

Normas IEC para aerogeneradores y sistemas aislados con Energías Renovables

Webinar - Proyectos de Investigación PIO,
PI 29/A412 y 29/D084

Mg. Ing. Rafael Oliva
20 de agosto de 2021



Contenidos

- **ENERGÍA EÓLICA, INTRODUCCIÓN Y TECNOLOGÍAS**
- **SERIE DE NORMAS IEC 61400, ASPECTOS RELATIVOS A LA CONSTRUCCIÓN Y MODELIZACIÓN**
- **TIPOS DE CONEXIÓN A RED Y PROBLEMÁTICA DE LAS REDES DÉBILES**
- **IEC 61400-12-1, CURVA DE POTENCIA, ETIQUETADO Y LA PRUEBA DE DURACIÓN EN EL CASO DE LA IEC 61400-2**
- **SERIE DE NORMAS IEC 62257 DE ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍAS RENOVABLES**
- **CONCLUSIONES**



Introducción: La conversión de energía del viento

Masa de aire en movimiento,
velocidad y dirección variable

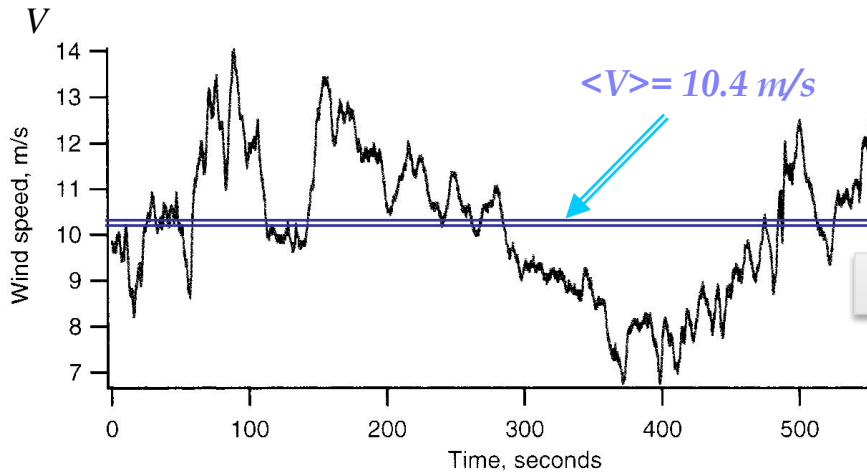
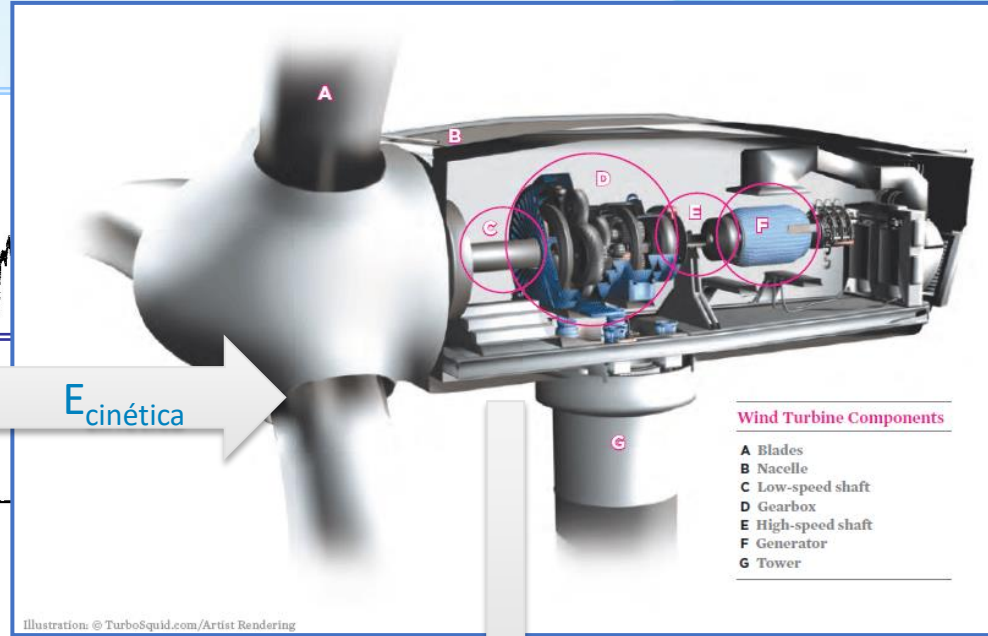


