

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Recomendación UIT-R RA.1860
(01/2010)

**Bandas de frecuencia preferidas para
las mediciones de radioastronomía
en la gama 1-3 THz**

Serie RA
Radio astronomía



Unión
Internacional de
Telecomunicaciones

Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión sonora
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radio astronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro
SNG	Periodismo electrónico por satélite
TF	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
V	Vocabulario y cuestiones afines

Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2010

© UIT 2010

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

RECOMENDACIÓN UIT-R RA.1860

**Bandas de frecuencia preferidas para las mediciones
de radioastronomía en la gama 1-3 THz**

(Cuestión UIT-R 145/7)

(2010)

Cometido

Esta Recomendación describe las observaciones de radioastronomía de raya espectral y del continuum llevadas a cabo en la gama de frecuencias comprendidas entre 1 000 y 3 000 GHz y recomienda que las administraciones proporcionen asistencia en la coordinación de las observaciones radioastronómicas en esta gama de frecuencias.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que los radioastrónomos estudian las emisiones radioeléctricas procedentes de fuentes cósmicas a frecuencias cada vez más elevadas;
- b) que las frecuencias de observación vienen determinadas a menudo por las frecuencias de la raya espectral de los átomos y moléculas que existen en los entornos astrofísicos y que tales frecuencias vienen fijadas por la naturaleza;
- c) que la posibilidad de realizar observaciones desde la superficie de la Tierra depende de las «ventanas» en las que la atmósfera es suficientemente transparente;
- d) que el desarrollo de la radioastronomía en las frecuencias de THz está provocando avances tecnológicos, especialmente en las técnicas de recepción, y promete arrojar resultados importantes;
- e) que las bandas de frecuencias importantes para el servicio de radioastronomía por debajo de 1 000 GHz se consideran en la Recomendación UIT-R RA.314;
- f) que la utilización en radioastronomía de frecuencias comprendidas entre 10 THz y 1 000 THz se aborda en la Recomendación UIT-R RA.1630;
- g) que cada vez hay más interés en la utilización de la gama 1 000-3 000 GHz por el servicio de radioastronomía;
- h) que la Unión Astronómica Internacional (UAI) mantiene y actualiza regularmente la lista de rayas espectrales de máxima importancia para la radioastronomía en frecuencias de hasta 3 000 GHz;
- j) que debe tenerse en cuenta el desplazamiento de las frecuencias de las rayas por efecto Doppler, debido al movimiento relativo de las fuentes y el observador;
- k) que los radioastrónomos también tienen necesidad de realizar observaciones del continuum en frecuencias por encima de 1 000 GHz y que las bandas utilizadas para dichas observaciones desde Tierra vienen determinadas por las ventanas atmosféricas donde se produce la menor atenuación;
- l) que la utilización de radiotelescopios situados en plataformas espaciales que funcionan en el servicio de investigación espacial (pasivo), proporciona acceso a todo el espectro radioeléctrico, incluidas las partes del espectro no accesibles desde la Tierra debido a los fenómenos de absorción en la atmósfera;

m) que se concede protección al servicio de radioastronomía en las bandas por debajo de 275 GHz en virtud del cuadro de atribución de bandas de frecuencias y en las bandas comprendidas entre 275 y 1 000 GHz en virtud del número 5.565 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR),

recomienda

1 que las administraciones proporcionen asistencia en la coordinación de las observaciones de radioastronomía en las bandas comprendidas entre 1 000 GHz y 3 000 GHz, especialmente las indicadas en el Cuadro 1 (observaciones desde el espacio) y el Cuadro 3 (observaciones desde tierra).

Anexo 1

1 Rayas espectrales de interés en astronomía

El Cuadro 1 enumera las frecuencias desplazadas por efectos ajenos al efecto Doppler («en reposo») de las rayas espectrales emitidas por una variedad de moléculas de interés astrofísico. A partir de la frecuencia en reposo se proporciona una gama de frecuencias aproximada en las cuales pueden observarse las rayas, basándose en los desplazamientos por efecto Doppler típicos observados debido al movimiento radial de la fuente cósmica que se acerca al observador o se aleja del mismo. En el cuadro, se ha supuesto una gama de desplazamiento por efecto Doppler de ± 300 km/s. Las gamas indicadas en el Cuadro 1 son las mínimas bandas sugeridas.

Cabe señalar que debido a la gran sensibilidad de las observaciones radioastronómicas se han observado muchas rayas espectrales procedentes de objetos extragalácticos, hasta $z \sim 6$ o superior (en este caso, z prefiere al «desplazamiento hacia el rojo» definido por $z = (\lambda_{obs} - \lambda_0)/\lambda_0$, siendo λ_{obs} la longitud de onda observada y λ_0 la longitud de onda desplazada por un efecto distinto al efecto Doppler). Por consiguiente, deben tenerse presente las observaciones de las rayas espectrales de un fuerte desplazamiento hacia el rojo.

La fuente de datos para elaborar el Cuadro 1, que fue aprobado por la Asamblea General de la Unión Astronómica Internacional (UAI) en 2009, procede de estudios de observación de emisiones de rayas espectrales submilimétricas hacia dos regiones de gran densidad en moléculas de la Vía Láctea^{1,2}; de la base de datos espectroscópica molecular del JPL³; y de un catálogo que figura en la web de rayas espectrales moleculares (Base de datos Colonia de Espectroscopia Molecular) mantenido por la Universidad de Colonia, Alemania⁴.

2 Absorción atmosférica

A las longitudes de onda milimétricas y submilimétricas, un factor importante para las observaciones realizadas desde tierra es la medida en que la atmósfera atenúa las señales radioeléctricas. La atenuación de las señales en la gama de frecuencias 1 000-3 000 GHz se debe

¹ POLEHAMPTON, E. T. y otros [2007], The ISO LWS high-resolution spectral survey towards Sagittarius B2*. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (MNRAS)*, Vol. 377, p. 1122.

² LERATE, M. R. y otros [2006], A far-infrared molecular and atomic line survey of the Orion KL region. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (MNRAS)*, Vol. 370, p. 597.

³ <http://spec.jpl.nasa.gov/>.

⁴ <http://www.astro.uni-koeln.de/cdms/>.

principalmente a la absorción por vapor de agua y, en menor medida, por el oxígeno, el nitrógeno y el ozono.

En las observaciones desde la tierra, la atenuación atmosférica reduce el nivel de señal observado de la emisión procedente de fuentes cósmicas y añade ruido térmico a la señal recibida. Por esta razón, las estaciones de radioastronomía en ondas milimétricas y submilimétricas están situadas en emplazamientos elevados y secos. A pesar de la optimización del emplazamiento de observación, el nivel de atenuación es tan elevado en algunas partes de la gama 1 000-3 000 GHz que, con excepción de unas pocas «ventanas», muchas observaciones en esta región espectral sólo pueden realizarse desde el espacio. El Cuadro 1 indica las rayas espectrales que sólo podrían observarse desde el espacio debido a la elevada atenuación atmosférica en la mínima banda de frecuencia sugerida.

La Fig. 1 es el ejemplo de la transmitancia en un trayecto vertical a través de la atmósfera (es decir, mirando directamente a lo largo de la línea de visibilidad más corta a través de la atmósfera), en la gama de frecuencias 1 000-3 000 GHz y en un emplazamiento de observación astronómica adecuado. Los datos se obtuvieron utilizando el modelo atmosféricos *am*⁵, suponiendo los siguientes parámetros⁶:

- Emplazamiento: Cerro Sairecabur, aproximadamente a 35 km al nor-noroeste de la ubicación del observatorio Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) en Chajnantor, Chile.
- Elevación: 5 525 m.
- Presión atmosférica en el suelo: 532 mbar.
- Temperatura del suelo: 285° K.
- Perfil de presión/temperatura atmosférica: basado en datos obtenidos en 187 vuelos de radiosonda realizados sobre la zona en el periodo 1998-2002. El perfil del ozono se basó en los vuelos realizados por la sonda de ozono de la NASA sobre las Islas Galápagos, Ecuador, durante ese mismo periodo.
- Contenido total de vapor de agua precipitable (PWV): 0,25 mm. Basándose en campañas de mediciones exhaustivas, se determinó que este emplazamiento tenía un PWV igual o inferior a este valor aproximadamente el 25% del tiempo.

