede encontrar en una producción profesional multimedia se denomina universalmente sistemas PMSE (programe Making and Special events) en el cual el ingeniero o técnico de RF para espectáculo en vivo tiene que desenvolverse sin problema.

Los PMSE o *Sistemas de Realización de Programa y Eventos Especiales* cubren todas las herramientas inalámbricas necesarias para realizar el trabajo dentro de cualquier producción profesional multimedia.

Mapa Conceptual 3. Desarrollo del ingeniero o técnico de RF (radiofrecuencia)



Fuente: Elaboración propia, 2020

2.9 Conceptualización de fundamentos de radio frecuencia en una producción de espectáculos en vivo

Se explica los conceptos básicos relacionados a la Radio Frecuencia, aplicados en los eventos o espectáculos en vivo.

2.9.1. Las Ondas de Radio.

Las ondas de radio tienen longitudes que van de tan sólo unos cuantos milímetros (décimas de pulgadas), y pueden llegar a ser tan extensas que alcanzan cientos de kilómetros (cientos de millas). En comparación, la luz visible tiene longitudes de onda en el rango de 400 a 700 nanómetros, aproximadamente 5 000 menos que la longitud de onda de las ondas de radio. Las ondas de radio oscilan en frecuencias entre unos cuantos kilos Hertz (kHz o miles de Hertz) y unos cuantos Tera Hertz (THz o 10¹² Hertz). La radiación "infrarroja lejana", sigue las ondas de radio en el espectro electromagnético, los IR lejanos tienen un poco más de energía y menor longitud de onda que las de radio. Las microondas, que usamos para cocinar y en las comunicaciones, son longitudes de onda de radio cortas, desde unos cuantos milímetros a cientos de milímetros (décimas a decenas de pulgadas). (EcuRed , 2019)

Varias frecuencias de ondas de radio se usan para la televisión y emisiones de radio FM y AM, comunicaciones militares, teléfonos celulares, radioaficionados, redes inalámbricas de computadoras, y otras numerosas aplicaciones de comunicaciones. La mayoría de las ondas de radio pasan libremente a través de la atmósfera de la Tierra. Sin embargo, algunas frecuencias pueden ser reflejadas o absorbidas por las partículas cargadas de la ionosfera. (EcuRed , 2019)

- **Velocidad de propagación**

Las ondas de radio se propagan a la velocidad de la luz. Es prácticamente constante y su valor es 300.000.000 metros por segundo o 162.000 millas náuticas por segundo.

- **Las unidades de frecuencia**

La Frecuencia se mide en Hercios (Hz). Un Hercio equivale a realizar un ciclo en segundo. Las frecuencias de radio son altas y por convenio internacional se suelen usar los siguientes múltiplos: Kilohercio (kHz): 1.000 Hz Megahercio (MHz): 1.000.000 Hz Gigahercio (GHz): 1.000.000.000 Hz Terahercio (THz): 1.000.000.000.000 Hz

- **Longitud de onda**

La longitud de onda de un a onda de radio se define como la distancia que recorre la onda de radio durante un ciclo. La longitud de onda va expresada normalmente en metros a excepción de si es menor que un metro, caso en el cual se expresa en centímetros o en milímetros.

- **Ecuación de una onda**

$$C = L \times F$$

C = Velocidad de luz (3 x 10⁸ metros X segundo)

L = Longitud de onda (300/F)

F = Frecuencia (MHz)

- **Transmisión y recepción**

Una onda de radio se origina cuando una partícula cargada (por ejemplo, un electrón) se excita a una frecuencia situada en la zona de radiofrecuencia (RF) del espectro electromagnético. Otros tipos de emisiones que caen fuera de la gama de RF son los rayos gamma, los rayos X, los rayos infrarrojos, los rayos ultravioletas y la luz.

Cuando la onda de radio actúa sobre un conductor eléctrico (la antena), induce en él un movimiento de la carga eléctrica (corriente eléctrica) que puede ser transformado en señales de audio u otro tipo de señales portadoras de información.

El emisor tiene como función producir una onda portadora, cuyas características son modificadas en función de las señales (audio o video) a transmitir. Propaga la onda portadora así modulada. El receptor capta la onda y la «demodula» para hacer llegar al espectador auditor tan solo la señal transmitida (EcuRed , 2019)

- **Propagación de onda de radio**

Para instalar una red inalámbrica y, en particular, ubicar los puntos de acceso a fin de obtener el máximo alcance posible, se deben conocer algunos datos con respecto a la propagación de las ondas de radio. Las ondas de radio (se abrevia RF por Radio Frequency) se propagan en línea recta en varias direcciones al mismo tiempo. En vacío, las ondas de radio se propagan a 3,108 m/s.

En cualquier otro medio, la señal se vuelve más débil debido a: la reflexión, la refracción, la difracción y la absorción. (EcuRed , 2019)

2.9.2. Bandas de Frecuencia.

Las bandas de frecuencia son intervalos de frecuencias del espectro electromagnético asignados a diferentes usos dentro de las radiocomunicaciones. Su uso está regulado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones y puede variar según el lugar. El espacio asignado a las diferentes bandas abarca el espectro de radiofrecuencia y está dividido en sectores. (ITU, 2016)

Tabla 3. Lista de bandas de Radio ITU

Número de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)			Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
4	VLF	3	30	kHz	Ondas miriamétricas	B.Mam
5	LF	30	300	kHz	Ondas kilométricas	B.km
6	MF	300	3.000	kHz	Ondas hectométricas	B.hm
7	HF	3	30	MHz	Ondas decamétricas	B.dam
8	VHF	30	300	MHz	Ondas métricas	B.m
9	UHF	300	3.000	MHz	Ondas decimétricas	B.dm
10	SHF	3	30	GHz	Ondas centimétricas	B.cm
11	EHF	30	300	GHz	Ondas milimétricas	B.mm
12		300	3.000	GHz	Ondas decimilimétricas	B.dmm
13		3	30	THz	Ondas centimilimétricas	B.cmm
14		30	300	THz	Ondas micrométricas	B.µm
15		300	3.000	THz	Ondas decimicrométricas	B.dµm

Fuente: ITU, 2016 , https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/v/R-REC-V.431-8-201508-I!!PDF-S.pdf

2.9.3. Los sistemas de microfónica inalámbrica.

Los escenarios repletos de cables procedentes de los micrófonos de los cantantes, guitarras, batería y otros instrumentos pueden llegar a convertirse en una auténtica selva de cables entrecruzados que acaban limitando la libertad de movimientos de los músicos en el escenario.

Los sistemas de microfonía inalámbrica convierten las señales de audio creadas por los micrófonos en señales de radio, que son enviadas de forma aérea por medio de un transmisor

hasta un receptor, que a su vez los pasa al sistema de sonido, eliminando la necesidad de cables sobre el escenario.

Gracias a los continuos avances y mejoras en cuanto a calidad de sonido y fiabilidad, los sistemas de microfonía inalámbrica son ahora más asequibles y populares que nunca y su uso va mucho más allá que los escenarios. Actualmente, es posible encontrar sistemas de microfonía inalámbrica en todo tipo de entornos: escuelas, centros de trabajo, salas de conferencias, gimnasios; en definitiva, en cualquier lugar en el que un intérprete o presentador necesite auténtica libertad de movimientos.

Un sistema de microfonía inalámbrica está formado básicamente por dos componentes: un transmisor y un receptor. La calidad del sonido se ve influida en gran medida por la cápsula del micrófono.

Existen dos tipos de transmisores – de mano o de petaca – que envían el sonido, sin usar cables, a un receptor inalámbrico colocado en la mesa de mezclas. El transmisor microfónico de mano integra el transmisor en el cuerpo del micrófono, por lo que dispone de las dos funciones en una única unidad.

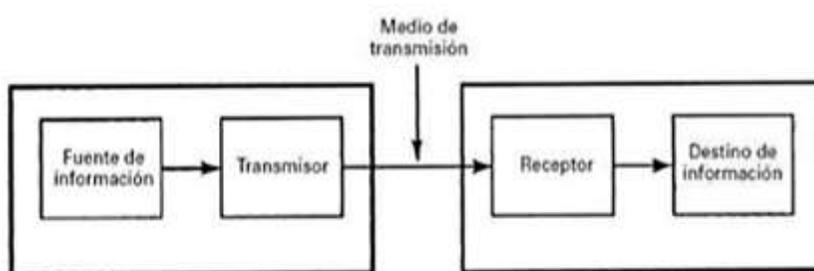
Los micrófonos lavalier, de diadema y de instrumento, así como los cables de guitarra deben conectarse en un transmisor de petaca para enviar su señal de audio. Los transmisores de tipo petaca pueden ser fijados fácilmente a la ropa, a un cinturón o a la bandolera de la guitarra.

Los receptores inalámbricos procesan las señales enviadas desde un micrófono de mano o desde un transmisor de petaca y las convierten en una señal eléctrica. Esa señal es enviada después a través de un cable al amplificador de guitarra o mesa de mezclas (Audio-Technica, 2019)

2.9.4. Sistemas electrónicos de comunicación.

La figura 11 muestra una vista simplificada sobre un sistema de comunicaciones que está compuesta por un transmisor, un medio de transmisión y un receptor. El transmisor es el encargado de captar la información y procesarla para poder ser transmitida a través de un medio, el medio de transmisión es el encargado de mover la información del emisor al receptor y esta conexión puede llegar a ser un cable de cobre, una línea de fibra óptica y hasta una onda electromagnética de radio logrando así mover la información por largas distancias y un receptor que recibe la señal, la decodifica para llevarla a su forma original (Tomasi,2003:300).

Figura 11. Diagrama de bloques simplificado de un sistema electrónico de comunicación



Fuente: Tomasi, 2003, pág. 300

2.9.5. Modulaci3n.

Transportar una se1al de informaci3n a trav3s de un cable met1lico por largas distancias es poco pr1ctico, a veces es necesario utilizar una se1al portadora que modula la informaci3n de origen con una se1al anal3gica de alta frecuencia. La se1al original modula a la se1al portadora modificando par1metros como frecuencia, amplitud y fase. B1sicamente la modulaci3n es el proceso de modificar alguna caracter1stica de la se1al portadora, en funci3n a las caracter1sticas de se1al a transmitir. Existen las comunicaciones electr3nicas anal3gicas y la digital, los dispositivos anal3gicos son aquellos que tanto su se1al portadora como la informaci3n a transferir, la emisi3n y la recepci3n de tal informaci3n se realiza de forma anal3gica (Tomasi, 2003:2).

Tipos de Modulaci3n

Un objetivo de las comunicaciones es utilizar una frecuencia portadora como frecuencia b1sica de comunicaci3n, pero modific1ndola utilizando un proceso denominado modulaci3n para codificar la informaci3n en la onda de la portadora. (Monter y R1os, 2019)

Existen tres aspectos b1sicos de la portadora que pueden modularse:

Amplitud

Frecuencia

Fase o 1ngulo

Las tres t3cnicas correspondientes son las siguientes:

Amplitud modulada (AM):

Amplitud modulada (AM) o modulación de amplitud es un tipo de modulación lineal que consiste en hacer variar la amplitud de la onda portadora de forma que esta cambie de acuerdo con las variaciones de nivel de la señal moduladora, que es la información que se va a transmitir.

AM es el acrónimo de Amplitude Modulation (en español: Modulación de Amplitud) la cual consiste en modificar la amplitud de una señal de alta frecuencia, denominada portadora, en función de una señal de baja frecuencia, denominada moduladora, la cual es la señal que contiene la información que se desea transmitir. (Monter y Ríos, 2019)

Frecuencia modulada (FM)

En telecomunicaciones, la frecuencia modulada (FM) o modulación de frecuencia es una modulación angular que transmite información a través de una onda portadora variando su frecuencia (contrastando esta con la amplitud modulada o modulación de amplitud (AM), en donde la amplitud de la onda es variada mientras que su frecuencia se mantiene constante). En aplicaciones analógicas, la frecuencia instantánea de la señal modulada es proporcional al valor instantáneo de la señal moduladora. (Monter y Ríos, 2019)

Modulación de fase (PM):

Tipo de modulación que se caracteriza porque la fase de la onda portadora varía directamente de acuerdo con la señal modulante, resultando una señal de modulación en fase. Se obtiene variando la fase de una señal portadora de amplitud constante, en forma directamente proporcional a la amplitud de la señal modulante. La modulación de fase no suele ser muy

utilizada porque se requieren equipos de recepción más complejos que los de frecuencia modulada.

La mayoría de los sistemas de comunicaciones utilizan alguna forma o combinación de estas tres técnicas de modulación básicas.

Casos extremos de estas técnicas incluyen los siguientes:

Codificación por desplazamiento de amplitud (ASK) — Eliminar por completo la amplitud

Codificación por desplazamiento de frecuencia (FSK) — Saltar a una frecuencia extrema

Codificación por desplazamiento de fase (PSK) — Desplazar la fase 180 grados. (Monter y Ríos, 2019)

2.9.6. Transmisión de radio frecuencia.

La transmisión de las ondas se produce al generar una corriente a través de un conductor, y se recibe con una antena.

Independientemente del tipo, los transmisores usualmente incluyen una única entrada de audio (línea o micrófono), controles e indicadores mínimos (potencia, ajustes de ganancia de audio) y una sola antena. Los transmisores portátiles están disponibles en tres diferentes formatos: bodypack, inalámbrico de mano y plug-on (ver figura 12). Cada uno de estos tiene diferentes tipos de entrada, controles, indicadores y antenas. La elección del tipo de transmisor a menudo está ligada por el tipo de fuente de entrada: los micrófonos de mano usualmente requieren transmisores de mano o plug-on, mientras que casi todas las demás fuentes se usan con los transmisores tipo bodypack. Los transmisores bodypack (a veces denominados “beltpack”) se

empaquetan normalmente en una carcasa rectangular del tamaño de un bolsillo de camisa. A menudo se les proporciona un clip que se sujeta a la ropa o cinturón. La entrada se realiza desde la fuente al bodypack a través de un cable, que se puede conectar de forma permanente o desmontable en un conector. Este conector puede permitir una variedad de fuentes de entrada para usar con un transmisor. Los controles del transmisor bodypack incluyen al menos un interruptor de potencia, un interruptor de silencio, ajuste de ganancia, atenuadores, limitadores y, en los sistemas sintonizables, una disposición para seleccionar frecuencia. Algunos transmisores están equipados con un indicador “pico” de audio. Finalmente, la antena para un transmisor bodypack puede tener la forma de un cable flexible (Vear, 2003:35).

Figura 12. Tipos de transmisores de izquierda a derecha: micrófono de mano inalámbrico, Bodypack, plug-on



Fuente: Vear. 2003, pág. 35

Los transmisores de mano, como su nombre lo indica, consisten en un elemento de micrófono vocal portátil integrado con un transmisor integrado en el mango. El paquete completo parece solo un poco más grande que un micrófono de mano con cable. Se puede llevar en la mano o montar un soporte para micrófono con un adaptador giratorio apropiado. Los transmisores “plug-on” son un tipo especial de transmisor diseñado para conectarse directamente a un micrófono de mano común, lo que permite que muchos micrófonos estándar se vuelvan “inalámbricos”. El transmisor está contenido en una pequeña carcasa rectangular o cilíndrica con un conector de entrada tipo XLR hembra. La tendencia hacia dispositivos más pequeños y más integrados seguramente continuará. Si bien los transmisores varían considerablemente su apariencia externa, internamente todos deben realizar la misma tarea. Es útil describir estos elementos para obtener una idea del rendimiento general y el uso de los sistemas de micrófonos inalámbricos (Vear, 2003: 35).

2.9.7. Receptor de radio frecuencia.

Un receptor es un dispositivo capaz de aceptar y de modular una señal de radio frecuencia, a fin de obtener la información o inteligencia contenida en ella.

Los receptores están disponibles en dos tipos de diseños, fijos y portátiles. Los receptores portátiles se parecen a los transmisores portátiles: se caracterizan por su tamaño pequeño. Las características importantes de los receptores se presentarán en el contexto de las unidades fijas, que muestran una mayor gama de opciones (Vear 2003:36)

Figura 13. Tipos de receptores



Fuente: Vear. 2003, pág. 36

Los receptores fijos ofrecen varias características externas: las salidas pueden incluir micrófono balanceado / des balanceado o nivel de línea, así como auriculares; indicadores de potencia y nivel de señal de audio y radio pueden estar presentes; los controles de potencia y nivel de salida usualmente están presentes; las antenas pueden ser removibles o fijas. Al igual que los transmisores, los receptores pueden variar mucho en el embalaje, pero en el interior deben lograr un objetivo común: recibir la señal de radio de manera eficiente y convertirla en una salida de señal de audio adecuada. Una vez más, será útil observar los principales elementos funcionales del receptor típico. (Vear 2003:36)

2.9.8. Tipos de interferencia.

Las interferencias pueden ser calificadas como el problema más frecuente cuando se trabaja con sistemas inalámbricos. Sus efectos pueden representar solo una molestia menor, o alcanzar una dimensión tal que llegue a hacer el sistema inalámbrico completamente inutilizable. Las interferencias graves no son tan comunes como a veces se supone, sobre todo cuando se toman algunas precauciones simples. Sin embargo, cuando esto ocurre, puede ser altamente frustrante. (Audio-Technica, 2020)

Hay tres tipos básicos de interferencias: la interferencia de radio frecuencia (RFI-Radio Frequency Interference), la interferencia eléctrica y la intermodulación.

La Interferencia por Radio Frecuencia (RFI)

Audiotechnica, una empresa líder en sistemas inalámbricos de microfonía y sistemas de monitoreo inalámbrico, nos muestra un amplio concepto sobre la *RFI*:

La Interferencia por Radio Frecuencia (RFI) es el tipo de interferencia causado por las señales de radio frecuencia (RF) producidas en o cerca de la frecuencia del receptor inalámbrico afectado. Las interferencias pueden ser producto de una transmisión intencionada, o pueden tener un carácter involuntario cuando son el resultado de algún defecto o característica no deseada en la fuente. No es necesario que la señal de interferencia esté exactamente en la misma frecuencia que el sistema inalámbrico para que sea problemático.

Algunos sistemas de microfonía inalámbrica operan en rangos de frecuencia que son compartidos con las transmisiones de televisión o diversos tipos de comunicaciones de radio, y esto puede provocar interferencias.

Otra fuente de interferencia RFI puede ser la presencia de otros transmisores de microfonía inalámbrica. En algunos casos, un sistema inalámbrico incluye un transmisor body-pack y uno de mano. A menos que se tenga considerable cuidado, no es raro tener ambos transmisores accidentalmente encendidos al mismo tiempo. En esta situación, el receptor producirá un tono de audio sumamente fuerte y el sistema será completamente inutilizable.

De forma similar, si dos sistemas inalámbricos pasan a usar la misma frecuencia, sólo podrá usarse un transmisor cada vez.

La existencia de otros sistemas inalámbricos cercanos es una posibilidad que debe tenerse en cuenta. Los sistemas inalámbricos pueden interferir entre sí a distancias de hasta 600 metros o más. Esto es de capital importancia cuando el sistema inalámbrico está siendo usado en entornos donde pueden coincidir simultáneamente varios sistemas operando al mismo tiempo, como ferias, congresos, etc.

Otra fuente de interferencia son los armónicos de las estaciones de radio FM y los transmisores de comunicaciones. Los potentes transmisores de estaciones de FM normalmente tienen una pequeña cantidad de salida al doble de su frecuencia operativa (el «segundo armónico»), y éste puede ser una fuente de interferencia para los sistemas inalámbricos que operan en la banda VHF de televisión. A menos que la potencia del transmisor sea alta y el transmisor esté cerca, es rara la interferencia de esta fuente. Aun así, es mejor evitar frecuencias inalámbricas que estén cerca de los armónicos de las estaciones locales de radio FM.

Las salidas espurias de varios tipos de equipos de radio frecuencia son una fuente ocasional de interferencia. Los sistemas de televisión por cable, los receptores de comunicaciones, los teléfonos inalámbricos, los mandos de apertura de puertas de garajes e incluso los receptores

domésticos de televisión y radio FM pueden causar interferencia en algunos casos que, si bien no son muy habituales, pueden ser perfectamente posibles. Cuando se hayan eliminado las fuentes obvias de interferencia, siempre es bueno sospechar de cualquier dispositivo electrónico capaz de transmitir o recibir una señal de radio frecuencia, o que use radio frecuencia en su funcionamiento.

La solución de los problemas de RFI casi siempre pasa o bien por la eliminación de la fuente de señal que está interfiriendo, o por cambiar la frecuencia operativa del sistema inalámbrico. (Audio-Technica, 2020)

La interferencia eléctrica

La interferencia eléctrica casi nunca es intencionada. Con pocas excepciones, el equipo que causa los problemas eléctricos de interferencia no ha sido diseñado para ser una fuente de energía de radio frecuencia. A menudo, la interferencia es el resultado de un defecto, fallo o problema de mantenimiento que puede corregirse más o menos fácilmente. Algunos tipos de equipo electrónico simplemente tienden a generar la interferencia en el curso normal de funcionamiento.

Se exige a los fabricantes que diseñen y fabriquen sus productos para que no causen interferencias dañinas. Los fabricantes hacen todo lo que pueden para cumplir con estas normativas, porque pueden sufrir multas graves por la venta de dispositivos que no cumplan con las normas.

