

A performance index to evaluate the technical-operational regulations of the FM sound broadcasting service and its application in Latin America

Fabián Robledo^{a,*}, Bill S. Torres^b

^a *Departamento de Electrónica y Comunicaciones, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo. Naguanagua, Venezuela.*

^b *Dirección de Medios Electrónicos y Telemática, Universidad de Carabobo. Valencia, Venezuela.*

Abstract.- This article proposes the use of a new percentage indicator to evaluate the technical and operational regulations governing FM sound broadcasting, called the FM Regulatory Performance Index, *IDRFM*. For this, the recommendations of the BS series of the ITU-R and Part 73 of the FCC FM standards were evaluated, defining seven conceptual dimensions, with 25 aspects and these in turn constituted by 120 sub-aspects, in order to determine the elements that should be covered by a specific FM regulation to govern the operations of radio stations in a given nation. The *IDRFM* is determined by comparing the degree to which a regulation under analysis satisfies the sub-aspects of the ideal regulation, and facilitates the detection of errors or omissions. The dimensions selected were: General, Quality, Compatibility, Security, HR, Transparency and Additional Services, calculating the *IDRFM* by means of weighted averages. The regulations of 16 Latin American countries were analyzed, obtaining an average *IDRFM* of 34,55, with variations between 16,54 (Chile) and 68,94 (Venezuela). Opportunities for improvement in Latin America in technical and operational terms adequate for the rational growth of the FM sector were observed.

Keywords: frequency modulation; electromagnetic compatibility; interference; compared performance; radio broadcasting.

Un índice de desempeño para evaluar la normativa técnica-operativa del servicio de radiodifusión sonora FM y su aplicación en Latinoamérica

Resumen.- En este artículo se propone el empleo de un nuevo indicador porcentual para evaluar la normativa técnica y operativa que rige la radiodifusión sonora FM, denominado Índice de Desempeño de Reglamentación FM, (*IDRFM*). Para ello se evaluaron las recomendaciones de la serie BS de la ITU-R y la “Part 73” de las normas FM de la FCC, definiéndose siete dimensiones conceptuales, con 25 aspectos y estos a su vez constituidos por 120 subaspectos, a los fines de determinar los elementos que debiera cubrir un determinado reglamento FM para regir las operaciones de las estaciones de radio en una nación. El *IDRFM* se determina al comparar el grado en que un reglamento bajo análisis satisface los subaspectos de la normativa ideal, y propicia la detección de errores u omisiones. Las dimensiones seleccionadas fueron: General, Calidad, Compatibilidad, Seguridad, RR.HH., Transparencia y Servicios Adicionales, calculándose el *IDRFM* con promedios ponderados. Se analizó la normativa de 16 países latinoamericanos obteniendo un *IDRFM* promedio de 34,55, con variaciones entre 16,54 (Chile) y 68,94 (Venezuela). Se observan oportunidades de mejora en Latinoamérica en lo técnico y operativo para el crecimiento racional del sector FM.

Palabras clave: frecuencia modulada; compatibilidad electromagnética; interferencia; desempeño comparado; radiodifusión sonora.

Recibido: 27 de septiembre, 2019.

Aceptado: 29 de noviembre, 2019.

1. Introducción

El proceso de la radiodifusión sonora bajo modulación de frecuencia (FM) es gestionado

por las naciones basándose en un marco técnico-legal generado desde sus órganos legislativos y ejecutivos, con asistencia de las entidades públicas de regulación destinadas a la supervisión de las telecomunicaciones en sus territorios. Por ejemplo, en Venezuela el marco legal está definido en el Reglamento sobre la Operación de las Estaciones de Radiodifusión Sonora, de 1993 [1] y la gestión la efectúa el ente regulador CONATEL.

*Autor para correspondencia:

Correo-e: frobledo@uc.edu.ve (F. Robledo)

En Latinoamérica, estos reglamentos suelen ser similares en el alcance de la operación técnica de las estaciones FM, observándose diferencias que es pertinente analizar, pues cualquier omisión o alteración de los elementos técnicos puede tener un impacto relevante en el desarrollo del sector. Al efectuar el análisis comparativo de las reglamentaciones FM para diversos países del continente, se advierte que algunas naciones son más o menos exigentes, y especifican con diferentes grados de detalle los requerimientos técnicos de operación de las estaciones de radio, su coexistencia y sus servicios auxiliares, entre otros aspectos. También existen naciones donde se crean marcos técnico-legales adicionales para cierto tipo de estaciones. Por ejemplo en EE.UU. hay tres de ellos: uno para las estaciones FM comerciales, otro para las estaciones FM educativas no comerciales y otro para las estaciones FM de baja potencia, según establece la Federal Communications Commission (FCC) en sus normas y regulaciones de la “Part 73” sobre los Radio Broadcast Services, disponibles en su repositorio oficial e-CFR, o el caso de Venezuela donde existe un marco técnico-legal para las estaciones FM convencionales cubierto por el reglamento de radiodifusión sonora y otro para las estaciones FM comunitarias basado en el Reglamento de Radiodifusión Sonora y Televisión Abierta Comunitarias de Servicio Público, sin Fines de Lucro, de 2001 [2]. Dado que la banda de frecuencias para estos servicios es la misma, en VHF entre 88 y 108 MHz, debe existir una adecuada coordinación para evitar la interferencia perjudicial entre estaciones de ambos servicios, que inherentemente tienen atributos y objetivos de audiencia distintos, pues el hecho de categorizarlas como de diferente servicio no las exime de experimentar la misma fenomenología.

En este sentido puede considerarse el caso hipotético en el que un reglamento tenga una detallada especificación de parámetros asociados a la calidad del servicio, pero omita aspectos relevantes tales como la interferencia de radiofrecuencia (RF) o las premisas sobre el personal calificado necesario para operar una estación, con incidencia en su desempeño. Estas condiciones son susceptibles de ser mejoradas cuando se detectan, para lo

cual sería conveniente emplear algún indicador basado en un procedimiento de evaluación de la normativa FM. Por ejemplo, cabe mencionar la cuestión de Venezuela señalada por Robledo y Castañeda [3] sobre el referido reglamento de emisoras comunitarias en ese país, el cual carece de una especificación para una matriz de distancias mínimas (km) entre las estaciones FM, lo que dificulta determinar si habrá o no interferencia perjudicial.

Sobre la base de lo expuesto, el objetivo de este estudio es diseñar y aplicar un nuevo índice porcentual que permita calificar el grado de idoneidad de un reglamento de operación técnica para estaciones FM, al compararlo con un reglamento ideal que abarque las principales dimensiones técnicas/operativas y que al cuantificar el valor de un reglamento FM se facilite la detección de omisiones, errores y/o incompatibilidades. El índice permitirá comparar reglamentos de naciones distintas. En el ámbito de la importancia del régimen legal FM caben señalarse dos estudios pioneros sobre estos temas, como los efectuados por Baquero [4] en relación a la planificación técnica del desarrollo de la radio FM y por Bisbal [5] con respecto a la reglamentación FM en Venezuela. Estudios adicionales pertinentes son el de Peinado [6] sobre el marco legal español y el de Duarte y Paz [7] para el caso de la radio en las fronteras de Colombia.

