

Dynamic Spectrum Alliance Limited

21 St Thomas Street
Bristol BS1 6JS
United Kingdom

<http://www.dynamicspectrumalliance.org>

3855 SW 153rd Drive
Beaverton, OR 97006
United States



Normas y reglamentación técnica sugerida para el uso de Espacios Blancos de televisión (*TV White Space*)

Disclaimer: *This Spanish version of the model rules are a translation from the original English version located at <http://dynamicspectrumalliance.org/regulations/>, and were prepared with the utmost care. Given minor regional syntactic and semantic differences among some Spanish-speaking countries, unintentional discrepancies may occur in the translations. Please contact admin@dynamicspectrumalliance.org with any questions you may have in relation to any translated text.*

Exoneración de responsabilidad: *La versión en español de estas normas modelo es una traducción de la versión original en inglés, que se encuentra disponible en <http://dynamicspectrumalliance.org/regulations/>, la cual fue preparada con el mayor cuidado. Dadas las diferencias sintácticas y semánticas que existen entre algunos de los países de habla hispana, puede ser que existan pequeñas discrepancias no intencionales en las traducciones. Por favor contacte a admin@dynamicspectrumalliance.org si tiene alguna pregunta relacionada con el texto traducido.*

Dynamic Spectrum Alliance

§ 1 Frecuencias de operación permitidas

- a) Los dispositivos de Espacios Blancos (“DEBs”) (*White space devices*) podrán operar exentos de licencia, sujeto a que cumplan con los requisitos de protección de interferencia establecidos en estas normas.
- b) Los DEBs podrán operar en las bandas de frecuencia de difusión de televisión, así como en cualquier otra banda de frecuencia asignada por [el Regulador].
- c) Los DEBs solo deberán operar en las frecuencias disponibles, establecidas de conformidad con los mecanismos para evitar interferencias establecidos en §2.
- d) Los DEBs Cliente solo deberán operar en las frecuencias disponibles determinadas en la base de datos y provistas por medio de un dispositivo Maestro (*master*) de Espacios Blancos según lo establecido en la §3(f).

§ 2 Protección de servicios incumbentes con licencia (*Licensed Incumbent Services*)

La disponibilidad de las frecuencias a ser usadas por los DEBs podrá ser determinada con base en el método de geolocalización y base de datos descrito en §3 o con base en el método de detección de espectro descrito en §6.1.

§ 3 Geolocalización y acceso a base de datos

- (a) Un DEBs podrá depender del mecanismo de geolocalización y acceso a base de datos descrito en esta sección para identificar las frecuencias disponibles.
 - (b) Determinación de geolocalización para DEBs.
 - (1) Las coordenadas geográficas de un DEBs Fijo deberán ser determinadas con una exactitud de ± 50 metros, bien sea mediante geolocalización automatizada o por un instalador profesional. Las coordenadas geográficas de un DEBs Fijo deberán ser determinadas al momento de la instalación y primera activación del dispositivo, y esta información deberá ser resguardada por el dispositivo. Si el DEBs Fijo es movido a otra localización o si sus coordenadas resguardadas son alteradas, el operador deberá reestablecer la ubicación geográfica del dispositivo, bien sea mediante la geolocalización automatizada o mediante los servicios de un instalador profesional.
-

- (2) Un dispositivo Maestro personal/portátil deberá utilizar la geolocalización automatizada para determinar su ubicación. El dispositivo deberá reportar sus coordenadas geográficas, así como la exactitud de su capacidad de geolocalización (por ej. +/- 50 metros, +/- 100 metros), a la base de datos. Un dispositivo maestro personal/portátil deberá reestablecer también su posición cada vez que sea activado desde una posición de apagado y utilizar su capacidad de geolocalización para revisar su ubicación al menos una vez cada 60 segundos mientras esté en operación, salvo cuando se encuentre en un modo de reposo (*sleep*), es decir, un modo en el cual el dispositivo está inactivo, pero prendido.
- (c) Determinación de frecuencias disponibles y máxima potencia de transmisión.
- (1) Los Dispositivos Maestros deberán acceder a una base de datos de geolocalización asignada por [el Regulador] por Internet para determinar las frecuencias y máxima potencia de transmisión disponible en las coordenadas geográficas del dispositivo. Esta base de datos en Internet determinará las frecuencias disponibles y máxima potencia de transmisión con base en el algoritmo descrito en §4. No obstante, en ningún caso deberá la máxima potencia de transmisión exceder los valores provistos en §7.
 - (2) Los Dispositivos Maestro deberán proveer una base de datos con las coordenadas geográficas del dispositivo en formato WGS84, un código alfanumérico único provisto por el fabricante que identifique la marca y modelo del número del modelo del dispositivo, y un identificador de dispositivo único tal como un número de serie. Los Dispositivos Maestro fijos también deberán proveer a la base de datos la altura de la antena transmisora especificada en metros por encima del nivel del terreno o por encima de la media del nivel del mar.
 - (3) Cuando se determinen frecuencias de operación y máxima potencia de transmisión, la base de datos de geolocalización también podrá tener en cuenta información adicional voluntaria provista por un DEB Maestro acerca de sus parámetros de operación, e indicar al DEB la disponibilidad de diferentes frecuencias y/o una máxima potencia de transmisión más alta con base en esta información adicional.
 - (4) La operación del DEB en un rango de frecuencia deberá dejar de transmisor inmediatamente si la base de datos indica que las frecuencias ya no se encuentran disponibles.
 - (5) Un dispositivo maestro personal/portátil deberá acceder a una base de datos de geolocalización según lo descrito en el párrafo (c)(1) para re-verificar la base de datos con el fin de establecer qué frecuencias y máxima potencia de transmisión están disponibles cuando: (1) el dispositivo cambie de ubicación por más de 100 metros de la localización desde la que accedió por última vez, o (2) el dispositivo sea activado desde la posición de apagado.
 - (6) Un DEB maestro personal/portátil podrá cargar la información de disponibilidad de frecuencias para ubicaciones múltiples, es decir, en la vecindad de su ubicación actual, y utilizar esta información en su operación. Un DEB maestro personal/portátil podrá utilizar tal información de frecuencia disponible para definir el área geográfica dentro de la cual podrá operar en las

mismas frecuencias disponibles en todas las localizaciones; por ejemplo, un DEB maestro podrá calcular un área delimitada en la cual haya frecuencias disponibles en todas las localizaciones dentro del área, y operar sobre una base móvil dentro de ese área. Un DEB maestro usando tal información de disponibilidad de frecuencia para múltiples localizaciones deberá contactar a la base de datos de nuevo si/cuando se mueva más allá de los límites del área en donde los datos de disponibilidad de frecuencia sean válidos, y deberá acceder la base de datos diariamente, aún si no se ha movido más allá de ese rango, para verificar que las frecuencias que están operando continúan estando disponibles. La operación deberá cesar inmediatamente si la base de datos indica que las frecuencias ya no están disponibles.

- (d) Validez en el tiempo y requisitos de re-verificación. Una base de datos de geolocalización deberá proveerle a los Dispositivos Maestro un periodo de tiempo de validez para las frecuencias de operación y valores de máxima potencia de transmisión descritos en el parágrafo (c).
- (e) Registro del dispositivo fijo.
 - (1) Antes de operar por primera vez o luego de cambiar de ubicación, un DEB fijo deberá registrarse con una base de datos, proporcionando la información listada en el parágrafo (e)(3) de esta sección.
 - (2) La parte responsable de un DEB fijo deberá garantizar que una base de datos tenga la información más actualizada para ese dispositivo.
 - (3) La base de datos deberá contener la siguiente información para los DEBs fijos:
 - (i) Un código alfanumérico único suministrado por el fabricante que identifique la marca y modelo del dispositivo [en las jurisdicciones que requieran un número de identificación de certificación, podrá usarse el número de identificación];
 - (ii) Número de serie del dispositivo del fabricante;
 - (iii) Coordenadas geográficas del dispositivo (latitud y longitud (WSG84))
 - (iv) Altura de la antena del dispositivo por encima del nivel del terreno o media por encima del nivel del mar (metros);
 - (v) Nombre del individuo o negocio que es propietario del dispositivo;
 - (vi) Nombre de la persona de contacto responsable por la operación del dispositivo;
 - (vii) Dirección de la persona de contacto;
 - (viii) Dirección de correo electrónico de la persona de contacto;
 - (ix) Teléfono de la persona de contacto.
- (f) Operación del dispositivo cliente.
 - (1) Un DEB cliente solo podrá transmitir cuando reciba una lista de frecuencias disponibles y límites de potencia de un DEB maestro que haya contactado a una base de datos. Para iniciar el contacto con un dispositivo maestro, un dispositivo cliente podrá transmitir en las frecuencias disponibles utilizadas por el DEB maestro o en frecuencias que el DEB maestro indique que están

disponibles para uso por un dispositivo cliente bajo señal buscando tales contactos. Un DEB cliente podrá, opcionalmente, proveer información adicional acerca de sus parámetros de operación a un dispositivo maestro que podrá ser tomada en cuenta por la base de datos cuando determine las frecuencias disponibles y/o la máxima potencia de transmisión para el dispositivo cliente. El dispositivo cliente deberá también proveerle al dispositivo maestro un código alfanumérico único provisto por el fabricante que identifique la marca y modelo del dispositivo cliente, que será provisto a una base de datos de geolocalización.

- (2) Al menos una vez cada 60 segundos, salvo cuando se encuentre en modo de reposo (*sleep*), es decir en un modo en el cual un dispositivo esté inactivo pero no esté apagado, un dispositivo cliente deberá comunicarse con un dispositivo maestro, que podrá incluir contactar al dispositivo maestro para re-verificar/re-establecer la disponibilidad de frecuencia o recibir una señal de verificación de contacto del dispositivo maestro que proporcionó su lista actual de frecuencias disponibles. Un dispositivo cliente deberá cesar de operar inmediatamente si no se ha comunicado con el dispositivo maestro según lo descrito arriba luego de que hayan transcurrido más de 60 segundos. Adicionalmente, un dispositivo cliente deberá re-verificar/re-establecer contacto con un dispositivo maestro para obtener una lista de frecuencias disponibles si el dispositivo cliente reanuda la operación desde una condición de apagado. Si un dispositivo maestro pierde potencia y obtiene una nueva lista de frecuencias, deberá enviar una señal a todos los dispositivos clientes que está atendiendo para que éstos adquieran una nueva lista de frecuencias.
- (g) Dispositivo fijos sin conexión directa a Internet. Si un DEB fijo no tiene una conexión directa a Internet y no ha sido prendido aún, ni se ha comunicado con una base de datos de geolocalización consistente con esta sección, pero puede recibir transmisiones de un DEB maestro, el DEB fijo que necesite ser prendido podrá transmitir al DEB maestro, bien sea en una banda de frecuencia en la que el DEB maestro haya transmitido o en una banda de frecuencia que el DEB maestro indique que está disponible para uso para acceder a la base de datos de geolocalización, para que reciba la lista de frecuencias y niveles de potencia que están disponibles para ser usados por el DEB fijo. Los dispositivos fijos que necesiten ser prendidos deberán transmitir en los niveles de potencia especificados bajo los requisitos técnicos de estas reglas para las bandas de frecuencia aplicables. Luego de que se haya comunicado con la base de datos, el DEB fijo deberá entonces utilizar solo las frecuencias y niveles de potencia que la base de datos indique que están disponibles para que éste utilice.
- (h) Seguridad.
- (1) Con el fin de obtener una lista de las frecuencias disponibles y asuntos relacionados, los DEB maestros deberán ser capaces de contactar solo a aquellas bases de datos de geolocalización operadas por los administradores autorizados por [el Regulador].
 - (2) Las comunicaciones entre los DEBs y las bases de datos de geolocalización deberán ser transmitidas utilizando métodos seguros que protejan contra la corrupción o modificación no autorizada de los datos. Este requisito también

aplica a las comunicaciones de disponibilidad de frecuencia y otra información de acceso a espectro entre Dispositivos Maestro.

- (3) Las comunicaciones entre un dispositivo cliente y un dispositivo maestro con propósitos de obtener una lista de frecuencias disponibles deberá emplear métodos seguros para proteger contra la corrupción o modificación no autorizada de datos. La señal de verificación de contactos transmitida a los dispositivos cliente deberá ser codificada para proteger la identidad del dispositivo transmisor. Los dispositivos cliente utilizando una señal de verificación de contactos deberán aceptar como válida para autorización solo las señales del dispositivo del que obtuvieron su lista de frecuencias disponibles.
- (4) La(s) base(s) de datos de geolocalización deberá(n) estar protegida(s) contra la entrada de datos no autorizada o la alteración de los datos almacenados. Para proveer esta protección, un administrador de la base de datos deberá establecer procedimientos de autenticación de comunicaciones que le permitan a los Dispositivos Maestro garantizar que los datos que reciben provengan de una fuente autorizada.

§ 4 Algoritmo de la base de datos

- (a) La entrada a una base de datos de geolocalización será la información posicional de un DEB maestro, un código de clasificación, u otra información que caracterice el desempeño de las emisiones de un dispositivo,² la altura de la antena transmisora para los Dispositivos Maestro fijos y el uso por parte de los titulares licenciados en o cerca del área geográfica de operación del DEB. La base de datos podrá, a su discreción, aceptar información adicional acerca de los parámetros de operación del DEB. La base de datos proveerá una lista de las frecuencias disponibles y potencias de radiofrecuencia asociadas a los DEBs de conformidad con (1) el algoritmo provisto en los Anexos A y B, o (2) el algoritmo provisto en el Anexo D. El Anexo C proporciona la guía para implementar cualquiera de los algoritmos.³

² El *European Telecommunications Standards Institute – ETSI* (Instituto Europeo de Estándares para Telecomunicaciones) define cinco clases diferentes máscaras para emisiones. Si está disponible, esta información deberá ser provista a la base de datos. Si no, el dispositivo podrá proveer su desempeño de emisiones a la base de datos en otro formato. Si un dispositivo es lo suficientemente sofisticado para modificar su perfil de emisiones dinámicamente, entonces los Regulador es podrán considerar un enfoque en el cual la base de datos provea un nivel de potencia máxima por canal y entonces el dispositivo garantizará – con base en su perfil de emisiones – que cae por debajo del techo provisto por la base de datos.

³ La DSA apoya los modelos que protegen a los titulares pero que maximizan la utilización del espectro. Con este propósito, apoya los modelos que utilizan modelos punto a punto. Adicionalmente, apoya a los modelos que tienen en cuenta la variabilidad del terreno para calcular la propagación y disponibilidad del espectro. Los Anexos A y B describen el modelo que cumple con estos criterios. Éste se basa en el modelo de propagación *Longley-Rice*. No

- (b) La información acerca del uso por titulares licenciados será provista generalmente de la información contenida en las bases de datos [del Regulador].
- (c) Cualquier instalación que [el Regulador] determine que tiene derecho a protección, pero que no esté contenida en las bases de datos [del Regulador] deberá poder registrarse con una base de datos de geolocalización de conformidad con lo dispuesto en §5.

§ 5 Administrador de la base de datos

- (a) Responsabilidades del administrador de la base de datos. [El Regulador] designará una entidad pública o múltiples entidades privadas para que administren la(s) base(s) de datos de geolocalización. Cada administrador de la base de datos de geolocalización designada por [el Regulador] deberá:
 - (1) Mantener una base de datos que contenga información acerca de los servicios incumbentes con licencia que se deben proteger.
 - (2) Implementar algoritmos de propagación y parámetros de interferencia emitidos por [el Regulador] de conformidad con § 4 para calcular los parámetros de operación para los DEBs en una ubicación determinada. Alternativamente, un operador de una base de datos podrá implementar otros algoritmos y otros parámetros de interferencia que podrán ser mostrados para que devuelvan resultados que provean al menos la misma protección a los servicios incumbentes con licencia que aquellos provistos por [el Regulador]. Los operadores de la base de datos actualizarán los algoritmos o valores de los parámetros que hayan sido provistos por [el Regulador] luego de recibir notificación [del Regulador] de que deberán hacerlo.
 - (3) Establecer un proceso para adquirir y almacenar en la base de datos la información necesaria y precisa de las bases de datos [del Regulador] y sincronizar la base de datos con las bases de datos actuales [del Regulador] al menos una vez a la semana, para incluir instalaciones recientemente licenciadas o cualquier cambio a las instalaciones licenciadas.
 - (4) Establecer un proceso para que el administrador de la base de datos registre los DEBs fijos.
 - (5) Establecer un proceso para que el administrador de la base de datos incluya en la base de datos de geolocalización cualquier instalación que [el Regulador] determine tiene derecho a protección pero que no esté contenida en una base de datos mantenida por [el Regulador].
 - (6) Proporcionar información precisa relacionada con frecuencias de operación permitidas y máxima potencia de transmisión disponible en las coordenadas geográficas del DEB, con base en la información provista por el dispositivo de acuerdo con § 3(c). Los operadores de la base de datos podrán permitir a los

obstante, la DSA cree que la ITU-R. P-1812 también es un modelo de propagación aceptable para este fin. Los detalles relacionados con la ITU-R. P-1812 se establecen en el Anexo D. Otros modelos pueden ser también apropiados, provisto que usen cálculos punto a punto y tomen en cuenta la variabilidad del terreno.

operadores potenciales de los DEBs consultar la base de datos y determinar si hay frecuencias vacantes en una ubicación particular.

