

# PROPUESTA DE DECLARACIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO PARA ECUADOR

## *PROPOSAL OF ELECTROMAGNETIC SPECTRUM DECLARATION FOR ECUADOR*

**Myrian Herrera<sup>1</sup>; Luis Porras<sup>1</sup>; Carlos Estrella<sup>123</sup>.**

<sup>1</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR, QUITO, ECUADOR. Seniergues E4-676 y Gral. Telmo Paz y Miño, Quito, Ecuador. E-mail: myrian.herrera@mail.igm.gob.ec; luis.porras@mail.igm.gob.ec; carlos.estrella@mail.igm.gob.ec

<sup>2</sup> GRUPO DE INVESTIGACIÓN GEOESPACIAL, UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS, “ESPE”, SANGOLQUÍ, ECUADOR. Av. General Rumiñahui S/N, Sangolquí, Ecuador. E-mail: carlosmestrellap@gmail.com

<sup>3</sup> INSTITUTO GULICH, UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA/COMISIÓN NACIONAL DE ACTIVIDADES ESPACIALES, CÓRDOBA, ARGENTINA. Ruta Provincial C45 a 8 Km CP 5187 Falda del Cañete, Córdoba, Argentina. E-mail: carlosmestrellap@gmail.com

### RESUMEN

El presente trabajo muestra el estado del arte respecto de los diferentes límites asignados a cada rango del espectro electromagnético por distintos autores y organismos internacionales, y busca a través de esta revisión establecer una única “Propuesta de declaración del espectro electromagnético para Ecuador”, que claramente identifique estos límites y aporte a la universalización de criterios y lenguaje, comparación de resultados interinstitucionales e internacionales de forma clara y precisa, y sirva como aporte para identificar de manera objetiva las secciones no atendidas del espectro, para la adecuada planificación, uso y gestión de este recurso, por parte de los diferentes actores e instituciones públicas y principalmente en atención a los ejes de Seguridad y Defensa Nacional.

**Palabras claves:** Espectro electromagnético, gestión del espectro electromagnético, propuesta de declaración espectro electromagnético.

### ABSTRACT

The present work shows the state of art about the different limits assigned to each range of the electromagnetic spectrum by different authors and international organizations, and searches through the bibliographic review to establish a single “Proposed declaration of the electromagnetic spectrum for Ecuador”, that clearly identify these limits and contribute to the universalization of criteria and language, comparison of interinstitutional and international results in a clear and precise way, and serve as a contribution to identify in an objective way the sections not attended of the spectrum, for the proper planning, use and management of this resource, by the different actor and public institutions and mainly in attention to the axes of Security and National Defense.

**Keywords:** Electromagnetic spectrum, management of the electromagnetic spectrum, electromagnetic spectrum statement proposal.

## INTRODUCCIÓN

El espectro electromagnético es el rango completo de todas las radiaciones electromagnéticas (National Aeronautics and Space Administration, 2011), Radio, Microondas, Infrarrojo, Visible, Ultravioleta, Rayos X y Rayos Gamma (National Aeronautics and Space Administration, 2014), y es considerado como un recurso económico y técnico, por lo que su eficaz utilización puede tener un impacto elevado en la prosperidad de un país (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2009).

Su adecuada utilización respecto de la distribución energética de las ondas electromagnéticas, el entendimiento claro de su comportamiento e interacción con los objetos, y la implementación de buenas prácticas de gestión y reglamentación respecto de uso, posibilita que los usuarios puedan mejorar sus aplicaciones, servicios, tecnologías y métodos de medición entre otros posibles beneficios.

En tal razón y con el objetivo de aportar a los procesos de buenas prácticas de gestión y reglamentación en el uso de este recurso, se plantea una “Propuesta de declaración del espectro electromagnético para Ecuador”, que contribuya con la delimitación y estandarización de los rangos de las sub clasificaciones del espectro, sirviendo como guía de información para las instituciones y usuarios relacionados con la planificación, uso y gestión de este recurso, en aporte tanto a la universalización de criterios y lenguaje, así como punto de partida para la comparación de resultados a nivel interinstitucionales e internacionales fruto del uso de este recurso y entre otros beneficios el ayudar a enfocar de manera objetiva los esfuerzos de gestión en aquellas secciones no atendidas del espectro.

## DEFINICIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Las ondas electromagnéticas son la propagación simultánea de los campos eléctricos y magnéticos producidos por una carga eléctrica en movimiento, campos que son mutuamente perpendiculares entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación de las ondas, y que a su vez, conforman la radiación electromagnética (Fontal, Suárez, Reyes, Bellandi, Contreras, & Romero, 2005) (Ver Figura 1).

Las ondas electromagnéticas transportan energía electromagnética y movimiento desde alguna fuente a un receptor y se desplazan en el vacío a la velocidad de la luz  $c = 299.792$  km/s, los parámetros que caracterizan este movimiento son la longitud de onda ( $\lambda$ ) y la frecuencia ( $\nu$ ) de las ondas electromagnéticas, que se relacionan mediante la expresión  $c = \lambda\nu$ , que permite determinar su energía, su visibilidad, su poder de penetración y otras características (Fontal, Suárez, Reyes, Bellandi, Contreras, & Romero, 2005).

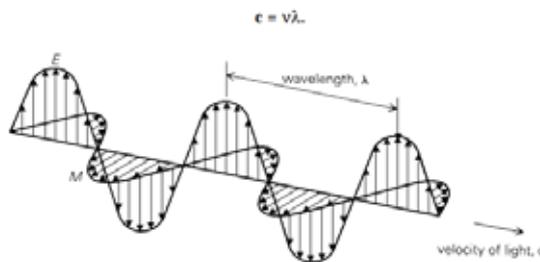


Figura 1: Ondas electromagnéticas

Fuente: (Aggarwal, Principles of remote sensing, 2004).

Existen dos teorías que describen el comportamiento de la energía electromagnética, la teoría básica de las ondas antes descrita, que indica que la energía que se propaga viaja a la velocidad de la luz con un movimiento armónico sinusoidal y la teoría de las partículas que explica que la energía electromagnética interactúa con la materia y está compuesta de partículas discretas llamadas fotones/quantos, en donde la energía del fotón es (Aggarwal, 2004):

$$Q = hc / \lambda = h\nu \quad (1)$$

Donde Q es la energía del fotón y h la constante de Planck.

La radiación electromagnética es referida a la propagación de la energía a través del espacio en forma de ondas (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2009), y el espectro electromagnético es el rango completo de todas estas radiaciones (National Aeronautics and Space Administration, 2011), que se expresan en función ya sea de la longitud de onda o de la frecuencia que es inversamente proporcional a la longitud de onda de la energía electromagnética propagada, donde a menor longitud de onda mayor frecuencia y viceversa (Canada Centre for Remote Sensing, 2016).