No obstante, ciertos tipos de equipo, como los equipos de iluminación y maquinaria eléctrica industrial, no están cubiertos por estas normativas. Además, los equipos electrónicos que

cumplen con los requisitos gubernamentales, todavía pueden interferir con los sistemas inalámbricos si no se toman ciertas precauciones. El tiempo, el uso y el mantenimiento inadecuado también pueden pasar factura al equipo y pueden causar que se vuelva una fuente de interferencia en el futuro. (Audio-Technica, 2020)

Hay tres tipos básicos de interferencia eléctrica: el ruido del equipo eléctrico, el ruido generado por los dispositivos electrónicos como los ordenadores, y la interferencia de las fuentes naturales como los relámpagos. Quizás sorprendentemente, todas las formas de interferencia eléctrica son relativamente raras y responden a sólo un pequeño porcentaje de problemas de interferencia de todos los sistemas inalámbricos. En gran parte, esto se debe a que la reducción de las interferencias dañinas se ha vuelto una prioridad tanto para los gobiernos como para la industria en los últimos años. Las mejoras en el diseño del equipo inalámbrico también han contribuido.

Los retardos digitales, los procesadores de efectos digitales y otro equipamiento que contenga procesadores de señales digitales DSPs son más propensos a causar interferencias que los ordenadores.

Esto es porque tales dispositivos están a menudo montados en el mismo armario o bastidor del equipo como los receptores inalámbricos. Generalmente, este tipo de interferencia es sólo un problema cuando el receptor está cerca del dispositivo digital. Por ejemplo, un receptor inalámbrico que esté experimentando interferencia grave cuando se monta directamente sobre un dispositivo digital podría estar libre de problemas cuando se mueve tan solo a unos 30 centímetros de distancia de la unidad digital. (Audio-Technica, 2020)

Un dispositivo digital puede generar una interferencia que viaje de regreso a través del cableado de corriente alterna o los cables de audio, alcanzando así eventualmente al receptor inalámbrico.

A frecuencias más altas, la interferencia podrá viajar a veces por fuera de los cables al receptor. Separar físicamente los dispositivos y sus cables de corriente y de audio, normalmente minimizará el problema. En unos pocos casos, usar una fuente de alimentación independiente para el dispositivo digital o instalar un filtro de línea podría ser una solución eficaz. (Audio-Technica, 2020)

Las fuentes naturales

Las fuentes naturales, principalmente los relámpagos, responden a sólo un porcentaje muy pequeño de los problemas eléctricos de interferencia. Los diseños mejorados han hecho a los receptores menos vulnerables a los estallidos ruidosos de radio frecuencia de los relámpagos. Sin embargo, estos estallidos ruidosos en la línea de corriente alternan entrante pueden causar problemas a los receptores inalámbricos, sobre todo cuando el relámpago caiga sobre las líneas de corriente. En áreas donde los relámpagos son comunes, los protectores de sobretensión con los filtros de línea de corriente alternan de alto rendimiento pueden ser una sabia inversión. (Audio-Technica, 2020)

La maquinaria eléctrica y los sistemas de iluminación

La maquinaria eléctrica y los sistemas de iluminación son fuentes de interferencia eléctrica. En la mayoría de los casos, la interferencia es el resultado de las chispas, la formación de arcos y las descargas eléctricas. En muchos casos, la interferencia es producida por los dispositivos de control eléctricos como los controles de velocidad de un motor, los controladores de temperatura y los controladores de nivel de iluminación. El equipo de alto voltaje, sobre todo los letreros de neón, también es una fuente conocida de interferencia. (Audio-Technica, 2020)

La intermodulación

La intermodulación es un tipo de interferencia que aparece ocasionalmente en los sistemas de micrófonos inalámbricos. La intermodulación difiere de otras formas de interferencia en que ésta se crea en el propio sistema inalámbrico, no directamente por alguna fuente externa.

La interferencia debida a la intermodulación se produce por señales fuertes que generalmente no están cerca de esa frecuencia inalámbrica. En cambio, estas señales fuertes sobrecargan algún circuito en el receptor inalámbrico, causando que el circuito genere internamente armónicos de esas señales fuertes. Estos armónicos luego se combinan o mezclan en el receptor, para crear una nueva frecuencia que no estaba presente en la entrada del receptor. Esta nueva frecuencia creada, llamada «producto de intermodulación», interfiere con el sistema inalámbrico, de forma similar a otras fuentes de interferencia. (Audio-Technica, 2020)

2.9.9. Antenas

Hoy en día es rara la aplicación en directo en la que no tenemos que enfrentarnos a sistemas inalámbricos, por lo que es bueno conocer cómo funcionan y saber qué nos aporta cada uno, sobre todo en el caso de las antenas. Hay muchos tipos, y son las que van a marcar en gran medida la eficiencia de nuestro sistema. (Hispanic, 2017)

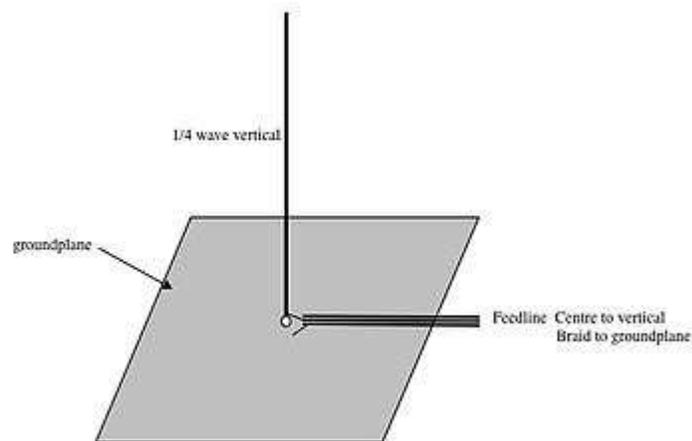
Tipos de antenas omnidireccionales. Son las que con más frecuencia nos vamos a encontrar en el día a día. Podemos diferenciar dos tipos.

Antenas de 1/4 de la longitud de onda monopolo

Sólo deben ser usadas cuando podamos montarlas directamente al receptor o distribuidor, dado que no permiten su posicionamiento remoto. Para poder realizar una recepción adecuada requieren de un plano de tierra (*ground plane*), el cual se recomienda que sea una superficie reflectante aproximadamente del mismo tamaño de la antena en al menos una dimensión.

Son las antenas que encontramos en la mayoría de transmisores de micrófonos de diadema, solapa... así como en los in-ears. Como su nombre indica, miden 1/4 de la longitud de la onda que captamos. (Hispasonic, 2016)

Figura 14. Antena de 1/4 de longitud de onda



Fuente: Hispasonic, 2016, <https://www.hispasonic.com/tutoriales/tipos-antenas-para-audio-inalambrico-guia-basica/42485>

Antenas de 1/2 de longitud de onda dipolo

Este tipo de antenas no necesitan plano de tierra, por lo que se pueden montar de manera remota. En teoría tienen 3 dBi más de ganancia frente a las de 1/4, aunque en la práctica pocas veces se cumple. (Hispasonic, 2016)

Si no necesitamos poner de manera remota nuestras antenas, no tenemos por qué cambiarnos a estas.

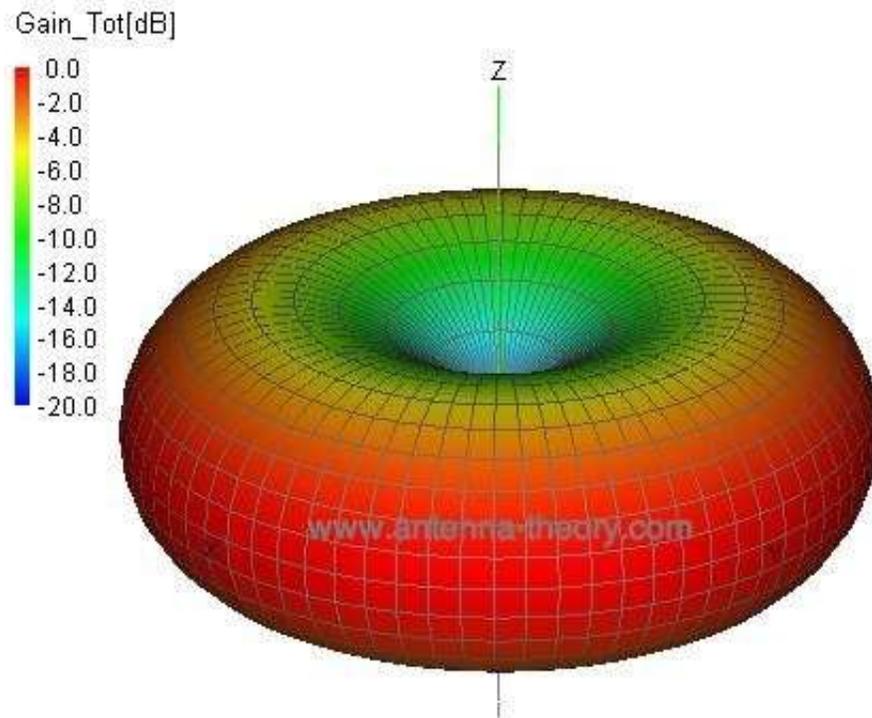
Figura 15. Antena de 1/2 de longitud de onda



Fuente: Hispasonic, 2016, <https://www.hispasonic.com/tutoriales/tipos-antenas-para-audio-inalambrico-guia-basica/42485>

Debemos recordar siempre que estas antenas tienen un patrón polar omnidireccional, por lo que no tiene ningún sentido apuntar su extremo hacia nuestra fuente transmisora, lo cual es muy habitual. (Hispasonic, 2016)

Figura 16. Antena omnidireccional



Fuente: Hispasonic, 2016, <https://www.hispasonic.com/tutoriales/tipos-antenas-para-audio-inalambrico-guia-basica/42485>

La antena omnidireccional en este caso sería la z. No debemos orientar el extremo de esta z (nuestra antena) a la fuente transmisora, dado que su patrón polar no actúa de esa manera como se puede ver en la imagen.

Si queremos tener una buena recepción con nuestras antenas omnidireccional bastará con:

- Orientarlas a la fuente transmisora respecto a su patrón polar.
- Ponerlas a una altura suficiente que evite obstáculos que puedan perjudicar a la recepción.
- Separar las antenas $1/4$ de la longitud de onda de nuestra onda a captar (aproximadamente) para tener una buena recepción diversity.
- Si estamos trabajando con varios receptores —cada uno con sus propias antenas— y queremos separarlos para que no interactúen entre ellos, siempre será más eficiente separarlos verticalmente que horizontalmente.
- Cuando usemos más de 4 sistemas inalámbricos es recomendable plantearnos usar un *antenna splitter*. (Hispanic, 2016)

Tipos de antenas unidireccionales

Para ciertas aplicaciones donde necesitamos cubrir grandes distancias, debemos sacrificar la cobertura que nos entregan las antenas omnidireccionales a cambio de una mayor ganancia. (Hispanic, 2016)

Log periodic antenna

Es uno de los tipos de antenas más extendidos a día de hoy. Seguramente por el nombre no nos suene tanto, pero después de ver esta foto seguro que sí:

Figura 17. Antena Log periodic antenna



Fuente: Hispasonic, 2016, <https://www.hispasonic.com/tutoriales/tipos-antenas-para-audio-inalambrico-guia-basica/42485>

Estas antenas tienen una sensibilidad proporcional que va disminuyendo según nos acercamos al final de la antena. Tienen buen rechazo frente a interferencias externas que no están en su rango de captación. Aun así, debemos tener en cuenta que estas antenas dentro de su rango de captación amplifican por igual la señal de RF que captan, por lo que si tenemos una interferencia dentro de nuestro rango a captar también se va a amplificar. En ese caso, nos puede interesar un *RF filter*. (Hispasonic, 2016)

Antena helicoidal

Este tipo de antenas están ganando gran popularidad gracias a su uso en sistemas de in-ear (como antena transmisora). (Hispasonic.com2016)

Figura 18. Antena helicoidal



Fuente: Hispasonic, 2016, <https://www.hispasonic.com/tutoriales/tipos-antenas-para-audio-inalambrico-guia-basica/42485>

Combinan la alta ganancia con un amplio rango de frecuencia. De hecho, tienen unos 12 dBi de ganancia respecto a los 7 del log periodic. A cambio, la cobertura es algo más estrecha: unos 60 grados respecto a los 120 que nos pueden ofrecer los *log periodic*.

Su uso extendido en in ears se debe a que estas antenas no discriminan respecto a la polarización. Es decir, debido a su transmisión circular, trabaja bien con antenas orientadas tanto horizontal como verticalmente. Y esto es muy importante, dado que el 95% de los in ear tienen antenas de $1/4$ de longitud de onda, de polarización fija, y eso causaba que cualquier movimiento del receptor generase *drop outs*. Con las antenas helicoidales dado su radiación de 360° evitamos esto.

Aparte de todo esto, es muy importante tener herramientas que nos permitan saber cómo está de saturado el espectro donde queremos poner nuestras frecuencias, dado que, aunque tengamos nuestras antenas bien colocadas, cualquier interferencia con mayor potencia de transmisión que nosotros nos va a tirar todo el trabajo por la borda. Pero eso da para otro tutorial. (Hispasonic, 2016)

Por último, aunque estas antenas son las más utilizadas, hoy en día existe un sinnúmero de antenas con distintas características. Por poner un ejemplo, este modelo nos aísla de interferencias externas creando una especie de "cueva F" en el escenario:

Figura 19. RF Spotlight



Fuente: Hispasonic, 2016, <https://www.hispasonic.com/tutoriales/tipos-antenas-para-audio-inalambrico-guia-basica/42485>

2.9.10. Analizador de Espectro de RF

Es el instrumento preferido para detectar e identificar fuentes de interferencia de RF y monitorear el estado de un sistema inalámbrico. Un analizador de espectro de RF mide la energía de RF sin procesar de las señales de radiofrecuencia transmitidas y ayuda al usuario al proporcionar una vista del entorno de RF local. Esta vista de RF se puede utilizar para ayudar a detectar la presencia de transmisiones de RF que son la fuente de interferencia. Con esta información, puede intentar localizar y eliminar la fuente de interferencia de RF o elegir reconfigurar su propio equipo inalámbrico para que funcione en un rango de frecuencia diferente del espectro de RF que sea menos propenso a la interferencia de RF. (www.rfexplorer.com)

Hardware. Descripción de los equipos que se encuentran en el medio local.

2.9.11. Rf Explorer

RF Explorer es el dispositivo más innovador en análisis de espectro de RF de bajo costo. Funciona como analizador de espectro de RF portátil e independiente y también como interfaz con una PC que ejecuta un software de análisis de datos más sofisticado. Hay varios modelos en la serie RF Explorer de analizadores de espectro de RF que abarcan diferentes rangos de frecuencia, desde 50 KHz hasta 6100 MHz. (RF Explore, 2020)

Figura 20. RF Explorer



Fuente: RF Explore, 2020, <http://rfexplorer.com/models/>

2.9.12. AXT600 Gestor de espectro Axient

El sistema de gestión de espectro Axient barre y visualiza el entorno RF, calcula las frecuencias compatibles y las despliega a los receptores Axient de una forma fácil y eficaz, por lo que ofrece una interfaz avanzada y toda la información necesaria para asignar las mejores frecuencias disponibles a cualquier número de canales inalámbricos. (Shure,2020)

Figura 21. AXT600 Gestor de espectro Axient



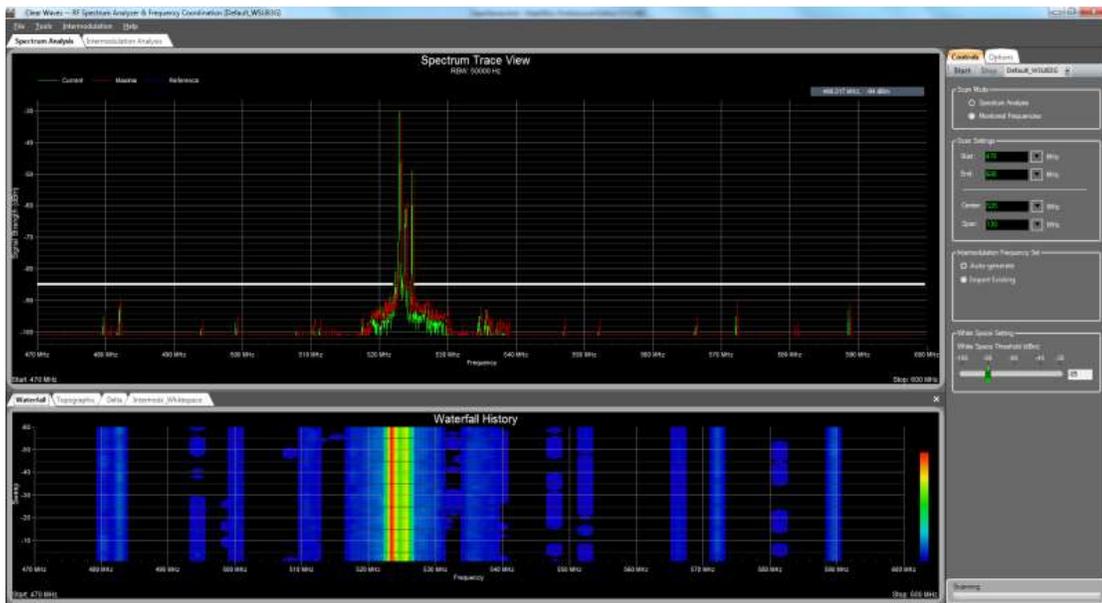
Fuente: Shure, 2020, <https://www.shure.com/es-LATAM/productos/accesorios/axt600>

Software. Se muestra el detalle del Software dedicado al análisis del espectro de Radio Frecuencia

2.9.13. Clear Waves

Es la próxima generación de analizador de espectro de RF basado en PC para las industrias de audio y video inalámbrico profesional que ofrece gráficos automáticos de espacios en blanco abiertos, coordinación de frecuencias y asignación de canales. (RF Explorer, 2020)

Figura 22. Clear waves



Fuente: Rf Explorer, 2020, <http://rfexplorer.com/white-space-finder/>

2.9.14. Wireless Workbench 6

Wireless Workbench ofrece un control total de los sistemas en red de Shure gracias a una interfaz muy completa que permite gestionar cada elemento de una actuación. Incluye el guardado de parámetros, la búsqueda de equipos de Shure, un gráfico detallado del espectro de RF y el área de trabajo de coordinación (Coordination Workspace). También incluye perfiles de una selección de dispositivos inalámbricos de otros fabricantes. (Shure, 2020)

Figura 23. Wireless Workbench 6 software



Fuente: Shure, <https://www.shure.es/productos/software/wwb6>

2.10. Protocolo

Protocolo es el conjunto de normas, reglas y conductas sociales a conocer, respetar o incorporar a nivel social, laboral e institucional. Su función es guiar o regular determinadas acciones para evitar incidencias y facilitar respeto, integración y comunicación. (Consolviar, 2020)

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Campo de investigación

El Teatro al aire libre Jaime Laredo está ubicado en el Parque Urbano Central de la ciudad de La Paz y por su enorme escenario han pasado todos los ritmos imaginables. El Teatro al Aire Libre «Jaime Laredo Unzueta» debe su nombre al violinista cochabambino que radica en Estados Unidos, donde es una figura reconocida. El escenario fue construido en 1951, cuando era alcalde de La Paz Luis Nardin Rivas. Se trata de un escenario tradicional que albergó a los artistas más importantes del país y fuera de él.

El teatro fue intervenido en distintas fases desde el año 2006, se trata de un espacio cuyos trabajos empezaron en el 2006 con la construcción de una nueva fachada que tiene un modelo circular que se edificó en base a una estructura liviana con tres ingresos y tres salidas y una boletería. En el 2009 el artista plástico Gastón Ugalde pintó el Mural del Bicentenario de la Revolución de 1809 en la fachada del Teatro al Aire Libre donde se plasmaron a los 200 personajes más simbólicos y destacados del ámbito paceño y nacional. Otra de las novedades en el Teatro es el escenario que cuenta con 300 metros cuadrados donde los artistas podrán desenvolverse con toda comodidad. Tiene un piso de hormigón y en el fondo cuenta con un elevador que ayudará a los artistas a emerger desde la parte del sótano haciendo apariciones interesantes.

Asimismo, se construyó un palco oficial situado en la parte superior del teatro distribuido en dos plantas con capacidad para 25 personas sentadas. Los artistas que pasen por este escenario contarán con todas las comodidades y servicios, así como sucede en los mejores escenarios a nivel internacional. Todos estos ambientes también contarán con el equipamiento, el mobiliario

respectivo, sistema de aire acondicionado y calefacción. El nuevo Teatro al Aire Libre Jaime Laredo espera a su público con graderías completamente mejoradas.

La capacidad del Teatro fue ampliada de siete mil hasta nueve mil personas sentadas. Además, se construyó un sistema de baterías sanitarias consiste en seis bloques ubicados en las partes laterales del Teatro. Existen otros teatros al aire libre en Bolivia, tal es el caso del teatro Ulises Hermosa en Cochabamba, teatro Luis Mendizábal Santa Cruz de la ciudad de Oruro y el teatro Mauro Núñez de la ciudad de Sucre en Chuquisaca. El teatro al aire libre Ulises Hermosa de Cochabamba fue construido el año 1996 al pie de la colina de San Pedro en la avenida Rubén Darío, el que fue inaugurado por Los Kjarkas.

Su diseño en forma de flor fue escenario de muy pocas presentaciones, siendo de poco agrado de la población y de muchos artistas que no quisieron volver a actuar allí, convirtiéndose en un elefante blanco todos estos años, porque no aporta social ni culturalmente, se ha deteriorado. Para los artistas, el sonido no es el mejor y el sol en las tardes contribuye a desafinar los instrumentos. El teatro al aire libre Mauro Núñez de Sucre, lleva el nombre de uno de los más grandes artistas bolivianos, por su multifacética actividad creativa siendo nombrado como el padre del folklore boliviano por su contribución al mismo, porque gracias a él la música boliviana y el charango tiene el tinte con el que hoy se conoce en todo el mundo, en homenaje a este artista es que el teatro al aire libre lleva su nombre, tiene una capacidad de 6000 personas. Oruro también cuenta con un teatro al aire libre Luis Mendizábal Santa Cruz, que se halla a seis cuadras de la plaza principal, inaugurado el año 1952, en este teatro se presentaron varios eventos tradicionales y festivales importantes regionales desde 1969, ahora su uso es eventual, como buena obra de ingeniería este espacio fue meticulosamente trabajado, cuya arquitectura cumple los cánones de la clásica construcción griega, siendo muy funcional. (www.bolivia.com)

3.2. Enfoque de investigación

El enfoque de la investigación es mixto, por ser cuantitativo y cualitativo. Es cuantitativo ya que permitirá cuantificar el espectro de radio frecuencia en un espectáculo en vivo para el teatro Jaime Laredo.

