

ENERGIA EÒLICA

Serveis d'Enginyeria Acústica i Vibracions



R

“És preferible una resposta aproximada a la pregunta correcta, tot sovint imprecisa, que una resposta exacta a una pregunta incorrecta que sempre podrà precisar-se tant com desitgem”

John W. Tukey

Preguntes correctes porten a respostes correctes

“No tinc per què jurar fidelitat a les paraules de cap mestre”

Horaci

La part positiva d'un problema sense solució aparent és el plaer que produeix trobar-la

“Jo defenso que la simbiogènesi és el resultat d'una convivència a llarg termini i que és la principal font d'innovació evolutiva en tots el llinatges dels organismes superiors no bacterians”

Lynn Margulis

Una comunicació fluïda constitueix la base per seguir progressant

ICR

Ingeniería para el Control del Ruido (ICR) és una enginyeria acústica amb seu a Barcelona dedicada a la solució de problemes de soroll i de vibracions.

Fundada el 1995 per professionals amb més de 20 anys d'experiència en el camp de la vibroacústica, ofereix els últims avenços en mètodes d'anàlisi per a sectors tan diversos com el del ferrocarril, l'automoció, l'energia eòlica, la indústria o la construcció.

La filosofia de l'empresa és oferir sempre la solució més eficient per a cada problema vibroacústic dels seus clients. Per això, la majoria dels esforços d'ICR s'han dipositat en R+D, amb l'objectiu de desenvolupar nous mètodes predictius i d'anàlisi. Aquest perfil innovador ha permès a la empresa participar des dels seus inicis en nombrosos projectes internacionals i nacionals. En alguns casos, aquests projectes s'han traduït en la transferència de tecnologia pròpia des de ICR als seus clients.

Els clients d'ICR disposen d'una total transparència en cada un dels passos realitzats durant el temps que dura cada estudi acústic. D'aquesta manera, el client obté el *know-how* necessari per escollir la millor opció per a cada situació. Així mateix, els serveis d'ICR inclouen la realització d'un software i mètodes de mesura fets a mida per a cada client pugui disposar de mitjans propis per resoldre qualsevol problema que pugui trobar en el seu treball diari.

L'equip de mesura d'ICR és capaç d'analitzar, de manera simultànea, una gran quantitat de punts, permetint determinar una solució eficient a problemes de soroll i de vibració reals.

El personal de l'empresa està format per doctors, físics i enginyers. Aquest ampli coneixement i experiència permet analitzar qualsevol problema de soroll i vibracions des d'un punt de vista global i especialitzat. El resultat és sempre un bon diagnòstic de cada problema vibroacústic i la proposta de la millor solució. Perquè cada problema és únic i requereix una resposta òptima.



Mesures de soroll en un parc eòlic.

Teoria i assatjos

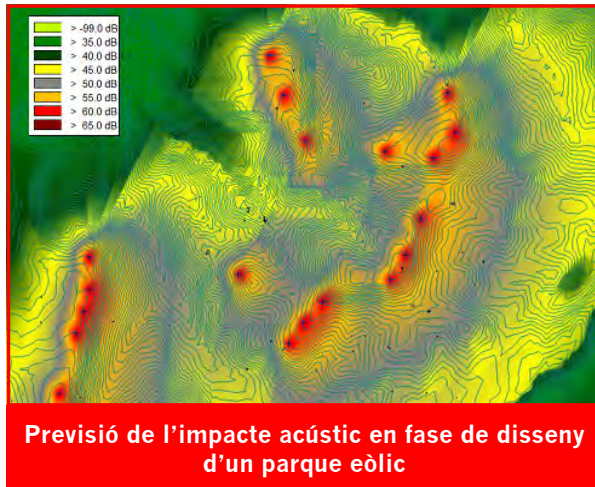
Gràcies a la seva trajectòria, ICR ha sabut adaptar-se a les necessitats del mercat, i des de fa uns anys treballa activament pel sector eòlic, amb l'objectiu de determinar la seva viabilitat en termes d'impacte ambiental acústic mitjançant la realització d'estudis complets i determinar el compliment de la normativa.

La magnitud dels parcs eòlics està suposant unes exigències tècniques en matèria de soroll i vibracions que impliquen tant als parcs en el seu conjunt com als aerogeneradors.

Per aquesta raó, ICR actua en cada una de les fases d'implementació d'un parc: fase de disseny dels aerogeneradors la finalitat dels quals és obtenir estimacions reals del futur comportament vibroacústic del mecanisme, estudis complets tant per avaluar l'impacte ambiental acústic generat pel funcionament d'un parc ja construït, com per a preveure'l encara en fase de disseny, etc.