2. Metodología

Para el estudio se analizaron las siguientes recomendaciones de radiodifusión sonora FM de la serie BS de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector de Radiocomunicaciones (ITU-R): BS.412-9 Normas para la planificación de la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia en ondas métricas [8], BS.450-3 Normas de transmisión para radiodifusión sonora con modulación de frecuencia en ondas métricas [9], BS.467 Características técnicas de las transmisiones de radiodifusión estereofónica con modulación de frecuencia que han de ser controladas [10], BS.638 Términos y definiciones utilizados en la planificación de

frecuencias para radiodifusión sonora [11] y BS.641 Determinación de la relación de protección en radiofrecuencia en la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia, estudiando su ámbito y alcance [12], consultadas en su repositorio oficial <https://www.itu.int/rec/R-REC-BS/es>, obteniendo los elementos de juicio para la definición del reglamento FM idóneo que sirva como referencia para la evaluación de otros reglamentos publicados en diversas naciones.

También se analizó el marco legal de EE.UU. definido por la FCC en la “Part 73” sobre Radio Broadcast Services, con información disponible en su repositorio oficial e-CFR. A partir del estudio de los materiales mencionados de ITU y de FCC se definieron siete dimensiones que cubren los aspectos más relevantes del marco técnico-legal operativo de la radio FM, siendo estas:

- **Dimensión 1: General.** Incluye los aspectos del marco definitorio, acerca del empleo de términos estándar, la canalización de RF, la categorización de las estaciones según varias clases, y la inamovilidad de las condiciones de explotación de la transmisión.
- **Dimensión 2: Calidad.** Incluye los aspectos de calidad del equipamiento, las certificaciones y pruebas de la estación, la calidad mínima, la confiabilidad y las consideraciones sobre la cobertura, potencialmente limitada.
- **Dimensión 3: Compatibilidad.** Incluye los aspectos asociados al control de la interferencia de RF, de IF, de TV, espurias, etc., incluyendo aquellas con otros servicios. También evalúa las condiciones de coordinación internacional para operación en las áreas fronterizas.
- **Dimensión 4: Seguridad.** Incluye los aspectos sobre las autorizaciones, el uso de un sistema nacional de emergencia, las identificaciones, la instrumentación para monitoreo del transmisor (TX), las consideraciones de mantenimiento y las previsiones para la protección del personal.
- **Dimensión 5: Recursos Humanos.** Incluye el aspecto vinculado con los requerimientos de

calificación del personal para la dirección, operación, locución y gestión de las estaciones.

- **Dimensión 6: Transparencia.** Incluye aspectos sobre la documentación y los registros técnicos y operacionales de las estaciones, la publicación de información técnica para los estudios de factibilidad y los tiempos de respuesta asociados a las solicitudes, entre otros.
- **Dimensión 7: Servicios adicionales.** Incluye el aspecto relativo a otros servicios de comunicaciones difundidos a través de la misma señal FM de RF, y su posible empleo para monitoreo remoto del TX, como los servicios SCA y/o de subportadoras digitales dentro de la misma banda base estereofónica, como RDS o RBDS para transmisión de datos digitales.

A cada dimensión se le asignó un peso (porcentual) asociado a la importancia relativa de la misma en el contexto global de la reglamentación FM. El establecimiento de los valores más adecuados para los pesos de las dimensiones es un proceso complejo que requeriría de un conjunto de datos empíricos sobre el desempeño objetivo de las reglamentaciones de un grupo de muestra y sus efectos cuantificables en el desarrollo del sector de la radiodifusión FM, como el número de operadores, el tamaño de la audiencia, el mercado publicitario, los balances financieros, etc. Mientras se concibe y obtienen los datos para realizar ese ambicioso estudio se puede proponer un esquema más simple para los pesos de las dimensiones, consistente en una asignación no uniforme que atribuya relevancia a ciertas dimensiones sobre otras en base a la experiencia e importancia relativa de la dimensión en el sector, de acuerdo a lo observado con motivo del estudio de la documentación señalada de la ITU-R (Sección 2) y de la FCC “Part 73”, otorgando mayor importancia a la dimensión de Calidad (25 %), pues de ella depende la cobertura y el tamaño de la audiencia, seguida de la de Compatibilidad (20 %), para la operación sin interferencia perjudicial, y

la de Seguridad (20%), que establece un entorno protegido. Al resto de las dimensiones se les asignó un peso del 5% o 10% según el caso. Los pesos seleccionados para las dimensiones del presente estudio de muestran en la Figura 1.

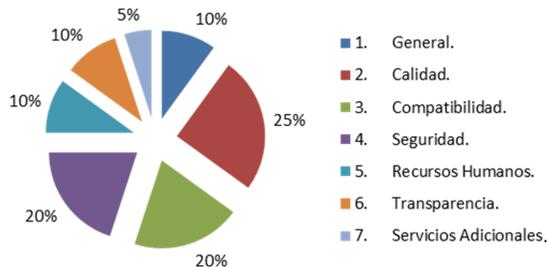


Figura 1: Pesos de las dimensiones para el análisis del reglamento FM.

Cada dimensión puede ser caracterizada por un conjunto de aspectos técnicos-operativos que abarcan conceptos y requerimientos específicos, y a su vez cada uno de estos aspectos puede describirse por otro conjunto de subaspectos más detallados que lo soportan, formando un árbol jerárquico indexado de tres niveles: dimensiones, aspectos y subaspectos, a los fines de evaluar un reglamento FM dado. En beneficio de la sencillez, el peso de cada dimensión (Figura 1) se repartió uniformemente entre sus aspectos, y a su vez el peso de cada aspecto se distribuyó también de forma uniforme entre sus subaspectos. Definidos los pesos en la forma descrita, un reglamento FM en evaluación (el de una nación dada) podría alcanzar ciertos valores a nivel de subaspectos, aspectos y dimensiones cuando el investigador compara el alcance de sus subaspectos con los que se tomarán como referencia para ello, asignándoles valores en el rango de 0 a 100. Se trata de un proceso de validación basado en pesos-valores, donde el valor se asigna a nivel de subaspectos y crece por suma ponderada a nivel de aspectos y éste a nivel de dimensión.

Por ejemplo, tomando como punto de partida que la dimensión 3 ($i = 3$) tiene dos aspectos, tales como la definición de relaciones de protección de RF (dB) y la matriz de distancias mínimas entre estaciones (km), con índices ij 31 y 32, respectivamente, y suponiendo a su vez que, por

un lado el aspecto 31 posee dos subaspectos (se omite su descripción retórica en este ejemplo), con índices ijk 311 y 312, y que el aspecto 32 posee tres subaspectos 321, 322 y 323, se conforma el árbol de la Figura 2. En tal sentido, si se asume que la dimensión 3 tiene un peso de 20% el cual se reparte uniformemente entre sus aspectos y subaspectos y que el investigador al evaluar un Reglamento FM le asigna los valores porcentuales indicados en color azul a los subaspectos con motivo de su análisis crítico, entonces por prorrateo resultan los valores porcentuales del Reglamento en relación a los Aspectos (color rojo) y a la Dimensión (color verde), como se totaliza en la Figura 2, dando un resultado de 12,83 puntos en total para la dimensión bajo análisis.

