



GOBIERNO DE CHILE  
MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES  
SUBSECRETARÍA DE TELECOMUNICACIONES

# Informe de sustentación sobre la elección del estándar de televi- sión digital terrestre

Octubre 2009



# Contenido

1.	Resumen ejecutivo	
2.	Introducción	
2.1.	Cronología histórica	4
2.1.1.	Migración a TV en colores a fines de los 70	4
2.1.2.	El paso a televisión digital	5
2.1.3.	Actividades realizadas por SUBTEL para la toma de decisión	5
2.2.	Criterios de decisión	8
2.2.1.	Calidad técnica	8
2.2.2.	Flexibilidad de operación y variedad de modelos de negocio	9
2.2.3.	Costo y disponibilidad de equipos	9
2.2.4.	Evolución futura	9
2.2.5.	Cooperación y transferencia tecnológica	10
3.	Descripción de los estándares	
3.1.	Modelo general y elementos comunes entre estándares	10
3.2.	Estándar ATSC	12
3.3.	Estándar DVB-T	12
3.4.	Estándar ISDB-T	14
4.	Análisis de los estándares de acuerdo a cada criterio de decisión	
4.1.	Calidad técnica	15
4.1.1.	Robustez ante propagación de multitrayectoria	16



4.1.2.	Tasa de datos, área de cobertura y eficiencia espectral de la transmisión	18
4.1.3.	Robustez frente a interferencias	19
4.1.4.	Recepción móvil y portátil	20
4.2.	Flexibilidad de operación y variedad de modelos de negocio	21
4.3.	Costo y disponibilidad de equipos	22
4.3.1.	Tipos de equipos	23
4.3.2.	Costos y precios de STBs	24
4.3.3.	Costos y precios de televisores integrados	25
4.3.4.	Costo de equipos transmisores	25
4.3.5.	Disponibilidad de los equipos	26
4.3.6.	Disponibilidad de aparatos celulares	27
4.4.	Evolución de los estándares	27
4.4.1.	Transmisión con codificación MPEG-4	27
4.4.2.	Evolución de DVB-T	29
4.4.3.	Evolución de ATSC	30
4.4.4.	Evolución de ISDB-T	30
5.	Conclusiones	



## 1. Resumen ejecutivo

El presente informe sintetiza los aspectos técnicos y económicos recopilados por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, a través de la Subsecretaría de Telecomunicaciones, desde 2006 a la fecha para decidir en favor del estándar ISDB-T como norma para la televisión digital terrestre en Chile. Se da cuenta del extenso análisis realizado de los distintos estándares de televisión digital. El análisis se basa en estudios técnicos, audiencias públicas, pruebas de campo, seminarios, consultas a facultades nacionales de ingeniería, a los consorcios representantes de los estándares, a fabricantes, visitas técnicas, cotización de equipos, etc.

La decisión se basa en un análisis de fortalezas y debilidades de los estándares de acuerdo a cinco criterios de evaluación. Estos son:

- La calidad técnica de los estándares
- La flexibilidad de operación de cada uno para posibilitar una variada gama de modelos de negocio
- El costo y disponibilidad de equipos para el contexto nacional
- La perspectiva de evolución futura de los estándares
- La oferta de cooperación y transferencia tecnológica recibida por cada estándar y/o gobierno asociado

El informe está organizado de la siguiente manera. En la Sección 2 se presenta una síntesis cronológica del trabajo realizado y una descripción de los cinco criterios de decisión. La Sección 3 comienza con una descripción general de los elementos principales de una transmisión de televisión digital, destacándose los elementos comunes entre los estándares. La sección continúa con una descripción de las características técnicas principales de cada estándar. En la Sección 4 se realiza un análisis detallado de los estándares de acuerdo a los criterios técnico-económicos de decisión, destacándose fortalezas y debilidades de cada uno. Finalmente, la Sección 5 resume los puntos principales que sustentan la conclusión en favor de estándar ISDB-T.

## 2. Introducción

Desde mediados de 2006 a la fecha, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, a través de la Subsecretaría de Telecomunicaciones (SUBTEL) ha realizado un extenso análisis para definir el estándar de televisión digital que adoptará Chile. En dicho periodo se han realizado múltiples estudios, seminarios, consultas a los consorcios representantes de los estándares candidatos, a facultades de ingeniería nacionales, a fabricantes de equipamiento, visitas técnicas internacionales, pruebas de campo, etc. El conocimiento recopilado se sintetiza en estas páginas y permite garantizar que para la decisión se han tomado en consideración todos los elementos disponibles y razonables sobre la materia, que dicho proceso se ha desarrollado con consulta a todos los actores relevantes, y que la decisión está respaldada en antecedentes tanto técnicos como económicos.

### 2.1. Cronología histórica

#### 2.1.1. Migración a TV en colores a fines de los 70

La norma de televisión analógica utilizada en Chile, denominada NTSC-M (*National Television System Committee*) empleada también en Estados Unidos, Japón y múltiples otros países (Fig. 1), fue elegida como norma para Chile a fines de los 70. La norma NTSC-M define el formato de transmisión analógica de señales de televisión a *color*, y constituye una evolución retro-compatible con la norma de televisión analógica en blanco y negro. Por ello, los antiguos televisores en blanco y negro no perdieron compatibilidad con el nuevo estándar y la transición a la nueva norma fue silenciosa: quien compraba un televisor a color veía en color, y quien seguía usando uno antiguo en blanco y negro siguió viendo televisión como siempre lo había hecho. Este sistema analógico utiliza canales de 6 MHz de ancho de banda localizados principalmente en la banda VHF y numerados del 2 al 13 (también existen algunas asignaciones en la banda UHF).

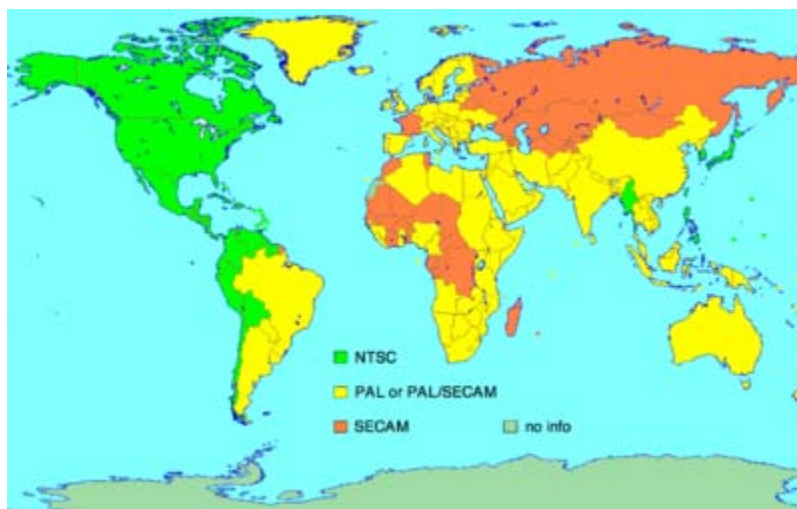


Figura 1: Mapa de adopción de normas analógicas de televisión.



### 2.1.2. El paso a televisión digital

El estado del arte en procesamiento de señales y circuitos integrados a fines de los 80 y comienzos de los 90 abrió la posibilidad de realizar la transmisión de televisión en formato digital. Las ventajas son múltiples, pero principalmente se cuentan las siguientes:

1. Alta fidelidad en las señales de audio y video. Esto no sólo incluye la posibilidad de ver televisión en alta definición, sino también significa el fin de las llamadas “imágenes fantasma” (por propagación de la señal en múltiples trayectorias) y “nieve” (causada por un bajo nivel de señal en los bordes del área de cobertura).
2. Mayor eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico. Esta se manifiesta tanto en la posibilidad de transmitir hasta dos señales de alta definición en una compresión de video MPEG-4 (o hasta 6-8 en definición estándar) en un canal que bajo la norma analógica solamente permite transmitir *una* señal de definición estándar, como en la factibilidad de reutilizar canales adyacentes sin causar interferencia molesta (actualmente, por ejemplo, en la Región Metropolitana los canales 3, 6, 8, 10 y 12 se mantienen en desuso para limitar su interferencia sobre el resto de los canales en uso).
3. La posibilidad de proveer nuevos servicios interactivos<sup>1</sup> complementarios a la televisión, acceso condicional a contenidos *premium*.
4. La recepción móvil de la señal de video y audio en vehículos.
5. La recepción portátil en dispositivos como agendas electrónicas (PDAs) y teléfonos celulares.

En contraste con la evolución de televisión en blanco y negro a televisión en color, el paso a la televisión digital no es retro-compatible. En efecto, los televisores analógicos consisten de dos componentes: el receptor y la pantalla. En el paso a televisión digital, los receptores analógicos no son capaces de demodular la señal digital, por lo que los usuarios tienen dos alternativas para realizar la migración al nuevo estándar:

1. comprar televisores digitales propiamente tales, que internamente contienen un receptor digital (y también un receptor NTSC-M), o bien
2. comprar un decodificador (*set-top box*, STB), que es un receptor externo que transforma la señal digital a una analógica (NTSC-M), la que se alimenta al televisor analógico.

### 2.1.3. Actividades realizadas por SUBTEL para la toma de decisión

El esfuerzo del Gobierno en pro de la definición del estándar de televisión digital comenzó en 1999, año en que el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y el Consejo Nacional de Televisión realizaron un estudio<sup>2</sup> que presenta los principales aspectos involucrados en la definición de una política de televisión digital y, al mismo tiempo, contiene estudios técnicos, económicos y legales relacionados con la adopción del estándar.

---

<sup>1</sup> Requieren un canal de retorno desde el telespectador al operador a través de un servicio de telecomunicaciones distinto, como Internet, teléfono fijo o celular.

<sup>2</sup> “Propuesta de un Marco Normativo para la Introducción de la Televisión Terrestre en Chile” [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315173311/prop\\_marco\\_normativo\\_tvd\\_99.PDF](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315173311/prop_marco_normativo_tvd_99.PDF).



En el año 2000, con objeto de asegurar el espectro radioeléctrico necesario para la futura asignación de frecuencias para televisión digital terrestre, se resolvió mediante el Decreto Supremo N° 38, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, congelar las autorizaciones de televisión analógica en banda UHF, destinándose las bandas de frecuencias 512 – 608 MHz y 614 – 806 MHz para la televisión digital.

Durante 2001 se constituyó un Comité Consultivo de Telecomunicaciones, formado por representantes de empresas de telecomunicaciones, de los canales de televisión y de SUBTEL, cuya tarea era hacer propuestas sobre aspectos relacionados con la introducción de la televisión digital en Chile. Al cabo de un año, el Comité no llegó a una propuesta sobre el estándar, debido a las posiciones contrapuestas entre los miembros.

En los años siguientes se realizó el seguimiento del desarrollo de la televisión digital a nivel internacional, se participó en diversas reuniones y seminarios y se realizaron además estudios técnicos y legales relativos a la televisión digital, producto de lo cual se resolvió postergar la decisión del estándar hasta que las tecnologías y mercados internacionales alcanzaran un nivel aceptable de madurez.

La administración actual se propuso avanzar en forma decisiva sobre la materia, involucrando en ello entidades tanto públicas como privadas, académicas, profesionales y comerciales. Para ello, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, a través de la Subsecretaría de Telecomunicaciones, desarrolló numerosas actividades. Las principales se destacan a continuación:

- Revisión de los antecedentes disponibles y creación de una sección dentro del sitio Internet de la Subsecretaría de Telecomunicaciones<sup>3</sup>, dedicada a televisión digital (Agosto de 2006).
- Se encargó el estudio técnico detallado a la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile (DICTUC)<sup>4</sup> para que analizara los antecedentes técnicos disponibles a esa fecha (Julio – Octubre 2006).
- Se realizaron presentaciones y se participó en foros<sup>5</sup> ante la Comisión de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Diputados y en el Colegio de Ingenieros, entre otros.
- Se realizó un seminario, de carácter técnico, con el objetivo de dar a conocer las características técnicas generales de los estándares de televisión digital terrestre. El seminario contó con la participación de los representantes oficiales de los estándares ATSC, DVB-T e ISDB-T y con la presencia de autoridades de Gobierno y de los principales actores nacionales del sector de las telecomunicaciones (25 de Octubre de 2006).
- Se desarrolló un programa de cuatro sesiones de audiencias públicas sobre la introducción de la televisión digital Terrestre en Chile<sup>6</sup>. El objetivo de las Audiencias fue crear una instancia en la que todos los interesados en el proceso tuvieran un espacio donde presentar su visión respecto de la televisión digital. Participaron expositores de diversas entidades, entre otras, del Consejo Nacional de Televisión, los canales de televisión, empresas de telecomunicaciones, fabricantes de equipos, etc. (Noviembre – Diciembre de 2006).

