

Recomendación UIT-R P.837-8

(09/2025)

Serie P: Propagación de las ondas radioeléctricas

Características de la precipitación para establecer modelos de propagación

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 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 <https://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 <https://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	Radioastronomía
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, 2025

© UIT 2025

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 P.837-8

**Características de la precipitación para establecer
modelos de propagación**

(Cuestión UIT-R 201-7/3)

(1992-1994-1999-2001-2003-2007-2012-2017-2025)

Cometido

Para la predicción de la atenuación debida a la lluvia en los enlaces terrenales se necesitan estadísticas de la intensidad de lluvia con un tiempo de integración de 1 minuto (por ejemplo, la Recomendación UIT-R P.530) y enlaces Tierra-espacio (por ejemplo, la Recomendación UIT-T P.618).

Cuando no se dispone de datos fiables sobre la intensidad de lluvia local a largo plazo, se puede recurrir al método de predicción de la intensidad de lluvia descrito en el Anexo 1 para la predicción de estadísticas anuales y mensuales de la intensidad de lluvia con un tiempo de integración de 1 minuto. Este método de predicción se basa en a) los datos mensuales de la intensidad de lluvia total obtenidos de la base de datos de climatología de GPCC (V 2015) sobre la tierra y en la base de datos de reanálisis provisional ERA sobre el agua del Centro Europeo de Previsión Meteorológica a Medio Plazo (ECMWF), y b) datos de la temperatura media mensual en la superficie indicados en la Recomendación UIT-R P.1510.

Cuando se disponga de datos fiables de la intensidad de lluvia local a largo plazo con tiempos de integración superiores a 1 minuto, se puede recurrir al Anexo 2 de la presente Recomendación, donde se describe un método para convertir estadísticas de la intensidad de lluvia con tiempos de integración superiores a 1 minuto en estadísticas con un tiempo de integración de 1 minuto.

Palabras clave

Intensidad de lluvia, estadística anual, estadística mensual, método de conversión, GPCC, ERA Interim

Abreviaturas/Glosario

ECMWF	Centro europeo de previsiones meteorológicas a plazo medio (<i>european centre for medium-range weather forecast</i>)
ERA	Base de datos de reanálisis del ECMWF (<i>ecmwf re-analysis database</i>)
GPCC	Centro mundial de climatología de las precipitaciones (<i>global precipitation climatology centre</i>)

Recomendaciones UIT-R conexas

Recomendación UIT-R P.1510 – Temperatura media en la superficie

NOTA – En todos los casos, debe utilizarse la última edición de la Recomendación en vigor.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

a) que para la predicción de la atenuación y de la dispersión producidas por la precipitación se necesita información sobre las estadísticas anuales y mensuales de parámetros de precipitación;

b) que se necesita conocer esa información para todos los emplazamientos de la superficie de la Tierra y con una amplia gama de probabilidades;

- c) que para la predicción de la atenuación y la dispersión ocasionadas por la lluvia en los enlaces terrenales y de satélite se necesitan estadísticas de la intensidad de lluvia con tiempo de integración de 1 minuto;
- d) que pueden obtenerse de fuentes locales mediciones a largo plazo de la intensidad de lluvia con un tiempo de integración de 1 minuto y también con tiempos de integración superiores a 1 minuto;
- e) que utilizando un modelo para convertir las mediciones locales de la intensidad de lluvia con tiempos de integración de hasta una hora en tiempos de integración de 1 minuto se obtiene más precisión que utilizando el Anexo 1 a la presente Recomendación,

