

**UIT-R**

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Recomendación UIT-R BT.1893**  
(05/2011)

**Evaluación de la degradación causada  
en la recepción de la televisión digital  
por una turbina eólica**

**Serie BT**  
**Servicio de radiodifusión (televisión)**



## 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
<b>BO</b>	Distribución por satélite
<b>BR</b>	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
<b>BS</b>	Servicio de radiodifusión sonora
<b>BT</b>	<b>Servicio de radiodifusión (televisión)</b>
<b>F</b>	Servicio fijo
<b>M</b>	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
<b>P</b>	Propagación de las ondas radioeléctricas
<b>RA</b>	Radio astronomía
<b>RS</b>	Sistemas de detección a distancia
<b>S</b>	Servicio fijo por satélite
<b>SA</b>	Aplicaciones espaciales y meteorología
<b>SF</b>	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
<b>SM</b>	Gestión del espectro
<b>SNG</b>	Periodismo electrónico por satélite
<b>TF</b>	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
<b>V</b>	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, 2011

© UIT 2011

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 BT.1893

**Evaluación de la degradación causada en la recepción de la televisión digital por una turbina eólica**

(Cuestión UIT-R 69-1/6)

(2011)

**Cometido**

Esta Recomendación define un método para evaluar la degradación que podría ocasionar a la recepción de televisión digital una instalación de turbina eólica consistente en una sola máquina.

NOTA 1 – La Recomendación UIT-R BT.805 señala el «Efecto de la degradación causada a la recepción de televisión analógica por una turbina eólica».

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que las reflexiones en objetos móviles, tales como las aspas de una turbina eólica, pueden causar graves degradaciones en la recepción de televisión;
- b) que esos efectos son particularmente importantes ya que la degradación causada puede ser casi permanente, y reducirse únicamente durante los periodos en que la turbina eólica no funciona;
- c) que es importante disponer de un método sencillo para calcular la posible degradación que podría originar la instalación de una turbina eólica;
- d) que se están investigando técnicas de supresión de la reflexión con las que podría lograrse cierta mejora de la degradación causada por las turbinas eólicas;
- e) que las señales reflejadas pueden tener distintos efectos sobre las señales de la televisión digital;
- f) que las señales reflejadas pueden tener distintos efectos dependiendo de los sistemas de modulación digital;
- g) que las aspas de las turbinas eólicas están fabricadas generalmente con materiales compuestos que tienen distintos coeficientes de reflexión que los metales;
- h) que el diseño de las aspas de las turbinas eólicas puede incluir elementos adicionales que también podrían tener repercusiones sobre las señales de televisión;
- j) que también debe tenerse en cuenta la dispersión provocada por los mástiles de las turbinas eólicas;
- k) que el emplazamiento de las turbinas eólicas y sus patrones de dispersión tienen repercusiones sobre el nivel de degradación en los planos horizontal y vertical;
- l) que el número de turbinas eólicas en un emplazamiento tendrá efecto sobre los patrones de dispersión,

*observando*

- a) que el Informe UIT-R BT.2142 presenta un amplio análisis de los efectos de la dispersión provocada por las turbinas eólicas en las señales de televisión digital;
- b) que el método indicado en el Anexo 1 es una versión simplificada del análisis completo,

*recomienda*

1 que se utilice el método expuesto en el Anexo 1 para evaluar la posible interferencia que podría causar una sola turbina eólica en la recepción de televisión digital,

*recomienda también*

1 que se lleven a cabo trabajos para perfeccionar el modelo simplificado que figura en el Anexo 1, especialmente para considerar la dispersión producida por el mástil, el efecto de las aspas giratorias, la composición de las aspas no metálicas y el diagrama de elevación de la dispersión;

2 que se realicen trabajos para determinar la degradación causada por turbinas eólicas compuestas por varias máquinas;

3 que se estudien las propiedades temporales de la degradación provocada por una turbina eólica.

## Anexo 1

### Modelo simplificado de la degradación causada a la recepción de televisión por una turbina eólica

La Fig. 1 representa la situación general del problema de retrodispersión causada por una turbina eólica.

