

## RUIDO DE PARQUES EÓLICOS: ¿ES CORRECTO APLICAR CNOSSOS EU?

Juaco Grijota Chousa<sup>1</sup>, Leire López Uribarri<sup>2</sup>

(1) Consultor en acústica, Madrid, España. +34 667655281 [juaco@juacogrijota.es](mailto:juaco@juacogrijota.es)

(2) Consultora en acústica, Madrid, España. [leiresau@gmail.com](mailto:leiresau@gmail.com)

**Palabras Clave:** modelización de ruido, parques eólicos, ISO 9613, CNOSSOS EU

### ABSTRACT.

Annex II of RD 1513/2005 indicates the obligation to use CNOSSOS EU to calculate the noise map of any type of source, including wind farms, which are modeled as sources of industrial origin. Some European countries are developing particular adaptations of ISO 9613-2 for this calculation. There are two technical problems that are being solved: (1) the low frequency emissions generated by aerodynamic noise, and (2) the directionality of the source. It is proposed to apply, as an interim method, ISO 9613-2 by extending the frequency spectrum to at least one octave of 32 Hz.

### RESUMEN.

El Anexo II del RD 1513/2005 indica la obligatoriedad de utilizar CNOSSOS EU para calcular el mapa de ruido de cualquier tipo de fuente, incluidos los parques eólicos, que se modelan como fuentes de origen industrial. Algunos países de Europa están desarrollando adaptaciones particulares de la ISO 9613-2 para este cálculo. Hay dos problemas técnicos que se están intentando solventar: (1) las emisiones de baja frecuencia generadas por ruido aerodinámico, y (2) la direccionalidad de la fuente. Se propone aplicar de forma interina ISO 9613-2 ampliando el espectro de frecuencia al menos a la octava de 32 Hz.

### 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la instalación de parques eólicos ha crecido sustancialmente en el territorio español y, en general, en muchas partes del mundo. España es una de las mayores potencias mundiales en este tipo de tecnología de producción energética, tanto en desarrollo como en implantación en tierra [1].

El ruido generado por estas centrales de producción de energía eléctrica es un problema que preocupa desde hace tiempo a la sociedad y, en especial, a la población residente más cercana a estas infraestructuras. Lo demuestra el hecho de que desde el año 2005 se viene celebrando, con una periodicidad bianual, el congreso internacional especializado Wind Turbine Noise, WTN [2]. Así mismo, existen cientos de publicaciones científicas centradas en su conocimiento.

En España, el Anexo II del RD 1513/2005 indica la obligatoriedad de utilizar CNOSSOS EU para calcular el mapa de ruido de cualquier tipo de fuente, incluidos los parques eólicos, que se modelan como fuentes de origen industrial [3]. Sin embargo, las características del ruido emitido por los aerogeneradores incitan a cuestionarse la conveniencia de CNOSSOS EU para su modelización. En España el conocimiento en este campo adolece de una deficiencia manifiesta, que se puede medir por la escasa participación técnica y científica nacional en las publicaciones especializadas, o porque carece de métodos nacionales propios. Preocupa ver que no hay ningún otro país que obligue legalmente a aplicar este método en parques eólicos,

y con esto no queremos devaluarlo, ni mucho menos, pero debemos atender a las limitaciones que, en su desarrollo, tiene.

Se ha de indicar que CNOSSOS EU es un método de cálculo cuyo objetivo principal es ofrecer una plataforma homogénea para el cálculo de los mapas estratégicos de ruido (MER) de la Unión Europea. Fuera de ese objetivo, los países que cuentan con métodos nacionales para fuentes industriales anteriores a CNOSSOS EU, como Alemania, Francia, Gran Bretaña, Países Bajos, Dinamarca, Austria, etc., y que llevan años aplicando un importante esfuerzo técnico y económico en ellos, no han abandonado su desarrollo en aras de este método común, sino que siguen mejorándolos y aplicándolos en los estudios de impacto acústico y de ordenación territorial, es decir, en todo lo que no sea un MER.