Figure 2.14 Sample wind data

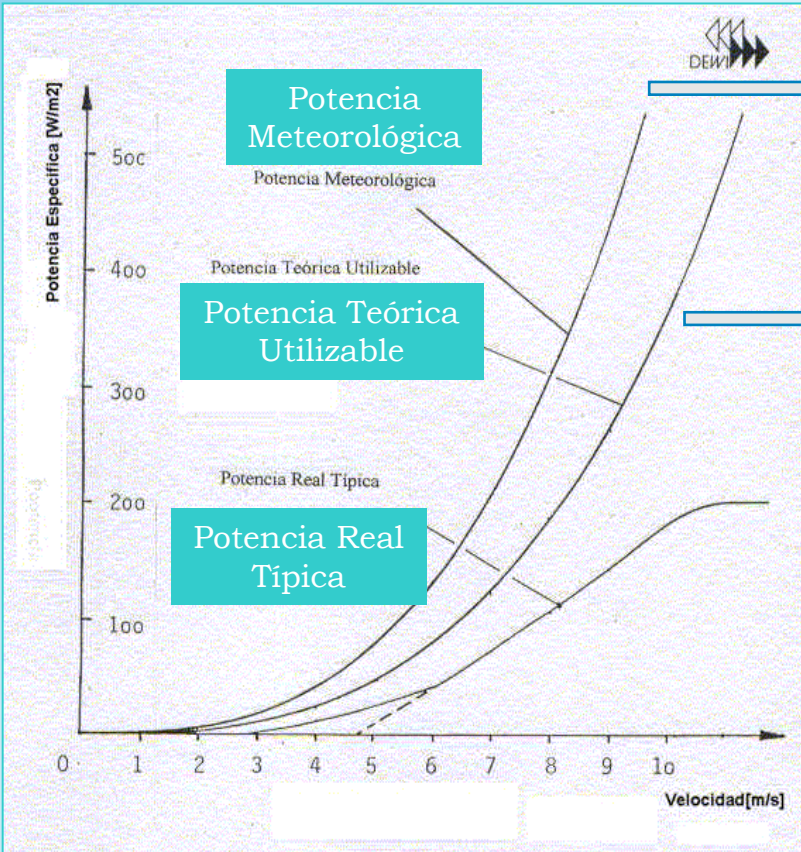
$V =$ velocidad de viento [m/s]

$\rho =$ densidad del aire [kg/m^3]; $\rightarrow (\rho_0 = 1,225 \text{ kg/m}^3, \text{ muy baja})$

$\text{Energía} = \text{Potencia} \times \text{Tiempo} [\text{J} \text{ ó } \text{kWh}]$