Estudi acústic en un parc eòlic.



Previsió de l'impacte acústic en fase de disseny d'un parque eòlic

Soroll i Vibracions en fase de disseny

Per esbrinar el soroll o les vibracions que pot arribar a produir un mecanisme com un aerogenerador abans de ser construït, ICR combina l'anàlisi teòric amb una sèrie d'assaigs *in situ*. Com a conseqüència, ha estat necessari adaptar varis mètodes específics amb la finalitat de poder preveure i comprovar a posteriori, el comportament acústic o vibratori de l'aerogenerador.

Algunes d'aquestes metodologies estan destinades a realitzar càlculs de previsió i a l'anàlisi experimental del comportament del producte en fase de desenvolupament, evitant d'aquesta manera possibles problemes futurs.

L'objectiu no és només limitar el soroll emès sinó, també, minimitzar les vibracions per limitar les càrregues dinàmiques capaces de provocar trencaments, i a la vegada, reduir els costos de manteniment, per exemple dels engranatges.

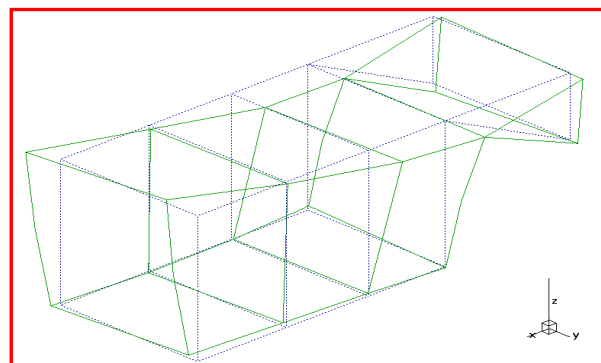
Entre aquests mètodes destaquen:

- Elements Finitos (FEM)
- Elements de Contorn (BEM)
- *Ray-Tracing*
- Anàlisi Estadístic Energètic (SEA)
- Aeroacústica
- Anàlisi Modal
- ATPA (*Advanced Transfer Path Analysis*)
- Inversió de models

Anàlisi Modal

Mitjançant l'**Anàlisi Modal Experimental (EMA)** es determinen els modes propis (deformades, freqüències i esmoreïments propis) d'una estructura mitjançant l'aplicació d'un protocol de mesura de les funcions de transferència entre vibracions i forces. Amb aquesta informació s'obté un model dinàmic complet del sistema, permetent per exemple, conèixer la seva resposta a qualsevol excitació externa. D'aquesta manera s'identifiquen i corregeixen ressonàncies problemàtiques, o s'optimitzen els punts de recolzament d'equips fràgils.

Un cas habitual és l'anàlisi modal de l'estructura de la gòndola i dels equips que aquesta suporta (multiplicador, generador, armaris elèctrics). ICR atresora una important experiència en la realització d'anàlisi modal experimental als aerogeneradors a fàbrica o ja instal·lats al parc.



Mode propi de flexió del bastidor d'una gòndola d'aerogenerador

Al camp de R+D, ICR ha estudiat intensament l'aplicació de l'**Anàlisi Modal Operacional (OMA)** als aerogeneradors, desenvolupant mètodes absolutament innovadors a aquesta important metodologia.

L'OMA consisteix en un anàlisi modal de les vibracions amb l'aerogenerador en funcionament. A diferència del mètode tradicional, no necessita la mesura de forces. La realització d'assaigs en condicions de funcionament real de l'aerogenerador permet obtenir un model experimental que té en compte les particularitats del comportament en operació.

Mesures segons norma IEC 61400

ICR caracteritza la potència acústica dels aerogeneradors en funció de les mesures de pressió sonora que marca la norma IEC 61400. Aquesta normativa específica un procediment de mesura que permet caracteritzar les emissions de soroll d'un aerogenerador respecte a una gamma de velocitats i direccions de vent.

Aquesta classe de mesures són realitzades per ICR de forma estricta i rigorosa. D'acord amb la mateixa norma, també realitza mesures de directivitat, paràmetre bàsic pel posterior càlcul dels nivells de soroll generats per les instal·lacions dels molins.



Mesura de potència acústica segons IEC 61400 part 11



Estudi d'impacte medi ambiental d'un parc eòlic

Estudis d'impacte acústic

Els parcs eòlics s'aproximen cada vegada més a zones habitades i el soroll que produeixen comença a ser un factor fonamental en l'estudi de la seva viabilitat. Amb aquest objectiu així com el de complir amb les actuals normatives medi ambientals, ICR realitza estudis complets tan per a avaluar l'impacte acústic ambiental generat pel funcionament d'un parc ja construït, com per a preveure l'impacte d'un parc encara en fase de disseny.