El límite teórico inferior es el 0, no existiendo frecuencias negativas, la longitud de onda más pequeña posible es la longitud de Planck ( $l_p \approx 1,616199(97) \cdot 10^{-35}$  m), por debajo de la cual se espera que el espacio deje de tener una geometría clásica, y el límite teórico superior es el  $\infty$ . (Ordóñez, 2012).

A efectos prácticos, el espectro electromagnético se extiende desde las longitudes de onda más largas incluyendo microondas y radio hasta las longitudes más cortas incluyendo Rayos Gamma y Rayos X, cubriendo así longitudes de onda de entre miles de kilómetros y la fracción del tamaño de un átomo (Canada Centre for Remote Sensing, 2016) (Ver Figura 2).

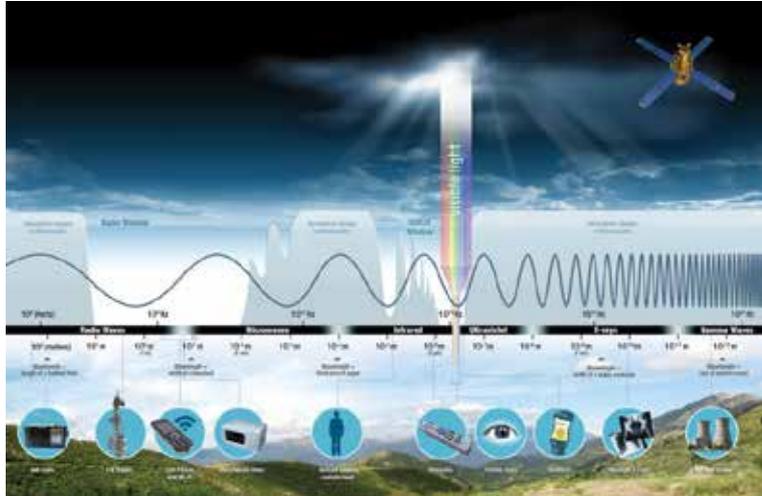


Figura 2: Espectro electromagnético

Fuente: National Aeronautic Space Agency - The Electromagnetic Spectrum, Recuperado de: <https://smd-prod.s3.amazonaws.com/science-blue/s3fs-public/thumbnails/image/EMS-Introduction.jpeg>

Una de las características esenciales del espectro electromagnético es que reúne las condiciones para transportar información en su proceso de propagación de las ondas, en general las señales transmitidas que utilizan frecuencias elevadas presentan distancias de propagación menores, pero gozan de una mayor capacidad de transmisión de datos, lo que implica identificar limitaciones en las aplicaciones identificadas para la cual cada banda es adecuada (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2009).

## CLASIFICACIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO A NIVEL INTERNACIONAL Y NACIONAL

El espectro electromagnético está dividido en diferentes regiones: Radio, Microondas, Infrarrojo, Visible, Ultravioleta, Rayos X y Rayos Gamma (National Aeronautics and Space Administration, 2014), sin embargo estas divisiones no tienen fronteras rígidas entre regiones adyacentes (Fontal, Suárez, Reyes, Bellandi, Contreras, & Romero, 2005), por lo que existen trasposiciones entre tipos vecinos, (National Aeronautics and Space Administration, 2011) pudiendo así una misma longitud de onda quedar incluida en dos rangos diferentes (Ordóñez, 2012).

Visto que la clasificación macro del espectro electromagnético es precisa pero que los límites de sus fronteras no lo son, se pretende a través de la revisión de las diferentes propuestas generadas por diversos autores, organismos o estados que establecieron dichos rangos en función ya sea de los fines para los que destinaban su obtención o de los equipos que utilizaron para su medición, el establecer una propuesta de declaración del espectro electromagnético para Ecuador basada en dichos insumos.

## CASO 1. CLASIFICACIÓN REALIZADA POR LOS ESTADOS

Los Estados Miembros de las Naciones Unidas a través de su organismo especializado la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ratificaron y mantienen en común el “Reglamento de Radiocomunicaciones”, enmarcado en la utilización y gestión del espectro radioeléctrico a nivel nacional y respetando el marco internacional, los países miembros guían su accionar basados en el Cuadro nacional de atribución de frecuencias (se revisará en el Caso 4) que establece qué servicios radioeléctricos pueden utilizar cada una de las bandas de frecuencias y en qué condiciones (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2009).

Si bien es cierto que este tratado es a nivel internacional y que establece los rangos de esta sección del espectro para los Estados Miembros, no existe normativa internacional ni común entre los países para las demás secciones, existiendo casos puntuales de países que las reglamentan como España, cuyo objetivo fue establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores, contra los riesgos para la salud y la seguridad derivados de la exposición a las radiaciones ópticas artificiales, acción ejecutada mediante el REAL DECRETO 486/2010, de 23 de abril (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2010) que especifica:

“Radiación ultravioleta: Radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 100 y 400 nm. La región ultravioleta se divide en UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) y UVC (100-280 nm).

Radiación visible: La radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 380 nm y 780 nm.

Radiación infrarroja: La radiación óptica de longitud de onda comprendida entre 780 nm y 1 mm. La región infrarroja se divide en IRA (780-1.400 nm), IRB (1.400-3.000 nm) e IRC (3.000 nm-1mm).”

Propiciando así el marco regulatorio para una adecuada planificación y gestión institucional y nacional en torno a riesgos de salud.

## CASO. 2. CLASIFICACIÓN PROPUESTA POR ALGUNOS AUTORES

En la Tabla 1 se presenta la recopilación de algunos autores e instituciones que han establecido los rangos de cada clasificación del espectro electromagnético, basados especialmente en la utilización según su temática, incluye óptica e iluminación, salud, radio comunicaciones, sensores remotos, observación espacial y bibliografía especializada.

Tabla 1. Clasificación del espectro electromagnético según varios autores.