<sup>3</sup> [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/edic/base/port/inicio.html](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/edic/base/port/inicio.html)

<sup>4</sup> DICTUC, “Análisis de los estándares de transmisión de televisión digital terrestre y su aplicabilidad al medio nacional”, [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315173311/estudio\\_uc.pdf](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315173311/estudio_uc.pdf)

<sup>5</sup> [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070315/pags/20070315161944.html](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070315/pags/20070315161944.html)

<sup>6</sup> [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070315/pags/20070315190851.html](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070315/pags/20070315190851.html)



- La Corporación de Televisión de la Pontificia Universidad Católica de Chile (“Canal 13”) realizó transmisiones experimentales desde el cerro San Cristóbal empleando el estándar DVB-T con una potencia de 800 W<sup>7</sup>. Se realizaron transmisiones de alta definición (HDTV con MPEG-2) en 6 MHz de ancho de banda (Enero – Marzo 2007). Asimismo con la colaboración del citado operador se realizaron transmisiones experimentales con el estándar ISDB-T, empleando una antena soportada en la misma torre de Canal 13, con una potencia máxima de 250 W con modalidades de HDTV, móvil y portátil (Febrero – Marzo 2007).
- Se encargó un segundo estudio técnico a la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile (DICTUC)<sup>8</sup> para aclarar aspectos técnicos adicionales al estudio original (Junio 2007).
- Se encargó la realización de pruebas de campo formales para comparar el desempeño de los distintos estándares en recepción de señales de alta definición<sup>9</sup> (Junio – Noviembre 2007). Las pruebas tuvieron dos objetivos. En primer lugar, verificar si los tres estándares son capaces de transmitir programación en alta definición en la práctica. En segundo lugar, esclarecer de la manera más precisa posible el desempeño de los tres estándares desde el punto de vista de lo que un usuario promedio de televisión digital terrestre percibiría.

Se realizaron mediciones de recepción tanto en interiores (41 puntos localizados en el interior de viviendas) como exteriores (“al aire libre” y con una antena elevada, 58 puntos medidos). Las pruebas fueron realizadas en presencia de veedores independientes, quienes expresaron su plena conformidad con el procedimiento seguido<sup>10</sup>. Este último se basó en un protocolo diseñado especialmente para esta campaña de medición<sup>11</sup>. El borrador del protocolo fue publicado como documento en consulta<sup>12</sup> y recibió comentarios<sup>13</sup> de un gran número de entidades nacionales e internacionales. Los comentarios de estas instituciones fueron analizados y tomados en cuenta en el protocolo de pruebas final.

- Fueron recibidos y estudiados centenares de documentos proporcionados por gobiernos, organizaciones y empresas en forma de presentaciones, correspondencia, reportes técnicos, etc., muchos de los cuales son de dominio público<sup>14</sup>.
- Se consultó la opinión técnica de académicos de las universidades nacionales con carreras de ingeniería eléctrica o electrónica acreditadas ante el Consejo Nacional de Acreditación, sobre una serie de interrogantes<sup>15</sup> (concluido en Abril de 2008). El cuestionario también fue respondido por los consorcios representantes de los tres estándares<sup>16</sup>.

<sup>7</sup> Revisar sección “Otras Pruebas de Campo realizadas por distintos operadores” en [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070705/pags/20070705150141.html#T5](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070705/pags/20070705150141.html#T5)

<sup>8</sup> DICTUC, “Análisis de los estándares de transmisión de televisión digital terrestre y su aplicabilidad al medio nacional: addendum”, Junio 2007. [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315173311/informe\\_dtv\\_addendum\\_190607.pdf](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315173311/informe_dtv_addendum_190607.pdf)

<sup>9</sup> DICTUC, “Informe sobre pruebas de campo de televisión digital”, [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20071213/pags/20071213180041.html](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20071213/pags/20071213180041.html)

<sup>10</sup> Comisión de Veedores, “Informe comisión de veedores: mediciones de campo TV Digital”, [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20080218/pags/20080218152957.html](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20080218/pags/20080218152957.html)

<sup>11</sup> DICTUC, “Especificación y protocolo para las pruebas de campo de los estándares de televisión digital terrestre en Chile”, [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070811/pags/20070811144156.html](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070811/pags/20070811144156.html)

<sup>12</sup> SUBTEL, “Documento en consulta: especificación y protocolo para las pruebas de campo de los estándares de televisión digital terrestre en Chile”, [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070705/asocfile/20070705150141/espec\\_pruebas\\_campo\\_030707.pdf](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070705/asocfile/20070705150141/espec_pruebas_campo_030707.pdf)

<sup>13</sup> [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070705/pags/20070705150141.html#T1](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070705/pags/20070705150141.html#T1)

<sup>14</sup> [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070315/pags/20070315175818.html](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070315/pags/20070315175818.html)

<sup>15</sup> SUBTEL, “Consulta: estándar de televisión digital terrestre”, [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20080225/pags/20080225113043.html](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20080225/pags/20080225113043.html)



- Se realizó una serie de viajes al extranjero con el propósito de conocer *in situ* la experiencia de otros países en la implementación de las distintas normas de televisión digital. Asimismo, fueron invitados una serie de expertos y representantes de empresas a participar en reuniones de trabajo para conocer su experiencia en la implementación de los distintos estándares y recoger la viabilidad de cada norma en Chile.

## 2.2. Criterios de decisión

El Gobierno definió 5 criterios principales sobre los cuales basar la elección del estándar. Estos son:

1. La calidad técnica de los estándares, entendida como su capacidad para procurar una señal de calidad para el telespectador.
2. La flexibilidad de los estándares para permitir variedad de configuraciones de operación, aplicaciones y modelos de negocios.
3. El costo y la disponibilidad de equipos, tanto de decodificadores (STBs) como de televisores digitales integrados de fábrica.
4. La evolución futura que se espera para cada estándar y las limitaciones u oportunidades que ello implique.
5. Los oferta de cooperación y transferencia tecnológica comprometida para la implementación de la televisión digital por los consorcios industriales y/o gobiernos que promueven cada estándar.

Con excepción del punto 5, cada uno de estos criterios se explica en mayor detalle a continuación.

### 2.2.1. Calidad técnica

Este aspecto se refiere a la capacidad de cada estándar para entregar al telespectador una señal de alta calidad. En efecto, las transmisiones de radio frecuencia se degradan fuertemente por fenómenos físicos propios de la propagación y de los dispositivos electrónicos involucrados en el proceso. Cada estándar enfrenta estos impedimentos de forma distinta. De particular interés es la calidad de un estándar para recepción en ambientes interiores, ya que casi 50% de la población recibe la señal de televisión por medio de una antena ubicada al interior del hogar. Asimismo, nuestro país posee una geografía accidentada, marcada por montañas y valles, por lo cual es importante tomar en cuenta la robustez de cada estándar ante propagación de multitrayectorias (rebotes y ecos de la señal), ya sea en accidentes geográficos (montañas, valles) o edificaciones.

---

<sup>16</sup> ISDB-T, “Respuesta sobre la consulta: estándar de televisión digital terrestre Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones Subsecretaría de Telecomunicaciones”, 6 de marzo de 2008; [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20080225/asocfile/20080225113043/isdb\\_t.rar](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20080225/asocfile/20080225113043/isdb_t.rar)  
ATSC Forum, “Repuesta del ATSC Forum sobre consulta: estándar de televisión digital terrestre”, 17 de marzo de 2008; [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20080225/asocfile/20080225113043/atsc.rar](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20080225/asocfile/20080225113043/atsc.rar)  
DVB, “Comentarios de DVB a la consulta de SUBTEL sobre estándar de televisión digital”, 17 de Marzo de 2008. [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20080225/asocfile/20080225113043/dvb\\_t.rar](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20080225/asocfile/20080225113043/dvb_t.rar)



### 2.2.2. Flexibilidad de operación y variedad de modelos de negocio

La TV Digital creará un nuevo ambiente de mercado. Este brindará una variedad de oportunidades para innovar en la oferta programática tanto a canales tradicionales como a nuevos actores. Lo anterior forjará nuevas formas de entender el negocio de la televisión y procurará nuevos nichos de mercado, por ejemplo:

- Operación en múltiplex (transmisión simultánea de varias señales de definición estándar (SD) en un mismo canal físico.
- Operación en alta definición (HD, permite hasta dos señales por canal físico con compresión de video MPEG-4 y una sola señal con compresión MPEG-2).
- Recepción móvil y en equipos portátiles.
- Acceso condicional a contenidos *premium*.
- Servicios de datos adicionales (ej. pronóstico del tiempo).
- Interactividad con el telespectador, complementarios a la televisión.

Es claro que las posibilidades y limitaciones que cada estándar tiene en estos aspectos es una variable de decisión importante.

### 2.2.3. Costo y disponibilidad de equipos

Una variable crítica para la elección del estándar es el costo de implementación de la televisión digital. Mientras coexistan transmisiones analógicas y digitales, es relevante que haya disponibilidad de equipos bi-norma capaces de recibir tanto emisiones analógicas (NTSC-M) como digitales, a un costo razonable. Dichos equipos deben ser tanto decodificadores (STBs) que permitan aprovechar las pantallas de televisores analógicos (o de televisores digitales que incorporan un receptor de una norma distinta a la escogida), como televisores nuevos “integrados” con receptor digital de la norma escogida incorporado de fábrica<sup>17</sup>. Ambos tipos de equipos a su vez deben ser capaces de recibir señales de alta definición. En el caso de los STBs, estos deben ya sea tener la capacidad de reducir las señales de alta definición al formato de definición estándar compatible con pantallas de televisores analógicos o bien de proporcionarlas mediante una salida HDMI a pantallas de televisores integrados de otra norma.

### 2.2.4. Evolución futura

Es bien sabido que las tecnologías de telecomunicaciones progresan continua y rápidamente. La televisión digital no es ajena a ello y su evolución fue de hecho patente a lo largo del período en que se estudió la selección de la norma en Chile

---

<sup>17</sup> Se utilizará indistintamente la nomenclatura “televisor digital” o “televisor integrado” para este tipo de equipos.

(2006 - 2009). Es fundamental escoger un estándar que tenga alto potencial de mantenerse vigente por un largo tiempo y evitar una segunda migración digital forzada.

### 2.2.5. Cooperación y transferencia tecnológica

La diversificación de modelos y nichos de negocios que permitirá la televisión digital estará acompañada por desafíos y dificultades técnicas. Por ello, es relevante tener presente las políticas de asistencia a la de transferencia de *know-how* y apoyo en la implementación que ofrece cada uno de los estándares al país. Es sabido que la implementación de la televisión digital no es “*plug & play*” y requiere de un trabajo organizado a nivel país que coordine a todos los estamentos involucrados (regulador, comercializadores de equipos, productores de contenido, canales de televisión, etc.), para lograr una transición pronta, exitosa y del menor costo social posible.

Dicho lo anterior, los aspectos de cooperación y transferencia tecnológica no son parte del mérito técnico-económico de los estándares, por lo que su análisis no se incluye en el presente documento.

