

# Estimación del ancho de banda disponible en México haciendo uso de los TVWS.

Cuevas-Ruíz, J.L.

Centro de Estudios

Instituto Federal de Telecomunicaciones, México

E-mail: [jose.cuevas@ift.org.mx](mailto:jose.cuevas@ift.org.mx)

**Abstract** — En el presente trabajo se presenta una estimación del ancho de banda disponible haciendo uso de los TVWS para México, así como el planteamiento de potenciales aplicaciones. Esta cuantificación esta basada en la definición de las áreas de cobertura de las estaciones transmisoras de la red de TDT; el cálculo de las coberturas se lleva a cabo por medio de la aplicación del modelo de propagación de Longley-Rice, que considera las condiciones orográficas de cada lugar. Al mismo tiempo se definen distancias de guarda que permitan garantizar la operación de los usuarios primarios, regulando los niveles de interferencia de los potenciales usuarios secundarios.

**Keywords** — TVWS, Longley-Rice.

## I. INTRODUCCIÓN

El incremento de las aplicaciones móviles esta generando cada vez más mayor demanda de espectro. Técnicas cognitivas y la introducción de mejores estrategias de espectro son algunas de las alternativas que se presentan para hacer frente a esta creciente demanda. La gestión basada en el desarrollo de usuarios secundarios que permita hacer uso de los espacios blancos en la Televisión (TVWS), representa una alternativa que esta siendo analizada y evaluada alrededor del mundo. Una de las principales ventajas de las transmisiones que operan en la banda de la TDT (Televisión Digital Terrestre) es que presenta mejores condiciones de propagación que las frecuencias en donde opera WiFi y sistemas de 3G y 4G arriba de 1 GHz. Algunas de las aplicaciones propuestas para los TVWS incluyen enlaces de última milla para banda ancha en ambientes urbanos, acceso de banda ancha en zonas rurales, agregación de portadoras en 4G, Internet de Todo (IoE) y redes de sensores inalámbricos. En la implementación de redes secundarias haciendo uso de TVWS uno de los factores críticos a regular son los niveles de interferencia que los usuarios de estas redes puedan generar en perjuicio de los usuarios primarios (aquellos que poseen la licencia para hacer uso de estas frecuencias).

Respecto a la gestión para el uso de los TVWS, este se puede analizar básicamente desde dos puntos de vista haciendo uso de técnicas de Radio Cognitiva: Sensado de Espectro (para detectar los espacios o huecos a usar en tiempo real) y el uso de base de datos geo-localizadas. En la primera opción, un dispositivo (WSD) que opera haciendo uso de los TVWS y desea transmitir, inicia el proceso de búsqueda e identificación de un canal libre en tiempo real, por medio del sensado del espectro en la banda de interés; una vez identificado, hace uso del mismo. La otra alternativa plantea que un WSD que desea transmitir, accede a una base de datos donde se encuentran registrados los canales o espacios

disponibles para la zona donde se encuentre geo-localizado el potencial usuario secundario. Esta base de datos contiene la información de las frecuencias de los canales disponibles en la zona, y por lo tanto en condiciones de ser usados por algún usuario secundario, definiendo, entre otras cosas, el área de cobertura de las frecuencias de los canales ocupados y los niveles de interferencia permitidos. Esta información es calculada haciendo uso de modelos de propagación, donde uno de los más comúnmente usados para estas aplicaciones es el conocido como de Longley-Rice, que toma en cuenta la orografía del terreno entre otros varios factores.

Respecto a la regulación de los TVWS, la FCC ha establecido reglas para el acceso secundario para usuarios sin licencia [1]; del mismo modo, el regulador del Reino Unido, (Ofcom), también ha llevado a cabo trabajos relativos al uso de los TVWS sin licencia [2]. En ambos casos el uso de bases de datos geo-localizadas se menciona como la principal opción para gestionar los TVWS y prevenir interferencias a los usuarios de la TV.