- (7) Establecer protocolos y procedimientos para garantizar que las comunicaciones e interacciones entre la base de datos y los DEBs son precisas y seguras, y que partes no autorizadas no podrán acceder o alterar la base de datos o la lista de frecuencias disponibles enviadas a un DEB.
 - (8) Responder a tiempo para verificar, corregir y/o remover, según sea apropiado, los datos en caso de que [el Regulador] o un tercero traiga a su atención un reclamo por imprecisiones en la base de datos. Este requisito solo aplica a la información que [el Regulador] requiera que se almacene en la base de datos.
 - (9) Transferir su base de datos, junto con la lista de DEBs fijos registrados, a otra entidad designada, en el evento de que no continúe como administrador de la base de datos al finalizar su término. Podrá cobrar un precio razonable por tal traspaso.
 - (10) La base de datos deberá tener una funcionalidad tal que a solicitud [del Regulador] pueda indicar que no hay frecuencias disponibles cuando sea consultado por un DEB específico o modelo de DEBs.
 - (11) Si más de una base de datos es desarrollada para una banda de frecuencia particular, el administrador de la base de datos para esa banda deberá cooperar para desarrollar un proceso estandarizado para proveer diariamente o más a menudo, los datos recolectados para las instalaciones listadas en el subparágrafo (5) a todas las bases de datos de DEBs, para garantizar la consistencia en los registros de las instalaciones protegidas.
- (b) No-discriminación y tarifas de administración.
- (1) Las bases de datos de geolocalización no deberán discriminar entre dispositivos para proveer los niveles de información mínimos. No obstante, podrán proveer información adicional a cierta clase de dispositivos.
 - (2) Un administrador de la base de datos podrá cobrar una tarifa por la provisión de las listas de frecuencias disponibles a los DEBs fijos y personales/portátiles [y por registrar los DEBs fijos].
 - (3) A solicitud, [el Regulador], podrá revisar las tarifas y podrá requerir cambios a esas tarifas si encuentra que son excesivas.

§ 6 Detección de espectro en las bandas de frecuencia de radiodifusión

- (a) Las partes podrán presentar aplicaciones para autorización de DEBs que dependan de detección de espectro, para identificar las frecuencias disponibles en las bandas de frecuencia de televisión. Los DEBs autorizados de conformidad con esta sección deberán demostrar que no causarán interferencias dañinas a los servicios incumbentes con licencia en esas bandas.
- (b) Las aplicaciones deberán presentar un DEB de pre producción que sea eléctricamente idéntico al DEB que se espera ser promocionado, junto con la explicación completa de cómo el DEB protegerá a los licenciatarios titulares contra las interferencias dañinas. Los solicitantes podrán pedir que las porciones

de información comercialmente sensible de una aplicación sean tratadas como información confidencial.

- (c) Proceso de aplicación y determinación de parámetros de operación.
- (1) Cuando se reciba una aplicación presentada bajo esta sección, [el Regulador] desarrollará los procedimientos de prueba y metodologías propuestas para el DEB de pre producción. [El Regulador] pondrá a disposición para revisión por parte del público la aplicación y el plan de prueba propuesto, y le dará al público la oportunidad de comentar.
 - (2) [El Regulador] realizará pruebas de campo y laboratorio del DEB de pre producción. Estas pruebas serán realizadas para evaluar la prueba de desempeño del DEB, incluyendo la caracterización de sus capacidades de detección y su potencial de interferencia. Las pruebas serán abiertas al público.
 - (3) Luego de completar las pruebas, [el Regulador] expedirá un reporte de pruebas, incluyendo recomendaciones para los parámetros de operación descritos en el subpárrafo (c)(4), y le dará al público la oportunidad de comentar.
 - (4) Luego de completar las pruebas y de un periodo razonable para que el público comente, [el Regulador] deberá determinar los parámetros de operación para la producción del DEB, incluyendo la máxima potencia de transmisión y los umbrales de detección mínimos, que sean suficientes para permitirle al DEB confiadamente evitar interferir dañinamente con los servicios titulares.⁴
- (d) Otros requisitos de detección. Todos los DEBs que dependan de la detección de espectro deberán implementar los siguientes requisitos adicionales:
- (1) Tiempo de revisión de la disponibilidad de frecuencia. Un DEB podrá comenzar a operar en una banda de frecuencia si no se detectan señales de dispositivos licenciatarios titulares por encima del umbral de detección contenidos en el subpárrafo (c) dentro de un intervalo de tiempo mínimo de 30 segundos.
 - (2) Monitoreo al interior del servicio (*in-service monitoring*). Un DEB deberá realizar monitoreo al interior del servicio de las frecuencias utilizadas por el DEB al menos una vez cada 60 segundos. No hay un tiempo de revisión mínimo de disponibilidad de frecuencia para el monitoreo dentro del servicio.
 - (3) Tiempo para moverse de frecuencia. Tras detectar una señal de un dispositivo licenciatario titular en un rango de frecuencia utilizado por el DEB, todas las transmisiones del DEB deberán cesar dentro de dos segundos.

⁴ En el contexto de servicios de teledifusión, los Socios sugieren que interferir en forma dañina con una señal de televisión que sea *visible de otra forma* no sería permitido bajo estos lineamientos.

§ 7 Requisitos técnicos para DEBs operando en las bandas de frecuencia de televisión

- (a) Niveles de potencia máxima.
- (1) Los DEBs que dependan del método de geolocalización y base de datos para determinar la disponibilidad de canal podrán transmitir utilizando los niveles de potencia provistos por la base de datos de conformidad con § 4. No obstante, la potencia máxima conducida entregada al sistema de antena para los DEBs nunca deberá exceder de los siguientes valores:
- (i) La potencia conducida máxima entregada al sistema de antena no deberá exceder de 16.2 dBm/100 kHz⁵.⁶ Si se utilizan antenas transmisoras de ganancia direccional de más de 6 dBi, este nivel de potencia conducido deberá ser reducido por el monto en dB que exceda la ganancia direccional 6 dBi.
- (ii) Los dispositivos DEBs personales/portátiles deberán ser tratados de igual forma que los dispositivos fijos, salvo⁷:
- a. Si el DEB personal/portátil no reporta su información de altura, será tratado como un dispositivo fijo operando a 1,5 metros por encima del terreno.
- b. Si el DEB personal/portátil reporta su información de altura, y esa altura es de más de 3 metros por encima del terreno, se podrá permitir una potencia adicional de 7 dB por encima de lo que es permitido para los dispositivo fijos.
- (iii) Los DEBs fijos que se comuniquen con un DEB maestro con el fin de establecer un contacto inicial con una base de datos de geolocalización de conformidad con § 3 (g) podrán transmitir utilizando los niveles de potencia máxima en este parágrafo aplicables a los DEBs personales/portátiles.
- (2) Los DEBs que dependan del método de detección de espectro para determinar la disponibilidad de canales podrán transmitir 50 mW por [tamaño de canal de

⁵ Un ensayo realizado en Cape Town, Sudáfrica, en la cual participaron varios miembros de la DSA, operó a 4W inmediatamente adyacente a las operaciones de difusión, y no se detectó interferencia. El nivel de potencia recomendado en estas normas corresponde con el máximo de 10W de potencia isotrópica radiada efectiva (EIRP) en un canal de 6 MHz. En despliegues actuales, es más posible que la potencia se vea limitada aún más por la operación de titulares y por el perfil de emisiones del dispositivo.

⁶ El cálculo de máxima potencia conducida bajo esta norma deberá tener en cuenta la potencia transmisora radioeléctrica, así como la pérdida del cable y los conectores.

⁷ Según las normas técnicas propuestas de Ofcom, se presume que los dispositivos portátiles localizados a más de dos metros por encima de la tierra se encuentran adentro (*indoor*). El ajuste de potencia adicional explica la pérdida por edificio.

televisión] y -0.4 dBm/100KHz de potencia isotrópica radiada efectiva (EIRP, por su sigla en inglés).

§ 8 Definiciones.

- (a) *Frecuencia disponible*. Un rango de frecuencia que no está siendo utilizado por un servicio titular autorizado en o cerca de la misma localización geográfica que el DEB y que es aceptable para ser utilizada por el dispositivo exento de licencia de acuerdo con las disposiciones de esta subparte. Tales frecuencias también se conocen como Frecuencias de Espacios Blancos (*White Space Frequencies - WSFs*).
- (b) *Dispositivo cliente*. Un DEB personal/portátil que no utiliza una capacidad de geolocalización y acceso a base de datos de geolocalización automática para obtener una lista de frecuencias disponibles. Un dispositivo cliente deberá obtener del dispositivo maestro una lista de frecuencias disponibles sobre las cuales operar. Un dispositivo cliente no podrá iniciar una red de DEBs personales/portátiles y/o fijos ni podrá proporcionar una lista de frecuencias disponibles a otro dispositivo cliente para operación por tal dispositivo.
- (c) *Señal de verificación de contacto*. Una señal de difusión codificada por un dispositivo maestro para recepción por dispositivos cliente a los cuales el dispositivo maestro ha provisto una lista de frecuencias disponibles para operación. El propósito de esta señal es establecer que el dispositivo cliente se encuentra aún en el rango de recepción del dispositivo maestro con el fin de validar la lista de frecuencias disponibles usadas por el dispositivo cliente y deberá ser codificada para garantizar que la señal se origina del dispositivo que proporcionó la lista de frecuencias disponibles. Un dispositivo cliente podrá responder solo a la señal de verificación de contacto del dispositivo maestro que proporcionó la lista de frecuencias disponibles en la cual opera. Un dispositivo maestro deberá proveer la información que necesita un dispositivo cliente para codificar la señal de verificación de contacto al mismo tiempo que provee la lista de frecuencias disponibles.
- (d) *Dispositivo fijo*. Un DEB que transmite y/o recibe señales de radiocomunicación de una localización fija específica. Un DEB fijo podrá seleccionar por si mismo frecuencias para operar de una lista de frecuencias disponibles provistas por una base de datos de geolocalización e iniciar y operar una red enviando señales de habilitación a uno o más DEBs fijos y/o DEBs personales/portátiles.
- (e) *Capacidad de geolocalización*. La capacidad de un DEB para determinar sus coordenadas geográficas en formato WGS84. Esta capacidad es usada con una base de datos de geolocalización aprobada por [el Regulador] para determinar la disponibilidad de las frecuencias en la localización de un DEB.
- (f) *Dispositivo maestro*. Un DEB personal/portátil o fijo que usa una capacidad de geolocalización y acceso a base de datos de geolocalización, ya sea mediante una conexión directa a Internet o a través de una conexión indirecta a Internet, mediante la conexión a otro dispositivo maestro, para obtener una lista de frecuencias disponibles. Un dispositivo maestro podrá seleccionar un rango de

frecuencias de la lista de frecuencias disponibles e iniciar y operar como parte de una red de DEBs, transmitiendo a y recibiendo de uno o más DEB. Un dispositivo maestro podrá también habilitar a dispositivos cliente para que accedan a frecuencias disponibles mediante: (1) una consulta a una base de datos para obtener la información relevante y luego servir como una base de datos *proxy* para los dispositivos cliente con los cuales se comunica; o (2) transmitiendo información entre un dispositivo cliente y una base de datos para proporcionar una lista de frecuencias disponibles al dispositivo cliente.

- (g) *Iniciación de red*. El proceso por el cual un dispositivo maestro envía señales de control a uno o más DEBs y les permite comenzar las comunicaciones.
- (h) *Frecuencia de operación*. Una frecuencia disponible utilizada por un DEB para transmisión y/o recepción.
- (i) *Dispositivo personal/portátil*. Un DEB que transmite y/o recibe señales de radiocomunicación en ubicaciones no especificadas que podrán cambiar.
- (j) *Dispositivo de detección únicamente*. Un DEB que utiliza detección de espectro para determinar la lista de frecuencias disponibles.
- (k) *Detección de espectro*. Un proceso mediante el cual un DEB monitorea un rango de frecuencia para detectar si las frecuencias están ocupadas por señales radioeléctricas o señales de servicios autorizados.
- (l) *Dispositivo de Espacios Blancos (DEB)*. Un radiador intencional que opera con base en una exención de licencia en las frecuencias disponibles.
- (m) *Base de datos de geolocalización*. Un sistema de base de datos que mantiene registros de todos los servicios autorizados en las bandas de frecuencia aprobadas para uso por DEBs, que es capaz de determinar las frecuencias disponibles en una localización geográfica específica, y que provee listas frecuencias disponibles a los DEBs. Una(s) base(s) de datos de geolocalización que proporciona(n) listas de frecuencias disponibles a DEBs deberá(n) estar autorizada(s) por [el Regulador].

Anexo A: Descripción generalizada del Modelo de Propagación

I. Introducción

Las Normas y reglamentación técnica sugerida para el uso de Espacios Blancos de televisión contemplan que las frecuencias disponibles y máxima potencia de transmisión para un Dispositivo de Espacios blancos en una ubicación dada puede ser determinado con base en el método de geolocalización y base de datos.¹ En particular, la(s) base(s) de datos designada(s) por el legislador proveerá(n) esta información con base en la información posicional de un dispositivo maestro de Espacios Blancos, la altura de la antena transmisora (para dispositivos maestros fijos), y la utilización por parte de titulares licenciados en o cerca al área geográfica de operación del Dispositivo de Espacios Blancos.² Una base de datos proveerá una lista de frecuencias disponibles y potencias de transmisión permitidas asociadas a los Dispositivos de Espacios Blancos, de conformidad con los procedimientos establecidos en los Anexos A, B y C,³ o en los Anexos D y C.

Estos procedimientos establecidos en este documento dependen del modelo de propagación radioeléctrica *Longley-Rice*, también conocido como el Modelo de Terreno Irregular (“*Longley-Rice*” o “ITM”, por su sigla en inglés), que predice la media de pérdida de transmisión sobre el Terreno Irregular con relación a la pérdida de transmisión en espacio libre.⁴ El Anexo A (este Anexo) provee una descripción general del algoritmo usado por el modelo *Longley-Rice*. El Anexo B describe los elementos que deberán ser tenidos en cuenta cuando se implemente la Metodología *Longley-Rice* para el servicio de teledifusión, para obtener los valores de potencia de campo de estación de teledifusión en una ubicación geográfica en particular. Y el Anexo C establece el método mediante el cual un operador de la base de datos utilizará las entradas relevantes para indicar las frecuencias disponibles y los límites de potencia máxima para los Dispositivos de Espacios Blancos.

II. El algoritmo Longley-Rice

El modelo *Longley-Rice* está específicamente previsto para uso con computadora. El Instituto para las Ciencias de Telecomunicaciones (*Institute for Telecommunication Sciences* - “ITS”), un laboratorio de investigación e ingeniería de la Administración Nacional de Telecomunicaciones e Información (*National Telecommunications and Information Administration* - “NTIA”) dentro del Departamento de Comercio de los

¹ Ver Model Rules for License-Exempt White Space Devices at § 3 (“Model Rules”).

² *Ídem.* § 4.

³ *Ídem.*

⁴ Ver U.S. Department of Commerce, National Telecommunications & Information Administration, Institute for Telecommunication Sciences, Irregular Terrain Model (ITM) (Longley-Rice) (20 MHz – 20 GHz), en <http://www.its.bldrdoc.gov/resources/radio-propagation-software/itm/itm.aspx>.

Estados Unidos, conserva la representación “definitiva” del modelo *Longley-Rice*, que está escrito en FORTRAN.⁵

Adicionalmente, el ITS proporciona una descripción detallada del algoritmo utilizado por el modelo *Longley-Rice*.⁶ Dado que este documento es comúnmente citado como referencia, este Anexo reproduce gran parte del texto original de la descripción del algoritmo provisto por ITS, incluyendo los identificadores numéricos originales para las secciones y ecuaciones a continuación.

1. Entrada (*input*).

El modelo *Longley-Rice* incluye dos modos—el *modo de predicción de área* y el *modo punto a punto*— que se distinguen principalmente por la cantidad de datos de entrada requeridos. El modo punto a punto deberá proveer detalles del perfil del terreno del enlace que el modo de predicción de área estimará utilizando medianas empíricas. Dado que en otros aspectos los dos modos siguen trayectos muy similares, la descripción del algoritmo de ITS aborda ambos modelos en paralelo.