La curva de transmitancia calculada concuerda bastante bien con las temperaturas de brillo atmosférico observadas obtenidas con las mediciones del espectrómetro de transformada de Fourier (FTS) en el emplazamiento.

El Cuadro 2 enumera las gamas de frecuencias en las cuales la transmitancia atmosférica de la Fig. 2 se rebasa el 20%, el 10%, el 5% y el 1% (la Fig. 2 es una representación gráfica de los datos que aparecen en el Cuadro 2). Las transmitancias más bajas disminuirán la intensidad de la señal recibida de fuentes cósmicas debido a la absorción atmosférica y aumentarán la temperatura de ruido del sistema de radioastronomía a causa de la emisión térmica procedente de la atmósfera. En consecuencia, para las mediciones radioastronómicas basadas en tierra es conveniente emplear las transmitancias más elevadas, aunque pueden realizarse observaciones basadas en tierra de emisiones cósmicas relativamente intensas con transmitancias tan bajas como el 5% e incluso menores.

⁵ Véase <http://www.cfa.harvard.edu/~spaine/am/> (junio de 2008).

⁶ Específicamente, los cálculos utilizados en el perfil Sairecabur del Ejemplo 4 de: PAINE, S. [2004], The *am* Atmospheric Model. Submillimeter Array Technical Memo #152 (Revisión 3). Disponible en http://sma-www.harvard.edu/private/memos/tech_no.html (junio de 2008).

CUADRO 1

Gamas espectrales más importantes desde el punto de vista astrofísico en la gama de frecuencias entre 1 000 y 3 000 GHz

Espece	Frecuencia de reposo (GHz)	Mínima frecuencia sugerida (GHz)	Máxima frecuencia sugerida (GHz)	Observaciones	Mínima frecuencia consolidada (GHz)	Máxima frecuencia consolidada (GHz)
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 003,278	1 002,274	1 004,281	G	1 002,274	1 004,281
Agua pesada (HDO)	1 009,945	1 008,935	1 010,955	G	1 008,935	1 010,955
Azanilidenio (NH ⁺)	1 012,524	1 011,511	1 013,537	G	1 011,511	1 013,537
Monosulfuro de carbono (CS)	1 027,314	1 026,287	1 028,341	G	1 026,287	1 028,341
Radical hidroxilo (OH ⁺)	1 033,119	1 032,085	1 034,152	G	1 032,085	1 034,152
Monóxido de carbono (CO)	1 036,912	1 035,875	1 037,949	G	1 035,875	1 037,949
Ácido cianídrico (HCN)	1 062,983	1 061,920	1 064,046		1 061,920	1 064,046
Formilio (HCO ⁺)	1 069,694	1 068,624	1 070,764		1 068,624	1 070,764
Monosulfuro de carbono (CS)	1 076,078	1 075,002	1 077,154		1 075,002	1 077,154
Sulfhidrilo (SH ⁺)	1 082,909	1 081,826	1 083,993		1 081,826	1 083,993
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 095,627	1 094,532	1 096,723		1 094,532	1 098,462
Monóxido de carbono (C ¹⁸ O)	1 097,163	1 096,066	1 098,260			
Vapor de agua (H ₂ O)	1 097,365	1 096,267	1 098,462			
Monóxido de carbono (¹³ CO)	1 101,350	1 100,248	1 102,451		1 100,248	1 102,800
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 101,698	1 100,597	1 102,800			
Vapor de agua (H ₂ O)	1 113,343	1 112,230	1 114,456		1 112,230	1 116,175
Vapor de agua (H ₂ O ⁺)	1 115,059	1 113,943	1 116,175			
Monosulfuro de carbono (CS)	1 124,820	1 123,696	1 125,945		1 123,696	1 125,945
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 136,704	1 135,567	1 137,840		1 135,567	1 137,840

CUADRO 1 (Continuación)

Espece	Frecuencia de reposo (GHz)	Mínima frecuencia sugerida (GHz)	Máxima frecuencia sugerida (GHz)	Observaciones	Mínima frecuencia consolidada (GHz)	Máxima frecuencia consolidada (GHz)
Ácido cianídrico (HCN)	1 151,452	1 150,301	1 152,603		1 150,301	1 154,280
Monóxido de carbono (CO)	1 151,985	1 150,833	1 153,137			
Vapor de agua (H ₂ O)	1 153,127	1 151,974	1 154,280			
Vapor de agua (H ₂ O)	1 158,324	1 157,165	1 159,482		1 157,165	1 159,886
Formilio (HCO ⁺)	1 158,727	1 157,568	1 159,886			
Agua pesada (HDO)	1 161,953	1 160,791	1 163,115		1 160,791	1 165,935
Vapor de agua (H ₂ O)	1 162,912	1 161,749	1 164,075			
Agua pesada (HDO)	1 164,770	1 163,605	1 165,935			
Amoníaco (NH ₃)	1 168,452	1 167,283	1 169,620		1 167,283	1 169,620
Monosulfuro de carbono (CS)	1 173,539	1 172,366	1 174,713		1 172,366	1 174,713
Agua pesada (HDO)	1 180,324	1 179,143	1 181,504		1 179,143	1 182,575
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 181,394	1 180,213	1 182,575			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 188,863	1 187,674	1 190,052		1 187,674	1 190,052
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 199,006	1 197,807	1 200,205		1 197,807	1 200,205
Monóxido de carbono (C ¹⁸ O)	1 206,725	1 205,519	1 207,932		1 205,519	1 208,846
Vapor de agua (H ₂ O)	1 207,639	1 206,431	1 208,846			
Monóxido de carbono (¹³ CO)	1 211,330	1 210,118	1 212,541		1 210,118	1 212,541
Amoníaco (NH ₃)	1 214,859	1 213,644	1 216,073		1 213,644	1 218,476
Amoníaco (NH ₃)	1 215,245	1 214,030	1 216,460			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 216,850	1 215,634	1 218,067			
Agua pesada (HDO)	1 217,258	1 216,041	1 218,476			
Monosulfuro de carbono (CS)	1 222,234	1 221,012	1 223,456		1 221,012	1 223,456

CUADRO 1 (Continuación)