El enfoque también es cualitativo, porque permite estudiar la realidad del contexto del trabajo actual, tal y como suceden los hechos cuando existe una producción de espectáculos en vivo.

3.3. Tipo de investigación

Para la realización del presente trabajo, existen diversos tipos de investigación, sin embargo, el que más se adecua a la situación es la investigación exploratoria, descriptiva y comparativa.

Se pretende empezar la investigación como exploratoria, porque el objetivo es identificar el espectro libre de radio frecuencia para una producción de sonido en vivo para el teatro Jaime Laredo.

La investigación de tipo descriptiva es aquella que busca especificar el espectro de radio frecuencias para una producción de espectáculos en vivo para el teatro Jaime Laredo.

La investigación comparativa, permite comparar dos instrumentos que permiten comparar los resultados del espectro libre de radio frecuencias para el teatro Jaime Laredo mediante escaneos RF Explore y AXT 600 Shure.

3.4. Método de investigación

El método de investigación utilizado fue el deductivo, porque permite emplear un razonamiento para deducir conclusiones lógicas a partir de una serie de premisas o principios. Es un proceso de pensamiento que en el presente trabajo va de lo general a lo particular, permitiendo deducir hechos concretos a partir de ideas generales.

3.5. Técnicas de investigación a utilizar

La técnica de investigación aplicada en el trabajo es la Encuesta, Entrevista y Observación.

La encuesta personal, es el proceso más utilizado, ya que permitirá obtener resultados de la investigación, para ello se diseña un cuestionario estructurado para obtener información de primera mano de los técnicos e ingenieros a nivel local que tienen conocimiento sobre el instrumento de radio frecuencia.

La entrevista aplicada será a los profesionales en sonido en vivo que tienen conocimiento sobre el instrumento sobre radio frecuencia que utilizan AXT 600 Axient Spectrum Manager y el instrumento de radio frecuencia Explore.

La observación pasiva, permitiendo como investigador no involucrarse con el fenómeno estudiado, accediendo al teatro al aire libre Jaime Laredo cuando existen producciones de espectáculos en vivo para identificar los problemas con los sistemas inalámbricos, para posteriormente identificar a través de herramientas específicas el espectro de radio frecuencias.

3.6. Fuentes de información

- **Fuente primaria**

Se recurrió a las fuentes primarias, para su posterior interpretación y análisis, con el fin de llegar a una conclusión con el objetivo de lograr identificar el estudio del espectro de radio frecuencias para el teatro Jaime Laredo.

- **Fuente secundaria**

Se acudió también a fuentes secundarias, que comprende toda la información disponible para el presente trabajo acudiéndose a fuentes bibliográficas y textos académicos, fuentes documentales de los teatros existentes en Bolivia, internet, artículos científicos y otros.

3.7. Instrumentos de medición aplicados

Se aplicó la técnica de la encuesta cuyo instrumento utilizado es el cuestionario virtual cuyo cuestionario se encuentran en anexos.

Por otro lado, se utilizó la entrevista personal a los expertos que tienen conocimientos de más de 2 instrumentos de Radio Frecuencias en sonido en vivo el cual se realizó de manera virtual mediante el programa zoom contactando profesionales de México y Brasil

Se aplicó en la técnica de la Observación pasiva, el instrumento de Guía de Observación.

3.8 Diseño Muestral

- **Población**

En el presente proyecto se identifican dos unidades de análisis. La primera unidad de análisis (A) corresponde a los profesionales de espectáculos en vivo ya sean estos técnicos o ingenieros que se encuentran dentro del territorio nacional y que tienen conocimientos sobre la aplicación de algún instrumento de Radio Frecuencias para espectáculos en vivo.

-Descripción: todos los profesionales en sonido que tienen conocimientos sobre algún instrumento de Radio Frecuencias para espectáculos en vivo a nivel nacional.

La segunda unidad de análisis (B) están comprendido por aquellos ingenieros o técnicos de sonido que conocen más de dos instrumentos de Radio Frecuencia para espectáculos en vivo que trabajan y se hallan fuera del territorio nacional.

-Descripción: Este tipo de profesionales se desconoce el número poblacional existente, sin embargo, se procederá al levantamiento de información a través de contactos personales y profesionales.

- **Unidad de Muestreo**

“La muestra es, un sub conjunto de la población. Es un subgrupo de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que se llama población”.

(Hernández, Fernández y Baptista, 2010:175)

- **Método de muestreo**

La población de profesionales y técnicos en sonido que tienen conocimiento del instrumento de Radio Frecuencias en espectáculos en vivo se adapta a un método de muestreo no probabilístico, porque esta población es muy reducida y no es posible acceder a todos estos grupos de profesionales, por lo que tomar una muestra de esta población no es relevante.

- **Tamaño de muestra**

Considerando que esta población es pequeña y no exceden más de 5 profesionales en sonido con conocimientos en Radio frecuencias para sonido en vivo, muestreo que se utilizará será el intencional o de conveniencia, seleccionando aquellos técnicos e ingenieros en sonido que podrían contribuir con la investigación. Este método permite seleccionar la muestra con muchísima facilidad. (Fischer y Navarro, 2006:64)

Por tanto, considerando las actividades que realizan estos profesionales y técnicos en sonido y el poco tiempo disponible se considerara una muestra de 5 profesionales en sonido a nivel nacional y 3 profesionales extranjeros, que podrían colaborar con la investigación, cuyas encuestas y entrevistas estará relacionado a su conocimiento sobre el espectro de radio frecuencia para una producción en sonido en vivo y su conocimiento sobre los instrumentos de escaneos con RF Explore y ATX 600 Shure.

3.9. Procedimiento

Las encuestas realizadas fueron procesadas de forma manual para su posterior análisis y obtención de gráficos y su correspondiente interpretación de datos.

Con respecto a las entrevistas se realizó un análisis comparativo de cada una de las respuestas realizadas en cada pregunta.

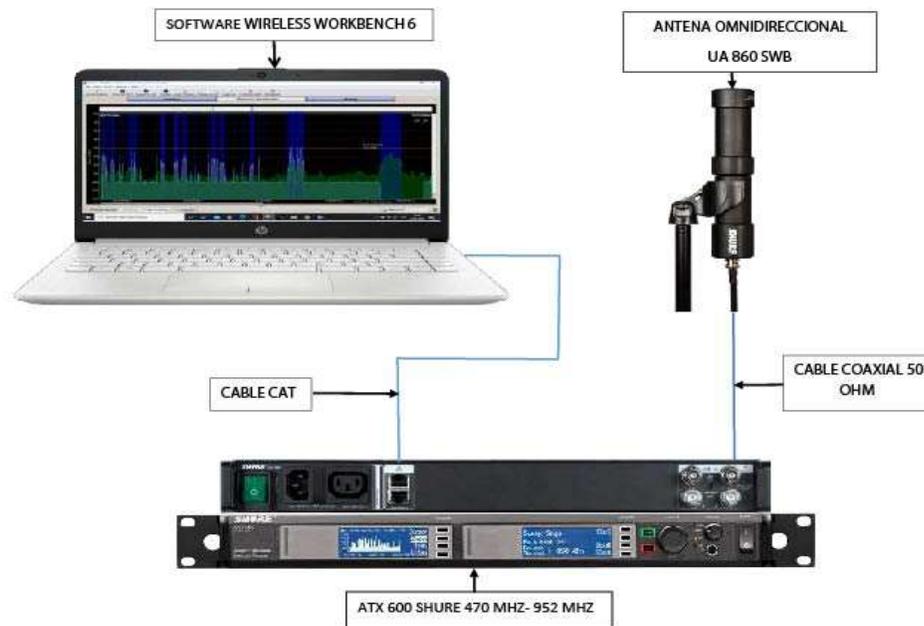
Con respecto al procedimiento de levantamiento de información de radio frecuencias en el teatro Jaime Laredo, se seguirá de acuerdo a la herramienta utilizada:

a) Escaneo de radio frecuencia con Atx 600

A continuación, se describe los pasos a seguir para el escaneo del espectro de radio frecuencia en el rango de 470 MHz a 608MHz

- Primero se conecta la **antena (UA860SWB)** mediante un cable coaxial a **ATX600**.
- Mediante un cable de **red** conectas **Atx600** a una laptop
- Instalación del **ATX 600**.
- En la laptop se procede al uso del software **Wireless Workbench 6**.
- Configuración y sincronización del sistema **ATX600** con la laptop.
- Se realiza el escaneo.
- Guardar la sesión del escaneo para su posterior análisis.

Figura 24. Procedimiento del escaneo de radio frecuencia con ATX 600-Shure



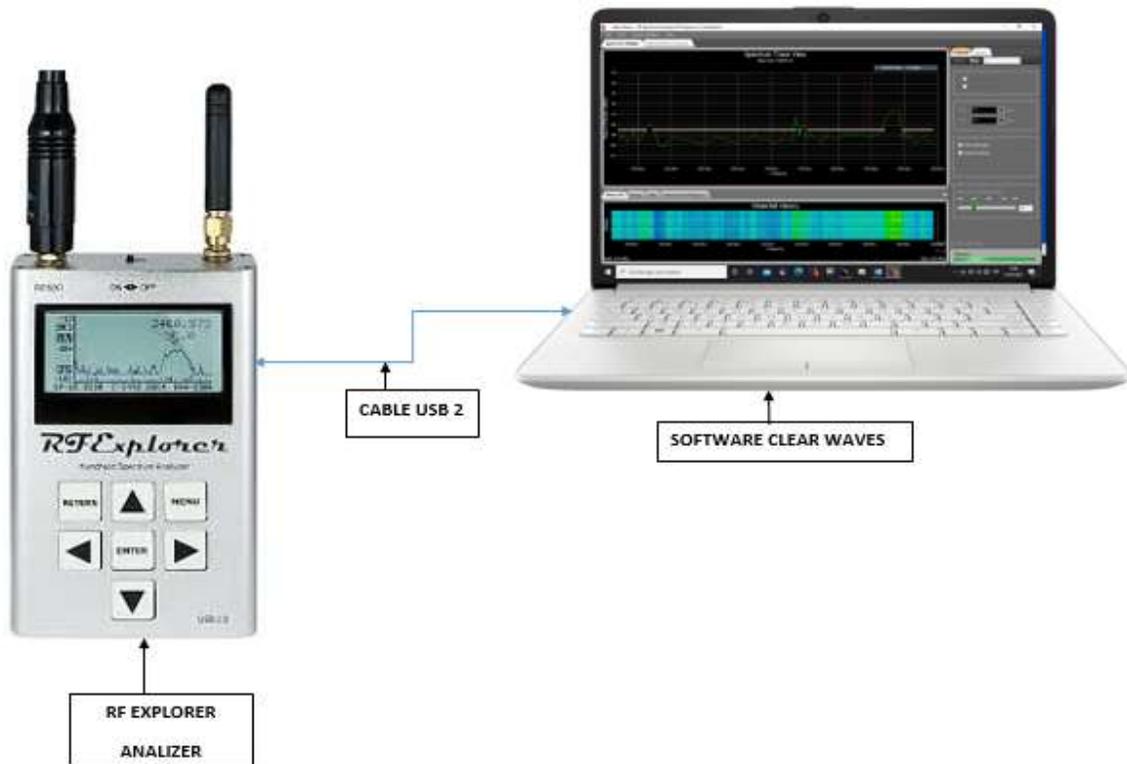
Fuente: Elaboración propia, 2020

b) Escaneo de radio frecuencia con RF Explore

A continuación, se describe los pasos a seguir para el escaneo del espectro de radio frecuencia en el rango de 470 MHz a 608MHz

- Instalar sus respectivas antenas al RF Explore
- Conectar RF Explore mediante un cable usb al laptop
- Hacer el uso del software Clear waves para el análisis.
- Seleccionar el rango de frecuencias para realizar el respectivo escaneo.
- Guardar la sesión del escaneo para su posterior análisis.

Figura 25. Procedimiento del escaneo de radio frecuencia con RF Explore



Fuente: Elaboración propia, 2020

3.10. Materiales

Los materiales que se utilizó en estudio del espectro de radio frecuencia del teatro al aire libre Jaime Laredo para una producción de espectáculo en vivo son los siguientes:

- Laptop
- Analizador de radio frecuencia ATX 600 Shure
- Analizador de radio frecuencia RF Explorer
- Antena omnidireccional UA860SWB Shure
- Cable usb
- Cable coaxial
- Software Clear waves
- Software Wireless Workbench 6

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se describen los resultados de la investigación obtenidos luego de la aplicación del correspondiente instrumento de recolección de datos, conformado por una encuesta dirigida hacia los profesionales y técnicos en sonido en vivo con conocimientos en radiofrecuencias que trabajan dentro el territorio boliviano. Por otro lado, profesionales ingenieros y técnicos en sonido concedieron una entrevista abierta, fueron aquellos de nacionalidad mexicana, colombiana que trabajan específicamente en radiofrecuencia en shows en vivo de gran envergadura. Finalmente se procedió a la observación para identificar qué tipo de herramientas son utilizadas para identificar el espectro libre de RF a nivel nacional e internacional.

Los datos a continuación suministrados, son sometidos a un proceso analítico e interpretativo de la información obtenida en la fase de recolección de datos, en el caso de los instrumentos utilizados, el análisis de los resultados fue de tipo cuantitativo a través de una presentación de datos mediante gráficos y tablas, además de los resultados de tipo cualitativo mediante elaboración de matrices.

Luego de esta primera parte correspondiente al análisis de los resultados, se presenta la discusión de los mismos, donde se incluyó una evaluación de las principales tendencias obtenidas con base a los objetivos específicos en el Capítulo I, donde se fundamenta de acuerdo a los autores citados en el Capítulo II de la investigación.

4.1. Análisis e interpretación de resultados de las encuestas

Las siguientes encuestas (ANEXO 1) se realizaron a los profesionales técnicos en sonido que tienen conocimientos y experiencia en el manejo de RF en sonido en vivo.

Las cinco personas que contribuyeron con el estudio son profesionales de nacionalidad boliviana que se desempeñan como técnicos o ingenieros de sonido dentro el territorio nacional.

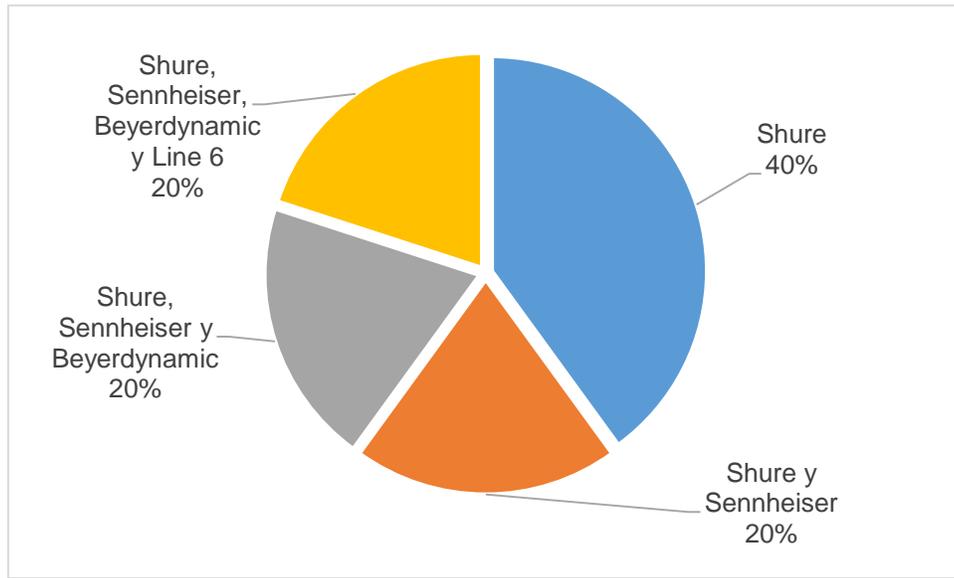
Tabla 4. Porcentajes de personas que utiliza sistemas inalámbricos

	Frecuencia	Porcentaje
Válidos Si	5	100 %

Fuente: Elaboración propia, 2020

Observando la tabla se puede decir que todos los encuestados contestaron afirmativamente a la pregunta respecto, si utiliza algún sistema inalámbrico en un espectáculo en vivo, que pueden ser entre sistemas de micrófonos inalámbricos, sistemas de monitoreo inalámbrico u otros.

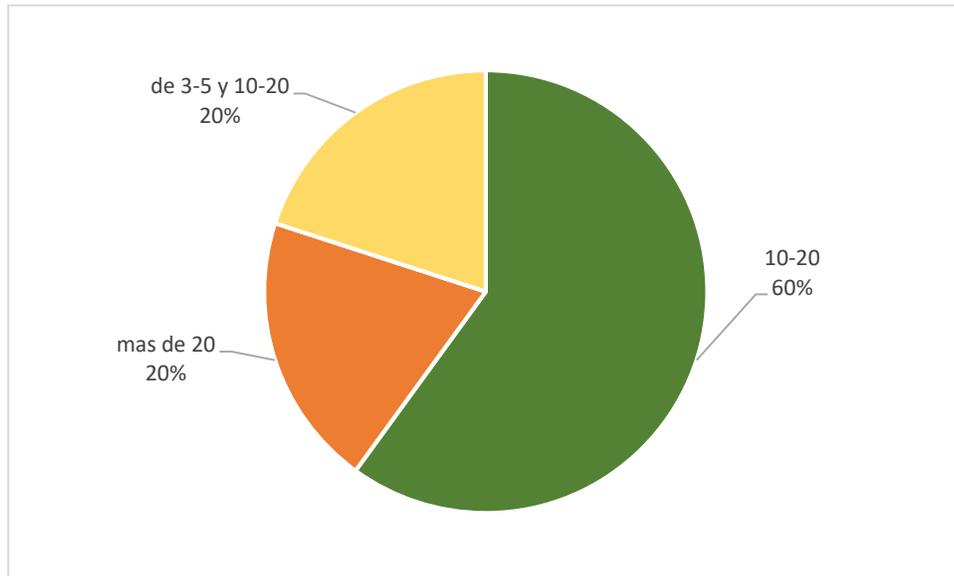
Gráfico 1. Porcentaje de marcas de sistemas inalámbricos que utilizan en un espectáculo en vivo



Fuente: Elaboración propia, 2020

En el gráfico 1 se puede observar las marcas más utilizadas y conocidas por los ingenieros en sonido que contribuyeron con las encuestas, destacando Shure con el 40%, de las respuestas seguida por las marcas Sennheiser, Beyerdynamic y Line 6 de acuerdo a las preferencias y modo de uso que tiene cada profesional.

Gráfico 2. Porcentaje de cuantos sistemas inalámbricos utiliza en un espectáculo en vivo



Fuente: Elaboración propia, 2020

En el gráfico 2 se puede ver la cantidad de sistemas inalámbricos que utilizan los técnicos de sonido cuando se hallan trabajando en un espectáculo en vivo.

Destaca con un alto porcentaje del 60% aquellos que utilizan entre 10 a 20 sistemas inalámbricos.

En menor proporción respondieron que utilizan de 3 a 5 sistemas inalámbricos y de 10 a 20 con el 20% de las respuestas y otro 20% respondió que utiliza más de 20 sistemas inalámbricos.

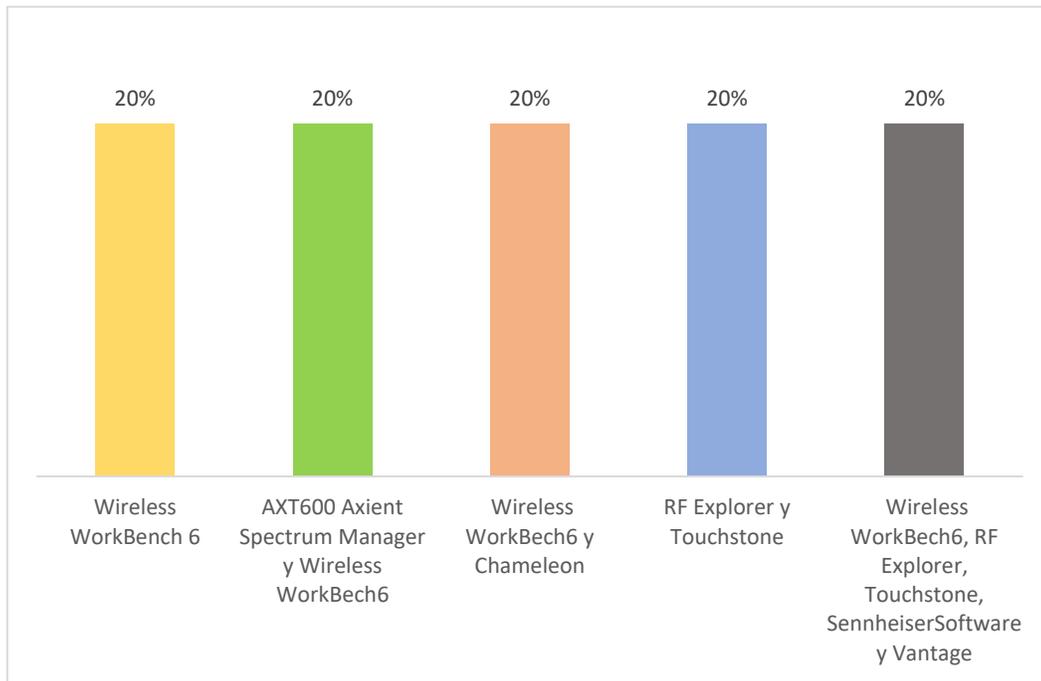
Tabla 5. Porcentaje de personas que tuvieron algún problema de interferencia al utilizar sistemas inalámbricos

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Si	5	100,0	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia, 2020

Como se puede ver en la tabla 5, el 100% de los profesionales en sonido encuestados respondieron que si se les ha presentado problemas de interferencia al utilizar sistemas inalámbricos cuando están en un espectáculo en vivo.