A nivel mundial, a partir del apagón analógico en la TV abierta, se han identificado bandas sin usar en determinadas localizaciones geográficas, dentro de las bandas VHF/UHF. Actualmente, alrededor del mundo se han llevado a cabo estudios y proyectos relativos a la cuantificación de los TVWS disponibles en varios países [3][4][5], indicando las posibles aplicaciones o usos que se le podría dar a este espectro. En México no existe todavía información acerca de la cantidad de espacio que pudiera estar disponible, una vez que en el 2015 se terminó el proceso de conmutación de analógico a digital en la TV abierta.

En el presente artículo se presenta una estimación cuantitativa del espectro disponible por medio de los TVWS en la banda de UHF destinada para la Televisión Digital Terrestre (TDT).

El presente documento se organiza de la siguiente manera: en la sección II se detalla la definición de los TVWS en el marco de la red de la TDT, definiendo condiciones de operación para los usuarios primarios. En la sección III se especifica el procedimiento utilizado para la cuantificación de los TVWS para México, haciendo uso de modelos de propagación y bajo las restricciones de las recomendaciones existentes. La cuantificación de los TVWS por estado y regiones es mostrada en la sección IV y en la última sección se dan algunas conclusiones del trabajo.

## II. TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE (TDT). DEFINICIÓN DE TVWS.

A finales del 2015, en México se culminó el denominado apagón analógico [6]; con esto, se puso en marcha de manera íntegra la red de Televisión Digital Terrestre (TDT). Las emisiones de los transmisores de cada uno de los canales digitales que integran la red de TDT se encuentran geográficamente entrelazadas, dejando espacios libres entre sus áreas de cobertura, con la finalidad de evitar interferencias; estos espacios, son los que potencialmente pueden llegar a ser identificados como espacios blancos (TVWS). Figura No.1.

Son varias las metodologías encaminadas a dimensionar la cantidad de espacios libres y con ello, el volumen de espectro disponible haciendo uso de estos TVWS (6 MHz por canal). En la presente investigación se aplica la normatividad definida en [4], donde se detallan y muestran los resultados obtenidos para USA, de acuerdo con lo establecido por la FCC.

La red de TDT esta compuesta de transmisores distribuidos a lo largo del país; cada torre de transmisión esta definida por sus propias características técnicas de operación (potencia de transmisión, altura de la antena, frecuencia, etc.). Haciendo uso de estas características técnicas, y mediante el uso de modelos de propagación, es posible obtener el área de cobertura para cada canal; en el proceso de determinación del radio máximo de cobertura de cada una de estas torres de transmisión, la FCC recomienda agregar una distancia adicional a la obtenida por los métodos de propagación recomendados, como margen de protección para el usuario primario. Figura No. 2. Todas las normatividades relativas a la identificación y cuantificación de los TVWS hacen un especial énfasis a mantener en valores mínimos la interferencia hacia los usuarios primarios.

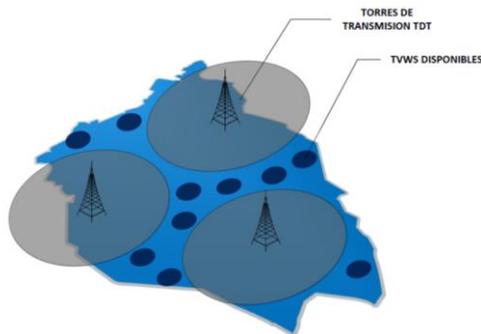


Figura No. 1. Identificación de TVWS.

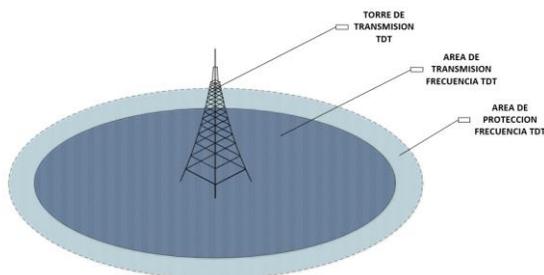


Figura No. 2. Margen de protección para el usuario primario.

