

ATSC 3.0: recomendaciones para su futura adopción en México

Instituto Federal de Telecomunicaciones ©
Dirección General de Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos
Dirección de Ingeniería y Tecnología
México, octubre 2025.

Ricardo Castañeda Álvarez

Director General de Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos
ricardo.castaneda@ift.org.mx

Roberto Carlos Castro Jaramillo

Director de Ingeniería y Tecnología
roberto.castro@ift.org.mx

Allan Lujano Giron

Subdirector de Ingeniería del Espectro
allan.lujano@ift.org.mx

La opinión vertida en este estudio representa la postura de la Dirección General de Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos y de la Dirección General de Política y Procedimientos Regulatorios en Medios y Contenidos Audiovisuales; no prejuzga sobre la opinión de otras áreas o de los miembros que conforman el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones.

ATSC 3.0: recomendaciones para su futura adopción en México

Allan Lujano Giron

Ricardo Castañeda Álvarez

Roberto Carlos Castro Jaramillo

© 2025

Allan Lujano Giron

Datos de contacto:

allan_lg@outlook.com, allan.lujano@ift.org.mx

Revisión editorial: Allan Lujano Giron

Gracias por descargar esta publicación. El copyright es propiedad exclusiva de los autores; no se permite su reproducción, copiado ni distribución con fines comerciales o ánimos de lucro. Si disfrutaste este libro, por favor invita a tus amigos a descargar su propia copia en www.ift.org.mx, donde pueden encontrar más información.

[Hoja intencionalmente en blanco]

Resumen ejecutivo

El proceso gradual de transición a la Televisión Digital Terrestre (TDT), bajo el cual México dio por terminada la transmisión de señales analógicas, con el trabajo coordinado entre el Órgano Regulador de telecomunicaciones y radiodifusión, el Gobierno y los concesionarios de televisión, trajo consigo diversas implicaciones, entre las que se encuentran:

- I. La operación con el estándar digital de televisión ATSC 1.0.
- II. La liberación de segmentos de espectro que fueron utilizados para el proyecto de la Red Compartida.
- III. El acceso a la multiprogramación por parte de los concesionarios de televisión.
- IV. La entrada de un nuevo concesionario de TDT con cobertura nacional.
- V. Mejor calidad de video y audio, subtítulos e información complementaria al contenido programático.
- VI. Mayor claridad para las audiencias respecto del orden de los canales de TDT.

La versión más reciente del estándar ATSC, denominada como ATSC 3.0, que está conformada por una variedad de estándares que especifican las diversas funciones que lo componen, así como su arquitectura basada en el Protocolo de Internet, lo colocan como uno de los estándares tecnológicos de vanguardia para la prestación de servicios de TDT, además de ofrecer un abanico de aplicaciones y servicios que habilitan nuevas posibilidades y oportunidades para la entrega no solo de contenidos audiovisuales sino también de datos, además las bondades que implican su compatibilidad con Internet por diseño. Entre las principales ventajas y casos de uso de ATSC 3.0 se encuentran:

- Compatible con redes de frecuencia única.
- Se diseñó bajo los protocolos de Internet.
- Los servicios se pueden entregar a través del servicio de radiodifusión y/o de banda ancha (*datacasting*).
- Compatible con dispositivos móviles.
- Mejor calidad de audio y vídeo en comparación con ATSC 1.0.
- Servicios avanzados de alertas y geolocalización.

En tal sentido, distintos países han comenzado a implementar diversas regulaciones con relación a los últimos avances de las nuevas tecnologías aplicables al servicio de TDT. En particular, en Canadá se ha autorizado la operación de estaciones de ATSC 3.0 de forma experimental; Brasil recientemente ha adoptado ciertos estándares de ATSC 3.0 que servirán de referencia para la implementación de la nueva versión del servicio de televisión en ese país, mientras que en Estados Unidos ya existe una operación cotidiana de ATSC 3.0 a través de una regulación específica para las estaciones que operan con dicho estándar. Así mismo, en Corea del Sur ya existe una alta penetración y cobertura de estaciones que operan bajo el estándar ATSC 3.0.

Con la finalidad de identificar las ventajas y beneficios que podría representar para México la implementación de ATSC 3.0, en este Estudio se realizan recomendaciones para ello bajo perspectivas distintas. La primera de ellas son aquellas consideraciones previas a la

implementación, como realizar pruebas experimentales con estaciones de ATSC 3.0 y la evaluación de las mismas. En segunda instancia, se propone abordar los aspectos regulatorios que se deberían modificar para permitir la operación voluntaria de estaciones de ATSC 3.0 en el país, y finalmente, se consideran los temas técnicos y regulatorios a tomar en cuenta conforme la adopción de ATSC 3.0 vaya en aumento.

Introducción

En México, el servicio gratuito de televisión radiodifundida es de suma relevancia, derivado del impacto, penetración y alto consumo por parte de las audiencias. En este sentido, con base en la Encuesta Nacional de Consumo de Contenidos Audiovisuales 2024 elaborada por el IFT, el 91% de los hogares reportan contar con televisor, de los cuales, el 54% declara contar únicamente con señales de televisión abierta. Además, el 74% de los entrevistados que reportaron tener televisor en su hogar, dijeron ver contenidos de canales de televisión abierta¹. Dicho consumo, en buena medida, ha sido impulsado por el proceso de transición a la televisión digital terrestre (TDT), el cual trajo consigo la posibilidad de contar con más canales de programación, junto con mayor cantidad y variedad de contenidos con mejor calidad, tanto de video como de audio.

Sin embargo, el mundo del consumo de contenidos audiovisuales se encuentra en un estado de constante evolución, impulsado por el avance constante de la tecnología y los cambios en los hábitos de consumo de las personas. La forma en que accedemos y disfrutamos del contenido de video ha cambiado drásticamente en las últimas décadas, pasando de una experiencia lineal y programada en televisores tradicionales a un panorama diverso y sobre demanda, accesible a través de una multitud de dispositivos, plataformas, tecnologías y medios de acceso.

Esta evolución se ha visto catalizada por tecnologías como el Internet de banda ancha y el desarrollo de dispositivos móviles sofisticados con pantallas de alta calidad. Las plataformas de *streaming*, las redes sociales y los servicios de video bajo demanda han revolucionado el consumo de contenidos, ofreciendo a las personas un control sin precedentes sobre qué, cuándo, dónde y cómo ver sus contenidos favoritos. Los hábitos de consumo se han fragmentado, con audiencias más segmentadas que buscan experiencias personalizadas y accesibles en cualquier momento y lugar.

En este contexto de cambio y adaptación, la industria de la televisión abierta radiodifundida se enfrenta al desafío de reinventarse e innovar para no perder relevancia. El servicio de TDT debe competir con la flexibilidad, interactividad y la personalización que ofrecen las plataformas digitales. Entre los elementos importantes a considerar para ello, la evolución de las tecnologías para la provisión de servicios de televisión abierta se presenta como una oportunidad para ofrecer mejores experiencias en el consumo de contenidos audiovisuales.

Entre los más recientes estándares tecnológicos para la provisión de televisión abierta destaca el estándar ATSC 3.0 (*Advanced Television Systems Committee 3.0*). Este estándar de transmisión de televisión representa un enorme salto cualitativo respecto a su predecesor, ATSC 1.0, al ofrecer una serie de mejoras significativas en términos de calidad de imagen, sonido, movilidad, interactividad y capacidad de transmisión de datos. Es de destacar, que ATSC 3.0 se basa en la tecnología IP (Protocolo de Internet), lo que le permite integrarse de

¹ IFT, "Ficha técnica - Encuesta Nacional de Consumo de Contenidos Audiovisuales 2024", IFT, México, 2024. Consultado el 19 de diciembre de 2024, disponible en: somosaudiencias.ift.org.mx/subsecciones/2#documento=https://somosaudiencias.ift.org.mx/archivos/6_REPORTE_ENCCA_2024_o.pdf&id:20

manera fluida con el ecosistema digital actual y aprovechar las ventajas de la conectividad a Internet.

Por ello, para el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), es de especial interés identificar las alternativas tecnológicas, tales como ATSC 3.0, que permitan aumentar los beneficios para las audiencias, a través de más canales con mejor calidad de audio y video, más aplicaciones, mejor accesibilidad e integración con otros servicios, así como impulsar el aumento en la eficiencia del uso del espectro, que permita que con un solo canal de transmisión de televisión sea posible contar aun con más canales multiprogramados con mejor calidad, y optimizar el reúso de canales de transmisión con técnicas como el despliegue de redes de frecuencia única (*Single Frequency Network* o SFN, por sus siglas en inglés).

Es por ello que la Dirección General de Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos, a través de la Dirección de Ingeniería y Tecnología, y con contribuciones de la Dirección General de Política y Procedimientos Regulatorios en Medios y Contenidos Audiovisuales del Instituto, realizan el presente estudio con el objetivo de analizar y exponer las características del estándar de televisión digital ATSC 3.0. Lo anterior, con el fin de estudiar cómo se compone y las nuevas funcionalidades que ofrece el estándar, explorar algunos casos de regulación que ha sido emitida por otros países que han adoptado ATSC 3.0, y a partir de ello proponer recomendaciones regulatorias para su eficaz adopción y utilización futura en México.

El estudio está compuesto por cuatro capítulos:

- **Capítulo I. Transición a la Televisión Digital Terrestre en México:** se abordan los antecedentes y acciones llevadas a cabo para el proceso de transición a la Televisión Digital Terrestre y los resultados de dicho proceso.
- **Capítulo II. Descripción de la tecnología ATSC 3.0:** en este capítulo se describe el funcionamiento de ATSC 3.0, sus nuevas funcionalidades y aplicaciones.
- **Capítulo III. Avances en la regulación y aplicación del estándar ATSC 3.0 a nivel internacional:** consiste en el análisis de diferentes regulaciones enfocadas a ATSC 3.0 de los siguientes órganos reguladores: *Innovation, Science and Economic Development Canada*, de Canadá, Ministerio de Comunicaciones de Brasil, *Federal Communications Commission*, de Los Estados Unidos de América y *Ministry of Science and ICT* de Corea del Sur.
- **Capítulo IV. Recomendaciones para la futura adopción del estándar ATSC 3.0 en México:** se realiza el análisis del estatus regulatorio actual del servicio de TDT en México y una comparación entre los estándares ATSC 1.0 y ATSC 3.0, para que, en conjunto con lo abordado en los capítulos anteriores, se formulen una serie de recomendaciones para la posible implementación futura de ATSC 3.0 en México.

La posible adopción del estándar ATSC 3.0 en México representa importantes retos para las partes que integran el ecosistema de la televisión abierta, por lo cual este estudio pretende contribuir al debate sobre el futuro de la televisión en México, aportando un análisis técnico y regulatorio que sirva como base para impulsar el diálogo que conduzca a la mejor toma de decisiones de manera objetiva e informada por parte de los diferentes actores del sector, y con ello determinar si el estándar ATSC 3.0 es susceptible de considerarse como el futuro

para la televisión abierta en México, adaptándose a las demandas y preferencias de las audiencias de nuestro país, y aprovechando el potencial que ofrece esta tecnología para proporcionar experiencias en el consumo de medios audiovisuales más ricas, interactivas y personalizadas.

Acrónimos

16QAM	<i>16 Quadrature Amplitude Modulation</i>
3D	<i>Three-Dimensional</i>
8-VSB	<i>8-Vestigial Sideband Modulation</i>
ATSC	<i>Advanced Television Systems Committee</i>
ATSC 1.0	<i>Advanced Television Systems Committee 1.0</i>
ATSC 2.0	<i>Advanced Television Systems Committee 2.0</i>
ATSC 3.0	<i>Advanced Television Systems Committee 3.0</i>
BER	Tasa de errores binarios (del inglés <i>Bit Error Rate</i>)
BPSK	<i>Binary Phase Shift Keying</i>
CAM	Control de acceso al medio
CNAF	Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias
CDR	Canal dedicado de retorno
CFE-TEIT	Comisión Federal de Electricidad: Telecomunicaciones e Internet para Todos
CFR	Código Federal de Regulaciones
COFDM	<i>Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
DA	Dispositivo acompañante de ATSC 3.0
DOU	Diario Oficial de la Unión
DP	Dispositivo primario de ATSC 3.0
ET	Estación de televisión
FCC	<i>Federal Communications Commission</i>
FDD	Duplexaje en división de frecuencia (del inglés <i>Frequency Division Duplexing</i>)
FEC	<i>Forward Error Correction</i>
Foro SBTVD	Foro del Sistema Brasileño de Televisión Digital Terrestre
HAAT	Altura sobre el terreno promedio de la antena (del inglés <i>Antenna Height Above Average Terrain</i>)
HD	<i>High Definition Television</i>
HDMI	<i>High-Definition Multimedia Interface</i>
HDR	Alto rango dinámico (del inglés <i>High Dynamic Range</i>)
HEVC	<i>Highly Efficient Video Coding</i>
IA	Inteligencia Artificial
IFT	Instituto Federal de Telecomunicaciones
IMSC1	<i>Internet Media Subtitles and Captions 1.0.1</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
IP	Protocolo de Internet (del inglés <i>Internet Protocol</i>)
ISED	<i>Innovation, Science and Economic Development Canada</i>
kHz	Kilohertz
LDM	<i>Layered Division Multiplexing</i>
LL	<i>Link-Layer</i>
LTE	<i>Long-Term Evolution</i>
MHz	Megahertz

MIMO	<i>Multiple Input Multiple Output</i>
MISO	<i>Multiple Input Single Output</i>
MPEG-2 TS	<i>Moving Picture Experts Group 2 Transport Stream</i>
MSIT	<i>Ministry of Science and ICT</i>
NAB	<i>National Association of Broadcasters</i>
NextGen TV	Proyecto de transición hacia ATSC 3.0
OMV	Operador Móvil Virtual
OTT	<i>Over the top</i>
PiP	<i>Picture in Picture</i>
Política TDT	Política para la transición a la TDT
PRA	<i>Potencia radiada aparente</i>
QoS	<i>Quality of Service</i>
RF	Radiofrecuencia
SC-FDMA	<i>Single Carrier Frequency Division Multiple Access</i>
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SD	<i>Standard Definition Television</i>
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEP	Secretaría de Educación Pública
SFN	<i>Single Frequency Network</i>
SISO	<i>Single Input Single Output</i>
TAR	Terminal de acceso de radiodifusión
TDT	Televisión Digital Terrestre
TV	Televisión
TxID OTA	Herramienta de identificación de transmisores inalámbricos
UHD	<i>Ultra High Definition</i>
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
UMCA	Unidad de Medios y Contenidos Audiovisuales
VHF	<i>Very High Frequency</i>
WCG	Amplia gama de colores (del inglés <i>Wide Color Gamut</i>)

Índice

Resumen ejecutivo.....	i
Introducción	iii
Acrónimos.....	vi
Capítulo I. Transición a la Televisión Digital Terrestre en México.....	12
1.1. Política para la transición a la TDT.....	12
1.2. Terminación de las transmisiones analógicas	15
1.3. Consecuencias de la transición digital	16
1.3.1. Red compartida mayorista:.....	17
1.3.2. Multiprogramación	17
1.3.3. Favoreció la competencia	19
1.3.4. Más canales y servicios en pantalla.....	20
1.3.5. Más claridad en el orden de los canales	21
Capítulo II. Descripción de la tecnología ATSC 3.0	23
2.1. Definición de ATSC 3.0	23
2.2. Estándares asociados a ATSC 3.0.	24
2.2.1. Estándar A/200 " <i>Regional Service Availability</i> "	24
2.2.2. Estándar A/300 " <i>ATSC 3.0 System</i> "	24
2.2.3. Estándar A/321 " <i>System Discovery and Signaling</i> "	24
2.2.4. Estándar A/322 " <i>Physical Layer Protocol</i> "	25
2.2.5. Estándar A/323 " <i>Dedicated Return Channel for ATSC 3.0</i> "	28
2.2.6. Estándar A/324 " <i>Scheduler / Studio to Transmitter Link</i> "	30
2.2.7. Estándar A/330 " <i>Link-Layer Protocol</i> "	30
2.2.8. Estándar A/331 " <i>Signaling, Delivery, Synchronization, and Error Protection</i> "	30
2.2.9. Estándar A/332 " <i>Service Announcement</i> "	31
2.2.10. Estándar A/333 " <i>Service Usage Reporting</i> "	32
2.2.11. Estándar A/334 " <i>Audio Watermark Emission</i> "	32
2.2.12. Estándar A/335 " <i>Video Watermark Emission</i> "	32
2.2.13. Estándar A/336 " <i>Content Recovery in Redistribution Scenarios</i> "	32
2.2.14. Estándar A/337 " <i>Application Event Delivery</i> "	33
2.2.15. Estándar A/338 " <i>Companion Device</i> "	33
2.2.16. Estándar A/341 " <i>Video – HEVC</i> ".....	33
2.2.17. Estándar A/342 Parte 1 " <i>Audio Common Elements</i> "	34
2.2.18. Estándar A/342 Parte 2 " <i>AC-4 System</i> ".....	34

2.2.19.	Estándar A/342 Parte 3 "MPEG-H System"	35
2.2.20.	Estándar A/343 "Captions and Subtitles"	35
2.2.21.	Estándar A/344 "ATSC 3.0 Interactive Content"	36
2.2.22.	Estándar A/360 "ATSC 3.0 Security and Service Protection"	36
2.3.	Redes de frecuencia única y multiprogramación	37
2.4.	Dispositivos compatibles con ATSC 3.0	37
2.5.	Principales aplicaciones y casos de uso de ATSC 3.0	38
2.6.	ATSC 3.0 y su integración con Internet	39
Capítulo III. Avances en la regulación y aplicación del estándar ATSC 3.0 a nivel internacional.....		41
3.1.	Canadá: <i>Innovation, Science and Economic Development Canada</i>	41
3.1.1.	Requerimientos técnicos.....	41
3.1.2.	Requerimientos regulatorios	42
3.1.3.	Requerimientos específicos para la aprobación de receptores de ATSC 3.0.....	43
3.2.	Brasil: Ministerio de Comunicaciones.....	43
3.2.1.	Fase I: Llamado de propuestas.....	44
3.2.2.	Fase II: Pruebas y evaluación	46
3.2.3.	Fase III: Pruebas complementarias, desarrollo de estandarización y demostración... ..	46
3.3.	Estados Unidos: <i>Federal Communications Commission</i>	47
3.3.1.	Transición hacia ATSC 3.0.....	47
3.3.2.	Regulación aplicable a las estaciones de ATSC 3.0	48
3.3.2.1	Requisitos técnicos para la prestación del servicio de televisión	48
3.3.2.2.	Requisitos regulatorios para la prestación del servicio de televisión	50
3.3.3.	Transmisores de ATSC 3.0 autorizados por FCC	51
3.4.	Corea del Sur: <i>Ministry of Science and ICT</i>	51
3.5.	Comparación entre los reguladores.....	52
Capítulo IV. Recomendaciones para la futura adopción del estándar ATSC 3.0 en México		54
4.1.	Estatus regulatorio del servicio de TDT.....	54
4.1.1.	Bandas del espectro atribuidas al servicio de TDT	54
4.1.2.	Parámetros de operación para la transmisión de estaciones principales y complementarias del servicio de TDT	54
4.1.3.	Asignación de canales virtuales.....	55
4.1.4.	Retransmisión de señales	56
4.1.5.	Multiprogramación	57
4.1.6.	Accesibilidad	57

4.2.	Comparación entre ATSC 1.0 y ATSC 3.0.....	58
4.3.	Recomendaciones para la futura adopción de ATSC 3.0 en México	59
4.3.1.	Consideraciones previas a la posible implementación de ATSC 3.0.....	59
4.3.2.	Aspectos regulatorios a considerar para la implementación de ATSC 3.0.....	61
4.3.3.	Recomendaciones para la futura adopción de ATSC 3.0	64
4.4.	Conclusiones.....	65
	Referencias	68

[Hoja intencionalmente en blanco]

Capítulo I. Transición a la Televisión Digital Terrestre en México

En el presente capítulo se aborda el proceso de transición a la TDT en México, a partir de las políticas y criterios adoptados para el mismo. La transición a la TDT fue el proceso bajo el cual se determinó la terminación de transmisiones analógicas para dar paso a las transmisiones digitales en todas las estaciones del servicio de televisión. Dicho proceso conllevó objetivos que han significado una serie de beneficios y oportunidades directas e indirectas hacia los concesionarios, las audiencias y la población en general en términos de transmisión y recepción de señales de televisión.

1.1. Política para la transición a la TDT

Con la adopción del Estándar Tecnológico A/53 de ATSC y el establecimiento de la Política para la transición a la TDT (Política TDT) del 2 de julio de 2004², se inició el proceso de transición a la TDT en México. En este sentido, la Política TDT antes referida visualizó un proceso gradual a largo plazo, con un mecanismo de presencia y réplica de las señales de televisión radiodifundida digital, así como la meta de lograr el cese de señales analógicas para el año 2021.

Posteriormente, en el año 2012, la Política TDT fue modificada³ con el objeto de adelantar la fecha de terminación de transmisiones analógicas de forma escalonada, desde abril de 2013 hasta diciembre de 2015. Asimismo, se contempló la implementación de programas piloto para la terminación de las transmisiones analógicas. De esta manera, el 18 de julio de 2013 se llevó a cabo una prueba piloto para el primer apagón analógico de México, específicamente en la ciudad de Tijuana, Baja California, ciudad que se convirtió en la primera de México y de América Latina en transitar a la TDT. Dicha prueba piloto se realizó con la condicionante de que el 90% de las personas que dependían de la televisión abierta para el consumo de contenidos audiovisuales ya debían contar con equipos receptores de TDT, mientras que para aquellos hogares que no contaran con equipos para la recepción de señales digitales, la entonces Comisión Federal de Telecomunicaciones proporcionó los equipos decodificadores y antenas receptoras⁴.

² Secretaría de Comunicaciones y Transportes, "Acuerdo por el que se adopta el estándar tecnológico de televisión digital terrestre y se establece la política para la transición a la televisión digital terrestre en México", *DOF*, México, 2 de julio de 2004. Consultado el 26 de noviembre de 2024, disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=678631&fecha=02/07/2004#gsc.tab=0

³ Comisión Federal de Telecomunicaciones, "ACUERDO por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones del Acuerdo por el que se adopta el estándar tecnológico de televisión digital terrestre y se establece la política para la transición a la televisión digital terrestre en México, publicado el 2 de julio de 2004", *DOF*, México, 4 de mayo de 2012. Consultado el 26 de noviembre de 2024, disponible en: https://www.ift.org.mx/sites/all/themes/bootstrap/templates/ift-umca/files/pdfs/tdt/2012_05_04_MAT_cofetel.pdf

⁴ IFT, "Memoria de la transición a la Televisión Digital Terrestre", *IFT*, México, 2018, página 28. Consultado el 17 de diciembre de 2024, disponible en: <https://www.tdt.mx/docs/comunicados/2018/Memoria-TDT.PDF>

Por otra parte, el Decreto de Reforma Constitucional en materia de Telecomunicaciones y Radiodifusión⁵ del 11 de junio de 2013, reconoció a nivel constitucional el 31 de diciembre de 2015 como la fecha para la culminación del proceso de transición a la TDT y para ello, mandató a los Poderes de la Unión para que, en el ámbito de sus competencias, promovieran la implementación de equipos receptores y decodificadores necesarios para la implementación de dicho proceso, garantizando los recursos presupuestales necesarios para ello⁶. De esta manera, la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión⁷ del 14 de julio de 2014 retomó en su artículo Transitorio Décimo Noveno la fecha de culminación establecida por el Decreto de Reforma Constitucional, y estableció las actividades a realizar por parte de la entonces Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y el Instituto Federal de Telecomunicaciones⁸. Con lo anterior, se dio paso a la emisión de una nueva Política TDT por parte del IFT en septiembre de 2014⁹, la cual constituyó la base regulatoria para la transición definitiva. Dicha Política TDT, estableció las condiciones para que se realizaran los ceses de transmisiones analógicas anticipados al 31 de diciembre de 2015 de la siguiente manera¹⁰:

- En el caso de la recepción, se debía alcanzar un nivel de penetración con receptores o decodificadores aptos para recibir transmisiones digitales en 90% o más de los hogares de escasos recursos que fueron definidos por la entonces Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) en cada Área de Cobertura.
- Para el caso de la transmisión, se debía dar inicio a las transmisiones digitales en toda el Área de Cobertura correspondiente.