recomienda

- 1 que, de estar disponibles, se utilicen mediciones a largo plazo de la intensidad de lluvia anual y mensual con un tiempo de integración de 1 minuto;
- 2 que si se utilizan mediciones locales, éstas se lleven a cabo durante un periodo lo suficientemente largo (normalmente más de 10 años) para garantizar la estabilidad estadística;
- 3 que, de estar disponibles, se utilicen mediciones a largo plazo de la intensidad de lluvia anual con tiempos de integración superiores a 1 minuto, y que se aplique el método de conversión del Anexo 2 para convertir estas mediciones en intensidad de lluvia anual con un tiempo de integración de 1 minuto;
- 4 que, cuando no se disponga de datos fiables de la intensidad de lluvia anual a escala local, se utilice el método de predicción por etapas descrito en el Anexo 1 para obtener la intensidad de lluvia, R_p , rebasada por la probabilidad anual de rebasamiento deseada, p , en cualquier ubicación sobre la superficie de la Tierra y para un tiempo de integración de 1 minuto;
- 5 que, cuando no se disponga de datos fiables de la intensidad de lluvia mensual a escala local, se utilice el método de predicción por etapas descrito en el Anexo 1 para obtener la intensidad de lluvia mensual, R_{p_ii} , rebasada por la probabilidad de rebasamiento deseada, p , en el mes ii (entre 1 y 12) en cualquier ubicación sobre la superficie de la Tierra y para un tiempo de integración de 1 minuto.

Anexo 1

Método de predicción para obtener la intensidad de lluvia rebasada para una determinada probabilidad anual y mensual media de rebasamiento en un emplazamiento dado

Este método permite predecir la intensidad de lluvia rebasada tanto para una determinada probabilidad anual media de rebasamiento, como para una determinada probabilidad mensual, en un emplazamiento dado sobre la superficie de la Tierra. A tal efecto, se utilizan mapas digitales de la intensidad de lluvia mensual total y la temperatura media mensual en la superficie. Los mapas de la intensidad de lluvia media mensual total se han elaborado a partir de datos recopilados durante 50 años (1951-2000) obtenidos de la base de datos de Climatología GPCC (V 2015) sobre la tierra y datos recopilados de 36 años (1979-2014) obtenidos de los datos provisionales ERA sobre el agua recabados por el Centro Europeo de Previsión Meteorológica a Medio Plazo (ECMWF).

Los datos de la intensidad de lluvia media total mensual, MT_{ii} (mm), siendo $ii = \{01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11 \text{ y } 12\}$, son parte integrante de la presente Recomendación y están disponibles en mapas digitales. La gama de latitudes varía entre $-90,125^\circ$ N y $+90,125^\circ$ N a intervalos de $0,25^\circ$, y la gama de longitudes entre $-180,125^\circ$ E y $+180,125^\circ$ E también a intervalos de $0,25^\circ$.

Los datos de la intensidad de lluvia anual rebasada durante el 0,01% para el año medio, $R_{0,01}$ (mm/hr), son también parte integrante de la presente Recomendación y están disponibles en mapas digitales. La gama de latitudes varía entre -90° N y $+90^\circ$ N a intervalos de $0,125^\circ$, y la gama de longitudes entre -180° E y $+180^\circ$ E en intervalos de $0,125^\circ$.

Estos mapas digitales están disponibles en el archivo P-REC-P.837-8-Maps.zip de [R-REC-P.837-8-202509-I!!ZIP-E.zip](#).

Parámetros de entrada:

- p : Probabilidad anual de rebasamiento deseada (%)
- Lat : Latitud del emplazamiento deseado (grados, N)
- Lon : Longitud del emplazamiento deseado (grados, E)

Parámetro de salida:

- R_p : Intensidad de lluvia (mm/h) rebasada para una probabilidad de rebasamiento deseada p (%) de un año medio
- $R_{p_{ii}}$: Intensidad de lluvia (mm/h) rebasada para una probabilidad de rebasamiento deseada p (%) de un mes medio para cualquier mes (ii) del año.

Paso 1: Para cada mes del año, se define el número de mes, ii , y el número de días de cada mes, N_{ii} , del modo siguiente:

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ii	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
N_{ii}	31	28,25	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31

Paso 2: Para cada número de mes, ii , siendo $ii = \{01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11 \text{ y } 12\}$, se determinan las temperaturas medias mensuales en la superficie, T_{ii} (K), en el emplazamiento deseado (Lat , Lon) a partir de datos locales fiables a largo plazo.

Si no se dispone de datos locales fiables a largo plazo, las temperaturas medias mensuales en la superficie de la tierra, T_{ii} (K), en el emplazamiento deseado (Lat , Lon) puede obtenerse a partir de los mapas digitales de la temperatura media mensual en la superficie especificados en la Recomendación UIT-R P.1510.