Espece	Frecuencia de reposo (GHz)	Mínima frecuencia sugerida (GHz)	Máxima frecuencia sugerida (GHz)	Observaciones	Mínima frecuencia consolidada (GHz)	Máxima frecuencia consolidada (GHz)
Vapor de agua (H ₂ O)	1 228,789	1 227,560	1 230,018		1 227,560	1 231,633
Agua pesada (HDO)	1 230,403	1 229,173	1 231,633			
Ácido cianídrico (HCN)	1 239,895	1 238,655	1 241,134		1 238,655	1 241,134
Formilio (HCO ⁺)	1 247,735	1 246,487	1 248,982		1 246,487	1 248,982
Agua pesada (HDO)	1 259,072	1 257,813	1 260,331	G	1 257,813	1 262,731
Agua pesada (HDO)	1 261,469	1 260,208	1 262,731	G		
Monóxido de carbono (CO)	1 267,014	1 265,747	1 268,282	G	1 265,747	1 268,310
Agua pesada (HDO)	1 267,043	1 265,776	1 268,310	G		
Monosulfuro de carbono (CS)	1 270,903	1 269,632	1 272,174	G	1 269,632	1 272,174
Agua pesada (HDO)	1 277,676	1 276,398	1 278,954	G	1 276,398	1 278,954
Agua pesada (HDO)	1 291,642	1 290,351	1 292,934	G	1 290,351	1 294,666
Agua pesada (HDO)	1 293,372	1 292,079	1 294,666	G		
Agua pesada (HDO)	1 297,805	1 296,507	1 299,103	G	1 296,507	1 299,103
Monóxido de carbono (C ¹⁸ O)	1 316,244	1 314,928	1 317,560	G	1 314,928	1 317,560
Monosulfuro de carbono (CS)	1 319,545	1 318,226	1 320,865		1 318,226	1 323,387
Monóxido de carbono (¹³ CO)	1 321,266	1 319,944	1 322,587			
Vapor de agua (H ₂ O)	1 322,065	1 320,743	1 323,387			
Ácido cianídrico (HCN)	1 328,308	1 326,980	1 329,637	G	1 326,980	1 329,637
Formilio (HCO ⁺)	1 336,714	1 335,378	1 338,051	G	1 335,378	1 338,051
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 340,739	1 339,398	1 342,080	G	1 339,398	1 342,080
Agua pesada (HDO)	1 353,777	1 352,423	1 355,130	G	1 352,423	1 355,130
Monosulfuro de carbono (CS)	1 368,160	1 366,792	1 369,528	G	1 366,792	1 371,455
Trihidrógeno (H ₂ D ⁺)	1 370,085	1 368,715	1 371,455	G		

CUADRO 1 (Continuación)

Espece	Frecuencia de reposo (GHz)	Mínima frecuencia sugerida (GHz)	Máxima frecuencia sugerida (GHz)	Observaciones	Mínima frecuencia consolidada (GHz)	Máxima frecuencia consolidada (GHz)
Monóxido de carbono (CO)	1 381,995	1 380,613	1 383,377	G	1 380,613	1 383,377
Agua pesada (HDO)	1 385,216	1 383,831	1 386,601		1 383,831	1 386,601
Agua pesada (HDO)	1 392,919	1 391,526	1 394,312		1 391,526	1 394,312
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 402,966	1 401,563	1 404,369		1 401,563	1 404,369
Vapor de agua (H ₂ O)	1 410,618	1 409,207	1 412,029		1 409,207	1 412,029
Ácido cianídrico (HCN)	1 416,691	1 415,275	1 418,108		1 415,275	1 418,162
Monosulfuro de carbono (CS)	1 416,745	1 415,329	1 418,162			
Formilio (HCO ⁺)	1 425,664	1 424,238	1 427,090		1 424,238	1 427,141
Monóxido de carbono (C ¹⁸ O)	1 425,715	1 424,289	1 427,141			
Monóxido de carbono (¹³ CO)	1 431,153	1 429,722	1 432,584		1 429,722	1 434,310
Agua pesada (HDO)	1 432,877	1 431,444	1 434,310			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 438,649	1 437,210	1 440,087		1 437,210	1 442,222
Vapor de agua (H ₂ O)	1 440,782	1 439,341	1 442,222			
Agua pesada (HDO)	1 444,829	1 443,384	1 446,274	G	1 443,384	1 448,460
Sulfhidrilo (SH)	1 447,012	1 445,564	1 448,460	G		
Ion nitrógeno (N II)	1 461,130	1 459,669	1 462,591	G	1 459,669	1 462,591
Trihidrógeno (D ₂ H ⁺)	1 476,606	1 475,128	1 478,083	G	1 475,128	1 478,083
Agua pesada (HDO)	1 491,927	1 490,435	1 493,419	G	1 490,435	1 493,419
Monóxido de carbono (CO)	1 496,923	1 495,426	1 498,420	G	1 495,426	1 498,420
Agua pesada (HDO)	1 500,990	1 499,489	1 502,491	G	1 499,489	1 502,491
Ácido cianídrico (HCN)	1 505,042	1 503,537	1 506,547	G	1 503,537	1 508,768
Agua pesada (HDO)	1 507,261	1 505,754	1 508,768	G		

CUADRO 1 (Continuación)

Espece	Frecuencia de reposo (GHz)	Mínima frecuencia sugerida (GHz)	Máxima frecuencia sugerida (GHz)	Observaciones	Mínima frecuencia consolidada (GHz)	Máxima frecuencia consolidada (GHz)
Formilio (HCO ⁺)	1 514,582	1 513,067	1 516,096	G	1 513,067	1 516,096
Agua pesada (HDO)	1 522,926	1 521,403	1 524,449	G	1 521,403	1 524,449
Monóxido de carbono (C ¹⁸ O)	1 535,134	1 533,599	1 536,669	G	1 533,599	1 536,669
Monóxido de carbono (¹³ CO)	1 540,989	1 539,448	1 542,530		1 539,448	1 543,509
Vapor de agua (H ₂ O)	1 541,967	1 540,425	1 543,509			
Agua pesada (HDO)	1 577,178	1 575,600	1 578,755		1 575,600	1 578,755
Ácido cianídrico (HCN)	1 593,357	1 591,764	1 594,951		1 591,764	1 594,951
Vapor de agua (H ₂ O)	1 602,219	1 600,617	1 603,821		1 600,617	1 607,568
Formilio (HCO ⁺)	1 603,466	1 601,862	1 605,069			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 605,962	1 604,356	1 607,568			
Monóxido de carbono (CO)	1 611,794	1 610,182	1 613,405		1 610,182	1 617,242
Agua pesada (HDO)	1 614,294	1 612,679	1 615,908			
Agua pesada (HDO)	1 615,626	1 614,010	1 617,242			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 620,852	1 619,231	1 622,472		1 619,231	1 622,472
Agua pesada (HDO)	1 625,408	1 623,783	1 627,033		1 623,783	1 627,033
Sulfhidrilo (SH ⁺)	1 632,518	1 630,884	1 634,151		1 630,884	1 636,274
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 633,484	1 631,850	1 635,117			
Agua pesada (HDO)	1 634,639	1 633,005	1 636,274			
Monóxido de carbono (C ¹⁸ O)	1 644,497	1 642,852	1 646,141		1 642,852	1 646,141
Agua pesada (HDO)	1 648,801	1 647,153	1 650,450		1 647,153	1 652,418
Monóxido de carbono (¹³ CO)	1 650,768	1 649,117	1 652,418			

CUADRO 1 (Continuación)

Especie	Frecuencia de reposo (GHz)	Mínima frecuencia sugerida (GHz)	Máxima frecuencia sugerida (GHz)	Observaciones	Mínima frecuencia consolidada (GHz)	Máxima frecuencia consolidada (GHz)
Oxonio (H_3O^+)	1 655,813	1 654,158	1 657,469		1 654,158	1 657,858
Vapor de agua (H_2^{18}O)	1 655,868	1 654,212	1 657,523			
Vapor de agua (H_2^{18}O)	1 656,202	1 654,546	1 657,858			
Vapor de agua (H_2O)	1 661,008	1 659,347	1 662,669		1 659,347	1 665,247
Oxonio (H_3O^+)	1 663,584	1 661,920	1 665,247			
Methylidinio (CH^+)	1 669,170	1 667,499	1 670,840		1 667,499	1 673,021
Vapor de agua (H_2O)	1 669,905	1 668,235	1 671,575			
Vapor de agua (H_2^{18}O)	1 671,350	1 669,679	1 673,021			
Agua pesada (HDO)	1 678,578	1 676,899	1 680,256		1 676,899	1 686,290
Ácido cianídrico (HCN)	1 681,636	1 679,955	1 683,318			
Agua pesada (HDO)	1 684,606	1 682,921	1 686,290			
Formilio (HCO^+)	1 692,313	1 690,621	1 694,006		1 690,621	1 694,006
Vapor de agua (H_2O)	1 713,883	1 712,169	1 715,597		1 712,169	1 721,701
Vapor de agua (H_2O)	1 716,770	1 715,053	1 718,486			
Vapor de agua (H_2O)	1 716,957	1 715,240	1 718,674			
Vapor de agua (H_2^{18}O)	1 719,250	1 717,531	1 720,969			
Vapor de agua (H_2^{18}O)	1 719,981	1 718,261	1 721,701			
Monóxido de carbono (CO)	1 726,603	1 724,876	1 728,329		1 724,876	1 728,329
Monóxido de carbono (C^{18}O)	1 753,800	1 752,046	1 755,554		1 752,046	1 755,554