Para ello, el IFT se debía encargar de generar las condiciones para la transmisión de las señales digitales, además de emitir los correspondientes Acuerdos por virtud de los cuales se determinaría el cese de las transmisiones analógicas de televisión en las distintas poblaciones del país. Al cumplirse las condiciones antes referidas, el Pleno del Instituto determinaría la fecha y hora del cese de transmisiones analógicas considerando, al menos, un plazo de cuatro semanas entre la fecha de resolución y la fecha de cese, lapso durante el cual se daba aviso a las audiencias para que tomaran las medidas necesarias para poder acceder al servicio de TDT.

⁵ Presidencia de la República, "Artículo Quinto Transitorio del Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6o., 7o., 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones", *DOF*, México, 11 de junio de 2013. Consultado el 17 de diciembre de 2024, disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301941&fecha=11/06/2013#gsc.tab=0

⁶ *Idem*.

⁷ Presidencia de la República, "DECRETO por el que se expiden la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, y la Ley del Sistema Público de Radiodifusión del Estado Mexicano; y se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones en materia de telecomunicaciones y radiodifusión", *DOF*, México, 14 de julio de 2014. Consultado el 17 de diciembre de 2024, disponible en: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lftr/LFTR_orig_14jul14.pdf

⁸ *Idem*

⁹ IFT, "Política para la Transición a la Televisión Digital Terrestre", *DOF*, México, 11 de septiembre de 2014. Consultado el 17 de diciembre de 2024, disponible en: https://www.ift.org.mx/sites/all/themes/bootstrap/templates/ift-umca/files/pdfs/tdt/cndofpift030914259_1.pdf

¹⁰ Comisión Federal de Telecomunicaciones, "ACUERDO por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones del Acuerdo por el que se adopta el estándar tecnológico de televisión digital terrestre y se establece la política para la transición a la televisión digital terrestre en México, publicado el 2 de julio de 2004", *DOF*, México, 4 de mayo de 2012. Consultado el 26 de noviembre de 2024, disponible en: https://www.ift.org.mx/sites/all/themes/bootstrap/templates/ift-umca/files/pdfs/tdt/2012_05_04_MAT_cofetel.pdf

Entre los puntos principales de la Política de TDT se destacan los siguientes:

- I. Para que el sector involucrado estuviera en posibilidad de realizar la transición, resultó necesario la asignación de un canal de transmisión adicional por cada canal de transmisión concesionado o permisionado, en el cual se pudiera transmitir simultáneamente la misma programación, o, en su defecto, una autorización para la operación intermitente de estaciones en modo analógico/digital.
- II. El sector involucrado debió asegurar la continuidad del servicio de radiodifusión, es decir, garantizó la adecuada transmisión de sus señales de TDT, replicando toda su área de cobertura, pudiendo utilizar para ello, los equipos complementarios en zona de sombra que resultasen necesarios, previa autorización del IFT.
- III. El sector involucrado estuvo obligado a proporcionar diariamente información a la población sobre su proceso de transición. Asimismo, el IFT llevó a cabo campañas publicitarias en medios de comunicación masiva, volantes, sesiones informativas, la creación de un portal de internet, en coordinación con el sector involucrado y la entonces SCT.
- IV. Una vez efectuada la terminación de transmisiones analógicas, el sector involucrado únicamente podría utilizar el canal de transmisión destinado a realizar transmisiones digitales. Cabe mencionar que el canal de transmisión destinado es diferente al canal originalmente concesionado o permisionado para las transmisiones en formato analógico.
- V. El sector involucrado sólo puede utilizar el estándar A/53 de la ATSC para la transmisión de señales de la TDT, así como hacer uso de las mejoras a dicho estándar. Además, debe incluir sistemas de información y guía electrónica de programación en sus transmisiones.
- VI. Los servicios de TDT para recepción fija deben contar con una calidad de video igual o superior a la calidad máxima analógica posible: 480 líneas entrelazadas (480i) en una relación de aspecto 4:3 o 16:9 con condiciones comparables a la calidad analógica en color y resolución de imagen, lo cual se entenderá como calidad estándar (*Standard Definition Television, SD*). Cuando la calidad de video sea al menos de 720 líneas progresivas (720p) o 1080 líneas entrelazadas (1080i), en una relación de aspecto 16:9, se entenderá como calidad de alta definición (*High Definition Television, HD*) y debe ser de mayor calidad en color y resolución de imagen que la SD.
- VII. El sector involucrado debe ofrecer el servicio de la TDT en la ciudad principal a servir con un nivel de intensidad de campo $F(50,90)$ ¹¹ de cuando menos 35 dBu para los canales 2 al 6 (54-72 MHz y 76-88 MHz), de 43 dBu para los canales 7 al 13 (174-216 MHz) y de 48 dBu para los canales 14 al 51 (470-698 MHz)¹².

¹¹ Representación del método de propagación Longley-Rice para la predicción de áreas de servicio digital, en donde para determinar si un servicio de televisión se encuentra presente, la variabilidad de los lugares se fijará en 50% y la variabilidad del tiempo en 90%.

¹² Derivado del reordenamiento espectral posterior a la transición a la TDT, hoy en día dicho servicio opera sólo hasta el canal 36 (602-608 MHz).

1.2. Terminación de las transmisiones analógicas

Como ya se señaló, el IFT se encargó de acordar la terminación de transmisiones analógicas antes del 31 de diciembre de 2015, siempre y cuando se cumplieran las condiciones referidas en el numeral anterior. Para ello, el IFT se encargó de satisfacer los requerimientos necesarios para la transmisión digital y la determinación del cese de transmisiones analógicas, como otorgar la autorización del uso de canales adicionales de TDT a los concesionarios y permisionarios de televisión radiodifundida, con los respectivos estudios y opiniones técnicas, así como determinar la réplica de la cobertura de la señal analógica con la nueva señal digital autorizada y verificar el cumplimiento de la misma para proceder al correspondiente cese de transmisiones analógicas¹³. Finalmente, una vez verificadas las condiciones de recepción y transmisión el Pleno del Instituto determinaba los ceses de transmisiones analógicas durante el proceso de transición.

La Política de TDT contempló también otro tipo de acciones para que la población se preparara para la transición. Por ejemplo, se implementaron estrategias de difusión para cada apagón, a fin de que la población tuviera conocimiento de la fecha y la hora en la que se llevaría a cabo el cese de las transmisiones analógicas en sus respectivas localidades, así como que las diferentes autoridades municipales, estatales o federales estuvieran al tanto del mismo¹⁴.

Por último, y para el caso de equipos complementarios, el IFT debió observar los dos siguientes criterios¹⁵:

- I. Criterio 1: al ordenar la terminación de transmisiones analógicas de una estación de televisión en un área de cobertura "X", también fue factible acordar el cese de transmisiones analógicas de equipos complementarios pertenecientes a un área de cobertura "Y" de otra estación de televisión, siempre y cuando se encuentren dentro del área de cobertura "X", ya que la continuidad del servicio se encuentra garantizada en términos de la Política de TDT. Lo anterior, con la finalidad de no generar una ventaja comercial en favor del sector involucrado que aún operaba con señales analógicas.
- II. Criterio 2: al ordenar la terminación de transmisiones analógicas de una estación de televisión, no necesariamente se ordenó el cese de transmisiones analógicas de todos sus equipos complementarios, siempre y cuando dichos equipos se encuentren fuera del área de cobertura de las estaciones que se apagaron conforme a la Política de TDT.

¹³ IFT, "Memoria de la transición a la Televisión Digital Terrestre", IFT, México, 2018. Consultado el 17 de diciembre de 2024, disponible en: <https://www.tdt.mx/docs/comunicados/2018/Memoria-TDT.PDF>.

¹⁴ Comisión Federal de Telecomunicaciones, "ACUERDO por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones del Acuerdo por el que se adopta el estándar tecnológico de televisión digital terrestre y se establece la política para la transición a la televisión digital terrestre en México, publicado el 2 de julio de 2004", DOF, México, 4 de mayo de 2012. Consultado el 26 de noviembre de 2024, disponible en: https://www.ift.org.mx/sites/all/themes/bootstrap/templates/ift-umca/files/pdfs/tdt/2012_05_04_MAT_cofetel.pdf

¹⁵ IFT, "Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite los criterios de aplicación de la Política para la transición a la televisión digital terrestre", IFT, México, 30 de septiembre de 2015. Consultado el 7 de noviembre de 2023, disponible en: https://www.ift.org.mx/sites/all/themes/bootstrap/templates/ift-umca/files/pdfs/tdt/pifftext300915110_1.pdf

Así, la terminación escalonada de señales analógicas se llevó a cabo conforme a lo descrito en la Tabla 1.1¹⁶.

Tabla 1.1. Terminación escalonada de señales analógicas por cada apagón analógico.

Nombre del apagón	Porcentaje de estaciones apagadas	Acumulado de población apagada	Fecha
Apagón Analógico COFETEL	2%	1.6%	18/07/2013
1er. Apagón Analógico	4%	3.2%	14/01/2015
2do. Apagón Analógico	5%	4.3%	26/03/2015
3er. Apagón Analógico	7%	5.6%	14/07/2015
4to. Apagón Analógico	11%	10.1%	24/09/2015
5to. Apagón Analógico	13%	13.4%	29/10/2015
6to. Apagón Analógico	18%	21.3%	11/12/2015
7mo. Apagón Analógico	29%	31.7%	16/12/2015
8vo. Apagón Analógico	35%	57.2%	17/12/2015
9no. Apagón Analógico	44%	61.7%	22/12/2015
Apagón 31 de diciembre ¹⁷	100%	100%	31/12/2015

Fuente: Elaboración propia

Con estas acciones, a través de la colaboración entre el IFT y dependencias del Gobierno de la República, los diferentes actores que conforman el sector de la radiodifusión y los aliados estratégicos e interesados que se sumaron a este proyecto, México se convirtió en el primer país de Latinoamérica en concluir totalmente las transmisiones analógicas y transitar a la TDT.

1.3. Consecuencias de la transición digital

La transición digital en México tuvo diversas consecuencias en diferentes ámbitos, las cuales se abordan en los siguientes numerales.

¹⁶ IFT, "Estaciones transitadas por apagón", IFT, México, 2015. Consultado el 8 de noviembre de 2023, disponible en: https://www.ift.org.mx/sites/all/themes/bootstrap/templates/ift-umca/files/pdfs/tdt/infografiaapagonanalogicomexico20151_1.pdf

¹⁷ Para ciertas estaciones y equipos complementarios de baja potencia, se extendió la fecha de cese de transmisiones analógicas hasta el 31 de diciembre de 2016, considerando que sus áreas de cobertura principales estaban ubicadas en zonas alejadas, dispersas y de baja densidad poblacional.

1.3.1. Red compartida mayorista:

Uno de los beneficios que trajo la TDT fue la liberación de segmentos de espectro radioeléctrico, los cuales fueron utilizados para el proyecto de la Red Compartida Mayorista¹⁸, cuyos principales objetivos son:

- i) Impulsar el acceso efectivo de la población a la comunicación de banda ancha.
- ii) Aumentar la oferta de servicios.
- iii) Incentivar la competencia en todos los segmentos del sector de telecomunicaciones.
- iv) Elevar la calidad de los servicios a estándares internacionales a través de la prestación de servicios mayoristas de telecomunicaciones.

Por ello, se otorgó a dicho proyecto el aprovechamiento integral de 90 MHz del primer dividendo digital obtenido en la banda 700 MHz¹⁹.

Así, el proyecto de la Red Compartida Mayorista consiste en una red mayorista de tecnología *Long-Term Evolution* (LTE o 4G) de servicios móviles que ofrece capacidad de datos a otros operadores de redes móviles y a operadores móviles virtuales (OMV), es decir, esta red vende todas sus capacidades y servicios de manera desagregada y no discriminatoria, únicamente a operadores con infraestructura y a operadores virtuales. Por lo tanto, no compite con sus clientes, ya que no venderá servicios directamente a los usuarios finales²⁰. En este sentido, dicho proyecto tiene por objetivo mejorar la calidad de servicios (*Quality of Service*, QoS), la cobertura, la variedad de opciones en el mercado²¹ y el cierre de la brecha digital debido a capacidad de adopción de las tecnologías de la información en zonas urbanas y rurales²². Actualmente, y derivado de la operación de la Red Compartida Mayorista, el Gobierno Federal ha impulsado más proyectos enfocados al cierre de la brecha digital como lo son “Comisión Federal de Electricidad: Telecomunicaciones e Internet para Todos” (CFE-TEIT)²³ e “Internet para el Bienestar”²⁴.

1.3.2. Multiprogramación

La TDT favoreció a las audiencias, pues permitió la implementación de la multiprogramación, la cual implica la posibilidad de distribuir más de un canal de programación en el mismo canal de transmisión de radiodifusión de 6 MHz, con una mejor calidad de video y transmisión de

¹⁸ Presidencia de la República, “Artículo Quinto Transitorio del Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6o., 7o., 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones”, *DOF*, México, 11 de junio de 2013. Consultado el 17 de diciembre de 2024, disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301941&fecha=11/06/2013#gsc.tab=0

¹⁹ PROMTEL. “Evaluación Red Compartida 2022.”, *Secretaría de Comunicaciones y Transportes*, México, 2023. Consultado el 6 de marzo de 2024, disponible en: <https://www.promtel.gob.mx/perfiles/wp-content/uploads/2023/03/Evaluacion-Red-Compartida-2022-vp.pdf>

²⁰ IFT, “Memoria de la transición a la televisión digital terrestre”, *IFT*, México, 2018. Consultado el 6 de marzo de 2024, disponible en: <https://www.tdt.mx/docs/comunicados/2018/Memoria-TDT.PDF>

²¹ OCDE, “Estudio de la OCDE sobre telecomunicaciones y radiodifusión en México 2017”, *IFT*, París, 2017. Consultado el 6 de marzo de 2024, disponible en: https://www.ift.org.mx/sites/default/files/estudio_de_la_ocde_sobre_telecomunicaciones_y_radiodifusion_en_mexico_2017.pdf

²² Para más información, consúltese en: <https://www.altanredes.com/por-que-la-red-compartida/>

²³ Para más información, consúltese en: <https://cfeinternet.mx/>

²⁴ Para más información, consúltese en: <https://internetparaelbienestar.mx/>

audio²⁵. Esto conlleva una mayor eficiencia en la capacidad de uso del espectro, dado que se logra un mejor aprovechamiento de las bandas de frecuencias atribuidas al servicio de radiodifusión, con las que la población puede recibir de manera gratuita y directa más señales de diversos operadores de radiodifusión²⁶. Además, también contribuyó al acceso de aquellos programadores y productores de contenidos que no contaban con concesiones de canales de televisión para poder transmitir sus contenidos independientes y originales, esto a través del acceso que los concesionarios de TDT les brinden, como terceros, dentro de su capacidad de multiprogramación²⁷. Asimismo, la multiprogramación ha permitido a las audiencias ejercer, entre otros, el derecho a recibir programación que incluya diferentes géneros que abonen a la diversidad, pluralidad de ideas y opiniones, así como recibir de manera oportuna información de cambios de identidad programática de canales de programación en multiprogramación²⁸.

Al respecto, cabe señalar que con la finalidad de establecer un marco normativo que regulara la figura de la multiprogramación y atender al mandamiento constitucional y al establecido en la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, el IFT emitió la regulación correspondiente en materia de multiprogramación en el año 2015 a través de los “Lineamientos Generales para el Acceso a la Multiprogramación²⁹”. Ello sentó las bases para un mayor beneficio en la competencia, la diversidad y la pluralidad en favor de las audiencias, de concesionarios de radiodifusión, programadores y productores de contenidos. Derivado de ello, la oferta programática para las audiencias ha aumentado considerablemente, con la adición de canales de programación que antes no eran recibidos por dichas audiencias³⁰ y, de igual forma, los concesionarios de radiodifusión han tenido la posibilidad de crear cadenas con una identidad programática definida, así como terceros, quienes han encontrado a través de esta posibilidad técnica, una ventana para transmitir por televisión radiodifundida contenidos audiovisuales, sin necesariamente tener el carácter de concesionarios.

Adicionalmente, la multiprogramación ha favorecido a diversos sectores, como el de la educación, cuando se presentó la emergencia sanitaria por el COVID-19, donde el IFT, en coordinación con otras dependencias gubernamentales, determinó establecer medidas para combatir los efectos de dicha situación de emergencia y entre ellas, emitió el “Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones, por causa de fuerza mayor, con motivo de las medidas de contingencia de la pandemia de coronavirus COVID-19, determina el acceso a la multiprogramación de ciertos concesionarios de radiodifusión de manera temporal para un canal de programación cuyo contenido audiovisual incluya las

²⁵ IFT, “Lineamientos generales para la Multiprogramación”, *DOF*, México, 25 de abril de 2023. Consultado el 8 de abril de 2024, disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5686552&fecha=25/04/2023#gsc.tab=0

²⁶ Comisión Federal de Telecomunicaciones, “ACUERDO por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones del Acuerdo por el que se adopta el estándar tecnológico de televisión digital terrestre y se establece la política para la transición a la televisión digital terrestre en México, publicado el 2 de julio de 2004”, *DOF*, México, 4 de mayo de 2012. Consultado el 26 de noviembre de 2024, disponible en: https://www.ift.org.mx/sites/all/themes/bootstrap/templates/ift-umca/files/pdfs/tdt/2012_05_04_MAT_cofetel.pdf

²⁷ Para más información, consúltese en: <https://www.tdt.mx/memoria-tdt.php/logro.html>

²⁸ IFT, “Lineamientos generales para la Multiprogramación”, *DOF*, México, 25 de abril de 2023. Consultado el 8 de abril de 2024, disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5686552&fecha=25/04/2023#gsc.tab=0

²⁹ IFT, “Lineamientos generales para la Multiprogramación”, *DOF*, México, 25 de abril de 2023. Consultado el 8 de abril de 2024, disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5686552&fecha=25/04/2023#gsc.tab=0

³⁰ Mientras que antes del apagón analógico se tenían alrededor de 600 señales de televisión, hoy en día se cuentan con más de 1,800 canales de programación del servicio de TDT.

sesiones escolares de la Secretaría de Educación Pública³¹, con el objeto de crear un procedimiento excepcional a la regulación ordinaria en materia de multiprogramación. Ello permitió a los concesionarios de televisión abierta el acceso pronto y expedito a la multiprogramación para transmitir el contenido educativo de la Secretaría de Educación Pública (SEP), mediante el acceso de manera directa a la multiprogramación o bien, si ya contaban con autorización previa, cambiar la identidad programática de algún canal de programación multiprogramado³².

Lo anterior se llevó a cabo teniendo en cuenta que el servicio público de televisión radiodifundida se constituye como un medio de amplia cobertura territorial y poblacional, y de manera específica con la figura de la multiprogramación se puede hacer uso de canales de programación multiprogramados con la finalidad de transmitir en estos, contenido audiovisual que incluya las sesiones escolares de la SEP. Con ello, se logró atender de manera eficaz los esquemas educativos que el Gobierno Federal implementó, hasta en tanto la población estudiantil pudiera regresar a clases de manera presencial.

De igual forma, se debe señalar que, en abril de 2023, el Pleno del IFT emitió los nuevos Lineamientos Generales para la Multiprogramación³³, abrogando los Lineamientos Generales para el Acceso a la Multiprogramación que fueron emitidos en el año 2015. Dicha disposición tiene como objetivo actualizar la regulación en la materia para adaptarse al dinamismo propio del sector de la radiodifusión en nuestro país, simplificando requisitos, así como aprovechando las nuevas tecnologías y herramientas que permiten la atención de sus trámites a través de la Ventanilla Electrónica del IFT, con una mayor certidumbre y seguridad jurídica a los concesionarios del servicio de radiodifusión. En consecuencia, con la emisión de estos nuevos lineamientos, se actualiza la regulación en materia de multiprogramación de la manera más eficiente posible, maximizando los intereses de los concesionarios de radiodifusión, sus audiencias y demás agentes involucrados, al menor costo y buscando en todo momento la simplificación y reducción de cargas administrativas.

1.3.3. Favorecer la competencia

La TDT ha favorecido la expansión de la variedad de contenidos disponibles para la población mexicana, así como la entrada de nuevos participantes a la radiodifusión, mayor cantidad de canales y más proveedores de servicios después de la entrada de un nuevo concesionario nacional de televisión digital abierta³⁴. La transición a la TDT, acompañada de otras acciones regulatorias impulsadas por el IFT, se ha traducido en beneficios al sector de la radiodifusión para que la población reciba estos servicios en mejores condiciones de calidad, cobertura y

³¹ IFT, "ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones, por causa de fuerza mayor, con motivo de las medidas de contingencia de la pandemia de Coronavirus COVID-19, determina el acceso a la multiprogramación de ciertos concesionarios de radiodifusión de manera temporal para un canal de programación cuyo contenido audiovisual incluya las sesiones escolares de la Secretaría de Educación Pública", *DOF*, México, 29 de abril de 2020. Consultado el 26 de noviembre de 2024, disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5592453&fecha=29/04/2020#gsc.tab=0

³² IFT, "El IFT facilita el acceso a canales de multiprogramación en tv abierta para transmitir contenido educativo", *IFT*, México, 2020. Consultado el 8 de abril de 2024, disponible en: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/comunicado382020ift.pdf>

³³ IFT, "Lineamientos generales para la Multiprogramación", *DOF*, México, 25 de abril de 2023. Consultado el 8 de abril de 2024, disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5686552&fecha=25/04/2023#gsc.tab=0

³⁴ OCDE, "Estudio de la OCDE sobre telecomunicaciones y radiodifusión en México 2017", *IFT*, México, 2017. Consultado el 8 de abril de 2024, disponible en: https://www.ift.org.mx/sites/default/files/estudio_de_la_ocde_sobre_telecomunicaciones_y_radiodifusion_en_mexico_2017.pdf

competencia. Entre las acciones regulatorias que han impactado de forma positiva a la radiodifusión, se destacan las siguientes:³⁵:

- i) La determinación del Agente Económico Preponderante en el sector de radiodifusión y la correspondiente imposición de medidas asimétricas para evitar la afectación a la competencia y libre concurrencia.
- ii) La revisión de títulos de concesión, a efecto de verificar el cumplimiento de sus términos, condiciones y modalidades.
- iii) La creación del Registro Público de Concesiones, en el cual se hace pública información relevante de las concesiones en materia de telecomunicaciones y radiodifusión.
- iv) La licitación de dos nuevas cadenas de televisión radiodifundida digital con cobertura nacional, resultando en la adjudicación de una cadena.
- v) La emisión de lineamientos generales en materia de retransmisión de señales de televisión radiodifundida, mejor conocida como *Must Carry/Must Offer*.

1.3.4. Más canales y servicios en pantalla

Con la implementación de la TDT se dio paso para que en 2015 se adjudicara una nueva cadena nacional de televisión (Licitación IFT-1³⁶), que desde octubre de 2016 transmite en diversas zonas del país, y que a la fecha ha alcanzado los objetivos de cobertura establecidos en su título de concesión única³⁷. Adicionalmente, en 2017 concluyó el proceso bajo el cual se licitaron diversas frecuencias para estaciones de televisión regionales (Licitación IFT-6³⁸), lo que representa un incentivo a la competencia en la provisión de servicios de televisión abierta y genera nuevos espacios para que pequeñas empresas cuenten con acceso a la publicidad en televisión radiodifundida.

Asimismo, se tuvo un cambio en la calidad de los servicios de TDT. Por ejemplo, los servicios para recepción fija no deben tener una calidad de video inferior a la máxima calidad analógica posible (480i, 480 líneas entrelazadas) en una proporción de 4:3 o 16:9 con condiciones comparables a la calidad analógica en color y resolución de imagen, es decir, SD. En el caso específico de los concesionarios que únicamente transmiten un programa de televisión en forma simultánea en el canal adicional otorgado, debe transmitir con calidad de televisión HD³⁹.