Introducción: la energía en el viento



$$P = \frac{1}{2} \rho V_N^3 \quad [\text{W/m}^2]$$

$$P = \frac{1}{2} \rho C_p V_N^3 \quad [\text{W/m}^2]$$

Rendimiento aerodinámico C_p

Rendimiento máquina

$$P = \frac{1}{2} \rho C_p \eta_{TS} V_N^3 \quad [\text{W/m}^2]$$

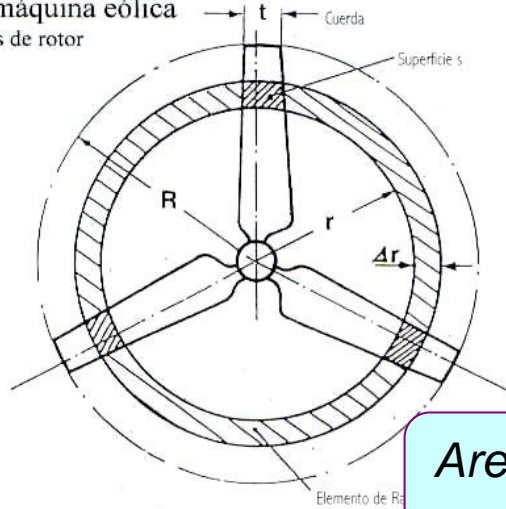
Potencias Eólicas Específicas

(independientes del área barrida)

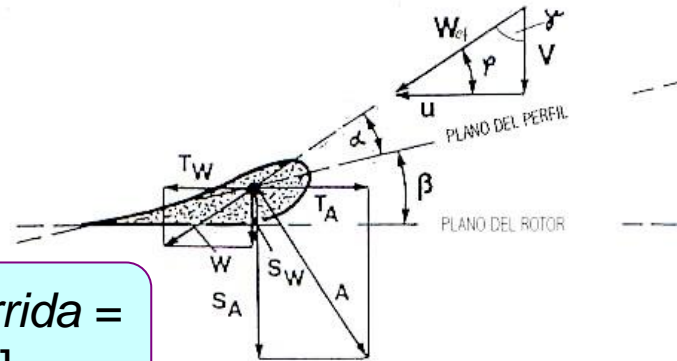


Introducción: Potencia de una máquina eólica típica

Rotor de máquina eólica
Elementos de rotor



PERFIL AERODINAMICO EN ROTACION



Area barrida =
[m²]

$$P = \frac{1}{2} \rho C_p \eta_{TS} V_N^3 \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) \quad [\text{kW}] \quad (1.3.1a)$$

donde η_{TS} es el rendimiento drive - train + generador [0.7 a 0.95] y C_p el coeficiente de potencia [0.3 a 0.5]



Sistemas eólicos – Limitación de Potencia

$$P = \frac{1}{2} \rho C_p \eta_{TS} V^3 \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) = f(\rho, V, \omega, \beta) \quad \text{ya que } C_p = g(V, \omega, \beta)$$

$\beta = v$ ángulo variable de pala
 $\omega =$ velocidad giro rotor

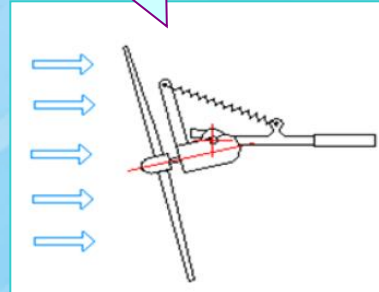
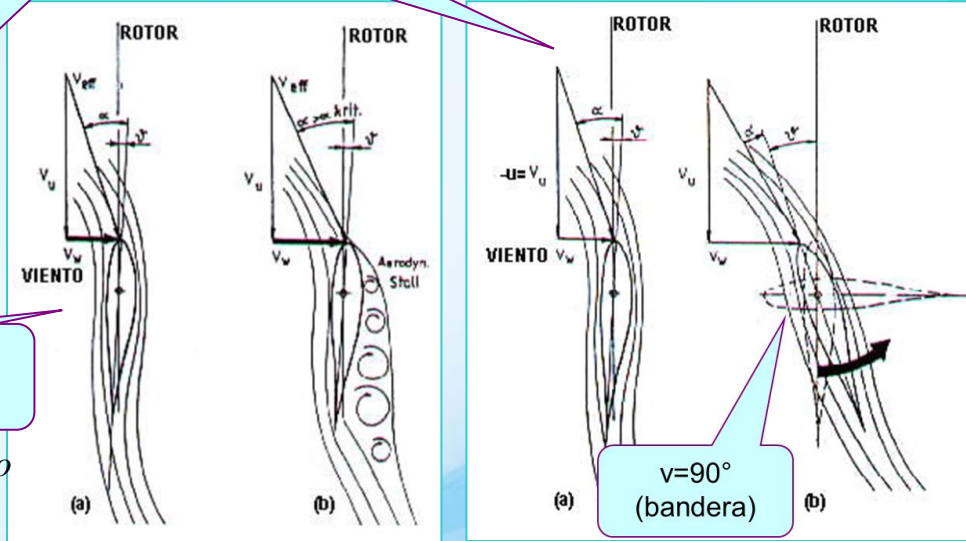
Función fuertemente alineal: se utilizan diversos mecanismos para limitar P

