

CONCLUSIONES.

A través de esta investigación, hemos enmarcado la actualidad de la radiodifusión de televisión por satélite desde los principales hitos históricos, referenciando los aspectos más importantes, hasta llegar a la actualidad y las tendencias en la transmisión de contenidos digitales. Esto siempre es parte fundamental en toda investigación, ya que el realizar un avance cronológico alrededor de alguna tecnología nos permite tener una mejor perspectiva de las necesidades y los porqués en el desarrollo de los sistemas de comunicación estudiados.

Se ha determinado que el sector de las telecomunicaciones es una parte muy dinámica de la ingeniería. Como ejemplo se estudió una de las áreas que más se ha transformado en los últimos años: las comunicaciones por satélite. Desde los inicios de este medio de comunicación, la televisión ha tomado un rol protagónico en el desarrollo de sistemas terrestres y espaciales. Además existe ya un modelo de negocios bastante remunerable que involucra a miles de empresas alrededor del mundo. El negocio de conducción de señales de video a través del satélite proporciona más del 50% de los ingresos de esta industria a nivel global.

Los satélites artificiales nacieron a finales de la década de los 60. Junto con ellos, surgió la necesidad de caracterizar matemáticamente los fenómenos naturales más influyentes para este medio de comunicación basándose en las leyes físicas y matemáticas. Con el paso del tiempo se comenzaron a desarrollar los primeros estándares de transmisión de señales por este medio.

Al desarrollarse las comunicaciones digitales de mano de la electrónica, aparecieron también estándares que permitieron evaluar y mejorar las técnicas de transmisión ya existentes. Esto último se volvió crucial para el avance tecnológico de la televisión y los satélites.

El principal problema al que los Ingenieros en Telecomunicaciones nos enfrentamos en la actualidad es el uso eficiente de los recursos disponibles a fin de contar con medios para establecer una comunicación. En el caso de transmisión por medios no guiados como los satélites, es importante aprovechar al máximo el espectro radioeléctrico. Debido a esto, todo nuevo estándar de comunicaciones que se desarrolle debe de presentar un ahorro en ancho de banda respecto a los estándares anteriores.

En el caso de la televisión, no fue sino hasta la última década del siglo XX que surgieron estándares de codificación de fuente y de canal digitales que provocaron en menos de 20 años una revolución y difusión de la información sin precedentes. Todo el fenómeno de la era digital que aún sigue su camino ha sido pieza clave para que el desarrollo de industrias como la satelital. Se espera que para el término de la transición analógico digital de la televisión exista mayor número de suscriptores de televisión satelital que por cable.

Al ir avanzando en esta investigación, se lograron describir las características y principios que rigen las técnicas de compresión de audio y video digitales. En la actualidad, existen innumerables

técnicas de compresión de audio y video, pero solo se analizaron aquellas que son empleadas para los estándares de transmisión satelital.

En cuanto a codificación de video se analizaron los estándares MPEG-1 parte 2, MPEG-2 parte 2 y MPEG-4 parte 10. El último de estos muestra una eficiencia de hasta el 50% respecto a su antecesor MPEG-2. Además de que MPEG-4 permite transmisiones de video y audio de mejor calidad sin exceder los recursos disponibles. Es por ello que es utilizado para el estándar DVB-S2 e ISDB-S

En la codificación de audio se describieron múltiples estándares como MPEG-1 parte 3, MPEG-2 parte 3, AC-3, MPEG-2 parte 7, MPEG-4 parte 3 y algunos otros. El estándar MPEG-4 parte 3, también conocido como AAC fue el que se incluyó en el estándar satelital DVB-S2 al demostrarse más adecuado y superior a sus similares.

El flujo de datos multiplexado que resulta de la codificación de audio y video, es procesado posteriormente y adaptado al canal de transmisión satelital mediante técnicas digitales como protección contra errores y modulación de fase, entre las principales. En esta etapa analizamos la importancia y características de la protección de la información contra errores, ya que esta propiedad es una de las partes fundamentales en el sistema de transmisión y está directamente relacionada con la eficiencia de estos. Similar a otras áreas de la ingeniería, con el paso del tiempo se han ido desarrollando nuevas técnicas de corrección de errores cada vez más complejas pero al mismo tiempo más efectivas.

Así pues, y gracias al desarrollo del procesamiento digital de señales, revisamos que los códigos BCH en conjunto con LDPC son mucho más eficientes que los Reed-Solomon concatenados con códigos convolucionales. Muestra de ello es que el consorcio DVB incluyó a los primeros en el estándar más reciente de televisión por satélite: DVB-S2.

Con el surgimiento de las técnicas de codificación y compresión digital, la televisión por satélite pasó por un proceso de transformación y estandarización liderado por organismos y consorcios internacionales que llevaron al surgimiento a estándares como DVB, ISDB, ATSC, entre otros. Cada uno de estos estándares fue del mismo modo desarrollado para transmisión terrestre, por cable y satelital. La parte enfocada hacia satélite de estos estándares estipula los parámetros y detalles con que deben de cumplir los sistemas de transmisión para ser compatibles con sus homólogos en la etapa de recepción.