Gráfico 3. Instrumentos de análisis de radio frecuencia que utilizan los técnicos de sonidos



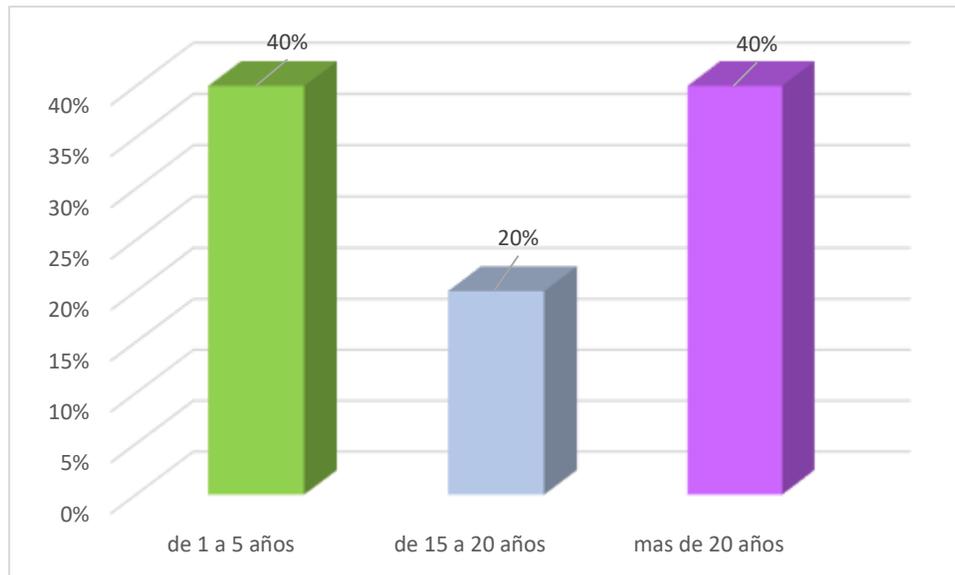
Fuente: Elaboración propia, 2020

Como se puede advertir en el gráfico 3, los instrumentos de análisis de radio frecuencia que más utiliza cuando realiza sonido en vivo son entre 1 a 4 tipos de instrumentos.

Unos ingenieros respondieron que utilizan los instrumentos Wireless WorkBench 6 con el 20% de respuestas, otros utilizan AXT600 Axient Spectrum Manager y Wireless Work Bech 6 con el 20% de las respuestas, por otro lado, también utilizan Wireless WorkBech 6 y Chameleon con el 20% resultados, otros utilizan RF Explorer y Touchstone con el 20% y finalmente otros

utilizan Wireless WorkBech 6, RF Explorer, Touchstone, Sennheiser Software y Vantage con el 20%.

Gráfico 4. Años de experiencia que tienen trabajando en espectáculo en vivo

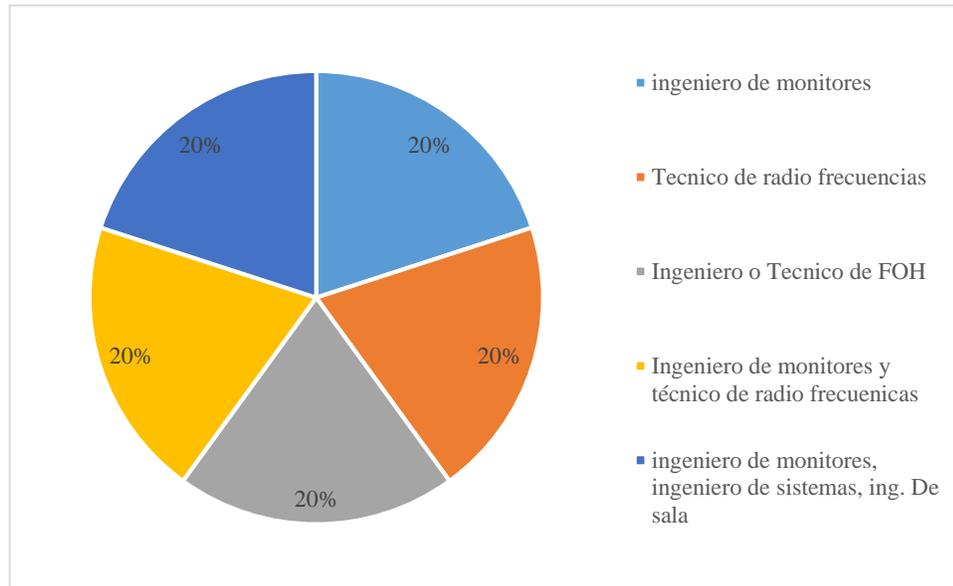


Fuente: Elaboración propia, 2020

Cuando se preguntó a los profesionales en sonido cuantos años se dedican a trabajar en espectáculos en vivo como técnicos en sonido, lo que se pretendió fue conocer los años de experiencia que tienen. Destacan con el 40% aquellos ingenieros que respondieron que tienen experiencia entre 1 a 5 años y aquellos que tienen más de 20 años de conocimiento y experiencia, respectivamente cada uno, tan solo el 20% de los profesionales respondió que tiene trabajando entre 15 a 20 años.

Significa este resultado que los ingenieros o técnicos de sonido dentro del territorio nacional utilizan las radio frecuencias en espectáculos en vivo.

Gráfico 5. Áreas en las que trabajan los ingenieros o técnicos de sonido



Fuente: Elaboración propia, 2020

Cuando se preguntó a los profesionales que contribuyeron con las encuestas que función realizan en un espectáculo en vivo, sus respuestas fueron variadas, desde aquellos que desempeñan funciones como ingenieros en monitores, técnicos de radio frecuencia, Ingeniero o técnico de F.O.H, ingeniero de sistemas e ingenieros de salas.

Significando que, son diversas las funciones que realiza un profesional cuando realiza un espectáculo en vivo, además de desempeñar funciones previas como el montaje de distribuidores y antenas adecuadas para transmisión, recepción asignando frecuencias libres a los sistemas de sonido.

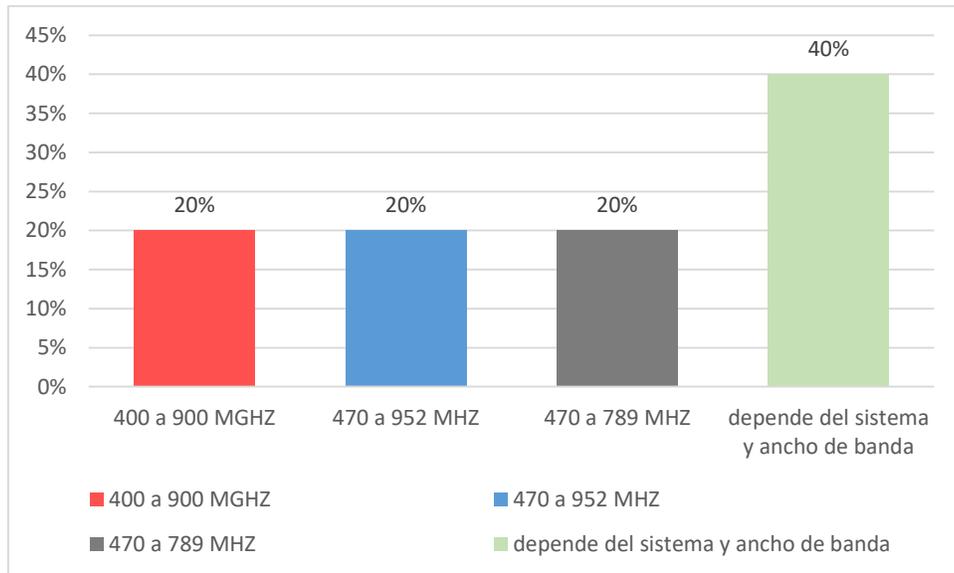
Tabla 6. Porcentaje de conocimiento del desempeño que realiza un ingeniero o técnico de radio frecuencia en un espectáculo en vivo

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Si	5	100,0	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia, 2020

En la tabla 6 se observa que el 100% de los profesionales encuestados respondieron que Si tienen conocimientos del desempeño que realiza un ingeniero o técnico de Radio Frecuencias en un show en vivo.

Gráfico 6. Porcentaje de rango de frecuencias que escanean

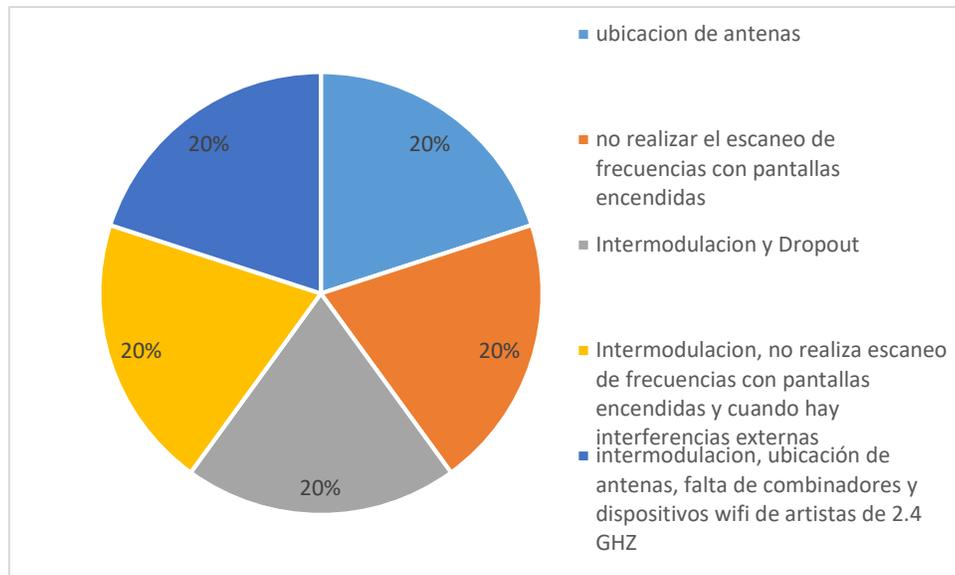


Fuente: Elaboración propia, 2020

Con respecto a los rangos de frecuencia, se puede decir que existe rangos de frecuencias amplios que pueden variar entre 400 a 900 MHZ, por lo que las respuestas presentadas en el grafico 6, dependen del sistema y del ancho de banda que utilice al momento de realizar el escaneo.

Los ingenieros y técnicos en sonido en vivo utilizan unos entre 400 a 900 MHZ, otros entre 470 a 952 MHZ y otros entre 470 a 789 MHZ con el 20% de las respuestas respectivamente cada uno.

Gráfico 7. Porcentaje de problemas de radio frecuencia que los técnicos de sonido enfrentan en un espectáculo en vivo



Fuente: Elaboración propia, 2020

En el gráfico 7 se observan los problemas de radio frecuencia que se le presenta al ingeniero o técnico en sonido cuando controla un show en vivo. De forma equitativa respondieron que se presentan problemas de ubicación de antenas, problemas de intermodulación, Dropout, cuando no realizan escaneo de frecuencias con pantallas encendidas, cuando existen interferencias externas o cuando faltan combinadores y dispositivos wifi de artistas cuando estos adquieren productos de 2.4 GHZ.

Tabla 7. Respuestas sobre el desempeño que realiza un ingeniero o técnico de radio frecuencia en un espectáculo en vivo

1. Coordinar y administrar las radio frecuencias de los dispositivos inalámbricos, para su óptimo funcionamiento
2. Conocer todos los dispositivos, que trabajen con señal de RF , por tanto, es crucial la presencia y la comunicación con este profesional de todos los dispositivos a utilizar en el evento, desde seguridad, crew de artistas, crew de producción logística y técnica, pirotecnia, etc.
3. Garantizar la estabilidad de los sistemas inalámbricos de transmisión y recepción
4. Coordinar todos los equipos necesarios y) o que se vayan a usar en el evento (sistemas, antenas, distancias, frecuencias, etc). Monitorear el comportamiento de RF durante el evento considerando las variables nuevas como el público y dispositivos movibles contaminando el lugar.
5. El tener todos los sistemas inalámbricos funcionando sin interferencia.

Fuente: Elaboración propia, 2020

4.2. Resultados de las entrevistas

En el presente análisis de datos cualitativos se utilizó la herramienta de la entrevista y se aplicó la técnica de reducción de datos, los que a continuación se analizan.

Un primer aspecto del procesamiento de la información tiene que ver con la organización de los datos disponibles. Esta organización pasa por varias etapas: una primera meramente descriptiva, donde se hace acopio de toda la información obtenida, de una manera bastante textual. Una segunda, en la que se segmenta ese conjunto inicial de datos, a partir de unas categorías descriptivas que han emergido de los mismos y que permiten una reagrupación y una lectura distinta de esos mismos datos. Una tercera en la cual, a partir de la interrelación de las categorías descriptivas identificadas y la construcción de categorías de segundo orden o axiales, se estructura la presentación sintética y conceptualizada de los datos.

Frente al último paso enunciado, algunos autores, como Miles y Huberman (1994), han ideado procedimientos como el de elaboración de matrices, a partir de los cuales, es posible hacer un barrido sistemático de los datos e identificar relaciones, "invisibles" hasta ese momento. En total, estos autores enuncian 13 tácticas, que ellos denominan, de generación de significación, en contraposición a igual número orientadas a la prueba o confirmación de hallazgos. Los entrevistados que contribuyeron con el estudio se presentan en el siguiente orden. (Sandoval, 1996:151)

Los ingenieros entrevistados que contribuyeron con la presente investigación a continuación se presenta una breve descripción de su experiencia en sonido en vivo.

Ing. Pravda Garza – México

Ingeniero en audio desde hace más de veinte años. Iniciando en la radio, posteriormente en estudio de grabación y post-producción, se ha dedicado particularmente al audio en vivo y live recording. Ha sido ingeniero de grabación de grupos como Lacrimosa y Salón Victoria e ingeniero en vivo de artistas y grupos como lo son Gloria Gaynor, Los Rastrillos, Salón Victoria, Paty Cantú, The Cranes, entre otros.

Actualmente es ingeniero de monitores con Los Ángeles Azules y soporte técnico de diversas marcas de audio profesional y comercial como Shure.

Ing. Alejandro Peralta – México

Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones con especialidad en Comunicaciones en (ITESM-CEM, Tec de Monterrey, Campus Estado de México). Se formó en música, arreglo y composición, armonía moderna, piano, percusiones y batería.

Trabajó 15 años como Ingeniero de aplicaciones para Shure México, Nexo, MIDAS entre otras marcas. También como Ingeniero de soporte técnico y aplicaciones para América Latina en Bose Corporation.

Ha trabajado como coordinador de RF en festivales como Corona Capital, Pal Norte, Coordinada, Hell and Heaven, Estamos Unidos Mexicanos, Vive Latino, Cumbre Tajín, Formula 1 y en el 2017 fue invitado por el Ing. James Stoffo a ser parte del crew de RF en los Latin Grammy.

Actualmente es Trainer oficial de Armonía Plus para Powersoft, consultor de RF y Sistemas de Refuerzo Sonoro e Ingeniero de Audio (RF y Sistemas) con Margarita la Diosa de la Cumbia.

Ing. Juan David Moreno – Colombia

Ingeniero de Sonido egresado de la Universidad de San Buenaventura. Es especialista en el diseño, control y gestión de sistemas RF debido a su participación en seminarios de Shure, entre ellos: Seminario Avanzado de Desarrollo de Mercado, Shure Advance Wireless Seminar y Advance RF and Frequency Coordination. Estudió el diplomado Music Masters en la Universidad Javeriana, un diplomado de Gerencia de Mercado en la Universidad de la Sabana, y el Seminario de Calibración en la Escuela de Música y Audio Fernando Sor. Fundó la empresa Radio Spectrum la cual realiza asesoría, capacitación y coordinación de radio frecuencia para todo tipo de escenario con tecnología inalámbrica en eventos de gran envergadura como Estéreo Picnic, Carlos Vives y Sus Amigos, Viña del Mar. Actualmente trabaja en Yamaki como desarrollador de mercado de Shure, Tascam y Aviom para Colombia.

En ese mismo orden se presentan las interpretaciones a continuación:

Uso de sistemas inalámbricos

Se puede deducir:

- Todos coinciden en que SI utilizan sistemas inalámbricos

Los profesionales entrevistados de la ciudad de México y Sao Paulo manifiestan que utilizan sistemas inalámbricos en los espectáculos en vivo, tales como micrófonos, auriculares.

Marcas de sistemas inalámbricos que son utilizados en espectáculos en vivo

Con referencia a este criterio, los entrevistados, refirieron lo siguiente:

R 1.- Trato preferentemente que sea Shure

R 2.-Lo que más uso yo en vivo es SHURE, SENHEHEISER Y DEYERDINAMIC estoy empezando a utilizar más porque en el mercado de México y Latinoamérica se están haciendo más presentes

R 3.- Generalmente en la mayoría de los shows utilizo SHURE y SENHEHEISER.

Cuadro 1. Marcas de sistemas inalámbricos que son utilizados en espectáculo en vivo

N°	Categoría	Sub categoría		Análisis de unidad	Análisis comparado cruzado	Síntesis	Conclusión
A	Primera preferencia	A1	Prefiere SHURE	SHURE	Primera preferencia Shure	Todos coinciden que prefieren utilizan SHURE	SHURE es la marca de sistemas inalámbricos más presente en Latinoamérica
		A2	Más usa en vivo SHURE SENHEHEISER Y DEYERDINAMIC	SHURE SENHEHEISER Y DEYERDINAMIC		Como otras opciones de preferencia esta SENHEHEISER	
		A3	en la mayoría de los shows utilizo SHURE y SENHEHEISER	SHURE y SENHEHEISER			

Fuente: Elaboración propia, 2020

De lo visto anteriormente, todos coinciden en que prefieren utilizar SHURE, y como otras opciones de preferencia esta SENHEHEISER

La interpretación, es que SHURE es la marca de sistemas inalámbricos más presente en Latinoamérica

Cantidad de sistemas inalámbricos utilizados en un show en vivo

Los entrevistados respondieron sobre la cantidad de sistemas utilizados, de la siguiente forma:

R 1.- Por lo general más de 20 sistemas inalámbricos

R 2.- Cuando el show es de un solo artista podemos llegar a utilizar entre 20 a 30 frecuencias a la vez, todo depende del artista. Pero actualmente en cualquier show en los que yo trabajo por lo menos se utilizan de 10 canales para arriba.

Pero si hablamos de un festival, se necesitan más de 100 frecuencias

R 3.- Más de 20

Cuadro 2. Cantidad de sistemas inalámbricos que se utiliza en un espectáculo en vivo

N°	Categoría	Sub categoría		Análisis de unidad	Análisis comparado cruzado	Síntesis	Conclusión
A	Más de 10 sistemas inalámbricos	A1	Por lo general más de 20 sistemas inalámbricos	20 sistemas inalámbricos	En Shows en vivo	En shows en vivo utilizan de 10 y muchas veces más de 20 sistemas inalámbricos	Todos los ingenieros entrevistados coinciden que en un show en vivo utilizan más de 20 sistemas inalámbricos y en festivales hasta 100 sistemas inalámbricos
		A2	Con un solo artista más de 20 sistemas inalámbricos				
		A3	Con algunos artistas 10 sistemas inalámbricos	10 sistemas inalámbricos			
B	100 sistemas inalámbricos	A4	En festivales más de 100 sistemas inalámbricos	100 sistemas inalámbricos	En festivales	En festivales utilizan 100 sistemas inalámbricos	

Fuente: Elaboración propia, 2020

En espectáculos en vivo utilizan de 10 o más de 20 sistemas inalámbricos, y en festivales utilizan hasta 100 sistemas inalámbricos.

Problemas de interferencia utilizando sistemas inalámbricos

Al ser consultados sobre la existencia de problemas, los profesionales indicaron los siguiente:

- Si, varias veces
- En los shows siempre uno tiene que realizar ajustes sobre todo de interferencias

Llegando a la conclusión de que en un espectáculo en vivo siempre se presentan problemas por interferencias.

Instrumentos de análisis de radio frecuencia utilizados

De una lista de instrumentos de medición, los profesionales indicaron sus preferidos en las respuestas mostradas:

R 1.- AXT600 Axient Spectrum Manager

- Wireless WorkBench 6
- RF Explorer
- Touchstone
- Sennheiser Software

R 2.- El más utilizado es el AXT600, este lo uso mucho cuando se puede. También el Wireless WorkBench 6 y estas son mis dos herramientas. De repente el RF Explorer.

Pero desde mi punto de vista, si la persona tiene la capacidad de usar el AXT 600, esa es la herramienta que más recomiendo.

R 3.- Utilizó el AXT600 como primera medida, utilizo el RF Explorer, también el WorkBench que va atado a la AXT600

Cuadro 3. Instrumentos de análisis de Radio Frecuencia utilizados

Nº	Categoría	Sub categoría		Análisis de unidad	Análisis comparado cruzado	Síntesis	Conclusión
A	Primera opción	A1	AXT600 Axient Spectrum Manager	El más utilizado como primera medida	Prefieren utilizar AXT600	Todos prefieren utilizar AXT600 Axient Spectrum Manager, pero también utilizan RF Explorer, Wireless WorkBench	Todos coinciden en utilizar AXT600 Axient Spectrum Manager
	Segunda opción	A2	Wireless WorkBench 6 RF Explorer	Otras herramientas utilizadas			
B	Otros	A3	Touchstone Sennheiser Software	Reconocen que utilizan también otras herramientas de RF		Otros instrumentos	

Fuente: Elaboración propia, 2020

El análisis de síntesis fue que todos prefieren utilizar AXT600 Axient Spectrum Manager, pero también como segundas opciones utilizan RF Explorer, Wireless WorkBench

Finalmente, todos coinciden en utilizar AXT600 Axient Spectrum Manager.