Pitch

Furling o plegado (baja potencia)

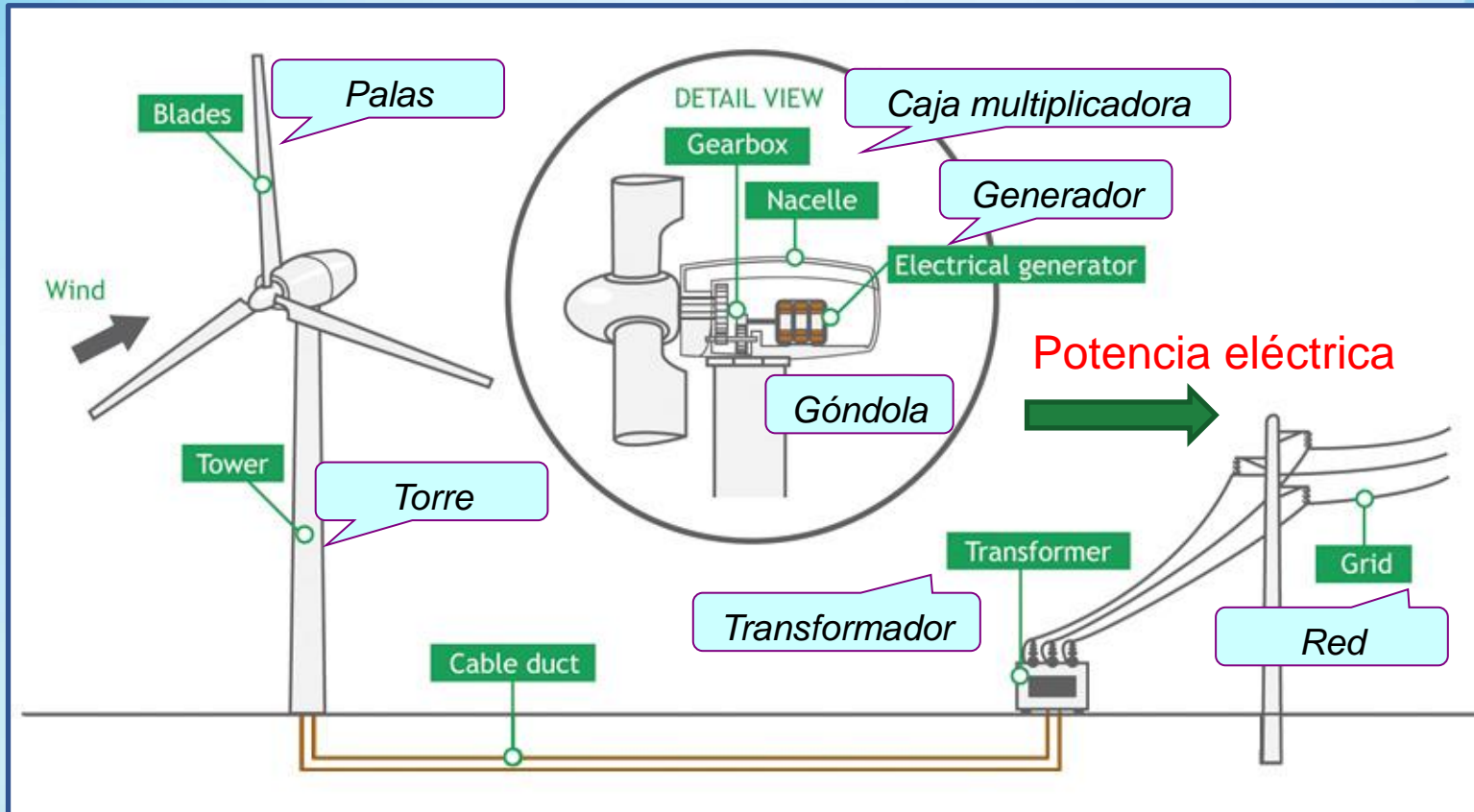
Stall (antiguo)