CUADRO 1 (Continuación)

Espece	Frecuencia de reposo (GHz)	Mínima frecuencia sugerida (GHz)	Máxima frecuencia sugerida (GHz)	Observaciones	Mínima frecuencia consolidada (GHz)	Máxima frecuencia consolidada (GHz)
Agua pesada (HDO)	1 759,978	1 758,218	1 761,738		1 758,218	1 765,585
Monóxido de carbono (¹³ CO)	1 760,486	1 758,726	1 762,247			
Vapor de agua (H ₂ O)	1 762,043	1 760,281	1 763,805			
Amoníaco (NH ₃)	1 763,525	1 761,762	1 765,289			
Agua pesada (HDO)	1 763,558	1 761,795	1 765,322			
Amoníaco (NH ₃)	1 763,602	1 761,838	1 765,365			
Amoníaco (NH ₃)	1 763,821	1 762,058	1 765,585			
Ácido cianídrico (HCN)	1 769,877	1 768,107	1 771,647		1 768,107	1 771,647
Formilio (HCO ⁺)	1 781,123	1 779,342	1 782,904		1 779,342	1 782,904
Vapor de agua (H ₂ O)	1 794,789	1 792,994	1 796,584		1 792,994	1 796,584
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 800,475	1 798,674	1 802,275		1 798,674	1 802,275
Amoníaco (NH ₃)	1 808,936	1 807,127	1 810,744		1 807,127	1 812,188
Amoníaco (NH ₃)	1 810,378	1 808,567	1 812,188			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 815,853	1 814,038	1 817,669		1 814,038	1 820,348
Agua pesada (HDO)	1 818,530	1 816,711	1 820,348			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 824,554	1 822,729	1 826,378		1 822,729	1 826,378
Radical Hidroxilio (OH)	1 834,745	1 832,911	1 836,580		1 832,911	1 843,187
Radical Hidroxilio (OH)	1 837,741	1 835,903	1 839,578			
Radical Hidroxilio (OH)	1 837,812	1 835,974	1 839,649			
Monóxido de carbono (CO)	1 841,346	1 839,504	1 843,187			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 846,872	1 845,025	1 848,719		1 845,025	1 850,154
Agua pesada (HDO)	1 848,306	1 846,458	1 850,154			

CUADRO 1 (Continuación)

Especie	Frecuencia de reposo (GHz)	Mínima frecuencia sugerida (GHz)	Máxima frecuencia sugerida (GHz)	Observaciones	Mínima frecuencia consolidada (GHz)	Máxima frecuencia consolidada (GHz)
Agua pesada (HDO)	1 853,873	1 852,019	1 855,727		1 852,019	1 855,727
Ácido cianídrico (HCN)	1 858,077	1 856,219	1 859,935		1 856,219	1 859,935
Monóxido de carbono (C ¹⁸ O)	1 863,039	1 861,176	1 864,902		1 861,176	1 864,902
Vapor de agua (H ₂ O)	1 867,749	1 865,881	1 869,616		1 865,881	1 874,481
Vapor de agua (H ₂ O)	1 867,819	1 865,951	1 869,687			
Formilio (HCO ⁺)	1 869,893	1 868,023	1 871,763			
Monóxido de carbono (¹³ CO)	1 870,141	1 868,271	1 872,011			
Agua pesada (HDO)	1 872,609	1 870,736	1 874,481			
Agua pesada (HDO)	1 877,487	1 875,609	1 879,364		1 875,609	1 883,172
Vapor de agua (H ₂ O)	1 880,753	1 878,872	1 882,634			
Agua pesada (HDO)	1 881,291	1 879,410	1 883,172			
Agua pesada (HDO)	1 890,757	1 888,866	1 892,647		1 888,866	1 896,218
Vapor de agua (H ₂ O)	1 893,687	1 891,793	1 895,580			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 894,324	1 892,429	1 896,218			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 899,604	1 897,705	1 901,504		1 897,705	1 902,438
Ión carbón (C II)	1 900,537	1 898,637	1 902,438			
Agua pesada (HDO)	1 909,602	1 907,693	1 911,512		1 907,693	1 911,512
Vapor de agua (H ₂ O)	1 918,475	1 916,557	1 920,394		1 916,557	1 922,353
Vapor de agua (H ₂ O)	1 918,485	1 916,567	1 920,404			
Vapor de agua (H ₂ O)	1 919,360	1 917,440	1 921,279			
Vapor de agua (H ₂ O)	1 919,360	1 917,440	1 921,279			
Agua pesada (HDO)	1 920,433	1 918,513	1 922,353			

CUADRO 1 (Continuación)

Espece	Frecuencia de reposo (GHz)	Mínima frecuencia sugerida (GHz)	Máxima frecuencia sugerida (GHz)	Observaciones	Mínima frecuencia consolidada (GHz)	Máxima frecuencia consolidada (GHz)
Agua pesada (HDO)	1 929,255	1 927,326	1 931,184		1 927,326	1 932,259
Agua pesada (HDO)	1 930,329	1 928,398	1 932,259			
Agua pesada (HDO)	1 941,797	1 939,855	1 943,739		1 939,855	1 943,739
Ácido cianídrico (HCN)	1 946,235	1 944,288	1 948,181		1 944,288	1 948,181
Agua pesada (HDO)	1 950,155	1 948,204	1 952,105		1 948,204	1 952,159
Agua pesada (HDO)	1 950,209	1 948,259	1 952,159			
Azanilidenio (NH)	1 955,027	1 953,072	1 956,982		1 953,072	1 960,579
Monóxido de carbono (CO)	1 956,018	1 954,062	1 957,974			
Azanilidenio (NH)	1 958,198	1 956,240	1 960,156			
Formilio (HCO ⁺)	1 958,621	1 956,662	1 960,579			
Agua pesada (HDO)	1 965,554	1 963,588	1 967,519		1 963,588	1 967,519
Monóxido de carbono (C ¹⁸ O)	1 972,211	1 970,239	1 974,183		1 970,239	1 987,905
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 974,636	1 972,661	1 976,611	G		
Azanilidenio (NH)	1 978,464	1 976,485	1 980,442	G		
Monóxido de carbono (¹³ CO)	1 979,727	1 977,747	1 981,707	G		
Agua pesada (HDO)	1 982,064	1 980,082	1 984,046	G		
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	1 985,919	1 983,933	1 987,905	G		
Agua pesada (HDO)	1 994,285	1 992,291	1 996,280	G	1 992,291	1 996,280
Agua pesada (HDO)	2 003,495	2 001,491	2 005,498		2 001,491	2 008,785
Agua pesada (HDO)	2 005,180	2 003,175	2 007,186			
Methylidenio (CH)	2 006,779	2 004,772	2 008,785			

CUADRO 1 (Continuación)