De acuerdo con las características de transmisión y los niveles de interferencia definidas por la FCC, así como la

sensibilidad promedio de los receptores primarios de TDT, se define un radio de protección que se adiciona al margen de cobertura [1]; este margen permite reducir lo que se conoce como Interferencia cocanal. Adicionalmente, y con el objeto de reducir aún más la posible interferencia hacia los usuarios primarios, se identifican los canales adyacentes al canal ocupado por el usuario principal, y se determina cierto margen de distancia adicional al radio de cobertura de los usuarios primarios. Con esta medida, se reduce lo que se conoce como interferencia adyacente. De este modo, si el usuario primario opera en la frecuencia del CH 41 (632-638 MHz), dentro del área de cobertura de este canal un potencial usuario secundario no podrá hacer uso de esta frecuencia, además de que deberá considerar el margen de distancia adicional mencionado anteriormente; del mismo modo los canales adyacentes (CH 40 y CH42) podrán ser utilizados como TVWS, respetando también su distancia de guarda desde el punto máximo de cobertura del usuario principal.

Para llevar a cabo la estimación de los espacios blancos disponibles, se contabiliza la totalidad de los canales primarios de la red de la TDT en todo el país, determinando el área de cobertura de cada uno. Para esto se hace uso de los datos en [7], donde está disponible información como la localización geográfica del transmisor, potencia de radiación, altura de la antena, polarización, entre otros.

### III. METODOLOGÍA

De acuerdo con [8], en México, los concesionarios y permisionarios de Televisión deberán ofrecer el servicio de TDT en la ciudad principal a servir con un nivel de intensidad de campo  $F(50,90)$  (implica que los valores de los parámetros de operación se deben cumplir cuando menos en el 50% de las localidades, el 90% del tiempo), con una potencia mínima de recepción de 48 dBu para la banda de los canales 14 al 51. La distancia en cada radial al sitio del transmisor será determinada utilizando el método de predicción Longley-Rice [9] para situaciones promedio.

De este modo, se obtuvieron los mapas de cobertura para cada una de las estaciones transmisoras en cada uno de los estados de la república aplicando el ya citado método de Longley-Rice, haciendo uso de la herramienta en línea definida en [10]; este modelo, también conocido como ITM (Irregular Terrain Model), predice las pérdidas promedio para frecuencias entre 20 MHz y 40 GHz, y para trayectorias entre 1 y 2000km. Como ejemplo de las áreas de cobertura obtenidas, en la Figura No. 3 se muestra el mapa de cobertura para el canal 41, cuya torre de transmisión esta localizada en la ciudad de Aguascalientes. En la Figura No.4 se muestra el perfil de los niveles de atenuación de la señal para el mismo canal, solo que aplicado a la ciudad de Oaxaca. En el perfil de atenuación, se indica el nivel de potencia de referencia de 48dBu, que corresponde a una distancia de cobertura de aproximadamente 325 Km.



Figura No. 3. Área de cobertura para el canal 41 en la Cd de Aguascalientes.

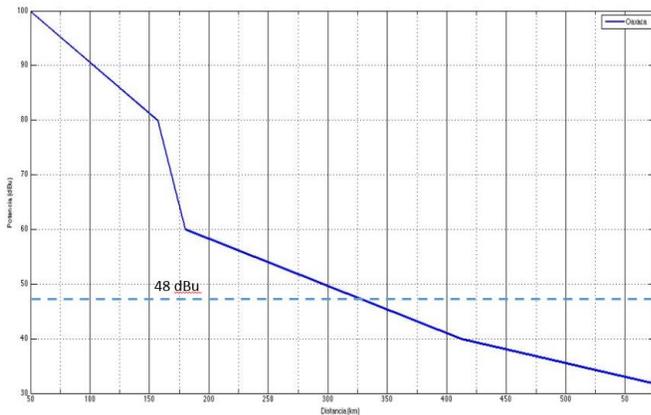


Figura No. 4. Perfil de atenuación obtenido haciendo uso del método de Longley-Rice.