A la par, las señales de video de los programas de televisión cuentan con la capacidad de transmitir dos señales de audio asociadas al video, subtítulos selectivos e información de

³⁵ IFT, "Memoria de la transición a la televisión digital terrestre", IFT, México, 2018. Consultado el 8 de abril de 2024, disponible en: <https://www.tdt.mx/docs/comunicados/2018/Memoria-TDT.PDF>

³⁶ Para más información, consúltese en: <https://www.ift.org.mx/industria/espectro-radioelectrico/radiodifusion/2014/ift-1-licitacion-de-dos-cadenas-de-television-radiodifundida-digital>

³⁷ IFT, "Título de Concesión Única que otorga el Instituto Federal de Telecomunicaciones Para Prestar servicios Públicos de Telecomunicaciones y Radiodifusión a favor de Cadena Tres I, S.A. de C.V.", IFT, México, 27 de marzo de 2015. Consultado el 17 de diciembre de 2024, disponible en: https://rpc.ift.org.mx/vrpc/pdfs/85735_14042015.pdf

³⁸ Para más información, consúltese en: <https://www.ift.org.mx/industria/espectro-radioelectrico/radiodifusion/2016/licitacion-ift-6-television-radiodifundida-digital>

³⁹ Comisión Federal de Telecomunicaciones, "ACUERDO por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones del Acuerdo por el que se adopta el estándar tecnológico de televisión digital terrestre y se establece la política para la transición a la televisión digital terrestre en México, publicado el 2 de julio de 2004", DOF, México, 4 de mayo de 2012. Consultado el 18 de abril de 2024, disponible en: https://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/espectro-radioelectrico/radiodifusion/2014/1/politicaTdtreviii-2013_1.pdf

teletexto, lo que favorece la calidad de presentación y opciones de múltiples lenguajes y subtítulos⁴⁰, mejorando la accesibilidad de los contenidos de televisión; se abre la posibilidad de contar con imágenes panorámicas, guía de programación, así como la contribución a la pluralidad, esto debido al incremento de la diversidad de contenidos, medios, información y opiniones así como realizar traducciones al lenguaje de señas⁴¹. En este sentido, aprovechando estas ventajas tecnológicas, el Instituto emitió los Lineamientos Generales de Accesibilidad al Servicio de Televisión Radiodifundida⁴², mediante los cuales se establecen los parámetros que deben cumplir los servicios de accesibilidad para personas con discapacidad en el servicio de radiodifusión, en términos del artículo Cuadragésimo Tercero del Decreto por el que se expidió la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión.

1.3.5. Más claridad en el orden de los canales

Con el comienzo de transmisiones digitales se generó la posibilidad técnica de utilizar Canales Virtuales, a partir de lo cual el Instituto emitió los Lineamientos Generales para la Asignación de Canales Virtuales de Televisión Radiodifundida⁴³, por medio de los cuales se asignó a todos los concesionarios del país los números de canal virtual que deben utilizar en adelante. Mediante dicha asignación, se beneficia de forma directa a las audiencias, quienes cuentan con mayor claridad para la ubicación y posterior recepción de la programación de su elección en cualquier lugar del territorio nacional, así como para los propios concesionarios, a quienes también se les otorgó mayor certeza jurídica sobre la identidad programática de los canales de televisión, generada a lo largo de sus años de operación.

⁴⁰ *Idem.*

⁴¹ *Idem.*

⁴² IFT, "Lineamientos generales de accesibilidad al servicio de televisión radiodifundida", *DOF*, México, 17 de septiembre de 2018. Consultado el 26 de noviembre de 2024, en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5538082&fecha=17/09/2018#gsc.tab=0

⁴³ Para más información, consúltese en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5442584&fecha=27/06/2016

[Hoja intencionalmente en blanco]

Capítulo II. Descripción de la tecnología ATSC 3.0

3.0

En el presente capítulo se describe el funcionamiento de la tecnología ATSC 3.0, a través de los estándares que lo conforman, sus características, su arquitectura de red y los dispositivos compatibles con señales de ATSC 3.0.

2.1. Definición de ATSC 3.0

El ATSC define a la tecnología ATSC 3.0 como una variedad de estándares y prácticas recomendadas, que hacen a esta tecnología completamente distinta a sus versiones anteriores (ATSC 1.0 y ATSC 2.0), por lo cual, ATSC 3.0 no es compatible con dichas versiones⁴⁴. Por ello, el ATSC considera a ATSC 3.0 como la siguiente generación de los sistemas terrestres de radiodifusión, diseñada para mejorar la experiencia a la hora de ver la televisión, con una calidad de audio y video superior, una mejor eficiencia de compresión, una transmisión más robusta que permita la recepción a dispositivos fijos y móviles, con mejor accesibilidad, personalización e interactividad⁴⁵.

Además, ATSC 3.0 se diseñó con una arquitectura por capas debido a las diferentes ventajas que dicha arquitectura puede ofrecer, particularmente las capacidades de mejora y extensibilidad, que se presentan a través de los diversos estándares que conforman a ATSC 3.0, los cuales se enfocan a una función particular de ATSC 3.0, la cual puede actualizarse y renovarse con independencia de las demás funciones⁴⁶. En la Figura 2.1 se muestra de forma general la arquitectura que utiliza ATSC 3.0 y sus capas asociadas.

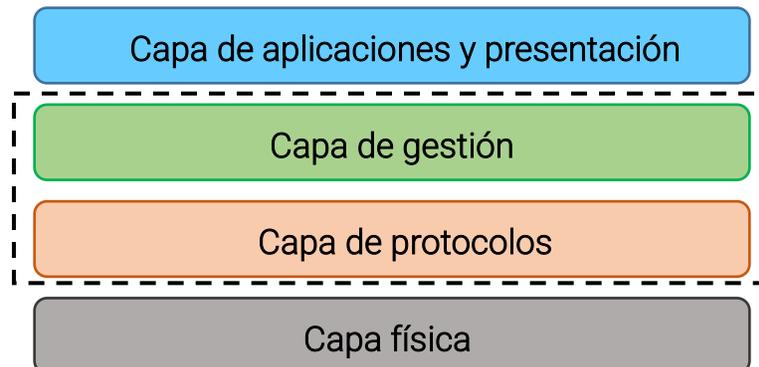


Figura 2.1. Arquitectura por capas de ATSC 3.0. (Elaboración propia)

⁴⁴ ATSC, "Estándar A/300 "ATSC 3.0 System"", ATSC, Estados Unidos, 28 de marzo de 2023. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://prdatasc.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2023/04/A300-2023-03-ATSC-3-System-Standard.pdf>

⁴⁵ ATSC, "SPOTLIGHT ATSC 3.0", ATSC, Estados Unidos, 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/nextgen-tv/>

⁴⁶ ATSC, "Estándar A/300 "ATSC 3.0 System"", ATSC, Estados Unidos, 28 de marzo de 2023. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://prdatasc.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2023/04/A300-2023-03-ATSC-3-System-Standard.pdf>

Cabe mencionar que, tanto la capa de gestión como la capa de protocolos, pueden operar como una sola capa (capa de gestión y protocolos)⁴⁷.

Como se indicó anteriormente, ATSC 3.0 está conformado por una variedad de estándares, los cuales describen las características asociadas a esta tecnología y su relación con cada una de las capas asociadas a su arquitectura, por lo que dichos estándares se detallan en los siguientes numerales.

2.2. Estándares asociados a ATSC 3.0.

Actualmente, la tecnología ATSC 3.0 se encuentra conformada por 22 estándares, los cuales establecen las especificaciones básicas o criterios que son necesarios para la implementación e interoperabilidad de sistemas o redes que operen con ATSC 3.0⁴⁸.

2.2.1. Estándar A/200 "*Regional Service Availability*"

El estándar A/200 "*Regional Service Availability*" (estándar A/200) tiene como objetivo describir la disponibilidad de los servicios de transmisión a lo largo del tiempo, dentro de una región geográfica de transmisión, tanto para ATSC 1.0, como para ATSC 3.0. Lo anterior, puede ser de utilidad para los operadores del servicio de radiodifusión para construir una lista de los servicios que están disponibles para dichos operadores⁴⁹, como lo puede ser la multiprogramación, por ejemplo.

2.2.2. Estándar A/300 "*ATSC 3.0 System*"

En el estándar A/300 "*ATSC 3.0 System*" (estándar A/300) se describe de forma general la tecnología ATSC 3.0, cómo está conformada, los estándares y prácticas recomendadas asociados a esta tecnología, su arquitectura y sus aplicaciones⁵⁰.

2.2.3. Estándar A/321 "*System Discovery and Signaling*"

En el estándar A/321 "*System Discovery and Signaling*" (estándar A/321) se define la señal *bootstrap*, la cual permite indicar, con un nivel bajo de energía, el tipo de forma de una señal que se está transmitiendo durante un cierto periodo de tiempo, con la finalidad de que un receptor pueda percibir e identificar dicha señal, y que, a su vez, indica cómo recibir los servicios disponibles a través de esa señal⁵¹.

La señal *bootstrap* utiliza una configuración conocida por todos los receptores (por ejemplo, de frecuencia de muestreo, ancho de banda de la señal, espaciado de subportadoras o

⁴⁷ *Ibidem*.

⁴⁸ ATSC, "ATSC 3.0: STANDARDS", ATSC, Estados Unidos, 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/atsc-documents/type/3-0-standards/>

⁴⁹ ATSC, "Estándar A/200 "*Regional Service Availability*", ATSC, Estados Unidos, 28 de marzo de 2023. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://prdatasc.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2023/04/A200-2023-03-Regional-Service-Availability-Signaling.pdf>

⁵⁰ ATSC, "Estándar A/300 "*ATSC 3.0 System*", ATSC, Estados Unidos, 28 de marzo de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://prdatasc.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2023/04/A300-2023-03-ATSC-3-System-Standard.pdf>

⁵¹ ATSC, "Estándar A/321 "*System Discovery and Signaling*", ATSC, Estados Unidos, 28 de marzo de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2023/04/A321-2023-03-System-Discovery-and-Signaling.pdf>

estructura en el dominio del tiempo) y lleva consigo la información necesaria que permite el procesamiento y la decodificación de la señal asociada a la señal *bootstrap*⁵².

La señal *bootstrap* se diseñó para ser una señal muy robusta y detectable, incluso a niveles bajos de energía, lo cual propicia que los bits de señalización individuales dentro de la señal *bootstrap* sean comparativamente costosos en términos de los recursos físicos que son utilizados para realizar la transmisión de la información. Por lo tanto, la señal *bootstrap* generalmente está destinada a transmitir sólo la cantidad mínima de información requerida para identificar e iniciar la decodificación de su señal asociada⁵³.

Entre los valores ya establecidos para la identificación de la señal *bootstrap* se encuentran los siguientes⁵⁴:

- I. Frecuencia de muestreo de 6.144×10^6 muestras/s.
- II. Ancho de banda de 4.5 MHz.
- III. Longitud de símbolo de 1/frecuencia de muestreo.
- IV. Tamaño de la transformada rápida de Fourier de 2048.
- V. Espaciado de subportadoras de 3 kHz.
- VI. Duración de símbolo de 500 μ s.

El tiempo total de la duración de la señal *bootstrap* depende del número de símbolos utilizados, los cuales son dependientes de la señal asociada.

2.2.4. Estándar A/322 "Physical Layer Protocol"

Dentro del estándar A/322 "Physical Layer Protocol" (estándar A/322) se encuentra la descripción acerca de la capa física, la cual permite la transmisión, en términos de radiofrecuencia (RF), de la información. Dicha transmisión se realiza a través de la modulación COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*, por sus siglas en inglés), con diversas codificaciones, con tres modos de multiplexaje (en tiempo, en frecuencia y en capas), con tres modos de transmisión (*Single Input Single Output* (SISO), *Multiple Input Single Output* (MISO) y *Multiple Input Multiple Output* (MIMO)), y con tasas de transmisión desde 1 Mbps hasta 57 Mbps para un ancho de banda de canal de 6 MHz⁵⁵.

⁵² *Ibidem*.

⁵³ *Idem*.

⁵⁴ *Idem*.

⁵⁵ ATSC, "Estándar A/322 "Physical Layer Protocol"", ATSC, Estados Unidos, 28 de marzo de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2023/09/A322-2023-03-Physical-Layer-Protocol.pdf>

De forma general, la capa física se compone de diversos bloques que conforman su arquitectura, la cual se muestra en la Figura 2.2.

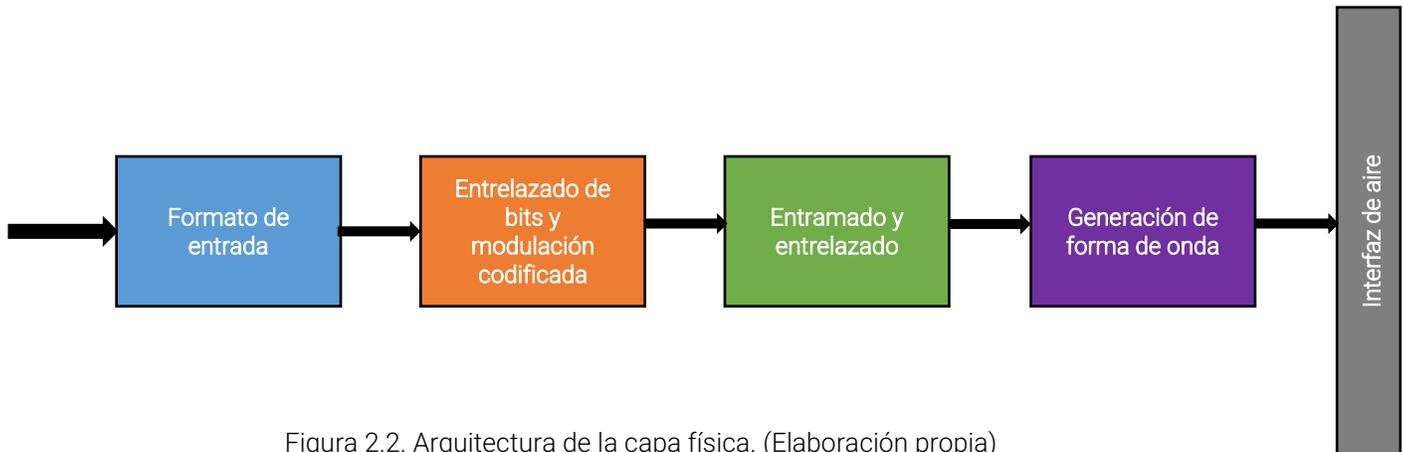


Figura 2.2. Arquitectura de la capa física. (Elaboración propia)

Dichos bloques son⁵⁶:

- I. Formato de entrada: en este bloque se le da formato a la información a través del encapsulado y compresión de datos, se transforma la información en paquetes y se envían dichos paquetes a través de un número definido de flujos de información al siguiente bloque (que van desde un flujo hasta 64 flujos).
- II. Entrelazado de bits y modulación codificada: en este bloque se construye la trama del *Forward Error Correction* (FEC) con los paquetes del bloque anterior, la cual puede tener una longitud de 16200 o 64800 bits y que depende de los códigos de paridad utilizados para construir esta trama (*Bose, Ray-Chaudhuri and Hocquenghem Outer Code*, y *Cycle Redundancy Check*) y de la tasa de codificación (desde 2/15 hasta 13/15). Después de ello, se procede a entrelazar la trama del FEC, para después modularla con una de las siguientes constelaciones: QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM o 4096QAM. Cabe mencionar que la constelación que se asigna es dependiente de la tasa de codificación, tal y como se describe en la Tabla 2.1. A las tramas del FEC ya moduladas se les conoce como células.
- III. Entramado y Entrelazado: en este bloque las células se entrelazan por tiempo en alguno de los siguientes modos: *no time interleaving*, *Convolutional Time Interleaver* o *Hybrid Time Interleaver*. Una vez entrelazadas, las células se convierten en una sola trama de información a través de una técnica de multiplexaje (en tiempo, en frecuencia o en capas). La trama está compuesta por símbolos OFDM que contienen la señal de *bootstrap*, un preámbulo que contiene datos de señalización de la trama y las subtramas con información proveniente de las células entrelazadas. Adicionalmente, se puede volver a entrelazar la trama por frecuencia, sin embargo, esto es opcional.
- IV. Generación de forma de onda: en este bloque, a la trama proveniente del bloque anterior, se le inserta una o más señales piloto, las cuales tienen diversos usos,

⁵⁶ *Ibidem*.

como la sincronización, la estimación del canal y la estimación del ruido de fase. Después, la trama pasa por una técnica que artificialmente *descorrelaciona* señales provenientes de múltiples transmisores cuando existe una red de frecuencia única, con la finalidad de minimizar posibles interferencias perjudiciales. Es importante mencionar que esta técnica sólo se aplica a las subtramas con información provenientes de las células y no así a la señal *bootstrap* ni al preámbulo. Enseguida, la trama pasa por un proceso de una transformada rápida inversa de Fourier para convertirse en una señal OFDM y luego se le añaden intervalos de guarda que son utilizados para separar la información útil de los símbolos OFDM y para la transmisión en redes de frecuencia única.

Tabla 2.1. Relación entre las constelaciones y las tasas de codificación para las tramas del FEC.
(Elaboración propia)

Para tramas del FEC con una longitud de 64800 bits												
Constelació n	Tasa de codificación											
	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/1 5	11/1 5	12/1 5	13/1 5
QPSK	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		
16QAM			✓	✓		✓	✓	✓		✓		
64QAM		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
256QAM			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1024QAM				✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4096QAM						✓		✓		✓	✓	✓

Para tramas del FEC con una longitud de 16200 bits												
Constelació n	Tasa de codificación											
	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/1 5	11/1 5	12/1 5	13/1 5
QPSK	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
16QAM				✓	✓	✓	✓			✓		
64QAM				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
256QAM				✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Una vez que la señal sale del bloque de Generación de forma de onda, ésta se encuentra lista para ser transmitida al aire.

2.2.5. Estándar A/323 "Dedicated Return Channel for ATSC 3.0"

Debido al profundo cambio de ATSC 3.0, respecto de sus versiones anteriores, ahora el estándar es idóneo para la recepción en dispositivos móviles, además de que se diseñó con la posibilidad de tener un canal dedicado de retorno (CDR) que permita interactividad en tiempo real entre los operadores de servicios de radiodifusión y sus usuarios⁵⁷. Por ello, en el estándar A/323 "Dedicated Return Channel for ATSC 3.0" (estándar A/323), se describe el funcionamiento del CDR en la capa física y en el control de acceso al medio (CAM). El CDR soporta los diversos servicios interactivos de ATSC 3.0 sin la necesidad de contar con una red o infraestructura distinta a la de ATSC 3.0. En esta tecnología, la comunicación entre la estación de televisión (ET) y la terminal de acceso de radiodifusión (TAR) se lleva a cabo en frecuencias distintas (por ejemplo, a través de un duplexaje en división de frecuencia (FDD)) en el mismo canal de operación de RF de la ET⁵⁸. Cabe mencionar que la TAR puede comunicarse directamente con la ET principal o con ET complementarias, dado que, con línea de vista, la TAR puede comunicarse con las ET que se encuentran hasta 100 km de distancia⁵⁹.

De forma general, en la arquitectura de sistema de la tecnología ATSC 3.0 con un CDR, la ET transmite información a través de la frecuencia f_0 y recibe la información proveniente de la TAR en el CDR a través de la frecuencia f_1 . En una ET, existe un enlace entre el o los estudios al transmisor de ATSC 3.0 a través del *ATSC 3.0 Downlink Gateway*, cuya función es encapsular la información proveniente de los estudios y enviarla al transmisor, junto con la información proveniente del Centro de Servicios Interactivos en relación a las aplicaciones interactivas⁶⁰. Por otro lado, en la TAR se recibe la información proveniente de la ET y se procesa con el fin de realizar la reproducción o almacenaje del contenido multimedia y llevar la información correspondiente a las aplicaciones interactivas, a través del *CDR Uplink Gateway*, que también se encarga de dirigir esta información hacia la ET a través del CDR. Lo anterior se muestra en la Figura 2.3.

⁵⁷ ATSC, "Estándar A/323 "Dedicated Return Channel for ATSC 3.0"", ATSC, Estados Unidos, 28 de marzo de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2023/04/A323-2023-03-Dedicated-Return-Channel.pdf>

⁵⁸ *Ibidem*.

⁵⁹ *Idem*.

⁶⁰ *Idem*.

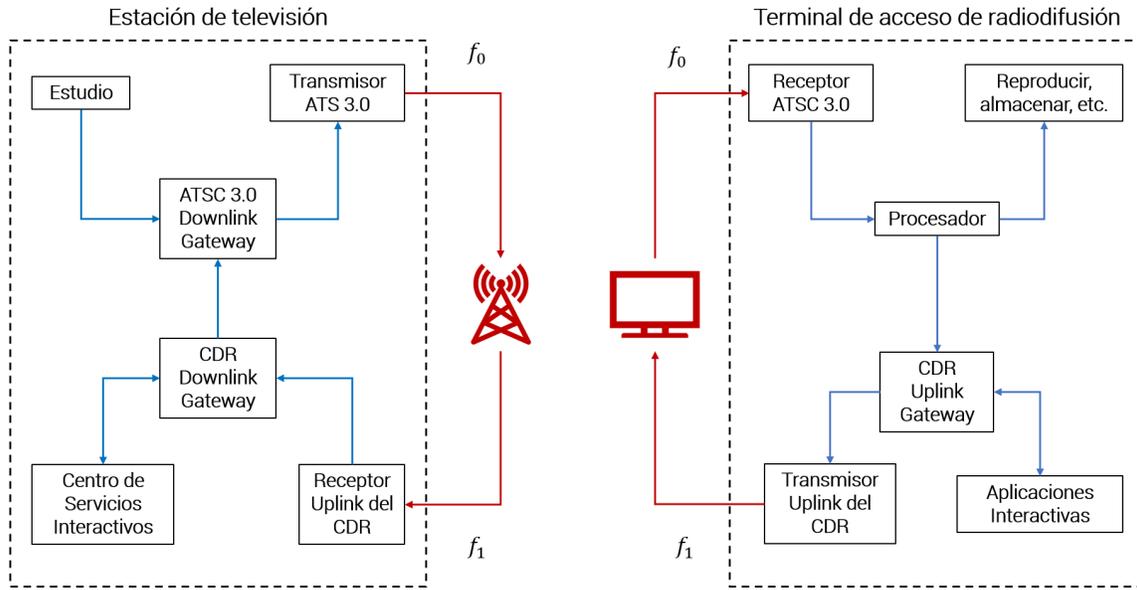


Figura 2.3. Arquitectura de sistema de la tecnología ATSC 3.0 con un CDR. (Elaboración propia)

En lo que se refiere al transmisor *uplink* del CDR, funciona con un esquema *Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA), con modulaciones *Binary Phase Shift Keying* (BPSK), *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) y *16 Quadrature Amplitude Modulation* (16QAM), con tasas de codificación de 1/3, 1/2 y 3/4, y con diferentes anchos de banda: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 u 8 MHz⁶¹.

Por último, en lo que se refiere a su CAM, el CDR utiliza un procedimiento de acceso aleatorio para establecer la comunicación entre la ET y la TAR, tal y como se muestra en la Figura 2.4, y cuya comunicación puede realizarse hasta que el TAR obtenga la sincronización del *Downlink*⁶².