El mètode desenvolupat per ICR es divideix en varies fases; en primer lloc, efectua una caracterització acústica de la zona mitjançant mesures *in situ* per a conèixer exactament la seva situació prèvia. Una vegada coneguts aquestes dades, simula un model teòric en el que es combinen l'acústica de l'entorn natural amb la dels aerogeneradors. Per últim i amb els resultats a la mà, ICR proposa les solucions més adequades per a cada cas.

Adaptant les mesures reals prèvies de soroll al model numèric s'està en condicions de calibrar-lo, aconseguint així, els resultats amb la màxima fiabilitat.

ICR s'encarrega de la viabilitat acústica des de la fase del disseny d'un parc fins després de la seva implementació

Formació a Mida

Per a cada sector on treballa, ICR ofereix serveis específics de formació als professionals que l'integren.

En el sector eòlic, els cursos s'imparteixen tan als fabricants d'aerogeneradors com als responsables de planificar, gestionar i construir els parcs eòlics. Per a cada un d'ells es desenvolupa un temari adaptat a les seves necessitats, i en el què s'introdueixen conceptes d'acústica, a la vegada que es relacionen amb la normativa actual.

Impacto Acústico Ambiental de un Parque Eólico

En los siguientes pasos obtendremos los parámetros especificados por la ISO 9613 de forma simple para calcular el nivel de presión sonora en un punto receptor:

ICR

Curs d'impacte ambiental

Les empreses més importants del país ja han realitzat els cursos d'ICR

Curs d'Impacte Acústic d'un Parc Eòlic

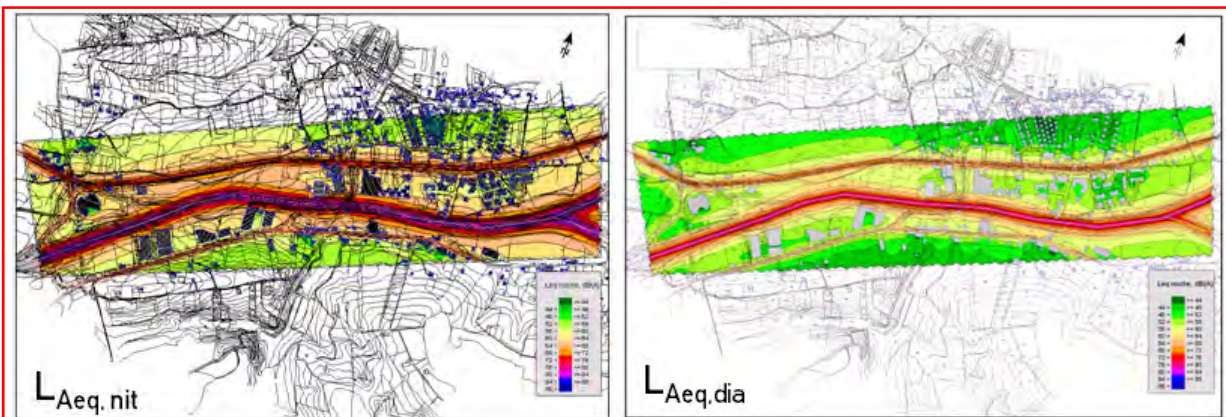
El Curs d'Impacte Acústic d'un parc eòlic està pensat perquè qualsevol persona, sense coneixements previs d'acústica, pot arribar a tenir un criteri acústic per poder entendre les normatives, tan de mesura com de càlcul medi ambiental.

Aquest curs està dividit en tres parts:

1. Introducció a l'acústica bàsica per entendre i dominar les normatives medi ambientals.
2. Estudi d'impacte acústic ambiental d'un parc eòlic,
3. Realització de varis exemples pràctics.

El punt destacant de la jornada és el desenvolupament d'un estudi d'impacte acústic ambiental d'un parc eòlic especialitzat en les mesures de soroll de fons segons la NFS 31-010 i la Pr NFS 31-114, i un model de previsió acústica segons la normativa ISO 9613-2.

El curs té una duració de tres dies, tot i que pot variar depenent del temari, degut a que ICR ofereix la possibilitat d'ajustar cada curs als menesters del client fins el punto de fer-lo totalment personalitzat. Per aquest motiu, la jornada està tenint molt bona acollida entre els principals agents del sector del país.