Para el proceso de identificación y cuantificación de los TVWS disponibles, se tomó una muestra de 84 ciudades distribuidas a lo largo del país, procediendo de la siguiente manera:

- Se determinan las áreas de cobertura para los canales de la TDT en cada estado, aplicando el método de predicción de Longley-Rice. En la Tabla No.1 se muestra el número de torres de transmisión (canales) que se encuentran en cada estado.

Estado	No. Canales	Estado	No. Canales
Ags	7	Mor	5
BC	16	NL	21
BCS	12	Nay	11
Campeche	11	Oax	29
Chihuahua	26	Puebla	7
Chiapas	30	Q. Roo	9
Coah	24	Qro	7
Colima	12	SLP	15
Cd de Méx	14	Sin	14
Dgo	15	Son	39
Gro	17	Tab	12
Gto	26	Tamps	24
Hgo	13	Tlaxc	5
Jal	18	Ver	21
Edo Mex	11	Yuc	9
Mich	27	Zac	16

Tabla No. 1. Canales de la red de TDT por estado.

Para cada uno de los canales en cada estado se obtiene el nivel de atenuación de la señal de acuerdo a la siguiente expresión definida por el método de Longley-Rice:

$$W(t, \ell, s) = w_0 + y_s(s) + \delta_L(s)y_L(\ell) + \delta_T(s)y_T(t)$$

Donde  $W$  es la atenuación total,  $w_0$  representa la atenuación en el espacio libre, y las variables aleatorias  $y_s(s)$ ,  $y_L(\ell)$  y  $y_T(t)$  representan las atenuaciones debidas a condiciones topográficas del lugar, cambios atmosféricos y localización de  $t_x/r_x$ , respectivamente [9]. La variable  $\delta$  representa las desviaciones que los niveles de atenuación pudieran presentar. De este modo, la distancia de cobertura máxima,  $d_{maxi}(W)$ , se define como la distancia entre el punto de localización de la torre transmisora del canal  $P_{chi}(lat_{chi}, long_{chi})$  y el punto donde se reciba la señal a una potencia de 48dBu (Fig. No. 4). El subíndice  $i$  indica número de canal ( $14 \leq i \leq 51$ ),

- Para determinar si una ciudad de la muestra esta dentro del área de cobertura de alguno de los  $i$ -ésimos canales, se calcula la distancia entre el punto de localización de la torre de transmisión del canal  $i$ ,  $P_{chi}(lat_{chi}, long_{chi})$ , y las coordenadas correspondientes a la ciudad en cuestión,  $P_c(lat_c, long_c)$ , de la  $c$ -ésima ciudad. Para la obtención de esta distancia  $d_{ic}$  se hace uso de la relación dada por la función del *Haversine*, que permite obtener la distancia entre dos puntos localizados sobre la superficie terrestre, definidos por sus respectivas coordenadas geográficas. Esta función esta dada por:

$$haversin\left(\frac{d_{ic}}{R}\right) = haversin(lat_{chi} - lat_c) + \cos(lat_{chi}) \cos(lat_c) haversin(\Delta\lambda)$$

donde

$$haversin(\theta) = \left(\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)^2$$

$d_{ic}$ =distancia entre transmisor  $i$  y ciudad  $c$ .