A nivel internacional se cuenta con la norma ISO 9613, partes 1, 2 y 3 (ésta última, de reciente publicación), para la modelización del ruido de industria en general [4]. Este método se adopta de forma general en numerosos países del mundo, incluidos los antes citados, para determinar el impacto acústico de los parques eólicos, a sabiendas de que, aunque tiene algunas limitaciones técnicas, como el tratamiento de las bajas frecuencias, es la mejor técnica disponible en estos momentos de conocimiento. En este sentido, en Dinamarca se incluye el ruido en la banda de octava de 20 Hz para la determinación del impacto en el interior de viviendas en el modelo nacional Nord2000 [5,6]. Un escollo importante es que el método CNOSSOS EU presenta, como indica de forma expresa en su declaración, es que “las infraestructuras industriales que emiten ruidos tonales fuertes o impulsivos, según se describe en la norma ISO 1996-2:2007, no recaen dentro del ámbito de aplicación”.

Por otro lado, la principal deficiencia que encontramos de la aplicación del método CNOSSOS EU no es tanto del método en sí, como de su aplicación de forma simplificada por parte de las consultoras, ampliamente aceptada por las administraciones responsables de la protección de la población frente al ruido ambiental de parques eólicos. A falta de datos de condiciones de propagación en el medio aéreo, en España se acepta (de forma no expresa) simplificarlas a 3 supuestos para la modalidad de propagación favorable: Día 50% / Tarde 75% / Noche 100%. El resto del tiempo, se deben aplicar condiciones homogéneas de propagación. Ocupándonos del ruido de parques eólicos, es obvio que esta deficiencia puede arrastrar importantes errores en los resultados de la modelización, dado que su propagación en el medio depende absolutamente de las condiciones atmosféricas y, en especial, del viento.

La tercera cuestión que está por determinar, fuera del alcance de este trabajo, pero no menos fascinante, es la no existencia de un índice que recoja la molestia del ruido de parques eólicos sobre la población afectada. Es destacable que en España los valores “límite” legales no siguen las recomendaciones de la OMS de 45 dBA para  $L_{den}$  [7], con 55-65 dBA establecidos como objetivos de calidad acústica en viviendas son mucho más permisivos que los recomendados por la OMS para usos sensibles como el residencial [8].

En el campo de la salud humana y de la percepción del ruido se lleva trabajando duro, pero no hay todavía una metodología consensuada. Se sabe, por ejemplo, que el efecto de la amplitud modulada generada por las perturbaciones aerodinámicas de las aspas y su transmisión al interior de las viviendas es un aspecto poco caracterizado, pero clave en la molestia [9, 10, 11]. Así mismo, se debería profundizar en las frecuencias por debajo de la capacidad auditiva humana, pues la perturbación en la presión atmosférica generada por las turbulencias al paso de las aspas se encuentra dentro de frecuencias por debajo de los 20 Hz, se percibe como una vibración de amplitud modulada a través del cuerpo y puede tener efectos sobre la salud [12,13].

## 2. CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO EMITIDO POR LOS AEROGENERADORES

Los aerogeneradores que se están instalando en los últimos tiempos son cada vez de mayor potencia, lo que se logra mediante una mayor superficie de barrido, es decir, cada vez son más grandes. Los estudios científicos publicados quedan, por tanto, algo anticuados porque se

hicieron con modelos de menor tamaño, pero sirven para ilustrar la naturaleza de la radiación acústica de estos cuerpos.

Sirvan las siguientes imágenes para ilustrar el fenómeno.