Número de años en los que trabaja en espectáculos en vivo

El análisis de síntesis, desde el año 1999, ya son 22 años de trayectoria; desde el año 1994 son 27 años; y finalmente desde hace 11 años.

La interpretación final es que todos tienen más de 11 años de experiencia trabajando como técnicos de sonido en un espectáculo en vivo.

Funciones realizadas en un espectáculo en vivo

R1.- Normalmente hago monitores, y también hago conexión de radio frecuencias.

R2.- De manera tradicional me dedico a la ingeniería en sistemas, y a radio frecuencia. Ocasionalmente me toca mezclar con sala o monitores. También he hecho producción técnica.

R 3.- Soy coordinador de Redes

Cuadro 4. Funciones que realiza en un show en vivo

N°	Categoría	Sub categoría		Análisis de unidad	Análisis comparado cruzado	Síntesis	Conclusión
A	Monitores Conexión de RF	A1	Hago monitores y conexión de Radio Frecuencias	Monitores Conexión RF	Monitores Conexión RF	Principalmente realizan Monitores Conexión RF	Monitores y conexión RF
B	Otras funciones	B1	Mezclar sala o monitores	Mezcla de sala	Mezcla de sala	Otras funciones como mezcla de sala y Reverd	
		B2	Coordinación de Reverd	Reverd	Reverd		

Fuente: Elaboración propia, 2020

El análisis de síntesis fue:

- Principalmente realizan monitores y conexión RF

La interpretación es:

La función principal en un show en vivo es realizar monitores y conexión RF

Conocimientos del desempeño que realiza un ingeniero o técnico de radio frecuencia en un espectáculo en vivo

El análisis de síntesis fue:

- Totalmente que sí.

La interpretación es:

Los expertos entrevistados conocen completamente el desempeño que realiza un ingeniero o técnico de radio frecuencia en un espectáculo en vivo.

Rangos de frecuencia para la realización del escaneo previo

Respuestas de los rangos de frecuencia que acostumbran trabajar son los siguientes:

R1.- Normalmente de 470 a 700 Mhz

R2.- Cuando había sistemas Vhf el escaneo empezaba desde los 160 Mhz hasta los 220 Mhz. Cuando salieron los sistemas Uhf el espectro en aquella época empezaba desde los 700 a los 900 Mhz, después por los reajustes del espectro cambio. El espectro que yo he barrido para hacer show en toda mi carrera es desde los 160 Mhz que es Vhf hasta aproximadamente 2.4 Gigas, hay sistemas en 6 Gigas, pero esos no los he usado.

R3.- De 470 a 698 Mhz. Pero ahora como han ido cambiando algunas tecnologías, ahora realizamos los escaneos desde los 470 para hacer la coordinación de frecuencias de radios y subimos hasta más arriba a los 2.4 Ghz. También para algunos sistemas como drones y algunos aparatos especiales que se mueven en 2.4 Ghz.

Cuadro 5. Rangos de frecuencia para la realización del escaneo previo

N°	Categoría	Sub categoría		Análisis de unidad	Análisis comparado cruzado	Síntesis	Conclusión
A	Escaneo en Sistema UHF normal	A1	Cuando había sistemas Vhf el escaneo empezaba desde los 160 Mhz hasta 220 Mhz	Cuando había sistema Vhf	Sistema Vhf	Actualmente se usa desde 470 Mhz a 700 Mhz	Los rangos de frecuencia actualmente utilizados para realzar los escaneos son entre 470 Mhz a 700 Mhz y de 470 Mhz a 2.4 Ghz
		A2	470 a 700 Mhz				
	Escaneo Cambio de tecnología	A3	160 Mhz 2.4 Ghz	Reajuste del espectro de RF	Identifican que el uso de nuevas tecnologías amplia el hasta 2.4 Ghz	Actualmente usan desde 470 Mhz hasta 2.4 Ghz	
		A4	470 Mhz a 2.4 Ghz	Aplicación en nuevas tecnologías como drones			

Fuente: Elaboración propia, 2020

Haciendo un análisis final:

- Se usa desde 470 Mhz a 700 Mhz en sistemas UHF normal.
- Actualmente usan desde 470 Mhz hasta 2.4 Ghz por el cambio de tecnología.

La interpretación es:

Los rangos de frecuencia actualmente utilizados para realzar los escaneos son entre 470 Mhz a 700 Mhz y de 470 Mhz a 2.4 Ghz

Problemas de radio frecuencia que se tuvo en algún espectáculo en vivo

Los entrevistados respondieron sobre los problemas que enfrentan en un espectáculo en vivo.

R1.- Varios, desde intermodulación, poco espacio para poner equipos. También cuando existen marcas diferentes.

R2.- Las problemáticas que yo he tenido es nadie entiende que no debe prender unos inalámbricos cuando otros están utilizando otros inalámbricos sin consultar al encargado de la radio frecuencia, entonces los problemas más comunes que he tenido es que alguien prende los micrófonos sin avisar, por tanto, si el micrófono está en una frecuencia similar o muy cercana a la que estoy usando, genera interferencia.

R3.- He tenido problemas con intermodulaciones, he tenido problemas de interferencia como de personas de prensa u otras personas que llegan a la mitad de un show y encienden sus sistemas inalámbricos y queda muy cerca o a la misma frecuencia de alguno de los músicos, gracias a Dios no cerca al cantante principal pero cerca de algunos de los músicos. Hemos tenido problemas también con las pantallas led, a veces la cercanía de las pantallas led hace un fenómeno y empieza a inhibir y empieza a cortar el sistema inalámbrico del músico como tal.

Cuadro 6. Problemas de radio frecuencia que se tuvo en un espectáculo en vivo

N°	Categoría	Sub categoría		Análisis de unidad	Análisis comparado cruzado	Síntesis	Conclusión
A	Problemas Técnicos	A1	Desde intermodulación, poco espacio para equipos	Considera que hay Problemas de intermodulación	Identifican que los problemas técnicos de intermodulación y cercanía a pantallas led producen interferencia	Son los problemas de intermodulación y la cercanía a las pantallas led el problema	Considera que los problemas de radio frecuencia se da por la intermodulación, por la cercanía de las pantallas led, además de existir
		A2	Cercanía de las pantallas led hace un fenómeno y empieza a cortar el sistema inalámbrico del músico	Considera que la cercanía de las pantallas led es el problema			
B	Problemas comunicación	A3	Personas que prenden sus inalámbricos cuando otros utilizan otras marcas	Considera que personas que prenden sus sistemas inalámbricos son el problema	Se identifica que existen problemas de comunicación con el encargado	Identifican que los problemas de comunicación con el encargado es el problema	problemas de falta de comunicación con el encargado de RF
		A4	Prenden micrófonos sin avisar, generando interferencia	Considera que la falta de consulta al encargado es el problema			

Fuente: Elaboración propia, 2020

El análisis de síntesis fue:

- Las principales causas son los problemas de intermodulación y la cercanía a las pantallas led.
- Identifican que las falencias de comunicación con el encargado es el problema

Haciendo una interpretación final, los problemas de radio frecuencia se da por la intermodulación, por la cercanía de las pantallas led, además de existir problemas de falta de comunicación con el encargado de Radio Frecuencia.

Desempeño de un ingeniero o técnico de radio frecuencia en un espectáculo en vivo

Los entrevistados respondieron en que área se desempeñan.

R1.- El desempeño de un ingeniero o técnico en radio frecuencia, lo más importante es evitar (no puede decir garantizar porque puede emitir muchas cuestiones que cambian todo el tiempo) pero si tratar de asegurar los menores costes que pueda existir, garantizar una transmisión estable y que no exista interferencia entre equipos. Puede haber cuestiones que de la nada llegan a pasar, puede aparecer una intermodulación o se prende de un equipo, lo que se busca es tratar de evitar eso o solucionarlo de una manera rápida. Sobre todo, garantizar que esas transmisiones sean lo más clara y estable posible.

R2.- Un ingeniero o técnico de RF es uno de los perfiles que urge tener en los espectáculos en vivo.

El trabajo que hace el ingeniero es coordinar todos los sistemas que transmite ya sea sonido, video, datos de control al mismo tiempo, en el mismo espacio físico.

El desempeño que realiza un ingeniero de Radio Frecuencia es coordinar que todo funcione al mismo tiempo sin tener inconvenientes entre ellos y obviamente solucionar esos problemas cuando están generando una problemática que pueden ser:

- Las frecuencias están mal calculadas
- Porque las antenas están mal colocadas
- Porque los cables están mal colocados

El ingeniero de Radio Frecuencia debe resolver problemas de transmisión y recepción de señales (sonido, video, control de iluminación).

Un técnico de RF lo que hace es solucionar, optimizar la transmisión de los sistemas que utilizan señales inalámbricas para poder llevar a cabo su función.

R3.- El trabajo de un Ingeniero de RF tiene que ser todo lo que es el análisis del espectro antes del espectáculo, durante, y que permita que haya toda una coordinación de frecuencias y de los sistemas inalámbricos para que todos puedan operar en simultaneo o de manera organizada, hay que tener un esquema, un plan, para que absolutamente todos los shows y todas las bandas puedan correr sin ningún problema.

Algunos piensan que se analiza solo el día en que van empezar el show, es antes de show, durante el show y cuando finaliza el show, esto lo que permite es que haya un buen desempeño, deber revisar las RF y en algunos casos también debe ser la persona encargada de poder entregar los sistemas inalámbricos a los músicos y devolver otra vez para que todo sea organizado.

Debe tener conocimientos de RF, obviamente también de cables, antenas, posicionamiento de antenas y demás para la realización de evento.

Cuadro 7. Desempeño de un ingeniero o técnico de radio frecuencia en un espectáculo en vivo

N°	Categoría	Sub categoría	Análisis de unidad	Análisis comparado cruzado	Síntesis	Conclusión
A	Garantizar transmisión estable	A1	Tratar de asegurar los menores costes que puedan, garantizar una transmisión estable y que no haya interferencia entre equipos.	Garantizar una transmisión estable y que no haya interferencia entre equipos	Garantizar una transmisión estable y que no haya interferencia entre equipos, que todo funcione al mismo tiempo si hay problemas solucionar esos problemas	El ingeniero o técnico de radio frecuencias en un show en vivo, debe garantizar una transmisión estable, coordinar las frecuencias de los sistemas inalámbricos, antes del show, durante el show y después del show.
	Solucionar y optimizar la transmisión de los sistemas	A2	El desempeño que realiza el ingeniero o técnico RF es coordinar que todo funcione al mismo tiempo sin tener problemáticas entre ellos y obviamente solucionar esos problemas cuando están generando problemática. Lo que hace es solucionar, optimizar la transmisión de los sistemas que utilizan señales inalámbricas para poder llevar acabo su función.	Coordinar que todo funcione al mismo tiempo, si hay problemas solucionar esos problemas, optimizando la transmisión de los sistemas que utilizan señal inalámbrica		
	Coordinación de frecuencias y de los sistemas inalámbricos	A3	Un ingeniero tiene que ver todo lo que es el análisis del espectro antes del show, durante el show, que permita que haya toda una coordinación de frecuencias y de los sistemas inalámbricos para que todos puedan operar en simultáneo o de manera organizada.	Realizar un análisis del espectro antes del show, durante el show y después del show que permita que haya toda una coordinación de frecuencias y de los sistemas inalámbricos	Realizar un análisis del espectro antes del show, durante el show y después del show Coordinación de frecuencias y de los sistemas inalámbricos	

Fuente: Elaboración propia, 2020

El desempeño de un técnico de Radio Frecuencia es:

- Garantizar una transmisión estable si hay problemas solucionar esos problemas
- Coordinación de frecuencias y de los sistemas inalámbricos

El ingeniero o técnico de radio frecuencias en un show en vivo, debe garantizar una transmisión estable, coordinar las frecuencias de los sistemas inalámbricos, antes del espectáculo, durante el espectáculo y después del espectáculo.

Herramienta de preferencia AXT600 vs RF Explorer

Los entrevistados respondieron su preferencia entre las dos diferentes herramientas para un escaneo de radio frecuencia.

R1.- Entre el RF Explore y el AXT 600, prefiero el AXT 600 sin duda.

Porque el AXT600 tiene mejor filtro, tiene mejor resolución para poder ver el espectro tal cual.

El RF Explore tiene herramientas que puedes utilizar, pero su gráfica no es tan precisa o tan clara sobre todo en lugares congestionados, donde no se puede interpretar bien, entonces tienes que tener bastante experiencia y entendiendo que es lo que pasa y poder traducir que es lo que está diciéndote o mostrando el aparato cuando, a diferencia del RF Explorer, el AXT600 te lo grafica bastante bien.

Además, que el AXT600 spectrum manager te puede entregar una coordinación, te puede entregar una frecuencia sin necesidad de cargarlo a otro software.

R2.- Prefiero el AXT 600 porque me permite ver mucho del espectro en una ventana más grande. Una de las diferencias entre RF explore y el AXT600 es que el AXT600 tiene 8 filtros de barrido, en cambio el RF Explore te barre el ancho de banda que tu defines, entonces con el RF mientras estás viendo una parte del espectro estas dejando de ver otra parte del espectro.

Una segunda razón es que con el AXT600 puedo tener una relación de historia de cambios en el espectro, a lo mejor en el transcurso del día apareció y desapareció algo y tengo forma de verlo con una línea de tiempo que tiene la AXT600.

Se puede modular el sonido o la información de señales que se vea en el espectro siempre y cuando sean transmisiones analógicas, si las transmisiones son digitales ya no se puede por la modulación.

Otra razón por la que prefiero el AXT600 es por la resolución que tienen las gráficas, no me gustan las gráficas cuadrículadas, sino me gustan las gráficas con una mejor resolución que me permita ver detalles. Por qué el AXT600 me permite ver detalles que si tuviera un receptor no los alcanzo a ver.

El RF explore lo uso cuando lo uso con un software de RF Venue que se llama bandpass porque ese software si hace un barrido completo del ancho de banda.

R3.- yo prefiero el AXT 600 porque es una herramienta más profesional, más allá de eso es porque la AXT600 tiene una integración junto con el software de nosotros y el software de nosotros hizo una alianza con casi todas las marcas de sistemas inalámbricos donde tenemos la información de cómo estos sistemas inalámbricos operan y yo pueda hacer con el AXT600 junto con el software de nosotros que es gratuito una coordinación de frecuencias tanto para SHURE como para otras marcas puedo imprimir reportes, puedo hacer un análisis del espectro mucho más avanzados, es por eso que prefiero esta herramienta.

Aunque el RF Explorer es bueno, el software me permite monitorear, pero no me deja entrar mucho más allá, por eso necesitamos utilizar otro tipo de herramientas que me permite este tipo de interacción que me pueda entregar tabla, entregar algunos reportes donde pueda hacer algunas mediciones de RF un poco más especializadas, donde pueda grabar eso que se pudo hacer por esta razón, voy un poco más allá y prefiero el AXT 600.

Aparte el AXT600 que trabaja con el sistema de nosotros que permite la entrega de frecuencias de respaldo de manera automática donde el sistema va cambiar de frecuencias muy rápido, casi siempre sin que el público lo note, pero esto es posible solo con el AXT600 que es el único que guarda frecuencias en la carpeta y las monitorea en tiempo real.

Cuadro 8. Herramientas de preferencia AXT600 vs RF Explorer

N ^o	Categoría	Sub categoría	Análisis de unidad	Análisis comparado cruzado	Síntesis	Conclusión	
A	Resolución AXT600 y resolución RF Explorer	A1	El AXT600 tiene mejor filtro, tiene mejor resolución para poder ver el espectro tal cual. Además, que el AXT600 puede entregar una coordinación, te puede entregar una frecuencia sin necesidad de cargarlo a otro software. El RF Explore tiene herramientas que puedes utilizar pero su gráfica no es tan precisa o tan clara sobre todo en lugares congestionados no se puede interpretar bien.	El AXT600 tiene mejor filtro, mejor resolución para poder ver el espectro tal cual. En cambio el RF Explorer su gráfica no es tan precisa o tan clara sobre todo en lugares congestionados	El AXT600 tiene mejor filtro, mejor resolución para poder ver el espectro tal cual.	El AXT600 tiene mejor filtro, mejor resolución	El AXT600 es una herramienta mucho más completa que el RF Explorer.
	Espectro electromagnético o con AXT 600 y RF Explorer	A2	Prefiero el AXT 600 porque me permite ver mucho del espectro en una ventana más grande. El AXT600 tiene 8 filtros de barrido, en cambio el RF explore te barre el ancho de banda que tu defines, entonces con el RF mientras estás viendo una parte del espectro estas dejando de ver otra parte del espectro. El AXT600 puedo tener una relación de historia de cambios en el espectro. El AXT600 proporciona graficas de buena resolución	El AXT 600 permite ver mucho mejor del espectro en una ventana más grande, tiene 8 filtros de barrido. Se puede tener una relación de historia de cambios en el espectro y proporciona graficas de buena resolución. En cambio el RF explore barre el ancho de banda que uno define, sin embargo solo se puede ver una parte del espectro.	El AXT 600 permite ver mucho mejor del espectro en una ventana más grande, proporciona graficas de buena resolución	El AXT 600 permite ver mejor del espectro en una ventana más grande, proporciona graficas de buena resolución	
	Proporción de reportes de AXT600 y RF Explorer	A3	Prefiero el AXT 600 puedo imprimir reportes, puedo hacer un análisis del espectro mucho más avanzados. El AXT600 permite la entrega de frecuencias de respaldo de manera automática donde el sistema va cambiar de frecuencias muy rápido, casi siempre sin que el público lo note pero esto es posible solo con el AXT600 que es el único que guarda frecuencias en la carpeta y las monitorea en tiempo real. Aunque el RF Explorer es bueno el software me permite monitorear pero no me deja entrar mucho más allá	el AXT 600 puedo imprimir reportes, permite hacer un análisis del espectro mucho más avanzados, permite la entrega de frecuencias de respaldo de manera automática donde el sistema va cambiar de frecuencias muy rápido, es el único que guarda frecuencias en la carpeta y las monitorea en tiempo real. El RF Explorer es bueno, el software permite monitorear pero no deja entrar mucho más allá.	El AXT 600 permite hacer un análisis del espectro mucho más avanzado, es el único que guarda frecuencias en la carpeta y las monitorea en tiempo real.	El AXT 600 es el único que guarda frecuencias en la carpeta y las monitorea en tiempo real.	

Fuente: Elaboración propia, 2020

Entonces se puede decir que el AXT600 tiene mejor filtro, una mejor resolución, nos permite ver mucho mejor el espectro en una ventana más grande, proporciona graficas de buena resolución y es el único que guarda frecuencias en la carpeta y las monitorea en tiempo real.

El AXT600 es una herramienta mucho más completa que el RF Explorer.

4.3. Resultados de la observación

A continuación, se presentan los resultados de la aplicación de dos tipos de herramientas de gestión de RF para el escaneo o exploración del espectro para el teatro al aire libre “Jaime Laredo”, estas herramientas son el AXT600 y RF Explorer como los más utilizados por los ingenieros en RF los que de acuerdo a las entrevistas confirman que son las herramientas más utilizadas, cuyos resultados a continuación se presenta:

4.3.1. Escaneo por rangos

En este apartado se muestran los resultados arrojados mediante la herramienta AXT600 por rangos, con la finalidad de lograr identificar una mejor interpretación del espectro libre de radio frecuencias, además, es la herramienta con mejor definición gráfica.

Gráfico 8. Resultados con AXT600 (entre 470 Mhz a 518 Mhz)



Fuente: Elaboración propia, 2020

En el grafico 8 se puede observar, el rango de espectro electromagnético de radio frecuencias que arrojó el AXT600 entre 470 MHz a 518 MHz, en el teatro al aire libre Jaime Laredo.

El grafico 8 muestra en la parte inferior izquierda la categoría TV que corresponde a las frecuencias ocupadas y libres por distintos canales digitales. Destacando con *color rojo* los canales ocupados, es decir aquellos espacios que están ocupados a los cuales no se puede acceder porque significaría una interferencia o ruido para el músico y con *color azul* los canales libres donde si es posible acceder.