$\beta = v$ fijo



$v=90^\circ$
(bandera)

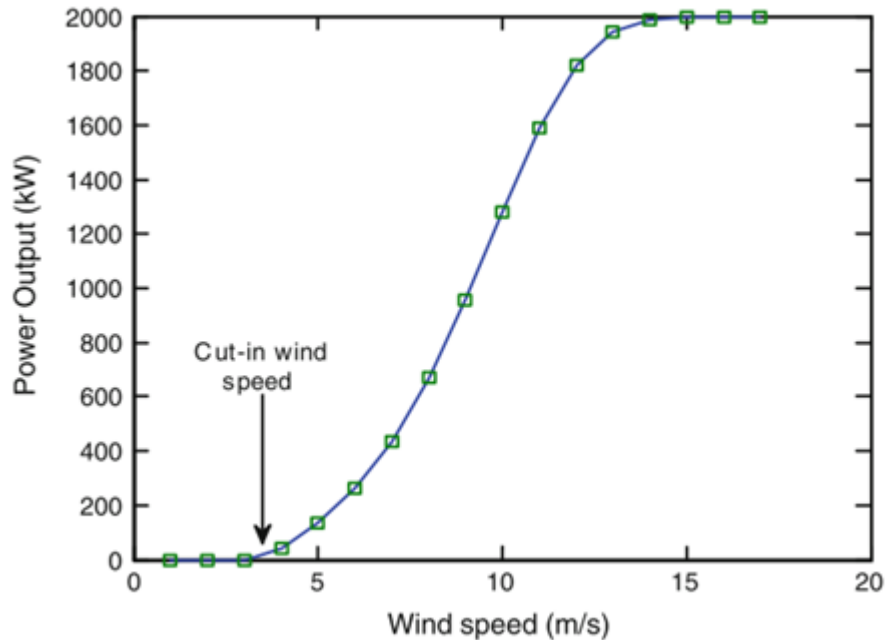
Sistemas eólicos en red - Funcionamiento