1.1. Entrada general para ambos modos de uso.

d	Distancia entre las dos terminales.
h_{g1}, h_{g2}	Alturas estructurales de las antenas.
k	Número de onda, medido en unidades de longitudes recíprocas; ver Nota 1.
Δh	Parámetro de irregularidad del terreno
N_s	Media de capacidad de refracción de superficie mínima mensual, medida en N-units (N-Unidades); ver Nota 2.
γ_e	La curvatura efectiva de la tierra, medida en unidades de longitud recíproca; ver Nota 3.
Z_g	Transferencia de impedancia de superficie del suelo—un número complejo, sin dimensión; ver Nota 4.
clima radioeléctrico	Expresado cualitativamente como uno de un número de tipos de climas discretos.

Nota 1. El número de onda es aquel del portador o frecuencia central. Se define como

$$k = 2\pi / \lambda = f / f_0 \quad \text{donde } f_0 = 47.70 \text{ MHz} \cdot \text{m} \quad (1.1)$$

⁵ Ver *ídem*.

⁶ Ver en general George Hufford, The ITS Irregular Terrain Model, version 1.2.2, the Algorithm (1995), disponible en http://www.its.bldrdoc.gov/media/35878/itm_alg.pdf.

donde λ es la longitud de onda, f la frecuencia. (Aquí y en otras partes hemos asumido que la velocidad de la luz en el aire es 299.7 m/ μ s.)

Nota 2. Para simplificar su representación, la capacidad de refracción de la superficie es a veces expresada en términos de N_0 , la capacidad de refracción de la superficie “reducida al nivel del mar.” Cuando ésta es la situación, uno debe saber la elevación general z_s de la región en cuestión, y entonces

$$N_s = N_0 e^{-z_s/z_1} \quad \text{donde } z_1 = 9.46 \text{ km.} \quad (1.2)$$

Nota 3. La curvatura efectiva de la tierra es recíproca al radio efectivo de la tierra y podrá ser expresada como

$$\gamma_e = \gamma_a / K$$

donde γ_a es la curvatura actual de la tierra y K es el “factor de radio efectivo de la tierra.” El valor es normalmente determinado de la capacidad de refracción de la superficie utilizando la fórmula empírica

$$\gamma_e = \gamma_a (1 - 0.04665 e^{N_s/N_1}) \quad (1.3)$$

en donde

$$N_1 = 179.3 \text{ N-units, y } \gamma_a = 157 \cdot 10^{-9} \text{ m}^{-1} = 157 \text{ N-units/km.}$$

Nota 4. La “transferencia de impedancia de superficie” se define normalmente en términos de la permitividad relativa ϵ_r y conductividad σ del suelo, y la polarización de las ondas radioeléctricas envueltas. En estos términos, tenemos que

$$Z_g = \begin{cases} \sqrt{\epsilon'_r - 1} & \text{horizontal polarization} \\ \sqrt{\epsilon'_r - 1}/\epsilon'_r & \text{vertical polarization} \end{cases} \quad (1.4)$$

donde ϵ'_r es la “permitividad relativa compleja” definida como

$$\epsilon'_r = \epsilon_r + iZ_0\sigma/k, \quad Z_0 = 376.62 \text{ ohm.} \quad (1.5)$$

La conductividad σ se expresa normalmente en siemens (ohms recíprocos) por metro.

1.2. Entrada adicional para el modo de predicción de área.

criterios de ubicación (*siting criteria*) Criterios que describen el cuidado tomado en cada terminal para garantizar buenas condiciones de propagación radioeléctrica. Esto se expresa

cualitativamente en tres pasos: aleatoriamente, con cuidado, y con gran cuidado.

1.3. Entrada adicional para el modo punto a punto.

h_{e1}, h_{e2} Altura efectiva de las antenas.

d_{L1}, d_{L2} Distancias de cada terminal a su horizonte radioeléctrico.

θ_{e1}, θ_{e2} Ángulos de elevación de los horizontes de cada terminal a la altura de las antenas. Estos son medidos en radianes.

Estas cantidades, junto con Δh , son todas geométricas y deberán ser determinadas del perfil del terreno que yace entre las dos terminales. No entraremos en detalles aquí.

La “altura efectiva” de la antena es su altura por encima de un “plano de reflejo efectivo” o por encima del “primer plano intermedio” entre la antena y su horizonte. Una dificultad con el modelo es que no hay una definición explícita de su cantidad, y la precisión del modelo a veces depende de la habilidad del usuario para estimar los valores para estas altura efectivas.

En el caso de un trayecto de línea de visión (*line-of-vision path*) no hay horizontes, pero el modelo aún requiere valores para $d_{Lj}, \theta_{ej}, j = 1,2$. Estos deberán ser determinados de las formulas utilizadas en el modo de predicción de área y listadas en la Sección 3 abajo. Ahora puede suceder que luego de todos estos cálculos uno descubra que $d > d_L = d_{L1} + d_{L2}$, implicando que el trayecto es uno más allá del horizonte. Teniendo en cuenta que d_L es una función monótona en incremento de h_{ej} , podemos asumir que estas últimas han sido subestimadas y que deberán ser incrementadas por un factor común hasta que $d_L = d$.

2. Resultado. (*output*)

El resultado del modelo podrá ser una de varias formas a opción del usuario. La forma más simple de éstas es la *atenuación de la referencia* A_{ref} . Esta es la *atenuación mediana* en relación con la señal de espacio libre que deberá ser observada en el conjunto de todos los trayectos similares durante los momentos en que las condiciones atmosféricas correspondan a una atmósfera estándar, bien mezclada.

La segunda forma de resultado proporciona la distribución acumulativa bidimensional o tridimensional de la atenuación en la cual el tiempo, la ubicación y la variabilidad de la situación, son todas tenidas en cuenta. Esto se logra dándole al *cuantil* $A(q_T, q_L, q_S)$, la atenuación que no será excedida como una función de las fracciones de tiempo, ubicación y situaciones. Uno dice *En q_S de las situaciones habrá al menos q_L de las ubicaciones donde la atenuación no exceda $A(q_T, q_L, q_S)$ al menos por q_T tiempo.*

Cuando el modo punto a punto se utilice en trayectos particulares, bien definidos con terminales fijas permanentemente, no habrá variabilidad de ubicación, y uno deberá

utilizar una descripción bidimensional de las distribuciones acumulativas. Uno podrá decir ahora que *Con probabilidad (o confianza) la atenuación de q_S no excederá $A(q_T, q_S)$ por al menos q_T tiempo*. El mismo efecto podrá ser logrado estableciendo que $q_L = 0.5$ en la formulación tridimensional.

En algunos casos será deseable ir más allá de los cuantiles tridimensionales y atender directamente el modelo subyacente de variabilidad. Por ejemplo, considere el caso de un enlace de comunicaciones que va a ser usado tan solo una vez. Para tal sistema de “único uso”, uno solo está interesado en con qué probabilidad o confianza se recibe una señal adecuada en esa única oportunidad. Las distribuciones tridimensionales usadas arriba deberán ser ahora combinadas en una sola.

3. Cálculos preparatorios.

Comenzaremos con unos cálculos preliminares de naturaleza geométrica.

3.1. Cálculos preparatorios para el modo de predicción de área.

Los parámetros h_{ej} , d_{Lj} , θ_{ej} , $j = 1, 2$, que son parte de la entrada en el modo punto a punto se estiman, en el modo de predicción de área, utilizando formulas empíricas en las cuales Δh juega un rol importante.

Primero, consideremos las alturas efectivas. Aquí es donde se usan los criterios de ubicación (*siting criteria*). Tenemos que

$$h_{ej} = h_{gj} \quad \text{si la terminal } j \text{ está situada aleatoriamente.} \quad (3.1)$$

De otra forma, tenemos que

$$B_j = \begin{cases} 5 \text{ m} & \text{if terminal } j \text{ is sited with care} \\ 10 \text{ m} & \text{if terminal } j \text{ is sited with great care.} \end{cases}$$

Por lo tanto

$$B'_j = (B_j - H_1) \sin\left(\frac{\pi}{2} \min(h_{g1}/H_2, 1)\right) + H_1 \quad \text{with } H_1 = 1 \text{ m, } H_2 = 5 \text{ m,}$$

and

$$h_{ej} = h_{gj} + B'_j e^{-2h_{gj}/\Delta h}.$$

Los demás parámetros se determinan rápidamente.

$$d_{Lsj} = \sqrt{2h_{ej}/\gamma_e}$$

$$d_{Lj} = d_{Lsj} \exp\left[-0.07 \sqrt{\Delta h / \max(h_{ej}, H_3)}\right] \quad \text{with } H_3 = 5 \text{ m,} \quad (3.3)$$

y finalmente,

$$(3.4)$$

$$\theta_{ej} = [0.65 \Delta h(d_{Lsj}/d_{Lj} - 1) - 2h_{ej}]/d_{Lsj}.$$

3.2. Cálculos preparatorios para ambos modos.

$$d_{Lsj} = \sqrt{2h_{ej}/\gamma_e}, \quad j = 1, 2 \quad (3.5)$$

$$d_{Ls} = d_{Ls1} + d_{Ls2} \quad (3.6)$$

$$d_L = d_{L1} + d_{L2} \quad (3.7)$$

$$\theta_e = \max(\theta_{e1} + \theta_{e2}, -d_L\gamma_e). \quad (3.8)$$

También tenemos en cuenta aquí las definiciones de dos funciones de una distancia s :

$$\Delta h(s) = (1 - 0.8 e^{-s/D})\Delta h \quad \text{with } D = 50 \text{ km}, \quad (3.9)$$

y

$$\sigma_h(s) = 0.78 \Delta h(s) \exp[-(\Delta h(s)/H)^{1/4}] \quad \text{with } H = 16 \text{ m}. \quad (3.10)$$

4. La atenuación de la referencia.

La atenuación de la referencia se determina como una función de la d de la fórmula por partes

$$A_{\text{ref}} = \begin{cases} \max(0, A_{el} + K_1 d + K_2 \ln(d/d_{Ls})) & d \leq d_{Ls} \\ A_{ed} + m_d d & d_{Ls} \leq d \leq d_x \\ A_{es} + m_s d & d_x \leq d \end{cases} \quad (4.1)$$

en donde los coeficientes A_{el} , K_1 , K_2 , A_{ed} , m_d , A_{es} , m_s , y la distancia d_x son calculados usando los algoritmos de abajo. Los tres intervalos definidos aquí se llaman línea de visión, difracción y regiones dispersas, respectivamente. La función en (4.1) es continua, de manera tal que los dos extremos donde $d = d_{Ls}$ o d_x las dos formulas darán el mismo resultado. Resulta que en lugar de siete coeficientes independientes hay en realidad solo cinco.

4.1. Coeficientes para el rango de difracción.

Establece que

$$X_{ae} = (k\gamma_e^2)^{-1/3} \quad (4.2)$$

$$d_3 = \max(d_{Ls}, d_L + 1.3787 X_{ae}) \quad (4.3)$$

$$d_4 = d_3 + 2.7574 X_{ae} \quad (4.4)$$

$$A_3 = A_{\text{diff}}(d_3) \quad (4.5)$$

$$A_4 = A_{\text{diff}}(d_4) \quad (4.6)$$

donde A_{diff} es la función definida abajo. La fórmula para A_{ref} en el rango de difracción es entonces solo la función lineal que tiene los valores A_3 y A_4 en las distancias d_3 y d_4 , respectivamente. Entonces

$$m_d = (A_4 - A_3)/(d_4 - d_3) \quad (4.7)$$

$$A_{ed} = A_3 - m_d d_3. \quad (4.8)$$

4.1.1. La función $A_{\text{diff}}(s)$.

Primero, definimos el factor de ponderación

$$w = \frac{1}{1 + 0.1 \sqrt{Q}} \quad (4.9)$$

donde

$$Q = \min\left(\frac{k}{2\pi} \Delta h(s), 1000\right) \left(\frac{h_{e1} h_{e2} + C}{h_{g1} h_{g2} + C}\right)^{1/2} + \frac{d_L + \theta_e / \gamma_e}{s}$$

y

$$C = \begin{cases} 0 & \text{in the area prediction mode} \\ 10 \text{ m}^2 & \text{in the point-to-point mode} \end{cases}$$

y donde $\Delta h(s)$ es la función definida en (3.9) arriba. A continuación definimos un “factor clutter” (ecos de señales RF no deseados)

$$A_{fo} = \min[15, 5 \log(1 + \alpha k h_{g1} h_{g2} \sigma_h(d_L s))] \quad \text{with } \alpha = 4.77 \cdot 10^{-4} \text{ m}^{-2} \quad (4.10)$$

y donde $\sigma_h(s)$ es definido como en (3.10) arriba.

Luego

$$A_{\text{diff}}(s) = (1 - w)A_k + wA_r + A_{fo} \quad (4.11)$$

donde la “atenuación de filo de cuchillo” A_k y la “atenuación de tierra redonda” A_r están aún por definirse. Establece que

$$\theta = \theta_e + s \gamma_e \quad (4.12)$$

$$v_j = \frac{\theta}{2} \left(\frac{k d_{Lj}(s - d_L)}{\pi s - d_L + d_{Lj}} \right)^{1/2}, \quad j = 1, 2 \quad (4.13)$$

y entonces

$$A_k = \text{Fn}(v_1) + \text{Fn}(v_2) \quad (4.14)$$

donde $\text{Fn}(v)$ es la integral Fresnel definida abajo.

Para la atenuación de tierra redonda, usamos un método de “tres radios” aplicados a la formulación de Volger de la solución para el problema de tierra plana, esférica. Establecemos que

$$\gamma_0 = \theta / (s - d_L) \quad \gamma_j = 2he_j / d^2 L_j, \quad j = 1, 2 \quad (4.15)$$

$$\alpha_j = (k/\gamma_j)^{1/3}, \quad j = 0, 1, 2 \quad (4.16)$$

$$K_j = \frac{1}{i\alpha_j Z_g}, \quad j = 0, 1, 2. \quad (4.17)$$

Note que K_j son números complejos. Para continuar, establecemos que

$$x_j = AB(K_j)\alpha_j\gamma_j d L_j, \quad j = 1, 2 \quad (4.18)$$

$$x_0 = AB(K_0)\alpha_0\theta + x_1 + x_2 \quad (4.19)$$

y entonces

$$A_r = G(x_0) - F(x_1, K_1) - F(x_2, K_2) - C_1(K_0) \quad (4.20)$$

donde $A = 151.03$ es una constante sin dimensión y las funciones $B(K)$, $G(x)$, $F(x, K)$, y $C_1(K)$ son aquellas definidas por Vogler.

En (4.14) y (4.20) hemos terminado la definición de A_{diff} . Quisiéramos, no obstante, completar el tema definiendo más precisamente las funciones más o menos estándares mencionadas arriba. La integral Fresnel, por ejemplo, podrá ser escrita como

$$\text{Fn}(v) = 20 \log \left| \frac{1}{\sqrt{2i}} \int_v^\infty e^{i\pi u^2/2} du \right|. \quad (4.21)$$

Para la formulación de Vogler a la solución del problema de una tierra esférica, introducimos primero la función especial Airy

$$\begin{aligned} W_i(z) &= \text{Ai}(z) + i\text{Bi}(z) \\ &= 2\text{Ai}(e^{2\pi i/3} z) \end{aligned}$$

donde $\text{Ai}(z)$ y $\text{Bi}(z)$ son dos funciones Airy estándares definidas en muchos textos. Son

analíticas en el plano complejo completo y son soluciones particulares para la ecuación diferencial

$$w''(z) - zw(z) = 0.$$

Primero, para definir la función $B(K)$ encontramos la solución más pequeña a la solución modal

$$Wi(t_0) = 2^{1/3} K Wi'(t_0)$$

y entonces

$$B = 2^{-1/3} \text{Im}\{t_0\}. \quad (4.22)$$

Finalmente, también tenemos que

$$G(x) = 20 \log(x^{-1/2} e^{x/A}) \quad (4.23)$$

$$F(x, K) = 20 \log\left|\left(\pi/(2^{1/3} AB)\right)^{1/2} Wi\left(t_0 - (x/(2^{1/3} AB))^2\right)\right| \quad (4.24)$$

$$C_1(K) = 20 \log\left|\frac{1}{2}\left(\pi/(2^{1/3} AB)\right)^{1/2} (2^{2/3} K^2 t_0 - 1) Wi'(t_0)^2\right| \quad (4.25)$$

donde A es de nuevo la constante definida arriba.