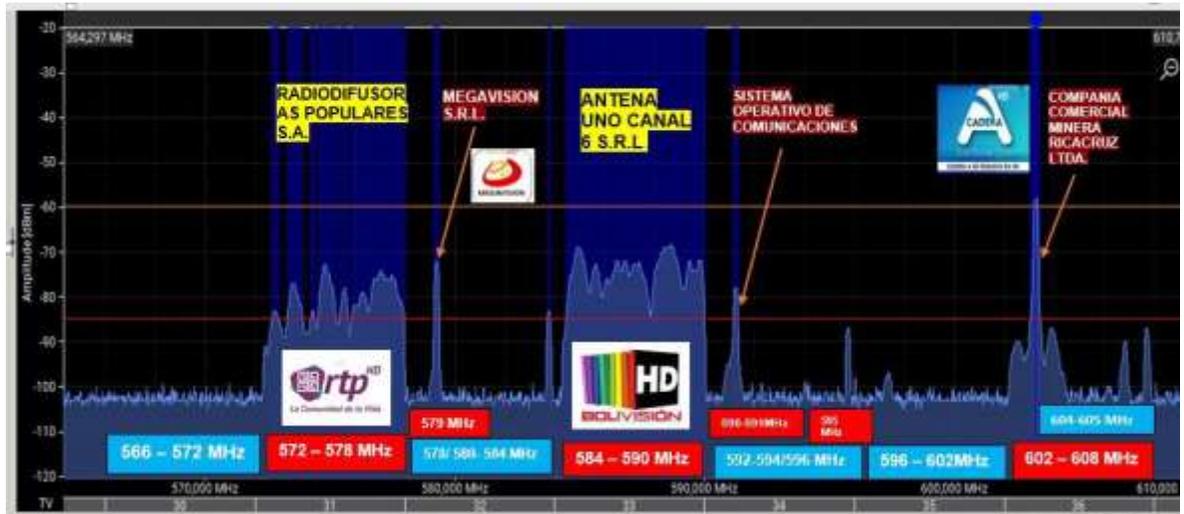
Los canales de televisión digitales son los que ocupan todo el espectro, tal es el caso del canal 14 ocupado por la *Red Universitaria de Información RED RUBI de la Universidad Mayor de San Andrés*, ocupando todo el rango de 470 MHz a 476 MHz y el canal 16 ocupado por la *Empresa Estatal de Televisión "Bolivia TV"* que ocupa el rango de 482 MHz a 488 MHz, por tanto, estos canales tienen amplitud alta y su radio de frecuencia ocupa todo un canal.

Se puede observar también que existen canales análogos con señales bajas que no ocupan todo el espectro, como Televisión Cosmos Universitaria que ocupa una parte del canal TV 15, *Copacabana de Televisión S.R.L. CTV* que se halla ubicada en el canal de TV 18 y *Gigavision La Paz Illimani S.R.L* que se halla en el canal de TV 21.

Los rangos libres que puede ocupar el teatro Jaime Laredo están entre 478 MHz a 482 MHz, el canal 17 de rango 488 MHz a 494 MHz y un amplio espacio entre los canales 19 y 20 de rango de 500 MHz a 512 MHz. Por tanto, estos espacios libres identificados permitirán posesionar los sistemas inalámbricos que se utilizan en un espectáculo en vivo.

que son ocupados por canales análogos. Además, queda completamente libre el canal 29 como se observa en el gráfico.

Gráfico 10. Resultados con AXT600 (entre 566 MHz a 608 MHz)



Fuente: Elaboración propia, 2020

En el gráfico 10 se demuestra el resultado de la herramienta AXT600 Shure, entre el rango 566 MHz y 608 MHz.

En este rango se puede ver que los espacios que están ocupados por los medios digitales están en el canal 31 Radio difusoras Populares S.A. RTP que ocupa todo el rango de 572 MHz a 578 MHz, el canal 33 ocupado por Antena Uno Canal 6 S.R.L. que ocupa todo el rango de 584 MHz a 590 MHz los que ocupan todo el rango.

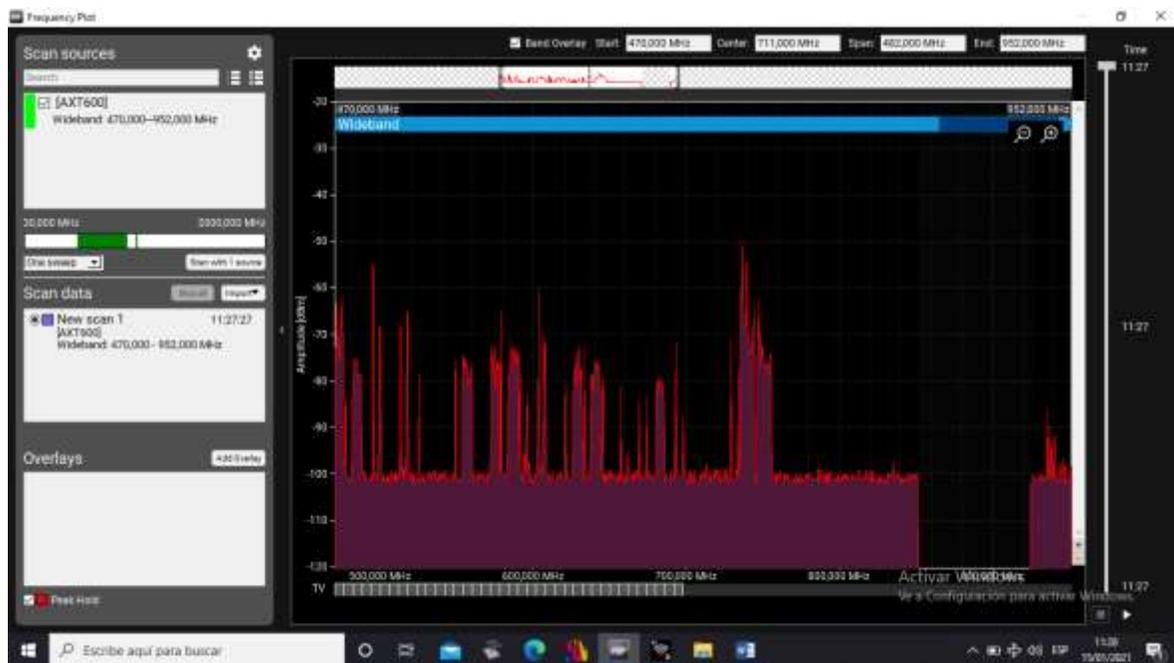
Los canales análogos que llegan al teatro al aire libre, pero con señales bajas que ocupan un rango del espectro son Megavisión S.R.L que ocupa una parte del canal 32 que ocupa el rango 579 MHz, un rango del canal 34 ocupado por Sistema Operativo de Comunicaciones que ocupa de 590 MHz a 591 MHz y un rango del canal 36 que es ocupado por la Compañía Comercial Minera Rica Cruz Ltda. Conocida como Cadena A que ocupa 603 MHz de este canal.

Respecto a los espacios libres para el uso del Teatro al aire libre Jaime Laredo están entre los siguientes canales: el canal 30 con rangos libres de 566 MHz a 572 MHz, el canal 35 con rangos libres de 596 MHz a 602 MHz, parte del canal 32 con rangos libres de 580 MHz a 584 MHz.

4.3.2. Escaneo con AXT 600

En el presente subtítulo, se presenta los resultados generales del escaneo con la herramienta AXT600 Shure, estudiando el rango de 470 MHz hasta 608 MHz, considerando que los dispositivos utilizados en Bolivia trabajan en ese rango, razón por la cual se considera este rango como punto de análisis.

Gráfico 11. Escaneo general del Teatro Jaime Laredo con AXT600



Fuente: Elaboración propia, 2020

Como se observa en el gráfico, el AXT600 nos mostró un resultado del espectro de radio frecuencias del Teatro al aire libre Jaime Laredo, permitiendo identificar las frecuencias, rangos o canales que se encuentran ocupados por medios digitales y análogos tal como se muestran esos picos señalando que estos están ocupados.

Es importante destacar que la pantalla de espectro también localiza y muestra aquellos canales o frecuencias libres para disposición del teatro Jaime Laredo en un espectáculo, los que más adelante formaran parte de una lista para su uso.

Entre las ventajas de utilizar AXT 600 son:

- ✓ Con el escaneo realizado con el AXT 600 se puede registrar con alta presión que frecuencias están ocupadas y que frecuencias están libre.
- ✓ Se tiene una buena visualización del espectro
- ✓ Realiza un barrido completo de la banda UHF (470 - 952 MHz) en menos de 1 minuto.
- ✓ La pantalla de espectro ofrece una visualización del espectro en el panel frontal con herramientas de cursor, zoom y detector de picos.
- ✓ Los listados de frecuencias pueden exportarse al gestor de espectro desde Wireless Workbench 6.
- ✓ Calculador interno que genera frecuencias compatibles para todos los dispositivos inalámbricos Shure y otras marcas que más se utilizan.

Entre las desventajas se tiene:

- El AXT 600 tiene un alto costo económico
- Solo hay uno en Bolivia
- Pocos tienes acceso al AXT 600

Tabla 8. Escaneo de radio frecuencia del Teatro al Aire Libre Jaime Laredo, con AXT 600 (representado en Excel)

Canal	Banda (MHz)	Razón Social	Ocupado	Libre	Observación (MHz)	Notas
14	470 - 476	RED UNIVERSITARIA DE INFORMACIÓN RED RUBÍ - UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS	*			13 VHF-Reasignación de canales 2017
15	476 - 482	TELEVISION COSMOS UNIVERSITARIA		*	477	Operadores de Radiodifusión Televisiva
16	482 - 488	EMPRESA ESTATAL DE TELEVISIÓN "BOLIVIA TV"	*			7 VHF-Reasignación de canales 2017
17	488 - 494			*		
18	494 - 500	COPACABANA DE TELEVISION S.R.L. CTV	*		494-496/499-500	Operadores de Radiodifusión Televisiva
19	500 - 506			*		
20	506 - 512			*		
21	512 - 518	GIGAVISION LA PAZ ILLIMAN S.R.L.	*		512-514/516-518	Operadores de Radiodifusión Televisiva
22	518 - 524			*		
23	524 - 530			*	525	no identificado
24	530 - 536	RED 24 SISTEMA NACIONAL S.R.L.	*		531-533	Operadores de Radiodifusión Televisiva
25	536 - 542			*		
26	542 - 548			*		
27	548 - 554	SISTEMA CRISTIANO DE COMUNICACIONES S.R.L. S.C.C. S.R.L.		*	548-549	Operadores de Radiodifusión Televisiva
28	554 - 560	EMPRESA DE COMUNICACIONES DEL ORIENTE LTDA. ECOR LTDA.	*			2 VHF-Reasignación de canales 2017
29	560 - 566			*		
30	566 - 572	CORPORACION BOLIVIANA DE TELEVISION S.R.L.		*		Operadores de Radiodifusión Televisiva
31	572 - 578	RADIODIFUSORAS POPULARES S.A.	*			4 VHF- Reasignación de canales 2017
32	578 - 584	MEGAVISION S.R.L.		*	579	Operadores de Radiodifusión Televisiva
33	584 - 590	ANTENA UNO CANAL 6 S.R.L.	*			5 VHF-Reasignación de canales 2017
34	590 - 596	SISTEMA OPERATIVO DE COMUNICACIONES		*	590-591/595	Operadores de Radiodifusión Televisiva
35	596 - 602			*		
36	602 - 608	COMPANIA COMERCIAL MINERA RICACRUZ LTDA.	*		603/606/607	Operadores de Radiodifusión Televisiva

0

9 canales analogicos
5 canales digitales

Fuente: Elaboración propia, 2020

Cuadro 9. Cuadro explicativo de frecuencias con AXT 600

	Frecuencias libres
	Frecuencias ocupadas
	Frecuencias libres con excepciones dentro del rango
	Frecuencias que fueron reasignados de canal
	Frecuencias que siguen operando en radiodifusión según la ATT (Autoridad de Fiscalización y Control de Social de Telecomunicaciones y Transportes)

Fuente: Elaboración propia, 2020

En la tabla se observa de manera global el listado de frecuencias ocupados por canales digitales y canales análogos, además de las frecuencias libres.

Los canales que están totalmente ocupados en la zona del teatro al aire libre comprenden 5 canales digitales que a continuación se describen: el canal 14 ocupando la banda 470 a 476 MHz por la Red Universitaria de Información RED RUBI de la Universidad Mayor de San Andrés, el canal 16 ocupando la banda 482 a 488 MHz por la empresa Estatal de Televisión Bolivia TV, el canal 28 ocupando la banda 554 a 560 MHz por la Empresa de Comunicaciones del oriente Ltda., el canal 31 ocupando la banda 572 a 578 MHz por la empresa Radiodifusoras Populares S.A. y el canal 33 ocupando la banda 584 a 590 MHz por la empresa Antena Uno Canal 6 S.R.L., siendo antes otros canales en VHF que con la reasignación de canales del año 2017 se trasladaron a UHF.

También fueron identificados 9 canales análogos que ocupan una parte menor de un canal, es decir, que presentan señales bajas significando que no ocupan toda la banda, como el canal 15 ocupando la frecuencia 477 MHz por Televisión Cosmos Universitaria, el canal 18 ocupando la frecuencia 494-496/499-500 MHz por Copacabana Televisión S.R.L. CTV dejando un pequeño rango libre, el canal 21 ocupando la frecuencia 512-514/516-518 MHz por Gigavisión La Paz Illimani S.R.L. dejando un pequeño rango libre.

En el canal 23 se captó una señal sin identificar que ocupa la frecuencia 525 MHz, el canal 24 ocupando la frecuencia 531-533 MHz por Red 24 Sistema Nacional S.R.L, dejando libre la frecuencia 530 MHz, 534 al 536 MHz, el canal 27 ocupando la frecuencia 548-549 MHz por Sistema Cristiano de Comunicaciones S.R.L. dejando libre la frecuencia 550-554 MHz, el canal 30 ocupando la frecuencia 566-572 MHz por Corporación Boliviana de Televisión S.R.L., el

canal 32 ocupando la frecuencia 579 MHz por Megavisión S.R.L. dejando libre un amplio rango de frecuencia, el canal 34 ocupando la frecuencia 590-591/595 MHz por Sistema Operativo de Comunicaciones y el canal 36 ocupando la frecuencia 603/606/607 MHz por Compañía Comercial Minera Rica Cruz Ltda. dejando libre un pequeño rango de frecuencia.

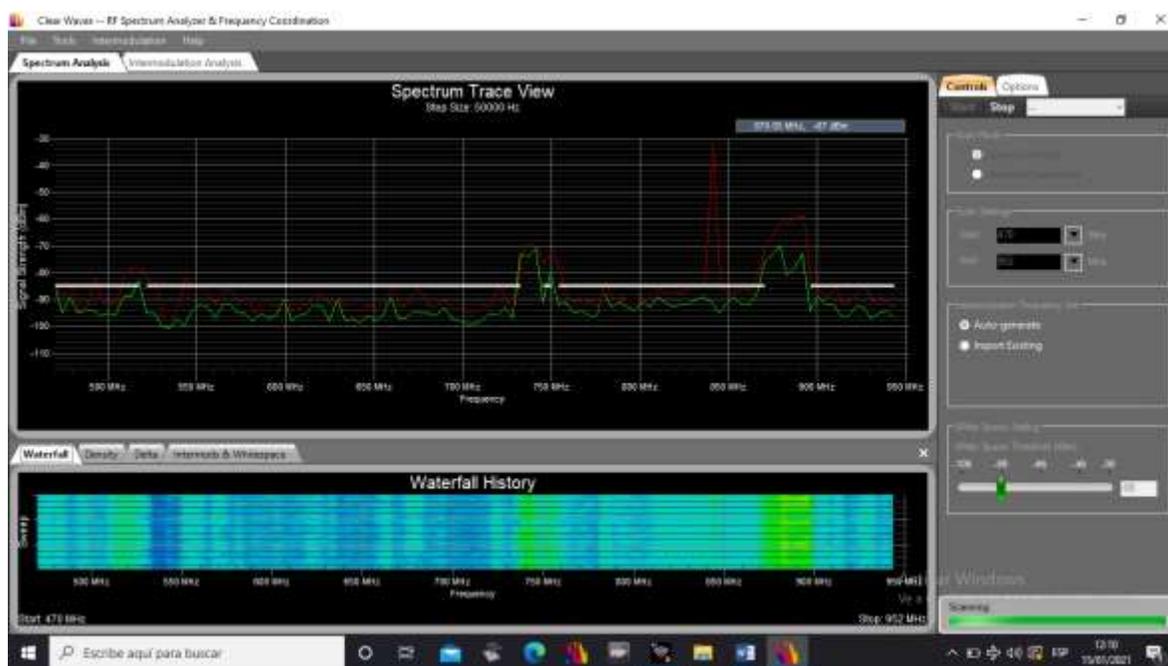
Los espacios no utilizados que puede libremente disponer el Teatro al Aire Libre Jaime Laredo está en el canal 17 con la frecuencia 488-494 MHz, el canal 19 y canal 20 con la frecuencia 500-506/506-512 MHz, el canal 22 con la frecuencia 518-524 MHz, el canal 25 y canal 26 con la frecuencia 536-542/542-548 MHz, el canal 29 con la frecuencia 560-566 MHz y el canal 55 con la frecuencia 596-602 MHz.

4.3.3. Escaneo con RF Explore

Es un pequeño y económico analizador del espectro de RF. Este analizador trabaja de 240 a 960 MHz, un rango en el que están la mayoría de los sistemas inalámbricos que se utilizan actualmente en el sonido profesional.

Una vez seleccionado el rango de frecuencia que se quiere visualizar del Teatro al Aire libre Jaime Laredo, inmediatamente muestra en la pantalla el resultado del espectro de RF captando señales de elevaciones de picos cuando estas frecuencias están ocupadas.

Gráfico 12. Escaneo con RF Explore desde la frecuencia 470 a 608 MHz



Fuente: Elaboración propia, 2020

Las ventajas del RF Explorer son:

- ✓ Es RF Explorer es portátil
- ✓ Económico
- ✓ En Bolivia hay 5 unidades
- ✓ Te muestras frecuencias, aunque sean restringidas
- ✓ Se puede exportar el archivo para ver y analizar en otros softwares como ser Workbench 6 de Shure.

Desventajas del RF Explorer:

- Tarda en realizar el escaneo y posee baja resolución
- Es poco preciso y no tiene mucho detalle en la visualización

Tabla 9. Escaneo de radio frecuencia del Teatro al Aire Libre Jaime Laredo, con RF Explorer (representado en Excel)

Canal	Banda (MHz)	Razón Social	Ocupado	Libre	Observación (MHz)	notas
14	470 - 476	RED UNIVERSITARIA DE INFORMACION RED RUBI - UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS	*			13 VHF-Reasignación de canales 2017
15	476 - 482	TELEVISION COSMOS UNIVERSITARIA	*			Operadores de Radiodifusión Televisiva
16	482 - 488	EMPRESA ESTATAL DE TELEVISIÓN "BOLIVIA TV"	*			7 VHF-Reasignación de canales 2017
17	488 - 494			*		
18	494 - 500	COPACABANA DE TELEVISION S.R.L. CTV	*			Operadores de Radiodifusión Televisiva
19	500 - 506			*		
20	506 - 512			*		
21	512 - 518	GIGAVISION LA PAZ ILLIMAN S.R.L.	*			Operadores de Radiodifusión Televisiva
22	518 - 524			*		
23	524 - 530			*	528	528 no identificado
24	530 - 536	RED 24 SISTEMA NACIONAL S.R.L.		*		
25	536 - 542			*		
26	542 - 548			*		
27	548 - 554	SISTEMA CRISTIANO DE COMUNICACIONES S.R.L. S.C.C. S.R.L.		*	549	Operadores de Radiodifusión Televisiva
28	554 - 560	EMPRESA DE COMUNICACIONES DEL ORIENTE LTDA. ECOR LTDA.	*			2 VHF-Reasignación de canales 2017
29	560 - 566		*			
30	566 - 572	CORPORACION BOLIVIANA DE TELEVISION S.R.L.		*		Operadores de Radiodifusión Televisiva
31	572 - 578	RADIODIFUSORAS POPULARES S.A.	*			4 VHF- Reasignación de canales 2017
32	578 - 584	MEGAVISION S.R.L.	*			Operadores de Radiodifusión Televisiva
33	584 - 590	ANTENA UNO CANAL 6 S.R.L.	*			5 VHF-Reasignación de canales 2017
34	590 - 596	SISTEMA OPERATIVO DE COMUNICACIONES	*		591	Operadores de Radiodifusión Televisiva
35	596 - 602			*		
36	602 - 608	COMPANIA COMERCIAL MINERA RICACRUZ LTDA.	*		603	Operadores de Radiodifusión Televisiva

9 canales analogicos
5 canales digitales

Fuente: Elaboración propia, 2020

Cuadro 10. Cuadro explicativo de frecuencias con RF Explorer

	Frecuencias libres
	Frecuencias ocupadas
	Frecuencias libres con excepciones dentro del rango
	Frecuencias que fueron reasignados de canal
	Frecuencias que siguen operando en radiodifusión según la ATT Autoridad de Fiscalización y Control de Social de Telecomunicaciones y Transportes)

Fuente: Elaboración propia, 2020

Los resultados expuestos en la tabla N° 9 relacionado con el cuadro N° 10, corresponde al escaneo de radio frecuencia del Teatro al Aire Libre Jaime Laredo con la herramienta RF Explorer, cabe mencionar que en el presente estudio se realizó el escaneo de radio frecuencia con 2 herramientas para realizar un análisis comparativo e identificar las ventajas y desventajas de cada herramienta.

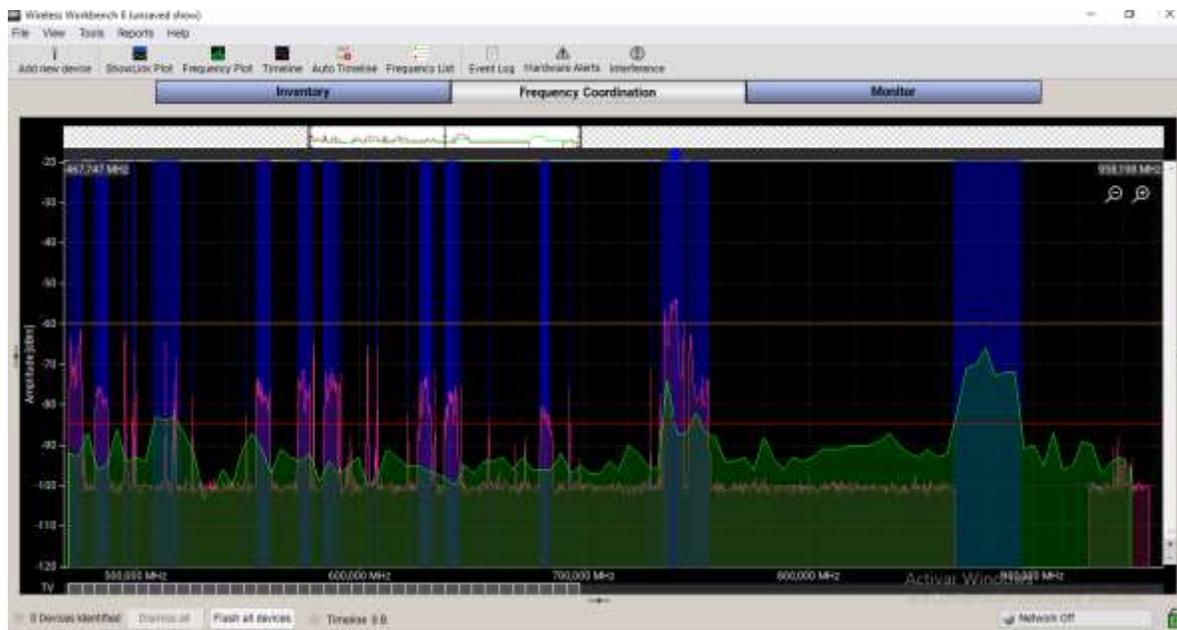
El RF Explorer de igual modo muestra las frecuencias libres en color verde, las frecuencias ocupadas color rojo y las frecuencias que ocupan una parte menor de un canal en color café que son frecuencias que siguen operando en radiodifusión según la ATT.