El tiempo y lugar en que se diseñaron estos estándares, así como las ventajas operativas de uno sobre otro formaron varios bloques de estandarización. El bloque principal está encabezado por los estándares europeos del consorcio DVB. Le sigue el estándar mixto de medios de transmisión japonés ISDB. Los demás esquemas, a pesar de estar mencionados en este trabajo, no alcanzaron una operatividad o diferencias significativas para ser analizados más a detalle. Como se mencionó, el estándar DVB se convirtió en un estándar *de facto* al ser de los pioneros en el área y poco a poco se fue expandiendo por el mundo, siendo ahora uno de los más usados.

Sobre los estándares del consorcio DVB hay dos generaciones tecnológicas involucradas en el desarrollo de los sistemas de televisión. Se enunciaron las características particulares de adaptación de la información dependiendo del medio en que se distribuyan. Se encuentran estandarizados los sistemas de primera generación de televisión por satélite DVB-S y DVB-DSNG. Años después salió a la luz el estándar de nueva generación DVB-S2 y algunos esquemas particulares de adaptación para comunicaciones móviles y canal de retorno por el satélite como DVB-SH y DVB-RCS, respectivamente.

El estándar ISDB-S en general muestra características muy similares a la primera generación DVB-S. Los bloques de codificación de fuente y multiplexaje funcionan de la misma manera. La principal diferencia se encuentra en que en los esquemas de modulación ya se incluye el esquema 8PSK en ISDB-S a diferencia de DVB-S.

Se realizó un estudio comparativo entre los estándares y en base a los parámetros definidos por el estándar DVB-S2 se demostró la superioridad operativa de éste. Una característica que no sólo se ve aplicada en los estándares de transmisión satelital, sino en todas las comunicaciones inalámbricas, y que además es pieza clave en la superioridad del estándar DVB-S2 es la aplicación de técnicas heurísticas o adaptivas. La optimización de los sistemas de telecomunicaciones se ha alcanzado gracias a los avances de la computación y la inteligencia artificial y han permitido la creación de estas múltiples técnicas adaptivas como solución a los diferentes problemas presentados por el dinamismo o variabilidad de los factores que afectan a una señal en el área de las comunicaciones.

El estándar DVB-S2, dependiendo de la situación, puede utilizar diferente velocidad de símbolos, ancho de banda, código interno de protección y modulación. Esto mejora y supera a los sistemas anteriores en donde todos estos factores son fijos.

Una vez determinada la supremacía de DVB-S2, se realizaron análisis de enlaces bajo este estándar. Con ello, pudimos determinar los márgenes y niveles de disponibilidad necesarios para un cálculo que involucra dos localidades. Para esto, se introdujeron los conceptos de cálculo de enlace satelital y las variables que intervienen en este.

Para realizar un cálculo confiable, se tuvo que involucrar la atenuación debida a la lluvia. Con ayuda de las recomendaciones de la UIT y herramientas de software comprendimos el procedimiento de cálculo de este valor y observamos el comportamiento variable en función de la frecuencia, disponibilidad, polarización del enlace, entre otros elementos

El uso de la banda Ka de frecuencia implica que se tengan que entender nuevos problemas y retos: los fenómenos de propagación afectan más fuerte a las señales que son transmitidas y es necesario el desarrollo de nueva tecnología. Por otra parte, para garantizar la alta capacidad y disponibilidad de los enlaces de transmisión, es necesario utilizar modulaciones y codificaciones adaptivas.

Hoy por hoy, el futuro en los sistemas satelitales para telecomunicaciones está en caminado al diseño y provisión de servicios multimedia similar a los que se ofrecen a través de infraestructura

terrestre. El principal objetivo del diseño de dichos servicios es proveer una solución con la mayor cantidad de datos transmitidos.

En la última parte de este trabajo se realizó una investigación sobre la actualidad y tendencias del cambiante mercado de la televisión por satélite. A pesar de existir alta demanda, comprendimos que la introducción de los operadores de redes cableadas terrestres a la televisión y la oferta de contenidos de mayor calidad ha provocado que los operadores de satélite se cuestionen la viabilidad de su modelo de negocios actual y comiencen a explorar los nuevos medios de distribución de contenidos acorde con las tendencias tecnológicas.

Advertimos que los campos de estudio de este trabajo son bastante amplios y cada tema puede desarrollarse por separado. Esperamos que esta investigación fomente a otros universitarios a realizar un estudio más profundo sobre alguno de los temas aquí tratados y que facilite la comprensión de uno de los sistemas de comunicaciones más importantes para trascendentes para la historia de la humanidad: los satélites artificiales.