Sistemas eólicos en red - curva de potencia típica

Curva de potencia de Vestas V80 Pitch (2MW) conectada a red ideal

Fig. 1.3 Vestas 2 MW V80 wind turbines

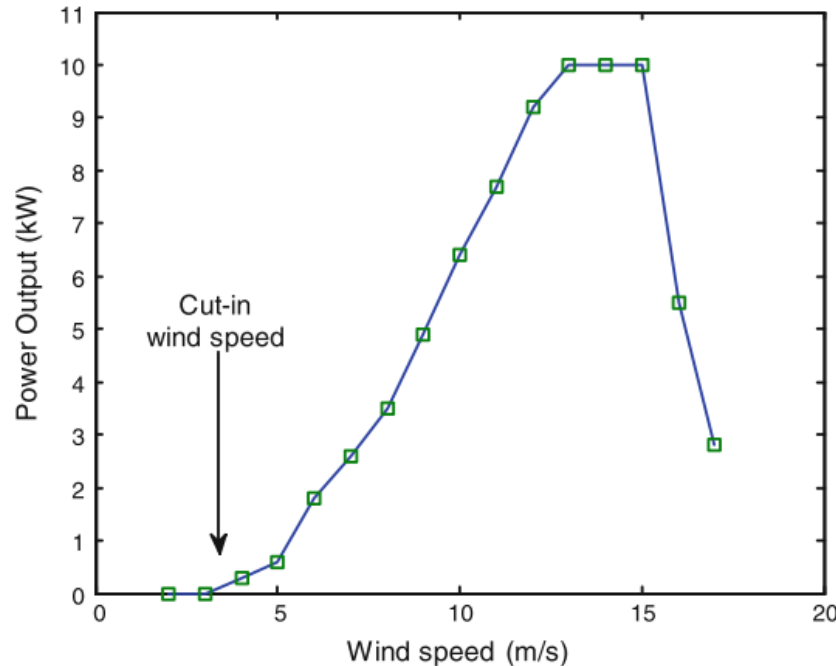


Pequeñas Turbinas Eólicas (PTEs) – Comparación con máquinas grandes

*Bergey Excel 10
Furl + Pitch tors.*

Fig. 1.4 Power Curve for the 10 kW Bergey BWC Turbine at Sea Level. Data from www.retscreen.net (accessed 4 Apr 2010)

Fuente: D. Wood “Small Wind Turbines - Analysis, Design, and Application” Springer V. 2011 - ISBN 978-1-84996-174-5



Sistemas eólicos – Comparación máquinas grandes con PTEs

Table 1.1 Power and power coefficient variation with wind speed for the Vestas V80 2 MW and Bergey XL 10 kW turbines

Wind speed (m/s)	Vestas V80 2 MW		Bergey XL 10 kW	
	P (kW)	C_p	P (kW)	C_p
3	0	0	0	0
4	44.0	0.228	0.3	0.203
5	135.0	0.358	0.6	0.208
6	261.0	0.401	1.8	0.361
7	437.0	0.422	2.6	0.328
8	669.0	0.433	3.5	0.296
9	957.9	0.435	4.9	0.291
10	1279.0	0.424	6.4	0.277
11	1590.0	0.396	7.7	0.251
12	1823.0	0.350	9.2	0.231
13	1945.0	0.294	10.0	0.197
14	1988.0	0.240	10.0	0.158
15	2000.0	0.196	10.0	0.128
16	2000.0	0.162	5.5	0.058
17	2000.0	0.135	2.8	0.025

Data from www.retscreen.net (accessed 4 Apr 2010)

Fuente: D. Wood “Small Wind Turbines - Analysis, Design, and Application” Springer V. 2011 - ISBN 978-1-84996-174-5

Tabla comparativa de P y C_p para Vestas V80 Pitch (2MW – $D=80m$) y Bergey XL (10 kW $D=7 m$)

En general, las PTEs con C_p mas bajos que máquinas grandes

C_p (max)=0.69 (límite de Betz)



Normativa IEC para máquinas eólicas

- LA SERIE **IEC 61400** (IEC – COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL) ES UN CONJUNTO DE REQUERIMIENTOS DE INGENIERÍA PARA ASEGURAR QUE LAS MÁQUINAS EÓLICAS SEAN DISEÑADAS ADECUADAMENTE PARA OPERAR SEGÚN ESPECIFICACIÓN Y SOBREVIVIR DURANTE SU VIDA ÚTIL.

- SE OCUPA DE LA MAYOR PARTE DE LOS ASPECTOS QUE CONCIERNEN EL CICLO COMPLETO DE UNA TURBINA EÓLICA:

CONDICIONES DE EMPLAZAMIENTO ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN

DISEÑO DE COMPONENTES DE LA TURBINA.

FABRICACIÓN DE GENERADORES, TORRES, PALAS

ENSAYO DE LOS COMPONENTES Y DE LAS TURBINAS

OPERACIÓN DE LAS TURBINAS EÓLICAS.