## 3. Descripción de los estándares

Los estándares de radiodifusión televisiva digital terrestre son ATSC (Advanced Television Systems Committee) originado en Estados Unidos, DVB-T (Terrestrial Digital Video Broadcasting) de la Comunidad Europea e ISDB-T (Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting) de origen japonés. Cabe señalar que adicionalmente China elaboró y adoptó en 2007 su propio estándar<sup>18</sup>, diferente a los mencionados anteriormente, pero por tratarse de un desarrollo reciente no exhibe la suficiente experiencia empírica y disponibilidad de equipamiento para ser considerado actualmente. Además, está diseñado para un ancho de banda de 8 MHz, lo cual complica su compatibilidad con la canalización de 6 MHz usada en Chile.

A continuación se presenta una síntesis de los elementos comunes entre los tres estándares, seguida por un resumen de las características técnicas de cada cual. El lector interesado en mayor detalle es remitido al estudio de la Pontificia Universidad Católica de Chile y a las referencias ahí citadas<sup>19</sup>.

### 3.1. Modelo general y elementos comunes entre estándares

Una transmisión de televisión digital consiste en multiplexar señales digitales de video, audio y eventualmente datos (Fig. 2). El formato digital de dichas señales es comprimido, lo que permite utilizar la capacidad de los medios de transmisión óptimamente, y constituye el factor principal de la mayor eficiencia espectral posible con televisión digital en comparación con su antecesor analógico. El método de compresión definido por los tres estándares es MPEG-2, pero es importante

---

<sup>18</sup> *Digital Multimedia Broadcast-Terrestrial/Handheld*, DMB-T/H, también denominado DTMB, *Digital Terrestrial Multimedia Broadcast*.

<sup>19</sup> DICTUC, [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315173311/estudio\\_uc.pdf](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315173311/estudio_uc.pdf)

destacar que los estándares también permiten *transportar* señales comprimidas con otros métodos, como MPEG-4<sup>20</sup>. La capacidad para interpretar codificaciones alternativas a MPEG-2 requiere que los decodificadores (STBs o televisores digitales integrados) tengan la capacidad para interpretar el formato alternativo. La factibilidad de utilizar codificaciones alternativas a MPEG-2 es, por lo tanto, un aspecto de disponibilidad de equipos, no del estándar.

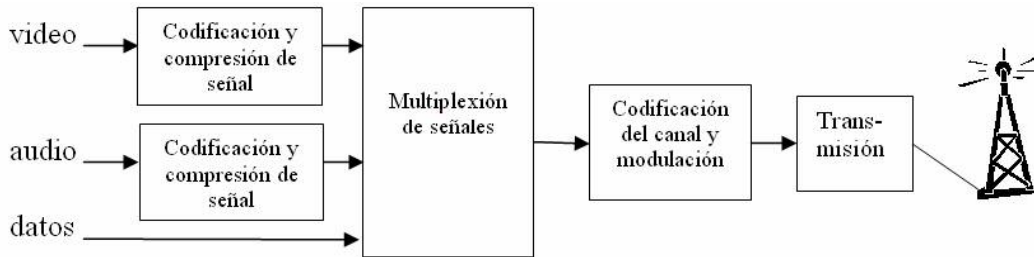


Figura 2: Modelo general de una transmisión de televisión digital.

En cuanto a los formatos de imagen posibles con cada estándar en términos de su resolución o definición<sup>21</sup>, los tres estándares están diseñados para portar señales de alta definición<sup>22</sup> y de calidad estándar<sup>23</sup>. Similarmente, los tres estándares permiten la emisión de audio de alta fidelidad con sonido envolvente mediante alguno de los estándares típicos (AC-3 de Laboratorios Dolby o AAC, que es parte de las normas MPEG-2 y MPEG-4).

Una vez multiplexadas las señales (Fig. 2), el flujo de transporte es codificado para detección y corrección de errores, modulado y transmitido al aire. Son estos últimos dos pasos -la llamada *capa física* o *interfaz aérea*- en los que yacen las diferencias relevantes entre los estándares. Ello implica que la elección de estándar no tiene consecuencias sobre el formato de producción de contenidos, ya que el trabajo de producción y edición se realiza en formatos digitales distintos, “aguas arriba” incluso del método de compresión (MPEG-2 o MPEG-4), y en forma completamente independiente del canal de distribución utilizado para dichos contenidos (televisión digital terrestre, por cable, satelital, IPTV, etc.).

El equipamiento receptor del usuario realiza el proceso inverso al descrito arriba (Fig. 2, de derecha a izquierda, con las flechas en el sentido opuesto).

<sup>20</sup> MPEG-4 es un estándar de compresión de video más moderno que permite transmitir una imagen de igual calidad y resolución que MPEG-2 pero con menor tasa de datos. Por ejemplo, una señal de video de alta definición con 1080 líneas entrelazadas (1080i) y audio de alta fidelidad se comprime con MPEG-2 a una tasa de datos entre 16 y 20 Mbps. En cambio, MPEG-4 puede comprimir la misma señal a una tasa de datos entre 8 y 10 Mbps, sin pérdida de calidad relativa. Esto es muy importante por cuanto permite aumentar la oferta programática en un canal de 6 MHz de ancho de banda.

<sup>21</sup> Determinada principalmente por la cantidad de líneas y número de cuadros por segundo.

<sup>22</sup> HD o HDTV, con un mínimo de 720 líneas en modo progresivas (720p) o 1080 líneas en modo entrelazado (1080i) con presentación 4:3 o con pantalla ancha 16:9.

<sup>23</sup> SD o SDTV, que corresponde a la calidad de imagen de los actuales televisores analógicos NTSC con 480 líneas.



### 3.2. Estándar ATSC

El estándar ATSC fue desarrollado por un consorcio de empresas bajo consenso con el gobierno de Estados Unidos de Norteamérica con un enfoque claro a la difusión de televisión de alta definición en un canal de 6 MHz de ancho de banda. El estándar fue aprobado en 1995 e implementado comercialmente en 1998. Actualmente, ATSC ha sido adoptado por Estados Unidos, Canadá, México, Corea del Sur, Honduras y Salvador.

ATSC utiliza un esquema de modulación denominado 8-VSB (*Vestigial Sideband Modulation*), que es esencialmente una modulación de amplitud de pulsos de 8 niveles (8-PAM, *Pulse Amplitude Modulation*) en banda base, trasladada a radiofrecuencia mediante un modulador analógico de banda lateral doble con portadora suprimida, seguido por un filtro de Nyquist que elimina la banda lateral inferior y da forma a los pulsos de la señal para minimizar la interferencia intersimbólica. A la señal resultante se le inserta una portadora analógica (tono piloto), la que simplifica las tareas de sincronización y demodulación en el lado receptor. Debido a que todo filtro realizable tiene una transición no instantánea entre la banda lateral superior y la banda lateral inferior, la señal filtrada inevitablemente contiene vestigios de la banda lateral inferior, lo que le da el nombre a la modulación VSB.

Puesto que 8-VSB es una modulación de portadora única, y debido a la relación entre el ancho de banda de transmisión de una señal televisiva con respecto al área de cobertura, los receptores ATSC deben contar con ecualizadores sofisticados para revertir la severa interferencia intersimbólica resultante en el canal inalámbrico.

Los símbolos de datos modulados de esta forma están protegidos contra errores por un código Reed Solomon, capaz de corregir 10 bytes con errores entre cada grupo de 207 bytes, seguido por un entrelazador y por un código Trellis de tasa 2/3. Cada grupo de 3 bits así resultantes define uno de los ocho niveles de la modulación VSB.

En el año 2004, el estándar ATSC fue modificado para permitir la opción de operación en redes de frecuencia única (SFN, *Single Frequency Network*).

Por último, para fines de este año se espera el anuncio el lanzamiento comercial de las innovaciones de ATSC, conocidas como ATSC M/H<sup>24</sup>, cuyo objeto es la incorporación de la movilidad y la portabilidad del estándar.

### 3.3. Estándar DVB-T

El estándar DVB-T fue formulado a principios de los años 90 en Europa y fue concebido para ser introducido en países con anchos de banda de 6, 7 y 8 MHz. Este es un estándar abierto, desarrollado por una alianza de más 250 empresas y que ha sido adoptado por un gran número de países<sup>25</sup>.

En la interfaz aérea, DVB-T utiliza modulación OFDM<sup>26</sup> (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). La ventaja de OFDM es su robustez ante la interferencia intersimbólica (desvanecimiento selectivo en frecuencia) causada por propagación de multitrayectoria de canales inalámbricos, como aquellos utilizados para difusión de televisión terrestre. La

---

<sup>24</sup> <http://www.atsc.org/communications/press/2008-12-01-atsc-approves-mobile-&-handheld-candidate-standard.php>

<sup>25</sup> Más detalle en [www.dvb.org](http://www.dvb.org)

<sup>26</sup> OFDM es la modulación preferida en la actualidad para comunicaciones inalámbricas de banda ancha. En efecto, OFDM es la modulación empleada en redes inalámbricas de área local (WiFi) y metropolitana (WiMax), así como en los estándares emergentes y futuros de telefonía celular (LTE y LTE-Advanced, respectivamente).

técnica consiste en emplear múltiples portadoras, paralelas en frecuencia, en vez de una sola como es el caso de ATSC. Cada una de las portadoras es modulada en amplitud y cuadratura en forma tradicional (QAM, *Quadrature Amplitude Modulation*), pudiendo ser QPSK, 16-QAM o 64-QAM<sup>27</sup>. Las portadoras operan simultáneamente en el tiempo pero en frecuencias ortogonales, evitando interferirse mutuamente. La cantidad de portadoras considerada por el estándar puede ser 2048 (“modo 2k”), 4096 (“modo 4k”) o 8192 (“modo 8k”). La consecuencia de operar con un número tan elevado de portadoras es que cada una de ellas transmite con una tasa de datos reducida por el mismo factor (2k, 4k u 8k), evitando cada una ser degradada por interferencia intersimbólica.

En forma similar a ATSC, la codificación de canal (protección contra errores) DVB-T se realiza con un código exterior Reed Solomon, seguido por un entrelazador y luego por un código interior convolucional. El código Reed Solomon tiene características similares al de ATSC, pudiendo corregir 8 bytes erróneos ocurridos por cada grupo de 204 bytes. A diferencia del estándar ATSC, en que el código Trellis es de tasa 2/3 fija, el código convolucional de DVB-T puede operar con tasas 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8<sup>28</sup>.

Gracias a la variedad de constelaciones con que las portadoras de la modulación OFDM pueden ser moduladas (QPSK, 16-QAM o 64-QAM) y a la variedad de niveles de protección contra errores que los datos correspondientes reciben en el código convolucional (tasas 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8), DVB-T permite un total de 15 configuraciones distintas<sup>29</sup>, cuya principal virtud es permitir al operador definir su propio centro de gravedad en términos del compromiso entre tasa de datos y área de cobertura. Para bandas de 6 MHz, las tasas de datos netas disponibles para transmisión de contenido están el rango entre 3,73 Mbits/s y 19,6 Mbits/s<sup>30</sup>. La menor tasa de datos posible (3,73 Mbits/s), requiere entre 3,1 dB y 5,4 dB de razón señal a ruido, y la mayor tasa (19,7 Mbits/s) requiere entre 20,1 dB y 27,9 dB de razón señal a ruido, la que varía según las condiciones del canal.

Dentro de las opciones del estándar DVB-T está la posibilidad de operación en redes de frecuencia única. El estándar también fue complementado con la norma DVB-H para permitir transmisiones a unidades móviles y portátiles (más información en la Sección 4.1.4).

---

<sup>27</sup> En un extremo, QPSK porta dos bits en cada símbolo transmitido. En el otro extremo, 64-QAM porta 6 bits en cada símbolo transmitido. QPSK tiene una menor probabilidad de error de bit que 64-QAM, pero la tasa de bits es 3 veces menor. Por lo tanto, la modulación relaciona directamente la tasa de datos con la probabilidad de error. A su vez, la probabilidad de error se relaciona inversamente con la razón señal a ruido la que guarda proporción con el radio de cobertura de una transmisión. Así, el tipo de modulación (QPSK, 16-QAM o 64-QAM) permite transar área de cobertura por tasa de datos.