Espece	Frecuencia de reposo (GHz)	Mínima frecuencia sugerida (GHz)	Máxima frecuencia sugerida (GHz)	Observaciones	Mínima frecuencia consolidada (GHz)	Máxima frecuencia consolidada (GHz)
Methylideno (CH)	2 010,799	2 008,788	2 012,810		2 008,788	2 016,880
Agua pesada (HDO)	2 014,370	2 012,355	2 016,384			
Vapor de agua (H ₂ O)	2 014,865	2 012,850	2 016,880			
Agua pesada (HDO)	2 019,134	2 017,115	2 021,154		2 017,115	2 021,154
Agua pesada (HDO)	2 031,743	2 029,711	2 033,774		2 029,711	2 033,774
Vapor de agua (H ₂ O)	2 040,477	2 038,436	2 042,517		2 038,436	2 042,517
Oxígeno (O I)	2 060,070	2 058,010	2 062,130		2 058,010	2 062,130
Agua pesada (HDO)	2 064,690	2 062,625	2 066,755		2 062,625	2 066,755
Monóxido de carbono (CO)	2 070,616	2 068,545	2 072,687		2 068,545	2 076,519
Vapor de agua (H ₂ O)	2 074,432	2 072,358	2 076,507			
Vapor de agua (H ₂ O)	2 074,444	2 072,370	2 076,519			
Monóxido de carbono (C ¹⁸ O)	2 081,311	2 079,229	2 083,392		2 079,229	2 085,118
Agua pesada (HDO)	2 082,718	2 080,635	2 084,801			
Agua pesada (HDO)	2 083,035	2 080,952	2 085,118			
Agua pesada (HDO)	2 087,226	2 085,139	2 089,313		2 085,139	2 091,330
Monóxido de carbono (¹³ CO)	2 089,241	2 087,151	2 091,330			
Vapor de agua H ₂ ¹⁸ O)	2 099,963	2 097,863	2 102,063		2 097,863	2 102,063
Agua pesada (HDO)	2 110,993	2 108,882	2 113,104		2 108,882	2 113,104
Agua pesada (HDO)	2 121,216	2 119,095	2 123,338		2 119,095	2 123,338
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 143,752	2 141,608	2 145,895		2 141,608	2 154,357
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 147,733	2 145,585	2 149,880			
Agua pesada (HDO)	2 149,224	2 147,075	2 151,373			
Agua pesada (HDO)	2 152,205	2 150,052	2 154,357			

CUADRO 1 (Continuación)

Especie	Frecuencia de reposo (GHz)	Mínima frecuencia sugerida (GHz)	Máxima frecuencia sugerida (GHz)	Observaciones	Mínima frecuencia consolidada (GHz)	Máxima frecuencia consolidada (GHz)
Vapor de agua (H ₂ O)	2 164,132	2 161,968	2 166,296		2 161,968	2 166,296
Monóxido de carbono (CO)	2 185,135	2 182,950	2 187,320		2 182,950	2 187,320
Vapor de agua (H ₂ O)	2 196,346	2 194,149	2 198,542		2 194,149	2 201,998
Agua pesada (HDO)	2 199,798	2 197,599	2 201,998			
Agua pesada (HDO)	2 204,707	2 202,503	2 206,912		2 202,503	2 206,912
Agua pesada (HDO)	2 213,707	2 211,493	2 215,921		2 211,493	2 215,921
Vapor de agua (H ₂ O)	2 221,751	2 219,529	2 223,972		2 219,529	2 223,972
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 227,872	2 225,644	2 230,100		2 225,644	2 230,100
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 242,198	2 239,956	2 244,440		2 239,956	2 244,440
Vapor de agua (H ₂ O)	2 264,150	2 261,886	2 266,414		2 261,886	2 266,414
Agua pesada (HDO)	2 269,686	2 267,416	2 271,956		2 267,416	2 271,956
Agua pesada (HDO)	2 278,017	2 275,739	2 280,295		2 275,739	2 280,295
Agua pesada (HDO)	2 283,942	2 281,658	2 286,226		2 281,658	2 288,499
Agua pesada (HDO)	2 286,213	2 283,926	2 288,499			
Agua pesada (HDO)	2 291,309	2 289,018	2 293,601		2 289,018	2 293,601
Agua pesada (HDO)	2 296,248	2 293,952	2 298,544		2 293,952	2 302,002
Agua pesada (HDO)	2 297,652	2 295,355	2 299,950			
Monóxido de carbono (CO)	2 299,569	2 297,269	2 301,868			
Agua pesada (HDO)	2 299,702	2 297,402	2 302,002			
Monóxido de carbono (¹³ CO)	2 308,031	2 305,723	2 310,339		2 305,723	2 310,339
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 318,554	2 316,236	2 320,873		2 316,236	2 320,873
Agua pesada (HDO)	2 327,429	2 325,101	2 329,756		2 325,101	2 329,756

CUADRO 1 (Continuación)

Espece	Frecuencia de reposo (GHz)	Mínima frecuencia sugerida (GHz)	Máxima frecuencia sugerida (GHz)	Observaciones	Mínima frecuencia consolidada (GHz)	Máxima frecuencia consolidada (GHz)
Agua pesada (HDO)	2 335,788	2 333,452	2 338,123		2 333,452	2 338,556
Agua pesada (HDO)	2 336,220	2 333,883	2 338,556			
Agua pesada (HDO)	2 343,735	2 341,392	2 346,079		2 341,392	2 368,266
Vapor de agua (H ₂ O)	2 344,290	2 341,945	2 346,634			
Methileno (CH ₂)	2 344,726	2 342,381	2 347,071			
Methileno (CH ₂)	2 348,622	2 346,274	2 350,971			
Agua pesada (HDO)	2 351,731	2 349,380	2 354,083			
Agua pesada (HDO)	2 355,192	2 352,837	2 357,548			
Amoniaco (NH ₃)	2 357,210	2 354,853	2 359,568			
Amoniaco (NH ₃)	2 357,727	2 355,369	2 360,084			
Amoniaco (NH ₃)	2 358,563	2 356,205	2 360,922			
Agua pesada (HDO)	2 360,340	2 357,980	2 362,700			
Trihidrogeno (H ₂ D ⁺)	2 363,306	2 360,943	2 365,669			
Amino (NH ₂)	2 364,268	2 361,903	2 366,632			
Vapor de agua (H ₂ O)	2 365,900	2 363,534	2 368,266			
Agua pesada (HDO)	2 382,166	2 379,784	2 384,548		2 379,784	2 384,548
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 388,325	2 385,936	2 390,713		2 385,936	2 393,964
Vapor de agua (H ₂ O)	2 391,573	2 389,181	2 393,964			
Agua pesada (HDO)	2 399,218	2 396,819	2 401,618		2 396,819	2 407,526
Amoniaco (NH ₃)	2 400,018	2 397,618	2 402,418			
Amoniaco (NH ₃)	2 400,578	2 398,178	2 402,979			
Amoniaco (NH ₃)	2 402,265	2 399,863	2 404,667			
Amoniaco (NH ₃)	2 405,121	2 402,716	2 407,526			

CUADRO 1 (Continuación)

Espece	Frecuencia de reposo (GHz)	Mínima frecuencia sugerida (GHz)	Máxima frecuencia sugerida (GHz)	Observaciones	Mínima frecuencia consolidada (GHz)	Máxima frecuencia consolidada (GHz)
Agua pesada (HDO)	2 411,827	2 409,415	2 414,239		2 409,415	2 420,888
Monóxido de carbono (CO)	2 413,924	2 411,510	2 416,338			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 418,469	2 416,051	2 420,888			
Ion nitrógeno (N II)	2 459,379	2 456,920	2 461,839		2 456,920	2 468,338
Vapor de agua(H ₂ O)	2 462,933	2 460,470	2 465,396			
Agua pesada(HDO)	2 463,054	2 460,591	2 465,517			
Cloruro de hidrógeno (HF)	2463,427	2 460,964	2 465,891			
Agua pesada (HDO)	2 465,872	2 463,406	2 468,338			
Agua pesada (HDO)	2 477,453	2 474,976	2 479,931		2 474,976	2 486,788
Agua pesada (HDO)	2 480,807	2 478,326	2 483,287			
Agua pesada (HDO)	2 484,303	2 481,819	2 486,788			
Hidroxilo (¹⁸ OH)	2 494,674	2 492,179	2 497,169		2 492,179	2 516,847
Hidroxilo (¹⁸ OH)	2 498,970	2 496,471	2 501,469			
Hidroxilo (¹⁷ OH)	2 501,856	2 499,355	2 504,358			
Agua pesada (HDO)	2 502,167	2 499,665	2 504,669			
Hidroxilo (¹⁷ OH)	2 506,186	2 503,680	2 508,692			
Hidroxilo (OH)	2 509,965	2 507,455	2 512,475			
Hidroxilo (OH)	2 514,333	2 511,819	2 516,847			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 526,741	2 524,214	2 529,268		2 524,214	2 531,838
Monóxido de carbono (CO)	2 528,166	2 525,638	2 530,694			
Agua pesada (HDO)	2 529,308	2 526,779	2 531,838			
Agua pesada (HDO)	2 541,065	2 538,524	2 543,606		2 538,524	2 547,650