Es de interés mencionar que para la x grande encontramos $F(x, K) \sim G(x)$, y que para esos valores de K en los cuales estamos interesados, es una buena aproximación decir que $C_1(K) = 20$ dB.

4.2. Coeficientes para rango de línea de visión.

Empecemos por establecer que

$$d_2 = d_{Ls} \quad (4.26)$$

$$A_2 = A_{ed} + m_d d_2. \quad (4.27)$$

Luego hay dos casos generales. Primero, si $A_{ed} \geq 0$

$$d_0 = \min\left(\frac{1}{2} d_L, 1.908 k h_{e1} h_{e2}\right) \quad (4.28)$$

$$d_1 = \frac{3}{4} d_0 + \frac{1}{4} d_L \quad (4.29)$$

$$A_0 = A_{\text{los}}(d_0) \quad (4.30)$$

$$A_1 = A_{\text{los}}(d_1) \quad (4.31)$$

donde la función $A_{1os}(s)$ es definida abajo. La idea, ahora, es trazar una curva con la forma

$$A_{el} + K_1 d + K_2 \ln(d/d_{Ls})$$

que pase a través de los tres valores A_0, A_1, A_2 at d_0, d_1, d_2 , respectivamente. Al hacer esto, requerimos que $K_1, K_2 \geq 0$, y esto a veces nos fuerza a abandonar uno o ambos valores A_0, A_1 . Primero definimos

$$K'_2 = \max \left[0, \frac{(d_2 - d_0)(A_1 - A_0) - (d_1 - d_0)(A_2 - A_0)}{(d_2 - d_0) \ln(d_1/d_0) - (d_1 - d_0) \ln(d_2/d_0)} \right] \quad (4.32)$$

$$K'_1 = (A_2 - A_0 - K'_2 \ln(d_2/d_0)) / (d_2 - d_0) \quad (4.33)$$

los cuales, salvo por la posibilidad de que el primer cálculo para K'_2 resulte en un valor negativo, es simplemente la solución directa para los dos coeficientes correspondiente. Si $K'_1 \geq 0$, entonces tenemos que

$$K_1 = K'_1, K_2 = K'_2. \quad (4.34)$$

Si, no obstante, $K'_1 < 0$, definimos que

$$K''_2 = (A_2 - A_0) / \ln(d_2/d_0) \quad (4.35)$$

y ahora, si $K''_2 \geq 0$, entonces

$$K_1 = 0, \quad K_2 = K''_2. \quad (4.36)$$

De otra manera, abandonamos tanto A_0 como A_1 y establecemos que

$$K_1 = m_d, \quad K_2 = 0. \quad (4.37)$$

En el segundo caso general tenemos que $A_{ed} < 0$. Entonces establecemos que

$$d_0 = 1.908 k h_{e1} h_{e2} \quad (4.38)$$

$$d_1 = \max(-A_{ed}/m_d, d_L/4). \quad (4.39)$$

Si $d_0 < d_1$ de nuevo estimamos A_0, A_1 , y K'_2 como antes. Si $K'_2 > 0$ también estimamos

K'_1 y procedemos exactamente como antes. Si, no obstante, tenemos ya sea que $d_0 \geq d_1$ o que $K'_2 = 0$, entonces estimamos A_1 y definimos que

$$K''_1 = (A_2 - A_1)/(d_2 - d_1). \quad (4.40)$$

Ahora sí $K''_1 > 0$ establecemos que

$$K_1 = K''_1, \quad K_2 = 0; \quad (4.41)$$

y de otra forma usamos (4.37).

En este punto habremos definido los coeficientes K_1 y K_2 . Finalmente, establecemos que

$$A_{el} = A_2 - K_1 d_2. \quad (4.42)$$

4.2.1. La función $A_{1os}(s)$.

Primero, definimos el factor de ponderación

$$w = 1 / (1 + D_1 k \Delta h / \max(D_2, d_{Ls})) \quad \text{donde } D_1 = 47.7 \text{ m, } D_2 = 10 \text{ km.} \quad (4.43)$$

Luego

$$A_{1os} = (1 - w)A_d + wA_t \quad (4.44)$$

donde la “atenuación de difracción extendida” A_d y la “atenuación de dos rayos” A_t están aún por definirse.

Primero, la atenuación de difracción extendida se obtiene muy simplemente de

$$A_d = A_{ed} + m_d s. \quad (4.45)$$

Para la atenuación de dos rayos, establecemos que

$$\sin \psi = \frac{h_{e1} + h_{e2}}{\sqrt{s^2 + (h_{e1} + h_{e2})^2}} \quad (4.46)$$

y

$$R'_e = \frac{\sin \psi - Z_g}{\sin \psi + Z_g} \exp[-k\sigma_h(s) \sin \psi] \quad (4.47)$$

donde $\sigma_h(s)$ es la función definida en (3.10) arriba. Tenga en cuenta que R'_e es complejo

ya que utiliza la transferencia de impedancia de superficie compleja Z_g . Entonces

$$R_e = \begin{cases} R'_e & \text{if } |R'_e| \geq \max(1/2, \sqrt{\sin \psi}) \\ (R'_e/|R'_e|)\sqrt{\sin \psi} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.48)$$

También establecemos que

$$\delta' = 2kh_e h_{e2}/s \quad (4.49)$$

y

$$\delta = \begin{cases} \delta' & \text{if } \delta' \leq \pi/2 \\ \pi - (\pi/2)^2/\delta' & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.50)$$

Y luego, finalmente

$$A_t = -20 \log |1 + R_e e^{i\delta}|. \quad (4.51)$$

4.3. Coeficientes para el rango disperso.

Establece que

$$d_5 = d_L + D_s \quad (4.52)$$

$$d_6 = d_5 + D_s \text{ donde } D_s = 200 \text{ km.} \quad (4.53)$$

Luego define

$$A_5 = A_{\text{scat}}(d_5) \quad (4.54)$$

$$A_6 = A_{\text{scat}}(d_6), \quad (4.55)$$

donde $A_{\text{scat}}(s)$ se define abajo. Existen, no obstante, algunos juegos de parámetros para los cuales A_{scat} no está definido, y puede suceder que uno o ambos A_5, A_6 estén sin definir. Si es así, uno simplemente establece que

$$d_x = +\infty \quad (4.56)$$

y uno puede dejar que A_{es}, m_s continúe sin definir. En una situación más normal uno tiene que

$$m_s = (A_6 - A_5)/D_s \quad (4.57)$$

$$d_x = \max[d_{Ls}, d_L + X_{ae} \log(kHs), (A_5 - A_{ed} - m_s d_5)/(m_d - m_s)] \quad (4.58)$$

$$A_{es} = A_{ed} + (m_d - m_s)d_x \quad (4.59)$$

donde D_s es la distancia dada arriba, donde X_{ae} ha sido definido en (4.2), y donde $H_s = 47.7$ m.

4.3.1. La función A_{scat} .

El cálculo de esta función utiliza una versión abreviada de los métodos descritos en la Sección 9 y el Anexo III.5 de NBS TN101.⁷ Primero, establezcamos que

$$\theta = \theta_e + \gamma_e s \quad (4.60)$$

$$\theta' = \theta_{e1} + \theta_{e2} + \gamma_e s \quad (4.61)$$

$$r_j = 2k\theta' h_{ej}, \quad j = 1, 2. \quad (4.62)$$

Si tanto r_1 como r_2 son menores que 0.2, la función A_{scat} no está definida (o es infinita). De otra forma ponemos que

$$A_{\text{scat}}(s) = 10 \log(kH\theta^4) + F(\theta_s, N_s) + H_0 \quad (4.63)$$

donde $F(\theta_s, N_s)$ es la función que se muestra en la Figura 9.1 de TN101, H_0 es la “función de ganancia de frecuencia”, y $H = 47.7$ m.

La función de ganancia de frecuencia H_0 es una función de r_1 , r_2 , el factor de eficiencia de dispersión η_s , y el “factor de asimetría”, que aquí llamaremos s_s . Una dificultad con este modelo es que no hay suficientes datos geométricos en las variables de entrada para determinar dónde está el punto de cruce (*crossover*). Esto se resuelve asumiendo que es la mitad de camino entre dos horizontes. El factor de asimetría, por ejemplo, se encuentra definiendo primero la distancia entre los horizontes

$$d_s = s - d_{L1} - d_{L2} \quad (4.64)$$

con lo cual

$$s_s = \frac{d_{L2} + d_s/2}{d_{L1} + d_s/2}. \quad (4.65)$$

Entonces, sigue que la altura del punto de cruce (*crossover*) es

$$z_0 = \frac{s_s d\theta'}{(1 + s_s)^2} \quad (4.66)$$

y entonces

⁷ Ver P. L. Rice, A. G. Longley, K. A. Norton, and A. P. Barsis, “Transmission loss predictions for tropospheric communication circuits,” U.S. Government Printing Office, Washington, DC, NBS Tech. Note 101, issued May 1965; revised May 1966 and Jan. 1967 (“TN101”).

$$\eta_s = \frac{z_0}{Z_0} \left[1 + (0.031 - N_s 2.32 \cdot 10^{-3} + N_s^2 5.67 \cdot 10^{-6}) e^{-(z_0/Z_1)^6} \right] \quad (4.67)$$

donde

$$Z_0 = 1.756 \text{ km} \quad Z_1 = 8.0 \text{ km}$$

El cálculo de H_0 procede entonces de acuerdo con las reglas en la Sección 9.3 y la Figura 9.3 de TN101.

El modelo requiere estos resultados en las dos distancias $s = d_5, d_6$, descritas arriba. Se toma una precaución adicional para evitar resultados anómalos. Si, en d_5 , los cálculos muestran que H_0 excederá 15 dB, son reemplazados con el valor que tiene en d_6 . Esto ayuda a mantener la pendiente de modo dispersión dentro de límites razonables.

5. Variabilidad—cuantiles de disminución

Ahora queremos calcular los cuantiles $A(q_T, q_L, q_S)$ donde q_T, q_L, q_S , son las fracciones de tiempo, ubicaciones y situaciones deseadas, respectivamente. En el modo punto a punto, quisiéramos un cuantil doble $A(q_T, q_S)$, pero en el modelo presente esto se hace simplemente calculando el cuantil triple en el que q_L es igual a 0.5.

Dado que las distribuciones involucradas son todas normales, o casi normales, esto simplifica los cálculos para reajustar las fracciones deseadas y para expresarlas en términos de “desviación estándar normal”. Nosotros usamos la distribución normal complementaria

$$Q(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_z^{\infty} e^{-t^2/2} dt$$

y luego la desviación es simplemente la función inversa

$$z(q) = Q^{-1}(q).$$

Así, si la variable aleatoria x se distribuye normalmente con media X_0 y con desviación estándar σ , sus cuantiles están dados por

$$X(q) = X_0 + \sigma z(q).$$

Establece

$$z_T = z(q_T), z_L = z(q_L), z_S = z(q_S),$$

ahora nos preguntamos por los cuantiles $A(z_T, z_L, z_S)$. En estas variables reajustadas, es como si todas las probabilidades debieran ser trazadas en papel de probabilidad normal. En el caso del modo punto a punto simplemente suponemos que $z_L = 0$.

Primero, definimos

$$A' = A_{\text{ref}} - V_{\text{med}} - Y_T - Y_L - Y_S \quad (5.1)$$

donde A_{ref} es la atenuación de la referencia definida en la Sección 4, y donde el ajuste V_{med} y las desviaciones Y_T, Y_L, Y_S , están definidas abajo. Los valores de Y_T y Y_L dependen de las variables individuales z_T y z_L , respectivamente. El valor de Y_S , de otra parte, depende de las tres desviaciones normales estándar.

El cuantil final es una modificación de A' dado por

$$A(z_T, z_L, z_S) = \begin{cases} A' & \text{if } A' \geq 0 \\ A' \frac{29 - A'}{29 - 10A'} & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (5.2)$$

Una cantidad importante usada abajo es la “distancia efectiva”. Definimos

$$d_{\text{ex}} = \sqrt{2a_1 h_{e1}} + \sqrt{2a_1 h_{e2}} + a_1 (kD_1)^{-1/3} \quad (5.3)$$

donde

$$a_1 = 9000 \text{ km}, \quad D_1 = 1266 \text{ km.}$$

Luego la distancia efectiva está dada por

$$d_e = \begin{cases} D_0 d / d_{\text{ex}} & \text{for } d \leq d_{\text{ex}} \\ D_0 + d - d_{\text{ex}} & \text{for } d \geq d_{\text{ex}} \end{cases} \quad (5.4)$$

donde $D_0 = 130 \text{ km}$.

5.1. Variabilidad temporal

Los cuantiles de variabilidad temporal se calculan usando una variación de los métodos descritos en la Sección 10 y el Anexo III.7 de NBS TN101, y también en CCIR Reporte 238-3. Esos métodos hablan de ocho o nueve climas radioeléctricos discretos, de los cuales siete han sido documentados con las curvas empíricas correspondientes. Nos referimos a estas curvas empíricas abajo. Todas son curvas de cuantiles de desviaciones versus la distancia efectiva d_e .

El ajuste de la atenuación de la referencia a la media de todo el año es

$$V_{\text{med}} = V_{\text{med}}(d_e, \text{clim}) \quad (5.5)$$

donde la función se describe en la Figura 10.13 de TN101.

La desviación Y_T es una función definida por partes lineales en z_T , y puede escribirse como

$$Y_T = \begin{cases} \sigma_{T-} z_T & z_T \leq 0 \\ \sigma_{T+} z_T & 0 \leq z_T \leq z_D \\ \sigma_{T+} z_D + \sigma_{TD}(z_T - z_D) & z_D \leq z_T \end{cases} \quad (5.6)$$

Las inclinaciones (o “pseudo-desviaciones estándar”)

$$\sigma_{T-} = \sigma_{T-}(d_e, \text{clim}) \quad (5.7)$$

$$\sigma_{T+} = \sigma_{T+}(d_e, \text{clim})$$

se obtienen de TN101 de la siguiente manera. Para σ_{T-} utilizamos el cuantil .90 y dividimos las ordenadas correspondientes por $z(.90) = -1.282$. Para σ_{T+} utilizamos el cuantil .10 y dividimos por $z(.10) = 1.282$.

Las constantes restantes en (5.6) se relacionan con el caso de “ducting,” (trayecto restringido) o probabilidad baja. Escribimos

$$z_D = z_D(\text{clim}), \sigma_{TD} = C_D(\text{clim})\sigma_{T+} \quad (5.8)$$

donde los valores de z_D y C_D están dados en la Tabla 5.1. En esta tabla también hemos listado los valores de $q_D = Q(z_D)$.

Tabla 5.1. Constantes de *Ducting* (trayecto restringido) (baja probabilidad)

Clima	q_D	z_D	C_D
Ecuatorial	.10	1.282	1.224
Subtropical continental	≈.015	2.161	.801
Subtropical marítimo	.10	1.282	1.380
Desierto	0	∞	–
Templado continental	.10	1.282	1.224

Templado marítimo, sobre tierra	.10	1.282	1.518
Templado marítimo, sobre mar	.10	1.282	1.518

5.2. Variabilidad de la ubicación

Establecemos

$$Y_L = \sigma_L z_L \tag{5.9}$$

donde

$$\sigma_L = 10k\Delta h(d)/(k\Delta h(d) + 13)$$

y $\Delta h(s)$ está definido en (3.9) arriba.

5.3. Variabilidad de situación

Establecemos

$$\sigma_S = 5 + 3e^{-d_e/D} \tag{5.10}$$

donde $D = 100$ km. Luego

$$Y_S = \left(\sigma_S^2 + \frac{Y_T^2}{7.8 + z_S^2} + \frac{Y_L^2}{24 + z_S^2} \right)^{1/2} z_S \tag{5.11}$$

Lo último busca mostrar cómo las incertidumbres se vuelven mayores en las alas de las distribuciones.

6. Adenda—aproximaciones numéricas.

Parte del algoritmo para el ITM consiste en aproximaciones para las funciones estándar que han sido usadas. En estas aproximaciones, la simplicidad computacional ha tenido con frecuencia una prioridad más importante que la precisión.