En cualquier emplazamiento de recepción,  $R$ , la intensidad de campo deseada es  $FSR$ . En el emplazamiento donde se encuentra la turbina eólica,  $WT$ , la intensidad de campo es  $FSWT$ . Se supone que el emplazamiento de recepción se encuentra a una distancia  $r$  (m) del aspa<sup>1</sup> de la turbina eólica. Se puede definir como sigue un «coeficiente de dispersión»,  $\rho$ , que incluye las pérdidas de trayecto en espacio libre en el trayecto que va desde el emplazamiento de la turbina eólica hasta el emplazamiento de recepción:

$$\rho = \frac{A}{\lambda r} g(\theta)$$

donde:

$$g(\theta) = \text{sinc}^2 \left( \frac{\bar{W}}{\lambda} (\cos \theta - \cos \theta_0) \right) \sin \theta$$

y:

$\bar{W}$ : anchura media del aspa (m)

$\lambda$ : longitud de onda (m)

$A$ : área del aspa (m<sup>2</sup>)

$\theta_0$ : ángulo de la señal incidente en el aspa

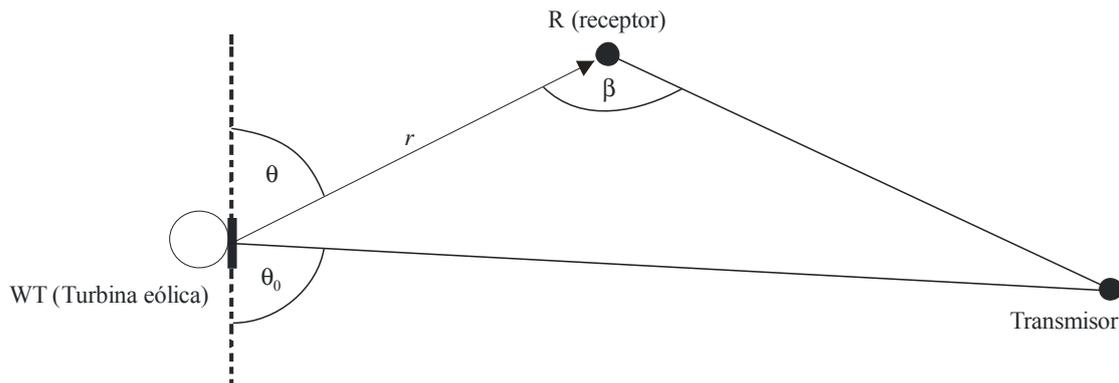
$\theta$ : ángulo de la señal dispersada por el aspa.

<sup>1</sup> Este análisis supone que las aspas de la turbina eólica son metálicas y aproximadamente triangulares. No obstante, las aspas suelen ser de fibra de vidrio o de otro material compuesto, lo que provoca una dispersión de 6 a 10 dB menor que en el caso de aspa metálica.

El máximo valor de este coeficiente de dispersión debido a un aspa en posición vertical aparece cuando las direcciones incidente y de dispersión son perpendiculares al aspa, y viene dado por:

$$\rho_{max} = \frac{A}{\lambda r}$$

FIGURA 1



BT.1893-01

En el caso de un trayecto en espacio libre, de una longitud  $r$  (m) entre la turbina eólica y el emplazamiento de recepción, la intensidad de campo no deseada puede calcularse como sigue:

$$FSWT + 20 \log \rho$$

El coeficiente de dispersión  $\rho$  sólo tiene en cuenta la retrodispersión provocada por las aspas. Cabe señalar que el mástil de soporte metálico también contribuye de manera significativa a la retrodispersión estática. La dispersión hacia delante producida por las aspas puede ser importante, pero tiene una amplitud inferior que la retrodispersión y es más complicada de calcular. La dispersión hacia delante causada por el mástil es mínima. También hay que indicar que el diagrama de dispersión varía al menos en 10 dB cuando las aspas giran. Para un análisis completo consúltese el Informe UIT-R BT.2142.

La discriminación por directividad de la antena receptora en función de  $\beta$  (como ilustra la Fig. 1) aparece en la Recomendación UIT-R BT.419 y debe aplicarse para determinar la relación entre las señales deseada y no deseada en cualquier emplazamiento de recepción específico.

En el Apéndice 1 figura un ejemplo de utilización de este método.

El Apéndice 2 proporciona unas breves orientaciones acerca de la repercusión sobre las relaciones  $C/N$  umbral en situaciones en que las turbinas eólicas degradan la calidad de la señal del sistema DVB-T. Los mayores valores umbral de la relación  $C/N$  necesarios en zonas afectadas por turbinas eólicas son de interés para los organismos de radiodifusión, los planificadores de sistemas y las administraciones.