$R$ = radio de la tierra.  
 $\Delta\lambda$ = diferencia de longitudes

- Adicionalmente, para cada uno de los canales principales, se declara una distancia de guarda ( $d_{marp}$ ) desde el punto de cobertura máximo; dentro de este margen, la frecuencia del canal ocupado tampoco podrá ser utilizada. (Para evitar interferencia co-canal, de acuerdo con la FCC). Figura No. 2. De este modo, la frecuencia del canal principal no podrá ser identificada como TVWS para ningún punto que se encuentre a una distancia menor de  $d_{cob}=d_{maxi}+d_{marp}$ .
- Así mismo, se declara una distancia de guarda ( $d_{mara}$ ) donde los canales adyacentes al canal del usuario primario tampoco podrán ser usados (Para evitar interferencia adyacente, de acuerdo con la FCC).
- Para determinar si la ciudad de la muestra se encuentra dentro de la zona de cobertura del canal evaluado, se compara la distancia  $d_{ic}$  con la distancia de cobertura  $d_{cob}$ ; si la primera es mayor que la segunda, entonces se identifica a la frecuencia del canal  $i$  como TVWS; de lo contrario se declara como canal ocupado por un usuario primario y no podrá ser identificado como TVWS para la ciudad en cuestión.

$$d_{ic} > d_{cob} \Rightarrow \text{frecuencia } i \text{ es TVWS para ciudad } c$$

$$d_{ic} < d_{cob} \Rightarrow \text{canal ocupado por usuario primario}$$

- El procedimiento descrito para evaluar a cada una de las ciudades de la muestra, se aplica tanto para los canales transmitidos en el estado donde se encuentra la ciudad, como para los canales transmitidos desde algún estado vecino.
- Contabilizando los canales ocupados (tanto principales como adyacentes), es posible cuantificar el número de TVWS disponibles en cada punto geográfico de la muestra.

En la Figura No. 4 se muestran los resultados obtenidos para una de las ciudades de la muestra; se muestran los canales principales (26, 29, 30, 32, 35, 38 y 47), así como sus respectivos canales adyacentes (25, 27, 28, 31, 33, 34, 36, 37, 39, 46 y 48). Al mismo tiempo, se muestran los canales que son transmitidos desde estados vecinos y que podrían tener cobertura en la ciudad de interés. En el caso particular de la información que se muestra, la ciudad que se analiza es la ciudad de Aguascalientes, situada en el estado del mismo nombre; los estados colindantes considerados son Zacatecas, Guanajuato, San Luis Potosí y Jalisco; para todos estos estados se aplicó el método de propagación para valorar el nivel de cobertura sobre la ciudad de Aguascalientes. Como ya se mencionó, esto se repitió para cada una de las 84 ciudades de la muestra. Al final, se identifican 6 canales como TVWS (14, 21, 40, 41, 50 y 51), que arrojan un total de 36 MHz de espectro disponible.

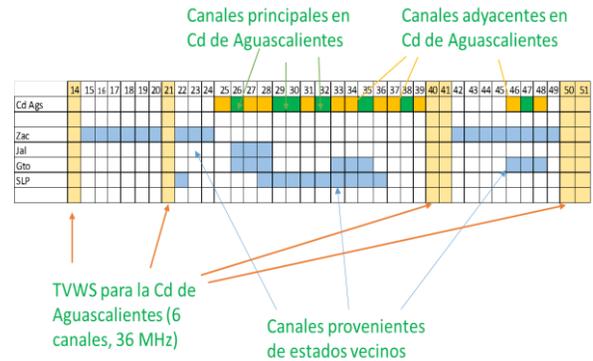


Figura No. 4. Identificación de TVWS para la ciudad de Aguascalientes.

#### IV. CUANTIFICACIÓN DE LOS TVWS.

Una vez evaluados los niveles de cobertura de las 84 ciudades de la muestra, es posible cuantificar el número de TVWS por cada una de estas ciudades (Anexo I). De los resultados de las coberturas de las ciudades mencionadas, se estima el número de canales de la TDT que pueden identificarse como TVWS para cada estado; considerando que cada canal representa un ancho de banda de 6 MHz, los resultados de esta estimación se muestran en la Figura No 5.