La integral de Fresnel se usa en §4.1.1 y se define en (4.21). Tenemos (for $v > 0$)

$$\text{Fn}(v) \approx \begin{cases} 6.02 + 9.11v - 1.27v^2 & \text{if } v \leq 2.40 \\ 12.953 + 20 \log v & \text{otherwise} \end{cases} \tag{6.1}$$

Las funciones $B(K)$, $G(x)$, $F(x, K)$, $C_I(K)$, las cuales son usadas en difracción sobre terreno plano, también son usadas en §4.1.1 y están definidas en (4.22)–(4.25). Tenemos

$$B(K) \approx 1.607 - |K| \quad (6.2)$$

$$G(x) = .05751x - 10 \log x \quad (6.3)$$

$$F(x, K) \approx \begin{cases} F_2(x, K) & \text{if } 0 < x \leq 200 \\ G(x) + 0.0134xe^{-x/200}(F_1(x) - G(x)) & \text{if } 200 < x < 2000 \\ G(x) & \text{if } 2000 \leq x \end{cases} \quad (6.4)$$

donde

$$F_1(x) = 40 \log(\max(x, 1)) - 117 \quad (6.5)$$

$$F_2(x, K) = \begin{cases} F_1(x) & \text{if } |K| < 10^{-5} \text{ or } x(-\log |K|)^3 > 450 \\ 2.5 \cdot 10^{-5}x^2/|K| + 20 \log |K| - 15 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6.6)$$

La aproximación final aquí es

$$C_I(K) \approx 20 \quad (6.7)$$

Para completar esta sección tenemos dos funciones, $F(\theta d)$ y H_0 , usadas para dispersión troposférica. Primero,

$$F(D, N_s) = F_0(D) - 0.1(N_s - 301)e^{-D/D_0} \quad (6.8)$$

donde

$$D_0 = 40 \text{ km}$$

y (cuando D está dado en metros)

$$F_0(D) = \begin{cases} 133.4 + 0.332 \cdot 10^{-3}D - 10 \log D & \text{for } 0 < D \leq 10 \text{ km} \\ 104.6 + 0.212 \cdot 10^{-3}D - 2.5 \log D & \text{for } 10 < D \leq 70 \text{ km} \\ 71.8 + 0.157 \cdot 10^{-3}D + 5 \log D & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6.9)$$

La función de ganancia de frecuencia puede ser escrita como

$$H_0 = H_{00}(r_1, r_2, \eta_s) + \Delta H_0 \quad (6.10)$$

donde

$$\Delta H_0 = 6(0.6 - \log \eta_s) \log s_s \log r_2 / s_s r_1 \quad (6.11)$$

y donde H_{00} se obtiene por interpolación lineal entre sus valores cuando η_s es un número entero. Para $\eta_s = 1, \dots, 5$ definimos

$$H_{00}(r_1, r_2, j) = \frac{1}{2}[H_{01}(r_1, j) + H_{01}(r_2, j)] \quad (6.12)$$

donde

$$H_{01}(r, j) = \begin{cases} 10 \log(1 + 24r^{-2} + 25r^{-4}) & j = 1 \\ 10 \log(1 + 45r^{-2} + 80r^{-4}) & j = 2 \\ 10 \log(1 + 68r^{-2} + 177r^{-4}) & j = 3 \\ 10 \log(1 + 80r^{-2} + 395r^{-4}) & j = 4 \\ 10 \log(1 + 105r^{-2} + 705r^{-4}) & j = 5 \end{cases} \quad (6.13)$$

Para $\eta_s > 5$ usamos el valor de $\eta_s = 5$ y para $\eta_s = 0$ suponemos

$$H_{00}(r_1, r_2, 0) = 10 \log \left[\left(1 + \frac{\sqrt{2}}{r_1}\right)^2 \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{r_2}\right)^2 \frac{r_1 + r_2}{r_1 + r_2 + 2\sqrt{2}} \right] \quad (6.14)$$

En todo esto, truncamos los valores de s_s y $q = r_2/s_s r_1$ a 0.1 y 10.

Anexo B: Parámetros Longley-Rice para calcular la potencia de campo de teledifusión

I. Introducción

El Anexo B provee una descripción de los elementos a ser tenidos en cuenta en la implementación del modelo de propagación radioeléctrica *Longley-Rice*— también conocido como el Modelo de Terreno Irregular (“ITM”, por su sigla en inglés)— de manera que se utilice este modelo para calcular la potencia de campo de la señal de una estación de difusión de televisión en una localización geográfica particular. Como se describió en el Anexo A, las implementaciones del modelo *Longley-Rice* ocurren como programas escritos en un lenguaje de computador específico. Por ejemplo, el Instituto para las Ciencias de Telecomunicaciones (*Institute for Telecommunication Sciences - “ITS”*), un laboratorio de investigación e ingeniería de la Administración Nacional de Telecomunicaciones e Información (*National Telecommunications and Information Administration - “NTIA”*) dentro del Departamento de Comercio de los Estados Unidos, conserva la representación “definitiva” del modelo *Longley-Rice*, que está escrito en FORTRAN.¹

Estas implementaciones de software del modelo de propagación radioeléctrica *Longley-Rice* requerirán varias entradas para desempeñar los cálculos de potencia de campo para la difusión de televisión. Si bien las entradas específicas pueden depender de la implementación particular del software utilizado o desarrollado, los parámetros/datos requeridos caerán por lo general en una de las siguientes cuatro categorías:

- a. Parámetros de estación de teledifusión
- b. Factores de planeación para recepción de televisión
- c. Parámetros ambientales *Longley-Rice*
- d. Datos de perfil terrestre

Adicionalmente, ciertos cálculos de trayecto —descritos abajo— tendrán que ser tenidos en consideración al momento de predecir la potencia de campo de difusión de televisión en una ubicación dada.

II. Parámetros modelo

El modelo de propagación radioeléctrico *Longley-Rice* podrá ser implementado en modo “área” o modo “punto a punto”. El modo punto a punto se utiliza para evaluar la potencia pronosticada de un canal de televisión en particular en una localización geográfica donde esté presente un Dispositivo de Espacios Blancos (“DEB”). Con el modo punto a punto, la potencia de campo en una localización geográfica particular se determina utilizando los parámetros específicos de trayecto establecidos a partir de los datos de perfil detallados

¹ Ver en general Implementation of the Irregular Terrain Model, version 1.2.2 (actualizado el 5 de agosto de 2002), disponible en <http://www.its.bldrdoc.gov/media/35869/itm.pdf>.

del terreno. En adición a la ubicación del DEB y a la altura de la antena del DEB (para despliegues de DEB fijos), las implementaciones del software del modelo *Longley-Rice* requerirán de los siguientes parámetros de entrada.

A. Parámetros de estación de difusión de televisión

El modelo *Longley-Rice* requiere de la entrada de parámetros de estación de difusión de televisión para ser usados en los cálculos de propagación. Para determinar con exactitud los valores de las estaciones de televisión, los parámetros relevantes serán aquellos de las estaciones de televisión de interés licenciadas para cada canal de televisión a ser evaluadas para la ubicación del DEB. Una implementación de software del modelo *Longley-Rice* deberá ser por lo tanto diseñada para que acceda a una base de datos de una estación de difusión de televisión licenciada relevante con las siguientes características técnicas:

- Frecuencia: La frecuencia de la portadora de la señal de difusión transmitida.
- Potencia radiada efectiva (ERP): es decir, W, kW, dBW, dBm.
- Antena: En la ausencia de información adicional, la implementación del modelo *Longley-Rice* supondrá que se utiliza una antena omni-direccional. No obstante, esto es solo una suposición, y el modelo tendrá en cuenta la dirección de la antena si se provee.
- Altura: La altura de la antena por encima del terreno (provista en metros o pies); la altura efectiva para los cálculos deberá ser entonces estimada por la implementación del software del modelo.²
- Polarización: La polarización horizontal deberá ser señalada.

B. Factores de planeación para la recepción de TDT (Televisión Digital Terrestre)

Se supone que los factores de planeación que se muestran en la Tabla 1 describen el equipo, incluyendo el sistema de antenas utilizadas para recepción de las señales de TDT en el hogar.³ Estos determinan la potencia de campo mínima para la recepción de TDT como una función de la banda de frecuencia y como una función del canal en la banda UHF. Las implementaciones deben suponer una altura de 10m por encima de la tierra para la antena de recepción de televisión.⁴

² En particular, la implementación deberá determinar la altura del centro de radiación por encima de la tierra, restando la elevación del terreno por encima de la media del nivel del mar (AMSL) en la localización del transmisor (a ser obtenida de una base de datos de elevación del terreno) de la altura AMSL del centro de radiación (a ser obtenida de la base de datos de las características de la estación de teledifusión).

³ Ver Federal Communications Commission, Office of Engineering and Technology Bulletin No. 69, Longley-Rice Methodology for Evaluating TV Coverage and Interference disponible en http://transition.fcc.gov/Bureaus/Engineering_Technology/Documents/bulletins/oet69/oet69.pdf (“OET Bulletin No. 69”).

⁴ *Ídem*.

Tabla 1: Factores de planeación para recepción de TDT

Factor de planeación	Símbolo	VHF bajo	VHF alto	UHF
Frecuencia media geométrica (MHz)	F	69	194	615
Factor dipolo (dBm-dBu)	K_d	-111.8	-120.8	-130.8
Ajuste de factor dipolo	K_a	ninguno	ninguno	ver abajo
Ruido térmico (dBm)	N_t	-106.2	-106.2	-106.2
Ganancia de antena (dBd)	G	4	6	10
Pérdida de línea de enlace (dB)	L	1	2	4
Figura de ruido de sistema (dB)	N_s	10	10	7
Relación requerida de ruido a portador (dB)	C/N	15	15	15

El siguiente cálculo de ajuste de factor dipolo, $K_a = 20 \log[615/(\text{frecuencia media en canal en MHz})]$, deberá ser agregado a K_d para que explique el hecho de que los requisitos de potencia de campo son mayores para los canales UHF por encima de la frecuencia media geométrica de la banda UHF y más pequeños para los canales UHF por debajo de esa frecuencia.

C. Parámetros Longley-Rice

En adición a las características operativas técnicas para un cierto transmisor de difusión y los factores de planeación para la recepción de televisión, el modelo *Longley-Rice* contempla el uso de los siguientes parámetros que describen el ambiente en el cual está operando el transmisor (o, más precisamente, las estadísticas acerca del ambiente en el que opera el transmisor).

- Capacidad de refracción (*refractivity*) de la superficie: N_s .⁵ Esta es la capacidad de refracción de la atmósfera, medida en Unidades N (N-Units) (partes por millón), que se encuentra por lo general entre 250 y 400 N-units. La guía de ITS para la implementación del modelo *Longley-Rice*⁶ incluye los siguientes valores:

⁵ Tenga en cuenta que el valor N-Unit (N-Unidades) para la capacidad de refracción de la superficie es un parámetro separado no relacionado con los símbolos que denotan el ruido en la Tabla 1 arriba.

⁶ Ver Hufford, G. A., A. G. Longley, and W. A. Kissick (1982)280, A guide to the use of the ITS Irregular Terrain Model in the area prediction mode, NTI301A Report 82-100. (NTIS Order No. PB82-217977).

Tabla 2: Valores ITS para N_s

Clima radioeléctrico	N_s (N-units)
Ecuatorial (Congo)	360
Subtropical continental (Sudán)	320
Subtropical marítimo (Costa oeste de África)	370
Desierto (Sahara)	280
Templado continental	301
Templado marítimo, sobre tierra (Reino Unido y costas occidentales continentales)	320
Templado marítimo, sobre el mar	350
Para condiciones atmosféricas promedio, use el clima Templado continental y $N_s = 301$ N-units	

- Permittividad: Esta es la constante dieléctrica del terreno. La guía de ITS incluye los valores en la Tabla 3 abajo.
- Conductividad: La conductividad de la tierra del terreno. La guía ITS incluye los valores en la Tabla 3 abajo.

Tabla 3: Valores ITS para constantes eléctricas del terreno

	Permittividad relativa	Conductividad (Siemens por Metro)
Terreno promedio	15	0,005
Terreno mediocre	4	0,001
Terreno bueno	25	0,020
Agua fresca	81	0,010
Agua salada	81	5,0
Para la mayoría de los propósitos, utilice las constantes para un terreno promedio		

- Zona climática: Este valor es entrado de acuerdo con los códigos climáticos que corresponden con las siete categorías climáticas especificadas en la Tabla 1 arriba. Junto con N_s , el clima sirve para caracterizar la atmósfera y su variabilidad en el tiempo.
- Variabilidad. El modelo *Longley-Rice* incluye las siguientes tres clases de variabilidad:
 - Variabilidad de ubicación (nivel de fiabilidad y confianza): Este valor es

expresado como un porcentaje de 0,1% a 99,9%. La variabilidad de ubicación explica las variaciones en las estadísticas a largo plazo que ocurren de un trayecto a otro trayecto.

- Variabilidad de tiempo: Este valor se expresa como un porcentaje de 0 a 100%. La variabilidad de tiempo explica las variaciones de los valores medios de atenuación.
- Variabilidad de situación: Este valor se expresa como un porcentaje; una variabilidad de 50% es considerada normal para estimaciones de cubrimiento. La variabilidad de situación explica las variaciones entre sistemas con los parámetros de sistema y condiciones ambientales.
- Modos de variabilidad: La guía ITS contempla las siguientes formas en las cuales las clases de variabilidad listadas arriba son tratadas de forma combinada:
 - Modo de difusión: Las tres clases de variabilidad se tratan separadamente.
 - Modo individual: La variabilidad de situación y ubicación son combinadas; la variabilidad de tiempo se trata separadamente.
 - Modo móvil: La variabilidad de ubicación y tiempo son combinadas; la variabilidad de situación se trata separadamente.
 - Modo de mensaje individual: Se combinan las tres clases de variabilidad.

Los valores listados en la Tabla 4 abajo han sido históricamente utilizados en la implementación del modelo *Longley-Rice* para análisis de señal de televisión,⁷ y deberán ser usados para calcular la potencia de campo de una señal de una estación de difusión de televisión en una localización geográfica particular.

Tabla 4: Valores de parámetros *Longley-Rice* para análisis de señal de televisión

Parámetro Longley-Rice	Valor
Capacidad de refracción de la superficie en N-units (partes por millón)	301.0
Permitividad relativa del terreno	15.0
Conductividad del terreno, Siemens por metro	0.005
Código de zona climática	5 (templado continental)
Modo para cálculos de variabilidad	modo de difusión

D. Datos del perfil del terreno de trayecto

El modelo *Longley-Rice* podrá usar valores de elevación del terreno para crear un perfil detallado de un trayecto para ser analizado por el programa. El modelo fue diseñado para

⁷ Ver OET Bulletin No. 69 at 6.

usar los datos del terreno a lo largo del trayecto. Los puntos de incrementos desiguales son ignorados. En consecuencia, los valores de potencia de campo son calculados al último punto espaciado uniformemente en un radial dado.

Una implementación *Longley-Rice* podrá lograr mayor precisión utilizando los valores dados por juegos de datos de terreno específicos recolectados usando medidas empíricas. Por ejemplo, la *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) realizada por la *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) obtuvo datos de elevación casi a una escala global para poder crear una base de datos topográfica digital de alta resolución de la mayoría de la Tierra, proporcionando datos con resolución de 3 arco-segundos (~ 90 m) para la mayoría de los continentes entre 60 N y 60 S.⁸ En muchas zonas pobladas, se encuentran disponibles fuentes de resolución más alta para datos de terreno.

III. Cálculos de trayecto

El modelo *Longley-Rice* utiliza parámetros de entrada para calcular los parámetros geométricos relacionados con el trayecto de propagación. Primero, el modelo determina la altura efectiva de la antena. Dado que este es un modelo de predicción de área, los horizontes radioeléctricos, por ejemplo, son desconocidos. El modelo usa la irregularidad del terreno para estimar los horizontes radioeléctricos. El modelo también calcula una atenuación de la referencia, utilizando las distancias del horizonte y los ángulos de elevación para calcular la pérdida de transmisión en relación con el espacio libre.

El modelo *Longley-Rice* tratará el terreno que separa a la estación de difusión de televisión de la ubicación del Dispositivo de Espacios Blancos como una función aleatoria caracterizada por Δh . El modelo utiliza un valor de señal Δh para representar el tamaño de las irregularidades. Hablando aproximadamente, Δh es el rango inter decil de elevaciones del terreno—es decir, el rango total de elevaciones luego de que el 10% más alto y el 10% más bajo han sido eliminados. Los valores sugeridos para Δh provistos por ITS se establecen en la Tabla 5 abajo.

Tabla 5: Valores ITS de irregularidades del terreno

	Δh (metros)
Plano (o agua plana)	0
Planicies	30
Colinas	90
Montañas	200
Montañas accidentadas	500

⁸ Ver en general National Aeronautics and Space Administration, Shuttle Radar Topography Mission: The Mission to Map the World, en <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>.

Para un terreno promedio, utilice $\Delta h = 90$ m

IV. Resumen

Este Anexo describe los parámetros de entrada, datos de terreno y cálculos que deben ser tenidos en cuenta en la implementación de software para construir una aplicación para calcular la potencia de campo de una estación de difusión de televisión en una localización en particular. La determinación de la potencia de campo de las estaciones de difusión de televisión relevantes en una ubicación específica será utilizada para establecer a qué nivel y a qué nivel de potencia podrá operar un DEB en esa ubicación, de conformidad con el procedimiento delineado en el Anexo C.