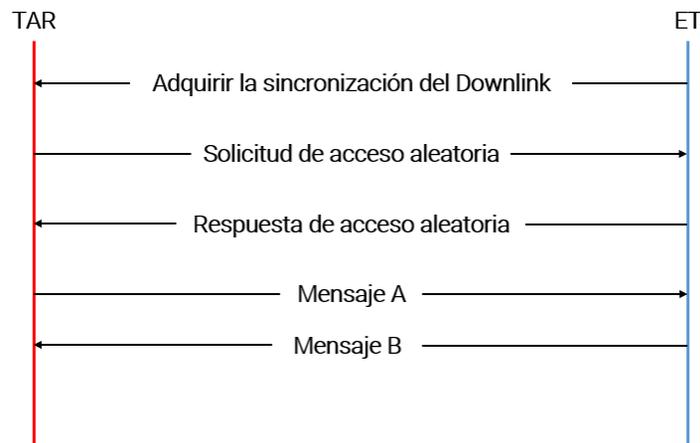


Figura 2.4. CAM del CDR. (Elaboración propia)

⁶¹ *Idem.*

⁶² *Idem.*

2.2.6. Estándar A/324 “Scheduler / Studio to Transmitter Link”

En el estándar A/324 “Scheduler / Studio to Transmitter Link” (estándar A/324) se describe el protocolo a tomar en cuenta para establecer el enlace que va desde el o los estudios hasta la infraestructura de uno o varios transmisores en modo de red de frecuencia única, con el control de información y sincronización necesarios⁶³. Para ello, el estándar A/324 considera codificación para la corrección de errores y las medidas de seguridad necesarias que pueden ser aplicadas durante la transmisión de la información⁶⁴. Adicionalmente, también se define la configuración y funcionamiento del *Scheduler*, el cual se encarga del control de las emisiones del o los transmisores del enlace del estudio a los transmisores ATSC 3.0, y la preparación de la señalización necesaria para definir los parámetros de operación necesarios para los transmisores y receptores del enlace⁶⁵.

2.2.7. Estándar A/330 “Link-Layer Protocol”

El estándar A/330 “Link-Layer Protocol” (estándar A/330) define el funcionamiento correspondiente a la *Link-Layer* (LL). La LL transporta los datos desde la capa de red hacia la capa física en el lado de transmisión y transporta los datos desde la capa física a la capa de red en el lado de recepción, generalmente a través de una única conexión⁶⁶. Lo anterior es posible debido a los servicios que gestiona la LL, entre los que se encuentran:

- I. Encapsulación de paquetes: la LL puede encapsular cualquier tipo de paquetes, tales como aquellos referentes al IP o los que contienen un formato distinto, como *Moving Picture Experts Group 2 Transport Stream* (MPEG-2 TS), que es ampliamente utilizado para archivos multimedia.
- II. *Overhead reduction*: que tiene como finalidad reducir los gastos necesarios para el transporte de la información, como pueden ser la redundancia que existe en los encabezados de los paquetes IP, o la eliminación de bytes de sincronización redundantes en los paquetes que contienen información multimedia.
- III. Señalización para la transmisión: la cual establece una señalización particular para los paquetes transmitidos.

2.2.8. Estándar A/331 “Signaling, Delivery, Synchronization, and Error Protection”

Dentro del estándar A/331 “Signaling, Delivery, Synchronization, and Error Protection” (estándar A/331) se definen los mecanismos y procedimientos a observar para la señalización y entrega de datos IP de los diferentes servicios que ofrece ATSC 3.0, a través del servicio de radiodifusión, de banda ancha, o en redes que mezclen ambos servicios (servicios híbridos)⁶⁷.

⁶³ ATSC, “Estándar A/324 “Scheduler / Studio to Trasmmitter Link””, ATSC, Estados Unidos, 28 de marzo de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2023/04/A324-2023-03-Scheduler-STL.pdf>

⁶⁴ *Idem*.

⁶⁵ *Idem*.

⁶⁶ ATSC, “Estándar A/330 “Link-Layer Protocol””, ATSC, Estados Unidos, 28 de marzo de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2023/11/A330-2023-03-Link-Layer-Protocol.pdf>

⁶⁷ ATSC, “Estándar A/331 “Signaling, Delivery, Synchronization, and Error Protection””, ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A331-2024-04-Signaling-Delivery-Sync-FEC.pdf>

Para ello, los mecanismos y procedimientos del estándar A/331 cuentan con soporte para las siguientes características⁶⁸:

- Transmisión en tiempo real de contenido multimedia.
- Entrega eficiente y robusta de datos.
- Compatibilidad con el servicio rápido de adquisición por los receptores (cambio rápido de canal).
- Compatibilidad con servicios híbridos.
- FEC altamente eficiente.
- Compatibilidad con la infraestructura de radiodifusión, con formatos y métodos de entrega desarrollados para el servicio de internet.
- Compatibilidad con contenido con derechos de autor, encriptación de contenido y seguridad.
- Compatibilidad con una configuración tipo banda ancha.
- Señalización compatible con códecs de audio y video de última generación.
- Entrega de contenidos multimedia no lineales.
- Entrega de componentes del servicio sin multiplexar, por ejemplo, video y audio en transmisiones por separado.
- Compatibilidad con transmisiones adaptativas en vivo a través del servicio de banda ancha.
- Vinculación adecuada con funciones de la capa de aplicación, tales como el contenido interactivo y la guía electrónica de servicios.
- Compatible con la entrega de mensajes de emergencia, tales como boletines urgentes, avisos o alertas sobre desastres naturales.

2.2.9. Estándar A/332 "*Service Announcement*"

En el estándar A/332 "*Service Announcement*" (estándar A/332) se define la función de anuncio de servicios, la cual permite que los proveedores de servicio describan a sus usuarios los servicios que tienen disponibles⁶⁹. Desde el punto de vista del usuario, dicha función activa una guía en pantalla que sirve como punto de entrada para conocer y seleccionar los servicios disponibles. Además, la función de anuncio de servicios proporciona descripciones de las ofertas de contenido, así como un filtrado basado en las preferencias del usuario y las características del contenido, como la presencia o ausencia de subtítulos, mejoras interactivas, formatos de video (*Three-Dimensional (3D)*, SD, HD, *Ultra High Definition (UHD)*), formatos de audio (estéreo, 5.1, inmersivo), formatos de subtítulos (texto o imagen *Internet Media Subtitles and Captions 1.0.1 (IMSC1)*), clasificaciones de contenido, género, pistas de audio accesibles, o idiomas alternativos⁷⁰.

⁶⁸ *Idem*.

⁶⁹ ATSC, "Estándar A/332 "*Service Announcement*"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A332-2024-04-Service-Announcement.pdf>

⁷⁰ *Idem*.

2.2.10. Estándar A/333 "Service Usage Reporting"

El estándar A/333 "Service Usage Reporting" define cómo se lleva a cabo el informe del uso de los servicios a través de tres áreas principales:

- I. Recolección de la información correspondiente al uso de los servicios.
- II. Almacenamiento de la información correspondiente al uso de los servicios, ya sea de forma periódica o transitoria.
- III. Reporte de la información almacenada, el cual puede ser administrado por el usuario al definir la recolección del consumo de datos, almacenamiento y transmisión hacia los servidores a través del canal de banda ancha, también por los servidores, los cuales recolectan datos sobre el consumo de datos de los usuarios y con ellos, contar con la posibilidad de alimentar los sistemas de recomendaciones de servicios y generar reportes.

2.2.11. Estándar A/334 "Audio Watermark Emission"

El estándar A/334 "Audio Watermark Emission" (estándar A/334) define la marca de agua de audio como los datos que se encuentran incorporados en la esencia del audio (como aquellos relacionados con los derechos de autor), de tal forma que sólo puedan ser extraídos por una herramienta designada⁷¹. Este proceso lo lleva a cabo con la tecnología VP1, la cual permite que durante el proceso de producción del audio se puedan incorporar los datos requeridos y que se extraigan hasta que la señal de audio se encuentre dentro del receptor del usuario⁷². Entre las características de la tecnología VP1 se encuentra la operación con una codificación y una modulación que son resilientes a la mayoría de los modos de proceso de audio, y con corrección y detección de errores⁷³.

2.2.12. Estándar A/335 "Video Watermark Emission"

El estándar A/335 "Video Watermark Emission" (estándar A/335) define la marca de agua para el video como los datos incorporados en la esencia del video⁷⁴. Cualquier receptor de ATSC 3.0 que reciba video a través de una *High-Definition Multimedia Interface* (HDMI) puede utilizar estos datos para mostrar elementos de la programación referentes a la interactividad, reemplazo dinámico de anuncios, monitoreo del uso de los servicios y la identificación del contenido⁷⁵. La marca de agua de video se encuentra en las dos primeras filas de cada cuadro de video y tiene una capacidad de 30 o 60 bytes⁷⁶.

2.2.13. Estándar A/336 "Content Recovery in Redistribution Scenarios"

El estándar A336 "Content Recovery in Redistribution Scenarios" (estándar A/336) especifica los métodos que pueden realizar los receptores para recuperar contenido que está disponible por parte de los operadores de radiodifusión, pero que no se entrega directamente a través

⁷¹ ATSC, "Estándar A/334 "Audio Watermark Emission"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A334-2024-04-Audio-Watermark-Emission.pdf>

⁷² *Idem.*

⁷³ *Idem.*

⁷⁴ ATSC, "Estándar A/335 "Video Watermark Emission"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A335-2024-04-Video-Watermark-Emission.pdf>

⁷⁵ *Idem.*

⁷⁶ *Idem.*

del canal de RF, lo cual es especialmente útil para receptores que tiene acceso al servicio de banda ancha y sólo reciben señales de audio y video, pero no la información embebida a dichas señales, como aquellas especificadas en los estándares A/334 y A/335⁷⁷.

2.2.14. Estándar A/337 “Application Event Delivery”

Es estándar A/337 “Application Event Delivery” (estándar A/337) describe la entrega de los eventos y acciones para las aplicaciones de ATSC 3.0 y la sincronización de estos eventos y acciones con el contenido de audio y video adicional⁷⁸, como las marcas de agua y de video referidas en los estándares A/334 y A/335. El inicio de estos eventos y acciones comienzan con una serie de notificaciones entregadas a través del servicio de radiodifusión o del de banda ancha, por medio de las marcas de agua⁷⁹. Estas notificaciones contienen los datos referentes al tipo de evento o aplicación, su tiempo de inicio, su duración y los datos asociados a los mismos⁸⁰.

2.2.15. Estándar A/338 “Companion Device”

En el estándar A/338 “Companion Device” (estándar A/338) se especifica el protocolo de comunicación existente entre el dispositivo primario de ATSC 3.0 (DP) y el dispositivo acompañante de ATSC 3.0 (DA). En este sentido, el DP es el receptor principal y es el encargado de presentar el contenido principal, mientras que el DA se comunica con el DP a través de una aplicación para presentar contenido suplementario o relacionado, e incluso el mismo contenido que está presentando el DP⁸¹. Como ejemplos de DP se encuentran las televisiones, convertidores o dispositivos móviles capaces de recibir señales de ATSC 3.0, y en el caso de los DA, éstos pueden ser computadoras personales, tabletas o teléfonos inteligentes, los cuales no puedan recibir por sí mismos señales de ATSC 3.0⁸².

2.2.16. Estándar A/341 “Video – HEVC”

Dentro del estándar A/341 “Video – HEVC” se describe el uso de la codificación de video muy eficiente (*Highly Efficient Video Coding*, HEVC), definido en la recomendación ITU-T H.265 “Codificación de vídeo muy eficiente”⁸³, sólo que aplicada para ATSC 3.0. Entre las diversas características del HEVC se encuentran⁸⁴:

- I. Una resolución máxima de 3840 píxeles por 2160 líneas (resolución 4K) y una tasa máxima de imágenes de 120 cuadros por segundo.
- II. Codificación espacial escalable, la cual permite la emisión de capas de video en diferentes resoluciones que da como resultado un video a mayor definición.

⁷⁷ ATSC, “Estándar A/336 “Content Recovery in Redistribution Scenarios””, ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A336-2024-04-Content-Recovery-in-Redistribution-Scenarios.pdf>

⁷⁸ ATSC, “Estándar A/337 “Application Event Delivery””, ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A337-2024-04-Application-Event-Delivery.pdf>

⁷⁹ *Idem*.

⁸⁰ *Idem*.

⁸¹ ATSC, “Estándar A/338 “Companion Device””, ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A338-2024-04-Companion-Device.pdf>

⁸² *Idem*.

⁸³ Para mayor información, consúltese en: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=s&id=T-REC-H.265-202309-!!!PDF-E
⁸⁴ ATSC, “Estándar A/341 “Video – HEVC””, ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A341-2024-04-Video-HEVC.pdf>

- III. Alto rango dinámico (HDR), así como una amplia gama de colores (WCG).
- IV. Compatible con video en 3D.
- V. Compatible con video en SD y video en alta definición entrelazado, ambos a una tasa máxima de imágenes de 60 cuadros por segundo, lo cual es importante para la transmisión de contenido ya existente.

2.2.17. Estándar A/342 Parte 1 "Audio Common Elements"

El estándar A/342 Parte 1 "Audio Common Elements" (estándar A/342 Parte 1) describe los términos que se utilizan para el sistema de audio compatible con ATSC 3.0, entre los que se encuentran⁸⁵:

- 2.0: nomenclatura para el audio estéreo, con dos canales de audio, generalmente utilizado en sistemas de audio de televisión tradicional.
- 5.1: nomenclatura para el audio *surround*, con cinco canales de audio de rango completo y un canal dedicado para frecuencias bajas.
- 7.1+4: nomenclatura para un arreglo particular de audio inmersivo con 11 altavoces y un canal dedicado para frecuencias bajas.
- Audio descriptivo: la inserción de un audio que narra la descripción de los elementos visuales clave que se encuentran en un programa de televisión, entre las pausas de los diálogos del dicho programa.
- Audio de información de emergencia: datos de información de emergencia que se presentan en audio, tales como la lectura de un texto emergente, distinto a aquellos audios del sistema de alertas de emergencia descritos en el estándar A/331.
- Audio inmersivo: sistema de audio que permite una alta resolución espacial, de localización de sonido en elevación, distancia y acimut.

2.2.18. Estándar A/342 Parte 2 "AC-4 System"

El estándar A/342 Parte 2 "AC-4 System" (estándar A/342 Parte 2) describe la aplicación y características del códec de audio AC-4 para la tecnología ATSC 3.0, de acuerdo con lo que se estableció en el estándar ETSI TS 103 190-2⁸⁶. El códec AC-4 es cuenta con las siguientes características⁸⁷:

- Sincronización y alineación de trama para audio y video: que evita problemas que pueden ocurrir a la hora de sincronizar diferentes audios y videos en los límites de las tramas de información.
- Mejora de diálogo: provee una mejora del entendimiento del diálogo, controlada por el usuario.
- Volumen: diferentes rangos de volumen para diferentes tipos de audio, como para el diálogo o la música.

⁸⁵ ATSC, "Estándar A/342 Parte 1 "Audio Common Elements"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A342-1-2024-04-Audio-Common-Elements.pdf>

⁸⁶ Para mayor información, consúltese en: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103100_103199/10319002/01.02.01_60/ts_10319002v010201p.pdf

⁸⁷ ATSC, "Estándar A/342 Parte 2 "AC-4 System"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A342-2-2024-04-AC4-System.pdf>

- Control dinámico de rango: perfiles de audio preconfigurados para cada tipo de salida de audio que pueden ser seleccionados por el usuario, tales como teatro en casa, altavoces o audífonos.
- Enfocado a dispositivos: compatible con metadatos específicos de un dispositivo para optimizar la renderización del audio con base en las salidas de audio de dicho dispositivo.
- Presentaciones avanzadas de transmisión única y transmisión múltiple (híbridas): que permite transportar en un sólo flujo de información distintos audios, o transportar en diferentes servicios distintos tipos de audio, por ejemplo, un audio a través del servicio de radiodifusión y otro audio a través del servicio de banda ancha.
- Altas frecuencias de muestreo: es compatible con frecuencias de muestreo de 96 kHz y 192 kHz, además de 48 kHz, especialmente para decodificadores que no son compatibles con frecuencias de muestreo altas.

2.2.19. Estándar A/342 Parte 3 “MPEG-H System”

El estándar A/342 Parte 3 “MPEG-H System” (estándar A/342 Parte 3) describe la aplicación y características del estándar MPEG-H para la tecnología ATSC 3.0, en específico para las emisiones del servicio de radiodifusión⁸⁸. El estándar MPEG-H realiza la codificación, encapsulamiento y señalización de las señales de audio y cuenta con las siguientes características⁸⁹:

- Entrega *multi-stream*: permite la entrega de diferentes flujos de información de audio a través de servicios distintos, por ejemplo, a través del servicio de radiodifusión se entrega un audio con un lenguaje, mientras que a través del servicio de banda ancha se entrega con otro lenguaje.
- Alineación de fragmentos de audio y video: dado que el audio y el video se codifican a diferentes tasas, algunas aplicaciones requieren que el audio y el video se sincronicen al final de su flujo de información, lo cual requiere que los últimos datos de audio sean recortados.
- Control interactivo de audio: permite que los usuarios controlen y ajusten diferentes elementos de una señal de audio dentro de los límites establecidos por el operador.

Cabe mencionar que todas las características relacionadas a la codificación, encapsulamiento y señalización utilizada por MPEG-H se encuentran en la norma ISO/IEC 23008-3.

2.2.20. Estándar A/343 “Captions and Subtitles”

Dentro del estándar A/343 “Captions and Subtitles” se encuentran definidas las directrices que deben seguir los operadores de redes ATSC 3.0 a la hora de implementar los subtítulos en su programación, las cuales tienen las siguientes características⁹⁰:

⁸⁸ ATSC, “Estándar A/342 Parte 3 “MPEG-H System””, ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A342-3-2024-04-MPEG-System.pdf>

⁸⁹ *Idem*.

⁹⁰ ATSC, “Estándar A/343 “Captions and Subtitles””, ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A343-2024-04-Captions-and-Subtitles.pdf>

- Compatible con la mayoría de lenguajes del mundo y con tablas de símbolo, específicamente incluye aquellos símbolos que no provienen del latín.
- Compatible con glifos⁹¹ utilizados en el mundo.
- Es utilizado por varios medios de información, incluso aquellos que ofrecen su servicio por Internet.
- Se puede mostrar con una variedad de colores y formatos distintos (negritas, itálicas, tamaños de letra y espaciado).
- Compatible con contenido en vivo.

2.2.21. Estándar A/344 “ATSC 3.0 Interactive Content”

El estándar A/344 “ATSC 3.0 Interactive Content” (estándar A/344) describe el ecosistema del contenido interactivo de ATSC 3.0 que provee el receptor ATSC 3.0, ya sea que el contenido sea entregado a través del servicio de radiodifusión o de banda ancha⁹². En este sentido, el contenido interactivo es entregado a través de una aplicación, diseñada para funcionar como cualquier otra aplicación de Internet, presentando las siguientes características⁹³:

- Acceder a los recursos de los servicios de radiodifusión y de banda ancha.
- Solicitar al receptor de ATSC 3.0 que ejecute acciones específicas, tales como reproducir contenido multimedia en vivo proveniente del servicio de radiodifusión o de banda ancha, o reproducir contenido multimedia previamente almacenado proveniente del servicio de radiodifusión o de banda ancha.
- Consultar información referente a los servicios de recepción de las señales de televisión, por ejemplo, los subtítulos o los lenguajes disponibles, además de recibir notificaciones cuando estos servicios sufran algún cambio.
- Recibir notificaciones de eventos en vivo que se encuentran embebidos en el contenido multimedia o en su señalización, cuando dicho contenido multimedia se está reproduciendo.

Es importante mencionar que, a diferencia de las aplicaciones provistas por Internet en las cuales el usuario está en control completo de elegir la aplicación deseada, en el ecosistema de ATSC 3.0, el usuario inicia la acción al elegir la aplicación, pero no se selecciona explícitamente, sino que es el receptor el encargado de ejecutar y terminar la aplicación a través de la señal de radiodifusión⁹⁴.

2.2.22. Estándar A/360 “ATSC 3.0 Security and Service Protection”

El estándar A/360 “ATSC 3.0 Security and Service Protection” (estándar A/360), define los métodos diseñados para asegurar el flujo de datos y contenido referente a las emisiones de ATSC 3.0⁹⁵. Para ello, el estándar A/360 se centra en cinco acciones en concreto:

- I. La protección del contenido.

⁹¹ Símbolo escrito que puede representar una palabra, idea o concepto.

⁹² ATSC, “Estándar A/344 “ATSC 3.0 Interactive Content””, ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A344-2024-04-Interactive-Content.pdf>

⁹³ *Idem*.

⁹⁴ *Idem*.

⁹⁵ ATSC, “Estándar A/360 “ATSC 3.0 Security and Service Protection””, ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A360-2024-03-Security.pdf>

- II. La autenticación de las aplicaciones de ATSC 3.0.
- III. La autenticación de la señalización de las emisiones de radiodifusión de ATSC 3.0.
- IV. El intercambio de datos entre las aplicaciones interactivas de ATSC 3.0 y el contenido de un servidor web cuando se utiliza una conexión de internet para ello.
- V. El flujo de datos entre el DP y el DA.

2.3. Redes de frecuencia única y multiprogramación

Además de los estándares que conforman a ATSC 3.0, existen un par de características adicionales con las cuales esta tecnología puede operar: las redes de frecuencia única y la multiprogramación.

Las SFN son aquellas redes en las cuales dos o más estaciones transmisoras pueden operar en la misma zona geográfica, mientras utilizan la misma frecuencia para ello. En el caso de ATSC 3.0, es compatible con esta configuración de red y tiene la finalidad de cubrir zonas geográficas en las que no sería posible dar servicio con una sola estación transmisora o, para aumentar la cobertura de la señal ATSC 3.0⁹⁶. Para ello, es necesario que en el diseño de la red de ATSC 3.0 se tomen en cuenta ciertos parámetros dentro de su configuración y planeación, tales como los intervalos de guarda mencionados en el estándar A/322 o la distancia que guardarían las torres de transmisión⁹⁷.

En el caso de la multiprogramación, ésta se define como la distribución de más de un canal de programación en el mismo canal de transmisión de radiodifusión⁹⁸. El estándar ATSC 3.0, al ser una evolución directa de ATSC 1.0, también puede hacer uso de la multiprogramación. No obstante, como se mencionó en los estándares asociados de ATSC 3.0 del numeral 2.1, ATSC 3.0 puede operar con el servicio de radiodifusión y con el servicio de banda ancha al mismo tiempo, lo que le permite enviar contenidos de programación por cualquiera de los dos servicios y de formas distintas, ya sea a través de contenidos en vivo, contenidos embebidos, contenidos específicos de las aplicaciones interactivas o contenidos almacenados previamente. Así, en el caso de ATSC 3.0, dado que el contenido de programación no sólo se puede enviar a través del canal de radiodifusión, la multiprogramación será una opción más para entregar más contenido a los usuarios de ATSC 3.0.

2.4. Dispositivos compatibles con ATSC 3.0

Entre los distintos tipos de dispositivos que actualmente son compatibles para recibir señales de ATSC 3.0 y acceder a sus servicios se encuentran principalmente dos: televisiones y accesorios de mejora. En el caso de las televisiones, ya existen una amplia variedad de

⁹⁶ Schadler, John L. y Wilhour, Ryan C., "ATSC 3.0 SFN Network Planning and Antenna Design", *Dielectric*, Estados Unidos, 1° de mayo de 2020. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.dielectric.com/wp-content/uploads/2020/05/ATSC-3.0-SFN-and-Antenna-Design-1-May-2020.pdf>

⁹⁷ ATSC, "ATSC Implementation Guide: Emissions Testing Process", ATSC, Estados Unidos, 6 de abril de 2022. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2022/04/CIT-196r23-Emissions-Testing-Process.pdf>

⁹⁸ IFT, "Multiprogramación de Contenidos", IFT, México, 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.ift.org.mx/industria/umca/multiprogramacion-de-contenidos>

éstas de las marcas Hisense, LG⁹⁹, Samsung, TCL y Sony, las cuales rondan entre los \$500 USD hasta los \$8,000 USD¹⁰⁰. En el caso de los accesorios de mejora, éstos son pequeñas cajas a las que se les puede conectar una antena y van conectados a un puerto HDMI o USB de cualquier televisión que cuente con uno, y actualmente existen de las marcas ADTH y Zinwell, los cuales rondan entre los \$90 USD y \$150 USD¹⁰¹. Adicionalmente, existen receptores portátiles que se conectan a los televisores a través de un cable HDMI o USB y que tienen la posibilidad de sintonizar las señales de ATSC 3.0. Dichos receptores son de las marcas Zapperbox, con precios que rondan ente los \$130 USD y \$275 USD¹⁰², y Tablo con un precio de \$300 USD¹⁰³. Cabe mencionar que ATSC está desarrollando más tipos de dispositivos enfocados a mercados distintos, como el automotriz o para teléfonos inteligentes¹⁰⁴.