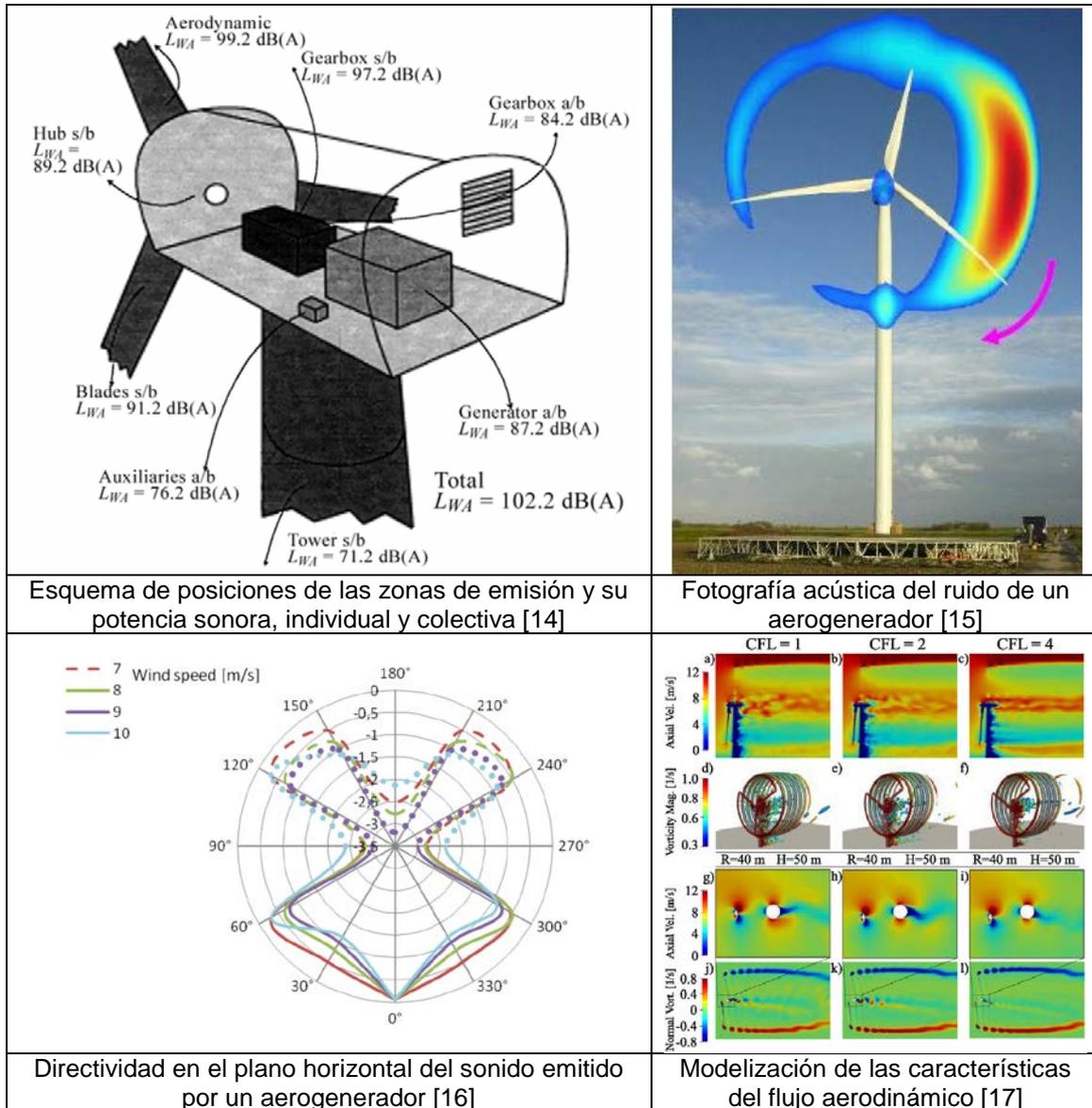


Figura 1 – Ilustraciones del comportamiento acústico y aerodinámico de un aerogenerador

Como se observa en la imagen del primer cuadro, el ruido aerodinámico es el que tiene una mayor potencia acústica en el conjunto de la instalación [14]. En la segunda imagen se muestra gráficamente el comportamiento como un dipolo del ruido del aerogenerador, con una manifiesta asimetría en el plano vertical [15]. En la tercera imagen se muestra la directividad en el plano horizontal, alcanzándose +3,5 dBA de presión sonora en la posición del receptor situada a sotavento [16]. Y en el último cuadro se muestra un ejemplo de que cada vez se cuenta con herramientas matemáticas más poderosas que están ilustrando las turbulencias generadas a sotavento por estas máquinas [17], y cómo alcanzan la superficie terrestre, que es donde se encuentran los receptores sensibles.