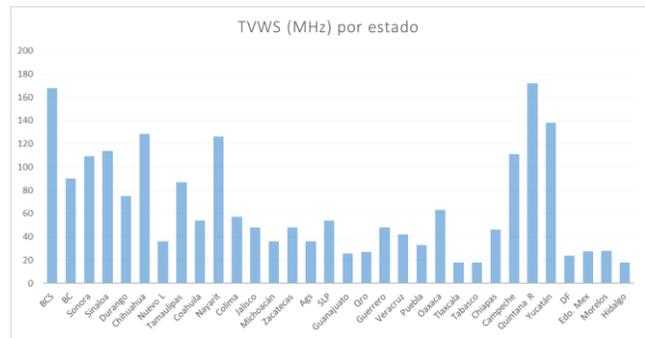


Figura No. 5. Ancho de banda disponible por estado haciendo uso de los TVWS.

Para estimar la capacidad del ancho de banda disponible por medio de los TVWS en cada una de las regiones y haciendo uso del Teorema de Shannon, se calculó la tasa de transmisión para un canal de 6 MHz, asumiendo un transmisor con un EIRP de 40 mW, con una altura de antena de 10m [ITU-802.22].

Como ya se mencionó, es posible definir redes con áreas de cobertura en función de los niveles de interferencia que permitan los usuarios primarios. En la Tabla No. 2 se muestran los radios máximos y las tasas alcanzadas, para un canal de 6 MHz.

Path Loss (dB)	Cobertura (km)	DL (Mbps)
120	2	23.32
125	2.6	20.08
130	3.2	16.85
135	4	13.63
140	5.2	10.43
145	6.5	7.34
150	8.3	4.52
155	10.3	2.3

Tabla No. 2. Cobertura y velocidad de transmisión para un canal de 6 MHz.

Con la idea de dimensionar la capacidad del espacio disponible estimado haciendo uso de los TVWS, se muestra una comparación con el espectro que en México se tiene asignado para IMT. La cobertura de la red de telefonía celular en México esta dividida en 9 regiones, donde cada región esta formada por un determinado número de estados. Usando los datos obtenidos, se llevó a cabo una estimación del ancho de banda disponible por medio de los TVWS para cada una de estas regiones. En la Tabla No. 3 y en la Figura No. 6 se muestran los valores del ancho de banda para cada caso.

Region	TVWS (MHz)	BW IMT (MHz)
1	109.20	302.95
2	106.00	312.45
3	96.86	316.87
4	76.50	313.87
5	48.00	313.45
6	43.20	318.95
7	39.43	313.70
8	100.00	315.45
9	25.09	321.87
Average	71.59	314.40

Tabla No. 3. Ancho de banda para IMT y TVWS para cada una de las regiones celulares.

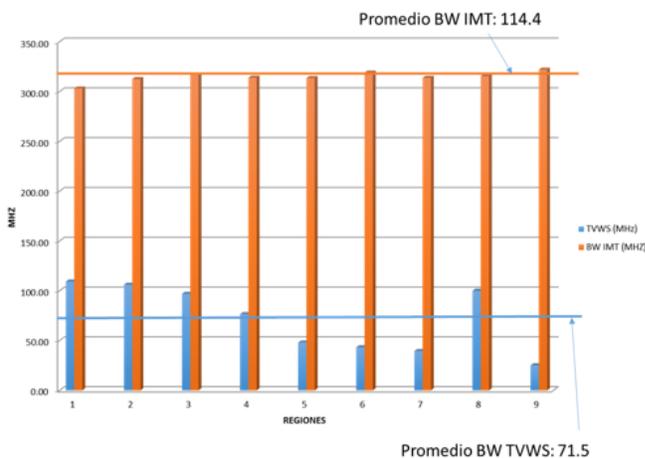


Figura No. 6. Ancho banda para IMT y TVWS.

## VI. CONCLUSIONES

El valor presentado para cada una de las entidades se obtuvo de hacer un promedio de las ciudades de la muestra; una muestra mayor podría dar mejor aproximación al dato real.