Es importante mencionar que, a diferencia de los resultados presentados con la AXT600, los resultados presentados con la RF Explorer muestran un gráfico poco preciso, con una baja resolución, además es importante subrayar que las frecuencias ocupadas por los canales análogos no muestran claramente que rangos están ocupados y que rangos están libres.

4.4. Análisis comparativo Axt600- RF Explorer

Una vez exportados los archivos, para su posterior análisis y estudio, se puede identificar el registro de frecuencias libres y ocupadas, se puede decir que ambos casos coinciden, pero en algunas frecuencias varían, sin embargo, las frecuencias más importantes que son de la TV nos registran a la perfección.

Gráfico 13. Software de análisis de ambos sistemas (AXT600- RF Explorer) en programa Wireless Workbench 6



Fuente: Elaboración propia, 2020

En el gráfico 13 se puede observar los resultados de AXT600 y RF Explorer visualizados en el software Wireless Workbench siendo una de las marcas más reconocidas a nivel mundial muy utilizado en todo tipo de eventos y espectáculos desde teatros hasta eventos grandes como Viña Del Mar, Super Bowl, Grammy's, para una fácil interpretación, porque muestra la división de canales, es muy preciso y práctico mostrando efectivamente lo que se necesita ver, respetando las reglas de cada país.

En el gráfico 13 se visualiza el AXT600 representado en color rosado y el RF Explorer en color verde, para el presente estudio se analiza los resultados de los rangos de 470 MHz a 608 MHz por la simple razón, que rangos superiores serán utilizados por el sistema 5G u otros proyectos de estado.

Un aspecto a destacar es que el programa AXT600 Shure no muestra absolutamente nada de señal en el rango 900 MHz, sin embargo el RF Explorer una alta señal, esto se debe a que el AXT600 maneja la información de que existe una prohibición en américa latina de utilizar estos canales, del mismo modo en Estados Unidos esa prohibición de uso se muestra en el rango de los 600 MHz, sin embargo como se observa en el gráfico el RF Explorer si muestra señales de uso, significando que en Bolivia si se está utilizando estas frecuencias.

Tabla 10. Comparación de Escaneo de radio frecuencia del Teatro al Aire Libre Jaime Laredo con AXT 600 y RF Explorer (representado en Excel)

Canal	Banda (MHz)	Razón Social	OCUPADO		LIBRE		ATX600	RF EXPLORER
			ATX600	RF EXPLORER	ATX600	RF EXPLORER		
34	470-476	RED UNIVERSITARIA DE INFORMACIÓN RED RUB - UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS						
35	476-482	TELEVISION COSMOS UNIVERSITARIA						
36	482-488	EMPRESA ESTATAL DE TELEVISION "BOLIVIA TV"						477
37	488-494							
38	494-500	COFALABAMA DE TELEVISION S.R.L TV						494-496/498-500
39	500-506							
20	506-512							
21	512-518	ORGANISACION LA PAZ ILLUMINAV S.R.L.						510-514/516-518
22	518-524							
23	524-530							
24	530-536	RED UN SISTEMA NACIONAL S.R.L						525
25	536-542							531-533
26	542-548							
27	548-554	SISTEMA COORDINADO DE COMUNICACIONES S.R.L. S.C.C. S.R.L						548-549
28	554-560	EMPRESA DE COMUNICACIONES DEL ORIENTE LTDA. EDOFILTOA						560
29	560-566							
30	566-572	CORPORACION COLUMBIA DE TELEVISION S.R.L						
31	572-578	RADIO CORAL BORAS POPULARES S.A						
32	578-584	MEGAVISION S.R.L						579
33	584-590	ANTENA UNO CANAL 6 S.R.L						
34	590-596	SISTEMA OPERATIVO DE COMUNICACIONES						590-595/596
35	596-602							
36	602-608	COMPAÑIA COMERCIAL MINGA RICACRUZ LTDA						603/606/607
3		canales analógicos						
4		canales digitales						

Fuente: Elaboración propia, 2020

Cuadro 11. Cuadro explicativo de frecuencias con AXT 600 y RF Explorer

	Escaneo con AXT 600
	Escaneo con RF Explorer
	Frecuencias libres
	Frecuencias ocupadas
	Frecuencias libres con excepciones dentro del rango
	Frecuencias que fueron reasignados de canal
	Frecuencias que siguen operando en radiodifusión según la ATT (Autoridad de Fiscalización y Control de Social de Telecomunicaciones y Transportes)

Fuente: Elaboración propia, 2020

Los resultados expuestos en la tabla N° 10 relacionado con el cuadro N° 11, corresponde al escaneo de radio frecuencia del Teatro al Aire Libre Jaime Laredo con la herramienta AXT 600 y RF Explore, donde se puede observar que coinciden en ambas en las frecuencia libres y ocupadas, donde la herramienta AXT 600 mediante el escaneo demuestra más exactitud libres con excepciones dentro del rango, y por último que la herramienta RF Explore si bien no hay mucha visibilidad en su grafico realizando un acercamiento detecta canales de televisión analógicos, teniendo ambas herramientas tenemos un estudio más preciso del espectro de radio frecuencia del Teatro al aire libre Jaime Laredo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El objetivo fundamental de este proyecto de grado es abordar el problema que existe en las producciones de los espectáculos en vivo que se realizan en el Teatro al Aire Libre Jaime Laredo, respecto a las deficiencias que presenta en las radiofrecuencias, cuya congestión implica encontrar aquellas frecuencias libres para ser utilizadas por el sistema de micrófonos inalámbricos, monitoreo personal inalámbrico e intercomunicación.

Así pues, la aportación principal de este trabajo consistió en “Realizar el estudio del espectro de radio frecuencia del teatro al aire libre Jaime Laredo, ubicado en el distrito 1 de la ciudad de La Paz Bolivia para producciones de espectáculos en vivo” donde el objetivo principal ha sido alcanzado, puesto que a través de los dos softwares de medición RF Explorer y AXT600 Shure se pudo identificar el espectro libre de RF, el espectro ocupado por televisoras digitales y análogas.

La recopilación de información respecto al espectro de radio frecuencias, se ha identificado a través de manuales, artículos científicos, a que área del espectáculo en vivo corresponde, identificándose que la Radio Frecuencia es un área en una producción de espectáculo en vivo.

Se logró identificar que este profesional se encarga de todos los sistemas inalámbricos, como son los micrófonos inalámbricos, sistema de monitoreo in-ears inalámbricos, antenas, pantallas led, además de identificar el espectro electromagnético antes, durante y después del evento.

Se logró realizar encuestas y entrevistas a expertos Ingenieros y técnicos en sonido para conocer desde la experiencia a nivel nacional e internacional, respecto al uso de sistemas inalámbricos

en un espectáculo en vivo y su conocimiento sobre el software que utilizan para realizar el escaneo de Radio Frecuencias.

En cuanto a la experiencia de expertos a nivel nacional, son profesionales de nacionalidad boliviana, siendo Shure la marca más utilizada y conocida a nivel nacional, la cantidad de sistemas inalámbricos utilizados en un espectáculo en vivo oscila entre los 10 y 20 sistemas, quienes manifestaron que suelen presentar problemas de interferencia en los sistemas inalámbricos cuando están en un espectáculo en vivo, los rangos de radio frecuencia que generalmente utilizan varía entre 400 a 900 MHz.

Respecto a la experiencia de expertos a nivel internacional, afirman que siempre se presentan problemas de interferencia al utilizar sistemas inalámbricos, como el de la ubicación de las antenas, la no realización de un escaneo de frecuencias antes del show, de intermodulación, falta de combinadores, entre otros. Por otro lado, los expertos locales respondieron que llegaron a utilizar hasta 20 sistemas inalámbricos en un show y los expertos internacionales llegaron a utilizar hasta 100 sistemas en eventos mucho más grandes. Por otro lado, los instrumentos más utilizados para realizar el análisis de RF son AXT600, Wireless WorkBech, RF Explorer, realizando un escaneo entre 470 a 952 MHz en un espectáculo en vivo.

Por tanto, es importante contar con profesionales y técnicos especializados en el campo de la Radio Frecuencia para espectáculos en vivo, este profesional está altamente capacitado para atender problemas de congestión, así también interferencias en el espectro de radiofrecuencia.

Con relación a registrar escaneos de RF (Radio Frecuencia) del teatro al aire libre Jaime Laredo con RF Explore y AXT 600 Shure, se logró realizar con ambos softwares AXT600 Shure y RF Explore, escaneo analizado entre 470 a 608 MHz, ambos programas fueron de gran utilidad, sin

embargo, el AXT600 es más preciso logrando identificar los rangos o canales que se encuentran ocupados por medios digitales y análogos y que radio frecuencias del espectro se encuentran libres para un show en vivo para el teatro Jaime Laredo.

Con el software AXT600 se logró identificar que los canales de televisión digital que ocupan gran parte del espectro son Televisión Cosmos Universitaria que ocupa una parte del canal TV 15, Copacabana de Televisión S.R.L. CTV que se halla ubicada en el canal de TV 18 y Gigavision La Paz Illimani S.R.L que se halla en el canal de TV 21 entre 470 MHz a 518 MHz, el canal digital Empresa de Comunicaciones del Oriente Ltda. ECOR Ltda. que ocupa el canal 28 entre el rango 554 MHz a 560 MHz ocupando todo el canal, entre el rango 566 MHz y 608 MHz, los espacios que están ocupados por los medios digitales están en el canal 31 Radio difusoras Populares S.A. RTP, el canal 33 ocupado por Antena Uno Canal 6 S.R.L. que ocupa todo el rango de 584 MHz a 590 MHz los que ocupan todo el rango. Los rangos libres están entre 478 MHz a 482 MHz, el canal 17 de rango 488 MHz a 494 MHz y un amplio espacio entre los canales 19 y 20 de rango de 500 MHz a 512 MHz, otros canales disponibles son el canal 22, canal 23 excepto 525 MHz, canal 24 excepto 531 MHz a 533 MHz, Canal 25, canal 26 y canal 27 excepto 548 MHz al 549 MHz exceptuando pequeños rangos que son ocupados por canales análogos, además del canal 30 con rangos libres de 566 MHz a 572 MHz, el canal 35 con rangos libres de 596 MHz a 602 MHz, parte del canal 32 con rangos libres de 580 MHz a 584 MHz.

De igual modo, el software RF Explore se pudo demostrar que existen frecuencias libres que puede ocupar el Teatro al Aire Libre Jaime Laredo.

Se pone a sugerencia un protocolo (ANEXO 2) para los técnicos o ingenieros de sonido especializados en radio frecuencia para producciones de espectáculos en vivo para el Teatro al Aire libre “Jaime Laredo”.

En cuanto al protocolo sugerido de radio frecuencia para el teatro al aire libre Jaime Laredo, se identifican los pasos necesarios que debe seguir un ingeniero o técnico de Radio Frecuencia para que en un espectáculo en vivo los sistemas de micrófonos inalámbricos, sistemas de monitoreo inalámbricos, intercomunicadores inalámbricos, puedan funcionar adecuadamente sin ningún tipo de interferencias.

Recomendaciones

Con el presente Proyecto de Grado “Estudio del espectro de radio frecuencia del teatro al Aire Libre Jaime Laredo ubicado en el distrito 1 de La Paz Bolivia para producciones de espectáculos en vivo”, se recomienda utilizar el material desarrollado en este proyecto para:

- Realizar un escaneo previo de RF antes de cada show, para identificar las fuentes primarias y secundarias de interferencia de radio frecuencia en el teatro al aire libre Jaime Laredo.
- Se recomienda realizar un inventario de bandas de radio frecuencia de uso libre para el teatro al Aire Libre Jaime Laredo.
- Se recomienda hacer uso de los resultados del escaneo previo realizado en el proyecto donde se identificaron las frecuencias libres y ocupadas entre 470 a 608 MHz.
- Se recomienda usar el analizador de espectro AXT600 para el escaneo de radio frecuencia en el teatro al Aire Libre Jaime Laredo, porque ofrece un mejor interfaz más avanzado y proporciona información más detallada sobre el ancho de banda disponible para la asignación de frecuencias.
- Se recomienda contar con un profesional técnico de Radiofrecuencia en el teatro al Aire Libre Jaime Laredo que controle y detecte los canales libres para el uso de micrófonos inalámbricos, monitoreo inalámbrico e intercomunicación y de la información a futuras producciones de espectáculos en vivo.
- Se sugiere realizar escaneos periódicos del espectro de radio frecuencia, ya que el control del mismo que conlleva los canales digitales y canales análogos están sujetas a reasignaciones o venta por parte del Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia que es el órgano ejecutivo del poder público.

- Se recomienda aplicar este proyecto en cada uno de los teatros o recintos en los que se realiza espectáculos en vivo del país y de Latinoamérica, de acuerdo a lo analizado, siendo conveniente identificar el espectro libre de radio frecuencias para así evitar inconvenientes con los sistemas inalámbricos en un espectáculo en vivo.

BIBLIOGRAFÍA

Centellas, N. (2004). **Ceremonial y protocolo**. Cochabamba, Bolivia: Universidad Ucatec.

Fischer, L., & Navarro, A. (2006). **Investigación de mercados** (2da ed.). México: Mc Graw Hill.

Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. P. (2010). **Metodología de la investigación** (4ta ed.). México: Mc Graw Hill.

López, F. D. (2009). **Ingeniería del sonido**. Madrid, España: Starbook editorial.

Sandoval, C. (1996). **Investigación Cualitativa**. Bogotá: Instituto Colombiano para el fomento a la Educación Superior.

Tomasi, W. (2003). **Sistemas de comunicación electrónicas**. Arizona, Estados Unidos: Printice Hall.

Vear, T. (2003). **Wireless microphone system**. London, Reino Unido: Paper Aes.

SITIOS WEB

- A.T.T. (2012). *Plan de frecuencias - Autoridad de Regulación y Fiscalización de Telecomunicaciones y Transportes*. Obtenido de <https://www.att.gob.bo/content/plan-nacional-de-frecuencia>
- AudioTechnica. (2019). *AudioTechnica- Sistemas de Microfonía Inalámbrica*. Obtenido de <https://distribution.audio-technica.eu/es/microfonos-inalambricos-conceptos-basicos-solucion-problemas/>
- AudioTechnica. (2020). *Tipos de Interferencia*. Obtenido de [problemas/#:~:text=Hay%20tres%20tipos%20b%C3%A1sicos%20de,interferencia%20el%C3%A9ctrica%20y%20la%20intermodulaci%C3%B3n.](#)
- Bel. (2018). *Producción Técnica*. Obtenido de <https://instalia.eu/que-es-la-produccion-tecnica-de-espectaculos/>
- Bel. (2018). *Productor Técnico*. Obtenido de <https://instalia.eu/que-es-la-produccion-tecnica-de-espectaculos/>
- Consolvilar. (2020). *Protocolo*. Obtenido de [protocolo/#:~:text=Protocolo%20es%20el%20conjunto%20de,facilitar%20respeto%20C%20integraci%C3%B3n%20y%20comunicaci%C3%B3n.](#)
- EcuRed. (2019). *Ondas de Radio*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Radiofrecuencia#Las_Ondas_de_Radio
- Geographic, N. (2020). *Guillermo Marconi*. Obtenido de https://historia.nationalgeographic.com/es/a/marconi-y-primera-transmision-por-radio-historia_14204
- Hispasonic. (2017). *Antenas*. Obtenido de <https://www.hispasonic.com/tutoriales/tipos-antenas-para-audio-inalambrico-guia-basica/42485>
- Lifeder. (2020). *James Clerk Maxwell*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/james-clerk-maxwell/>
- Lifeder. (2020). *Michael Faraday*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/aportaciones-michael-faraday/>
- Merino, & Perez. (2015). *Radiofrecuencia*. Obtenido de <https://definicion.de/radiofrecuencia/#:~:text=La%20radiofrecuencia%2C%20en%20definitiva%2C%20es,FM%2C%20por%20citar%20algunas%20posibilidades.>

- Merino, & Pérez. (2019). *Electromagnetismo*. Obtenido de <https://definicion.de/electromagnetismo/#:~:text=El%20electromagnetismo%20se%20encarga%20de,sobre%20gases%2C%20l%C3%ADquidos%20y%20s%C3%B3lidos>.
- Monter, & Ríos. (2019). *Tipos de Modulación*. Obtenido de http://cidecame.uaeh.edu.mx/lcc/mapa/PROYECTO/libro27/381_tipos_de_modulacin.html
- NASA, N. A. (03 de 2013). *imagine.gsfc.nasa.gov*. Recuperado el 2020, de <https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html>
- RFExplorer. (2020). *Analizador de Espectro*. Obtenido de <http://rfexplorer.com/models/>
- RFLatino. (2020). *RF Latino*. Obtenido de <https://youtu.be/yz9j1oZz6sE>
- Sánchez, & Millán. (2014). *Diffuion Magazine - Historia de los micrófonos inalámbricos*. Obtenido de <https://diffusionmagazine.com/index.php/biblioteca/categorias/historia/365-historia-del-microfono>
- Shure. (2020). *Axt600 Gestor de espectro AxiEnt*. Obtenido de <https://www.shure.com/es-LATAM/productos/accesorios/axt600>
- Sicilia. (1999). *Isaac Newton*. Obtenido de <https://www.astrocantabria.org/?q=historia-espectro>
- Telecomunicaciones, F. H. (2020). *Aleksandr Stepánovich Popov*. Obtenido de <https://forohistorico.coit.es/index.php/personajes/personajes-internacionales/item/aleksandr-stepanovich-popov>
- Telecomunicaciones, I. I. (2018). *Dispositivos de radiocomunicación de corto alcance*. Obtenido de http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudio_drca.pdf
- Unión Internacional De Telecomunicaciones. (2016). *I.T.U. - Bandas de Frecuencia*. Obtenido de https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/v/R-REC-V.431-8-201508-I!!PDF-S.pdf
- Vear. (2003). *Paper A.E.S. Wireless microphone systems - an overview*. Obtenido de <https://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=12262>
- Zapata, F. (2018). *lifeder.com*. Recuperado el 2020, de <https://www.lifeder.com/teoria-ondulatoria-luz-huygens/>

ANEXOS



Anexo 1. Encuesta

Nombre y Apellido	
Profesión	
Edad	
Fecha	

1. En la siguiente pregunta escoja una respuesta (**con una marca en SI o No**)

- ¿Utiliza sistemas inalámbricos? (micrófonos inalámbricos, in ears)

SI

NO

*Nota: Si su respuesta fue **SI** continúe la encuesta y si respuesta fue **NO** gracias por su tiempo.*

2. Seleccione los incisos más importantes para usted.

- ¿Qué marcas de sistemas inalámbricos utiliza en un show en vivo?

a) SHURE

b) SENNHEISER

c) DPA

d) BEYERDYNAMIC

e) Otro

3. ¿Cuántos sistemas inalámbricos utiliza en un show en vivo?

a) 1-2

b) 3-6

c) 10-20

d) más de 20

4. ¿Alguna vez tuvo algún problema de interferencia al utilizar sistemas inalámbricos?

a) Si

b) No

5. ¿Qué instrumentos de análisis de radio frecuencia utiliza?

a) AXT600 Axient Spectrum Manager

b) Wireless WorkBench 6

c) RF Explorer

d) Touchstone

e) Sennheiser Software

f) Otro.....

g) Ninguno

6. Complemente las siguientes preguntas

7. ¿Desde qué año se dedica a trabajar en shows en vivo?

.....
.....
8. ¿Qué función usted realiza en un show en vivo?

.....
.....
9. ¿Usted tiene conocimiento del desempeño que realiza un ingeniero o técnico de radiofrecuencia en un show en vivo?

.....
.....
10. ¿De qué frecuencia a que frecuencia realiza su escaneo?

.....
.....
11. ¿Qué problemas de radiofrecuencia tuvo en algún show?

.....
.....
12. ¿Para usted cual es el desempeño de un ingeniero o técnico de radiofrecuencia en un show en vivo?

.....
.....
13. ¿Qué prefiere ATX600 o RF explore?