Por tanto, puede concluirse que la clave del impacto está en el ruido aerodinámico, concretamente en el ruido de salida de la pala (*trailing edge noise*), que en situaciones de

elevadas velocidades de viento es el ruido dominante en los aerogeneradores, con picos de frecuencia entre los 500 Hz y 1.500 Hz [18] (esta peculiaridad se recoge el modelo Nord2000 pero no en la ISO 9613-2) y que, dentro de esta característica, la mayor potencia de radiación acústica se debe ubicar en el extremo de las palas a las 3 horas de un disco virtual vertical y no en el rotor, como indica la UNE-EN 61400-11 [19].

### 3. ¿CÓMO SE TRABAJA EN ESPAÑA CON LA MODELIZACIÓN DEL RUIDO DE AEROGENERADORES?

Al estar este tipo de proyectos sometidos a evaluación de impacto ambiental, es posible acceder fácilmente a los estudios acústicos que se adjuntan a este procedimiento en las diferentes administraciones.

La inmensa mayoría de estudios de ruido presentados de los proyectos de parques eólicos, en donde se trata de caracterizar una situación acústica futura basándose en los mapas de ruido obtenidos con los softwares comerciales y en base a CNOSSOS-EU desde que éste es obligatorio (desde el año 2019), únicamente tienen en cuenta una fuente de ruido puntual por aerogenerador que, en todos los casos, se representa en el buje, en la parte trasera del rotor, tal y como indica la norma UNE-EN 61400-11 [19], mediante la potencia sonora aparente  $L_{WA,k}$ . Si pensamos que el diámetro de la mayor parte de los rotores actuales oscila entre los 120 m y 170 m, esta suposición podría conducirnos a errores significativos en la modelización.

Es común aplicar una regla preventiva sencilla, que es limitar la distancia a 500 m medidos en proyección horizontal, para las poblaciones próximas a los aerogeneradores. Consideramos que esta regla debe revisarse, porque hemos visto en modelizaciones propias que la isófona de 45 dBA alcanza en ocasiones distancias de más de 800 m. En Dinamarca, esta distancia se establece en 4 veces la altura del aerogenerador, incluyendo el rotor [5].

Por otro lado, con frecuencia en estos estudios el emisor se implementa como un punto omnidireccional que emite las 24 horas del día los 7 días de la semana, con la creencia de que así se obtiene la situación pésima para los receptores situados en el entorno. Los resultados (mapas de ruido) de estos escenarios simplificados aparecen en forma de círculos concéntricos que, a todo lo más, se adaptan a la topografía del terreno y de otros obstáculos existentes a su alrededor, como edificaciones. Es decir, no se tienen en cuenta las recomendaciones de la normativa, que indica que al modelo CNOSSOS EU se le debe definir la direccionalidad de la fuente, el tiempo de emisión efectivo, y que para la atenuación atmosférica "se debe usar la media meteorológica a largo plazo en caso de que la información meteorológica se encuentre disponible". Todo ello a pesar de que las ingenierías de desarrollo cuentan con esos datos para el cálculo de la productividad y viabilidad económica, así como la rosa de los vientos dominantes de la zona de implantación.