Anexo C: Cálculo de frecuencias disponibles de Espacios Blancos de televisión y límites de potencia

I. Introducción

Este Anexo proporciona parámetros detallados y metodología para calcular las frecuencias y los límites de potencia máximos para los Dispositivos de Espacios Blancos de manera tal que se limite la probabilidad de interferencias perjudiciales a otros servicios a niveles aceptables. La metodología propuesta en este Anexo es independiente de los modelos de propagación radioeléctrica que podrán ser utilizados en los cálculos aquí descritos. No obstante, es imprescindible que se utilicen los modelos estadísticos de propagación radioeléctrica punto a punto de trayecto específico, que sean capaces de utilizar modelos de terreno/elevación digital.

II. Definiciones

Esta sección describe las diferentes entidades y sus relaciones con respecto a la frecuencia y los cálculos de potencia de señal. La interferencia por parte de los Dispositivos de Espacios Blancos (DEBs) es controlada limitando su poder de irradiación. Las siguientes definiciones describen un enfoque sobre cómo se podrán calcular esos límites de potencia.

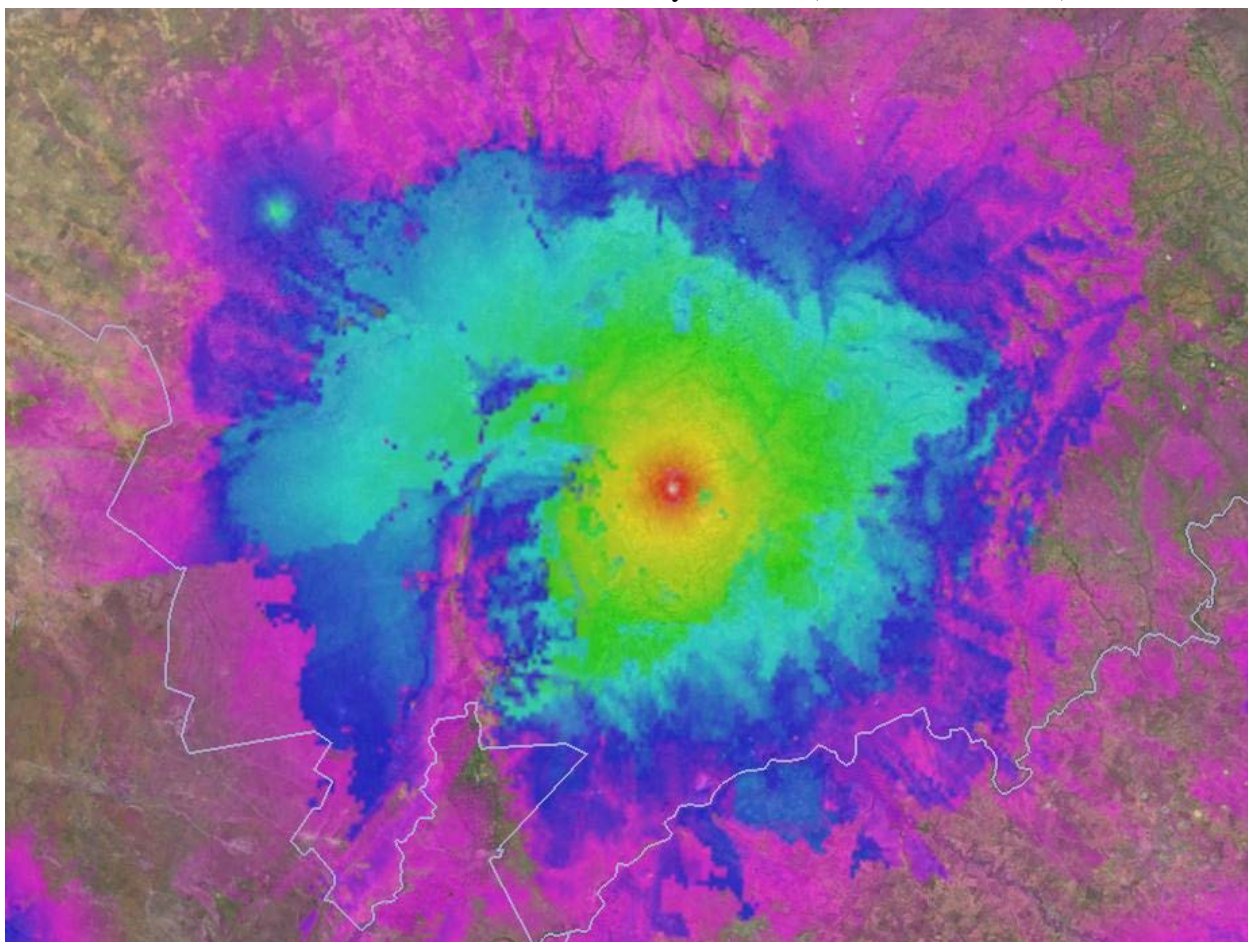
1. Servicios protegidos

1.1. La televisión análoga terrestre (*Analog terrestrial television* -ATT): Estándar PAL-I

La zona de servicio de una difusión de televisión análoga incluye cualquier ubicación en donde la relación de señal a ruido sea mayor de o igual a 17,0 dB más un margen de enlace (*link margin*) de 13 dB.¹

¹ El límite de la relación de señal a ruido de un servicio (*relación de señal a ruido* -SNR) es el nivel mínimo de operación teórico para que un servicio sea funcional, mientras que los márgenes de enlace son responsables de la potencia de señal adicional que generalmente se requiere para adaptarse a los ambientes del mundo real. El margen de enlace proporciona un amortiguador de manera que el servicio es algo robusto contra las deficiencias de señal comunes tales como multi-trayecto, debilitación e interferencia.

Figura 1: Mapa de cobertura de ejemplo que muestra las áreas “en servicio” extendiéndose a áreas azules, moradas = “muy débiles” (“fuera de servicio”)



1.2. Televisión Digital Terrestre (TDT): Estándar DVB-T2

La zona de servicio de la teledifusión digital incluye cualquier localidad en donde la relación de señal a ruido de su señal sea mayor a o igual a 17,0 dB, más un margen de enlace de 13 dB. Dado que la metodología propuesta analiza los transmisores individualmente, las Redes de Frecuencia Única (SFNs) y las Redes de Frecuencia Múltiple (MFNs) podrán ser tratadas en forma similar.

1.3. Sitios de radioastronomía (*Radio Astronomy Sites- RASs*)

La zona protegida de los sitios de radioastronomía (RASs), particularmente los sitios del proyecto *Square Kilometer Array* (SKA) son designadas como *Radio Quite Zones* (RQZs) (Zonas de restricción radioeléctrica). No obstante, esta designación también se extiende a algunos otros sitios SKA que no están localizados dentro de las RQZs. La máxima Densidad Espectral de Potencia (*Power Spectral Density- PSD*) prescrita

recibida en cada sitio no debe exceder de $-130 \text{ dBm}/8\text{MHz}^2$. La metodología para calcular la protección necesaria de los Dispositivos de Espacios Blancos está por determinarse aún y puede no ser requerida o aplicar en todas las jurisdicciones.

1.4. Otro:

Las frecuencias radioastronómicas, el borde de banda baja, borde de banda alta, los micrófonos inalámbricos/ equipo para hacer programas y eventos especiales, enlaces de estudio a transmisor, sitios de recepción de TV por cable y estaciones de televisión de filtro de espacios terrestres podrán requerir protección adicional Se requiere más análisis y consulta con la industria. De nuevo, con la excepción de los usuarios de borde de banda alta y baja, estos titulares podrán no estar presentes en todas las jurisdicciones.

2. Características del receptor

2.1. Televisión análoga (PAL-I)

La sensibilidad de un receptor de TV análogo a la interferencia por parte de un Dispositivo de Espacios Blancos es una función de su índice de rechazo de canal adyacente (*adjacent channel rejection ratio - ACR*). Si un receptor está sintonizado al canal “N”, podrá tolerar señales en canales adyacentes sin interferencia perjudicial si la potencia de señal relativa es menor a los valores que se dan en la Tabla 1.³

Tabla 1: Índices de rechazo de canal adyacente de TV análoga

Compensación de canal	Potencia de señal relativa (dB)
N-10 o menor	62
N-9	60
N-8	58
N-4	55
N-3	45
N-2	42

² Sensibilidad a la radioastronomía basada en ITU-R RA.769-2.

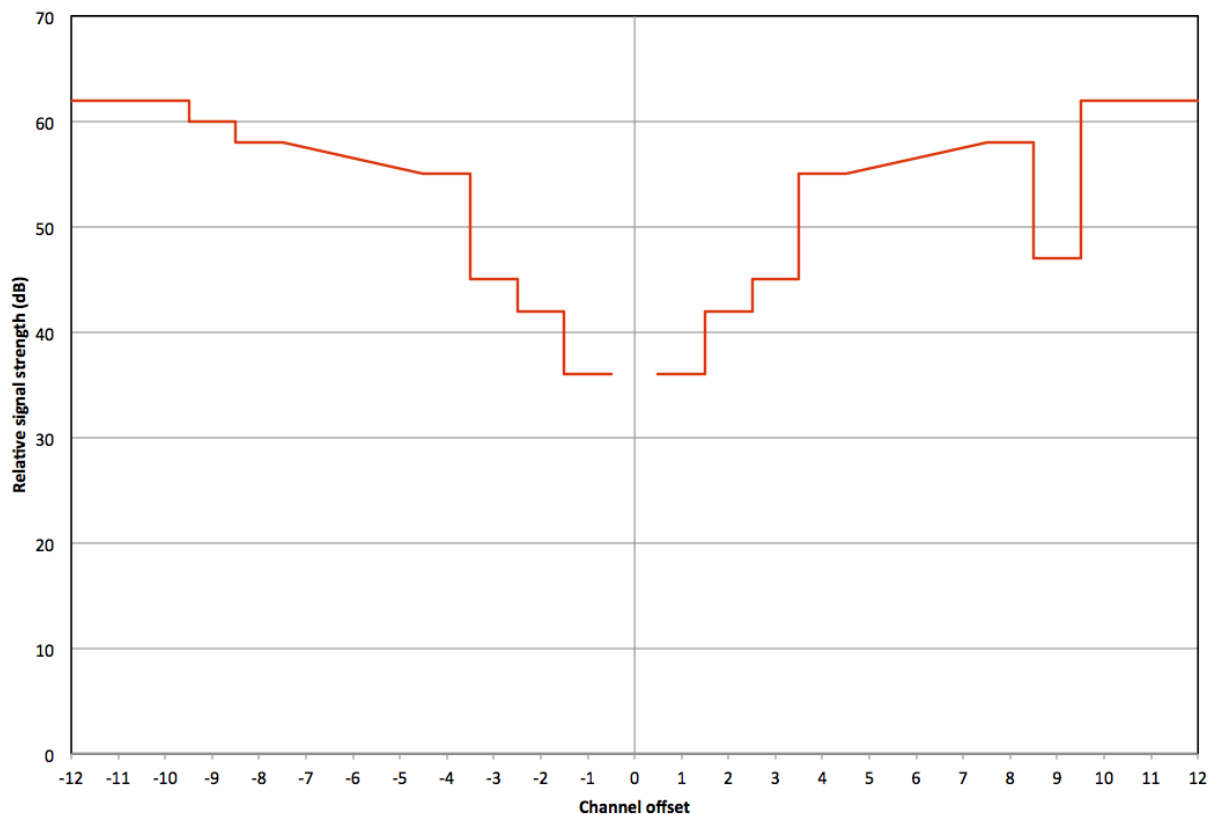
³ Los valores de desempeño de ACR se basan en el análisis de Ofcom de 50 receptores actualmente disponibles comercialmente en el mercado. Ver Ofcom, *TV White Spaces: Approach to Coexistence*, Technical Analysis, Sept. 4, 2013, disponible en <http://stakeholders.ofcom.org.uk/binaries/consultations/white-space-coexistence/Anexos/technical-report.pdf> (Ofcom Technical Report).

N-1	36
N+1	36
N+2	42
N+3	45
N+4	55
N+8 ⁴	58
N+9	47 ⁵
N+10 o mayores	62

⁴ Los valores entre N±4 y N±8 deberán ser interpolados linealmente.

⁵ El desempeño ACR en el canal N+9 es diferente del N-9 debido a las limitaciones del diseño del sintonizador interno.

Figura 2: Plano de índices de rechazo de canal adyacente de TV análoga



2.2. Televisión digital (DVB-T2)

La sensibilidad de un receptor de TV digital a la interferencia de un Dispositivo de Espacios Blancos es una función de su índice de rechazo de canal adyacente (ACR). Si un receptor está sintonizado al canal “N”, podrá tolerar señales en canales adyacentes sin interferencia perjudicial, si la potencia de señal relativa es menor a los valores que se dan en la Tabla 2.⁶

2.3. Televisión móvil digital terrestre (MDDT): Estándar DVB-H

Los valores de referencia mínimos de la potencia de campo de medios de recepción de DVB-H para banda IV y banda V se prescriben en la Tabla 11.14 y 11.15 en el libro azul de DVB (*DVB blue book*).

⁶ Los valores de desempeño de ACR se basan en el análisis de Ofcom de 50 receptores actualmente disponibles comercialmente en el mercado. Ver Ofcom Technical Report

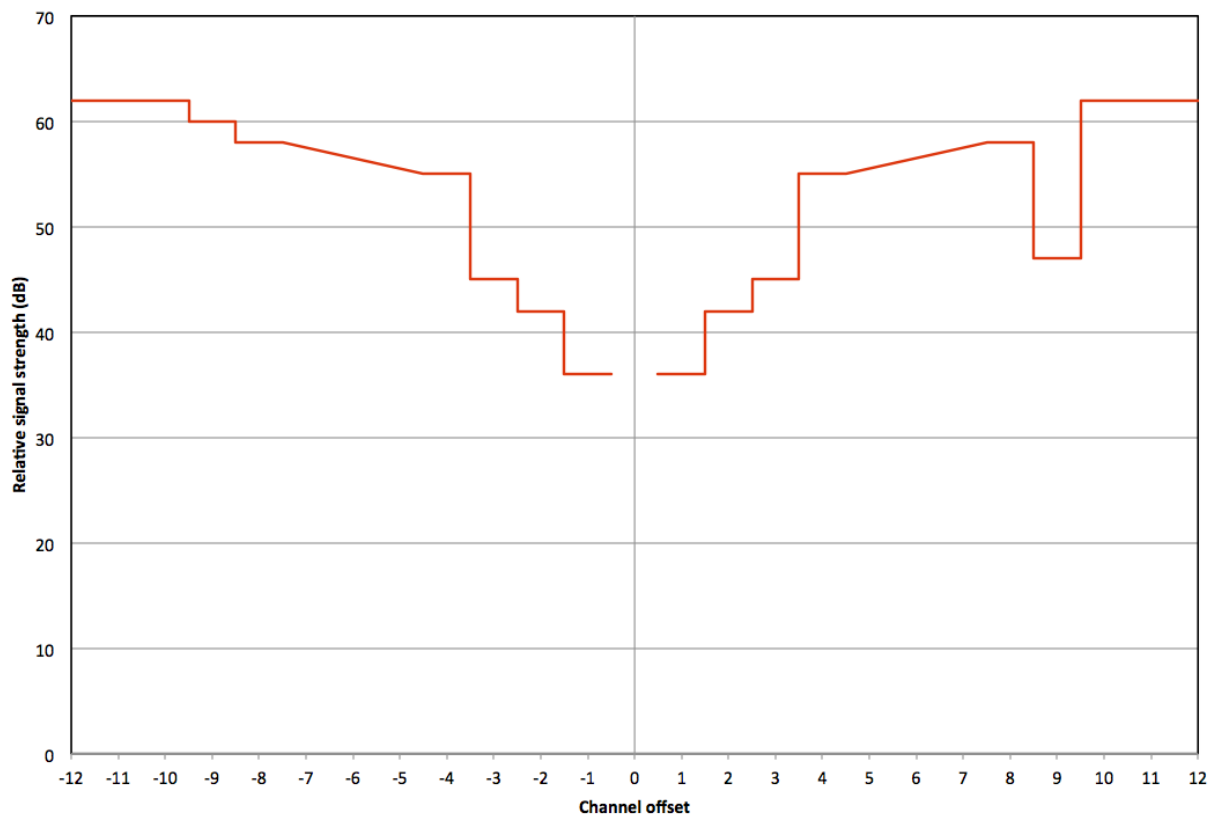
Tabla 2: Índices de rechazo de canal adyacente de TV digital

Compensación de canal	Potencia de señal relativa (dB)
N-10 o menor	62
N-9	60
N-8	58
N-4	55
N-3	45
N-2	42
N-1	36
N+1	36
N+2	42
N+3	45
N+4	55
N+8 ⁷	58
N+9	47 ⁸
N+10 o mayores	62

⁷ Los valores entre N±4 y N±8 deberán ser interpolados linealmente

⁸ El desempeño ACR en el canal N+9 es diferente del N-9 debido a las limitaciones del diseño del sintonizador interno.