<sup>28</sup> En un extremo, la tasa 1/2 agrega un bit de redundancia por cada bit de datos. En el otro extremo, la tasa 7/8 agrega un bit de redundancia por cada 8 bits de datos. Por lo tanto, la tasa del código de canal es una representación directa del nivel de protección frente a errores que reciben los datos al ser codificados. A su vez, una mayor protección contra errores limita, por un lado, la tasa de datos neta que se puede lograr para transmisión de contenido, puesto que una mayor parte del ancho de banda del canal se invierte en transmitir información redundante. Pero por el otro lado, una mayor protección contra errores reduce la razón señal a ruido requerida para recuperar la señal sin errores, aumentando el área de cobertura.

<sup>29</sup> Se ignora un tercer parámetro, el intervalo de guarda de la modulación OFDM. El intervalo de guarda permite regular la robustez de OFDM frente a propagación de multitrayectoria, en función de la severidad de este fenómeno. Según el valor elegido, se sacrifica hasta máximo un 20% de la tasa de datos (intervalo de guarda de 1/4).

<sup>30</sup> Se ha considerado el intervalo de guarda de 1/4, el más desventajoso desde el punto de vista de la tasa de datos.

### 3.4. Estándar ISDB-T

La norma ISDB-T fue creada en Japón por el consorcio DiBEG (*Digital Broadcasting Expert Group*) con el apoyo del operador estatal de televisión. Este estándar fue introducido en forma posterior a los estándares ATSC y DVB-T, lo que le ha permitido recoger algunas de sus experiencias. ISDB-T ha sido adoptado por Japón, Brasil, Perú y Argentina.

Desde el punto de vista técnico, la interfaz aérea de ISDB-T es de características similares al DVB-T en cuanto a que utiliza OFDM en modos 2k, 4k y 8k, modulaciones QPSK, 16-QAM y 64-QAM para las portadoras y códigos Reed Solomon y convolucional idénticos a DVB-T. Sin embargo, ISDB-T presenta diferencias importantes con respecto a DVB-T en cuanto a la secuencia en que los datos son codificados y luego localizados en frecuencia en la modulación OFDM. El esquema se conoce técnicamente como *Band Segmented Transmission-OFDM* (BST-OFDM). La idea consiste en dividir la banda de transmisión en segmentos para ser asignados a contenidos o servicios distintos.

En ISDB-T los canales son de 6 MHz de ancho de banda y son divididos en 13 segmentos<sup>31</sup>, cada uno de los cuales pueden ser asignados libremente a un máximo de 3 servicios o *capas jerárquicas*. Los parámetros de transmisión de cada capa (tasa de codificación, profundidad de entrelazado, etc.) pueden ser ajustados individualmente de acuerdo a las necesidades y objetivos del servicio portado en cada capa.

Un caso especial de la transmisión jerárquica considera dedicar el segmento central de la banda para transmisión de una señal televisiva de baja resolución a terminales portátiles. Este segmento puede ser recibido y decodificado independientemente de los demás 12, proporcionando así una solución eficiente, tanto en términos de costo (el receptor correspondiente es conocido como receptor de un segmento, significativamente menos complejo que un receptor general de 13 segmentos) como en consumo energético (fundamental en dispositivos portátiles energizados con baterías). La transmisión a equipos portátiles, denominada 1-seg, utiliza una compresión de video MPEG-4 y una codificación especialmente robusta. Cabe destacar las transmisiones de libre recepción usando el sistema 1-seg han tenido un significativo éxito en Japón, con una gran variedad de equipos disponibles, especialmente teléfonos celulares.

Así, ISDB-T, al igual que DVB-T, goza de la robustez de OFDM contra la degradación causada por propagación de multitrayectoria de canales inalámbricos (interferencia intersimbólica, desvanecimiento selectivo en frecuencia) y de la flexibilidad de configuración de acuerdo a los requerimientos del operador, pero a la vez presenta ventajas claras sobre DVB-T gracias al formato de 13 segmentos.

ISDB-T también puede operar en redes de frecuencia única y posee un mecanismo que permite activar todos los televisores, tanto de 13 segmentos como de 1 segmento, para alertar a la población sobre situaciones de emergencia (típicamente catástrofes naturales).

---

<sup>31</sup> En estricto rigor la banda es dividida en 14 segmentos, de los cuales uno es sacrificado y dividido en dos para ser utilizado como banda de guarda en ambos extremos de la banda de transmisión.



## 4. Análisis de los estándares de acuerdo a cada criterio de decisión

### 4.1. Calidad técnica

Los méritos técnicos de cada estándar, entendidos como la capacidad de cada cual de entregar una señal televisiva de calidad al teleespectador, fueron objeto de un intenso intercambio de ideas que generó un elevado número de contribuciones y estudios. Entre ellos cuentan principalmente los trabajos de:

- Los consorcios industriales que representan a los tres estándares<sup>32</sup>.
- ANATEL<sup>33</sup>
- El Colegio de Ingenieros de Chile<sup>34</sup>.
- El DICTUC de la Pontificia Universidad Católica de Chile<sup>35, 36, 37</sup>.
- Académicos de las universidades chilenas con carreras de ingeniería eléctrica o electrónica acreditadas<sup>38</sup>.

Adicionalmente se contó con múltiples otros estudios técnicos, teóricos y prácticos, realizados en otros países. Destacan los trabajos de Perú<sup>39</sup> y las pruebas de campo hechas en Brasil<sup>40</sup>.

El vasto número de estudios sobre la materia, presentando a menudo visiones antagónicas, permitió identificar los elementos técnicos clave de cada estándar y romper con mitos sobre los méritos y limitaciones de cada norma. El debate también fue una guía valiosa para determinar los aspectos que debieron ser aclarados con los fabricantes en términos de disponibilidad y costo de los equipos.

<sup>32</sup> La información técnica proporcionada por los representantes de los tres estándares y empresas asociadas es cuantiosa. Destacan las respectivas respuestas a las sesiones del seminario técnico del 25 de Octubre de 2006 ([http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070315/pags/20070315180755.html](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070315/pags/20070315180755.html)) y al documento “Consulta: estándar de televisión digital terrestre” en Marzo de 2008 ([http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20080225/pags/20080225113043.html](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20080225/pags/20080225113043.html)).

<sup>33</sup> ANATEL, “Aspectos técnicos relacionados con la selección de una norma de televisión digital terrestre”. [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315175818/estudio\\_anatel\\_020507.pdf](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315175818/estudio_anatel_020507.pdf)

<sup>34</sup> Colegio de Ingenieros de Chile, “Análisis de Características más Importantes de las Normas de Televisión Digital”, [http://www.ingenieros.cl/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=44&Itemid=](http://www.ingenieros.cl/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=44&Itemid=)

<sup>35</sup> DICTUC, “Análisis de los estándares de transmisión de televisión digital terrestre y su aplicabilidad al medio nacional”, disponible en [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315173311/estudio\\_uc.pdf](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315173311/estudio_uc.pdf)

<sup>36</sup> DICTUC, “Análisis de los estándares de transmisión de televisión digital terrestre y su aplicabilidad al medio nacional: addendum”, Junio 2007, [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315173311/informe\\_dtv\\_addendum\\_190607.pdf](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315173311/informe_dtv_addendum_190607.pdf)

<sup>37</sup> DICTUC, “Informe sobre pruebas de campo de televisión digital”, [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20071213/pags/20071213180041.html](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20071213/pags/20071213180041.html)

<sup>38</sup> SUBTEL, “Consulta: estándar de televisión digital terrestre”, [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20080225/pags/20080225113043.html](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20080225/pags/20080225113043.html)

<sup>39</sup> Comisión Multisectorial peruana, “Informe de recomendación del estándar de televisión digital terrestre a ser adoptado en el Perú” y “Descripción y análisis comparativo técnico de los estándares de televisión digital terrestre - TDT”, <http://www.mtc.gob.pe/portal/tdt/documentos.html>, Febrero 2008.

<sup>40</sup> [http://www.mackenzie.br/ano5\\_num5\\_2004.html](http://www.mackenzie.br/ano5_num5_2004.html)

Los principales elementos técnicos son los siguientes:

- Robustez ante propagación de multitrayectoria.
- Tasa de datos, área de cobertura y eficiencia espectral de la transmisión.
- Robustez frente a interferencias.
- Recepción móvil y portátil.

A continuación se sintetizan los argumentos y conclusiones principales sobre cada punto.

#### 4.1.1. Robustez ante propagación de multitrayectoria

La mayoría de los chilenos recibe la señal de la televisión por vía inalámbrica. Dos tercios de ellos lo hacen mediante antenas instaladas en el interior de la vivienda (Fig. 3). Lograr una buena recepción en interiores es técnicamente más difícil que en exteriores, puesto que en este último caso la señal generalmente encuentra pocas obstrucciones en su trayecto desde la antena transmisora hasta la antena receptora, la que típicamente es montada en un mástil, techo o balcón. Si bien la señal recibida en exterior puede contener réplicas retardadas causadas por rebotes en edificios y montañas (propagación de multitrayectoria, problema particularmente importante en un país con geografía montañosa como Chile), lo típico es que exista también una señal directa, más potente, recibida por el camino de línea de vista. La recepción en interiores, en cambio, rara vez goza de línea de vista hacia la antena transmisora y debe recuperar la señal televisiva aprovechando la multiplicidad de rebotes, debilitados aún más en su paso a través de las paredes del inmueble en que se recibe la señal. Por todo lo anterior, es fundamental que el estándar escogido tenga buen desempeño en recepción interior.

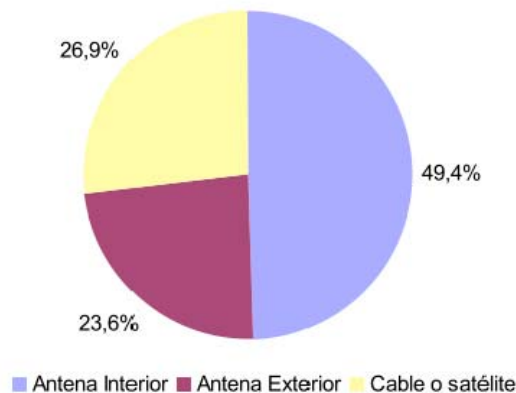


Figura 3: Medios de recepción la señal de la televisión abierta en Chile (Fuente: Encuesta Nacional de Satisfacción, SUBTEL 2007).

De acuerdo a lo descrito en la Sección 3, ISDB-T y DVB-T emplean modulación OFDM y son por ello intrínsecamente inmunes frente a propagación de multitrayectorias. No obstante, tal como lo confirmaron las pruebas de campo en Brasil, Chile y Perú, ISDB-T muestra un desempeño marcadamente superior tanto en emplazamientos interiores (Fig. 4) como

exteriores (Fig. 5) que DVB-T<sup>41</sup>. Esto se atribuye al entrelazado más profundo que realiza la norma japonesa en virtud de la segmentación y jerarquización de la transmisión.