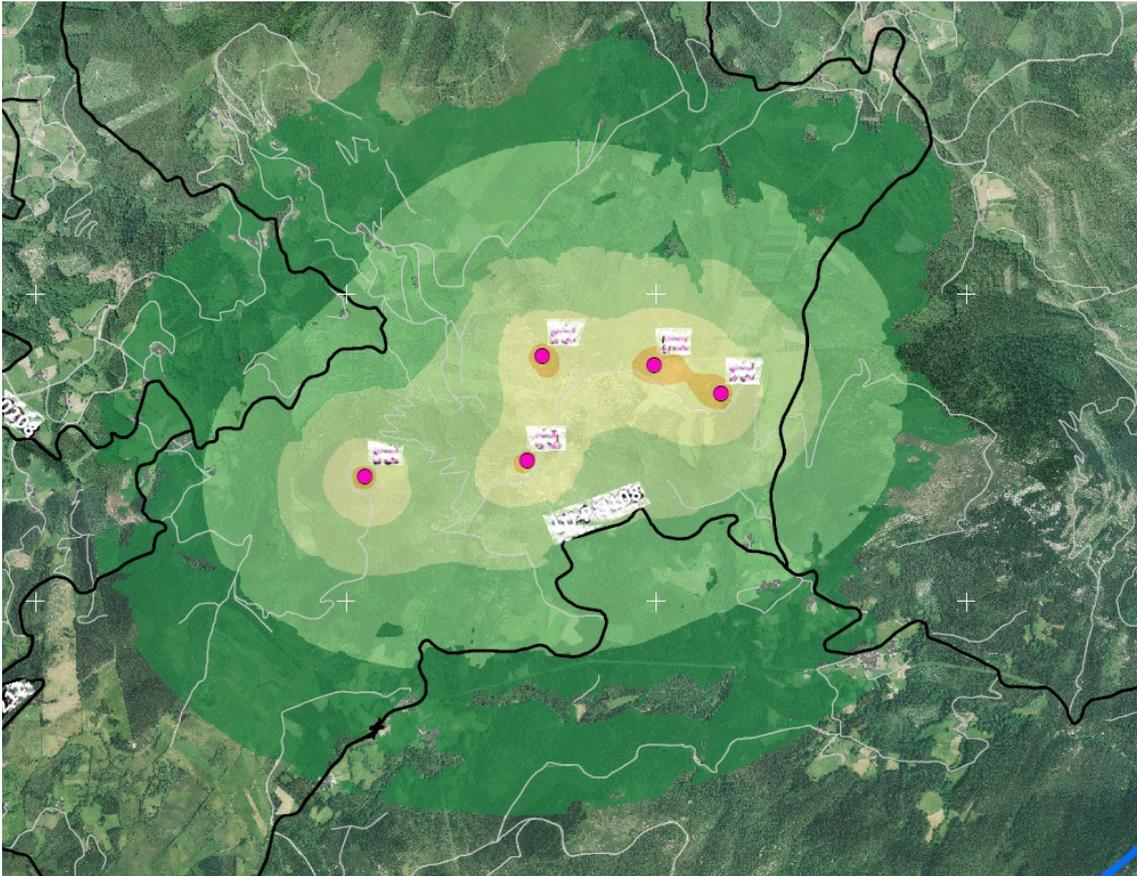


Figura 2 – Ejemplo de un mapa de ruido (representación de  $L_d$ ), incluido en un estudio de impacto ambiental sometido a Información Pública en el proceso de EIA

Además, la evaluación de la inmisión sobre poblaciones se efectúa con frecuencia con los objetivos de calidad acústica, en vez de con los valores límite para fuentes industriales, por lo que raramente estos estudios de modelación acústica arrojan resultados negativos o de existencia de algún tipo de afección por ruido. Esto es contrario a la normativa.

#### 4. CONCLUSIONES

No hay ningún país de nuestro entorno en que se aplique de forma obligatoria el modelo CNOSSOS EU para la modelación de ruido de parques eólicos. Este modelo expresa que quedan fuera de su alcance los ruidos tonales fuertes o impulsivos, según se describe en la norma ISO 1996-2:2007.

Se debería considerar la conveniencia de aplicar la norma ISO 9613-2, a la que se podrían incorporar las bandas de 20 y 32 Hz, como método interino en tanto el conocimiento no haya profundizado en las molestias de los aerogeneradores sobre la población residente del entorno. Está próxima la aprobación de la norma IEC-61400-11-2 para establecer técnicas de medida de la inmisión de ruido de eólicos en el receptor, que pretende recoger fenómenos descritos anteriormente, como la amplitud en la modulación y las bajas frecuencias [20].

Se debería considerar como mínimo la recomendación de la OMS de limitar el ruido incidente sobre edificaciones residenciales de 45 dBA en el indicador  $L_{den}$  a la hora de permitir nuevos proyectos eólicos.

Las consultoras no están contemplando habitualmente en los modelos de propagación con CNOSSOS EU la directividad de la fuente, ni los tiempos de emisión, ni las condiciones

meteorológicas de propagación, a pesar de que estos dos últimos datos están disponibles por parte de las ingenierías de proyecto. Las administraciones responsables deberían exigir la implementación de estos datos en los estudios de nuevos proyectos eólicos.