Fuente		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
Utilización		Observación espacial	Bibliografía especializada			Sensores remotos			Radio comunicaciones		OMS	Óptica e Iluminación						
Clasificación	Sub clasificación	Longitud de onda (λ)																
Rayos Gamma		<1 * 10 <sup>-11</sup> m																
Rayos X		1*10 <sup>-11</sup> - 1*10 <sup>-8</sup> m		10 <sup>8</sup> a 10 <sup>-11</sup> cm														
Rayos UV	UVC	1*10 <sup>-8</sup> - 4*10 <sup>-7</sup> m		<280nm		300 Å - 0.4 μm	3 - 400nm		0.3-0.38 μm			100 - 280nm						
	UVB			280-315nm								280 - 315nm		10-350nm				
	UVA			315-380nm									315 - 400nm					
Espectro visible	Violeta	4*10 <sup>-7</sup> - 7*10 <sup>-7</sup> m		380-440nm	390-455nm		400-450nm		0.4-0.446 μm	0.4 - 0.7 μm			390-460nm	380-440nm				
	Azul		0.4-0.5 μm	440-490nm	455-492nm		450-500nm		0.446-0.5 μm			460-490nm	440-500nm					
	Verde		0.5-0.6 μm	490-560nm	492-577nm		500-570nm		0.5-0.578 μm			490-580nm	500-550nm					
	Amarillo			560-590nm	577-597nm		570-590nm		0.578-0.592 μm			580-600nm	550-600nm					
	Anaranjado			590-630nm	597-622nm		590-610nm		0.592-0.62 μm			600-620nm	600-650nm					
	Rojos		0.6-0.7 μm	630-760nm	622-780nm		610-700nm		0.62-0.7 μm			620-780nm	650-780nm					
Infrarrojo	Cercano (NIR)	7*10 <sup>-7</sup> - 1*10 <sup>-3</sup> m	0.7-1.2 μm	780-3000nm	780-3000nm		0.7-1.5 μm											
	λ corta (SWIR)		1.2-2.5 μm				1.5-3 μm											
	λ media (MWIR)		2.5-8 μm	3000-6000nm	3000-6000nm		3-8 μm		0.7 - 100 μm					750nm - 1mm				
	λ larga (LWIR)		8-14 μm	6000-15000nm	6000-15000nm		8-15 μm											
	Lejano (FAR)			0.015-1.0mm	15000nm-1mm		> 15 μm											
Microondas	K	1*10 <sup>-3</sup> - 1*10 <sup>-11</sup> m	>1mm	1mm - 30cm	>1mm			1mm-1m						> 1mm				
															Ka	0.75-1.1cm	0.75-1.1cm	0.75-1.10cm
															Ku	1.1-1.67cm	1.1-1.67cm	1.10-1.67cm
	X														1.67-2.5cm	1.67-2.4cm	1.67-2.40cm	
	C														2.5-3.75cm	2.4-3.75cm	2.40-3.75cm	
	S														3.75-7.5cm	3.8-7.5cm	3.75-7.50cm	
	L														7.5-15cm	7.5-15cm	7.50-15cm	
	P														15-30cm	15-30cm	15-30cm	
Radio	ELF	>1*10 <sup>-11</sup> m							>1m									
	SLF														1000-10000km			1 ≤ λ < 10Mm
	ULF														100-1000km			100km ≤ λ < 1Mm
	VLF														10-100km			10 ≤ λ < 100km
	LF														1-10km			1 ≤ λ < 10 km
	MF														100m-1km			100m ≤ λ < 1 km
	HF														10-100m			10 ≤ λ < 100 m
	VHF														1-10m			1 ≤ λ < 10 m
	UHF														100mm-1m			100mm ≤ λ < 1m
	SHF														10-100mm			10 ≤ λ < 100mm
	EHF														1-10mm			1 ≤ λ < 10mm

Compilado de: 1. (National Aeronautics and Space Administration, 2013), 2. (Chuvieco, 2010), 3. (Fontal, Suárez, Reyes, Bellandi, Contreras, & Romero, 2005), 4. (Rodríguez García & Virgós, 1999), 5. (Sobrinho, 2000), 6. (Liew, 2001), 7. (Canada Centre for Remote Sensing, 2016), 8. (Aggarwal, 2004), 9. (Varón, 2012), 10. (Ordóñez, 2012) 11. (Organización Mundial de la Salud, 2002), 12. (I.E.S. Al-Ándalus de Arahál, 2016), 13. (Sirlin, 2006).

### CASO. 3. CLASIFICACIÓN CONFORME ORGANISMOS INTERNACIONALES.

Existen organismos internacionales que han especificado los rangos de las regiones del espectro electromagnético básicamente en función de las posibles aplicaciones, entre ellas destacan: International Organization for Standardization – ISO (Organización Internacional de Normalización), la Commission Internationale de l’Eclairage – CIE (Comisión Internacional de Iluminación), y la International Electrotechnical Commission - IEC (Comisión Electrotécnica Internacional). La Tabla 2 presenta la clasificación realizada por la Norma ISO 21348 - Space environment (natural and artificial) – Process for determining solar irradiances, cuyo propósito es crear un método estándar para determinar las irradiancias solares para uso de sistemas espaciales (International Organization for Standardization, 2007).

Tabla 2. Norma ISO 21348 (Space environment (natural and artificial) – Process for determining solar irradiances)