CUADRO 1 (Continuación)

Especie	Frecuencia de reposo (GHz)	Mínima frecuencia sugerida (GHz)	Máxima frecuencia sugerida (GHz)	Observaciones	Mínima frecuencia consolidada (GHz)	Máxima frecuencia consolidada (GHz)
Radical amonio (NH ₂)	2 545,105	2 542,560	2 547,650			
Radical amonio (NH ₂)	2 553,966	2 551,412	2 556,520		2 551,412	2 563,471
Agua pesada (HDO)	2 558,905	2 556,346	2 561,464			
Radical amonio (NH ₂)	2 560,910	2 558,349	2 563,471			
Agua pesada (HDO)	2 577,667	2 575,089	2 580,244		2 575,089	2 582,211
Agua pesada (HDO)	2 579,631	2 577,052	2 582,211			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 591,047	2 588,456	2 593,638		2 588,456	2 595,117
Agua pesada (HDO)	2 592,524	2 589,932	2 595,117			
Agua pesada (HDO)	2 598,288	2 595,690	2 600,886		2 595,690	2 606,031
Hidroxilo (OH)	2 603,427	2 600,824	2 606,031			
Agua pesada (HDO)	2 616,165	2 613,549	2 618,781		2 613,549	2 618,781
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 622,939	2 620,316	2 625,562		2 620,316	2 625,562
Vapor de agua (H ₂ O)	2 630,960	2 628,329	2 633,590		2 628,329	2 633,682
Vapor de agua (H ₂ O)	2 631,051	2 628,420	2 633,682			
Vapor de agua (H ₂ O)	2 640,474	2 637,833	2 643,114		2 637,833	2 644,963
Monóxido de carbono (CO)	2 642,321	2 639,679	2 644,963			
Vapor de agua (H ₂ O)	2 657,666	2 655,008	2 660,323		2 655,008	2 660,323
Vapor de agua (H ₂ O)	2 664,561	2 661,897	2 667,226		2 661,897	2 677,662
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 666,732	2 664,065	2 669,398			
Agua pesada (HDO)	2 669,415	2 666,745	2 672,084			
Agua pesada (HDO)	2 674,283	2 671,609	2 676,957			
Hidrógeno de deuterio (HD)	2 674,987	2 672,312	2 677,662			
Vapor de agua (H ₂ O)	2 685,639	2 682,953	2 688,325		2 682,953	2 688,325

CUADRO 1 (Continuación)

Espece	Frecuencia de reposo (GHz)	Mínima frecuencia sugerida (GHz)	Máxima frecuencia sugerida (GHz)	Observaciones	Mínima frecuencia consolidada (GHz)	Máxima frecuencia consolidada (GHz)
Agua pesada (HDO)	2 735,277	2 732,541	2 738,012		2 732,541	2 738,012
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 741,675	2 738,933	2 744,416		2 738,933	2 744,416
Agua pesada (HDO)	2 748,312	2 745,564	2 751,060		2 745,564	2 751,060
Monóxido de carbono (CO)	2 756,383	2 753,626	2 759,139		2 753,626	2 759,139
Vapor de agua (H ₂ O)	2 773,977	2 771,203	2 776,751		2 771,203	2 776,751
Methileno (CH ₂)	2 783,064	2 780,281	2 785,847		2 780,281	2 785,847
Agua pesada (HDO)	2 794,002	2 791,208	2 796,796		2 791,208	2 796,829
Agua pesada (HDO)	2 794,035	2 791,241	2 796,829			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 805,384	2 802,579	2 808,190		2 802,579	2 816,325
Agua pesada (HDO)	2 807,498	2 804,691	2 810,306			
Agua pesada (HDO)	2 809,406	2 806,597	2 812,216			
Agua pesada (HDO)	2 810,880	2 808,069	2 813,691			
Agua pesada (HDO)	2 813,511	2 810,698	2 816,325			
Agua pesada (HDO)	2 834,411	2 831,577	2 837,245		2 831,577	2 837,245
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 845,980	2 843,134	2 848,826		2 843,134	2 848,826
Agua pesada (HDO)	2 855,631	2 852,776	2 858,487		2 852,776	2 861,891
Agua pesada (HDO)	2 859,032	2 856,173	2 861,891			
Monóxido de carbono (CO)	2 870,338	2 867,468	2 873,208		2 867,468	2 875,782
Agua pesada (HDO)	2 872,909	2 870,036	2 875,782			

CUADRO 1 (Continuación)

Especie	Frecuencia de reposo (GHz)	Mínima frecuencia sugerida (GHz)	Máxima frecuencia sugerida (GHz)	Observaciones	Mínima frecuencia consolidada (GHz)	Máxima frecuencia consolidada (GHz)
Vapor de agua (H ₂ O)	2 880,025	2 877,145	2 882,905		2 877,145	2 890,914
Vapor de agua (H ₂ O)	2 884,279	2 881,395	2 887,163			
Vapor de agua (H ₂ O)	2 884,312	2 881,427	2 887,196			
Vapor de agua (H ₂ O)	2 884,941	2 882,056	2 887,826			
Vapor de agua (H ₂ O)	2 884,950	2 882,065	2 887,835			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 888,026	2 885,138	2 890,914			
Agua pesada (HDO)	2 900,172	2 897,272	2 903,072		2 897,272	2 906,294
Agua pesada (HDO)	2 903,391	2 900,487	2 906,294			
Agua pesada (HDO)	2 916,109	2 913,193	2 919,025		2 913,193	2 923,819
Agua pesada (HDO)	2 920,898	2 917,977	2 923,819			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 938,998	2 936,059	2 941,937		2 936,059	2 944,831
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 939,000	2 936,061	2 941,939			
Agua pesada (HDO)	2 941,889	2 938,947	2 944,831			
Agua pesada (HDO)	2 948,042	2 945,094	2 950,990		2 945,094	2 955,592
Amoníaco (NH ₃)	2 948,411	2 945,462	2 951,359			
Amoníaco (NH ₃)	2 948,669	2 945,721	2 951,618			
Amoníaco (NH ₃)	2 949,480	2 946,531	2 952,430			
Amoníaco (NH ₃)	2 950,815	2 947,864	2 953,765			
Amoníaco (NH ₃)	2 952,640	2 949,687	2 955,592			

CUADRO 1 (Fin)

Especie	Frecuencia de reposo (GHz)	Mínima frecuencia sugerida (GHz)	Máxima frecuencia sugerida (GHz)	Observaciones	Mínima frecuencia consolidada (GHz)	Máxima frecuencia consolidada (GHz)
Vapor de agua (H ₂ O)	2 962,111	2 959,149	2 965,073		2 959,149	2 975,081
Agua pesada (HDO)	2 966,081	2 963,115	2 969,047			
Vapor de agua (H ₂ O)	2 968,749	2 965,780	2 971,717			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 969,868	2 966,899	2 972,838			
Vapor de agua (H ₂ O)	2 970,800	2 967,829	2 973,771			
Vapor de agua (H ₂ O)	2 970,801	2 967,830	2 973,772			
Oxonio (H ₃ O ⁺)	2 972,109	2 969,137	2 975,081			
Oxonio (H ₃ O ⁺)	2 980,735	2 977,754	2 983,715		2 977,754	3 002,430
Monóxido de carbono (CO)	2 984,168	2 981,183	2 987,152			
Agua pesada (HDO)	2 984,559	2 981,575	2 987,544			
Amoníaco (NH ₃)	2 989,643	2 986,653	2 992,632			
Vapor de agua (H ₂ ¹⁸ O)	2 990,139	2 987,149	2 993,129			
Amoníaco (NH ₃)	2 991,555	2 988,564	2 994,547			
Amoníaco (NH ₃)	2 994,786	2 991,792	2 997,781			
Agua pesada (HDO)	2 997,115	2 994,118	3 000,112	H		
Amoníaco (NH ₃)	2 999,430	2 996,431	3 002,430	H	2 977,754	3 002,430

NOTA 1 – G en la columna «Observaciones» indica que la raya puede observarse desde el suelo si las condiciones atmosféricas son muy buenas. H en la columna «Observaciones» indica que las máximas frecuencias sugeridas son superiores a 3 000 GHz.