Paso 3: Para cada mes ii , siendo $ii = \{01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11 \text{ y } 12\}$, se determina la intensidad de lluvia media mensual total, MT_{ii} (mm), en el emplazamiento deseado (Lat , Lon) a partir de datos fiables locales a largo plazo.

Si no se dispone de datos locales fiables a largo plazo, la intensidad de lluvia media mensual total en el emplazamiento deseado (Lat , Lon) puede determinarse a partir de los mapas digitales de la intensidad de lluvia media mensual total, MT_{ii} (mm), que constituyen parte integrante de la presente Recomendación, del modo siguiente:

- a) determinar los cuatro puntos de la retícula (Lat_1 , Lon_1), (Lat_2 , Lon_2), (Lat_3 , Lon_3) y (Lat_4 , Lon_4) que rodean el emplazamiento deseado (Lat , Lon);
- b) determinar la intensidad media mensual total, $MT_{ii,1}$, $MT_{ii,2}$, $MT_{ii,3}$, y $MT_{ii,4}$ en los cuatro puntos de la retícula que lo rodean de los mapas facilitados en la presente Recomendación;

- c) determinar MT_{ii} en el emplazamiento deseado (Lat, Lon) mediante la interpolación bilineal utilizando los cuatro puntos mencionados de la retícula como se describe en el párrafo 1b del Anexo 1 a la Recomendación UIT-R P.1144.

Paso 4: Para cada mes, ii , convertir T_{ii} (K) a t_{ii} (°C).

Paso 5: Para cada mes, ii , calcular r_{ii} del modo siguiente:

$$\begin{aligned} r_{ii} &= 0,5874e^{0,0883 \times t_{ii}} & \text{para } t_{ii} \geq 0 \text{ °C} \\ r_{ii} &= 0,5874 & \text{para } t_{ii} < 0 \text{ °C} \end{aligned} \quad (\text{mm/hr}) \quad (1)$$

Paso 6a: Para cada mes, ii , calcular la probabilidad mensual de lluvia, del modo siguiente:

$$P_{0ii} = 100 \frac{MT_{ii}}{24 \times N_{ii} \times r_{ii}} \quad (\%) \quad (2)$$

Paso 6b: Para cada mes, ii , si $P_{0ii} > 70$, $P_{0ii} = 70$ y $r_{ii} = \frac{100}{70} \times \frac{MT_{ii}}{24N_{ii}}$

Paso 7: Calcular la probabilidad anual de lluvia, $P_{0annual} = P(R > 0)$ mediante la expresión:

$$P_{0annual} = \frac{\sum_{ii=1}^{12} N_{ii} \times P_{0ii}}{365,25} \quad (3)$$

Paso 8: Las estadísticas relativas a la intensidad de lluvia pueden predecirse sobre una base anual o mensual. A fin de obtener estadísticas mensuales, sírvase consultar el Paso 8a; para obtener estadísticas anuales, sírvase consultar el Paso 8b.

Paso 8a: Predicción de estadísticas mensuales de la intensidad de lluvia

Si la probabilidad de rebasamiento de la intensidad de lluvia mensual deseada, p , es mayor que P_{0ii} , la intensidad de lluvia a la deseada probabilidad de rebasamiento de la intensidad de lluvia mensual, R_{p_ii} , es 0 mm/hr.

Si la probabilidad de rebasamiento de la intensidad de lluvia mensual deseada (p) es menor o igual a P_{0ii} , se ajusta la intensidad de lluvia, R_{ref} , minimizando el valor absoluto del error relativo entre la probabilidad de rebasamiento de la intensidad de lluvia mensual, $P_{ii}(R > R_{ref})$, y el valor deseado de probabilidad de rebasamiento de la intensidad de lluvia mensual deseada, p , hasta que este sea menor que 0,001% (es decir, hasta que $100 \left| \frac{P_{ii}(R > R_{ref})}{p} - 1 \right| < 0,001$), siendo:

$$P_{ii}(R > R_{ref}) = P_{0ii} Q \left(\frac{\ln(R_{ref}) + 0,7938 - \ln(r_{ii})}{1,26} \right) \quad (4)$$

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (5)$$

Al final del proceso de minimización, establézcase $R_{p_ii} = R_{ref}$.