Categoría espectral	Sub categoría espectral	Longitud de onda	Notas
<b>Rayos Gamma</b>		$10 \text{ fm} \leq \lambda < 1 \text{ pm}$	
<b>Rayos X</b>		$1 \text{ pm} \leq \lambda < 0,10 \text{ nm}$	Rayos X fuertes – Hard X rays
	XUV	$0,10 \text{ nm} \leq \lambda < 10 \text{ nm}$	Rayos X débiles – Soft X rays
<b>Ultravioleta</b>	UV	$100 \text{ nm} \leq \lambda < 400 \text{ nm}$	Ultravioleta
	VUV	$10 \text{ nm} \leq \lambda < 200 \text{ nm}$	Ultravioleta al vacío – Vacuum Ultraviolet
	EUV	$10 \text{ nm} \leq \lambda < 121 \text{ nm}$	Ultravioleta extremo – Extreme Ultraviolet
	H Lyman- $\alpha$	$121 \text{ nm} \leq \lambda < 122 \text{ nm}$	Hidrógeno Lyman – alfa
	FUV	$122 \text{ nm} \leq \lambda < 200 \text{ nm}$	Ultravioleta lejano – Far Ultraviolet
	UVC	$100 \text{ nm} \leq \lambda < 280 \text{ nm}$	Ultravioleta C – Ultraviolet C
	MUV	$200 \text{ nm} \leq \lambda < 300 \text{ nm}$	Ultravioleta medio – Middle Ultraviolet
	UVB	$280 \text{ nm} \leq \lambda < 315 \text{ nm}$	Ultravioleta B – Ultraviolet B
	NUV	$300 \text{ nm} \leq \lambda < 400 \text{ nm}$	Ultravioleta cercano – Near Ultraviolet
	UVA	$315 \text{ nm} \leq \lambda < 400 \text{ nm}$	Ultravioleta A - Ultraviolet A
<b>Visible</b>	VIS	$380 \text{ nm} \leq \lambda < 760 \text{ nm}$	Óptico
		$360 \text{ nm} \leq \lambda < 450 \text{ nm}$	Púrpura
		$450 \text{ nm} \leq \lambda < 500 \text{ nm}$	Azul
		$500 \text{ nm} \leq \lambda < 570 \text{ nm}$	Verde
		$570 \text{ nm} \leq \lambda < 591 \text{ nm}$	Amarillo
		$591 \text{ nm} \leq \lambda < 610 \text{ nm}$	Naranja
		$610 \text{ nm} \leq \lambda < 760 \text{ nm}$	Rojo
<b>Infrarrojo</b>	IR	$760 \text{ nm} \leq \lambda < 1,00 \text{ mm}$	Infrarrojo
	IR-A	$760 \text{ nm} \leq \lambda < 1,40 \text{ }\mu\text{m}$	Infrarrojo cercano – Near Infrared
	IR-B	$1,40 \text{ }\mu\text{m} \leq \lambda < 3,00 \text{ }\mu\text{m}$	Infrarrojo medio – Middle Infrared
	IR-C	$3,00 \text{ }\mu\text{m} \leq \lambda < 1,00 \text{ mm}$	Infrarrojo lejano – Far Infrared
<b>Microondas</b>	W	$1,00 \text{ mm} \leq \lambda < 15,00 \text{ mm}$	
	V	$3,00 \text{ mm} \leq \lambda < 5,35 \text{ mm}$	$100 \geq \nu > 56,0 \text{ GHz}$
	Q	$5,35 \text{ mm} \leq \lambda < 6,52 \text{ mm}$	$56,0 \geq \nu > 46,0 \text{ GHz}$
	K	$6,52 \text{ mm} \leq \lambda < 8,33 \text{ mm}$	$46,0 \geq \nu > 36,0 \text{ GHz}$
	X	$8,33 \text{ mm} \leq \lambda < 27,5 \text{ mm}$	$36,0 \geq \nu > 10,90 \text{ GHz}$
	C	$27,50 \text{ mm} \leq \lambda < 57,70 \text{ mm}$	$10,90 \geq \nu > 5,20 \text{ GHz}$
	S	$48,40 \text{ mm} \leq \lambda < 76,90 \text{ mm}$	$6,20 \geq \nu > 3,90 \text{ GHz}$
	L	$57,70 \text{ mm} \leq \lambda < 193,00 \text{ mm}$	$5,20 \geq \nu > 1,55 \text{ GHz}$
	P	$193,00 \text{ mm} \leq \lambda < 769,00 \text{ mm}$	$1,550 \geq \nu > 0,390 \text{ GHz}$
		$769,00 \text{ mm} \leq \lambda < 1,33 \text{ m}$	$0,390 \geq \nu > 0,225 \text{ GHz}$
<b>Radio</b>		$0,10 \text{ mm} \leq \lambda < 100 \text{ m}$	Mediciones: $1\ 000\ 000 \leq \lambda < 10\ 000\ 000\ 000 \text{ nm}$
	EHF	$1,00 \text{ mm} \leq \lambda < 10,00 \text{ mm}$	Frecuencia extremadamente alta $300 \geq \nu > 30 \text{ GHz}$
	SHF	$10,00 \text{ mm} \leq \lambda < 100,00 \text{ mm}$	Frecuencia súper alta $30 \geq \nu > 3 \text{ GHz}$
	UHF	$100,00 \text{ mm} \leq \lambda < 1,00 \text{ m}$	Frecuencia ultra alta $3000 \geq \nu > 300 \text{ MHz}$
	VHF	$1,00 \text{ m} \leq \lambda < 10,00 \text{ m}$	Frecuencia muy alta $300 \geq \nu > 30 \text{ MHz}$
	HF	$10,00 \text{ m} \leq \lambda < 100,00 \text{ m}$	Frecuencia alta $30 \geq \nu > 3 \text{ MHz}$

La Tabla 3 presenta la clasificación realizada por la Norma ISO 20473 - Optics and photonics – Spectral bands, cuyo objeto es aportar a la delimitación, designación y descripción de las regiones ópticas y fotónicas del espectro electromagnético (ultravioleta, visible e infrarrojo) para aplicaciones en el campo óptico y fotónico. (International Organization for Standardization, 2007).

Tabla 3. Norma ISO 20473 (Optics and photonics – Spectral bands)

Designación de la radiación		Designación corta		Longitud de onda nm	Frecuencia THz	
<b>Radiación ultravioleta</b>	Extreme UV	UV	EUV	1 – 100	3*10 <sup>5</sup> a 3000	
	Vacuum UV		UV-C	VUV	100 – 190	3000 – 1580
	Deep UV		DUV	190 - 280	1580 – 1070	
	Mid UV		UV-B	280 – 315	1070 – 950	
	Near UV		UV-A <sup>b</sup>	315 – 380	950 – 790	
<b>Radiación visible, óptico</b>				380 – 780	790 – 385	
<b>Infrarrojo</b>	Near IR	IR	IR-A	NIR	780 – 1400	385 – 215
			IR-B	1400 – 3000	215 – 100	
	Mid IR		MIR	3000 – 50000	100 – 6	
	Far IR		FIR	50000 - 1000000	6 – 0.3	

La Tabla 4 muestra los márgenes establecidos por la CIE, organización líder en desarrollo de estándares y procedimientos básicos de metrología en los campos de luz e iluminación (International Commission on Illumination, 2017), y la IEC, organización líder mundial en la preparación y publicación de estándares internacionales para todas las tecnologías eléctricas y electrónicas relacionadas. (International Electrotechnical Commission, 2016).  
Protagonizando

Tabla 4. Clasificaciones del espectro electromagnético realizadas por la IEC y la CIE

Categoría espectral	Sub categoría espectral	Rango de longitud de onda	
		IEC	CIE
<b>Ultravioleta</b>	UVC	100-280nm	100-280nm
	UVB	280-315nm	280-315nm
	UVA	315 - 400nm	315-400nm
<b>Visible</b>	VIS	360 - 400 a 760 - 830nm	400-700nm
<b>Infrarrojo</b>	IR-A	780-1400nm	700nm-3 μm
	IR-B	1,4-3 μm	1,4-3 μm
	IR-C	3 μm a 1mm	3 μm a 1mm

La Tabla 5 muestra los rangos del espectro radioeléctrico, convencionalmente establecido desde 3 kHz hasta 3000 GHz, (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 1999), a través de la UIT, organismo especializado de las Naciones Unidas para las Tecnologías de la información y comunicación que se encarga de la atribución del espectro radioeléctrico y las órbitas de satélite a escala mundial, elaborando normas técnicas para garantizar la interconexión

continua de las redes y las tecnologías (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2013).