## Apéndice 1 al Anexo 1

### Ejemplo de utilización del método de evaluación simplificado

Como muestra la Fig. 1 del Anexo 1, se identifica el punto de cualquier emplazamiento del receptor cerca del sitio donde se instalará la turbina eólica propuesta.

Como primer paso, se calcula o, preferentemente, se miden los valores de intensidad de campo, *FSR*, en los diversos emplazamientos del receptor.

No es probable que sea necesario ampliar la zona de investigación a más de unos 10 km desde el emplazamiento propuesto para la instalación de la turbina eólica (o desde los emplazamientos, si hubiese múltiples turbinas eólicas). Sin embargo, en circunstancias especiales, por ejemplo edificios apantallados con respecto al transmisor deseado pero con visibilidad directa de la turbina eólica, puede que sea preciso ampliar dicha zona.

Se calcula o, preferentemente, se mide la intensidad de campo, *FSWT*, en el emplazamiento de la turbina eólica cerca de la altura del centro de rotación de las aspas.

Para cada uno de los puntos de recepción, *R*:

- se calcula el coeficiente de dispersión,  $\rho$ , para el trayecto entre la turbina eólica y el receptor;
- se calcula la intensidad de campo no deseado mediante la ecuación  $FSWT + 20 \log \rho$ ;
- se calcula la intensidad de campo deseada *FSR*;
- se calcula la relación entre señales deseada y no deseada, teniendo presente la discriminación por directividad de la antena de recepción;
- se utiliza la información del Apéndice 2 para evaluar la posible degradación causada a la recepción de la televisión digital teniendo en cuenta la relación entre las señales deseada y no deseada en el punto de recepción.

Los resultados del estudio pueden presentarse a continuación en forma de un mapa que muestre las zonas/localizaciones donde pueden aparecer degradaciones en la recepción.

Cabe señalar que el proceso es más complicado si hay varias turbinas eólicas en un emplazamiento determinado, puesto que en ese caso existen varias fuentes posibles de degradación en cada emplazamiento de recepción. El Informe UIT-R BT.2142 proporciona ejemplos de predicciones en el caso de un gran parque eólico.

## Apéndice 2 al Anexo 1

### Degradación causada al sistema DVB-T

En la mayoría de las situaciones en las que se analizó la repercusión de un parque eólico sobre la calidad de recepción del sistema DVB-T las relaciones  $C/N$  umbral obtenidas fueron similares a las esperadas en entornos donde no existen estos parques eólicos. Más concretamente, la calidad de recepción del sistema DVB-T no parece resultar afectada en la región de dispersión hacia adelante de las turbinas eólicas. En el caso de la región de retrodispersión, en las situaciones en que las señales dispersadas por las turbinas eólicas son importantes en amplitud y variabilidad, la relación  $C/N$  umbral necesaria para condición QEF (casi sin error) es superior.

Es más probable que se produzca un incremento en la relación  $C/N$  umbral cuando las turbinas eólicas están situadas cerca de la antena receptora o en las proximidades del transmisor de TV (a menos de 2 km).

La relación  $C/N$  umbral tiende a aumentar con la amplitud de los ecos. El carácter variable en el tiempo del multitrayecto debido a las turbinas eólicas es un factor adicional en el incremento del valor umbral  $C/N$  requerido. Las zonas de recepción donde los niveles multitrayecto dinámicos son inferiores a 25 dB por debajo de la señal directa pueden experimentar incrementos de hasta 8 dB en las relaciones  $C/N$  umbral para la condición QEF<sup>2</sup>.

Este multitrayecto variable en el tiempo puede provocar problemas de recepción en el sistema DVB-T en las situaciones antes mencionadas, especialmente en el caso de recepción sin visibilidad directa del transmisor pero con visibilidad directa al parque eólico.

El Informe UIT-R BT.2142 (Anexo 3) incluye amplias explicaciones al respecto.

---

---

<sup>2</sup> Estas observaciones, como se indica en el Informe UIT-R BT.2142, se realizaron con la DVB-T utilizando modulación 8k, MAQ-64 y una velocidad de código FEC de 2/3.