## AGRADECIMIENTOS

A nuestras respectivas familias, por la paciencia con la que tratan a dos locos.

## REFERENCIAS

- [1] Asociación empresarial eólica. *La eólica en el Mundo*. <https://aeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-en-el-mundo/> (consulta en línea 29/09/2022).
- [2] INCE Europe. *International Conferences on Wind Turbine Noise (WTN)* <https://www.windturbineoise.eu/> (consulta en línea 29/09/2022).
- [3] Orden PCM/80/2022, de 7 de febrero, por la que se modifica el anexo II del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental. *Boletín Oficial del Estado*, BOE 35, de 10/02/2022. <https://www.boe.es/boe/dias/2022/02/10/pdfs/BOE-A-2022-2120.pdf>
- [4] CTN74. *ISO 9613-2: 2020. Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de presión sonora*. AENOR. Madrid.
- [5] Jakobsen, J. 2012. Danish Regulation of Low Frequency Noise from Wind Turbines. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*, 31 (1): 239-246.
- [6] Danish Statutory Order No. 1284. <https://docs.wind-watch.org/DK-statute-wind-turbine-noise.pdf>
- [7] WHO (OMS). *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. WHO. 2018. <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289053563> (consulta en línea 29/09/2022).
- [8] Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. *BOE* 254, de 23/10/2007. <https://www.boe.es/boe/dias/2022/02/10/pdfs/BOE-A-2022-2120.pdf>
- [9] Fernandez, F. A., Burdisso, R. A., and Arenas, J. P. 2017. Indoor simulation of amplitude modulated wind turbine noise. *Wind Energ.*, 20: 507– 519. doi: 10.1002/we.2019
- [10] Lotinga, M. et al. 2017. A review of the human exposure-response to amplitude-modulated wind turbine noise: health effects, influences on community annoyance, methods of control and mitigation. *ICBEN Congress on Noise as a Public Health Problem. Zurich 2017*.
- [11] Evangelia Karasmanaki. 2022. Is it safe to live near wind turbines? Reviewing the impacts of wind turbine noise. *Energy for Sustainable Development* 69(8): 87-102. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2022.05.012>
- [12] Van Kamp, I; van den Berg, F. 2018. Health effects related to wind turbine sound, including Low-frequency sound and infrasound. *Acoust. Aust.* 46: 31-57. <https://doi.org/10.1007/s40857-017-0115-6>
- [13] Bolin, K. et al. 2011. Infrasound and low frequency noise from wind turbines: exposure and health effects. *Environ. Res. Lett.* 6. doi:10.1088/1748-9326/6/3/035103
- [14] Wagner, S. et al. 1996. *Wind Turbine Noise*. Springer, Berlin.
- [15] Oerlemans, S. 2011. *Wind turbine noise: primary noise sources*. NLR-TP-2011-066. National Aerospace Laboratory NLR. Amsterdam, Países Bajos.

- [16] Friman, M. *Directivity of sound from wind turbines. A study on the horizontal sound radiation pattern from a wind turbine*. Department of Aeronautical and Vehicle Engineering. The Marcus Wallenberg Laboratory of Sound and Vibration Research. Stockholm. 2011.
- [17] Oliveira, M. de, et al. 2022. Blade-resolved numerical simulations of the NREL offshore 5 MW baseline wind turbine in full scale: A study of proper solver configuration and discretization strategies. *Energy* 254: 124368. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124368>
- [18] Deshmukh, S et al. 2019. Wind turbines noise and its mitigation techniques: A review. *Energy Procedia* 160: 633-640.
- [19] Comité técnico AEC/CTN206. *UNE-EN 61400-11:2013 Aerogeneradores. Parte 11: Técnicas de medida de ruido acústico*. 2013. AENOR, Madrid.
- [20] Rosao, V. et al. 2021. Necessary adjustments in ISO 9613-2 and CNOSSOS (industries) methods for noise forecasting in Wind Farms. *Euronoise 2021*. Madeira, Portugal.