Tabla 5. Bandas y sub-bandas de frecuencia conforme la UIT

Número de la banda	Símbolos	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
4	VLF	3 - 30 kHz	Ondas miriamétricas	B.Mam
5	LF	30 - 300 kHz	Ondas kilométricas	B.km
6	MF	300 - 3000 kHz	Ondas hectométricas	B.hm
7	HF	3 - 30 MHz	Ondas decamétricas	B.dam
8	VHF	30 - 300 MHz	Ondas métricas	B.m
9	UHF	300 - 3000 MHz	Ondas decimétricas	B.dm
10	SHF	3 - 30 GHz	Ondas centimétricas	B.cm
11	EHF	30 - 300 GHz	Ondas milimétricas	B.mm
12		300 - 3000 GHz	Ondas decimilimétricas	B.dmm

Finalmente para complementar la Tabla 5, se presenta la Tabla 6 que muestra algunos de los usos relacionados a las diversas bandas de frecuencias radioeléctricas en función a las características de propagación. (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2009), aportando así a todos los procesos relacionados con actividades de gestión de este recurso.

Tabla 6. Características de propagación de las bandas de frecuencia radioeléctricas

Banda	Rango de frecuencias	Alcance	Utilización	Anchura de banda	Interferencia
Ondas miriamétricas	3 a 30 kHz	Miles de km	Radionavegación de largo alcance	Muy estrecha	De amplia distribución
Ondas kilométricas	30 a 300 kHz	Miles de km	Como las comunicaciones estratégicas en ondas miriamétricas	Muy estrecha	De amplia distribución
Ondas hectométricas	300 a 3000 kHz	2 - 3000 km	Como las comunicaciones estratégicas en ondas miriamétricas	Moderada	De amplia distribución
Ondas decamétricas	3 a 30 MHz	Hasta 1000 km	Radiodifusión y punto a punto a nivel mundial	Amplia	De amplia distribución
Ondas métricas	30 a 300 MHz	2-300 km	Radiodifusión, PCS, Móvil, WAN	Muy amplia	Confinada
Ondas decimétricas	300 a 3000 MHz	<100km	Radiodifusión, PCS, Móvil, WAN	Muy amplia	Confinada
Ondas centimétricas	3 a 30 GHz	Varia de 30km a 2000km	Radiodifusión, PCS, Móvil, WAN, comunicaciones por satélite	Muy amplia hasta 1 GHz	Confinada
Ondas milimétricas	30 a 300 GHz	Varia de 20km a 2000km	Radiodifusión, punto a punto, PCS y comunicaciones por satélite	Muy amplia hasta 10 GHz	Confinada

#### CASO. 4. CLASIFICACIÓN Y USO DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO EN ECUADOR Y EN LOS INSTITUTOS DE LA DEFENSA.

A nivel Ecuador no existe una declaración de los rangos del espectro electromagnético, pero si una regulación en cuanto a la asignación y uso de frecuencias del espectro radioeléctrico acogiendo los criterios de la Unión Internacional de Telecomunicaciones como Estado Miembro de las Naciones Unidas.

En el proceso de gestión y regulación del uso del espectro, Ecuador ha regulado su utilización mediante el *Registro Oficial Nro. 439 del 18 de febrero de 2015 en el que se promulga la Ley Orgánica de Telecomunicaciones*, cuyo objeto es “desarrollar, el régimen general de telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico como sectores estratégicos del Estado que comprende las potestades de administración, regulación, control y gestión en todo el territorio nacional, bajo los principios y derechos constitucionalmente establecidos” (Registro Oficial del Ecuador, 2015), se suma a esta gestión el Plan Nacional de Frecuencias de Ecuador 2012, que establece la atribución de las bandas de frecuencias a los diferentes servicios de radiocomunicaciones (Consejo Nacional de Telecomunicaciones, 2012), pero como se observa sólo se atiende esta sección del espectro en cuanto procesos de regulación.

Si bien no existe una normativa o regulaciones respecto de las otras secciones del espectro, si existen varias instituciones del Estado que han enfocado sus esfuerzos en obtener información y generar productos y aplicaciones en función de este recurso, entre ellas nos referiremos a las *Instituciones de la Defensa del Ecuador*, Tabla 7:

Instituto Geográfico Militar – IGM: Responsable de gestionar y ejecutar las actividades de investigación aplicada, generación y control de geoinformación y transferencia de conocimiento y tecnología en los ámbitos de geodesia, geomática, geografía, cartografía y seguridad documentaria (Instituto Geográfico Militar, 2016).

Instituto Oceanográfico de la Armada – INOCAR: Planificar, dirigir, coordinar y controlar las actividades técnicas y administrativas relacionadas con el Servicio de Hidrografía, Navegación, Oceanografía, Meteorología, Ciencias del Mar, Señalización Náutica, así como la administración del material especializado con su actividad (Instituto Oceanográfico de la Armada, 2017).

Instituto Espacial Ecuatoriano – IEE: Mantener e impulsar la investigación científica y desarrollo tecnológico espacial y el incremento de la cultura aeroespacial, que contribuyan a la Defensa y Desarrollo Nacional (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2017).

Instituto Antártico del Ecuador – INAE: Fomentar y mantener la proyección geopolítica del país y la participación permanente en las actividades de investigación científica, en el contexto del Sistema del Tratado Antártico (Instituto Antártico Ecuatoriano, 2017).



En lo referente a los procesos de gestión a nivel nacional, y conforme se observa en la Tabla 7, si bien se ha podido identificar las secciones en las que trabajan dichas instituciones no se ha podido especificar exactamente el ancho de banda captado en cada sección o si abarcan la totalidad del rango, lo que finalmente puede conllevar a no poder comparar con exactitud productos, resultados e inclusive equipos. Esto finalmente ratifica la necesidad de establecer mecanismos normativos que permitan efectivizar los esfuerzos realizados en cuanto a la gestión del espectro a fin de evitar la sobreposición de competencias y desarrollos aislados de objetivos y productos, que produzcan desfases técnicos, institucionales y eviten un avance progresivo de una correcta planeación (Estrella, 2015), ya sea por procesos no vinculados o interrelacionados, o a su vez por la ausencia de mecanismos que como en este caso permitan delimitar con precisión los rangos de acción de cada institución respecto del espectro y enfocar esfuerzos en secciones no gestionadas. Adicionalmente se observa que la mayor concentración de captura de datos y gestión se ha desarrollado por igual en torno al espectro visible, infrarrojo cercano, microondas en la banda L y radio en la banda HF, es decir en las ventanas atmosféricas (Ver Figura 4), que son idóneas para realizar procesos de teledetección (Chuvienco, 2010), y de igual manera en lo relacionado a la recepción de señal GPS en microondas y radio, dejando por fuera las otras clasificaciones, lo que conlleva el disminuir el ámbito de investigación y generación de aplicaciones y productos.