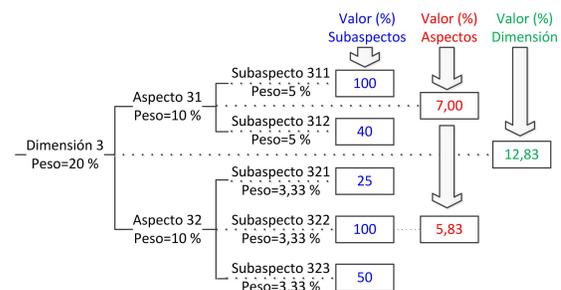


Figura 2: Ejemplo del árbol para una dimensión, sus aspectos, subaspectos, y puntajes

Se emplea la siguiente notación: d para la etiqueta de dimensión, A para la etiqueta (descripción retórica) de un aspecto, sA para la etiqueta de un subaspecto, i es el contador de dimensiones (rango 1 a 7). Cada dimensión i tiene un peso porcentual (Figura 1), valor porcentual alcanzado al ser evaluado un reglamento particular en esa dimensión y aspectos indexados, cada uno con un peso porcentual uniforme y valores porcentuales, alcanzados también al ser evaluado el reglamento, donde el nuevo índice j cuenta los aspectos de la dimensión, como se muestra en la Tabla 1. A su vez el aspecto tiene subaspectos indexados con pesos porcentuales uniformes y valores porcentuales asignados directamente por el investigador con motivo de su evaluación crítica del reglamento bajo estudio y donde el nuevo índice k cuenta los subaspectos del aspecto que los contiene.

Tabla 1: Dimensiones y aspectos del estudio

i	Dimensión	pd_i [%]	Cantidad de aspectos A_{ij}	pA_{ij} [%]
1	General	10	6	1,67
2	Calidad	25	5	5,00
3	Compatibilidad	20	3	6,67
4	Seguridad	20	6	3,33
5	Recursos Humanos	10	1	10,00
6	Transparencia	10	3	3,33
7	Servicios Adicionales	5	1	5,00

El análisis de la serie BS de la ITU-R y de la FCC “Part 73” permitió establecer las etiquetas y los pesos indexados de los aspectos y subaspectos seleccionados en este estudio, los cuales se definen para cada dimensión de acuerdo con la Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5, Tabla 6, Tabla 7 y Tabla 8, donde se emplean los índices i, j, k para el conteo de dimensiones, aspectos y subaspectos, respectivamente. Estas tablas constituyen el marco de referencia de un reglamento ideal contra el cual se comparará un reglamento FM dado. La comparación consiste en asignar para cada subaspecto un valor porcentual vsA_{ijk} que califique el grado de conformidad de lo indicado en el reglamento en estudio con relación al subaspecto de que se trate, cuando se compara con el reglamento ideal. Dado que a este nivel se está evaluando el subaspecto k del aspecto j de la dimensión i , el valor obtenido por el reglamento evaluado en ese subaspecto se denota como vsA_{ijk} y el mismo es adjudicado por el investigador luego de analizar el reglamento bajo estudio. Los valores de los aspectos y las dimensiones resultan inmediatamente al haber asignado los valores de los subaspectos, por medio de sumas ponderadas considerando los pesos asignados.

En total, el sistema de evaluación propuesto posee 7 dimensiones, cada una de ellas con 25 aspectos que la describen y estos a su vez con 120 subaspectos para ser evaluados por el investigador, formando un sistema de auditoría para un reglamento FM objeto de análisis crítico detallado y susceptible de ser comparado con

otros. Para poder calificar el grado de idoneidad del desempeño de un reglamento FM sobre la base de la comparación de sus contenidos contra los subaspectos de los aspectos en cada una de las dimensiones señaladas, se diseñó un índice numérico porcentual al cual se le dio el nombre de Índice de Desempeño de Reglamentación FM, con acrónimo *IDRFM*, definido como el valor esperado (promedio ponderado) de los valores que el reglamento FM en evaluación obtiene para sus $n = 7$ dimensiones, al ser contrastado con la reglamentación ideal aquí establecida. De esta manera, si la dimensión i , (con i desde 1 hasta $i = n = 7$), tiene un peso porcentual dado por pd_i y el reglamento evaluado obtiene un valor porcentual dado por vd_i en esa dimensión, entonces el *IDRFM* estará dado por el valor esperado según la ecuación (1):

$$IDRFM = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^n pd_i \cdot vd_i \quad (1)$$

A su vez el valor vd_i de la dimensión i se obtiene como el valor esperado calculado a partir de los n_i aspectos que componen la dimensión i , cada uno con un peso porcentual pA_{ij} y valor porcentual vA_{ij} en ese aspecto, obtenido por el reglamento bajo estudio, con el nuevo índice j desde 1 hasta n_i , de acuerdo a la ecuación (2):

$$vd_i = \frac{1}{100} \sum_{j=1}^{n_i} pA_{ij} \cdot vA_{ij} \quad (2)$$

Seguidamente y por recursión, el valor porcentual vA_{ij} del aspecto j de la dimensión i se calcula como el valor esperado obtenido a partir de los n_{ij} subaspectos que componen el aspecto j de la dimensión i , cada uno con un peso porcentual psA_{ijk} y un valor porcentual vsA_{ijk} , con el nuevo índice k variando desde 1 hasta n_{ij} , según la ecuación (3):

$$vA_{ij} = \frac{1}{100} \sum_{k=1}^{n_{ij}} psA_{ijk} \cdot vsA_{ijk} \quad (3)$$

El valor vsA_{ijk} lo asigna el investigador al subaspecto dependiendo del grado de cumplimiento que aprecia en el subaspecto k del

Tabla 2: Dimensión General, $i = 1$, $pd_1 = 10 \%$, $psA_{1j} = 1,67 \%$

j	Aspecto Definición	k	Subaspecto Definición	$psA_{1jk} \%$
1	Marco definitorio	1	Definiciones técnicas especificadas.	0,83
		2	Empleo de definiciones estandarizadas.	
2	Canalización de RF.	1	Definición de canales.	0,28
		2	Disponibilidad de canales.	
		3	Frecuencias centrales.	
		4	Ancho de banda de canal.	
		5	Restricción del uso de canales.	
		6	Reserva de canales uso institucional.	
3	Clases de estaciones.	1	Marco para emisoras educativas no comerciales.	0,24
		2	Marco para emisoras de baja potencia.	
		3	Marco para emisoras comunitarias.	
		4	Uso de parámetros PER y ASPT.	
		5	Clases según el tipo de explotación.	
		6	Clases según los parámetros operativos.	
		7	Clases según el tamaño de la población.	
4	Inamovilidad.	1	Del TX.	0,42
		2	De la antena.	
		3	De potencia.	
		4	De frecuencia.	
5	Servicios auxiliares.	1	Enlace Estudios-TX, STL y frecuencias.	0,84
		2	Enlace Móvil-Estudios y frecuencias.	
6	Régimen de transmisión.	1	Horario mínimo de transmisión.	1,67

aspecto j de la dimensión i del reglamento FM bajo análisis. Para simplificar ese proceso el investigador podrá asignar solamente los valores 0, 25, 50, 75 o 100 %, dependiendo del grado en que el reglamento satisface el subaspecto. El modelo jerárquico diseñado se puede escribir en una sola expresión como se ilustra en la Figura 3. El $IDRFM$ es aplicable a cualquier reglamento de radio FM. Ciertas naciones no consolidan en un único reglamento las normas asociadas a las estaciones FM convencionales (comerciales) y las estaciones FM comunitarias, que suelen tener normas posteriores con una reglamentación técnica más simple y un alcance diferente debido a las particulares condiciones socioeconómicas de este tipo de estaciones. Por tratarse de un estudio inicial, la presente investigación se ha limitado a estaciones FM convencionales de Latinoamérica, sin incluir reglamentos de FM comunitarias en la muestra.