Las mínimas y máximas frecuencias sugeridas corresponden a las frecuencias con desplazamiento Doppler para +300 km/s y –300 km/s, respectivamente.

Referencias: Resolución A.2 de la UAI (1991, Buenos Aires; revisada en 2009, Rio de Janeiro)
 Base de datos Espectroscopia molecular del JPL (<http://spec.jpl.nasa.gov/>)
 Base de datos de Colonia para espectroscopia molecular (<http://www.astro.uni-koeln.de/cdms/>).

FIGURA 1

Transmitancia vertical calculada a través de la atmósfera utilizando parámetros que figuran en el § 2 del Anexo 1

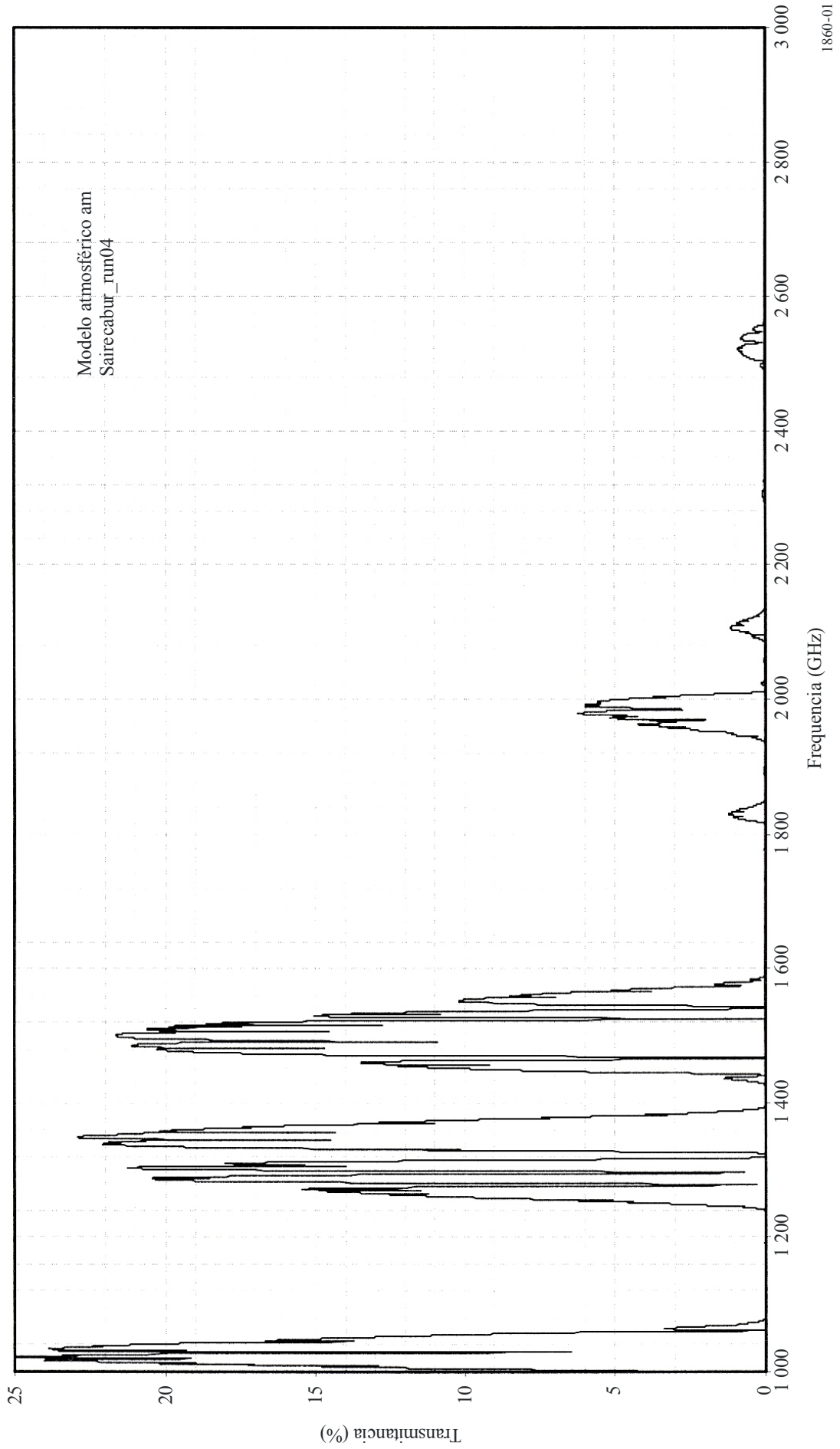
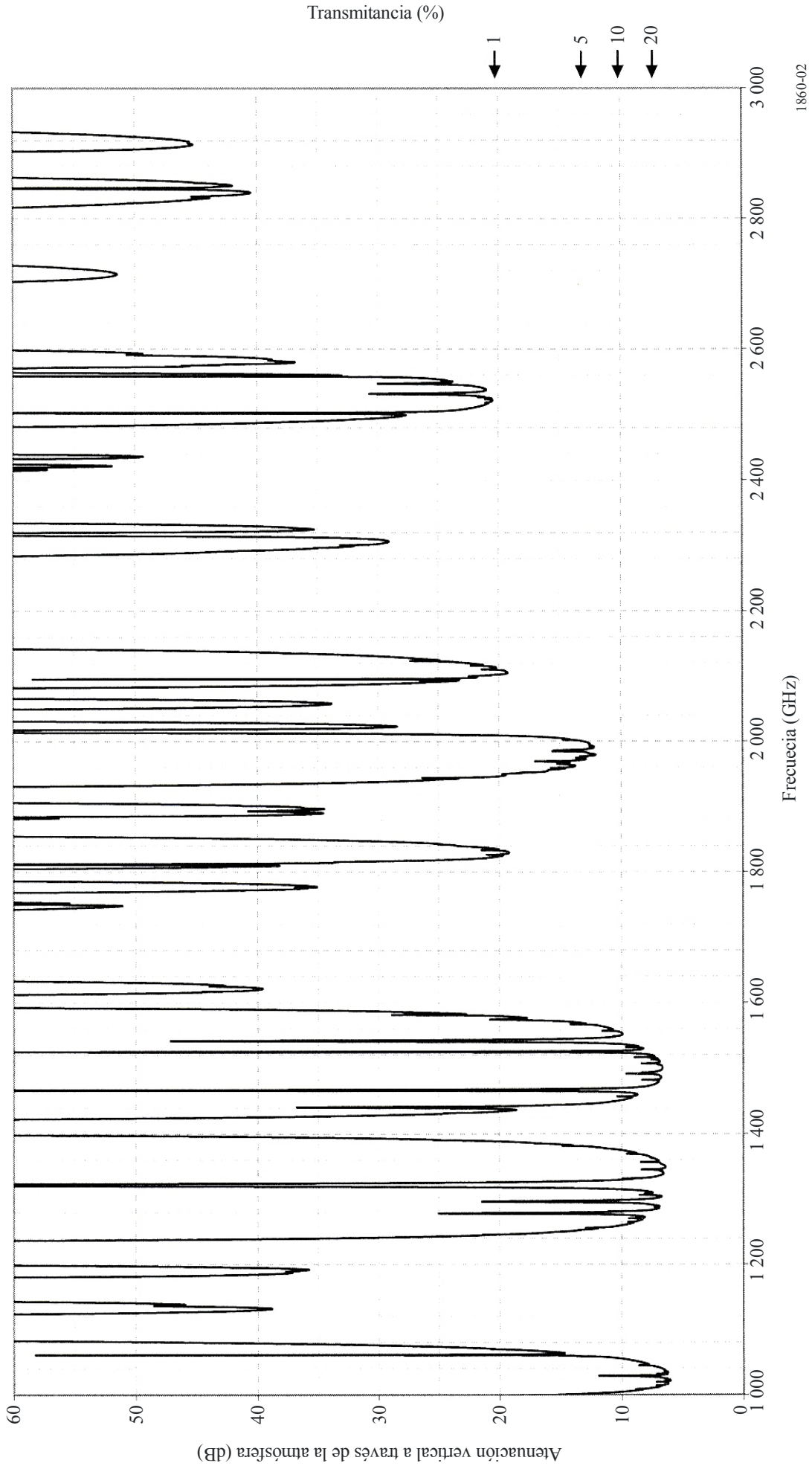