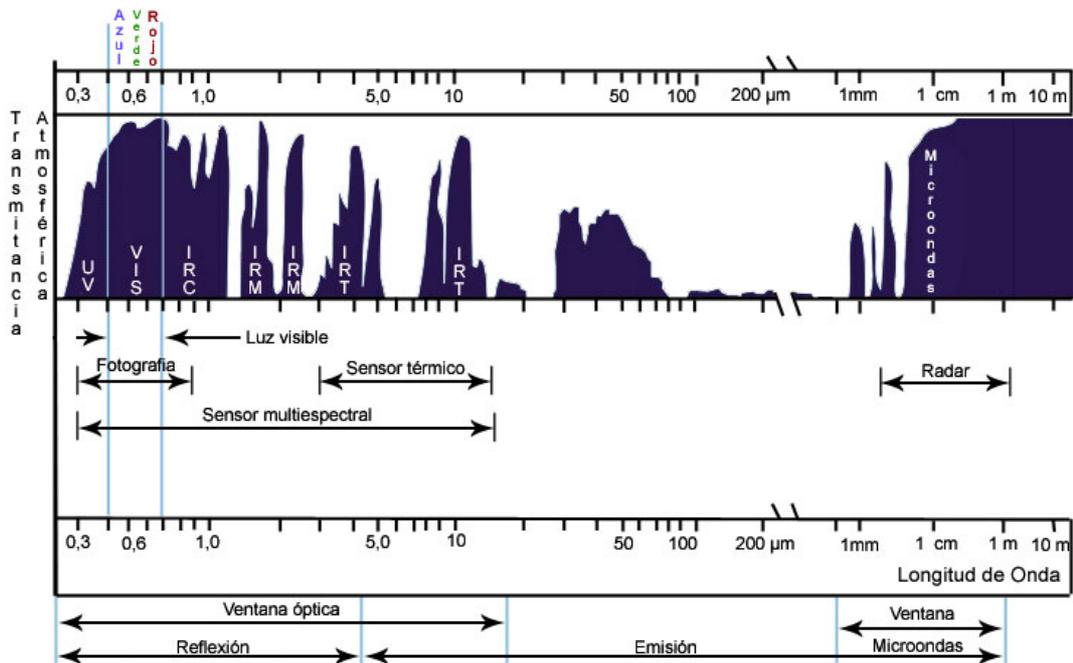


Figura 4. Interacción de la radiación electromagnética con la atmósfera – ventanas atmosféricas

Fuente: [http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad1/atmos\\_td.htm](http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad1/atmos_td.htm)

Considerando que las cuatro instituciones analizadas enfocan la mayor parte de sus esfuerzos en los ámbitos de teledetección y que no existe una reglamentación del espectro

en dichas sub clasificaciones se plantea un ejemplo de los posibles resultados obtenidos al manejar diferentes rangos para las mismas aplicaciones, en el supuesto por ejemplo de buscar medir el Índice de vegetación diferencial normalizado utilizando diferentes imágenes satelitales del mismo lugar:

Tabla 8. Cálculo del Índice de vegetación diferencial normalizado.

	<b>Landsat Rango <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Spot Rango <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Aster Rango <math>\mu\text{m}</math></b>	<b>Respuesta espectral <math>\mu\text{m}</math></b>
<b>Rojo</b>	0,630 - 0,680	0,61 - 0,68	0,63 - 0,69	0,62
<b>Infrarrojo Cercano</b>	0,845 - 0,885	0,78 - 0,89	0,76 - 0,86	0,85
<b>NDVI= ((IRC-R))/(IRC+R)</b>	NO APLICARÍA	0,156	NO APLICARÍA	

Nota: sólo las celdas en color verde abarcarían los valores medidos

Si bien este es un ejemplo básico, brinda una clara idea de los posibles resultados o escenarios que se pudiesen presentar no sólo en este caso sino en todos aquellos donde se comparen resultados, productos e inclusive equipos no sólo en el ámbito de las ciencias geoespaciales, sino de todas aquellas que hagan uso del espectro electromagnético sin tener un punto de partida base sobre el cual hacer referencia, permitiendo evidenciar la necesidad de siempre contar con un instrumento normativo que sirva de guía y referencia para posibles productos y estudios.

## PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO PARA ECUADOR

Una vez revisada la información descrita y evidenciado la clara necesidad de establecer los rangos del espectro electromagnético a fin de evitar duplicación de esfuerzos y recursos humanos, técnicos y económicos a la hora de adquirir y gestionar información del espectro, se ha generado una propuesta de clasificación del espectro electromagnético para Ecuador, que permita universalizar los criterios, lenguaje, información y comparar resultados con precisión al momento de trabajar con dicho recurso.

Para tales fines se ha consolidado lo expuesto en las Normas ISO, 21348, 20473 y se ha acogido las recomendaciones de la Asamblea de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones adoptada y adaptada por el Ecuador mediante la Ley Orgánica de Telecomunicaciones y el Plan Nacional de Telecomunicaciones, conforme se muestra en la Tabla 9, priorizando la utilización de los rangos en función del objetivo para el cual fue creada cada norma o recomendación.