3. Resultados y discusión

Se aplicó la metodología propuesta para la obtención del $IDRFM$ a la muestra de reglamentos

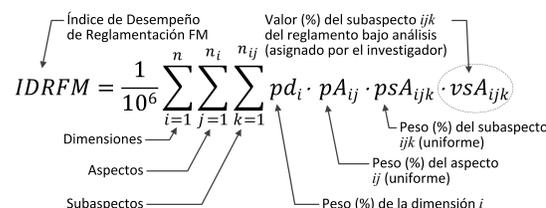
$$IDRFM = \frac{1}{10^6} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{k=1}^{n_{ij}} pd_i \cdot psA_{ij} \cdot psA_{ijk} \cdot vsA_{ijk}$$


Figura 3: El índice IDRFM como valor esperado multidimensional de un reglamento FM.

FM de 16 países latinoamericanos. Se evaluaron los reglamentos, normas, decretos, resoluciones y providencias vigentes y asociadas al marco legal de la radiodifusión FM de las siguientes naciones: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, Ecuador, El Salvador, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Rep. Dominicana, Uruguay y Venezuela.

Se seleccionó esa muestra hispanohablante y lusófona debido a que posee una cultura similar. Las fuentes de los reglamentos fueron los sitios web oficiales de los entes reguladores, las gacetas oficiales correspondientes y/o el portal repositorio de Observacom. No se pudo obtener la normativa

Tabla 3: Dimensión Calidad, $i = 2$, $pd_2 = 25 \%$, $pA_{2j} = 5,00 \%$

j	Aspecto Definición	k	Subaspecto Definición	$psA_{2jk} \%$
1	Equipamiento	1	Calidad mínima de equipamiento y tolerancias.	1,25
		2	TX: APC#, AFC##, limitador e instrumentación.	
		3	Medida de potencia: Método Directo/indirecto.	
		4	Estabilidad de frecuencia del transmisor.	
2	Certificación	1	Período de prueba e inspección.	1,67
		2	Mediciones durante el período de prueba.	
		3	Certificación recurrente de la calidad operativa.	
3	Fidelidad	1	Desviación de frecuencia y % de modulación.	0,56
		2	Ancho de banda de audio y sobremodulación.	
		3	Diseño acústico adecuado de los estudios.	
		4	Respuesta en frecuencia de audio (filtrado).	
		5	Límites de distorsión armónica de audio.	
		6	Límite del nivel de ruido en la banda de audio.	
		7	Mediciones de: Frecuencia portadora, respuesta en frecuencia y distorsión armónica de audio.	
		8	Estándares de sonido FM mono y estéreo.	
		9	Mediciones de la transmisión mono y estéreo.	
4	Confiabilidad	1	TX de respaldo.	1,67
		2	Modularidad del TX.	
		3	Régimen de no interrupción de transmisiones.	
5	Cobertura	1	Contornos de servicio de campo eléctrico.	0,38
		2	Uso de datos topográficos oficiales o estándar.	
		3	Cartas de campo eléctrico estandarizadas.	
		4	Posibilidad del empleo de antenas directivas.	
		5	Orientación de la antena al centro de la localidad.	
		6	Polarización de antena adicional a la horizontal.	
		7	Áreas de servicio primario y urbano.	
		8	Cálculo de cobertura empírico estándar.	
		9	Empleo de factor de rugosidad y obstrucciones.	
		10	Cobertura de áreas pobladas de la ciudad sede.	
		11	Ubicación de TX cerca del centro del área de servicio, con elevación adecuada.	
		12	Uso de boosters* y/o translators**.	
		13	Uso de preacentuación estandarizada.	

#APC: Control Automático de Potencia. ##AFC: Control Automático de Frecuencia.

*Booster: Retransmisor vía amplificador de RF. **Translator: Repetidor con cambio de frecuencia.

FM de Costa Rica, Guatemala y Honduras.

A los fines de calibración previa de prueba (sin incluirse en los resultados totales de la muestra) se aplicó primero la metodología a los EE.UU. en base a las normas FM de la FCC en la 47 CFR Part 73 de los Radio Broadcast Services del repositorio e-CFR. Los subaspectos asociados a EE.UU. fueron evaluados de acuerdo a la primera columna de datos por cada dimensión en la figuras que responden a un código de colores, donde se empleó la notación ijk de subaspectos de la sección 2 con sus definiciones retóricas dadas desde la tablas correspondientes según los enteros i , j y k , y los valores asignados que llenan las casillas de los subaspectos pueden

ser: 0, 25, 50, 75 o 100 dependiendo del grado de cumplimiento observado del subaspecto, como se estableció en la metodología. Reutilizando el código de colores de las dimensiones que se empleó en la Figura 1 se presentan los resultados de la evaluación de los subaspectos, correspondiendo la Figura 4 a la dimensión 1, la Figura 5 a la dimensión 2, la Figura 6 a la dimensión 3, la Figura 7 a la dimensión 4, la Figura 8 a la dimensión 5, la Figura 9 a la dimensión 6 y la Figura 10 a la dimensión 7, todas ellas con 5 niveles de saturación de color definidos en las escalas de las figuras, al pie y a la derecha, formando un patrón pixelado.

Se obtuvo un $IDRFM$ de 73,21 para EE.UU.,

Tabla 4: Dimensión Compatibilidad, $i = 3$, $pd_3 = 20 \%$, $pA_{3j} = 6,67 \%$

j	Aspecto Definición	k	Subaspecto Definición	$psA_{3jk} \%$
1	Interferencia de RF	1	Especificación de contorno protegido.	0,39
		2	Obligación de no causar interferencias.	
		3	Uso de filtro de armónicas de RF.	
		4	Reducción de potencia por altura de antena.	
		5	Empleo de antenas directivas.	
		6	Limitación de cobertura por interferencia.	
		7	Asignación de canales en comunidades.	
		8	Retícula de canales según la clase de estación.	
		9	Asignación de canales según instructivo.	
		10	Ubicación del TX fuera de las poblaciones.	
		11	Matriz de distancias mínimas entre estaciones según sus clases hasta 3er canal adyacente.	
		12	Límites de radiaciones no esenciales (filtrado).	
		13	Factibilidad de co-localización de antenas.	
		14	Rel. de protección hasta 3er canal adyacente.	
		15	Atenuación de emisiones no esenciales.	
		16	Consideraciones sobre el bloqueo de RF.	
		17	Interferencia de estaciones transceptor o booster.	
2	Interferencia de IF y otras.	1	Matriz de distancias mínimas entre estaciones según sus clases para separación en torno a IF*.	0,95
		2	Intermodulación de segundo y tercer orden.	
		3	Rechazo a frecuencia imagen.	
		4	Ausencia de interferencia perjudicial sobre TV.	
		5	Protección del canal 6 de TV.	
		6	Distancia entre canal 6 e inicio de la banda FM.	
		7	Distancias mínimas a aeropuertos y protección.	
3	Coordinación internacional.	1	Condiciones de operación en áreas fronterizas.	3,34
		2	Acuerdos internacionales y otras restricciones.	

*IF. Frecuencia intermedia, con límites de 10,6 y 10,8 MHz.

con una distribución por dimensiones según la Figura 11. Se aprecia la baja puntuación que obtuvo en la dimensión 5 (RR.HH.), con 4,44; si bien en el resto sus puntajes de las dimensiones son elevados, como era de esperarse. Las normas de la FCC de EE.UU. han sido referencia para la elaboración de la mayoría de los reglamentos FM de Latinoamérica, de ahí que su uso previo de calibración fuera pertinente, antes de analizar la muestra.