Gracias por llenar la encuesta

Anexo 2 . Propuesta de protocolo para los técnicos o ingenieros de sonido especializados en radio frecuencia, para producciones de espectáculos en vivo para el Teatro al Aire libre “Jaime Laredo”

Propuesta de protocolo para los técnicos o ingenieros de sonido especializados en radio frecuencia, para producciones de espectáculos en vivo para el Teatro al Aire libre “Jaime Laredo” basado en el protocolo del Ing. Juan David Moreno

Introducción

Teniendo conocimiento de que el espectro de radio electro frecuencia se ha convertido en un desafío, debido a que el mundo profesional desea tener menos cables durante sus transmisiones. Por otro lado, la televisión digital que está tomando fuerza en Bolivia y el espectro ha empeorado, dejando dentro del espectro de radio frecuencia, espacios mínimos para poder operar con sistemas de micrófonos inalámbricos y sistemas de monitoreo inalámbricos. Por este motivo, no se puede pensar que al simple encendido de un sistema inalámbrico se va poder operar sin ningún tipo de interferencia o interacción con otros sistemas inalámbricos, televisión digital o análoga que se encuentran en el ambiente espectral.

Una vez identificado el espectro de radio frecuencias para el Teatro al Aire Libre Jaime Laredo, ahora corresponde realizar un protocolo guía de operación de radio frecuencia para un espectáculo en vivo para el teatro, con una descripción técnica de asuntos esenciales para el trabajo para el trabajo con sistemas inalámbricos.

Objetivos del protocolo

El objetivo de esta guía es:

Proveer los pasos necesarios a tomar en cuenta, para que en un show o evento todos los micrófonos inalámbricos, sistemas de monitoreo inalámbricos, intercoms entre otros funcionen adecuadamente sin interferencias.

Para esto, se usarán los mismos principios que se aplican para el manejo de ondas de audio, sin embargo, será necesario ver algunos conceptos de radio frecuencias para entender el funcionamiento de los mismos.

Paso 1: Realizar un escaneo previo del evento

Con una herramienta RF Explorer o AXT600 u otra herramienta o software se debe realizar un escaneo de frecuencias en el Teatro Jaime Laredo, para ello es importante empezar realizando una medición, tomando en cuenta que ningún equipo debe estar encendido, es decir, micrófonos, luces, pantallas, In Ears, intercoms y otros todos debe estar apagados.

Tener un panorama del espectro electromagnético en el lugar permitirá ubicar las frecuencias que están en ambiente y marcarlas mediante un nombre y que permita identificarlas durante un evento.

El objeto de este escaneo previo al evento es asignar frecuencias para los sistemas del teatro al aire libre Jaime Laredo, sin que se presenten interferencias. Un aspecto que se debe tener en cuenta a la hora de hacer una coordinación de frecuencias es identificar los canales de televisión análoga y digital, teniendo más importancia la televisión digital, ya que su ancho de banda es mucho más amplio que el de un canal análogo y cambian en cantidad y ubicación.

Paso 2: Realizar un inventario de los equipos que se utilizan

Debido a la alta congestión dentro del espectro, y con la expansión de los canales de televisión digital, es necesario ubicar y nombrar dentro del escaneo, los sistemas que se van a utilizar en el servicio, diferenciando estos, de canales de televisión análoga, intercoms, emisoras de radio, luces, pantallas led y otros, mediante colores, zonas y tipo de equipos. Por tal razón, cada fabricante ha desarrollado un modo específico de reconocimiento que le permitirá saber el rango de frecuencias o ancho de banda donde éstos operan. En cierto software será necesario tener la siguiente información con el objetivo de que el analizador identifique las frecuencias que más convienen:

- a) Fabricante
- b) Referencia del equipo EJ. ULXD-PSM1000, Axient Digital, etc.
- c) Rango de operación o Ancho de Banda EJ. L3 638-698 MHz

Dependiendo la marca que se utilizará esta información tendrá sus variantes, en algunos será una letra o en otros una letra seguido de un número el cual se encontrará en la parte delantera del receptor o transmisor.

En el caso de un In Ear, por ejemplo, Shure L3, J5, H4, brindar esta información a un software permitirá asegurar una transmisión y asignación de frecuencias únicas en cada equipo. Además de evitar efectos secundarios como aquellas intermodulaciones que se puedan presentar por interacción entre antenas de recepción o de transmisión, tema que es muy importante a la hora de adquirir equipo o de instalar las antenas dentro del teatro al aire libre Jaime Laredo, el cual va a contar con una buena cantidad de sistemas inalámbricos.

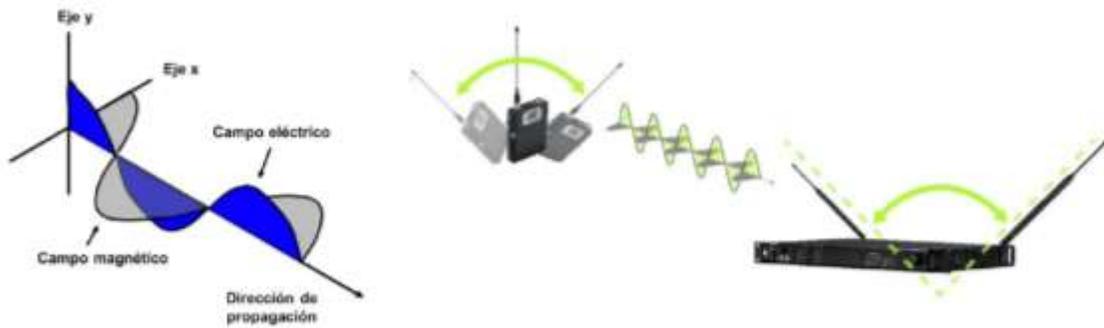
Paso 3: Identificar el tipo de antena conveniente y ubicar su posición

Para saber qué tipo de antena utilizar, es necesario explicar los diferentes tipos de antenas, y cuál es la ubicación e instalación correcta según el sentido de su polarización, direccionalidad y ganancia.

Cuando se habla de ondas electromagnéticas, se habla de ondas compuestas de dos campos, uno magnético y uno eléctrico, por lo cual se puede concluir que una onda de radio es una serie de variaciones electromagnéticas que viajan a través del espacio y sus componentes son perpendiculares unos de otros. Para poder determinar la posición de una antena es importante tener en cuenta su componente eléctrico, el cual dará el sentido de polarización y ubicación correcta. Una antena de polarización vertical que deberá estar como su palabra lo indica verticalmente, y viceversa si es de polarización horizontal.

Con respecto a este punto, es importante recordar dejar siempre que la posición de las antenas receptoras esté instalada en la misma posición del transmisor. Una de las técnicas más utilizadas es dejar las antenas a 45 grados como lo muestra la siguiente imagen.

Posición de las antenas receptoras



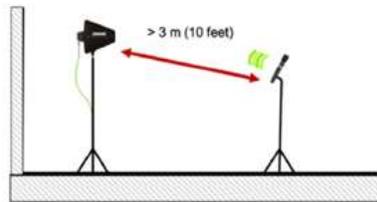
Fuente: Moreno, 2020

Por otra parte, las antenas pueden ser clasificadas por el tipo de patrón polar (direccional u omnidireccional) o también pueden ser clasificadas como activas o pasivas.

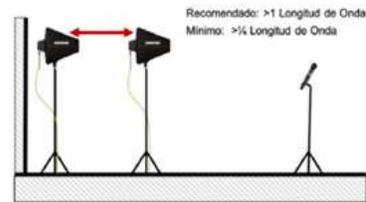
A la hora de un evento, los parámetros inicialmente mencionados serán fundamentales e indispensables para la correcta ubicación de las antenas. El patrón polar contribuirá a focalizar el RF de tal manera, que en el caso del In Ear, no se esté ensuciando el espectro expidiendo señal de RF para todas partes, caso similar con los micrófonos inalámbricos, los cuales deberán tener antenas que solo capturen la información deseada rechazando todo lo que no se quiera captar.

Los fabricantes recomiendan tener una distancia prudente entre antenas de transmisión y de recepción de mínimo 3 metros, para evitar que ellas interactúen entre sí o tener una distancia de $\frac{1}{2}$ onda o una onda completa entre antenas de $\frac{1}{2}$ onda, las cuales vienen con los receptores inalámbricos. A continuación, se muestran algunas recomendaciones sobre el buen uso de antenas y su debida posición.

Posición recomendable de antenas



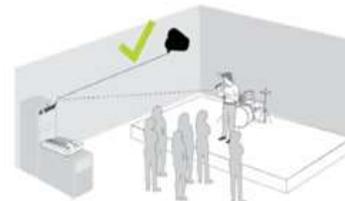
Distancia de la antena al transmisor



Distancia entre antenas de transmisión



Distancia entre antenas de recepción y antenas de transmisión



Antenas por encima de la audiencia

Fuente: Elaboración propia

Es importante tomar en cuenta que entre más antenas se usen, peor se va a comportar el RF, siendo mejor tener distribuidores para micrófonos o combinadores para In Ears, evitando al máximo que se presenten interacciones entre antenas de transmisión las cuales pueden producir un efecto llamado intermodulaciones o amplitudes de frecuencias no deseadas. Funciona diferente con las antenas de recepción debido a que la cercanía o proximidad podría afectar el patrón polar de captación generando algo llamado filtro de peine.

Es importante tomar en cuenta que el tamaño de la antena y la longitud de onda son directamente proporcionales, cuanto mayor sea la longitud de onda, mayor será el tamaño de la antena y cuanto menor sea la longitud de onda menor será el tamaño de la antena.

Por otra parte, la altura a la hora de instalar las antenas es un punto importante. Los cuerpos humanos están compuestos principalmente de agua y sal, que es un gran absorbente de energía de radiofrecuencia. Todo un público o persona puede impedir la buena transmisión en el caso

de un micrófono inalámbrico o la buena recepción en el caso de sistema de monitoreo personal. Por esta razón, es importante poner al menos a 6 pies en el aire para que tenga una buena vista de línea.

Es importante además evitar tener cables largos y de 75Ω que generen una pérdida significativa en la señal enviada o recibida. En caso de utilizar cables con una pérdida de más de 5 Db para la mayoría de fabricantes es relevante, por lo que se debe insertar un Booster para levantar la señal y recuperar los dB perdidos.

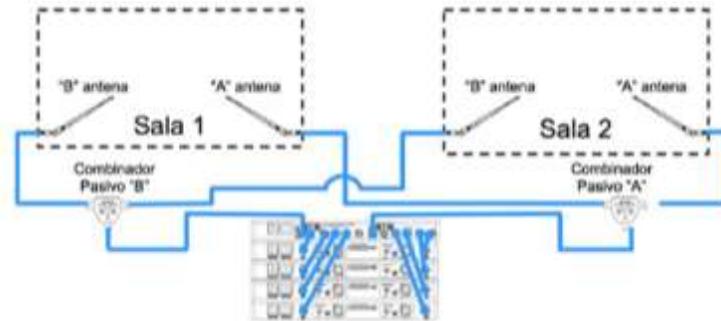
Paso 4: Distribución de las antenas

Como primer paso es importante tener un reconocimiento del lugar, y si es posible, un plot con las distancias entre cada uno de los espacios. Tener un estimado de estas distancias permitirá saber la cantidad de cable de antena de (50 Ohms) que se requerirá, es importante el grosor del cable, si es un cable de un solo filamento o es un cable trenzado, y la frecuencia a la cual se va a operar el sistema inalámbrico.

Es importante, recordar que, a mayor frecuencia de operación, mayor será la pérdida cuando la información viaje por el cable.

Hay dos tipos generales de combinadores de antenas disponibles: pasivo o activo. La división pasiva de la antena se realiza con dispositivos en línea simples que proporcionan una adaptación de impedancia de RF para una pérdida mínima. Aun así, una sola división pasiva da como resultado una pérdida de aproximadamente 3 dB, lo que puede traducirse en una pérdida de distancia.

Distribución de la antena multisala



Fuente: Moreno, 2020

Para permitir la combinación de señales de antena y superar la pérdida de combinadores pasivos, se deben utilizar combinadores de antena activa.

Utilizar un combinadores de antena, el cual es usado comúnmente para In Ears permitirá evitar una pérdida de 3dB por cada splitter.

La pregunta es ¿Cuál debe ser mi preocupación a la hora de utilizar combinadores de antena para realizar distribución de antena para varios ambientes? Su única preocupación será compensar la pérdida que se obtiene con cables largos, los cuales superan la pérdida de los 5dB. Para esto, la utilización de antenas activas o la utilización de Boosters serán de gran importancia a la hora de compensar pérdidas en los cables BNC. Es importante, asegurarse de que los requisitos básicos de la antena estén cubiertos:

- Mantener la ganancia y la pérdida de +/- 5 dB
- Usar tan pocas antenas como sea práctico
- Especificar los sistemas inalámbricos de calidad para el rendimiento de RF del receptor
- Calcular la estructura de ganancia de RF del sistema de antena.

En resumen, al decir colocar las antenas, no se trata de la distancia a que se puede alejar las antenas, sino al que tipo de cable se debe usar. Con la combinación correcta de cable y

amplificadores, se puede llegar hasta allí. Simplemente se debe agregar o restar las variables que se muestran a continuación, teniendo en cuenta que debe intentar mantener la pérdida total en menos de 5 dB.

Formula de ganancia del sistema de antena

$$\left(\text{Ganancia de la antena} \right) + \left(\text{Ganancia total del amplificador/amplificador} \right) - \left(\text{Pérdida del cable} \right) - \left(\text{Pérdida del split} \right)$$

Fuente: Moreno, 2020

Por otra parte, algunos receptores vienen equipados con BNC en cascada incorporadas para las antenas, lo que elimina la necesidad de las distribuciones externas de antena. Por lo general, todos los receptores en cascada deben estar en el mismo rango de frecuencia, y hay un número finito de receptores que se pueden conectar en cascada.

Para los equipos digitales más nuevos, se debe usar solo 2 niveles a través de sus conectores BNC.

Uno de los últimos recursos disponibles para realizar una distribución de antenas para dos tipos diferentes de ambientes se llama Quadiversity, el cual está incluido solo en algunos receptores como Axient Digital, permitiendo al usuario utilizar los transmisores en dos salones diferentes con total cobertura e igual calidad de audio.

Paso 5: Usar bandejas de aluminio para transmisores de mano o bodypack

Cada vez es más la cantidad de micrófonos que se utilizan en los grandes escenarios se han convertido en el reto más grande que un ingeniero de RF puede tener y los artistas quieren que la mayoría de sus instrumentos funcionen sin la necesidad de un cable, la puesta en escena y el show que se ofrecerá al público deberá ser lo más impecable y profesional posible.

Por esta razón, todos los que trabajan tras bastidores en la coordinación en la coordinación de frecuencias, saben y entienden que existe una interacción entre transmisores de mano los cuales son prendidos y apagados en lapsos cortos y algunas veces unos muy próximos de otros.

Esta interacción entre transmisores va a causar en sistemas no lineales un efecto llamado productos de intermodulación, el cual afectará nuestra coordinación de frecuencias al punto de hacer de esto un desastre en vivo y afectar al intérprete que se encuentra tocando en ese momento.

En otra situación, este efecto de intermodulación puede ser momentáneo debido a la interacción de dos cantantes, los cuales juntan sus micrófonos para hacer un coro, o el caso de dos guitarristas que aproximan sus espaldas para hacer el solo de guitarra más esperado de la noche. Es en ese momento cuando ocurre este fenómeno y puede afectar todo lo que ya habíamos hecho con antelación.

Uno de los puntos que es de nuestro interés, es evitar esta interacción antes de entregar los micrófonos a los músicos. Por tal motivo, la persona encargada de microfonía, que está ubicada sobre una tapa de rack almacenados uno sobre otro. Sin embargo, a veces esto no es suficiente, muchas veces estos transmisores son encendidos dentro de dicha tapa debido a una orden que reciben del ingeniero de monitores, quien solicita realizar un Sound Check.

Para ese momento el efecto será aún peor debido a la cantidad de micrófonos interactuando uno con otro. De acuerdo con lo anterior, se sugiere siempre usar bandejas de aluminio que servirán para que este fenómeno de intermodulaciones no afecte la coordinación de frecuencias la técnica de bandejas de aluminio proviene de las grandes ligas, del hombre que muchos llaman el padre de la coordinación de frecuencia, James Stoffo, que dice *“De todas las herramientas que llevo en un espectáculo, las bandejas de aluminio marcan la mayor diferencia”*.

Paso 6: Tener en cuenta los niveles de potencia

Trabajar con diferentes niveles de potencia en los transmisores no solo se verá reflejado en un mayor o menor consumo de batería, en el caso de los micrófonos, si no debe permitir tener escenarios o salones separados significativamente con distancias mayores a 200 mts, utilizando las mismas frecuencias sin que se presenten interferencias. Como primera medida se debe contar con un analizador que permita monitorear el nivel de captación de las antenas con respecto a los transmisores, hasta el punto en que el software indique un nivel de señal interior al umbral, determinando así que ya no tiene relevancia dentro del espectro.

En caso de no estar trabajando en diferentes escenarios como es el caso del teatro Jaime Laredo, se debe tener una potencia alta cuando las antenas se encuentran cerca, producirá una saturación de RF lo que puede representar ruidos extraños, explosiones o chasquidos molestos para el músico o el público en general. Al igual que también puede incrementar las intermodulaciones he interacciones entre transmisores y producir interferencia y caídas de RF no deseadas.

Paso 7: Coordinar las frecuencias

En este último paso es muy importante realizar una coordinación de frecuencias, empezando por un inventario de todos los equipos indispensables que se usaran para el evento. Una vez finalizado el inventario y todos los pasos anteriores sean revisados, recién se podrá estar listo para realizar una coordinación de frecuencias. A continuación, se presentan los pasos que se deben seguir para dicha coordinación:

- 1) Hacer un escaneo del ambiente
- 2) Utilizar múltiples bandas para micrófonos, in-ears, intercoms
- 3) Dar prioridad a los equipos menos flexibles de sintonización. Calcular frecuencias de respaldo (backup).
- 4) Se recomienda el uso del software de Shure WWB6
- 5) Programar los receptores de los micrófonos
- 6) Programar los sistemas in-ear.
- 7) Encender los intercoms y probarlos
- 8) Encender los micrófonos y probarlos, luego encender los intercoms y probarlos.
- 9) Encender los in-ear y probarlos junto con los intercoms y micrófonos inalámbricos, junto con la iluminación y video.

Conclusión del protocolo

Cada sistema de micrófono inalámbrico debe operar en su propia frecuencia única, porque no es posible que dos sistemas de micrófonos inalámbricos en el mismo lugar puedan operar en la misma frecuencia, sin interferir entre sí.

Es importante que el encargado de RF conozca exactamente cuántos sistemas se utilizarán en el teatro al aire libre Jaime Laredo en cada Show. Esto incluye las frecuencias de cualquier sistema existente en el lugar, y no se debe olvidar que se deben incluir monitores inalámbricos, sistemas de comunicaciones y cualquier otro usuario de baja potencia de las bandas de televisión.

Por último, las frecuencias deben ser coordinadas metódicamente, siguiendo un proceso denominado coordinación de frecuencias. La coordinación de frecuencias no es un proceso aleatorio, ¡no puede hacerse adivinando! Si lo hace al azar puede tener suerte que esa frecuencia no este ocupada, pero esta puede eventualmente agotarse. Para ello es importante la coordinación de frecuencias, para ello es importante contar con un escaneo previo de frecuencias para identificar los canales libres.

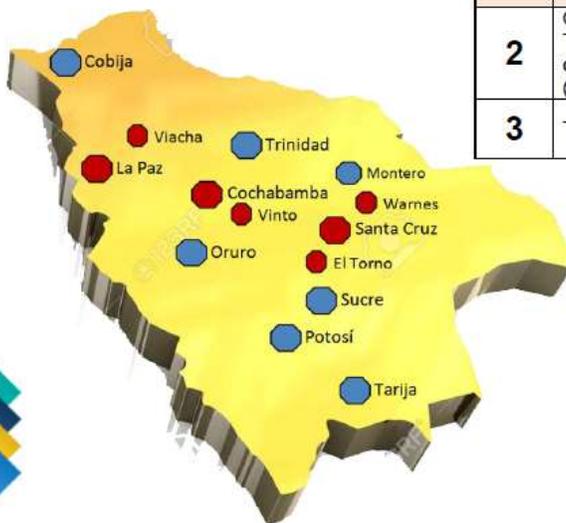
Con un conocimiento previo y coordinado de las frecuencias libres se podrá saber dónde utilizar los micrófonos, y cuanto más preciso sea este dato, mejor.

Anexo 3. Reasignación de canales en la ciudad de La Paz

N°	Operador	Canal asignado en la banda de VHF	Número Canal Virtual	Resolución	Canal asignado en la banda de UHF para Radiodifusión Televisiva Digital
1	EMPRESA DE COMUNICACIONES DEL ORIENTE LTDA. ECOR LTDA.	2	2.01	HD	28
2	RADIODIFUSORAS POPULARES S.A.	4	4.01	HD	31
3	ANTENA UNO CANAL 6 S.R.L.	5	5.01	HD	33
4	EMPRESA ESTATAL DE TELEVISIÓN "BOLIVIA TV"	7	7.01	HD	16
5	ILLIMANI DE COMUNICACIONES S.A.	9	9.01	HD	40
6	RED UNO DE BOLIVIA S.A.	11	11.01	HD	42
7	RED UNIVERSITARIA DE INFORMACIÓN RED RUBÍ - UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS	13	13.01	HD	14

Apagón Analógico

Grupo	Áreas de Servicio	Fecha de Apagón
1	Cochabamba, La Paz, Santa Cruz de la Sierra, Viacha, Vinto, Warnes, El Torno	31/11/2019
2	Cobija, Montero, Oruro, Potosí, Sucre, Tarija, Trinidad, Valle Alto y localidades con población mayor a cuarenta mil (40,000) habitantes.	31/11/2021
3	Territorio Nacional restante	31/11/2024



Fuente: <https://www.bo.emb-japan.go.jp/files/000330874.pdf>

Anexo 4. Fotografía

Sistema AXT600 Gestor de espectro Axient Shure



Momento del escaneo previo

Sistema RF Explorer



Momento del escaneo en el teatro Jaime Laredo

Antena Omnidireccional UA860SWB



Uso de la antena omnidireccional