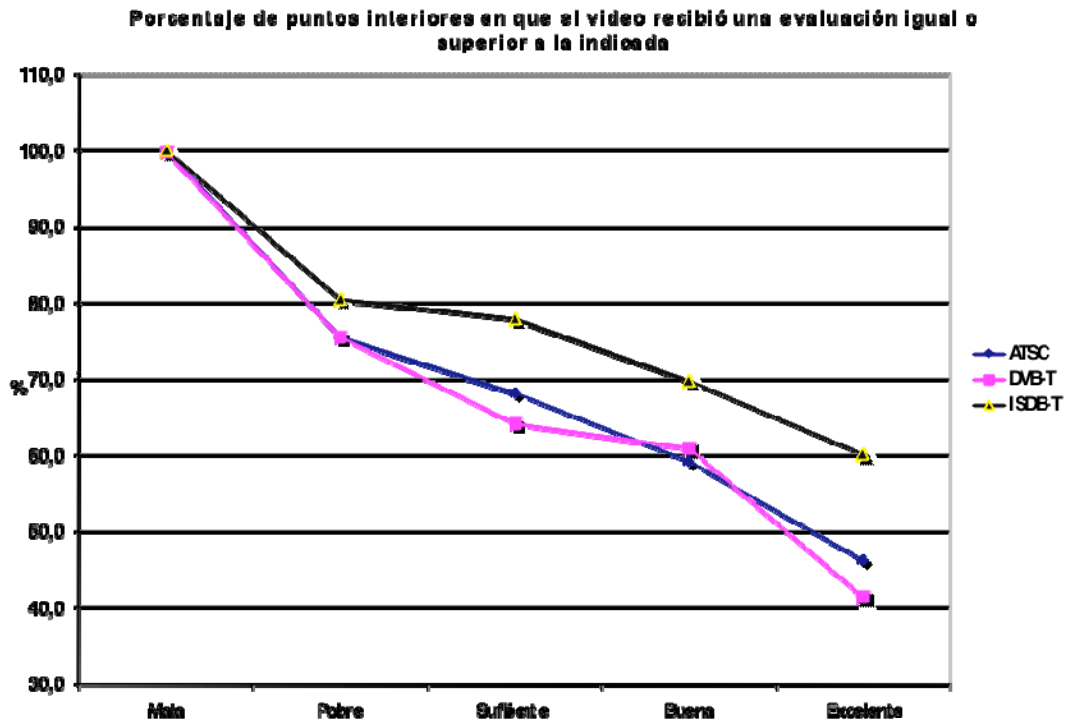


Figura 4: Desempeño de los tres estándares en emplazamientos interiores. (Fuente: DICTUC, “Informe sobre pruebas de campo de televisión digital”.)

ATSC, en cambio, no es intrínsecamente inmune a la propagación de multitrayectoria y depende de la calidad de los ecualizadores en los receptores para revertir la interferencia intersimbólica. Los ecualizadores de ATSC han sido mejorados sucesivamente a lo largo de media docena de generaciones. Las pruebas de campo, realizadas con un receptor ATSC equipado con un ecualizador de última generación, sitúan el desempeño de ATSC ligeramente debajo de aquel de DVB-T, debido principalmente a las evaluaciones cualitativas referidas a la calidad de recepción enfrentadas al movimiento de vehículos en el exterior y/o personas en el recinto en el cual se realizó la medición<sup>42</sup>.

<sup>41</sup> Comentarios recibidos por parte de DiBEG (*Digital Broadcasting Expert Group* en Japón, el organismo encargado del estándar ISDB-T) en “The result of analyses of the comparison test between three systems conducted in Chile”, provee interpretaciones adicionales de los datos que argumentan que esta diferencia es aún más acentuada. [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315175818/chile\\_test\\_20071231.pdf](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315175818/chile_test_20071231.pdf)

<sup>42</sup> Para más detalle revisar “Informe sobre pruebas de campo de Televisión Digital”, DICTUC, página 7 y 8. [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20071213/asocfile/20071213180041/informe\\_pruebas\\_de\\_campo\\_131207\\_final.pdf](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20071213/asocfile/20071213180041/informe_pruebas_de_campo_131207_final.pdf)

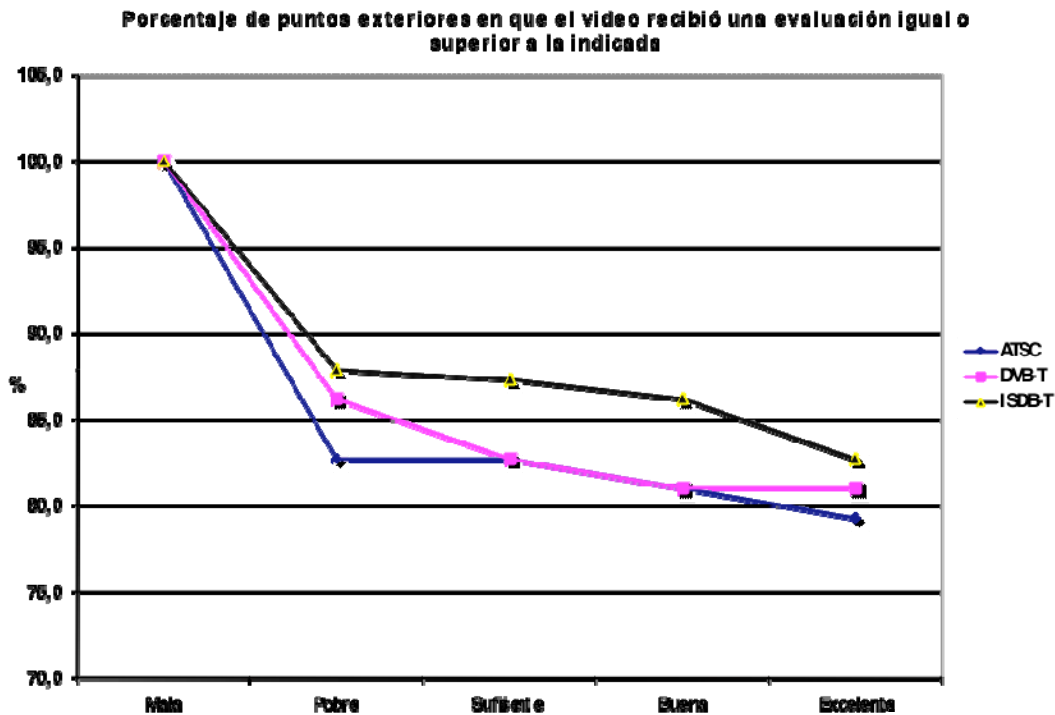


Figura 5: Desempeño de los tres estándares en emplazamientos exteriores. (Fuente: DICTUC, “Informe sobre pruebas de campo de televisión digital”.)

#### 4.1.2. Tasa de datos, área de cobertura y eficiencia espectral de la transmisión

ATSC opera con una tasa de datos fija de 19,39 Mbps. Por su parte, DVB-T e ISDB-T ofrecen una variedad de tasas de datos en función de los parámetros de modulación y codificación. La tasa de datos fija de ATSC promueve fuertemente la transmisión de contenido en alta definición (o bien un múltiplex de varias señales de definición estándar), ya que transmitir solamente una señal de definición estándar con ATSC, que requiere una tasa en el orden de 3 a 6 Mbps, constituiría un uso ineficiente del ancho de banda (de eficiencia similar a la televisión analógica), sin ganar una mayor área de cobertura. En cambio, la amplia flexibilidad ofrecida por DVB-T e ISDB-T para configurar la tasa de datos (entre 3,73 Mbits/s y 19,6 Mbits/s, según se señaló en la Sección 3.3), ofrece la alternativa de emitir una señal en definición estándar con el beneficio de ampliar la cobertura, constituyéndose esta flexibilidad en una ventaja a favor de ISDB-T y DVB-T.

Un argumento frecuentemente utilizado en favor de ATSC es que logra mayor cobertura para una determinada potencia transmitida, porque requiere una menor razón señal a ruido que DVB-T e ISDB-T para lograr una recepción “libre de errores”<sup>43</sup>. Sin embargo, las pruebas de campo confirmaron que dicha noción *teórica* no tiene validez en la práctica<sup>44</sup>.

<sup>43</sup> En ATSC, la recepción libre de errores se asocia al llamado “umbral de visibilidad” (*threshold of visibility*, TOV); En ISDB-T y DVB-T la medida usada, es la “recepción casi libre de errores”, definida como la razón señal a ruido con la que la recepción tiene un error por hora.



La eficiencia espectral está dada por la tasa de datos que puede ser lograda en un determinado ancho de banda. La tasa de datos de ATSC (19,39 Mbps) es menor que la máxima que puede ser configurada en DVB-T e ISDB-T (23 Mbps en 6 MHz de ancho de banda). Sin embargo, obtener la máxima tasa de datos con estos estándares implica emplear parámetros exigentes y poco realistas en la configuración de la transmisión<sup>45</sup>. Una configuración más realista, con intervalo de guarda de 1/4 o 1/8, proporciona tasas similares a la de ATSC.

Cabe destacar que las pruebas de campo fueron realizadas configurando los estándares OFDM con parámetros que generen transmisiones con tasas de datos similares a ATSC<sup>46</sup>, con lo que se demostró la factibilidad de transmitir en alta definición con los tres estándares. Sin perjuicio de lo anterior, el hecho que ISDB-T haya mostrado consistentemente mejor calidad de imagen ante condiciones iguales de tasa de datos es una confirmación empírica de la mayor eficiencia espectral de esta norma.

#### 4.1.3. Robustez frente a interferencias

Existen tres tipos principales de interferencia frente a las que es deseable robustez de un estándar de televisión digital:

- Interferencia de transmisiones analógicas. Estas pueden provenir ya sea de transmisiones en frecuencias adyacentes dentro de la misma zona geográfica, o bien de transmisiones en la misma frecuencia en zonas geográficas adyacentes. Robustez en este sentido es deseable solamente transitoriamente, hasta que se produzca el “apagón analógico”<sup>47</sup>.
- Interferencia de transmisiones digitales (en frecuencias adyacentes o zonas geográficas adyacentes).
- Ruido impulsivo.

En cuanto a los primeros dos tipos de interferencia (entre transmisiones televisivas), los tres estándares fueron diseñados con requerimientos que limitan este problema. . Es importante en todo caso señalar que la operación en redes de frecuencia única, permitido por los tres estándares, elimina el problema de interferencia entre zonas geográficas adyacentes.

El ruido impulsivo consiste en radiaciones electromagnéticas espurias generadas por artefactos electrónicos industriales y domésticos como hornos de microondas, luces fluorescentes, aspiradoras, secadores de pelo, etc. Este tipo de ruido tiende a tener alta energía pero corta duración, y normalmente abarca la banda VHF y la parte baja de la banda UHF. Dado que en nuestro país se empleará en una primera etapa la banda UHF para las transmisiones digitales, el ruido de impulso es un fenómeno de menor relevancia en la elección del estándar. En cualquier caso, la principal defensa en contra del ruido impulsivo es lograda por el uso de entrelazadores en la cadena de codificación de canal (Fig. 2 en la Sección 3.1). El

---

<sup>44</sup> El TOV fue determinado empíricamente para los tres estándares en las pruebas de campo para los modos de alta definición utilizados, resultando 15,86 dB para ATSC, 16,93 dB para DVB-T y 17,11 dB para ISDB-T. Es claro que la razón señal a ruido en el TOV no guarda correlación con la calidad de imagen percibida, por lo que no es un buen indicador de la calidad de la recepción

<sup>45</sup> Concretamente, el intervalo de guarda mínimo de 1/32, valor poco realista para la propagación rica en rebotes causados por la geografía nacional.

<sup>46</sup> Intervalo de guarda de 1/16, tasa de codificación 3/4 y modulación 64-QAM. Las tasas resultantes fueron 19,76 Mbps para DVB-T y 19,33 Mbps para ISDB-T.

<sup>47</sup> Durante este período también es deseable que las transmisiones digitales causen mínima interferencia sobre transmisiones analógicas. Esto ha sido considerado por los estándares y los tres cumplen con los requerimientos.



entrelazador de 52 segmentos usado en el sistema ATSC provee mayor protección a ruido de impulso que el sistema de entrelazado de dos capas de DVB-T. En cambio, ISDB-T, además de tener dos capas de entrelazado muy similares a DVB-T, tiene dos capas de entrelazado adicionales, intra-segmento e inter-segmento, con lo que logra la más alta robustez a ruido de impulso entre los tres estándares.

#### 4.1.4. Recepción móvil y portátil<sup>48</sup>

Los estándares basados en OFDM (DVB-T e ISDB-T) permiten recepción móvil dentro de ciertos límites de velocidad del receptor.