2.5. Principales aplicaciones y casos de uso de ATSC 3.0

Entre las principales aplicaciones y casos de uso de ATSC 3.0 que se mencionaron en el numeral 2.3, se pueden destacar las siguientes¹⁰⁵:

- Se diseñó con el mismo IP, lo que se traduce en contar con las ventajas del servicio de radiodifusión y el de banda ancha en una misma plataforma.
- Se diseñó para tener a disposición el contenido en vivo y el contenido disponible en línea.
- Entrega una mejor calidad de video, con resolución hasta 4K, HDR y WCG.
- Permite contar con audio de alta calidad e inmersivo a los espectadores, de hasta 7.1.4 canales de audio.
- Provee la capacidad de implementar un sistema de alertas y emergencias avanzado, el cual tiene la posibilidad de encender los dispositivos y entregar la información correspondiente a la alerta o emergencia a través de video, texto, audio e información gráfica.
- Se puede adaptar a nuevas tecnologías con facilidad.
- Cuenta con una eficiencia mejorada de compresión de video.
- Provee una transmisión más robusta para asegurar la recepción tanto en dispositivos fijos como móviles.

⁹⁹ Si bien LG ya cuenta con equipos para la recepción de señales de ATSC 3.0, de momento ha suspendido la distribución de dichos equipos en Los Estados Unidos debido a una disputa legal por patentes.

FCC, "THIRD REPORT AND ORDER AND FOURTH FURTHER NOTICE OF PROPOSED RULEMAKING: Comments of LG Electronics USA Inc.", FCC, Estados Unidos, 15 de septiembre de 2023. Consultado el 11 de diciembre de 2024, disponible en: <https://www.fcc.gov/ecfs/document/1091504742573/1>

¹⁰⁰ NextGenTV, "Shop Devices", NextGenTV, Estados Unidos, 2024. Consultado el 12 de abril de 2024, disponible en: <https://www.watchnextgentv.com/shop/>

¹⁰¹ *Ibidem*.

¹⁰² Zapperbox, "Products", Zapperbox, Estados Unidos, 2024. Consultado el 12 de diciembre de 2024, disponible en: <https://zapperbox.com/collections/main>

¹⁰³ Tablo, "Tablo ATSC 3.0 QUAD HDMI – A DVR for NextGen TV", Tablo, Estados Unidos, 2024. Consultado el 12 de diciembre de 2024, disponible en: <https://www.tablotv.com/blog/tablo-atsc-3-quad-hdmi-a-tablo-dvr-for-nextgen-tv/>

¹⁰⁴ ATSC, "President's Memo: We're Heading to Washington Soon for the 2024 NEXTGEN Broadcast Conference", ATSC, Estados Unidos, 21 de mayo de 2024. Consultado el 12 de diciembre de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/news/presidents-memo-were-heading-to-washington-soon-for-the-2024-nextgen-broadcast-conference/>

¹⁰⁵ ATSC, "SPOTLIGHT ATSC 3.0", ATSC, Estados Unidos, 2024. Consultado el 16 de agosto de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/nextgen-tv/>

- Con la posibilidad de personalizar el contenido y la forma en la que éste se entrega al espectador, además de que se personaliza el contenido con base en el dispositivo que se está utilizando para acceder al mismo (dispositivo fijo o móvil).
- Adaptable con sistemas que operan con redes de frecuencia única.
- Permite que el contenido en vivo pueda ser visto en televisores inteligentes, teléfonos inteligentes o tabletas a través de WiFi.
- Permite que los anuncios sean personalizados por cada espectador.
- Cuenta con capacidad para multiprogramar una cantidad mayor de canales de contenido que respecto al estándar ATSC 1.0.
- Posibilita mejores opciones de accesibilidad para personas con alguna discapacidad visual o auditiva, gracias a características como canales para audio descriptivo, diálogos reforzados y subtítulos mejorados.
- La estructura de su capa física, permite combinar de forma dinámica diferentes tipos de contenido y datos para distintos objetivos con diversidad en la calidad y robustez de señal de cada flujo.

2.6. ATSC 3.0 y su integración con Internet

Una de las principales funciones de ATSC 3.0 es la posibilidad de entregar sus servicios interactivos a través de dos canales: la señal de radiodifusión y la señal de banda ancha. Derivado de que se diseñó con el mismo protocolo que Internet, ATSC 3.0 es capaz de ofrecer servicios similares a los de Internet, como lo son aplicaciones, contenido multimedia disponible en línea, recibir el contenido en vivo en diferentes dispositivos o mantener una comunicación de dos vías en tiempo real entre el espectador y el creador del contenido multimedia, todo ello a través de cualquiera de los dos canales.

Por ello, para acceder a todos los servicios que se pueden ofrecer, es necesario comprender que ATSC 3.0 es una tecnología que es útil no sólo para la prestación del servicio de radiodifusión, sino que además ofrece un abanico amplio de posibilidades técnicas soportadas en aplicaciones de datos de banda ancha, ya que ambos servicios se conjuntan para que el espectador pueda acceder a todos los servicios interactivos que puede ofrecer el operador de una estación de ATSC 3.0. Con ello, se posibilita una nueva forma de consumir contenidos, con más opciones, mayor relevancia para el espectador, interactividad, así como nuevas oportunidades de negocio para los radiodifusores y sus asociados.

Algunos ejemplos de la integración de ATSC 3.0 con Internet son:

- Múltiples videos en pantalla, reproduciéndose al mismo tiempo.
- Inclusión de una ventana superpuesta (*Picture in Picture*, PiP) para mostrar la traducción en lengua de señas, o tomas de cámaras alternas, por ejemplo.
- Comercio electrónico, por ejemplo, para adquirir contenido *on-demand*.
- Votaciones y encuestas en tiempo real.
- Notificaciones y/o recordatorios para el inicio de algún programa.
- Notificaciones y alertas de emergencias o información meteorológica en tiempo real.
- Canales y aplicaciones enfocados a la interactividad con el usuario, como juegos en línea, por ejemplo.

[Hoja intencionalmente en blanco]

Capítulo III. Avances en la regulación y aplicación del estándar ATSC 3.0 a nivel internacional

El presente capítulo tiene por objetivo mostrar los avances que existen sobre la regulación y aplicación del estándar ATSC 3.0 en diferentes países, como lo son Canadá, Brasil y Estados Unidos.

3.1. Canadá: *Innovation, Science and Economic Development Canada*

En Canadá, de acuerdo con *Innovation, Science and Economic Development Canada* (ISED), el uso del estándar ATSC 3.0 aún se encuentra en fase experimental, es decir, de momento sólo se otorgan licencias de tipo experimental para operar estaciones con esta tecnología. Para ello, ISED publicó los “*Requirements for the Experimental Operation of ATSC 3.0 in TV Bands*”¹⁰⁶, en los cuales describe paso a paso los requerimientos técnicos y regulatorios para poder solicitar una licencia experimental para operar una estación de ATSC 3.0.

3.1.1. Requerimientos técnicos

Entre los diversos requerimientos técnicos que solicita ISED para la expedición de una licencia experimental para operar estaciones de ATSC 3.0, se encuentran los siguientes¹⁰⁷:

- El estándar ATSC 3.0 es compatible con esquemas de canalización de televisión que utilizan un ancho de banda de 6 MHz.
- Se pueden utilizar los canales 2 al 6 (54-72 MHz y 76-88 MHz) y los canales 7 al 13 (174-216 MHz) de la banda de VHF.
- Se pueden utilizar los canales 14 al 36 (470-608 MHz) de la banda de UHF, tomando en cuenta que el canal de televisión 36 (602-608 MHz) está designado como una banda de guarda de protección para el servicio de radioastronomía y los sistemas médicos de telemetría inalámbrica.
- Las operaciones experimentales del sistema ATSC 3.0 deben cumplir con los estándares A/321 y A/322.
- Se debe tomar en cuenta que las licencias expedidas no cuentan con protección ante interferencias perjudiciales, ni tampoco pueden interferir perjudicialmente a los servicios que se encuentren operando. Por ende, si la operación de la estación de ATSC 3.0 causa interferencias perjudiciales, el titular de la licencia deberá tomar medidas correctivas inmediatas. Estas medidas podrían incluir la reducción de

¹⁰⁶ Para mayor información, consúltese en: <https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/sites/default/files/attachments/2022/BC-22-i1-2022-06EN.pdf>

¹⁰⁷ ISED, Requirements for the Experimental Operation of ATSC 3.0 in TV Bands, ISED, Canadá, junio de 2022. Consultado el 24 de mayo de 2024, disponible en: <https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/sites/default/files/attachments/2022/BC-22-i1-2022-06EN.pdf>

potencia, la modificación del patrón de radiación de la antena, así como el cese de las emisiones, según se considere necesario.

3.1.2. Requerimientos regulatorios

Para aquellos interesados en operar una estación de ATSC 3.0 de forma experimental y que aún no cuenten con un certificado de radiodifusión emitido por ISED, o si el interesado ya cuenta con un certificado, pero está proponiendo parámetros técnicos (potencia de transmisión, frecuencia, patrón de antena, altura de antena, o coordenadas de estación) para el sistema ATSC 3.0 distintos de los ya autorizados, será necesario que el interesado presente una solicitud de conformidad con los siguientes pasos¹⁰⁸:

- I. Presentar la solicitud y proporcionar la fecha de inicio y finalización de la operación experimental de ATSC 3.0. Se debe tomar en cuenta que las operaciones experimentales de ATSC 3.0 destinadas a estar activas durante más de un año estarán sujetas a un proceso de renovación anual.
- II. Las operaciones experimentales de ATSC 3.0 se evalúan únicamente desde una perspectiva de interferencia, y al igual que con cualquier licencia experimental, no tienen protección garantizada.
- III. Dado que ATSC 3.0 no es compatible con ATSC 1.0, es posible que los televisores actuales no puedan sintonizar las transmisiones de ATSC 3.0, por lo tanto, el interesado deberá informar al público sobre las nuevas operaciones en ATSC 3.0 y la posible pérdida de la señal.

Por otra parte, si el interesado ya cuenta con un certificado de radiodifusión para operar una estación de ATSC 3.0 emitido por ISED y no se proponen cambios en los parámetros técnicos actualmente autorizados (no hay cambios en las emisiones radiadas desde la antena), se debe presentar una solicitud simplificada para el uso del estándar de radiodifusión ATSC 3.0 de manera experimental, tomando en cuenta los siguientes pasos¹⁰⁹:

- I. Presentar la solicitud y proporcionar la fecha de inicio y finalización de la operación experimental 3.0 (las operaciones previstas para durar más de un año estarán sujetas a un proceso de renovación anual).
- II. Presentar una carta de un ingeniero profesional que certifique que el uso de ATSC 3.0 no producirá cambios en las emisiones ni en el entorno de interferencia. A su vez, el interesado debe enviar una carta de coordinación a los operadores de estaciones incumbentes.

Por último, para los interesados en solicitar una licencia para operar un sistema ATSC 3.0 y proporcionar un servicio de radiocomunicación con fines de investigación y pruebas, no existen restricciones bajo este tipo de licencia en cuanto al tipo de contenido. Por lo cual, el interesado debe completar un formulario de solicitud en línea y dicho formulario debe incluir estudios de interferencia para demostrar la compatibilidad con los servicios existentes¹¹⁰.

¹⁰⁸ *Ibidem.*

¹⁰⁹ *Idem.*

¹¹⁰ *Idem.*

3.1.3. Requerimientos específicos para la aprobación de receptores de ATSC 3.0

ISED, bajo la emisión de los “*Technical Standards and Requirements for Apparatus Capable of Receiving Television Broadcasting Signals*”¹¹¹, requiere que los receptores de señales de ATSC 3.0 cumplan con diversas normas para su correcto funcionamiento, entre las que se encuentran¹¹²:

- El decodificador para ATSC 3.0 debe ser capaz de recibir y presentar para su visualización (ya sea a través de una pantalla incorporada, un televisor o de un dispositivo externo para un dispositivo de interfaz de TV) contenido programático que haya sido codificado en cualquiera de los formatos de video admitidos por el estándar A/300.
- En cuanto a la información del canal y programación, el aparato debe procesar y mostrar (ya sea a través de una pantalla incorporada, para un televisor, o mediante un dispositivo externo para un dispositivo de interfaz de TV) los datos del protocolo de Internet para proporcionar al usuario información sobre los canales sintonizados y su programación, de conformidad con los estándares A/331 y A/332.

3.2. Brasil: Ministerio de Comunicaciones

En abril del 2023, fue publicado en el Diario Oficial de la Unión (DOU) el decreto que establece las directrices para la evolución del Sistema Brasileño de Televisión Digital Terrestre, en el cual se establece que el Ministerio de Comunicaciones de Brasil apoyará al Foro del Sistema Brasileño de Televisión Digital Terrestre (Foro SBTVD) a realizar los estudios relacionados con las innovaciones tecnológicas que podrían dar paso a la siguiente generación de la tecnología de televisión digital (TV 3.0) en las bandas de frecuencias de 174-216 MHz, 470-608 MHz y 614-698 MHz¹¹³. En dichos estudios se describen los requisitos técnicos de los receptores que permitan la adaptación de la tecnología actual de televisión digital a TV 3.0¹¹⁴.

De acuerdo con el Foro SBTVD, los principales beneficios que se esperan con la llegada de la TV 3.0 al país son los siguientes¹¹⁵:

- Calidad audiovisual superior a la de la primera generación del SBTVD.
- Recepción fija, con antena externa e interna, y móvil.
- Integración entre los contenidos transmitidos por el servicio de radiodifusión e Internet.
- Interfaz de usuario basada en aplicaciones.
- Segmentación de contenidos según la ubicación geográfica de los espectadores.
- Personalización del contenido según las preferencias de los espectadores.

¹¹¹ Para mayor información, consúltese en: <https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/sites/default/files/attachments/2023/BETS-7-i4-2023.pdf>

¹¹² ISED, Technical Standards and Requirements for Apparatus Capable of Receiving Television Broadcasting Signals, ISED, Canadá, 9 de junio de 2023. Consultado el 24 de mayo de 2023, disponible en: <https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/sites/default/files/attachments/2023/BETS-7-i4-2023.pdf>

¹¹³ Presidencia de la República Federativa de Brasil, “Decreto n° 11.484”, DOU, Brasil 6 de abril de 2023. Consultado el 24 de mayo de 2024, disponible en: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/d11484.htm

¹¹⁴ *Idem*.

¹¹⁵ *Idem*.

- Utilización optimizada del espectro de RF destinado al servicio de radiodifusión de sonido e imagen y servicios auxiliares.
- Nuevas formas de acceder a contenidos culturales, educativos, artísticos e informativos.
- Conectividad mejorada.
- Fusión entre la televisión con elementos de transmisiones en vivo y dispositivos móviles.
- Personalización de la experiencia por medio de la Inteligencia Artificial (IA), algoritmos y aplicaciones en específico.
- El espectador podrá participar con los contenidos por medio de las redes sociales a través de comentarios, interacciones y encuestas que los programas emitan.
- La programación no estará limitada a la parrilla de programación establecida.
- Resolución UHD.
- Gama de colores más amplia, vibrante y nítida.
- Ambientación sonora personalizada.
- Sonido inmersivo.
- Uso de la IA para la producción, generación, guionización, campañas publicitarias con mejores métricas, más datos y percepciones para actuar sin competir con la experiencia del usuario.
- La publicidad tendrá una redefinición de estrategia, por lo cual los anunciantes podrán dirigir sus mensajes personalizados a través de la nueva tecnología.
- No será necesario para el funcionamiento contar con Internet para acceder a la TV 3.0, es decir, los televisores tendrán contenidos ya disponibles en los canales abiertos y transmitidos por señal abierta y gratuita.
- Será necesario tener acceso a antenas, ya sea a través de antenas incorporadas en la propia televisión o antenas externas. Así mismo, la calidad de imagen disponible será de al menos 4K, pudiendo ser también 8K.
- El cambio de canales de forma numérica será reemplazado con la TV 3.0. En los nuevos modelos, los canales se accederán mediante aplicaciones de las emisoras de contenido, similar a los botones de acceso a las plataformas de *streaming*.

Para lograr lo anterior, la transición para el proyecto TV 3.0 consta de tres fases para su implementación:

- I. Llamado de propuestas.
- II. Pruebas y evaluación.
- III. Pruebas complementarias, desarrollo de estandarización y demostración.

3.2.1. Fase I: Llamado de propuestas

Para realizar la primera fase fue necesario el establecimiento de los aspectos técnicos de TV 3.0, a través de una convocatoria para definir los componentes del sistema, lo cual dio como resultado que se definieran los siguientes aspectos técnicos fundamentales¹¹⁶:

¹¹⁶ Fórum SBTVD. "Call for Proposals: TV 3.0 Project", Fórum SBTVD, Brasil 17 de julio de 2020. Consultado el 24 de mayo de 2024, disponible en: <https://forumsbtvd.org.br/wp-content/uploads/2020/07/SBTVDTV-3-0-CfP.pdf>

- I. Programación de aplicaciones: la programación de aplicaciones en TV 3.0 debe incluir funciones de interactividad e integración de difusión a través de banda ancha, y el manejo de la presentación de todo el contenido audiovisual.
- II. Codificación de video: la codificación de video en TV 3.0 deberá admitir una resolución de video mejorada, proporcionar un rango dinámico, espacio de color de video mejorado, con una colorimetría de un amplio espectro de colores, que proporcionen una eficiencia de codificación de última generación, así como admitir la codificación en tiempo real con la mínima latencia de extremo a extremo. También es necesario admitir un segundo flujo de video con un intérprete de lenguaje de señas que pueda ser activado opcionalmente por el usuario.
- III. Codificación de audio: la codificación de audio en TV 3.0 deberá admitir audio inmersivo e interactivo, por lo cual deberá proporcionar eficiencia de codificación de última generación y admitir la codificación en tiempo real con la mínima latencia de extremo a extremo. Así mismo, debe admitir la entrega de descripción de audio en el mismo flujo que el audio principal, ya sea como una mezcla alternativa o como un objeto de audio adicional con metadatos asociados. Por ello, es que TV 3.0 debe admitir descripciones de audio de información de alerta de emergencia y nuevos servicios de audio inmersivo como de realidad virtual o realidad aumentada.
- IV. Subtítulos: en la TV 3.0 debe permitir la sincronización precisa de los subtítulos con el video, admitir el conjunto completo de caracteres utilizado actualmente para los subtítulos ocultos en Brasil, y con ello permitir la creación de subtítulos en vivo y sin conexión a Internet. Además, debe permitir el control de estilo de texto, así como permitir el envío de lenguaje de señas, y admitir subtítulos de información de alerta de emergencia en forma de texto. En este sentido, los subtítulos deberán permitir la interoperabilidad con diferentes plataformas de distribución según se especifique.
- V. Capa de transporte: esta capa deberá permitir la sincronización precisa de fotogramas de audio, video y datos en múltiples plataformas de distribución para la sustitución dinámica de contenido, sin interrupciones, o para utilizar capas de mejora de audio, video, y/o datos, y debe estar basada en IP. Adicionalmente, esta capa debe ser fiable y eficiente, lo cual se traduce en baja latencia, detección de errores con baja sobrecarga para evitar la duplicación de metadatos, deberá admitir medios no en tiempo real (a través de descargas o envíos), y permitir la entrega de contenido de Internet con cifrado.
- VI. Capa física sobre el aire: es necesario que se siga manteniendo un ancho de banda de 6 MHz para las transmisiones en las bandas de frecuencias que ya se encuentran destinadas para la TDT, que el uso de la TV 3.0 no cause interferencias perjudiciales a las demás estaciones de televisión, y su operación se debe basar en la reutilización de frecuencias. Lo anterior, proporcionará mayor flexibilidad para la red de transmisión, la cual podría expandirse y subdividirse libremente, y permitirá contenido geolocalizado sobre el aire utilizando el mismo canal de frecuencias, aumentando la resistencia y robustez de la red. Otro de los requisitos en la capa física de TV 3.0. es llevar una señal "wake-up", que permitirá encender receptores en espera en casos de emergencia.
- VII. Interfaz de banda de ancha: TV 3.0 es un sistema que considera dos métodos de entrega, ya sea por aire y por Internet.

3.2.2. Fase II: Pruebas y evaluación

Considerando los resultados de las pruebas y evaluación de la Fase 2 del Proyecto TV 3.0, así como los aspectos del mercado y la propiedad intelectual de las tecnologías candidatas, el Foro SBTVD remitió sus recomendaciones sobre la selección de tecnologías candidatas al Ministerio de Comunicaciones de Brasil. Estas recomendaciones han obtenido el acuerdo del Ministerio de Comunicaciones de Brasil para su divulgación por parte del Foro SBTVD. Se adoptaron las siguientes decisiones para la continuación del Proyecto TV 3.0, donde destaca el estándar ATSC 3.0 en los siguientes casos¹¹⁷:

- Para el sistema de alerta de emergencias, se sugiere adoptar ATSC 3.0.
- Para el caso de la codificación de aplicaciones, se sugiere adaptar y extender la aplicación DTV Play¹¹⁸ y considerar incluir partes del estándar ATSC 3.0 para la actualización de dicha aplicación, así como de demás estándares de TDT.

3.2.3. Fase III: Pruebas complementarias, desarrollo de estandarización y demostración

Durante la Fase 3 del proyecto TV 3.0, que transcurrió de abril a septiembre de 2023, la Universidad Mackenzie llevó a cabo pruebas de las tecnologías candidatas de la capa física. De estas pruebas, se seleccionaron dos tecnologías para continuar con las pruebas de campo: ATSC 3.0 y *Advanced ISDB-T*, principalmente por su mejor adaptación a los requisitos específicos del proyecto TV 3.0 con canales de ancho de banda de 6 MHz¹¹⁹.

La recomendación del Foro SBTVD ha sido adoptar el estándar ATSC 3.0 para la operación de la capa física, similar a Estados Unidos y Corea del Sur, donde ya se encuentra en operación comercial. Adicionalmente, Brasil está considerando implementar herramientas adicionales para la operación de TV 3.0, principalmente enfocadas a mejorar la eficiencia espectral y energética, tales como MIMO y *Layered Division Multiplexing* (LDM), así como una herramienta de identificación de transmisores inalámbricos (TxID OTA) para la segmentación geográfica de contenido y la emisión de alertas de emergencia¹²⁰. Cabe mencionar que, si bien Brasil ha realizado la adopción de ciertos estándares de ATSC 3.0, esto se ha realizado de acuerdo con las necesidades particulares y hábitos de consumo de ese país, lo que podría implicar que a futuro la inclusión de funcionalidades o especificaciones en Brasil no estén presentes en el estándar ATSC 3.0 original.

¹¹⁷ Fórum SBTVD. "Phase 2", *Fórum SBTVD*, Brasil, 2024. Consultado 24 de mayo de 2024, disponible en: https://forumsbtvd.org.br/tv3_0/#panel-phase2

¹¹⁸ Aplicación brasileña que permite integrar los contenidos enviados en la señal de las emisoras de televisión con los contenidos *Over the top* (OTT) *streaming* enviados a través de internet.