Tabla 9. Propuesta de declaración del espectro electromagnético para Ecuador

Designación de la radiación	Designación corta	Longitud de onda	Frecuencia	Ref.
<b>Rayos Gamma</b>		$10 \text{ fm} \leq \lambda < 1 \text{ pm}$		
<b>Rayos X</b>	Hard X rays	$1 \text{ pm} \leq \lambda < 0,10 \text{ nm}$		
<b>Radiación ultravioleta</b>	Soft X rayx	$0,10 \text{ nm} \leq \lambda < 10 \text{ nm}$		a
	Extreme UV	EUV	10 nm – 100nm	$3 \cdot 10^5$ a 3000 THz
	Vacuum UV	VUV	100 nm – 190nm	3000 – 1580 THz
	Deep UV	DUV	190 nm - 280nm	1580 – 1070 THz
	Mid UV	UV-B	280 – 315nm	1070 – 950 THz
	Near UV	UV-A <sup>b</sup>	315 – 380nm	950 – 790 THz
<b>Visible</b>	Óptico	$360-380\text{nm} \leq \lambda < 760-780\text{nm}$		a, b
	Púrpura	$360 \text{ nm} \leq \lambda < 450 \text{ nm}$		
	Azul	$450 \text{ nm} \leq \lambda < 500 \text{ nm}$		
	Verde	$500 \text{ nm} \leq \lambda < 570 \text{ nm}$		a
	Amarillo	$570 \text{ nm} \leq \lambda < 591 \text{ nm}$		a, b
	Naranja	$591 \text{ nm} \leq \lambda < 610 \text{ nm}$		
<b>Infrarrojo</b>	Rojo	$610 \text{ nm} \leq \lambda < 760 - 780 \text{ nm}$		
	Near IR	IR-A	780 nm – 1400nm	385 – 215 THz
		IR-B	1400 nm – 3000nm	215 – 100 THz
	Mid IR	MIR	3000 nm – 50000nm	100 – 6 THz
	Far IR	FIR	50000nm - 1000000nm	6 – 0.3 THz

<b>Microondas</b>			$1,00\text{mm} \leq \lambda < 15,00\text{mm}$		
	W	$3,00\text{mm} \leq \lambda < 5,35\text{mm}$		$100 \geq \nu > 56,0 \text{ GHz}$	
	V	$5,35\text{mm} \leq \lambda < 6,52\text{mm}$		$56,0 \geq \nu > 46,0 \text{ GHz}$	
	Q	$6,52\text{mm} \leq \lambda < 8,33\text{mm}$		$46,0 \geq \nu > 36,0 \text{ GHz}$	
	K	$8,33\text{mm} \leq \lambda < 27,5\text{mm}$		$36,00 \geq \nu > 10,90 \text{ GHz}$	
	X	$27,50\text{mm} \leq \lambda < 57,70 \text{ mm}$		$10,90 \geq \nu > 5,20 \text{ GHz}$	a
	C	$48,40 \text{ mm} \leq \lambda < 76,90 \text{ mm}$		$6,20 \geq \nu > 3,90 \text{ GHz}$	
	S	$57,70 \text{ mm} \leq \lambda < 193,00 \text{ mm}$		$5,20 \geq \nu > 1,55 \text{ GHz}$	
	L	$193,00 \text{ mm} \leq \lambda < 769,00 \text{ mm}$		$1,550 \geq \nu > 0,390 \text{ GHz}$	
	P	$769,00 \text{ mm} \leq \lambda < 1,33\text{m}$		$0,390 \geq \nu > 0,225 \text{ GHz}$	
<b>Radio</b>		<b>EHF</b>	$1,00\text{mm} \leq \lambda < 10,00\text{mm}$		Fre- cuen- cia extrema- damente alta 300 $\geq \nu > 30$ GHz
	SHF	$10,00\text{mm} \leq \lambda < 100,00 \text{ mm}$		Frecuencia súper alta $30 \geq \nu > 3 \text{ GHz}$	
	UHF	$100,00\text{mm} \leq \lambda < 1,00\text{m}$		Frecuencia ultra alta $3000 \geq \nu > 300 \text{ MHz}$	a, c
	VHF	$1,00\text{m} \leq \lambda < 10,00\text{m}$		Frecuencia muy alta $300 \geq \nu > 30 \text{ MHz}$	
	HF	$10,00\text{m} \leq \lambda < 100,00\text{m}$		Frecuencia alta $30 \geq \nu > 3 \text{ MHz}$	
	MF			300 - 3000 kHz	
	LF	$\lambda < 100,00 \text{ m}$		30 - 300 kHz	
	VLF			3 - 30 kHz	

La estructuración de la Tabla 9 está generada de la siguiente manera: Norma ISO 20473 (a) para Ultravioleta, Infrarrojo y los rangos internos del Visible, Norma ISO 21348 (b) para Rayos X, Gamma, Microondas, Norma ISO 21348 y 20473 para los límites de inicio y fin del Visible y, Norma ISO 21348 y Plan Nacional de Telecomunicaciones (c) para Radio.

En base a esta propuesta se plantea estandarizar principalmente el lenguaje técnico utilizado a la hora de generar productos, adquirir equipos o centrar esfuerzos y recursos técnicos y humanos que hagan uso del espectro, de manera tal que se efectivicen los esfuerzos

realizados en cuanto a la gestión y uso de este recurso y se incentive la distribución y correcta asignación de funciones a fin de evitar la sobreposición de competencias y desarrollos aislados en las instituciones del estado, así también como que se genere una línea base que permita a los usuarios en general, manejar información basada en estándares internacionales e incorpore un valor agregado a los posibles productos o desarrollos que se presenten.

Se destaca también la necesidad a nivel país y especialmente a nivel de Defensa y de Seguridad Nacional de contar con una caracterización del espacio electromagnético como la presente propuesta, que permita a los involucrados y tomadores de decisiones gestionar y proponer soluciones que ayuden a disminuir los riesgos de un ataque electrónico (EW - Electronic Warfare o Guerra Electrónica), que engloba cualquier acción militar que involucre el espectro electromagnético para controlar su uso, bajo la consideración de que el ciberespacio (es un ámbito caracterizado por el uso de la electrónica y el espectro electromagnético para almacenar, modificar e intercambiar datos a través de los sistemas en red y la infraestructura física asociada), es llamado el quinto dominio de la guerra (Clarke & Knake, 2011), y la ciberseguridad afecta al bienestar digital de la sociedad, de las organizaciones y de los países y, en particular, afecta a distintas dimensiones: política, social, económica, legal, justicia y policial, técnica y de gestión (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2008).

La seguridad del ciberespacio es un objetivo estratégico de la seguridad nacional (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2008).