En cuanto a recepción portátil, ésta se entiende como la recepción gratuita de señales de televisión digital abierta en aparatos celulares. Ello supone que los canales de televisión, utilizando el mismo espectro radioeléctrico concesionado e infraestructura de radiodifusión, puedan transmitir, en forma simultánea a sus contenidos destinados a la recepción fija, al menos una señal adicional para ser recibida en dichos terminales.

En este aspecto, la arquitectura segmentada de ISDB-T permite transmisión gratuita a portátiles en forma nativa dentro del mismo canal mediante 1-seg, sin requerir una infraestructura de transmisión separada ni espectro adicional. La modalidad reduce en 1/13 la tasa de datos disponible para la transmisión de los servicios a televisores fijos, sin afectar la posibilidad de transmisión en alta definición.

DVB-T no contempla esta modalidad de recepción portátil gratuita. Sin embargo, se ha desarrollado la norma DVB-H, diseñada para soportar tasas de datos superiores a 10 Mbits/s y para co-existir con servicios DVB-T en un mismo múltiplex, o bien en un canal independiente. Esta modalidad DVB-H ha prevalecido como modelo de pago en Europa para la transmisión a portátiles<sup>49</sup>, en que operadores de telefonía móvil ofrecen planes para contratar el servicio de televisión digital a teléfonos celulares con una oferta de varias señales (programas) en un mismo múltiplex.. Pero en esta modalidad, la tecnología compite en otro mercado con soluciones de pago como MediaFLO de Qualcomm<sup>50</sup> y MBMS<sup>51</sup>, la que es parte de la evolución de telefonía celular de tercera generación, y requiere de una red de transmisores independientes, separados del sistema terrestre que emite DVB-T.

---

<sup>48</sup> Recepción *móvil* se refiere a recepción de ATSC, ISDB-T o DVB-T, posiblemente alta definición, con televisores o STBs tradicionales a bordo de un vehículo en movimiento. Recepción *portátil* se refiere a la recepción de una señal de video de baja resolución especialmente producida para ser desplegada en terminales portátiles como teléfonos celulares o agendas electrónicas (PDA). Estos dispositivos típicamente utilizan baterías, lo que limita el presupuesto energético disponible para decodificar y presentar la señal de video digital.

<sup>49</sup> En carta del 12 de Junio de 2008 ([http://www.mtc.gob.pe/portal/tdt/Documentos/DVB\\_2947\\_001.pdf](http://www.mtc.gob.pe/portal/tdt/Documentos/DVB_2947_001.pdf)), el Jefe de la Delegación de la Comisión Europea en Perú entrega antecedentes a la Comisión Multisectorial encargada de recomendar el estándar de televisión digital a ser adoptado en Perú indicando que el soporte de DVB-T/H mediante la modulación jerárquica es teóricamente posible, pero en la práctica no ha sido desplegado comercialmente y no es factible suministrar terminales para realizar pruebas de campo.

<sup>50</sup> <http://www.mediaflo.com>

<sup>51</sup> <http://www.3gpp.org>

Finalmente, ATSC si bien cuenta con una solución a nivel de piloto, aún no cuenta comercialmente con recepción móvil<sup>52</sup>.

## 4.2. Flexibilidad de operación y variedad de modelos de negocio

La flexibilidad que cada estándar ofrece para que los operadores diseñen estrategias de negocio diversas que estimulen competencia y permitan una oferta televisiva variada está íntimamente ligada a los aspectos técnicos descritos en la sección anterior. En este sentido, ya se ha establecido que los tres estándares presentan flexibilidad equivalente en las siguientes dimensiones:

- Transmisión multiplexada de varias señales de definición estándar en un mismo canal físico de 6 MHz de ancho de banda.
- Transmisión de una señal de alta definición.

Otro aspecto en el cual los estándares presentan flexibilidad y posibilidades de negocio equivalentes es el de los servicios interactivos complementarios a la televisión. Se trata de servicios como la guía electrónica de programas (EPG), noticias, información de deportes, supertexto, video a demanda, y de aplicaciones sincronizadas con el contenido de los programas (participación en concursos), comercio electrónico, mensajería, educación y salud.

En este aspecto, si bien hay diferencias entre el *middleware* usado por las distintas normas para proveer servicios interactivos, todas poseen plataformas adecuadas y en gran medida equivalentes. La norma ISDB-T soporta servicios interactivos. Para tal efecto, en Japón se desarrolló una plataforma basada en MHP y GEM<sup>53</sup>. En el caso de Brasil, el *middleware* responsable de los servicios interactivos es un desarrollo realizado por universidades brasileñas denominado *Ginga*<sup>54</sup>. *Ginga* es una especificación no propietaria, reconocida por la UIT, que comenzará a comercializarse a fines de 2009.

Para la provisión de servicios interactivos en DVB-T, el consorcio DVB desarrolló el estándar abierto MHP<sup>55</sup> (*Multimedia Home Platform*). MHP es un *middleware* que permite a los receptores ejecutar aplicaciones interactivas en Java, asegurando la compatibilidad entre distintas marcas y modelos.

En ATSC, los servicios interactivos son soportados por una plataforma de *middleware* denominada ACAP (*Advanced Common Application Platform*), la que provee un formato estandarizado para el desarrollo de aplicaciones interactivas, tal que estas puedan ser ejecutadas en receptores de variadas marcas y modelos. ACAP fue formalizado en el año 2005 e impulsado por la industria coreana. Este estándar es el resultado de la armonización de los estándares DASE (*DTV Application Software Environment*) y OCAP (*OpenCable Application Platform*) del consorcio CableLabs. La consideración

---

<sup>52</sup> En carta del 5 de Mayo de 2008 al presidente de la Comisión Multisectorial del Perú, ([http://www.mtc.gob.pe/portal/tdt/Documentos/ATSC\\_re%20mobile-handheld.pdf](http://www.mtc.gob.pe/portal/tdt/Documentos/ATSC_re%20mobile-handheld.pdf)), el presidente del ATSC Forum manifiesta que se encuentran en desarrollo dos soluciones para añadir capacidades móviles y portátiles a ATSC. Estas son MPH y VSB Avanzado. Se indica que las tecnologías se encuentran en fase de prueba y se espera comenzar su comercialización durante 2009.

<sup>53</sup> ARIB STD-B23 Versión 1.1-E1, "Application execution engine platform for digital broadcasting", [http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/6-STD-B23v1\\_1-E1.pdf](http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/6-STD-B23v1_1-E1.pdf)

<sup>54</sup> <http://www.ginga.org.br>

<sup>55</sup> <http://www.mhp.org>

del estándar OCAP implicó que ACAP también utilizara GEM (*Globally Executable MHP*, una sub-especificación de MHP), con lo cual los receptores de difusión por cable y aire resultan ser compatibles en términos de servicios interactivos.

Finalmente, el acceso condicional permite a los operadores ofrecer programación pay-per-view como parte de sus planes de negocios. En esta materia, ISDB-T, si bien no hay servicio terrestre de pago en Japón, el acceso condicional está normado por el estándar STD-B25 (*Conditional Access System Specifications for Digital Broadcasting*), de modo tal que los decodificadores incluyen de fábrica una ranura en la que se inserta una tarjeta electrónica que habilita el acceso a los servicios contratados. En el caso de DVB-T es el estándar que tiene más desarrollado el modelo de televisión de pago por transmisión terrestre, en países como Francia, España y Argentina.

En cuanto a aspectos que se consideran fundamentales para el desarrollo futuro del negocio de la televisión abierta en Chile y que cuentan con diferencias marcadas entre los tres estándares se han identificado los siguientes dos:

- Capacidad para transmitir a terminales portátiles
- Libertad para transar tasa de datos por área de cobertura

En términos de ambas características, ATSC presenta importantes desventajas con respecto a los estándares basados en modulación OFDM. Concretamente, el despliegue comercial de ATSC-M/H está en gestación y su éxito aún está por confirmarse. Esto constituye un factor de riesgo importante, particularmente en un escenario competitivo con alternativas (de pago) como MediaFLO.

Para el caso de DVB, la tendencia en Europa sugiere que se impondrá la variante de DVB-H a través de una infraestructura independiente de DVB-T, paralela a la televisión terrestre y en otras bandas de espectro. Este servicio se desarrolla principalmente como modelo de pago. Se trata así de una fuerza de mercado que obstaculiza el desarrollo masivo y de bajo costo de infraestructura que combine la capacidad de transmisiones de señales terrestres y portátiles, tal como teóricamente lo haría DVB-T/H (con una señal DVB-H presente en el múltiplex DVB-T).

Por su parte, la transmisión de televisión abierta a terminales portátiles, en canal de frecuencia propio del operador y utilizando su propia infraestructura, está en uso hoy en Japón mediante transmisión 1-seg. La penetración de este servicio de televisión en Japón alcanza a 60 millones de teléfonos móviles a la fecha, lo que muestra la aceptación del servicio entre los usuarios.

Finalmente, un elemento relevante en cuanto a flexibilidad y alternativas para el desarrollo del negocio televisivo es la posibilidad de realizar la transmisión con codificación MPEG-4, ya que permite hasta dos señales de video de alta definición en un canal de 6 MHz, mientras que MPEG-2 sólo permite una señal. En este sentido, ATSC no presenta experiencias de implementación con MPEG-4 en el mundo, mientras que DVB-T e ISDB-T sí. Por no haber demanda, no existen decodificadores ATSC/MPEG-4, lo que hace esta opción inviable. La Sección 4.4.1 entrega más detalles.

### **4.3. Costo y disponibilidad de equipos**

En la actualidad, en nuestro país existe un mercado competitivo de televisores, con amplia variedad de precios y modelos. Ello es, en gran medida, consecuencia de la apertura económica del país, que ha permitido la importación de equipos electrónicos con bajos aranceles de internación desde los principales mercados productores de equipamiento electrónico.



En el marco de la evaluación de los estándares es fundamental garantizar que los ciudadanos continúen disfrutando de una amplia variedad de marcas y modelos de televisores a bajos precios, a pesar de nuestro mercado nacional relativamente pequeño. En este sentido, es importante antes que nada entender la composición de los costos de un STB o televisor digital. A su vez, para ello es necesario definir claramente las distintas familias de productos que el mercado chileno deberá ofrecer a los telespectadores. Estos son descritos a continuación, seguido por una descripción de la composición de los costos cada tipo.

#### 4.3.1. Tipos de equipos

##### **Decodificadores (STB: Set-Top Box)**

Son equipos que se conectan a un televisor analógico existente, y que permiten recibir las señales de televisión digital y traducirlas a señales de televisión analógica. Estas últimas son alimentadas al televisor analógico para reproducidas en la pantalla y parlantes.

Existen varios tipos de decodificadores:

- Decodificador HD/SD. Se trata de un STB capaz de recibir y decodificar señales digitales de alta definición (HD) (o de definición estándar) y reducirlas a señales analógicas de definición estándar (SD), las que son reproducidas en el televisor analógico. Las señales analógicas entregadas por el decodificador pueden ser de radiofrecuencia (para ser alimentada a la entrada de antena del televisor analógico), o cualquiera de las normas habituales para interconexión de video analógico (RCA, S-VIDEO, etc.). Este tipo de decodificador será necesario para personas que posean un televisor analógico y que deseen continuar usándolo para ver contenido emitido por canales digitales.
- Decodificador HD/HD. Este tipo de STB recibe señales de alta definición y las entrega en formato digital de alta definición (como una salida HDMI) para ser alimentado a un televisor digital que no posee un receptor ISDB-T<sup>56</sup>.
- Decodificador SD/SD. Este tipo de STB solamente permite recibir contenido de televisión digital emitido en definición estándar. Es de uso común en Europa, donde la migración a televisión digital ocurrió en SD, pero no es de interés en Chile puesto que en nuestro país no existe restricción para desarrollar la alta definición.