EiTV, "TV 2.5 - DTV PLAY", *EiTV*, Brasil, 2024. Consultado el 24 de mayo de 2024, disponible en: <https://www.eitv.com.br/es/solucoes/tv-2-5-dtv-play/>

¹¹⁹ Fórum SBTVD. "Phase 3", Brasil, 2024. Consultado 25 de abril de 2024, disponible en: https://forumsbtvd.org.br/tv3_0/#panel-phase3

¹²⁰ Fórum SBTVD. "Foro SBTVD concluye recomendaciones tecnológicas para TV 3.0", *Fórum SBTVD*, Brasil, 2024. Consultado el 05 de septiembre de 2024, disponible en: <https://forumsbtvd.org.br/forum-sbtvd-conclui-recomendacao-de-tecnologias-para-tv-3-0/>

3.3. Estados Unidos: *Federal Communications Commission*

En el año 2020, la *Federal Communications Commission* (FCC) de Estados Unidos realizó una propuesta para impulsar la transición del estándar ATSC 3.0 para la TDT, cuyos beneficios potenciales de la implementación de dicho estándar consisten en¹²¹:

- Favorecer el potencial para que la capacidad del espectro de radiodifusión aumente.
- Potenciar la innovación.
- Crear un valor significativo para los radiodifusores como para los usuarios.
- Hacer que ATSC 3.0 sea un complemento de la creciente red 5G para proporcionar experiencias de consumo mejoradas.
- Favorecer la reducción de la brecha digital.
- Incrementar la proliferación de nuevas aplicaciones de consumo basadas en IP o entrar voluntariamente en acuerdos para permitir que otros inviertan en lograr esos objetivos,
- Fusionar las capacidades de la radiodifusión por aire con los métodos de visualización y entrega de información de banda ancha de Internet a través de los mismos canales de 6 MHz actualmente asignados para el servicio de TDT.
- Brindar capacidades mejoradas de seguridad pública (como alertas de emergencia avanzadas capaces de despertar dispositivos inactivos para advertir a los consumidores sobre emergencias inminentes).
- Mejorar las características de accesibilidad, contenido localizado y/o personalizado, y contenido educativo interactivo para niños a través de una recepción fija y/o móvil.
- Aumentar los servicios complementarios y suplementarios y, en correspondencia, la prevalencia de arrendamientos de espectro a terceros (incluidos otros radiodifusores) que pueden proporcionar dichos servicios.
- Ofrecer descargas de contenido multimedia a velocidades de banda ancha, lo que puede ayudar a reducir los costos para los servicios de Internet de los consumidores.
- Debido a sus características de propagación, ATSC 3.0 es adecuada para dar servicio a comunidades rurales mal atendidas.

3.3.1. Transición hacia ATSC 3.0

Para llevar a cabo el proyecto de transición hacia ATSC 3.0 (NextGen TV), la FCC consideró necesario la colaboración público-privada, la cual está liderada por la *National Association of Broadcasters* (NAB), quien se encarga de guiar a los operadores de radiodifusión en su cambio hacia la NextGen TV¹²². Es importante mencionar que la FCC adoptó reglas en 2017 para apoyar un despliegue voluntario de ATSC 3.0, y cuya primera emisión se realizó en 2020 en la ciudad de Las Vegas. De acuerdo con ATSC, la implementación de ATSC 3.0 alcanzaría el 80% de la población después del 2024, conforme el trabajo realizado por los operadores de

¹²¹ FCC, "FCC Seeks to Promote Broadcast Internet Innovation", FCC, Estados Unidos, 9 de junio de 2020. Consultado el 24 de mayo de 2024, disponible en: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-20-73A1.pdf>

¹²² FCC. "FCC Chairwoman announces launch of 'future of tv' public-private initiative focused on transition to NextGen TV", FCC, Estados Unidos, 17 de abril de 2023. Consultado el 24 de mayo de 2024, disponible en: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/DOC-392605A1.pdf>

radiodifusión, los cuales están colaborando en conjunto para desplegar ATSC 3.0¹²³. No obstante, para que los consumidores accedan a las señales de NextGen TV, se requieren nuevos televisores o dispositivos de recepción compatibles con ATSC 3.0, lo que plantea importantes desafíos de costos y accesibilidad¹²⁴.

En la Figura 3.1 se puede observar el avance de la implementación de ATSC 3.0 en Estados Unidos, desde el 2017 hasta el 2024, en la que los estados sombreados en color azul son estados proyectados a iniciar operaciones de ATSC 3.0, mientras que los estados en color naranja son estados que ya cuentan con operaciones de ATSC 3.0.

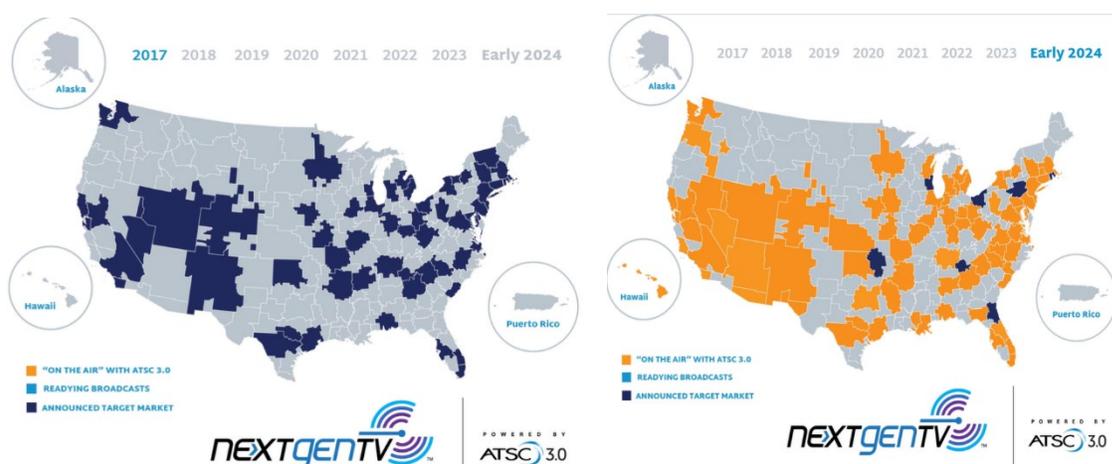


Figura 3.1. Avance de la implementación de ATSC 3.0 en Estados Unidos.
Fuente: retomado de NextGenTV.

3.3.2. Regulación aplicable a las estaciones de ATSC 3.0

La regulación aplicable a las estaciones de ATSC 3.0 se encuentra descrita en la Parte 73 del Código Federal de Regulaciones (CFR), e incluyen las estaciones de televisión comercial, educativas no comerciales, estaciones de televisión de baja potencia y las estaciones complementarias de televisión. Todas ellas se asignan con canales de 6 MHz de ancho de banda en las bandas de frecuencias de 54 a 88 MHz (canales del 2 al 6), 174 a 216 MHz (canales del 7 al 13) y de 470 a 608 MHz (canales del 14 al 36)¹²⁵.

3.3.2.1 Requisitos técnicos para la prestación del servicio de televisión

Las estaciones de transmisión de televisión tienen diferentes requisitos para su operación en Estados Unidos, tales como¹²⁶:

¹²³ ATSC, "Deployments", ATSC, Estados Unidos, 2024. Consultado el 24 de mayo de 2024, disponible en: <https://www.atsc.org/nextgen-tv/deployments/>

¹²⁴ *Ídem*.

¹²⁵ CFR, "Part 73", CFR, Estados Unidos, 2024. Consultado el 24 de mayo de 2024, disponible en: <https://www.ecfr.gov/current/title-47/chapter-I/subchapter-C/part-73/subpart-E>

¹²⁶ *Ídem*.

- I. Con respecto a las características técnicas, la potencia radiada aparente (PRA) máxima por estación, está determinada por dos factores: la altura sobre el terreno promedio de la antena (HAAT) y de la zona geográfica donde se ubique la estación transmisora. Así, la PRA puede autorizarse desde los 10 kW para una altura de la antena máxima de 610 m, hasta los 1000 kW para una altura de antena máxima de 365 m.
- II. Los transmisores de ATSC 3.0 deben cumplir con la máscara de emisión que se muestra en la Figura 3.2, en la que se puede observar que desde el límite del canal hasta 0.5 MHz después, la señal debe atenuarse al menos 47 dB, mientras que después de los 6 MHz, la señal debe atenuarse al menos 110 dB.

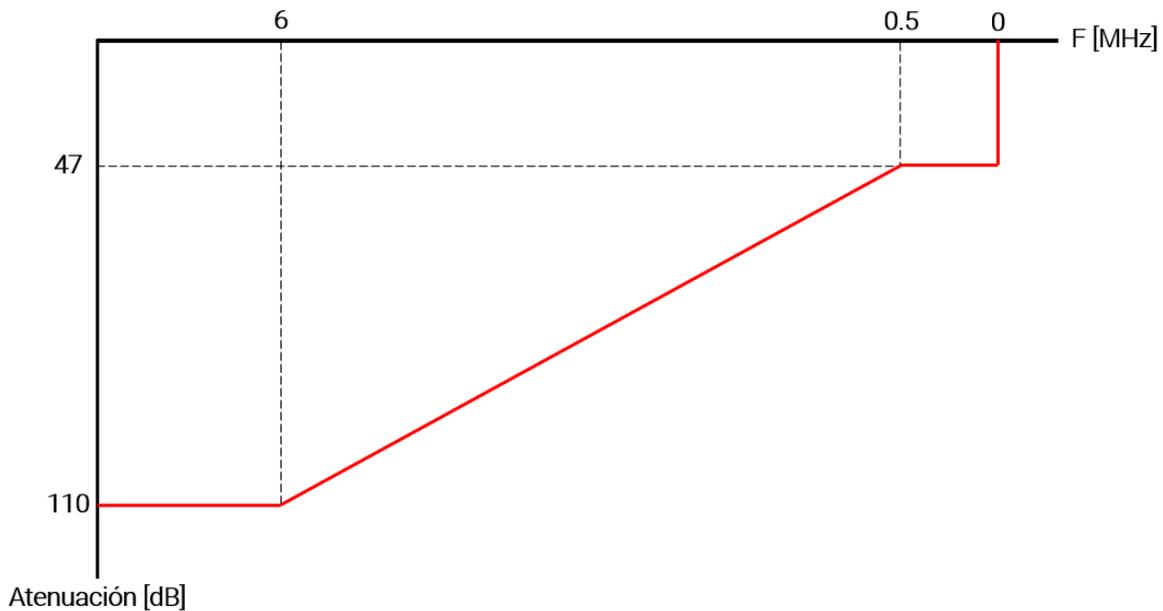


Figura 3.2. Máscara de emisión para los transmisores de ATSC 3.0.
Fuente: elaboración propia.

- III. El valor mínimo de intensidad de campo requerido sobre la localidad principal a servir es el siguiente: para los canales del 2 al 6 es de 35 dBu; para los canales del 7 al 13 es de 43 dBu; y para los canales del 14 al 36 es de 48 dBu.
- IV. El valor mínimo de intensidad de campo que define el área de servicio de una estación de televisión, es el siguiente: para los canales del 2 al 6 es de 28 dBu; para los canales del 7 al 13 es de 36 dBu; y para los canales del 14 al 36 es de 41 dBu. Cabe mencionar que los valores de intensidad de campo descritos tanto en el numeral anterior como en este, aplican tanto para las estaciones que operan con ATSC 1.0 o ATSC 3.0.

3.3.2.2. Requisitos regulatorios para la prestación del servicio de televisión

Entre los requisitos regulatorios aplicables para la prestación del servicio de ATSC 3.0 se encuentran los siguientes¹²⁷:

- I. Cada estación que transmita en ATSC 3.0 deberá contar con una licencia independiente y con su propio indicativo de llamada. Además, estará sujeta individualmente a todas las obligaciones, reglas y políticas aplicables de la FCC.
- II. Los licenciarios de televisión que opten por transmitir una señal ATSC 3.0, deberán transmitir al menos un canal con un contenido programático de video gratuito por aire. Por lo anterior, los licenciarios de televisión que opten por transmitir una señal ATSC 3.0, también deberán simultáneamente transmitir el flujo de video de la programación principal de su señal ATSC 3.0; esto mediante la transmisión de una señal ATSC 1.0 desde otra estación transmisora de televisión, dentro de su zona geográfica de operación, con el requisito de realizar la transmisión simultánea. Dicha transmisión debe ser la misma, excepto por los anuncios, promociones de próximos programas y características de programación mejoradas de ATSC 3.0, como lo son el contenido hiperlocalizado (clima, alertas de emergencias o noticias), o los formatos de definición mejorados (4K u 8K). Las reglas de la FCC que ordenan la transmisión simultánea en ATSC 1.0 y ATSC 3.0 tienen un plazo de vigencia hasta el 2027¹²⁸.
- III. Siempre que las estaciones de transmisión de televisión cumplan con la regulación emitida por FCC, se les permite ofrecer servicios de cualquier naturaleza, consistentes con el interés público, la conveniencia y la necesidad, de manera auxiliar o suplementaria. Los tipos de servicios que pueden proporcionarse incluyen, pero no se limitan a: distribución de software de computadora, transmisiones de datos, teletexto, materiales interactivos, mensajes sonoros, servicios de búsqueda de personas, señales de audio y/o video por suscripción y cualquier otro servicio que no menoscabe las obligaciones de las estaciones de televisión bajo dicha regulación.
- IV. Las estaciones de baja potencia y las estaciones complementarias de televisión pueden hacer la transición directamente de la operación ATSC 1.0 a la operación ATSC 3.0, sin realizar la transmisión simultánea en ATSC 1.0.
- V. Para las estaciones de baja potencia y estaciones complementarias que elijan voluntariamente hacer la transición y temporalmente reubicar su señal en las instalaciones de una estación anfitriona con el fin de implementar el servicio ATSC 3.0 (y que conviertan sus instalaciones existentes a ATSC 3.0), la estación: 1) Debe mantener sus transmisiones dentro del contorno protegido originalmente; 2) No puede reubicar su señal de transmisión a más de 30 millas de las coordenadas de referencia de la ubicación de la antena existente; y 3) Debe seleccionar una estación anfitriona asignada a la misma área de servicio que la estación principal, es decir, la estación cuya programación se está transmitiendo en la estación de

¹²⁷ CFR, "Part 73", *CFR*, Estados Unidos, 2024. Consultado el 24 de mayo de 2024, disponible en: <https://www.ecfr.gov/current/title-47/chapter-I/subchapter-C/part-73/subpart-E>

¹²⁸ FCC, "THIRD REPORT AND ORDER AND FOURTH FURTHER NOTICE OF PROPOSED RULEMAKING" *FCC*, Estados Unidos, 23 de junio de 2023. Consultado el 17 de diciembre de 2024, disponible en: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-23-53A1.pdf>

baja potencia o estación complementaria. Cabe mencionar que las señales ATSC 3.0 transmitidas en las instalaciones de una estación anfitriona serán licenciadas con canales secundarios temporales distintos al de la estación de origen.

3.3.3. Transmisores de ATSC 3.0 autorizados por FCC

De acuerdo al registro de FCC sobre los equipos transmisores autorizados a operar bajo lo establecido por dicho regulador¹²⁹, actualmente sólo se tiene autorización de 4 equipos que operan con el estándar ATSC 3.0, los cuales son¹³⁰:

- Marca: Comark Communications, modelo: EXACT-V2.
- Marca: Saankhya Labs, modelo: BROADCAST RADIO HEAD.
- Marca: Hitachi, modelo: EC702MP-BB3.
- Marca: Hitachi, modelo: EC704MP-BB3.

Cabe mencionar que estos equipos sólo están pensados para operar como estaciones de baja potencia o estaciones complementarias. En el caso de los transmisores para estaciones de ATSC 3.0 que operan con mayor potencia, existen de diferentes marcas, sin embargo, FCC no lo ha publicado dentro de su página de equipos autorizados. No obstante, otros fabricantes como GatesAir¹³¹, Hitachi-Comark¹³² y Rhode & Schwarz¹³³, entre otros, también suministran soluciones para la transmisión en ATSC 3.0 para el mercado estadounidense.

3.4. Corea del Sur: *Ministry of Science and ICT*

En 2017, el *Ministry of Science and ICT* (MSIT) de Corea del Sur autorizó la primera emisión de señales de ATSC 3.0 en el mundo para ofrecer el servicio de radiodifusión en la ciudad de Seúl, a través de los principales operadores de ese país¹³⁴. Desde entonces, la operación de ATSC 3.0 en Corea del Sur se ha llevado a cabo de acuerdo con lo siguiente¹³⁵:

- Se decidió utilizar ATSC 3.0 debido a que permite ofrecer movilidad, una mejor calidad de imagen (transmisiones simultáneas de HD para dispositivos móviles, y 4K-UHD para dispositivos fijos) y servicios personalizados, como publicidad dirigida. Además, la radiodifusión de datos se ha expandido para incluir actualizaciones de navegación y la entrega de archivos multimedia.
- Se decidió utilizar espectro libre en la banda de 700 MHz para la operación de nuevas estaciones de ATSC 3.0.
- A partir de 2027, será obligatoria la transmisión simultánea de los servicios HD existentes y los nuevos servicios UHD.

¹²⁹ FCC, "Equipment Authorization Search", FCC, Estados Unidos, 2024. Consultado el 24 de mayo de 2024, disponible en: <https://apps.fcc.gov/oetcf/eas/reports/GenericSearch.cfm>

¹³⁰ Para más información, consúltese en: <https://apps.fcc.gov/oetcf/eas/reports/GenericSearch.cfm>

¹³¹ Para más información, consúltese en: <https://www.gatesair.com/solutions/nextgen-tv>

¹³² Para más información, consúltese en: <https://comarktv.com/products/atsc-3-0-overview/>

¹³³ Para más información, consúltese en: https://www.rohde-schwarz.com/us/about/news-press/all-news/rohde-schwarz-launches-new-era-of-efficient-sustainable-and-smart-broadcast-transmission-press-release-detailpage_229356-1486464.html

¹³⁴ MSIT, "MSIT Lets the World Know that Korea's Next-generation Broadcasting Technology is the World's Best!", MSIT, Corea del Sur, 24 de abril de 2022. Consultado el 10 de septiembre de 2024, disponible en: <https://www.msit.go.kr/eng/bbs/view.do?sCode=eng&mPid=4&mPid=2&pageIndex=&bbsSeqNo=42&nttSeqNo=682&searchOpt=ALL&searchTxt=>

¹³⁵ *Idem*.

- La posibilidad de contar con un sistema de alertas de emergencia avanzada, el cual permite funciones de activación y la entrega de contenido enriquecido en situaciones de emergencia.

3.5. Comparación entre los reguladores

En la Tabla 3.1 se encuentra un resumen del contenido establecido por cada uno de los reguladores analizados en este capítulo con respecto a ATSC 3.0.

Tabla 3.2. Comparación entre reguladores.
Fuente: elaboración propia.

Característica	ISED - Canadá	Ministerio de Comunicaciones - Brasil	FCC – Estados Unidos	MSIT – Corea del Sur
Forma en la que operan ATSC 3.0	Experimental	Experimental	Cotidiana	Cotidiana
Bandas de frecuencias de operación	54-72 MHz, 76-88 MHz, 174-216 MHz y 470-602 MHz	174-216 MHz, 470-608 MHz y 614-698 MHz	54-88 MHz, 174-216 MHz y 470-608 MHz	Sin información disponible.
Ancho de banda de canal	6 MHz	6 MHz	6 MHz	6 MHz
Cuenta con transmisores autorizados	No	No	Sí	Sí
Cuenta con regulación específica para realizar la transición a ATSC 3.0	No	No	Sí	Sin información disponible.

[Hoja intencionalmente en blanco]

Capítulo IV. Recomendaciones para la futura adopción del estándar ATSC 3.0 en México

El presente capítulo tiene por objetivo analizar el estatus regulatorio del servicio de TDT en México y la comparación entre ATSC 1.0 y ATSC 3.0, y, junto con la investigación plasmada en los tres primeros capítulos de este Estudio, realizar una serie de recomendaciones que permitan la futura adopción del estándar ATSC 3.0 en México.

4.1. Estatus regulatorio del servicio de TDT

Actualmente, el IFT regula el servicio de TDT bajo distintos instrumentos enfocados a un tema en particular de este servicio, entre los que destacan: las bandas del espectro radioeléctrico atribuidas al servicio de TDT; los parámetros de operación para la transmisión de estaciones principales, equipos auxiliares y complementarios; la asignación de canales virtuales; retransmisión de señales; multiprogramación, y accesibilidad.

4.1.1. Bandas del espectro atribuidas al servicio de TDT

De acuerdo con el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF)¹³⁶, en particular con las notas nacionales MX87, MX95, MX117 y MX143, las bandas de frecuencias atribuidas al servicio de TDT son: de 54 a 72 MHz (canales del 2 al 4); de 76 a 88 MHz (canales 5 y 6); de 174 a 216 MHz (canales del 7 al 13), y de 470 a 608 MHz (canales del 14 al 36).

4.1.2. Parámetros de operación para la transmisión de estaciones principales y complementarias del servicio de TDT

En lo que respecta a los parámetros de operación de las estaciones de TDT, éstos se encuentran en la “Disposición Técnica IFT-013-2016: Especificaciones y requerimientos mínimos para la instalación y operación de estaciones de televisión, equipos auxiliares y equipos complementarios”¹³⁷ (DT IFT-013-2016). En dicha disposición, se establecen los siguientes límites y clasificaciones¹³⁸:

- I. Ancho de banda de canal: 6 MHz.
- II. Estaciones de baja potencia: aquellas estaciones con una PRA máxima de 1 kW que operan en los canales del 2 al 13, mientras que para los canales del 14 al 36 una PRA máxima de 10 kW.
- III. Estaciones de alta potencia: aquellas estaciones que operan con una PRA mayor a 1 kW que operan en los canales del 2 al 13, mientras que para los canales del 14 al 36 una PRA mayor a 10 kW.

¹³⁶ IFT, “Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias”, IFT, México, 2024. Consultado el 29 de noviembre de 2024, disponible en: <https://cnaf.ift.org.mx/CNAF/Index>

¹³⁷ Para mayor información, consúltese en: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/2016-12-30dof-diariooficialdelafederacion.pdf>

¹³⁸ IFT, “Disposición Técnica IFT-013-2016: Especificaciones y requerimientos mínimos para la instalación y operación de estaciones de televisión, equipos auxiliares y equipos complementarios”, DOF, México, 30 de diciembre de 2016. Consultado el 29 de noviembre de 2024, disponible en: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/2016-12-30dof-diariooficialdelafederacion.pdf>

- IV. Los contornos protegidos para el servicio de TDT, considerando la presencia de la señal en un 50% del área de servicio¹³⁹ el 90% del tiempo y con un porcentaje de confianza del 50%, son 35 dBu para los canales del 2 al 6, 43 dBu para los canales del 7 al 13 y 48 dBu para los canales del 14 al 36. En dichos contornos se deberán tomar las medidas necesarias para evitar interferencias perjudiciales con otras estaciones de TDT, estaciones del servicio de radiodifusión sonora en frecuencia modulada para estaciones de TDT que operen en el canal 6 (82 a 88 MHz) y cualquier otro sistema que haga uso del espectro conforme al CNAF.
- V. Las tasas de transferencia para transmisiones a través del formato MPEG-2 son 10 Mbps para HD y 3 Mbps para SD, mientras que para las transmisiones a través del formato MPEG-4 son 6 Mbps para HD y 2.5 Mbps para SD.
- VI. La tasa de errores binarios (BER) para cada canal de transmisión deberá ser igual o menor que 3×10^{-6} a la salida del bloque decodificador del receptor.
- VII. Los Concesionarios deberán reportar al Instituto aquellas fallas en sus estaciones de TDT (principales, auxiliares y complementarias) que provoquen la suspensión del servicio ofrecido en el área de servicio por un lapso de tres horas o mayor, en un término de tres días hábiles, contados a partir del momento en que se presentó la suspensión referida.

4.1.3. Asignación de canales virtuales

Los “Lineamientos generales para la asignación de canales virtuales de televisión radiodifundida”¹⁴⁰ tienen por objeto regular el uso de canales virtuales, su asignación y sus condiciones de funcionamiento. En este sentido, un canal virtual es el número de identificación lógica en el servicio de TDT, que tiene como función ordenar la presentación de los canales de programación de televisión en el equipo receptor, independientemente del canal de transmisión de televisión y con el que las audiencias podrán reconocerlo en sus equipos receptores, el cual se integra por un número primario y un número secundario¹⁴¹.

Los concesionarios del servicio de TDT sólo podrán hacer uso del canal virtual previa asignación del IFT, a través de la Unidad de Medios y Contenidos Audiovisuales (UMCA)¹⁴². La asignación realizada por la UMCA para la utilización de un canal virtual tendrá un periodo de vigencia simultáneo al de la concesión del canal de transmisión de televisión que corresponda, y podrá ser prorrogado por el Instituto, en su caso, también de manera simultánea a través del procedimiento de prórroga de la concesión. En caso de cambio de la información programática y/o comercial o el cambio o pérdida de la identidad de un canal de

¹³⁹ Zona geográfica delimitada por el contorno protegido, cuya distancia en cada radial al sitio del transmisor será determinada utilizando el método de predicción Longley-Rice para situaciones promedio, considerando la presencia de la señal en un 50% de lugares, el 90% del tiempo y con un porcentaje de confianza del 50%, los valores de intensidad de campo aplicables a cada rango de frecuencias y las características de direccionalidad del sistema radiador.