Paso 8b: Predicción de estadísticas anuales de la intensidad de lluvia.

Si la probabilidad de rebasamiento de la intensidad de lluvia anual deseada, p , es mayor que $P_{0,annual}$, la intensidad de lluvia a la deseada probabilidad de rebasamiento de la intensidad de lluvia anual, R_p , es igual a 0 mm/hr.

Si la probabilidad de rebasamiento de la intensidad de lluvia anual deseada, p , es menor o igual a $P_{0,annual}$, se ajusta la intensidad de lluvia, R_{ref} , minimizando el valor absoluto del error relativo entre la probabilidad de rebasamiento de la intensidad de lluvia anual, $P(R > R_{ref})$, y el valor deseado de probabilidad de rebasamiento de la intensidad de lluvia anual, p , hasta que este sea menor que 0,001% (es decir, hasta que $100 \left| \frac{P(R > R_{ref})}{p} - 1 \right| < 0,001$), siendo:

$$P(R > R_{ref}) = \frac{\sum_{ii=1}^{12} N_{ii} P_{ii}(R > R_{ref})}{365,25} \quad (\%) \quad (6)$$

$$P_{ii}(R > R_{ref}) = P_{0,ii} Q \left(\frac{\ln(R_{ref}) + 0,7938 - \ln(r_{ii})}{1,26} \right) \quad (\%) \quad (7)$$

y

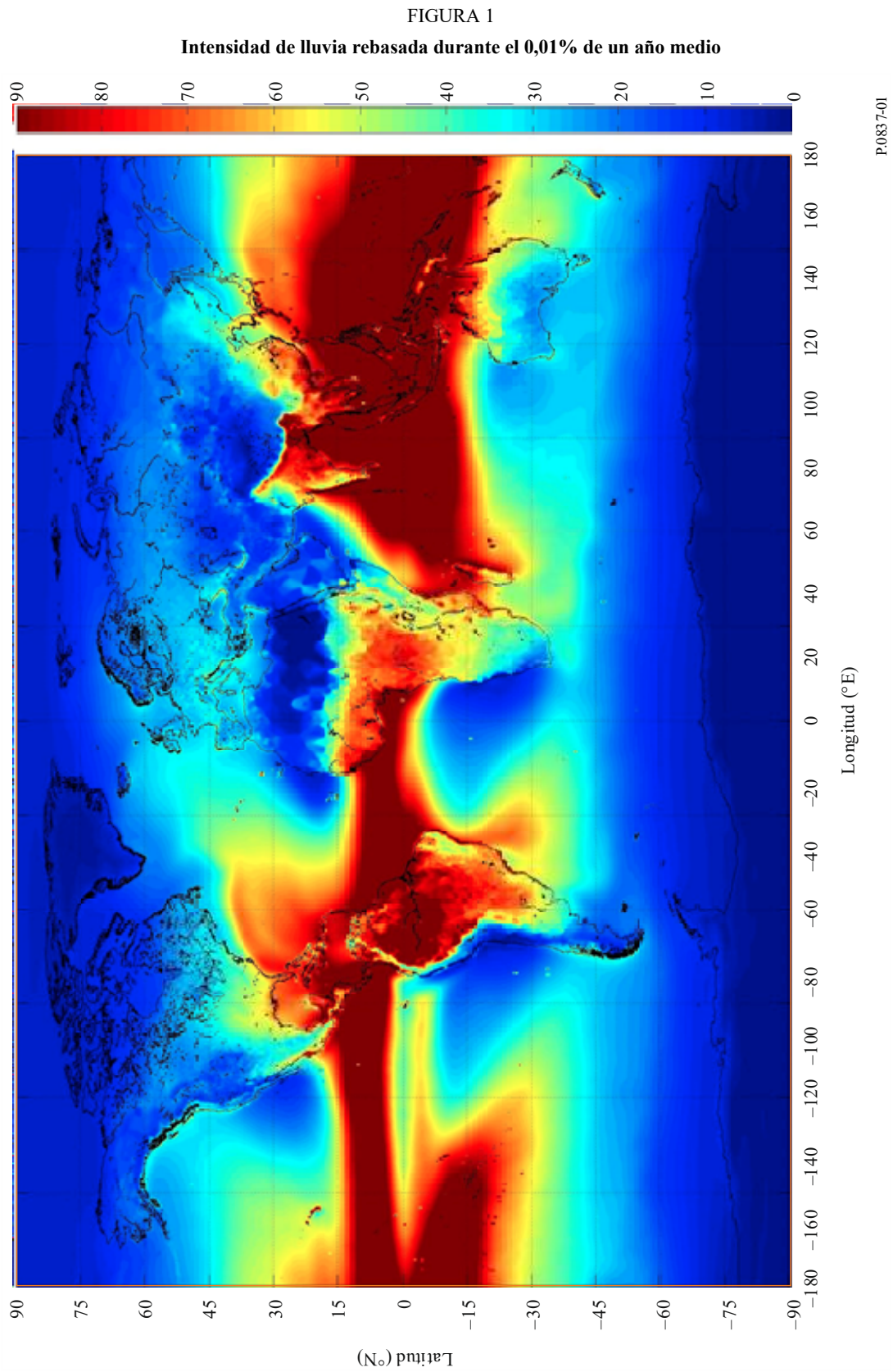
$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (8)$$