FIGURA 2

Atenuación vertical calculada a través de la atmósfera utilizando, parámetros que figuran en el § 2 del Anexo 1

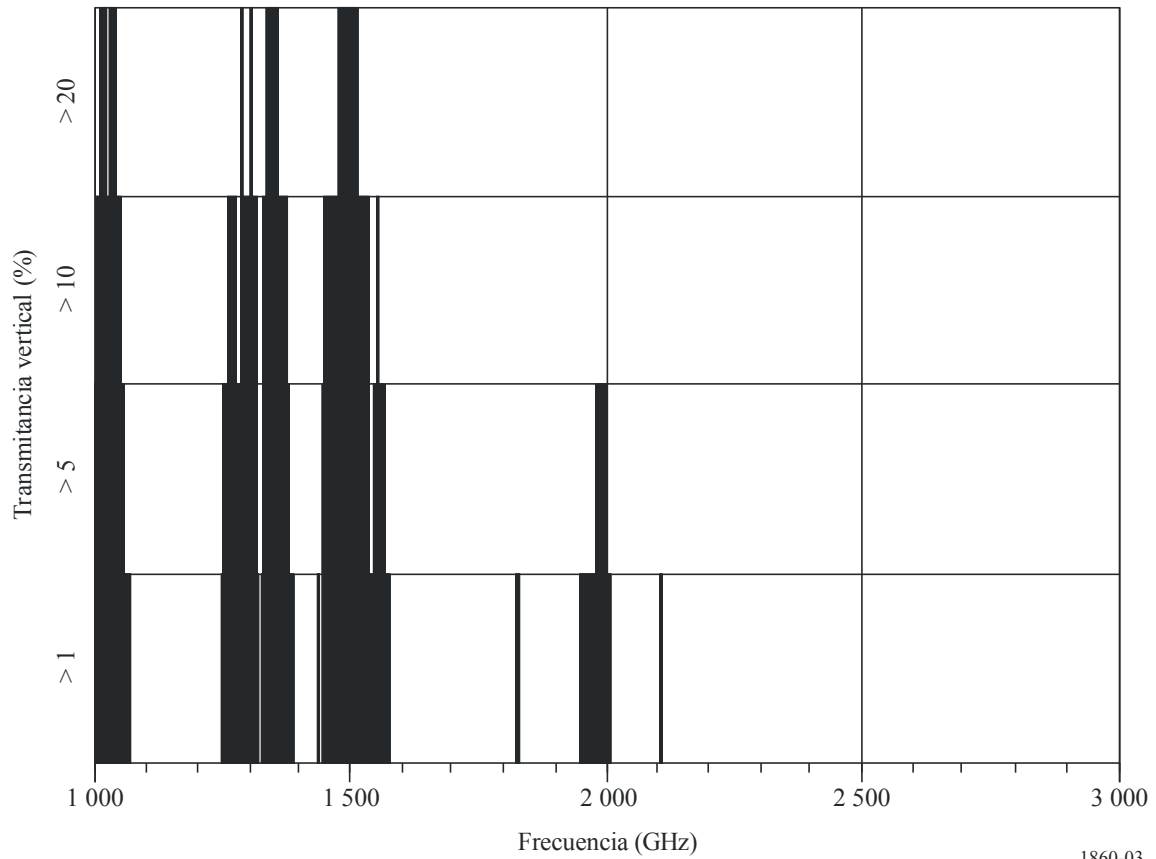


CUADRO 2

**Bandas de la Fig. 1 en las que la transmitancia atmosférica
satisface o rebasa el valor especificado (GHz)**

1%	5%	10%	20%
998,4-1 060,4	1 001,7-1 058,6	1 004,7-1 028,4 1 029,3-1 054,9	1 011,8-1 013,8 1 014,3-1 019,3 1 019,7-1 026,21 029,9- 1 041,7
1 061,9-1 069,6	–	–	–
1 245,9-1 277,5	1 253,1-1 276,6	1 259,7-1 275,6	–
1 279,0-1 295,9	1 279,9-1 294,9	1 281,3-1 294,1	1 285,6-1 286,8 1 287,9-1 289,4
1 296,9-1 318,0	1 297,9-1 316,4	1 298,8-1 314,7	1 301,8-1 305,4
1 326,0-1 388,5	1 327,7-1 380,9	1 329,4-1 374,9	1 335,5-1 343,9 1 345,9-1 355,7 1 357,7-1 359,0
1 434,4-1 438,2	–	–	–
1 442,7-1 465,4	1 445,7-1 464,6	1 451,2-1 463,4	–
1 468,2-1 524,4	1 469,0-1 524,0	1 469,9-1 523,3	1 478,6-1 481,0 1 482,8-1 489,3 1 495,3-1 505,0 1 505,5-1 506,0 1 508,3-1 512,1
1 525,8-1 540,0	1 526,3-1 538,6	1 526,9-1 536,6	–
1 543,9-1 573,9	1 545,6-1 566,5 1 567,6-1 568,4	1 550,3-1 553,8	–
1 575,0-1 579,9	–	–	–
1 827,2-1 833,1	–	–	–
1 946,7-2 009,2	1 977,5-1 983,6 1 987,9-1 999,6	–	–
2 102,7-2 109,7	–	–	–

FIGURA 3
Representación gráfica del Cuadro 2
Ventanas atmosféricas, 1-3 THz



Basándose en la consideración de las bandas en las cuales la transmitancia atmosférica en un emplazamiento astronómico adecuado rebasa el 5% permitiendo la realización de observaciones útiles, se sugieren las bandas siguientes como mínimas bandas para la protección de las observaciones radioastronómicas llevadas a cabo desde la superficie de la Tierra:

CUADRO 3

Mínimas bandas sugeridas para las observaciones de radioastronomía desde tierra

1 000-1 060 GHz
1 250-1 320 GHz
1 325-1 385 GHz
1 445-1 540 GHz
1 545-1 570 GHz
1 975-2 000 GHz

Debido a la excesiva atenuación atmosférica incluso en emplazamientos de observación astronómica en el suelo elevados y secos, la utilización de las bandas por encima de 2 000 GHz para la radioastronomía se limita a aplicaciones a bordo de aeronaves y a bordo de vehículos espaciales.