##### **Televisores integrados**

Son televisores capaces de recibir señales de TV Digital de alta definición (HD) y de definición estándar (SD), y que además pueden sintonizar señales analógicas NTSC. Un televisor integrado puede ser imaginado como una pantalla equipada internamente con un STB HD/HD y un receptor analógico NTSC.

##### **Equipos con capacidades extendidas**

La naturaleza digital de las señales de audio y video permite fabricar STBs y televisores integrados con la capacidad para grabar programas para reproducción posterior. Esto se logra típicamente mediante la instalación de un disco duro al interior

---

<sup>56</sup> La mayoría de los televisores de pantalla plana que se venden en Chile no tiene incorporado receptores digitales, y aquella porción que la posee es del tipo ATSC.

del STB o televisor. Otra característica extendida de STBs y televisores es la capacidad para manejar contenido interactivo. En ambos casos, este tipo de equipamiento ha sido excluido del análisis de costos, puesto que se asume que el costo de dichas capacidades es independiente del estándar.

#### 4.3.2. Costos y precios de STBs

Fig. 2 en la Sección 3.1 se presentó la estructura general de un sistema de transmisión de televisión digital. La circuitería de los receptores, ya sea STBs o televisores integrados, realiza los cuatro pasos de la cadena en orden inverso (bloques de derecha a izquierda en la Fig. 2):

- recepción inalámbrica,
- demodulación y decodificación de canal,
- demultiplexación y
- decodificación de audio y video (MPEG-2 o MPEG-4).

El procesamiento de los 4 bloques está usualmente implementado en uno o dos circuitos integrados (*chips* o *chipsets*). El costo de estos chipsets representa aproximadamente un 50% del costo de un STB o del *receptor* de un televisor integrado. La otra mitad del costo es compartida entre memorias, entradas y salidas de señales, fuente de alimentación, placa circuital, unidad de control remoto y componentes misceláneas del circuito.

Del 50% correspondiente a los chipsets, una parte cercana a la mitad de aquella funcionalidad (estimación conservadora), la de los bloques de demultiplexación y decodificación de audio y video, es esencialmente idéntica entre los tres estándares, y por tanto no presenta diferencias de costo. Así, aproximadamente un 75% de la funcionalidad implementada en los receptores es común entre estándares. Luego, del 25% restante, una proporción cercana a la mitad (12.5% del total) corresponde al bloque de decodificación de canal. Se estima que una parte cercana al 80% de dicha funcionalidad (10% del total) es ya sea igual o de complejidad equivalente entre los estándares<sup>57</sup>. Se desprende de ello que la diferencia de costo entre los receptores de los distintos estándares yace en la implementación del restante 15% de funcionalidad (que corresponde principalmente a la modulación)<sup>58</sup>.

En términos monetarios, si un STB cuesta US\$50, el 15% es US\$7,5. Un supuesto realista es que esta cifra puede variar desde US\$ 5 para la norma más barata a US\$10 con la norma más cara. En cualquier caso, en mercados competitivos no es de esperar encontrar precios de STBs que fluctúen más de un 10% entre estándares. En efecto, se cotizó decodificadores DVB-T e ISDB-T con prestaciones idénticas a una variedad de fabricantes y se observa que los precios son muy similares<sup>59</sup>.

<sup>57</sup> Ver estudio de DICTUC, “Análisis de los estándares de transmisión de televisión digital terrestre y su aplicabilidad al medio nacional”, [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315173311/estudio\\_uc.pdf](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315173311/estudio_uc.pdf).

<sup>58</sup> Este ejercicio resulta consistente con lo expresado por ARIB-Japan (Association of Radio Industries and Businesses), en su carta de 20 de abril 2007,

[http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315175818/comments\\_chelean\\_govenment\\_diberg\\_ver4\\_200407.pdf](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315175818/comments_chelean_govenment_diberg_ver4_200407.pdf)

<sup>59</sup> Para una demanda esperada de 10.000 unidades se obtiene un precio FOB para el estándar DVB-T de US\$48,5 (HD Digital Technology, modelo HDT220A), mientras que para ISDB-T de US\$46 (Shenzhen JWL Electronic, modelo HD300).

Para el caso de STB básicos ISDB-T con MPEG-4 para nuestro mercado de 6 MHz y NTSC, se cotizó a los fabricantes Telesystem, Proview, Shenzhen JWL Electronic, COSHIP, HM Global Limited, Fortune (Shenzhen) /Gigatron(HK), MICO, Unionman Technology, Digital Telemedia (Jiuzhou Group Member), Shenzhen SDMC Microelectronics Eagle World Development (EWD) y Zinwell, tomando en consideración una demanda de 5.000, 10.000 y 50.000 unidades.

Los precios FOB más bajos obtenidos de estas cotizaciones para STB que reciben señales HD y despliegan HD y SD respectivamente, se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 1: Precios US\$ FOB mínimos para STB ISDB-T, MPEG-4, 6 MHz y NTSC

	5.000 unidades	10.000 unidades	50.000 unidades
<b>STB HD input/HD output</b>	46,5	46,0	43,0
<b>STB HD input/SD output</b>	39,8	39,0	38,0

#### 4.3.3. Costos y precios de televisores integrados

Es importante tener presente que en los televisores digitales modernos, de pantalla plana, que hoy dominan el mercado de televisores, el costo de la pantalla es sustantivamente superior al costo del receptor digital interno. En efecto, según lo informado por el MIC (Ministerio de Interior y Comunicaciones) de Japón<sup>60</sup>, el costo total de un televisor digital se puede dividir en aproximadamente un 70% por la pantalla misma y un 30% en otros materiales, donde el demodulador digital, que corresponde a la única parte donde la norma es relevante, representa sólo un 1% del costo total<sup>61</sup>.

Por lo anterior, los precios esperados de televisores estarán más relacionados con las prestaciones propias del tamaño, del tipo (CRT, LCD, Plasma o LED) y de la calidad de la pantalla (contraste, luminosidad, definición, etc.) que por el disponer o no de un sintonizador para la recepción de la señal digital. Asimismo, en el caso de comparar equipos de iguales prestaciones con sintonizador digital integrado, la norma que se haya elegido no afecta el precio de producción.

#### 4.3.4. Costo de equipos transmisores

Los equipos transmisores consisten de:

- Excitador (modulador digital)
- Amplificador de potencia
- Sistema de refrigeración

<sup>60</sup> Carta “Aclaraciones sobre el precio de STB para MPEG4”,

[http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315175818/stbpriceexplanationjapan090807.pdf](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20070315/asocfile/20070315175818/stbpriceexplanationjapan090807.pdf)

<sup>61</sup> Este valor se destaca en el “Resumen de la Disertación sobre el Sistema Japonés de Televisión Digital” del Colegio de Ingenieros Especialistas de Córdoba, <http://www.ingenieria.org.ar/images/pdf/tvdigital.pdf>



- Gabinete de montaje

De los elementos anteriores, solamente el modulador digital es dependiente del estándar. Consultas realizadas con un fabricante que suministra equipos de los tres estándares, el precio de venta es *idéntico* en los tres casos. Más aún, el precio es dominado por el amplificador de potencia. Para un transmisor de 800 W, el excitador representa un 17% del precio; para uno de 5000 W, el excitador representa un 8% del precio, y para un transmisor de 19 kW, el excitador representa apenas un 2% del precio.

#### 4.3.5. Disponibilidad de los equipos

Respecto de los tamaños de mercado de ATSC<sup>62</sup>, DVB-T<sup>63</sup> e ISDB-T<sup>64</sup> compatibles con nuestro legado analógico, y sobre las economías de escala que cada uno de ellos goza para garantizar la disponibilidad de equipos. A este respecto hay algunos puntos que notar:

- Todos los grandes fabricantes producen equipos para todas las normas (las Tablas 2 y 3 muestran ejemplos de ello).
- Para proveer a un determinado país, los fabricantes cotizan internamente entre sus plantas de producción y generan el pedido a la planta que ofrezca los menores costos unitarios de producción, transporte e internación (tratados de libre comercio). Así, los grandes fabricantes de televisores mundiales proveen a nuestro mercado con equipos provenientes principalmente de China, Taiwán, Corea del Sur y México.
- El legado analógico y la canalización son elementos que se configuran sin mayor costo en la línea de producción.

Estas observaciones, tomadas junto a la conclusión anterior que las diferencias de costos de equipos son pequeñas (STB) o despreciables (televisores integrados) entre estándares, lleva a concluir que en la práctica los costos y precios de los equipos tienen poco que ver con la norma utilizada. Así, independientemente de cuál sea el estándar adoptado, y considerando que nuestro mercado es competitivo, los vendedores de televisores seguirán importando desde los países que les permita minimizar los costos.

Un último punto a notar en materia de disponibilidad de equipos receptores es la existencia en cada estándar de decodificadores para MPEG-4. Al no existir despliegues de ATSC con MPEG-4 en el mundo, no hay demanda que justifique su producción, resultando inviable optar por ATSC con MPEG-4. En el caso de ISDB-T, las Tablas 1 y 2 evidencian la variedad de equipos MPEG-4 disponibles, lo cual promueve que sus precios sean competitivos.

---

<sup>62</sup> De acuerdo a la Unión Internacional de Telecomunicaciones, en el año 2002, el mercado de USA (254 millones), México (28,6 millones), Corea del Sur (19 millones) y Canadá (22,2 millones), representaban un total de 323,8 millones de televisores analógicos. Estos son los países que optaron por ATSC, que migran desde NTSC y tienen una canalización similar a la chilena.

<sup>63</sup> De acuerdo a la Unión Internacional de Telecomunicaciones, en el año 2003, el mercado de DVB-T con canalización de 6 MHz y migración desde NTSC, esto es, Taiwán (10 millones), Uruguay (1,3 millones) y Colombia (14 millones) representaban un total de 25,3 millones de televisores analógicos. Estos son los países que optaron por DVB-T, que migran desde NTSC y tienen una canalización similar a la chilena.

<sup>64</sup> De acuerdo a la Unión Internacional de Telecomunicaciones, en el año 2003, el mercado de Japón (107,5 millones), Brasil (65 millones), Argentina (12,4 millones) y Perú (5,5 millones) representaban un total de 190,4 millones de televisores analógicos. Estos son los países que optaron por ISDB-T y que migran con una canalización similar a la chilena.



#### 4.3.6. Disponibilidad de aparatos celulares

La materialización de transmisión de televisión digital a teléfonos celulares requerirá equipos que soporten el estándar de telefonía móvil local (en su mayoría GSM) y a la vez recepción 1-seg de ISDB-T. En este sentido, la adopción de ISDB-T por parte de Brasil, Perú y Argentina es altamente relevante, ya que los equipos destinados para esos mercados son compatibles con la tecnología de telefonía móvil utilizada en nuestro país.

#### 4.4. Evolución de los estándares

Una variable importante para la decisión de estándar es la perspectiva futura que exista sobre su evolución. Concretamente, es deseable que el estándar haya logrado, por un lado, madurez tecnológica, pero que por el otro lado permita ser adoptado con características técnicas y opciones tecnológicas de punta. La madurez tecnológica es necesaria porque es deseable adoptar una tecnología probada, mientras que la factibilidad de incluir tecnologías de última generación, como codificación MPEG-4 o transmisión a portátiles, minimiza el riesgo de una segunda migración digital, o al menos la pospone a un futuro lejano, permitiendo así una migración eficiente y exitosa. En términos de la madurez de los estándares, si bien hay diferencias en la calidad de la señal recibida, evidenciada por las pruebas de campo, los tres han demostrado factibilidad comercial para distribución de programación en alta definición a receptores fijos. El aspecto que los diferencia es la posibilidad de adoptar, hoy día, un estándar provisto de tecnologías de punta. Las secciones que siguen desarrollan esta idea en mayor detalle.

##### 4.4.1. Transmisión con codificación MPEG-4

La compresión MPEG-4 es utilizada en numerosas aplicaciones de video, tales como en servicios de televisión satelital, televisión portátil en teléfonos celulares, IPTV, consolas de juegos, DVD de alta definición (*blu-ray*) y cámaras de video digitales.