La cantidad de espectro obtenida depende de manera directa de los niveles de potencia recibida que se definan como requisito para declarar una condición de cobertura. El método usado considera un modelo de propagación que toma en cuenta las condiciones del medio, lo que permite valorar la cobertura en función de las condiciones orográficas de cada región. Con estos anchos de banda y las velocidades teóricas posibles, el estudio de aplicaciones y usos para el espectro disponible por medio de los TVWS se presenta como un posible trabajo futuro.

## REFERENCIAS

- [1] Federal Communications Commission (FCC), "Second report and Order and Memorandum Opinion and Order in ET Docket Nos. 02-380 (Additional Spectrum for Unlicensed Devices Below 900MHz and in the 3 GHz Band) and 04-186 (Unlicensed Operation in the TV Broadcast Bands)," FCC08-260 November 14, 2008.
- [2] Office of Communications (Ofcom), "Implementing Geolocation Summary of consultation responses and next steps". Ofcom statement, September 23, 2011.
- [3] M.Nekovee, "Cognitive Radio Access to TV White Spaces: spectrum Opportunities, Commercial Applications and Remaining Technology Challenges,". 2010 IEEE Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, Singapore, April 2010.
- [4] S. M. Mishra and A. Sahai, "How much white space has the fcc opened up?" IEEE Communication Letters, 2010.
- [5] K. Patil, K. E. Skouby and R. Prasad, "Cognitive access to TVWS in India: TV spectrum occupancy and wireless broadband for rural areas," Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC), 2013 16th International Symposium on, Atlantic City, NJ, 2013, pp. 1-5.
- [6] <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/comunicado125ift2.pdf>
- [7] <http://www.ift.org.mx/industria/infraestructura>
- [8] POLÍTICA PARA LA TRANSICIÓN A LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE. Capítulo I. Disposiciones Generales. [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5359731&fecha=11/09/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5359731&fecha=11/09/2014).
- [9] Longley-Rice model prediction inaccuracies in the UHF and VHF TV bands in mountainous terrain. Stylianos Kasampalis; Pavlos I. Lazaridis; Zaharias D. Zaharis; Aristotelis Bizopoulos; Lidija Paunovska; Spiridon Zettas; Ian A. Glover; Dimitrios Drogoudis; John Cosmas. 2015 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting.
- [10] <http://www.awe.communications.com/Propagation/Rural/ITM/index.htm>
- [11] B. Scott and M. Calabrese, "Measuring the TV 'White Space' Available for Unlicensed Wireless Broadband," New America Foundation, Tech.Rep., Jan. 2006.
- [12] R. Kennedy, K. George, O. Vitalice and W. Okello-Odongo, "TV white spaces in Africa: Trials and role in improving broadband access in Africa," AFRICON, 2015, Addis Ababa, 2015, pp. 1-5.
- [13] S. Kawade and M. Nekovee, "Is wireless broadband provision to rural communities in TV whitespaces viable? A UK case study and analysis," Dynamic Spectrum Access Networks (DYSPAN), 2012 IEEE International Symposium on, Bellevue, WA, 2012, pp. 461-466.