A continuación se calculó el $IDFRM$ para la muestra en estudio. En el resto de las columnas de las figuras con patrones pixelados presentados por dimensión, destinadas a la muestra, se suministran los valores asignados a los subaspectos, nuevamente entre 0 y 100 dependiendo del grado de cumplimiento observado del subaspecto de cada reglamento. Los resultados se presentan en la Figura 12 donde cada barra

se compone de siete segmentos con tamaños proporcionales a los puntajes obtenidos en cada una de las dimensiones, empleándose el mismo código de colores. El valor promedio del índice para la muestra, denotado $IDFRM_{prom}$, resultó de 34,55 y su distribución por dimensiones se ilustra en la Figura 13. La Tabla 9 aporta información estadística sobre los resultados. El $IDFRM$ de la muestra posee una alta desviación estándar de 13,40 y un rango comprendido entre un mínimo de 16,54 (Chile) y un máximo de 68,94 (Venezuela). Los valores más elevados, de Venezuela y Brasil (56,97) poseen las contribuciones más altas en la dimensión de Calidad, y se distancian del promedio debido a lo amplio de sus reglamentos y al haber reforzado las dimensiones de RR.HH. y de Transparencia, donde el resto obtuvo valores bajos.

La muestra tiende a presentar bajos niveles en lo relativo a tres de las dimensiones:

Tabla 5: Dimensión Seguridad, $i = 4$, $pd_4 = 20 \%$, $pA_{4j} = 3,33 \%$.

j	Aspecto Definición	k	Subaspecto Definición	$psA_{4jk} \%$
1	Autorizaciones	1	Operación del TX	0,56
		2	Exclusividad de uso del recinto del TX.	
		3	Homologación del TX.	
		4	Control remoto del TX.	
		5	Autorización de la entidad de aeronáutica civil.	
		6	Conformidad exposición humana a la RF.	
2	Emergencia Nacional	1	Sistemas de alerta nacional implementado.	1,67
		2	Regulación relativa a la cadena nacional.	
3	Identificaciones	1	Identificación regular de la estación al aire.	3,33
4	Instrumentación	1	Monitor de modulación.	0,67
		2	Monitor de frecuencia.	
		3	Medidor de potencia.	
		4	Medidor de voltaje/corriente de etapa final TX.	
		5	Receptor/monitor para cadena nacional.	
5	Mantenimiento	1	Rutinas de mantenimiento.	0,67
		2	Balizaje y pintura conforme a aeronáutica civil.	
		3	Mantenimiento de torre: Pintura y balizaje.	
		4	Puesta a tierra del sistema de antena.	
		5	Protección contra descargas atmosféricas.	
6	Protección a las personas.	1	Protección al personal que opera el TX.	0,83
		2	Sistemas de protección del TX.	
		3	Conformidad de exposición de RF y zonas.	
		4	Protocolo en caso de falla de balizaje nocturno.	

Tabla 6: Dimensión Recursos Humanos, $i = 5$, $pd_5 = 10 \%$, $pA_{5j} = 10,00 \%$.

j	Aspecto Definición	k	Subaspecto Definición	$psA_{5jk} \%$
1	Personal	1	Representante legal y representante técnico.	2,00
		2	Personal de dirección técnica.	
		3	Personal técnico/profesional de operación.	
		4	Personal de locución.	
		5	Personal de guardia.	

Tabla 7: Dimensión Transparencia, $i = 6$, $pd_6 = 10 \%$, $pA_{6j} = 3,33 \%$.

j	Aspecto Definición	k	Subaspecto Definición	$psA_{6jk} \%$
1	Documentación y registro.	1	Gestión de libros/bitácora y registros técnicos.	1,11
		2	Planos y manuales de la planta TX in situ.	
		3	Grabación de la programación diaria.	
2	Publicaciones.	1	Publicación de datos para la elaboración de proyectos por los particulares interesados.	1,67
		2	Publicación en órgano oficial de divulgación de la concesión y sus atributos.	
3	Tiempos.	1	Tiempo máximo de respuesta de una solicitud.	1,67
		2	Duración del permiso de la concesión.	

Tabla 8: Dimensión Servicios adicionales, $i = 7$, $pd_7 = 5 \%$, $pA_{7j} = 5,00 \%$.

j	Aspecto Definición	k	Subaspecto Definición	$psA_{7jk} \%$
1	Servicios subsidiarios y/o digitales	1	Servicio SCA*.	1,00
		2	MUX** de subportadoras en banda base.	
		3	Servicio de sistema de datos por radio.	
		4	Servicio híbrido analógico-digital.	
		5	Retransmisión del programa en Internet.	

*SCA: Autorización de Comunicaciones Subsidiarias. ** MUX: Multiplexión (FDM).

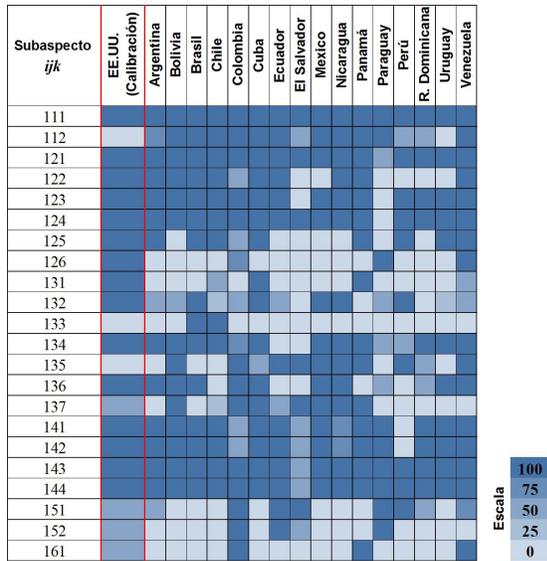


Figura 4: Valores de los subaspectos de los reglamentos de EE.UU. y de la muestra de Latinoamérica para la dimensión “General”. Los índices ijk identifican los subaspectos definidos en la Tabla 2.

RR.HH., Transparencia y Servicios Adicionales. Ello pudiera ser consecuencia de la inclusión de parte de esa información normativa en otros instrumentos más allá del reglamento, tales como los instructivos para la entrega de recaudos de los proyectos, reglamentos adicionales, condiciones de operación, etc. Sería oportuna una consolidación normativa en un reglamento único por país producto de la actualización de las normas. En este sentido, con el objetivo de que los países en Latinoamérica puedan aumentar su *IDRFM*, se advierte de los resultados sobre la oportunidad de los entes reguladores de someter a consideración de las entidades legislativas de sus naciones sobre

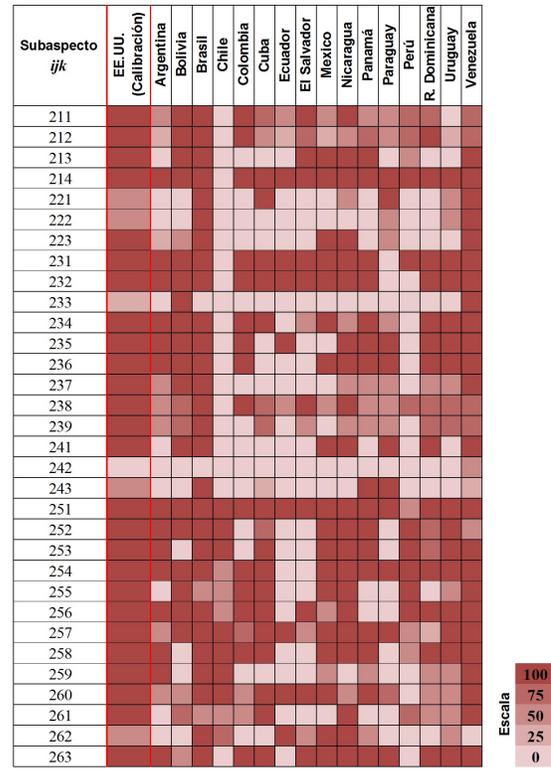


Figura 5: Valores de los subaspectos de los reglamentos de EE.UU. y de la muestra de Latinoamérica para la dimensión “Calidad”. Los índices ijk identifican los subaspectos definidos en la Tabla 3.

la actualización de la normativa FM de manera que se fortalezcan las dimensiones críticas de los reglamentos a través de la inclusión o revisión de determinados aspectos y subaspectos en los cuales el puntaje sea bajo.