MPEG-4 ha sido introducido en algunos países del mundo para difusión de televisión digital terrestre mediante DVB-T<sup>65</sup>, pero la incorporación formal de MPEG-4 a un estándar DVB está considerada para DVB-T2. DVB-T2 se describe en mayor detalle en la Sección 4.5.2, pero en este punto basta mencionar que DVB-T2 no ha comenzado transmisiones comerciales aún.

En el caso de ISDB-T, si bien en Japón actualmente se utiliza la compresión MPEG-2, el país está realizando una “migración silenciosa”. Esta consiste en equipar de fábrica los televisores nuevos con decodificadores bi-norma (MPEG-2 y MPEG-4). Ello permite que la capacidad de recepción MPEG-4 se difunda en el país con el reemplazo natural de televisores, haciendo la transición de MPEG-2 a MPEG-4, en algún momento futuro, un proceso corto y de bajo impacto<sup>66</sup>. Es importante señalar que Brasil, Perú y Argentina optaron por compresión MPEG-4 sobre el estándar ISDB-T desde un comienzo.

---

<sup>65</sup> Francia, Noruega, Estonia, Taiwán y Nueva Zelanda.

<sup>66</sup> La migración en Japón también está siendo empujada por el uso de MPEG-4 en el servicio de TV satelital de pago y por la oferta de grabadores de video incorporados en los STBs, los que duplican el tiempo de grabación utilizando MPEG-4.

Finalmente, si bien es posible la emisión en ATSC con compresión MPEG-4, no ha existido interés por introducirla masivamente en el corto plazo.

Proveer la funcionalidad para decodificar MPEG-4 en un STB o televisor digital es actualmente más costoso que MPEG-2. Sin embargo, la economía de escala gozada por MPEG-4 debido a la gran cantidad de mercados adicionales a la televisión digital que la utilizan asegura que esta diferencia desaparecerá (y posiblemente se revertirá) en el corto plazo. En efecto, un estudio realizado por ABIresearch<sup>67</sup> estima que la producción de STBs con capacidad para decodificar MPEG-4 superará a la de decodificadores MPEG-2 a partir en 2010 (Fig. 8).

También cabe señalar que la gran mayoría de los países que recién están adoptando televisión digital comparten esta mirada de futuro y han elegido por ello el uso de compresión de video MPEG-4<sup>68</sup> para evitar el riesgo de una segunda migración digital cuyo costo deberán asumir los consumidores.

Finalmente, es claro que optar por una tecnología de compresión de video de punta, que permita duplicar la cantidad de contenidos y servicios en un mismo canal de 6 MHz, permitirá que la alta definición no desplace a la posibilidad de ofrecer una mayor diversidad de contenidos.

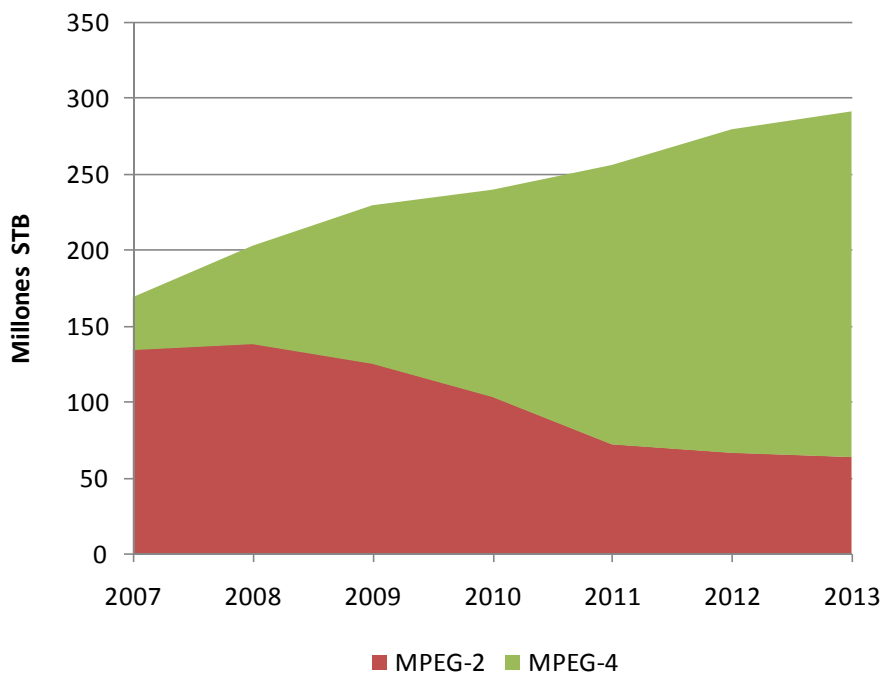


Figura 6: Proyección mundial de decodificadores STB (Fuente: ABIresearch).

Así, los motivos anteriores evidencian que adoptar la codificación MPEG-4 es una decisión lógica que

1. minimiza el riesgo de tener que hacer una segunda migración digital en el corto o mediano plazo,

<sup>67</sup> ABIresearch, “Global Set-Top Box Markets”, <http://www.abiresearch.com>, cuarto trimestre de 2007.

<sup>68</sup> Nos referimos a Brasil, Colombia, Perú, Argentina, Eslovaquia, Hungría, Irlanda, Rumania y Portugal.



2. potencia la variedad de contenido en alta definición y planes de negocio, y
3. no presenta, salvo en el muy corto plazo, un costo mayor para los teleespectadores.

#### 4.4.2. Evolución de DVB-T

En Europa como consecuencia de la escasez del espectro para la televisión digital, les ha impedido contar con alta definición como opera en EE.UU y Japón. Por ello, el consorcio DVB se encuentra desarrollando un nuevo estándar, denominado DVB-T2<sup>69</sup>, cuyo principal objetivo es mejorar en al menos un 30% la eficiencia espectral con respecto a DVB-T.

DVB-T2 está pensado para reutilizar eficientemente las frecuencias que serán liberadas en el futuro cercano por el apagón analógico. Esto se logrará utilizando técnicas de codificación de canal de última generación (códigos LDPC) y codificación MPEG-4. En la interfaz aérea, DVB-T2 utiliza OFDM, aunque con una mayor variedad de configuraciones posibles (Tabla 2).

Tabla 2: Comparación de la capa física de DVB-T2 con DVB-T.

	DVB-T	DVB-T2
<b>FEC</b>	<b>Convolutional Coding + Reed Solomon</b> 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	<b>LPDC + BCH</b> 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
<b>Modes</b>	<b>QPSK, 16QAM, 64QAM</b>	<b>QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM</b>
<b>Guard Interval</b>	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/256, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128
<b>FFT size</b>	2k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
<b>Scattered Pilots</b>	8% of total	1%, 2%, 4%, 8% of total
<b>Continual Pilots</b>	2.6% of total	0.35% of total

Es importante destacar que DVB-T2 no es retro-compatibile con DVB-T. Si bien se espera que DVB-T y DVB-T2 co-existan en “muchos mercados por muchos años” (DVB-T2 *Fact Sheet*, ver nota al pie), la evolución de DVB-T2 sin compatibilidad con DVB-T (salvo en términos de permitir el re-aprovechamiento de infraestructura de antenas y cables domiciliarios<sup>70</sup>) arroja una sombra de duda sobre el futuro de mediano y largo plazo de DVB-T.

La publicación del estándar DVB-T2 definitivo es inminente. El primer país en desplegar DVB-T2 será el Reino Unido, que espera comenzar transmisiones comerciales a fines de 2009.

Es interesante destacar que DVB considera a DVB-T2 como un estándar diseñado para un ambiente post-apagón analógico (“Nivel II”), en los que ya hay servicios DVB-T bien establecidos<sup>71</sup>. Esto es consistente con un estudio de *Spectrum Value Partners*<sup>72</sup>. DVB también señala que una transición directa desde un régimen analógico a DVB-T2 no es aconsejable, y que

<sup>69</sup> [http://www.dvb.org/technology/fact\\_sheets/DVB-T2-Fact-Sheet.0409.pdf](http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/DVB-T2-Fact-Sheet.0409.pdf)

<sup>70</sup> DVB, “Commercial Requirement for DVB-T2, [http://www.dvb.org/technology/dvbt2/a114.cm0831r1.CRs\\_DVB-T2.pdf](http://www.dvb.org/technology/dvbt2/a114.cm0831r1.CRs_DVB-T2.pdf).

<sup>71</sup> <http://www.dvb.org/technology/dvbt2/index.xml>

<sup>72</sup> Spectrum Value Partners, “Broadcast migration study”, [http://www.gsmworld.com/documents/08.10.10\\_Broadcast\\_migration\\_study\\_-\\_Optimising\\_DTT\\_Delivery\\_in\\_Europe.pdf](http://www.gsmworld.com/documents/08.10.10_Broadcast_migration_study_-_Optimising_DTT_Delivery_in_Europe.pdf)



la disponibilidad de equipos recién comenzará en 2010 (según DVB) o 2011 (según *Spectrum Value Partners*), a precios relativamente altos.

#### 4.4.3. Evolución de ATSC

Los desarrollos en curso para ATSC están principalmente enfocados en lograr servicios a terminales portátiles (ver Sección 4.1.4). Si bien el objetivo es técnicamente complejo tomando en consideración la técnica de transmisión de este estándar, la evolución será compatible con el actual estándar, de acuerdo lo señalado por documentos oficiales de ATSC<sup>73</sup>.

#### 4.4.4. Evolución de ISDB-T

Respecto de ISDB-T, no hay anuncios oficiales de nuevas versiones del estándar. Esto se debe principalmente a que fue el último en ser desarrollado y ha incorporado desde un comienzo soluciones a los problemas que actualmente están forzando nuevos desarrollos en DVB-T y ATSC. Se está trabajando en el desarrollo de ISDB-Tmm (*Terrestrial mobile multimedia*)<sup>74</sup>, que utilizará algunos segmentos de ISDB-T con codificación MPEG-4 (AVC/H.264) para el desarrollo de servicio de *mobile multimedia broadcasting* en la banda VHF en Japón luego del apagón analógico en Julio de 2011.

Retomando la idea enunciada al comienzo de esta sección en cuanto a que el aspecto que diferencia a los tres estándares en términos de su evolución futura es la posibilidad de adoptar, hoy día, un estándar provisto de tecnologías de punta que permitan una migración eficiente a la era digital, es evidente que ISDB-T supera a los otros dos en este criterio.

---

<sup>73</sup> ATSC Mobile Candidate Standard: [http://www.atsc.org/standards/cs\\_documents/a153-2009-09-10/S4-130r16-A153-Part-1-ATSC-M-H.pdf](http://www.atsc.org/standards/cs_documents/a153-2009-09-10/S4-130r16-A153-Part-1-ATSC-M-H.pdf)

<sup>74</sup> Más detalle en 3-1 ISDB-Tmm.pdf en [http://www.subtel.cl/prontus\\_tvd/site/artic/20080225/asocfile/20080225113043/isdb\\_t.rar](http://www.subtel.cl/prontus_tvd/site/artic/20080225/asocfile/20080225113043/isdb_t.rar)



## 5. Conclusiones

En vista y considerando que ISDB-T:

1. presenta un desempeño marcadamente superior que DVB-T y ATSC en la calidad de la señal entregada al usuario, evidenciado tanto en teoría como en la práctica,
2. tiene capacidad para transmitir programación en alta definición,
3. a diferencia de DVB-T y a ATSC posee una tecnología probada y en operación para transmisión a portátiles,
4. ofrece flexibilidad de configuración para desarrollar nuevos modelos de negocio,
5. puede ser implementado con codificación MPEG-4, para lo cual la disponibilidad de dispositivos está garantizada,
6. los precios de dichos equipos no son mayores que aquellos para DVB-T y ATSC,
7. no presenta incertidumbres relevantes o riesgos en su evolución de corto y mediano plazo,

se ha decidido adoptar la norma ISDB-T con codificación MPEG-4 para la televisión digital terrestre en Chile.