**ANEXO I.**

**Cantidad de espacios blancos para cada una de las ciudades de la muestra.**

Ciudad	Latitud	Longitud	TVWS(MHz)	Ch Disp	Ciudad	Latitud	Longitud	TVWS(MHz)	Ch Disp
La Paz	24.142427	-110.315559	144	24	Ags	21.887806	-102.283918	36	6
Los Cabos	22.891044	-109.916262	192	32	SLP	22.151982	-100.980778	60	10
Tijuana	32.503998	-116.954327	102	17	Soledad	22.186319	-100.938206	60	10
Mexicali	32.624892	-115.453209	102	17	Cd. Valles	21.996744	-99.006658	42	7
Ensenada	31.866095	-116.594977	66	11	Leon	21.119192	-101.665153	18	3
Hermosillo	29.074504	-110.964439	120	20	Irapuato	20.674687	-101.345494	30	5
Cd Obregón	27.481743	-109.93453	108	18	Celaya	20.52646	-100.812895	30	5
Nogales	31.299965	-110.940529	90	15	Salamanca	20.572523	-100.191987	24	4
Guaymas	27.916997	-110.911264	120	20	Acapulco	16.857506	-99.842015	84	14
Navojoa	27.073045	-109.44313	96	16	Chilpancingo	17.540427	-99.502994	30	5
Sn Luis Río C	32.452548	-114.773999	102	17	Iguala	18.346277	-99.532349	30	5
Mazatlán	23.249155	-106.415122	126	21	Veracruz	19.182901	-96.151873	42	7
Los Mochis	25.789211	-108.991384	144	24	Xalapa	19.538329	-96.896409	30	5
Culiacán	24.806008	-107.4022	102	17	Coatzacoalcos	18.133568	-94.459943	60	10
Durango	24.025991	-104.658539	42	7	Poza Rica	20.529735	-97.448029	42	7
Gómez Palacio	25.588717	-103.488705	108	18	Córdoba	18.890255	-96.939147	36	6
Chihuahua	28.635079	-106.055349	114	19	Puebla	19.041531	-98.20687	30	5
Cd Juárez	31.691003	-106.42044	120	20	Tehuacán	18.466509	-97.400388	36	6
Delicias	28.187211	-105.458104	120	20	Oaxaca	17.072519	-96.729809	96	16
Cuahutémoc	28.406263	-106.865762	138	23	Tuxtepec	18.087005	-96.130663	30	5
Hidalgo del Parral	26.931326	-105.671836	150	25	Tlaxcala	19.412808	-98.176532	18	3
Mty	25.684381	-100.320606	36	6	Villahermosa	17.988359	-92.942993	18	3
Apodaca	25.762836	-100.195809	36	6	Tuxtla	16.74945	-93.112919	24	4
General Escobedo	25.795719	-100.316328	36	6	Tapachula	14.907128	-92.2638	84	14
Santa Catarina	25.677115	-100.451066	36	6	San Cristóbal	16.734256	-92.641799	30	5
Tampico	22.262728	-97.890334	54	9	Campeche	19.827826	-90.527136	114	19
Cd Victoria	23.733533	-99.143081	120	20	Cd del Carmen	18.654271	-91.797636	108	18
Saltillo	25.426203	-100.985976	54	9	Cancún	21.155767	-86.850985	156	26
Tepic	21.497951	-104.886689	126	21	Chetumal	18.511697	-88.299886	174	29
Colima	19.242722	-103.718737	42	7	Playa del Carmen	20.646402	-87.069808	186	31
Manzanillo	19.10511	-104.324268	72	12	Mérida	20.979745	-89.618155	138	23
Guadalajara	20.661356	-103.349974	48	8	DF	19.315961	-99.135447	24	4
Zapopán	20.672815	-103.429902	48	8	Ecatepec	19.573658	-99.04069	30	5
Tlaquepaque	20.594538	-103.322587	48	8	Toluca	19.283558	-99.655925	24	4
Morelia	19.701554	-101.195996	30	5	Chalco	19.26541	-98.895121	30	5
Uruapán	19.407222	-102.043986	48	8	Texcoco	19.503771	-98.884135	30	5
Zamora	19.989889	-102.282477	30	5	Naucalpan	19.462342	-99.246684	24	4
Zacatecas	22.76575	-102.582868	42	7	Cuernavaca	18.925406	-99.221965	24	4
Guadalupe	22.7508	-102.513483	48	8	Cuautla	18.81495	-98.955546	30	5
Fresnillo	23.180326	-102.867998	54	9	Jiutepec	18.892927	-99.1739	30	5
Qro	20.606835	-100.403179	30	5	Pachuca	20.098802	-98.764846	18	3
Sn Juan del Río	20.393818	-99.980253	24	4	Tulancingo	20.090384	-98.369313	18	3