Al final del proceso de minimización, establézcase $R_p = R_{ref}$.

NOTA 1 – Cuando se requiera una probabilidad de rebasamiento anual media de 0,01%, y se hayan de tomar en consideración la complejidad de memoria o de cálculo, puede utilizarse el mapa de valores precalculado de $R_{0,01}$ aunque ello suponga una pérdida considerable de precisión. Si se utiliza el mapa, la intensidad de lluvia con una probabilidad de rebasamiento anual media de 0,01% en cualquier ubicación deseada sobre la superficie de la Tierra puede calcularse por interpolación bilineal utilizando el método descrito en el párrafo 1b del Anexo 1 a la Recomendación UIT-R P.1144. El valor absoluto de la diferencia entre el valor obtenido mediante el método completo de predicción de la intensidad de lluvia y el mapa de valores precalculados de $R_{0,01}$ es menor que 0,3 mm/hr para más del 99,9% de la superficie de la Tierra, y el valor absoluto de la diferencia entre el valor obtenido mediante el método completo de predicción de la intensidad de lluvia y el mapa de valores precalculados de $R_{0,01}$ es menor que 1 mm/hr para más del 99,9% de la superficie de la Tierra.

NOTA 2 – En el marco del método completo de predicción de la intensidad de lluvia, el mapa de valores anuales precalculado de $R_{0,01}$, que representa la intensidad de lluvia con una probabilidad de rebasamiento del 0,01 %, podría utilizarse como punto de partida inicial, R_{ref} , para el procedimiento de minimización descrito en los Pasos 8a y 8b.

En la Fig. 1 se muestra, a título de referencia, el mapa de $R_{0,01}$, para un rebasamiento de la atenuación de lluvia anual de 0,01% para un año medio.



Anexo 2

- 1 La distribución acumulativa del índice de pluviosidad para un tiempo de integración de 1 minuto puede obtenerse convirtiendo las distribuciones acumulativas locales medidas con tiempos de integración comprendidos entre 5 y 60 minutos.
 - 2 El método recomendado requiere como datos de partida las distribuciones acumulativas y el tiempo de integración de las estadísticas del índice de pluviosidad de la fuente, así como las coordenadas geográficas del emplazamiento de interés.
 - 3 El método se basa en el movimiento simulado de células de lluvia sintéticas, cuyos parámetros se obtienen a partir de los datos de partida locales y de los protocolos del CEPMPM.
 - 4 El método recomendado se incorpora a un programa informático disponible en el Suplemento. El nombre del paquete de *software* que implementa esta parte de la Recomendación es P-REC-P.837-8-Convrrstat.zip (véase el archivo complementario [R-REC-P.837-8-202509-I!!ZIP-E.zip](#)).
-