Para ello se puede definir una escala Likert del grado de importancia de la revisión requerida, de acuerdo al potencial margen de mejora viable en cada dimensión del reglamento, definido como el

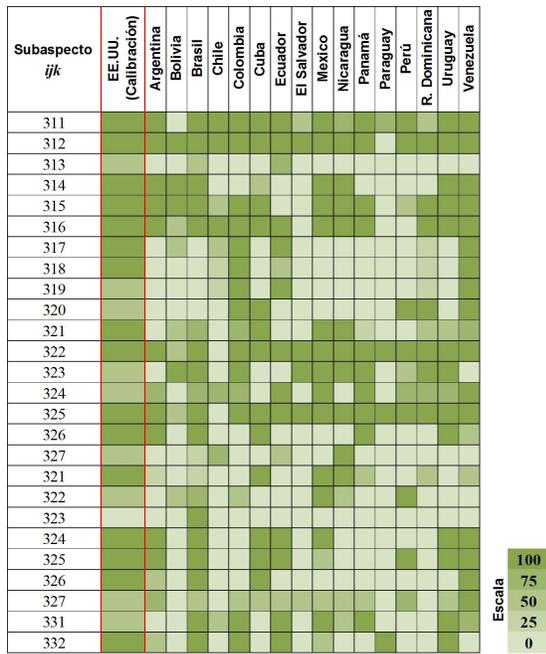


Figura 6: Valores de los subaspectos de los reglamentos de EE.UU. y de la muestra de Latinoamérica para la dimensión “Compatibilidad”. Los índices *ijk* identifican los subaspectos definidos en la Tabla 4.

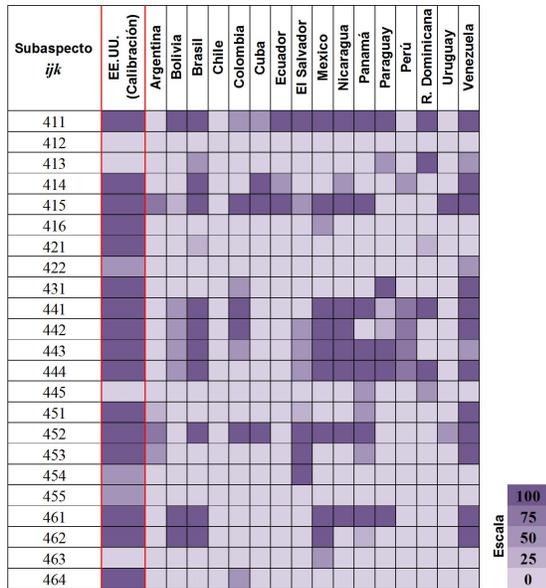


Figura 7: Valores de los subaspectos de los reglamentos de EE.UU. y de la muestra de Latinoamérica para la dimensión “Seguridad”. Los índices *ijk* identifican los subaspectos definidos en la Tabla 5.

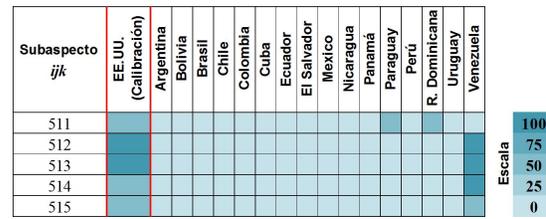


Figura 8: Valores de los subaspectos de los reglamentos de EE.UU. y de la muestra de Latinoamérica para la dimensión “Recursos Humanos”. Los índices *ijk* identifican los subaspectos definidos en la Tabla 6.

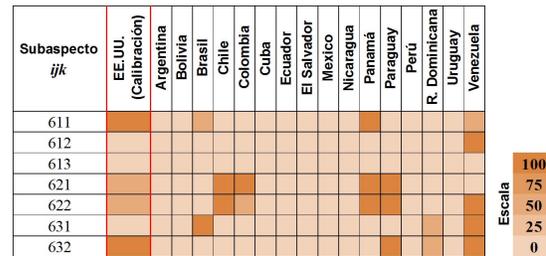


Figura 9: Valores de los subaspectos de los reglamentos de EE.UU. y de la muestra de Latinoamérica para la dimensión “Transparencia”. Los índices *ijk* identifican los subaspectos definidos en la Tabla 7.

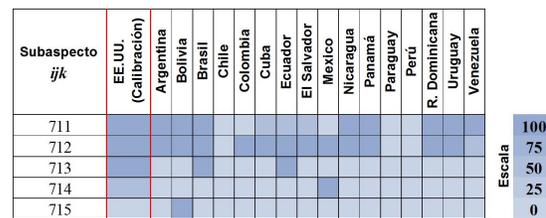


Figura 10: Valores de los subaspectos de los reglamentos de EE.UU. y de la muestra de Latinoamérica para la dimensión “Servicios adicionales”. Los índices *ijk* identifican los subaspectos definidos en la Tabla 8.

complemento del puntaje máximo vd_i que pudiera obtenerse en la dimensión i , empleando para la escala unas categorías de importancia de la A a la E, definidas por rangos como se indica en la Tabla 11, que aplicada a los resultados de la Figura 12 por país resulta en la propuesta de oportunidades de mejora normativa de la Tabla 11, observándose que la atención a las dimensiones 2, 3 y 4 redundará en un incremento apreciable del $IDRFM$, entre otras

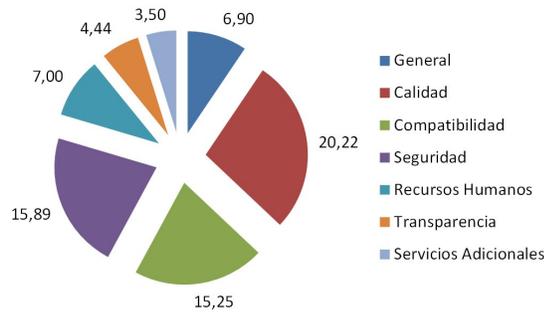


Figura 11: *IDRFM* de 73,21 la reglamentación FM de EE.UU (FCC), para calibración.

Tabla 9: Contribuciones de las dimensiones al *IDRFM* de la muestra

<i>i</i>	Dimensión	Media	%	σ	Máximo	Mínimo
1	General	5,83	16,87	1,29	8,58	4,15
2	Calidad	12,24	35,42	5,03	22,39	3,75
3	Compatibilidad	8,40	24,32	4,35	16,32	2,24
4	Seguridad	4,28	12,39	3,11	12,11	0,00
5	Recursos Humanos	0,56	1,63	1,75	7,00	0,00
6	Transparencia	1,61	4,67	2,20	6,67	0,00
7	Servicios Adicionales	1,63	4,70	0,96	3,00	0,00

opciones de mejora.

Tabla 10: Escala para la oportunidad de mejora de la reglamentación FM.