Figura 3: Plano de índices de rechazo de canal adyacente de TV digital



3. Pérdida de acoplamiento de DEB

Se asume que la pérdida de acoplamiento entre un Dispositivo de Espacios Blancos y otros tipos de receptores es de 60 dB.⁹

4. Resolviendo la superposición del terreno

Los archivos de datos de terreno por lo general se organizan en “celdillas” (“tiles”) (rásters rectangulares alineados con casillas de latitud y longitud) que incluyen datos superpuestos a lo largo de cada uno de sus bordes. Cuando las celdillas superpuestas contienen información que no es idéntica en sus áreas de superposición, existe el potencial para ambigüedad de elevación en esas áreas.

Para resolver esta ambigüedad, se deberá utilizar la siguiente metodología de selección de

⁹ La pérdida de acoplamiento se debe a una multitud de factores, incluyendo la distancia de separación entre dispositivos, discriminación de antenas, discriminación de polarización, atenuación por edificio, obstrucciones físicas, etc.

celdillas. Para cualquier punto dado, exactamente una celdilla de terreno será seleccionada como la fuente autoritaria de datos de elevación.

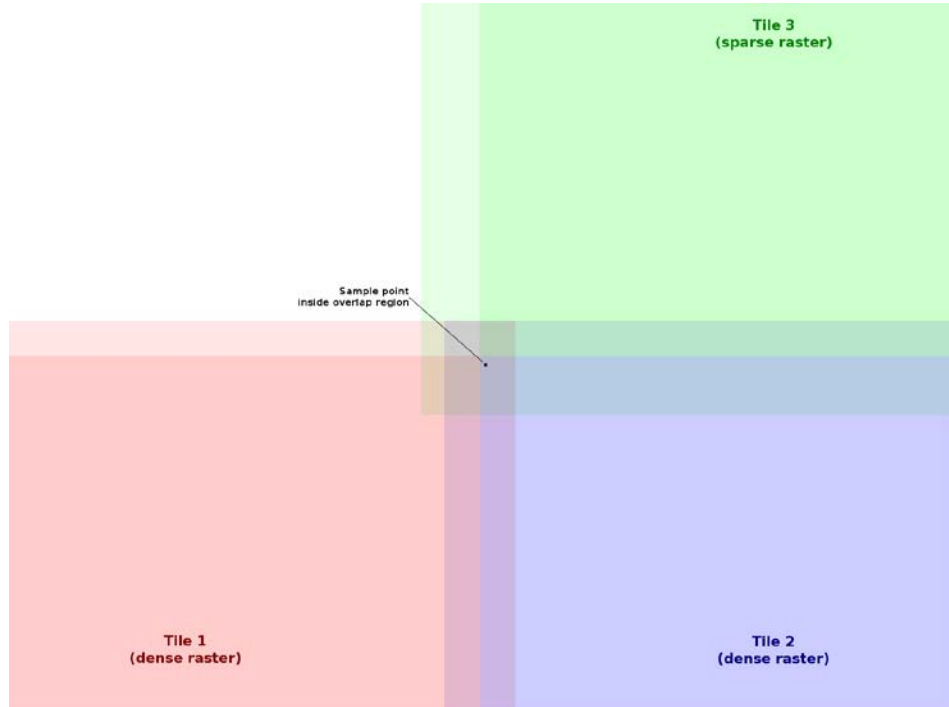
1. Para un punto cualquiera (lat y lon), determine el juego de celdillas que incluyen las coordenadas lat y lon solicitadas. Se espera que el número de candidatos que hagan juego con las celdillas esté entre 0 y 4.
 - a. Si el número de celdillas que hacen juego es 0 (el punto no cae dentro de ninguna celdilla de terreno), entonces trate la elevación como 0 metros y regrese.
 - b. Si el número de celdillas que hacen juego es 1, entonces el punto no tiene problemas de superposición de datos. Utilice la interpolación bilineal para calcular la elevación del terreno utilizando la celdilla seleccionada.
2. Si se encuentran 2 o más candidatas, utilice los siguientes criterios para escoger cuál celdilla utilizar.
 - a. Calcule la distancia de latitud desde lat a cada celdilla candidata. Cada celdilla(s) con la distancia latitudinal más pequeña ($lat_distance$) gana.
 - b. En caso de empate, calcule la distancia de longitud desde lon a cada celdilla candidata. La celdilla(s) con la distancia longitudinal más pequeña ($lon_distance$) gana.
 - c. En caso de empate, seleccione la celdilla con la latitud más pequeña y la cobertura de longitud más baja (es decir, valores numéricos más bajos).
 - d. Use la interpolación bilineal para calcular la elevación del terreno utilizando la celdilla seleccionada.

Pista: Esto es efectivamente lo mismo que clasificar las celdillas candidatas de acuerdo con claves múltiples. La clave principal es la $lat_distance_i$, seguida por $lon_distance_i$, $center_lat_i$, y $center_lon_i$ para resolver cualquier empate cuando sea necesario.

Ejemplo ilustrado

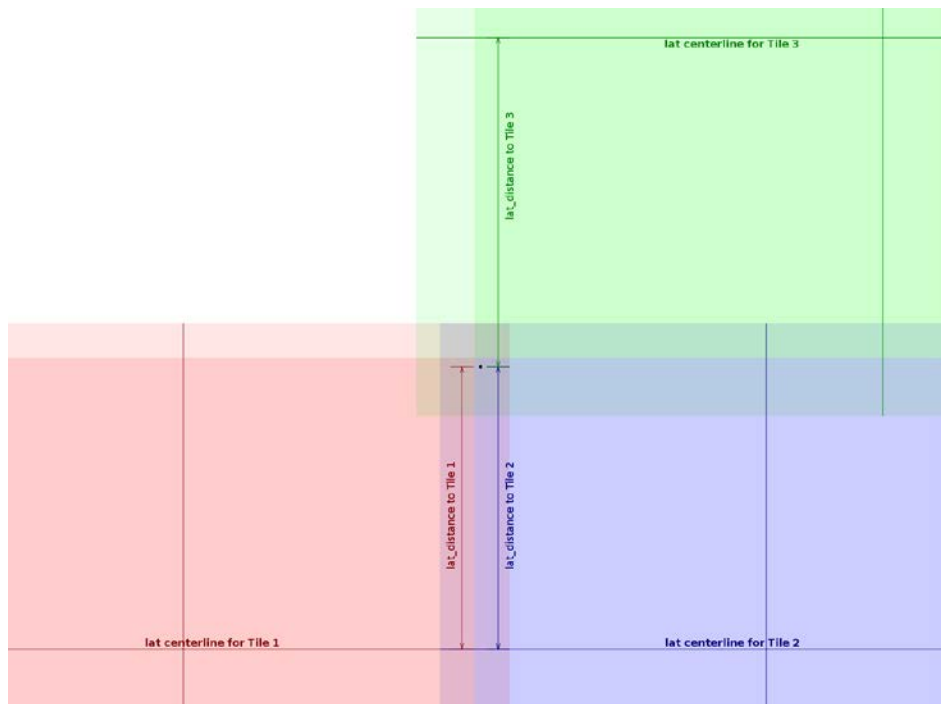
Considere un punto de ejemplo que se encuentre en el área de superposición entre celdillas.

Note que las celdillas no tienen necesariamente la misma densidad de ráster o rango de cobertura.



Dado que hay 2 o más celdillas candidatas para tener en cuenta, necesitan ser clasificadas de acuerdo con $lat_distance_i$.

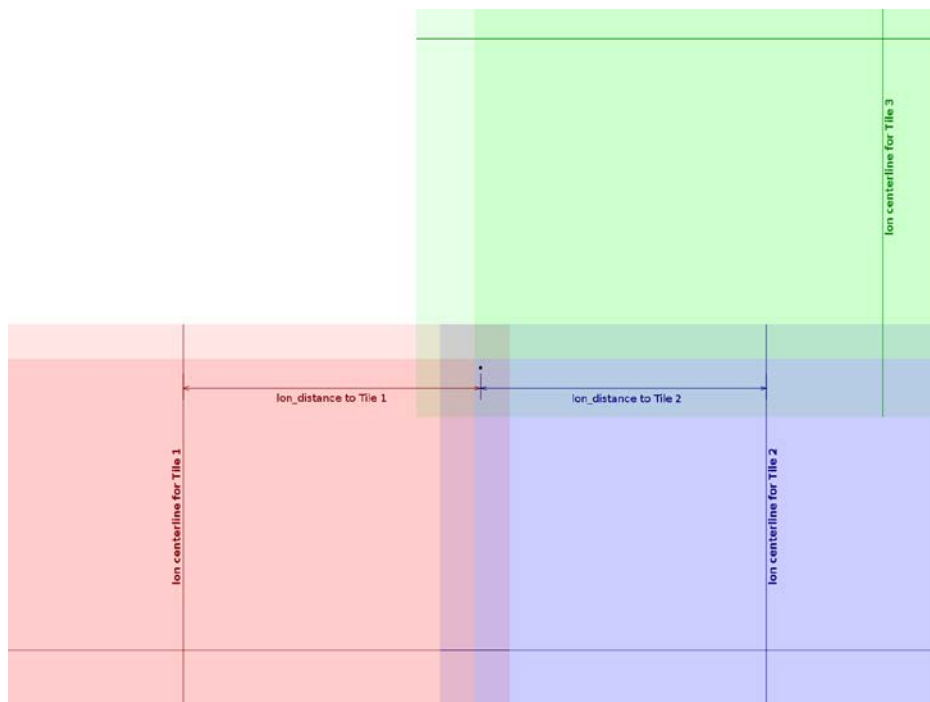
En este ejemplo, la Celdilla 1 y la Celdilla 2 tienen la misma $lat_distance$. Ambas celdillas están más cerca del punto de ejemplo que la Celdilla 3.



Dado que la $lat_distance$ para la Celdilla 1 y la Celdilla 2 es la misma, la $lon_distance$ necesita ser revisada.

En este ejemplo, la Celdilla 2 está más cerca que la Celdilla 1.

La Celdilla 2 se selecciona como la a Celdilla autoritaria para usar.



5. Resolución de perfil terrestre

El perfil terrestre entre un punto transmisor y uno receptor se construye tomando la elevación terrestre en puntos equitativamente espaciados a lo largo del trayecto más corto entre el transmisor y el receptor. El trayecto más corto es calculado utilizando el algoritmo de Vincenty¹⁰. El espaciado nominal de las casillas en el perfil terrestre es de 50 metros. Tenga en cuenta que el espaciado del perfil terrestre es independiente del tamaño de la cuadrícula terrestre subyacente. La interpolación bilineal es utilizada para llenar los puntos en el perfil terrestre como se describió en la sección 4 arriba.

III. Cálculos

Los cálculos de la disponibilidad de espectro de Espacios Blancos son específicas para la localización. Para fines de discusión en esta sección, se asume que el DEB está en el punto W_0 , que tiene una latitud de $W_{0,lat}$, una longitud de $W_{0,lon}$, y una altura de $W_{0,h}$ (opcional).

1. Calcule frecuencias que están “en uso” por servicios protegidos

- 1.1. Identifique todas las entidades protegidas que estén dentro de los 300 km del punto W_0 .

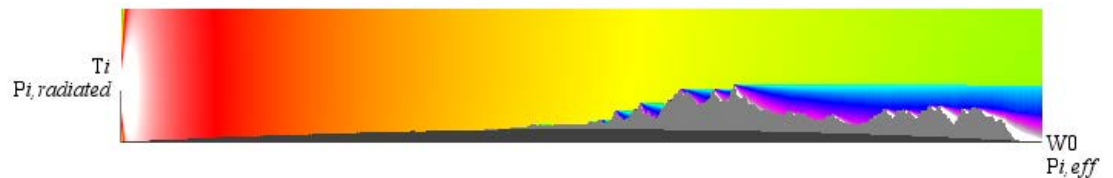
¹⁰ El algoritmo inverso Vincenty (http://www.ngs.noaa.gov/PUBS_LIB/inverse.pdf) calcula el trayecto elipsoidal más corto entre dos puntos en un esferoide achatado (como el modelo de referencia de la Tierra WGS84).

- 1.2. Si la altura de W_0 no está disponible, entonces asuma que $W_{0,h} = 10$ metros por encima del terreno.
- 1.3. Para cada entidad protegida, aplique el modelo de propagación punto a punto contenido en los Anexos A y B para predecir el nivel de potencia residual de cada entidad en el punto W_0 .

Ejemplo

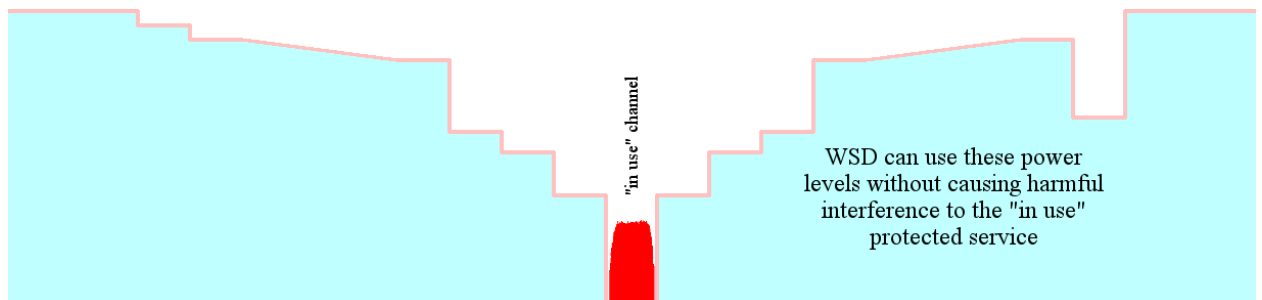
- 1.3.1. Para un transmisor de TV T_i , calcule la potencia radiada efectiva ($P_{i,radiated}$) de T_i en la dirección de W_0 , incluyendo cualquier ajuste de patrón de antena.
- 1.3.2. Use el modelo de propagación para calcular la pérdida de trayecto (L_{Ti}) entre T_i y W_0 .
- 1.3.3. Calcule la potencia de la señal de ambiente efectiva en el punto W_0 como

$$P_{i,eff} = P_{i,radiated} - L_{Ti}$$
- 1.3.4. Si $P_{i,eff}$ es mayor que el límite SNR más el margen de enlace para los transmisores de TV, entonces se considera que este canal está “en uso” por T_i , y por el contrario, si la señal es muy débil se considera que este canal “no está en uso” por T_i .

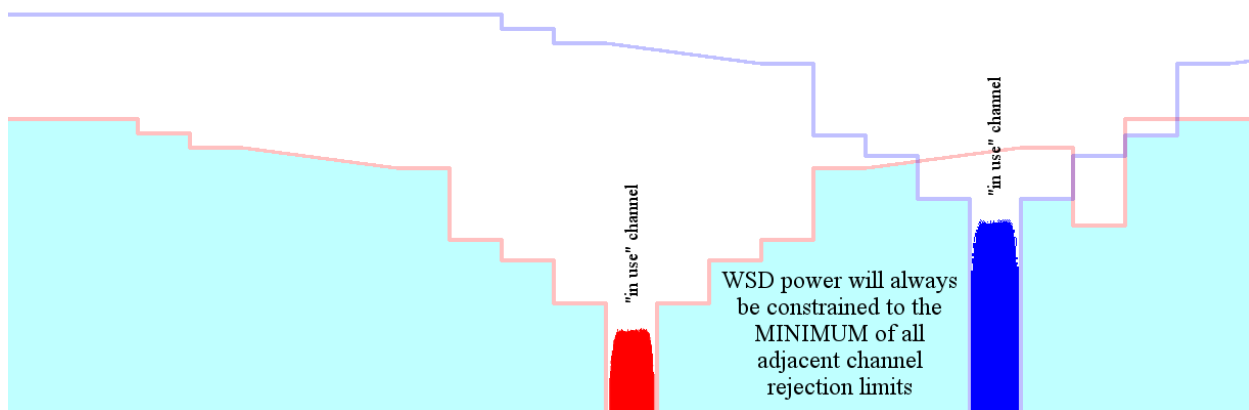


2. Para cada servicio protegido “en uso”, utilice los índices de rechazo de canal adyacente relativos a $P_{i,eff}$ para calcular las restricciones de potencia que deberán ser aplicadas a los Dispositivos de Espacios Blancos.