## REFERENCIAS:

- Aggarwal, S. (2004). Principles of remote sensing. *Satellite remote sensing and GIS applications in agricultural meteorology* (pág. 23). Switzerland: World Meteorological Organisation.
- Canada Centre for Remote Sensing. (17 de Agosto de 2016). *Fundamentals of Remote Sensing*. Recuperado el 27 de Octubre de 2016, de <http://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/satellite-imagery-air-photos/satellite-imagery-products/educational-resources/9309>
- Chuvieco, E. (2010). *Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio*. Barcelona: Ariel.
- Clarke, R. A., & Knake, R. K. (2011). *Guerra en la red. Los nuevos campos de batalla*. Barcelona: Ariel.
- Consejo Nacional de Telecomunicaciones. (2012). *Plan Nacional de Frecuencias*. Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de [http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan\\_nacional\\_frecuencias\\_2012.pdf](http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/plan_nacional_frecuencias_2012.pdf)
- Estrella, C. (17 de Junio de 2015). PROPUESTA DE FORMULACIÓN PARA LA ESTRUCTURA ESPACIAL DEL ECUADOR, Y LA APLICACIÓN DE LA MISMA, A LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA DE COMUNICACIÓN VIAL, USANDO TECNOLOGÍA GEOESPACIAL. Córdoba, Argentina.
- Fontal, B., Suárez, T., Reyes, M., Bellandi, F., Contreras, R., & Romero, I. (2005). *El Espectro Electromagnético y sus Aplicaciones*. Mérida: Escuela Venezolana para la Enseñanza de la Química.

- I.E.S. Al-Ándalus de Arahal. (Septiembre de 2016). *La luz y las ondas electromagnéticas*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2016, de [http://www.iesalandalus.com/joomla3/images/stories/FisicayQuimica/Fis2B/t6\\_optica.pdf](http://www.iesalandalus.com/joomla3/images/stories/FisicayQuimica/Fis2B/t6_optica.pdf)
- Instituto Antártico Ecuatoriano. (21 de Septiembre de 2017). *Instituto Antártico Ecuatoriano - Misión - Visión - Objetivos*. Recuperado el 08 de Diciembre de 2016, de <http://www.inae.gob.ec/index.php/mision/>
- Instituto Espacial Ecuatoriano. (21 de Septiembre de 2017). *Instituto Espacial Ecuatoriano - Valores/Misión/Visión*. Recuperado el 08 de Diciembre de 2016, de <http://www.institutoespacial.gob.ec/valores/>
- Instituto Geográfico Militar. (14 de Noviembre de 2016). *NOTIGM*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2016, de Instituto Geográfico Militar: [http://www.noti.igm.gov.ec/notigm/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=10&Itemid=19](http://www.noti.igm.gov.ec/notigm/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=10&Itemid=19)
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (24 de Abril de 2010). *Legislación consolidada*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2016, de <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2010-6485>
- Instituto Oceanográfico de la Armada. (21 de Septiembre de 2017). *Instituto Oceanográfico de la Armada - Misión y funciones*. Recuperado el 08 de Diciembre de 2016, de <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/institucion/mision-y-funciones>
- International Commission on Illumination. (12 de Septiembre de 2017). *CIE - International Commission on Illumination*. Recuperado el 12 de Septiembre de 2017, de <http://www.cie.co.at/index.php/LEFTMENU/About+us/General+Information>
- International Electrotechnical Commission. (12 de Noviembre de 2016). *IEC - About the IEC*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2016, de <http://www.iec.ch/about/?ref=menu>
- International Organization for Standardization. (15 de Abril de 2007). *ISO 20473:2007(en) Optics and photonics - Spectral bands*. Recuperado el 28 de Octubre de 2016, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:20473:ed-1:v1:en>
- International Organization for Standardization. (01 de Mayo de 2007). *ISO 21348:2007(en) Space environment (natural and artificial) - Process for determining solar irradiances*. Recuperado el 28 de Octubre de 2016, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:21348:ed-1:v1:en>
- Liew, S. (2001). *Electromagnetic Radiation - Centre for Remote Imaging, Sensing and Processing*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2016, de <http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/em.htm>
- National Aeronautics and Space Administration. (11 de Marzo de 2011). *Earth Observatory*. Recuperado el 11 de Octubre de 2016, de [http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/remote\\_03.php](http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RemoteSensing/remote_03.php)
- National Aeronautics and Space Administration. (05 de Noviembre de 2013). *Regions of the Electromagnetic Spectrum*. Recuperado el 7 de Noviembre de 2016, de [https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/spectrum\\_chart.html](https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/spectrum_chart.html)
- National Aeronautics and Space Administration. (14 de Noviembre de 2014). *The Electromagnetic Spectrum*. Recuperado el 18 de Octubre de 2016, de <https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html>
- Ordóñez, J. L. (2012). Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico. *Manual formativo de ACTA*, 17-31.
- Organización Mundial de la Salud. (2002). *Índice UV solar mundial - World Health Organization*. Recuperado el 9 de Noviembre de 2016, de <http://www.who.int/uv/publications/en/uvispa.pdf>

- Registro Oficial del Ecuador. (18 de Febrero de 2015). Tercer Suplemento -- Registro Oficial N° 439 -- Miércoles 18 de febrero de 2015 -- 3. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Rodríguez García, J., & Virgós, J. (1999). *Fundamentos de óptica ondulatoria*. Oviedo: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo.
- Sirlin, E. (2006). *La Luz en el teatro, manual de iluminación*. Buenos Aires: Atuel.
- Sobrino, J. A.-G. (2000). *Teledetección*. Valencia: Servicio de Publicaciones, Universidad de Valencia.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (01 de Enero de 1999). *RECOMENDACIÓN UIT-R V.431-6*. Recuperado el 08 de Diciembre de 2016, de NOMENCLATURA DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS Y DE LAS LONGITUDES DE ONDA EMPLEADAS EN TELECOMUNICACIONES: [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/v/R-REC-V.431-6-199304-S!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/v/R-REC-V.431-6-199304-S!!PDF-S.pdf)
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (Abril de 2008). *SERIE X: REDES DE DATOS, COMUNICACIONES DE SISTEMAS ABIERTOS Y SEGURIDAD, Seguridad en el ciberespacio - Ciberseguridad, Aspectos generales de la ciberseguridad. Recomendación UIT-T X.1205*. Recuperado el 21 de Marzo de 2016, de <https://www.itu.int/rec/T-REC-X.1205-200804-I/es>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (26 de Junio de 2009). *Módulo 5. Gestión del espectro radioeléctrico*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2016, de [www.ictregulationtoolkit.org/action/document/download?document\\_id=3782](http://www.ictregulationtoolkit.org/action/document/download?document_id=3782)
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (Julio de 2013). *Sobre la UIT*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2016, de <http://www.itu.int/es/about/Pages/default.aspx>
- Varón, F. G. (2012). *Modelamiento estructural de la zona límite entre la microplaca de Panamá y el bloque norandino a partir de la interpretación de imágenes de radar, cartografía geológica, anomalías de campos potenciales y líneas sísmicas. Capítulo 3. Interpretación de imág.* Recuperado el 10 de Noviembre de 2016, de [http://www.bdigital.unal.edu.co/8848/2/194358.2012.Parte\\_2.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/8848/2/194358.2012.Parte_2.pdf)