Rango del valor obtenido en la dimensión, vd_i	Importancia de la inclusión o mejora de aspectos/subaspectos en la dimensión <i>i</i>	Categoría
>20,00	Extremadamente importante.	A
15,00-19,99	Muy importante.	B
10,00-14,99	Importante.	C
5,00-9,99	Conveniente.	D
0,00-4,99	Favorable.	E

Las sugerencias de importancia de la Tabla 11 permiten establecer jerarquías y planificar por objetivos al momento de actualizar la normativa del marco técnico FM en las naciones de la muestra. Si bien la muestra estudiada no incluyó emisoras FM Comunitarias, pruebas preliminares arrojan unos índices *IDRFM* más bajos para ese tipo de entidades, observándose que

sus reglamentos omiten consideraciones técnicas importantes, reemplazadas por otras de tipo económico y social. Si se crea un marco técnico-legal para emisoras FM comunitarias éste debería ser compatible con el marco preexistente de las emisoras FM convencionales en cuanto a todo lo relacionado con las interferencias y distancias mínimas entre ellas, y en relación a la oportunidad equitativa de los interesados en poder utilizar una frecuencia disponible. Esto justifica la realización de un estudio posterior en este sentido.

Tabla 11: Importancia de la mejora de aspectos/subaspectos de las dimensiones para aumentar el *IDRFM* de los reglamentos de la muestra.

País	Dimensión						
	1	2	3	4	5	6	7
Argentina	E	B	C	B	C	C	E
Bolivia	E	D	B	B	C	C	E
Brasil	E	E	E	C	C	D	E
Chile	E	A	B	A	C	D	D
Colombia	E	C	D	C	C	D	E
Cuba	E	C	C	B	C	C	E
Ecuador	E	B	D	B	C	C	E
El Salvador	D	B	B	B	C	C	E
México	E	C	D	C	C	C	E
Nicaragua	E	D	C	C	C	C	E
Panamá	E	C	C	C	C	D	E
Paraguay	E	C	B	C	D	D	D
Perú	D	B	C	B	C	C	D
R. Dominicana	D	C	B	B	D	D	E
Uruguay	D	C	D	B	C	C	E
Venezuela	E	E	D	D	E	E	E

1: General, 2: Calidad, 3: Compatibilidad, 4: Seguridad, 5: RR.HH., 6: Transparencia, 7: Servicios Adicionales.

4. Conclusiones

Basándose en el análisis de los resultados del *IDRFM* de la sección 3, de sus dimensiones y aspectos, y del estudio de cada uno de los reglamentos de los 16 países de la muestra, se establecen ciertas conclusiones acerca de estas normativas latinoamericanas, descritas a continuación.

En relación a la dimensión 1 (General), en cuanto al número de clases administrativas de las estaciones FM, que son categorías con determinadas *PER* y *ASPT* máximas para limitar la interferencia, se observó que los países difieren

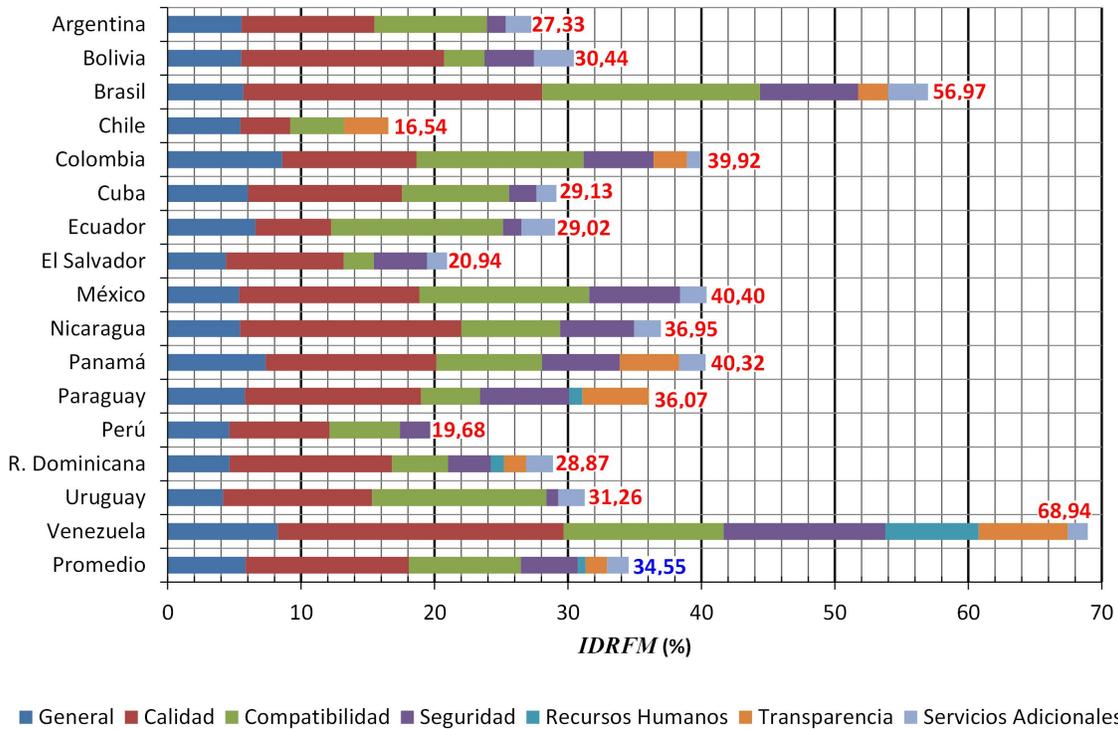


Figura 12: *IDRFM* y dimensiones de los reglamentos de los países de la muestra de Latinoamérica.

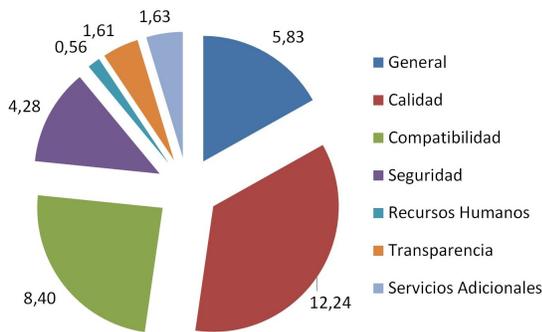


Figura 13: Contribución por dimensión al $IDRFM_{promedio}$ de 34,55 de la muestra latinoamericana.

en su cantidad y en los valores de tales atributos, desde Brasil con 10 clases (en 4 categorías) hasta países que no poseen clases como Chile, Ecuador, El Salvador y Panamá. Los valores máximos permitidos también varían entre naciones, lo cual hace que las clases no sean comparables. La falta de estandarización internacional de las clases y sus atributos puede dificultar de coordinación en la frontera. Puede añadirse que la especificación de los requerimientos de los radioenlaces STL incluyendo sus frecuencias se norma sólo en 8

países, lo cual disminuye a 4 en el caso de los requerimientos y frecuencias para radioenlaces móvil-estudio.

En la dimensión 2 (Calidad), se observó que la mayoría de los países emplean métodos de cálculo empíricos-estadísticos para cobertura e interferencia, como los de FCC e ITU, basados en cartas de campo eléctrico $E(L,T)$ según el porcentaje de localidades L y del tiempo T . En Argentina se indica que puede emplear el método la FCC o de ITU, lo cual no se considera adecuado ya que hace posible que dos estudios elaborados con métodos distintos no sean comparables. En este sentido Brasil utilizaba el método de la FCC, pero ha migrado al método de la Rec. ITU P.1546, lo cual favorece la estandarización. México es el único país que exige el complicado y conocido método de predicción Longley-Rice (ITM) y otra excepción es Panamá, que invoca a la norma BPR-90-4 de la Comisión de Regulación de Comunicaciones del Canadá para determinar la factibilidad en relación a la interferencia. También ocurre que el reglamento de Paraguay no menciona cómo se realizan los cálculos de cobertura/interferencia.