Ibidem.

¹⁴⁰ Para mayor información, consúltese en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5442584&fecha=27/06/2016&print=true

¹⁴¹ IFT, “Lineamientos generales para la asignación de canales virtuales de televisión radiodifundida”, *DOF*, México, 27 de junio de 2016. Consultado el 29 de noviembre de 2024, disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5442584&fecha=27/06/2016&print=true

¹⁴² *Idem.*

programación¹⁴³, la UMCA analizará la viabilidad de modificar el canal virtual asignado previamente¹⁴⁴.

La asignación de canales virtuales se realizará para todos los concesionarios del servicio de TDT, y para ello, la UMCA utilizará la información programática y/o comercial con la que cuenta o pueda obtener para definir el canal virtual que asignará a cada concesionario en relación con su o sus canales de programación¹⁴⁵. El concesionario del servicio de TDT, al menos dos meses antes de comenzar y un mes después de culminar el periodo establecido para comenzar a utilizar el canal virtual asignado, deberá informar a las audiencias, a través de su programación en horarios de mayor audiencia, sobre el comienzo de la utilización del canal virtual asignado, especificando el momento en que ello ocurrirá, proporcionando la información necesaria para efecto de que la población pueda reprogramar su equipo receptor. Cabe mencionar que, para los equipos complementarios siempre les corresponderá el mismo canal virtual que a su estación principal correspondiente¹⁴⁶.

4.1.4. Retransmisión de señales

De conformidad con los "Lineamientos generales en relación con lo dispuesto por la fracción I del artículo octavo transitorio del Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6°, 7°, 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones"¹⁴⁷, los concesionarios de televisión restringida están obligados a retransmitir las señales de los concesionarios del servicio de TDT en la misma zona de cobertura geográfica, sin la necesidad de contar con manifestación de voluntad alguna por parte del concesionario del servicio de TDT¹⁴⁸.

Dicha retransmisión de señales debe ser¹⁴⁹:

- I. De manera gratuita.
- II. De manera no discriminatoria.
- III. En forma íntegra y sin modificaciones.
- IV. Simultánea.
- V. Con la misma calidad.

En el caso de las señales transmitidas a través de multiprogramación, los concesionarios de televisión restringida sólo deberán retransmitir aquella señal multiprogramada por cada

¹⁴³ Conjunto de características de un canal de programación, tales como el nombre comercial, logotipo, programación, entre otras, que permiten su conocimiento e identificación por parte de las audiencias.

IFT, "Lineamientos generales para la asignación de canales virtuales de televisión radiodifundida", *DOF*, México, 27 de junio de 2016. Consultado el 29 de noviembre de 2024, disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5442584&fecha=27/06/2016&print=true

¹⁴⁴ *Idem*.

¹⁴⁵ *Idem*.

¹⁴⁶ *Idem*.

¹⁴⁷ Para más información, consúltese en: https://umca.ift.org.mx/uploads/contenido_tema/143/Version_integral_de_lineamientos_mc-mo_2022.pdf

¹⁴⁸ IFT, "Lineamientos generales en relación con lo dispuesto por la fracción I del artículo octavo transitorio del Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6°, 7°, 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones", *IFT*, México, 2022. Consultado el 2 de diciembre de 2024, disponible en: https://umca.ift.org.mx/uploads/contenido_tema/143/Version_integral_de_lineamientos_mc-mo_2022.pdf

¹⁴⁹ *Idem*.

canal de transmisión que tenga mayor audiencia¹⁵⁰. Cabe mencionar que los concesionarios de televisión restringida vía satélite solamente deben retransmitir aquellas señales de TDT con un 50% o más de cobertura del territorio nacional¹⁵¹.

4.1.5. Multiprogramación

El IFT, a petición por parte interesada, deberá atender las solicitudes de multiprogramación, tomando en cuenta los siguientes principios¹⁵²:

- I. Competencia: para que los servicios de TDT sean prestados en competencia efectiva y libre concurrencia de agentes económicos, atendiendo de manera particular la concentración nacional y regional de frecuencias y previniendo fenómenos de concentración que contraríen el interés público.
- II. Calidad técnica: con la finalidad de que los servicios de TDT puedan ser prestados con mejor calidad en términos de las disposiciones de índole técnica aplicables y vigentes.
- III. Derecho a la información: con el objetivo de promover y respetar el derecho a la información.

Los interesados en obtener la autorización para acceder a la multiprogramación deberán describir la siguiente información¹⁵³:

- I. El canal de transmisión que se pretende utilizar.
- II. El número de canales de programación en multiprogramación que se deseen distribuir, especificando si estos serán programados por el propio concesionario del servicio de TDT o si se pretenderá brindar acceso a dichos canales a un tercero.
- III. La calidad técnica de transmisión de cada canal de programación, tales como, la tasa de transferencia, estándar de compresión y, en su caso, calidad de video (HD o SD). Lo anterior, observando lo establecido en la DT IFT-013-2016.
- IV. La identidad de cada canal de programación (nombre, logotipos y barra programática).

4.1.6. Accesibilidad

La accesibilidad se define como aquellas medidas pertinentes para asegurar el acceso de las personas con discapacidad, en igualdad de condiciones con las demás, a la información y las comunicaciones, incluidos sus sistemas y tecnologías¹⁵⁴. Para el caso del servicio de TDT, los concesionarios de estos servicios están obligados a cumplir ciertos parámetros de los

¹⁵⁰ IFT, "Lineamientos generales en relación con lo dispuesto por la fracción I del artículo octavo transitorio del Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6°, 7°, 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones", IFT, México, 2022. Consultado el 2 de diciembre de 2024, disponible en: https://umca.ift.org.mx/uploads/contenido_tema/143/Version_integral_de_lineamientos_mc-mo_2022.pdf

¹⁵¹ *Idem*.

¹⁵² IFT, "Lineamientos generales para la Multiprogramación", DOF, México, 25 de abril de 2023. Consultado el 2 de diciembre de 2024, disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5686552&fecha=25/04/2023#gsc.tab=0

¹⁵³ *Idem*.

¹⁵⁴ IFT, "Lineamientos generales de accesibilidad al servicio de televisión radiodifundida", DOF, México, 17 de septiembre de 2018. Consultado el 2 de diciembre de 2024, disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5538082&fecha=17/09/2018#gsc.tab=0

servicios de accesibilidad para personas con discapacidad. Entre dichos servicios de accesibilidad se encuentran¹⁵⁵:

- I. Subtitulaje oculto: el cual es el texto en la pantalla que al habilitarse muestra los diálogos, la identificación de los hablantes y la descripción de los efectos de sonido y música de un programa.
- II. Interpretación en Lengua de Señas Mexicana: lengua que consiste en una serie de signos gestuales articulados con las manos y acompañados de expresiones faciales, mirada intencional y movimiento corporal, dotados de función lingüística, que forma parte del patrimonio lingüístico de una comunidad y es tan rica y compleja en gramática y vocabulario como cualquier lengua oral.

Adicionalmente, el concesionario del servicio de TDT deberá indicar si estos servicios están incluidos en la guía electrónica de programación, así como a través de símbolos únicos por servicio de accesibilidad en el inicio de cada programa¹⁵⁶.

4.2. Comparación entre ATSC 1.0 y ATSC 3.0

ATSC 1.0 y ATSC 3.0, a pesar de que un estándar es la evolución del otro, no son compatibles entre sí derivado de los cambios en las características de operación entre uno y otro. Lo anterior se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Comparación entre ATSC 1.0 y ATSC 3.0. (Elaboración propia)

Característica	ATSC 1.0	ATSC 3.0
Modulación	8-VSB (<i>Vestigial Sideband Modulation</i> , VSB)	COFDM
Máxima tasa de transmisión en un canal de 6 MHz	19.4 Mbit/s	57 Mbit/s
Compatible con SFN	Sí ¹⁵⁷	Sí
Compatible con Internet	No	Sí
Interactividad con las audiencias	No	Sí
Calidad de video	SD o HD	SD, HD o UHD
Calidad de sonido	Audio inmersivo 5.1	Audio inversivo 7.1+4
Multiprogramación	Sí, con la posibilidad de un canal en HD y hasta 3 canales en SD	Sí, con la posibilidad de 6 canales en HD y uno en SD ¹⁵⁸
Tasa de imágenes	24 Hz, 30 Hz y 60 Hz	24 Hz, 30 Hz, 60 Hz y 120 Hz

De la anterior tabla se pueden destacar dos puntos:

¹⁵⁵ *Ibidem*.

¹⁵⁶ *Idem*.

¹⁵⁷ A pesar de que para ATSC 1.0 sí está contemplada la operación con SNF, resulta ser un poco más compleja en comparación con ATSC 3.0, debido a que la modulación 8-VSB no se diseñó para aminorar los efectos de las señales con multitrayectoria, por ejemplo, la interferencia en los receptores. Si bien, dicha interferencia puede mitigarse a través de retrasos o una mejor sincronización de las señales, no se puede eliminar completamente.

GatesAir, "ATSC 1.0/2.0 SFN", GatesAir, Estados Unidos. Consultado el 6 de enero de 2025, disponible en: https://www.gatesair.com/documents/slides/GatesAir-SFN-ATSC1_Requirements.pdf

¹⁵⁸ Para más información, consúltese en: https://www.rabbitears.info/market.php?request=station_search&callsign=WUNI#station

- I. El hecho de que ATSC 3.0 tenga un mejor desempeño para la operación de redes SNF, lo hace mucho más eficiente espectralmente que ATSC 1.0, gracias a los protocolos del estándar y la modulación que opera. Lo anterior se puede observar en la asignación de frecuencias para equipos complementarios que operan con ATSC 1.0, dado que la operación de estaciones en co-canal puede dar resultados mixtos, es común utilizar canales distintos para los equipos complementarios al que opera la estación principal para evitar interferencias en los receptores de las señales de TDT. Este problema se vería resuelto con ATSC 3.0 y daría la oportunidad de gestionar de forma más eficiente el espectro disponible, con el potencial de liberar canales adicionales para el otorgamiento de nuevas concesiones para la prestación del servicio de TDT.
- II. La cantidad de canales que se pueden multiprogramar en un solo canal de transmisión es muy distinta para cada estándar, por ejemplo, mientras que para ATSC 1.0, bajo la regulación actual en México se tiene la posibilidad de 4 canales en total (uno en HD y 3 en SD), en ATSC 3.0 se tendría la posibilidad de habilitar hasta 7 canales en total (6 en HD y uno en SD), con calidades de video muy distintas entre sí, lo que abre la posibilidad de tener más contenido por cada canal de transmisión, así como contar con “combinaciones” de calidades más flexibles, pudiendo transmitir contenidos con distintas tasas de transmisión de video, diferentes jerarquías de modulación y códecs de compresión de vídeo distintos, lo que permitiría, en un mismo canal de transmisión, contar con canales multiprogramados para diferentes destinatarios, desde receptores móviles, hasta en calidad UHD. Asimismo, abre la posibilidad de que los interesados en transmitir sus contenidos multimedia a través del servicio de TDT puedan realizarlo sin contar con una concesión de espectro, mediante la celebración de acuerdos con un concesionario de dicho servicio que ponga a disposición de terceros parte de la capacidad de multiprogramación de su transmisión ATSC 3.0.

4.3. Recomendaciones para la futura adopción de ATSC 3.0 en México

Con la finalidad de que la futura adopción del estándar ATSC 3.0 en México se pueda llevar a cabo, las recomendaciones de este estudio se clasificaron en tres rubros principales: aquellas consideraciones previas a su implementación, los aspectos regulatorios a considerar durante su implementación y los pasos a seguir para una implementación definitiva.

4.3.1. Consideraciones previas a la posible implementación de ATSC 3.0

Con la finalidad de conocer el impacto que podría tener la posible implementación de ATSC 3.0 en México, será necesario que exista un constante diálogo y colaboración entre todos los entes involucrados: audiencia, concesionarios, gobierno (a nivel Federal, Estatal o Municipal) y el regulador de telecomunicaciones y radiodifusión (regulador).

En primera instancia, será de suma importancia recabar información sobre las propuestas, consideraciones y comentarios que al respecto pudieran tener las partes interesadas, tales como las audiencias, concesionarios de TDT, concesionarios de TV restringida, productores

de contenidos, fabricantes de transmisores y receptores, y cualquier interesado (a través de una Consulta Pública de Integración, por ejemplo); ya que, adoptar el nuevo estándar implicaría realizar inversiones tanto en la transmisión como en la recepción, debido a que la nueva tecnología es incompatible con el estándar ATSC 1.0 actualmente utilizado en México. Los concesionarios deberán actualizar sus equipos de transmisión y generación de contenido multimedia¹⁵⁹, mientras que las audiencias deberán adquirir un nuevo receptor (ya sea un televisor o un adaptador) que les permita acceder al nuevo contenido disponible.

Además, debido a que ATSC 3.0 no sólo opera como servicio de TDT, sino que también es capaz de proporcionar servicios de datos de banda ancha, implica que, si los concesionarios del servicio de TDT quieren aprovechar por completo las nuevas funciones que ofrece ATSC 3.0, el concesionario de TDT debe contar con la posibilidad de transmitir datos en adición a sus contenidos multimedia, y complementar la experiencia de uso con datos, contenidos y aplicaciones que sean provistos mediante una conexión a Internet y así poder recibir las interacciones en tiempo real por parte de las audiencias, disfrutando así del máximo potencial que ofrece ATSC 3.0. Debido a estas posibilidades, habrá que evaluar si estas llegan a ser consistentes, y con ello, identificar el interés que pueda existir por la implementación y uso de ATSC 3.0.

Con independencia de lo anterior, es recomendable impulsar la realización de pruebas experimentales que permitan contar con información relevante sobre el desempeño de la tecnología ATSC 3.0 en México, considerando las características orográficas, tipo de urbanización y entorno radioeléctrico del país. Para ello, es recomendable que los concesionarios y el regulador puedan acordar la forma en que se realizarán las pruebas experimentales y las responsabilidades que deberán asumir para que las pruebas sean exitosas. Por ejemplo, que los concesionarios cuenten con el equipamiento e infraestructura necesarios para la transmisión de las señales de ATSC 3.0, mientras que el regulador en coordinación con otras autoridades, deberá prever que la población de la muestra seleccionada para las pruebas pueda acceder al contenido y recopilar no sólo los datos técnicos referentes a la transmisión de señales, sino también recabar información sobre la opinión y percepción de las audiencias que pudieron acceder al contenido.

Después de haber realizado las pruebas experimentales y contar con los resultados de dichas pruebas, el regulador deberá evaluar, entre otras cosas:

- I. El tiempo de la implementación desde que se planearon las pruebas, hasta el comienzo de operaciones.
- II. La complejidad de la implementación.
- III. Si durante el transcurso de las pruebas existieron errores en la transmisión o recepción de las señales.
- IV. La calidad del contenido durante las pruebas.

¹⁵⁹ Cabe mencionar que, el monto de la inversión que deban hacer los concesionarios para implementar ATSC 3.0, depende de diversos factores como la actualización y estado de los componentes de cada estación de televisión y de los equipos que llevan el flujo de contenido hasta dicha estación, la intención de habilitar o no otros servicios o aplicaciones en ATSC 3.0 que puedan requerir infraestructura adicional, el estado actual de los transmisores, entre otros. Además, debido a que el estándar ATSC 3.0 es relativamente reciente, los concesionarios que decidan ser los primeros en implementarlo, enfrentarán costos más elevados con respecto de aquellos que decidan transitar al nuevo estándar en etapas posteriores, en las que existan mayores economías de escala..

- V. Realizar la comparación de cobertura de las señales ATSC 3.0 vs las señales ATSC 1.0 para condiciones similares de transmisión (por ejemplo, potencia, altura, patrón de radiación de antena, canal de transmisión, o ubicación).
- VI. En su caso, evaluar el desempeño de la recepción en dispositivos móviles.
- VII. La opinión de la población seleccionada respecto a la calidad del servicio y las nuevas funcionalidades que ofrece ATSC 3.0.
- VIII. Las diferencias observadas por la población con respecto de las señales que se transmitieron en ATSC 3.0 y su primera versión.
- IX. Evaluación de funcionalidades tales como la notificación de alertas de emergencia o facilidades de accesibilidad para personas con discapacidad visual o auditiva.
- X. En su caso, prueba de aplicaciones y casos de uso adicionales a la transmisión de contenidos audiovisuales, utilizando las capacidades de transmisión de datos de ATSC 3.0.

Con ello, el regulador podrá tener conclusiones más claras sobre el funcionamiento de ATSC 3.0, la percepción de las audiencias sobre esta tecnología y los posibles casos de uso y aplicaciones que ofrece; y con base en ello, contar con elementos para determinar las acciones y/o modificaciones necesarias a la regulación actual para la implementación de ATSC 3.0 en México.

4.3.2. Aspectos regulatorios a considerar para la implementación de ATSC 3.0 en México

En primera instancia, se propone que el regulador en coordinación con otras autoridades desarrolle una nueva regulación para la adopción de ATSC 3.0, en la cual se describan los procedimientos para que la adopción se lleve de forma exitosa y sin repercusiones negativas para los actores involucrados. En este sentido, será necesario que se indiquen los criterios para que se lleve a cabo la adopción de forma voluntaria y ordenada, tomando como base las primeras pruebas experimentales que se hayan hecho con ATSC 3.0, los datos obtenidos a partir de éstas y las experiencias y lecciones aprendidas que existan en el ámbito internacional.

En lo que respecta al CNAF, debido a que ATSC 3.0 puede operar en las bandas ya identificadas para el servicio de TDT y con el mismo ancho de banda (6 MHz), no se preverían cambios en las atribuciones de las bandas de frecuencias ya identificadas para el servicio de TDT. En cambio, para la DT IFT-013-2016, será necesario que el regulador lleve a cabo su revisión y actualización de acuerdo a los nuevos parámetros técnicos bajo los cuales sería prestado el servicio de TDT, y en su caso, servicios adicionales. Asimismo, será necesario revisar los parámetros técnicos de ATSC 3.0 referentes con los formatos de video. Para ello, se recomienda utilizar los formatos descritos en la Tabla 4.2.

En cuanto a los dispositivos para la transmisión y la recepción de ATSC 3.0, es recomendable desarrollar las disposiciones técnicas y sus respectivos procedimientos de evaluación de la conformidad para que, mediante la homologación de estos equipos, se asegure la prestación eficiente de los servicios ATSC 3.0 así como su recepción óptima por parte de las audiencias.

Tabla 4.2. Formatos de video recomendados para ATSC 3.0. (Elaboración propia)

Característica	Formato SD	Formato HD entrelazado	Formato Progresivo
Líneas verticales por cuadro	480	1080	720, 1080 o 2160
Tipo de exploración	Entrelazado o Progresivo	Entrelazado	Progresivo
Relación de aspecto	4:3 o 16:9	16:9	16:9
Tasa de imágenes	60 Hz para exploración entrelazada; y de 24 Hz o 30 Hz para exploración progresiva	60 Hz	24 Hz, 30 Hz, 60 Hz o 120 Hz
Video en 3D	No	Si	Si
Codificación espacial escalable	No		Sí
HDR	No		Sí
WCG	No		Sí
Tasa de transferencia	Se recomienda que durante el periodo de pruebas de ATSC 3.0, no se exijan tasas de transferencias mínimas y considerar su regulación una vez que la transición esté completada.		

Por otra parte, para la asignación de canales virtuales, en particular para los canales virtuales autorizados para las estaciones de ATSC 3.0, se recomienda que después del canal virtual asignado, también se incluya un guion y un texto o letra que identifique el tipo de señal recibida, a fin de que las audiencias tengan una mayor facilidad para identificar la calidad del canal sintonizado. Como ejemplo, en la Tabla 4.3 se encuentran algunas propuestas para los tipos de canales virtuales.

Tabla 4.3. Ejemplos de tipos de canales virtuales. (Elaboración propia)

Canal Virtual	Tipo de Canal
1.1-HD	Canal en HD usando ATSC 3.0
1.1-Movil	Canal dirigido a dispositivos móviles
1.1-4K	Canal en UHD usando ATSC 3.0
1.1-IP	Canal por internet que esté ligado a una estación de ATSC 3.0

Para el caso de la retransmisión de señales, y considerando que ATSC 3.0 representa un cambio de tecnología y que la infraestructura de los concesionarios del servicio de televisión restringida podría no ser compatible con el nuevo estándar, o que dichos concesionarios no cuenten con la capacidad necesaria para realizar la retransmisión de todas las señales de ATSC 3.0, se recomienda que durante el periodo en que coexistan señales de ATSC 1.0 y ATSC 3.0 en la misma área geográfica, no se creen obligaciones de retransmisión de señales en cuanto a su calidad para aquellas señales que usen el nuevo estándar. Una vez con mayor evidencia respecto a la dinámica y grado de adopción voluntario del nuevo estándar, se recomienda que el regulador considere lo siguiente para la retransmisión de señales:

- Evaluar cuáles de los canales de programación que se radiodifunden gratuitamente deberán de ser retransmitidos gratuitamente de manera no discriminatoria por los concesionarios del servicio de televisión restringida terrenal y satelital.
- Analizar con qué calidad deberán de ser retransmitidos los canales radiodifundidos, considerando la infraestructura necesaria para la transmisión y recepción en los receptores/decodificadores de las señales con las mismas características que la señal radiodifundida con que cuenten concesionarios de televisión restringida.
- En caso de que los concesionarios del servicio de televisión restringida no cuenten con capacidad para ofrecer la misma calidad, valorar qué obligaciones deberán cumplir dichos concesionarios para convertir las señales radiodifundidas de acuerdo con las practicas recomendadas por ATSC para hacer posible su retransmisión.
- La retransmisión de canales programáticos ofrecidos por estaciones de ATSC 3.0 a través del servicio de banda ancha, no será necesaria.

En el caso de la multiprogramación, es recomendable mantener un marco normativo similar al actual, debido a que, con las actualizaciones técnicas correspondientes, se garantizaría a las audiencias un servicio con una calidad mínima conforme a esta nueva tecnología y se regularían de forma eficiente los avances y beneficios que ella implican haciendo efectiva su implementación con un máximo aprovechamiento. De igual forma, con este marco normativo se daría continuidad al registro con que cuenta el regulador respecto de las autorizaciones otorgadas por lo que hace a las características y condiciones en que se brinda el servicio de TDT, específicamente de sus parámetros técnicos (tasas de transferencia y formatos de compresión), así como de sus contenidos programáticos (identidad programática). Después, con base en los resultados de las pruebas realizadas y en la evolución de codificadores y técnicas de compresión y modulación, será posible actualizar los umbrales mínimos aceptables de tasas de transmisión y calidades para los canales de programación que se emitan por estaciones de ATSC 3.0, como aquellos sugeridos en la Tabla 4.3.

Para la accesibilidad, respecto de las características relativas a la audiodescripción, a los mensajes de información de audio de emergencias, así como a la inteligibilidad del diálogo para personas con discapacidad auditiva leve, en el marco jurídico y regulatorio vigente en nuestro país, dichas características no están reconocidas por alguna disposición, por lo que, con objeto de que las personas con discapacidad pudiesen ver reflejadas las mejoras que ATSC 3.0 permite o habilita, desde el punto de vista de desarrollo tecnológico, sería necesario revisar qué modificaciones legales y de implementación regulatoria en estas materias serían necesarias, ya que la materialización de estas funcionalidades involucra a los concesionarios de los servicios de TDT, de televisión restringida y a los productores de contenidos audiovisuales.