Curs d'impacte ambiental - Comparació del càlcul L_{Aeq}

Projectes d'acústica i vibracions en l'Energia Eòlica

Tot i que són pocs els anys que ICR porta involucrada en el sector de l'energia eòlica, compte amb un significatiu número de projectes, entre els quals destaquen els següents:

- Curs d'impacte acústic ambiental en parcs eòlics degut a la instal·lació d'un nou parc. Suzlon Wind Energy España.
- Estudi d'impacte acústic en un parc eòlic de Vestas localitzat a Dubai. Modelització mitjançant software CadnaA a partir de dos passos. Vestas.
- Estudi acústic en un transformador de ABB, líder global en tecnologies electrotècniques i d'automatització, en la seva fàbrica de Shangai. Inclou mesures de nivell de potència segons norma IEC 60076-1, test de tonalitat segons norma IEC61400-1 i proposta de solucions. ABB.
- Projecte I+D "InVent: Automatic Operational Modal Analysis (OMA) per determinar els modes de vibració en l'estructura d'un aerogenerador". Determinació dels modes propis dels aerogeneradors de manera automatitzada a partir de mesures amb els aerogeneradors en funcionament. Alstom Ecotecnia.
- Assessoria acústica per evaluar el grau de molestia provocat per un aerogenerador situat en el parc eòlic de Les Forques I a l'exterior de dos vivendes afectades pel soroll. Mesures de soroll *in situ*, estimació dels nivells sonors mitjançant l'aplicació de models de simulació amb CadnaA bastats en la normativa ISO 9613 i proposta de solucions d'apantallament. Gamesa Corporación Tecnológica S.A.
- Estudi de predicció de l'impacte ambiental per a la posada en marxa de tres nous parcs eòlics a Catalunya i determinació de les possibles solucions. Gamesa Corporación Tecnológica S.A.
- Estudi de previsió de l'impacte acústic ambiental per a la posada en marxa d'un nou parc eòlic a Gomera (18 MW), situat al terme municipal d'Osuna (Sevilla). Gamesa Corporación Tecnológica S.A.
- Estudi del nivell de potència acústica generat pels sistemes de ventilació de l'aerogenerador ECO 100 d'Alstom Wind. Caracterització de la situació de partida mitjançant Inversió de Models per obtenir els valors de potència acústica de cada una de les fonts de soroll modelades. Realització de mesures sonomètriques per estimar l'increment de soroll degut a la connexió dels ventiladors interiors amb l'aerogenerador. Mesures realitzades segons normativa IEC-61400. Alstom Wind.
- Estudi de les resonàncies acústiques presents en el disc d'acoplament elàstic situat entre el generador i el multiplicador d'un prototip de l'aerogenerador ECO 100. Alstom Ecotecnia.
- Realització de mesures de potència acústica en un aerogenerador d'Alstom Ecotecnia a Villavalliente segons normativa IEC 61400/11. Creació d'un model acústic de l'entorn mitjançant simulació numèrica de la situació inicial i determinació de les característiques acústiques de l'aerogenerador. Alstom Ecotecnia.
- Estudi de les vies de transmissió de soroll i vibració segons mètode ATPA en el prototip d'un aerogenerador per avaluar la influència dels seus sistemes de ventilació sobre el soroll total emès. Alstom Wind.



EXPERIÈNCIA

- Anàlisi Modal Experimental (EMA) en el tren de potència de l'aerogenerador ECO 100 d'Alstom Wind en la seva fàbrica de Buñuel (Navarra). Anàlisi en dos configuracions: parell de forces i sense parell de forces sobre eix lent. Alstom Wind.
- Anàlisi Modal Experimental (EMA) a la gondòla de l'aerogenerador ECO 80 d'Alstom Ecotecnia a Buñuel (Navarra). Alstom Ecotecnia.
- Anàlisi Modal Experimental (EMA) per analitzar els modes de vibració de l'estructura del bastidor posterior del prototip de l'aerogenerador ECO 100 d'Ecotecnia, així com els modes locals del transformador i el generador, Buñuel (Navarra). Alstom Wind.
- Curs personalitzat d'acústica ambiental per a la instal·lació d'un nou parc eòlic. Gamesa Corporació Tecnològica S.A.
- Curs d'acústica i aeroacústica de rotors basat en acústica bàsica, principis d'aeroacústica i aplicacions de motors rotatoris. Alstom Wind.
- Curs complert especialitzat basat en un estudi d'impacte ambiental acústic en un parc eòlic. Vestas.



Ingeniería para el Control del Ruido

Berruguete, 52. (Vila Olímpica Vall d'Hebron)
08035 Barcelona. España - Tel/Fax. +34 93 428 63 39
E-mail: icr@icrsl.com
www.icrsl.com