2.1. Ejemplo de televisión



Cuando múltiples canales están “en uso”, sus índices relativos de rechazo de canal adyacente pueden sobreponerse. La restricción de canal adyacente con el nivel de potencia más BAJO se utiliza para determinar el límite de potencia para el uso del DEB, ya que esto previene que el DEB cause interferencia sobre cualquiera de los servicios activos.



Luego de que todos los servicios protegidos hayan sido procesados, la curva de potencia restante define los niveles de potencia máximo permitidos para uso de DEB.

2.2. La protección de borde de banda es específico para cada jurisdicción.

La curva de potencia resultante después de que todas las protecciones de los titulares han sido procesadas se conoce como el punto de referencia de perfil de disponibilidad de espectro. Este perfil de referencia podrá ser opcionalmente procesado para compensar aún más por las máscaras de emisión del DEB descritas en la sección 3.1.

3. Consideraciones de máscaras de emisión DEB

3.1. Clase de emisiones predefinidas

Algunos DEBs reportarán sus capacidades de emisiones radioeléctricas en la forma de un tipo de dispositivo o clase de emisión. Si el dispositivo reporta sus características de máscara de emisión en la forma de un tipo de dispositivo o código de clase, la base de datos podrá calcular los ajustes al punto de referencia de perfil de disponibilidad de espectro para hacer juego con las características de las emisiones del dispositivo.

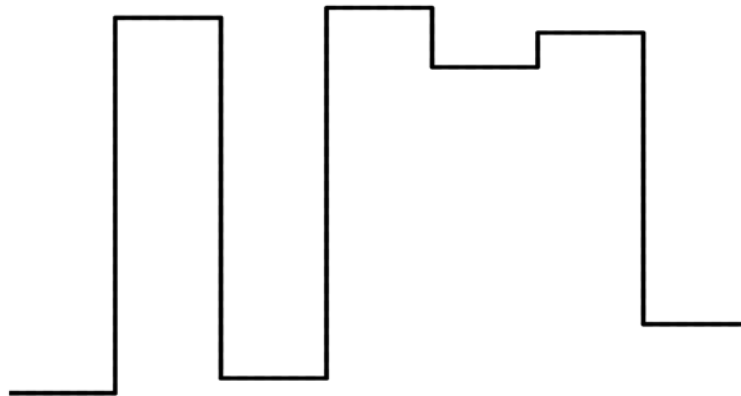
Por ejemplo, los dispositivos que usen los códigos de clase de emisión ETSI 301 598

deberán satisfacer los siguientes límites de fuga de canal adyacente:

Enésimo número de canal adyacente	Índice de fuga de canal adyacente (dB)				
	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
$n = \pm 1$	74	74	64	54	43
$n = \pm 2$	79	74	74	64	53
$n \geq 3$ o $n \leq -3$	84	74	84	74	64

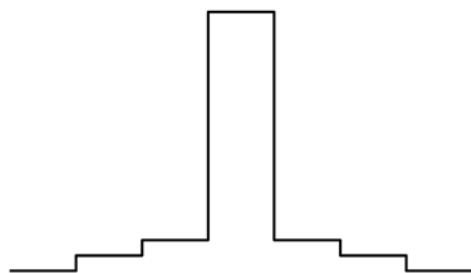
La base de datos podrá ajustar el perfil de espectro de referencia de manera tal que se garantice que la clase de emisiones de un dispositivo dado nunca excedan la curva de potencia del espectro disponible. La base de datos encontrará el “mejor ajuste” para el dispositivo que garantice que todas sus emisiones (tanto en banda como adyacentes al canal) se mantengan por debajo del punto de referencia de perfil de disponibilidad de espectro.

Como ejemplo, supongamos que tenemos un punto de referencia de perfil de disponibilidad de espectro que tiene una mezcla de canales de alta y baja potencia como se muestra abajo (esto es solo con fines ilustrativos):

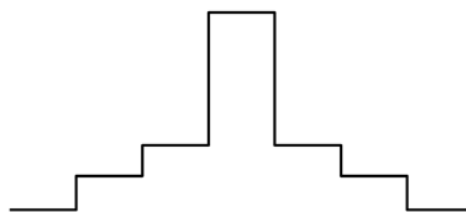


Un dispositivo de Clase 1 que se conecta a la base de datos tendrá un desempeño de fuga de canal adyacente muy buena, por lo que será capaz de emitir niveles de potencia relativamente altos y quedarse aún por debajo de la curva de potencia permitida.

Un dispositivo de Clase 5 tendrá un desempeño de fuga de canal adyacente peor, por lo que necesitará reducir sus niveles de potencia de manera que se quede dentro de los límites de la curva de potencia permitida.

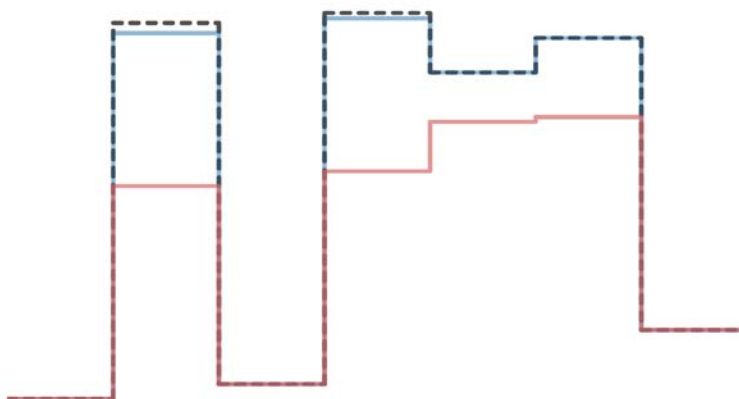


Clase 1 clase de emisión



Clase 5 clase de emisión

La base de datos ajusta la respuesta del espectro de acuerdo con la Clase de dispositivo que realiza la consulta, y garantiza que el dispositivo nunca podrá exceder el perfil de espectro de referencia.



En este ejemplo, un dispositivo de Clase 1 recibirá una respuesta de la base de datos que está muy cerca del perfil de espectro de referencia por que tiene una máscara de emisión muy buena, que garantiza que no excederá de los límites de potencia punto de referencia.

Para el dispositivo Clase 5, la base de datos tiene que reducir la potencia en algunos canales para asegurarse de que la fuga de canal adyacente del dispositivo se mantenga por debajo de los límites de potencia punto de referencia. Cada Clase de dispositivo recibirá una respuesta de la base de datos a la medida de sus características de emisión particulares.

3.2. Límites de emisión definidos de forma estática

Algunos DEBs reportarán sus capacidades de emisiones radioeléctricas en la de un tipo de dispositivo o definición de modo (por ej. fijo, modo personal/portátil modo I y II). Si

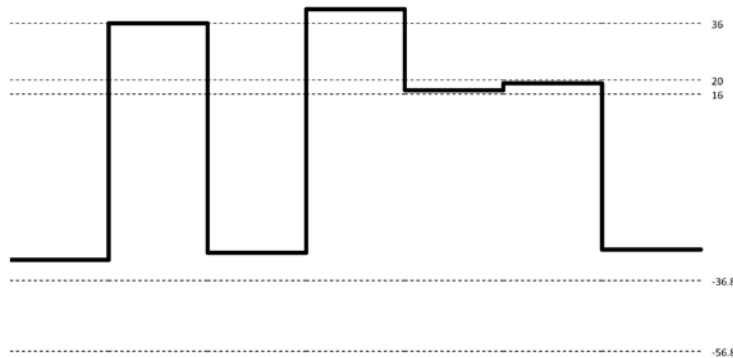
el dispositivo reporta sus características en la forma de un tipo de dispositivo o modo, la base de datos podrá calcular los ajustes al punto de referencia de perfil de disponibilidad de espectro para que hagan juego con las características de las emisiones del dispositivo.

Por ejemplo, los dispositivos que siguen las definiciones de modo de dispositivo de la FCC, deberán satisfacer los siguientes límites de emisión definidos de forma estática:

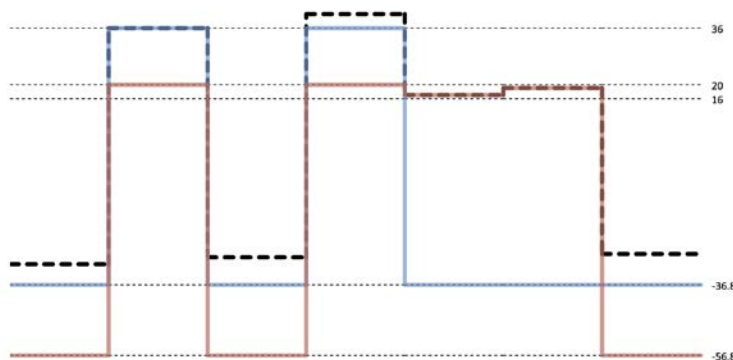
Tipo de emisiones	EIRP máximo por 6 MHz	
	fijo	modo I y II
adentro de banda	36 dBm	16 a 20 dBm
fuera de la banda	-36,8 dBm	-56,8 dBm

Para garantizar el cumplimiento del dispositivo, la base de datos podrá hacer ajustes al punto de referencia de perfil de disponibilidad de espectro restringiendo niveles de potencia a los límites de potencia máximo adentro de la banda que correspondan al modo del dispositivo. Cualquier canal que no sea seguro para operar dentro de los límites de potencia adentro de la banda será ajustado a los niveles de potencia de fuera de banda para evitar que los dispositivos operen en esos canales.

Como ejemplo, supongamos que tenemos un punto de referencia de perfil de disponibilidad de espectro que tiene una mezcla de canales de alta y baja potencia como se muestra abajo (esto es solo con fines ilustrativos):



La base de datos ajusta la respuesta del espectro de acuerdo con el modo del dispositivo que realiza la consulta, y garantiza que el dispositivo nunca podrá exceder el perfil de espectro de referencia y que nunca podrá exceder los límites de emisión fuera de banda asignados.



En este ejemplo, un dispositivo fijo recibirá una respuesta de la base de datos que admita la operación en cualquier canal que permita la operación a 36 dBm o superior. Cualquier canal disponible de espectro de punto de referencia que sea superior a 36 dBm será enganchado a 36 dBm. Todos los demás canales serán ajustados al límite de potencia para fuera de banda para dispositivos fijos a -36.8 dBm. Esto garantizará que el dispositivo fijo operará únicamente en los canales que están libres de interferencia y que las emisiones fuera de banda estarán por debajo de los límites definidos.

En este ejemplo, un dispositivo modo I o II recibirá una respuesta de la base de datos que admite la operación en cualquier canal que permita la operación a 16 dBm o superior. Cualquier canal disponible de espectro de punto de referencia que sea superior a 20 dBm será enganchado a 20 dBm. Todos los demás canales serán ajustados al límite de potencia para fuera de banda para dispositivos fijos a -56.8 dBm. Esto garantizará que el dispositivo modo I o II dispositivo operará únicamente en los canales que están libres de interferencia y que las emisiones fuera de banda estarán por debajo de los límites definidos.

3.3. Control de emisiones dinámicas

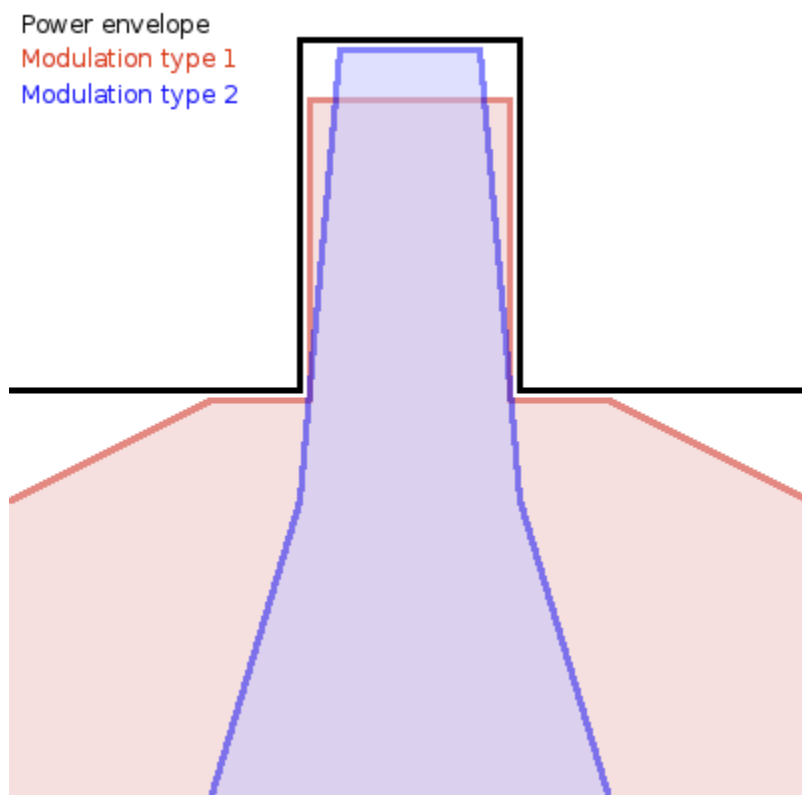
Algunos dispositivos podrán ser capaces de controlar dinámicamente su propio perfil de emisiones para adaptarse a la respuesta del espectro provista por la base de datos. Si una base de datos es consultada por un dispositivo certificado que tenga tales capacidades, la base de datos podrá responder con el punto de referencia de perfil de disponibilidad de espectro, y el dispositivo deberá entonces asegurarse de que todos sus emisiones fuera y adentro de la banda cumplen con esos límites.

Cuando el DEB obtiene una respuesta de la base de datos de espectro, deberá tener en cuenta su máscara de emisiones fuera de banda para garantizar que no violará los límites

especificados en la respuesta del espectro.

Un dispositivo podrá tener características de emisión fuera de banda diferentes dependiendo de la calidad de su diseño (por ej. componentes de alta gama vs. baja gama), o podrá usar tecnología que soporte varios tipos de modulación (por ej. Wi-Fi soporta hasta 76 esquemas de codificación de modulación diferentes), o podrá haber otros factores que hagan que cambie el perfil de emisiones dependiendo de las condiciones de operación actuales. En cada una de estas situaciones, dependerá del DEB garantizar que su perfil de emisiones cumpla con la respuesta de la base de datos del espectro bajo todos los modos de operación.

Figura 3: Ejemplo de perfil de emisiones DEB a tener en cuenta en conjunto con la curva de potencia provista por la base de datos del espectro.



El DEB podrá emplear cualquier número de técnicas para garantizar el cumplimiento con la respuesta de la base de datos del espectro, incluyendo, sin limitación, reducir la potencia de salida, cambiar los tipos de modulación, cambiar de filtros, reducir el ancho de banda ocupado, etc.

Anexo D: Información relacionada con ITU-R. P-1812

I. Introducción

Las Normas y reglamentación técnica sugerida para el uso de Espacios Blancos de televisión consideran que las frecuencias y máxima potencia de transmisión para un dispositivo de Espacios Blancos en una ubicación específica podrán ser determinados con base en el método de geolocalización y base de datos.

Particularmente, la(s) base(s) de datos designada(s) por el legislador proveerá(n) esta información con base en la información posicional de un dispositivo maestro de Espacios Blancos, la altura de la antena transmisora (para dispositivos maestro fijos), y el uso por parte de los titulares licenciados en o cerca de la zona geográfica de operación del dispositivo de Espacios Blancos. Las normas sugieren que una base de datos proveerá una lista de las frecuencias disponibles y potencias de transmisión permitidas asociadas con los dispositivos de Espacios Blancos de acuerdo con el algoritmo contenido en los Anexos A y B o de acuerdo con el algoritmo establecido más adelante en este Anexo. El Anexo C podrá ser utilizado con el Anexo A y B o con este Anexo.

Los Anexos A y B se basan en el modelo de propagación *Longley-Rice*. No obstante, también sirven otros modelos de propagación de punto a punto (*point-to-point*), basados en terreno (*terrain-based*), como base para los cálculos de disponibilidad de espectro. Uno de estos modelos es la *International Telecommunication Union's Radiocommunication Sector Recommendation P-1812* (ITU-R. P-1812) (Recomendación para el Sector de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones). Tal como *Longley-Rice*, la ITU-R. P-1812 es un método de trayecto específico de predicción de propagación para servicios terrestres punto a punto en las bandas VHF y UHF. Más detalles acerca de la ITU-R. P-1812, incluyendo el modelo mismo y una explicación de su implementación, están disponibles para descarga en el sitio web de UIT (o ITU en inglés) en <https://www.itu.int/rec/R-REC-P.1812-3-201309-1/en>.