Por último, y para el caso particular de las alertas de emergencia que pueden ser emitidas a través de ATSC 3.0, el regulador deberá evaluar si, de acuerdo a las nuevas funcionalidades de ATSC 3.0, será necesario modificar los "Lineamientos que establecen el Protocolo de Alerta Común conforme al lineamiento cuadragésimo noveno de los Lineamientos de Colaboración en Materia de Seguridad y Justicia"¹⁶⁰, en particular cómo se conforman los mensajes de alerta, derivado de que a través de ATSC 3.0 se pueden enviar mensajes mucho

¹⁶⁰ Para mayor información, consúltese en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5585190&fecha=30/01/2020#gsc.tab=0

más detallados, localizados y con otro tipo de información (estadística, por ejemplo), y se requiere de la colaboración de los concesionarios para la implementación de estos mensajes en aquellas estaciones que operen con ATSC 3.0.

4.3.3. Recomendaciones para la futura adopción de ATSC 3.0

Para la implementación de ATSC 3.0, se propone implementar un esquema regulatorio para la adopción de forma voluntaria por parte de los concesionarios que así lo decidan, procurando identificar y enmendar aquellas barreras regulatorias que impidan a los concesionarios de TDT prestar servicios adicionales a la TDT, como son los servicios de banda ancha o aplicaciones interactivas, de forma tal que los concesionarios identifiquen nuevos casos de negocio y tengan los incentivos suficientes para realizar las inversiones en el nuevo estándar. También es recomendable que los concesionarios, durante cierto tiempo, estén transmitiendo ambas señales, es decir, en ATSC 3.0 y en ATSC 1.0; esto con la finalidad de garantizar que las audiencias, ante una penetración aún baja de receptores ATSC 3.0 continúen sintonizando los contenidos en ATSC 1.0. Para ello, en zonas en las cuáles sea viable, puede otorgarse a los concesionarios el acceso temporal a un nuevo canal de transmisión diferente al que ya tienen concesionado, por el cual la estación principal pueda emitir su nuevo servicio, incluyendo, si así lo decide el concesionario, las estaciones complementarias en co-canal, debido a que ATSC 3.0 puede operar como una red de frecuencia única.

No obstante, y derivado de la transición a la TDT, el espectro disponible para este servicio es escaso, principalmente en las ciudades más pobladas del país, por lo que conseguir canales disponibles para que uno o varios concesionarios puedan realizar sus transmisiones al mismo tiempo se vuelve cada vez más complicado, debido a la constante demanda para operar estaciones del servicio de TDT en el país. Por ello, el regulador deberá determinar si con las bandas actualmente atribuidas para el servicio de TDT son suficientes para la transición o si se deberán atribuir otras bandas, aunque sea de forma temporal, para este fin; o en su caso, analizar la implementación de otras estrategias para la implementación de ATSC 3.0 que garantice la continuidad del servicio de TDT para las audiencias que aún no estén en condiciones de sintonizar contenidos con la nueva tecnología. Sin embargo, y gracias a que ATSC 3.0 puede multiprogramar varios canales al mismo tiempo, en un solo canal de transmisión es posible que varios concesionarios al mismo tiempo hagan la transmisión simultánea de sus señales en ATSC 3.0, lo que reduciría de manera considerable los canales necesarios para realizar la transmisión de ambas señales.

Una vez que las primeras estaciones comiencen a dar el servicio a través de ATSC 3.0, será indispensable que el regulador esté monitoreando constantemente tanto la calidad del servicio que se entrega, como el porcentaje de población que tiene acceso a la nueva señal. Éste último se considera un factor clave para que el regulador determine si es viable eliminar la obligación de continuar transmisiones en ATSC 1.0, considerando el estado de presencia de señales de TDT ATSC 3.0 así como la penetración de receptores compatibles con este estándar. Como recomendación, podría considerarse que una por lo menos el 90% de la población esté en condiciones de sintonizar señales ATSC 3.0, el regulador podría implementar una política para incentivar que los concesionarios que aún no lo hayan hecho, decidan migrar a ATSC 3.0, así como implementar estrategias para que la población restante

cuenta con los equipos receptores idóneos para sintonizar las nuevas señales. De esta forma, los concesionarios que realizan la transmisión de sus señales con ambos estándares podrían dejar de transmitir las señales de ATSC 1.0, liberar los canales de transmisión ATSC 1.0, y ser utilizados para realizar la transición de otros concesionarios. Cabe mencionar que, para incentivar la transición de los concesionarios de uso social del servicio de TDT, especialmente de los concesionarios sociales indígenas, comunitarias y afromexicanas, será recomendable que tanto el regulador como el gobierno apoyen en la compra o donación de los equipos de transmisión necesarios para que dichos concesionarios puedan realizar el cambio a ATSC 3.0.

Por último, tanto el regulador como el gobierno deberán dar seguimiento y monitoreo a la evolución en la adopción de ATSC 3.0 por parte de los concesionarios de TDT, al costo y disponibilidad de los receptores del nuevo estándar en el país, a la presencia de señales de ATSC 3.0 en el territorio nacional (por ejemplo, la cantidad de señales que existen o el porcentaje de población cubierta por dichas señales), y al surgimiento y adopción de casos de uso de ATSC 3.0 (como lo son la recepción de señales en teléfonos inteligentes, aplicaciones interactivas, o aplicaciones enfocadas al sector automotriz o al Internet de las Cosas (IoT)). Lo anterior, con la finalidad de medir y evaluar el grado de adopción de ATSC 3.0, así como para hallar aquellos factores que dificultan la adopción del nuevo estándar.

En un escenario futuro en el que haya resultado exitosa la adopción del estándar ATSC 3.0 por la mayoría de los concesionarios en el territorio nacional y se cuente con economías de escala en el ecosistema de receptores con precios accesibles y múltiples opciones para el consumidor, el regulador podrá evaluar el impulsar políticas para una eventual transición definitiva al nuevo estándar, privilegiando el interés público, garantizando los derechos de las audiencias, la continuidad de los servicios de radiodifusión y asegurar el uso eficiente del espectro, preparando los cambios regulatorios necesarios para asegurar que la operación de ATSC 3.0 sea de calidad, aprovechando las mejoras que trae consigo la nueva tecnología, y con ello las audiencias puedan disfrutar de estos beneficios.

4.4. Conclusiones

ATSC 3.0 trae consigo muchas mejoras con respecto de lo que hoy en día ATSC 1.0 ofrece, las cuales van desde operar con SFN, una multiprogramación mucho más eficiente, su integración con Internet, la interacción en tiempo real con las audiencias, mejoras en la calidad de video y audio, nuevos mecanismos para la accesibilidad de las audiencias, aplicaciones, contenido y anuncios focalizados, entre otros. Por ello, promete un nuevo panorama para el servicio de TDT, que permita que la televisión sea más atractiva y tenga mayor alcance.

No obstante, actualmente su implementación en México es compleja, toda vez que hace menos de 10 años se concretó la transición hacia la TDT que, si bien en términos de tecnología puede sonar a un periodo de tiempo considerable, para el servicio de televisión que no había sufrido muchos cambios considerables desde su puesta en operación, dicha transición tuvo un impacto significativo, tanto en los concesionarios como en las audiencias. Por esta razón, apresurar u obligar la transición hacia el nuevo estándar podría no ofrecer los mejores resultados, principalmente por el impacto económico que significa el transitar al

nuevo estándar, derivado de que ATSC 3.0 no es compatible con su primera versión y que la disponibilidad de receptores es aún limitada y no existen aún las economías de escala que permitan una mejor asequibilidad de estos equipos en el país.

Debido a ello, tanto el regulador como otras autoridades implicadas, deben empezar por recabar las opiniones de los concesionarios y las audiencias, respecto a la posibilidad de contar con una nueva forma de acceder al servicio de televisión, y con dichas opiniones, junto con un trabajo en conjunto de las partes interesadas, trazar la mejor ruta a seguir para que la adopción de ATSC 3.0 venga acompañada de un impacto positivo en todos los sectores involucrados.

Una vez que den comienzo las primeras pruebas de ATSC 3.0, tanto el regulador como los concesionarios involucrados en dichas pruebas, deben recopilar tantos datos les sean útiles para tomarlos como referencia a fin de desarrollar un marco regulatorio adecuado para la adopción y, eventualmente, un marco regulatorio en caso de que la adopción de la tecnología opere de forma cotidiana en la mayoría del Territorio Nacional, donde los concesionarios hayan acumulado experiencia y confianza en las funcionalidades y prestaciones del estándar ATSC 3.0, exploten sus capacidades y puedan obtener el mayor provecho del mismo.

Por último, derivado de la arquitectura de ATSC 3.0, dicha tecnología se encuentra en permanente desarrollo, por lo que en un futuro pueden existir nuevas mejoras y actualizaciones que permitan aprovechar nuevas interacciones o servicios dirigidos a las audiencias, incluso a través de otro tipo de tecnologías, como puede ser 5G¹⁶¹, con la finalidad de ofrecer los servicios de ATSC 3.0 a más dispositivos. Lo anterior, es de suma relevancia, derivado del creciente interés que existe en el mercado por nuevas tecnologías tipo *broadcast* para dispositivos móviles, como 5G broadcast¹⁶², que permite enviar contenido multimedia unidireccional hacia los dispositivos móviles de forma masiva y que en un futuro podría competir con ATSC 3.0 en este sector, o bien, formar parte de un ecosistema complementario en el cual convivan diferentes tecnologías de radiodifusión para diferentes casos de uso y/o clases de dispositivos receptores.

¹⁶¹ Para más información, consúltese en: <https://www.atsc.org/atsc-progress/hpe-2/>

¹⁶² Para más información, consúltese en: <https://www.3gpp.org/technologies/broadcast-multicast1>

[Hoja intencionalmente en blanco]

Referencias

1. ATSC, "ATSC 3.0: STANDARDS", ATSC, Estados Unidos, 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/atsc-documents/type/3-0-standards/>
2. ATSC, "ATSC Implementation Guide: Emissions Testing Process", ATSC, Estados Unidos, 6 de abril de 2022. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2022/04/CIT-196r23-Emissions-Testing-Process.pdf>
3. ATSC, "Deployments", ATSC, Estados Unidos, 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/nextgen-tv/deployments/>
4. ATSC, "Estándar A/200 "Regional Service Availability"", ATSC, Estados Unidos, 28 de marzo de 2023. Disponible en: <https://prdatc.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2023/04/A200-2023-03-Regional-Service-Availability-Signaling.pdf>
5. ATSC, "Estándar A/300 "ATSC 3.0 System"", ATSC, Estados Unidos, 28 de marzo de 2024. Disponible en: <https://prdatc.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2023/04/A300-2023-03-ATSC-3-System-Standard.pdf>
6. ATSC, "Estándar A/321 "System Discovery and Signaling"", ATSC, Estados Unidos, 28 de marzo de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2023/04/A321-2023-03-System-Discovery-and-Signaling.pdf>
7. ATSC, "Estándar A/322 "Physical Layer Protocol"", ATSC, Estados Unidos, 28 de marzo de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2023/09/A322-2023-03-Physical-Layer-Protocol.pdf>
8. ATSC, "Estándar A/323 "Dedicated Return Channel for ATSC 3.0"", ATSC, Estados Unidos, 28 de marzo de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2023/04/A323-2023-03-Dedicated-Return-Channel.pdf>
9. ATSC, "Estándar A/324 "Scheduler / Studio to Trasmmitter Link"", ATSC, Estados Unidos, 28 de marzo de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2023/04/A324-2023-03-Scheduler-STL.pdf>
10. ATSC, "Estándar A/330 "Link-Layer Protocol"", ATSC, Estados Unidos, 28 de marzo de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2023/11/A330-2023-03-Link-Layer-Protocol.pdf>
11. ATSC, "Estándar A/331 "Signaling, Delivery, Synchronization, and Error Protection"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A331-2024-04-Signaling-Delivery-Sync-FEC.pdf>
12. ATSC, "Estándar A/332 "Service Announcement"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A332-2024-04-Service-Announcement.pdf>
13. ATSC, "Estándar A/334 "Audio Watermark Emission"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A334-2024-04-Audio-Watermark-Emission.pdf>

14. ATSC, "Estándar A/335 "Video Watermark Emission"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A335-2024-04-Video-Watermark-Emission.pdf>
15. ATSC, "Estándar A/336 "Content Recovery in Redistribution Scenarios"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A336-2024-04-Content-Recovery-in-Redistribution-Scenarios.pdf>
16. ATSC, "Estándar A/337 "Application Event Delivery"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A337-2024-04-Application-Event-Delivery.pdf>
17. ATSC, "Estándar A/338 "Companion Device"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A338-2024-04-Companion-Device.pdf>
18. ATSC, "Estándar A/341 "Video – HEVC"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A341-2024-04-Video-HEVC.pdf>
19. ATSC, "Estándar A/342 Parte 1 "Audio Common Elements"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A342-1-2024-04-Audio-Common-Elements.pdf>
20. ATSC, "Estándar A/342 Parte 2 "AC-4 System"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A342-2-2024-04-AC4-System.pdf>
21. ATSC, "Estándar A/342 Parte 3 "MPEG-H System"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A342-3-2024-04-MPEG-System.pdf>
22. ATSC, "Estándar A/343 "Captions and Subtitles"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A343-2024-04-Captions-and-Subtitles.pdf>
23. ATSC, "Estándar A/344 "ATSC 3.0 Interactive Content"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A344-2024-04-Interactive-Content.pdf>
24. ATSC, "Estándar A/360 "ATSC 3.0 Security and Service Protection"", ATSC, Estados Unidos, 3 de abril de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/wp-content/uploads/2024/04/A360-2024-03-Security.pdf>
25. ATSC, "President's Memo: We're Heading to Washington Soon for the 2024 NEXTGEN Broadcast Conference", ATSC, Estados Unidos, 21 de mayo de 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/news/presidents-memo-were-heading-to-washington-soon-for-the-2024-nextgen-broadcast-conference/>
26. ATSC, "SPOTLIGHT ATSC 3.0", ATSC, Estados Unidos, 2024. Disponible en: <https://www.atsc.org/nextgen-tv/>

27. CFR, "Part 73", CFR, Estados Unidos, 2024. Disponible en: <https://www.ecfr.gov/current/title-47/chapter-I/subchapter-C/part-73/subpart-E>
28. Comisión Federal de Telecomunicaciones, "ACUERDO por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones del Acuerdo por el que se adopta el estándar tecnológico de televisión digital terrestre y se establece la política para la transición a la televisión digital terrestre en México, publicado el 2 de julio de 2004", DOF, México, 4 de mayo de 2012. Disponible en: https://www.ift.org.mx/sites/all/themes/bootstrap/templates/ift-umca/files/pdfs/tdt/2012_05_04_MAT_cofetel.pdf
29. EITV, "TV 2.5 – DTV PLAY", EITV, Brasil, 2024. Disponible en: <https://www.eitv.com.br/es/solucoes/tv-2-5-dtv-play/>
30. FCC, "Equipment Authorization Search", FCC, Estados Unidos, 2024. Disponible en: <https://apps.fcc.gov/oetcf/eas/reports/GenericSearch.cfm>
31. FCC, "FCC Seeks to Promote Broadcast Internet Innovation", FCC, Estados Unidos, 9 de junio de 2020. Disponible en: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-20-73A1.pdf>
32. FCC, "THIRD REPORT AND ORDER AND FOURTH FURTHER NOTICE OF PROPOSED RULEMAKING: Comments of LG Electronics USA Inc.", FCC, Estados Unidos, 15 de septiembre de 2023. Disponible en: <https://www.fcc.gov/ecfs/document/1091504742573/1>
33. FCC, "THIRD REPORT AND ORDER AND FOURTH FURTHER NOTICE OF PROPOSED RULEMAKING", FCC, Estados Unidos, 23 de junio de 2023. Disponible en: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-23-53A1.pdf>
34. FCC, "FCC Chairwoman announces launch of 'future of tv' public-private initiative focused on transition to NextGen TV", FCC, Estados Unidos, 17 de abril de 2023. Disponible en: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/DOC-392605A1.pdf>
35. Fórum SBTVD, "Call for Proposals: TV 3.0 Project", Fórum SBTVD, Brasil, 17 de julio de 2020. Disponible en: <https://forumsbtvd.org.br/wp-content/uploads/2020/07/SBTVDTV-3-0-CfP.pdf>
36. Fórum SBTVD, "Foro SBTVD concluye recomendaciones tecnológicas para TV 3.0", Fórum SBTVD, Brasil, 2024. Disponible en: <https://forumsbtvd.org.br/forum-sbtvd-conclui-recomendacao-de-tecnologias-para-tv-3-0/>
37. Fórum SBTVD, "Phase 2", Fórum SBTVD, Brasil, 2024. Disponible en: https://forumsbtvd.org.br/tv3_0/#panel-phase2
38. Fórum SBTVD, "Phase 3", Fórum SBTVD, Brasil, 2024. Disponible en: https://forumsbtvd.org.br/tv3_0/#panel-phase3
39. GatesAir, "ATSC 1.0/2.0 SFN", GatesAir, Estados Unidos. Disponible en: https://www.gatesair.com/documents/slides/GatesAir-SFN-ATSC1_Requirements.pdf
40. IFT, "Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite los criterios de aplicación de la Política para la transición a la televisión digital

terrestre", *IFT*, México, 30 de septiembre de 2015. Disponible en: https://www.ift.org.mx/sites/all/themes/bootstrap/templates/ift-umca/files/pdfs/tdt/piftext300915110_1.pdf

41. IFT, "ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones, por causa de fuerza mayor, con motivo de las medidas de contingencia de la pandemia de Coronavirus COVID-19, determina el acceso a la multiprogramación de ciertos concesionarios de radiodifusión de manera temporal para un canal de programación cuyo contenido audiovisual incluya las sesiones escolares de la Secretaría de Educación Pública", *DOF*, México, 29 de abril de 2020. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5592453&fecha=29/04/2020#gsc.tab=0
42. IFT, "Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias", *IFT*, México, 2024. Disponible en: <https://cnaf.ift.org.mx/CNAF/Index>
43. IFT, "Disposición Técnica IFT-013-2016: Especificaciones y requerimientos mínimos para la instalación y operación de estaciones de televisión, equipos auxiliares y equipos complementarios", *DOF*, México, 30 de diciembre de 2016. Disponible en: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/2016-12-30dof-diariooficialdelafederacion.pdf>
44. IFT, "El IFT facilita el acceso a canales de multiprogramación en tv abierta para transmitir contenido educativo", *IFT*, México, 2020. Disponible en: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/comunicado382020ift.pdf>
45. IFT, "Estaciones transitadas por apagón", *IFT*, México, 2015. Disponible en: https://www.ift.org.mx/sites/all/themes/bootstrap/templates/ift-umca/files/pdfs/tdt/infografiaapagonanalogicomexico20151_1.pdf
46. IFT, "Lineamientos generales de accesibilidad al servicio de televisión radiodifundida", *DOF*, México, 17 de septiembre de 2018. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5538082&fecha=17/09/2018#gsc.tab=0
47. IFT, "Lineamientos generales en relación con lo dispuesto por la fracción I del artículo octavo transitorio del Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6°, 7°, 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones", *IFT*, México, 2022. Disponible en: https://umca.ift.org.mx/uploads/contenido_tema/143/Version_integral_de_lineamientos_mc-mo_2022.pdf
48. IFT, "Lineamientos generales para la asignación de canales virtuales de televisión radiodifundida", *DOF*, México, 27 de junio de 2016. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5442584&fecha=27/06/2016&print=true
49. IFT, "Lineamientos generales para la Multiprogramación", *DOF*, México, 25 de abril de 2023. Disponible en:

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5686552&fecha=25/04/2023#gsc.tab=0

50. IFT, "Memoria de la transición a la Televisión Digital Terrestre", *IFT*, México, 2018, página 28. Disponible en: <https://www.tdt.mx/docs/comunicados/2018/Memoria-TDT.PDF>
51. IFT, "Multiprogramación de Contenidos", *IFT*, México, 2024. Disponible en: <https://www.ift.org.mx/industria/umca/multiprogramacion-de-contenidos>
52. IFT, "Política para la Transición a la Televisión Digital Terrestre", *DOF*, México, 11 de septiembre de 2014. Disponible en: https://www.ift.org.mx/sites/all/themes/bootstrap/templates/ift-umca/files/pdfs/tdt/cndofpift030914259_1.pdf
53. IFT, "Título de Concesión Única que otorga el Instituto Federal de Telecomunicaciones Para Prestar servicios Públicos de Telecomunicaciones y Radiodifusión a favor de Cadena Tres I, S.A. de C.V.", *IFT*, México, 27 de marzo de 2015. Disponible en: https://rpc.ift.org.mx/vrpc/pdfs/85735_14042015.pdf
54. ISED, "Requirements for the Experimental Operation of ATSC 3.0 in TV Bands", *ISED*, Canadá, junio de 2022. Disponible en: <https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/sites/default/files/attachments/2022/BC-22-i1-2022-06EN.pdf>
55. ISED, "Technical Standards and Requirements for Apparatus Capable of Receiving Television Broadcasting Signals", *ISED*, Canadá, 9 de junio de 2023. Disponible en: <https://ised-isde.canada.ca/site/spectrum-management-telecommunications/sites/default/files/attachments/2023/BETS-7-i4-2023.pdf>
56. MSIT, "MSIT Lets the World Know that Korea's Next-generation Broadcasting Technology is the World's Best!", *MSIT*, Corea del Sur, 24 de abril de 2022. Disponible en: <https://www.msit.go.kr/eng/bbs/view.do?sCode=eng&mId=4&mPid=2&pageIndex=&bsSeqNo=42&nttSeqNo=682&searchOpt=ALL&searchTxt=>
57. NextGenTV, "Shop Devices", *NextGenTV*, Estados Unidos, 2024. Disponible en: <https://www.watchnextgentv.com/shop/>
58. OCDE, "Estudio de la OCDE sobre telecomunicaciones y radiodifusión en México 2017", *IFT*, París, 2017. Disponible en: https://www.ift.org.mx/sites/default/files/estudio_de_la_ocde_sobre_telecomunicaciones_y_radiodifusion_en_mexico_2017.pdf
59. Presidencia de la República Federativa de Brasil, "Decreto n° 11.484", *DOU*, Brasil 6 de abril de 2023. Disponible en: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/d11484.htm
60. Presidencia de la República, "Artículo Quinto Transitorio del Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6o., 7o., 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones", *DOF*, México, 11 de junio de 2013. Disponible en:

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301941&fecha=11/06/2013#gsc.tab=0

61. Presidencia de la República, "DECRETO por el que se expiden la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, y la Ley del Sistema Público de Radiodifusión del Estado Mexicano; y se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones en materia de telecomunicaciones y radiodifusión", *DOF*, México, 14 de julio de 2014. Disponible en: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lftr/LFTR_orig_14jul14.pdf
62. PROMTEL, "Evaluación Red Compartida 2022.", *Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes*, México, 2023. Disponible en: <https://www.promtel.gob.mx/perfiles/wp-content/uploads/2023/03/Evaluacion-Red-Compartida-2022-vp.pdf>
63. Schadler, John L. y Wilhour, Ryan C., "ATSC 3.0 SFN Network Planning and Antenna Design", *Dielectric*, Estados Unidos, 1° de mayo de 2020. Disponible en: <https://www.dielectric.com/wp-content/uploads/2020/05/ATSC-3.0-SFN-and-Antenna-Design-1-May-2020.pdf>
64. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, "Acuerdo por el que se adopta el estándar tecnológico de televisión digital terrestre y se establece la política para la transición a la televisión digital terrestre en México", *DOF*, México, 2 de julio de 2004. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=678631&fecha=02/07/2004#gsc.tab=0
65. Tablo, "Tablo ATSC 3.0 QUAD HDMI – A DVR for NextGen TV", *Tablo*, Estados Unidos, 2024. Disponible en: <https://www.tablotv.com/blog/tablo-atsc-3-quad-hdmi-a-tablo-dvr-for-nextgen-tv/>
66. Zapperbox, "Products", *Zapperbox*, Estados Unidos, 2024. Disponible en: <https://zapperbox.com/collections/main>



Lujano Giron, Allan, *et al.*, *ATSC 3.0: recomendaciones para su futura adopción en México*, México, Instituto Federal de Telecomunicaciones, 10 de enero de 2025.

Ciudad de México, México.
Instituto Federal de Telecomunicaciones © 2025