Cabe señalar además que no todos los reglamentos incluyen la corrección $\Delta F(\text{dB})$ por factor de rugosidad ΔH (m), ni las pérdidas adicionales debidas a obstrucciones múltiples, por lo que en esos casos se tendrán sobreestimaciones del área de cobertura/interferencia.

En cuanto al establecimiento de un período de prueba inicial, sólo 6 de los países lo exigen. En relación al empleo de repetidores, su uso se contempla en 7 de las naciones, limitado a las áreas montañosas para cobertura en zonas de sombra. En el aspecto de confiabilidad cabe destacar lo indicado por Brasil, que plantea además del usual requerimiento de un transmisor auxiliar el uso opcional de una antena de emergencia y también la norma exige el uso obligatorio de carga artificial para pruebas.

Al revisar la dimensión 3 (Compatibilidad), se observó en relación al uso de una matriz de distancias mínimas entre estaciones según sus clases y separaciones de frecuencias en RF, 4 países la definen hasta el tercer canal adyacente (± 600 kHz), 6 hasta el segundo canal adyacente (± 400 kHz) y 6 no la definen. Venezuela posee una matriz pero está incompleta, y una solución a ese problema fue propuesta por Robledo y Castañeda [3]. También en el caso de Chile se omiten consideraciones para la limitación de las interferencias. La mayoría de los reglamentos establecen las relaciones de protección (dB) contra la separación de frecuencias, si bien sólo 4 países lo hacen hasta el tercer canal adyacente, 7 países lo hacen hasta el segundo canal y 5 omiten por completo esta importante consideración de compatibilidad. También en este sentido de compatibilidad 8 naciones emplean curvas de disminución de la *PER* por exceso de la *ASPT*, sin indicar la fuente de ese modelo, y 8 carecen de este mecanismo a priori de limitación de interferencias y sobrealcance, el cual debería ofrecerse de acuerdo a las clases administrativas. En cuanto a la planificación de RF, 5 países definen una retícula geográfica/toponímica para asignación de frecuencias en las localidades, siendo la de Colombia bastante específica y donde Chile, Ecuador y R. Dominicana lo hacen con menos detalle. En el caso de Venezuela la retícula no se

ha actualizado pues la única definida que se ha podido apreciar es la del instructivo técnico FM de los años 70 del siglo XX del MTC, posiblemente obsoleta por los cambios ocurridos de facto desde entonces. Esta consideración normativa de acotar la *PER* según la *ASPT* es omitida en 11 de los países analizados, problema que de solventarse, aumentaría el *IDRFM*.

En la dimensión 4 (Seguridad) llama la atención amplia cantidad de subaspectos con puntuación cero (Figura 7), correspondientes al color más claro de esa dimensión en los píxeles, que indica que la misma no es suficientemente abordada en la mayoría de los reglamentos, con excepción de Brasil, México y Nicaragua, que dan valor a las protecciones técnicas de los sistemas para la salvaguarda del personal operativo y de los bienes.

En la dimensión 5 (RR.HH.), se observó que salvo en Venezuela los reglamentos omiten cualquier consideración sobre este ámbito. En la dimensión 6 (Transparencia), de los 16 países 7 de ellos establecen canales para la publicación de los listados de estaciones autorizadas con sus datos técnicos. Por ejemplo en el caso de México el RPC o Registro Público de Concesiones del Instituto Federal de Telecomunicaciones posee un repositorio de datos abiertos donde se muestran las concesiones de estaciones FM, si bien no aparecen allí las coordenadas geográficas del transmisor ni la clase de la estación. Una publicación periódica de todas las estaciones FM con esos datos es indispensable para favorecer el crecimiento racional del sector, especialmente en lo relativo a las interferencias y compatibilidad, y aumentaría el *IDRFM*. También se debe mencionar que en Paraguay se realiza semestralmente una licitación pública de licencias de operación, siendo posible para una estación una única renovación. Panamá efectúa convocatorias bianuales. Este esquema periódico de oportunidades favorece la equidad.

Con respecto a la dimensión 7 (Servicios Adicionales), salvo el caso de México, en los reglamentos revisados no hay planes de migración y/o compatibilidad con sistemas híbridos de servicios digitales de radiodifusión. También se puede mencionar que el Servicio RDS (o equivalente) está poco desarrollado, salvo el caso

de Brasil, donde la normativa sobre ese recurso digital es amplia.

La metodología aplicada en este estudio para crear un índice de desempeño operativo-técnico pudiera ser reutilizada con modificaciones en otras normativas de la radiodifusión tales como la asociada a las estaciones de radio AM y las estaciones de onda corta (SW), y con cambios mayores a otros servicios de radiocomunicaciones como TV, telefonía móvil y radioayudas a la navegación aérea. En relación a FM, el *IDRFM* se puede utilizar como herramienta para el análisis comparado de normas técnicas entre naciones, como un puente objetivo y cuantitativo de información que brinda coherencia entre las dispares disciplinas de la ingeniería y las ciencias jurídicas, obligadas a converger con eficiencia en el sector de radio FM.

5. Referencias

- [1] República de Venezuela. *Reglamento sobre la operación de las estaciones de radiodifusión sonora*. Decreto No. 2.77 del 21 de enero de 1993. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 4.530 Extraordinario del 10 de febrero de 1993. Caracas, 1993.
- [2] República Bolivariana de Venezuela. *Reglamento de radiodifusión sonora y televisión abierta comunitarias de servicio público, sin fines de lucro*. Decreto No. 1.521 del 3 de noviembre de 2001. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 37.359 del 8 de enero de 2002, Caracas, 2002.
- [3] F. Robledo e I. Castañeda. Nota técnica; propuesta de una matriz de distancias mínimas entre estaciones de radiodifusión fm basada en cartas e(50,50)–e(50,10) de fcc e itu–r. *Revista Ingeniería UC*, 22(1):110–119, 2015.
- [4] P.J. Baquero. Contribución de la planificación técnica al desarrollo de la radio. *Revista Latina de Comunicación Social*, 56, 2004.
- [5] M. Bisbal. La frecuencia modulada, su reglamentación y la emisora cultural de Caracas. *Comunicación: Estudios venezolanos de comunicación*, 11(49-50):31–52, 1985.
- [6] F. Peinado. La Radiodifusión Sonora en España: Evolución Jurídica. *Revista General de Información y Documentación*, 8(2):173–192, 1998.
- [7] N. Duarte y H. Paz. Justificación de una propuesta regulatoria para radiodifusión sonora y transmóviles en las fronteras colombianas. *Revista Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 15(2):31–41, 2015.
- [8] Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-R. *Recomendación UIT-R BS.412-9 (12/1998) Normas para la planificación de la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia en ondas métricas*. Ginebra, 2010.
- [9] International Telecommunications Union ITU-R. *Recommendation ITU-R BS.450-4 (10/2019) Transmission standards for FM sound broadcasting at VHF*. Geneva, 2019.
- [10] Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-R. *Recomendación UIT-R BS.467 Características Técnicas de las transmisiones de radiodifusión estereofónica con modulación de frecuencia que han de ser controladas Sistema de frecuencia piloto*. Ginebra, 1970.
- [11] Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-R. *Recomendación UIT-R BS.638 Términos y definiciones utilizados en la planificación de frecuencias para radiodifusión sonora*. Ginebra, 1986.
- [12] Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT-R. *Recomendación UIT-R BS.641 Determinación de la relación de protección en radiofrecuencia en la radiodifusión sonora con modulación de frecuencia*. Ginebra, 1986.