Normativa IEC para máquinas eólicas

- **LAS MÁQUINAS EÓLICAS SON HABITUALMENTE MUY COSTOSAS Y EXIGEN UNA IMPORTANTE INVERSIÓN ANTES DE SER MONTADAS Y PUESTAS EN FUNCIONAMIENTO.**
- **ALGUNOS DE LOS ESTÁNDARES DE LA SERIE 61400 PROVEEN CONDICIONES TÉCNICAS PREVIAS PARA QUE UN ENTE INDEPENDIENTE CALIFICADO VERIFIQUE EN TODO EL PROCESO, DE FORMA DE HACER ACUERDOS CON LOS APORTANTES QUE PERMITAN LAS GRANDES INVERSIONES.**
- **LOS PRIMEROS TRABAJOS DE ESTANDARIZACIÓN COMENZARON EN 1995, CUANDO YA EXISTÍA UNA INCIPIENTE INDUSTRIA EÓLICA, PERO EL PRIMER ESTÁNDAR ACORDADO APARECIÓ RECIÉN EN 2001.**

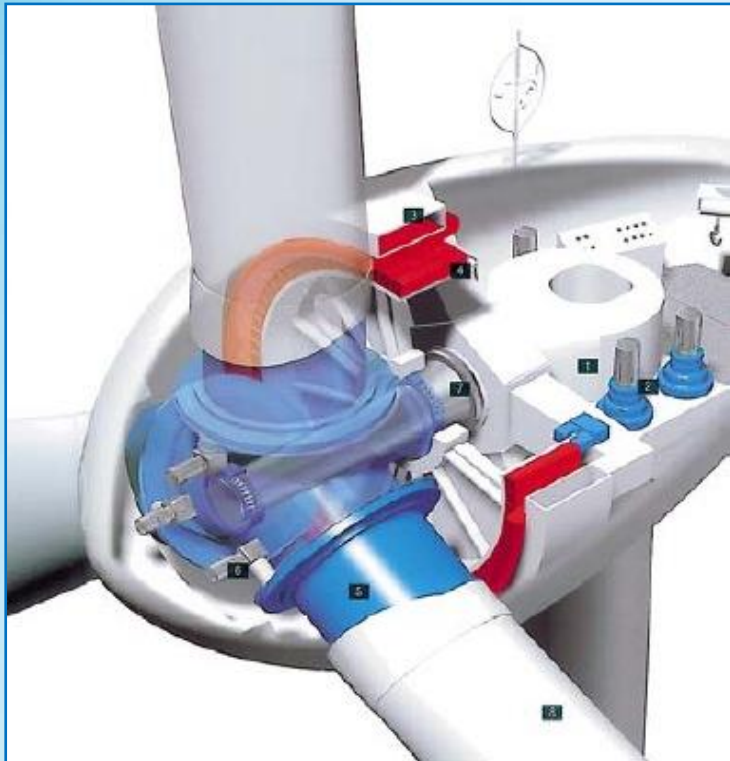
Normativa IEC para máquinas eólicas

- EL CONJUNTO DE ESTÁNDARES SE FORMÓ EN BASE EN MUCHOS CASOS A NORMAS LOCALES DE DISTINTOS PAÍSES (**GERMANISCHER LLOYD, DEWI, AWEA, BWEA**) Y SE FUERON INTEGRANDO EN UNA BASE PARA CERTIFICACIÓN GLOBAL DE LAS TURBINAS EÓLICAS.
- LA NORMATIVA BASE DE DISEÑO PARA TURBINAS EÓLICAS ESTÁ CONTENIDA EN LA **IEC 61400-1** (LA ÚLTIMA VERSIÓN ES LA 4.0 DE 2019). LAS PEQUEÑAS TURBINAS EÓLICAS, HABITUALMENTE CON SUPERFICIES BARRIDAS DE HASTA 200 m² ($D < 15.9$ M) SE ENGLOBALAN EN LA NORMA SIMPLIFICADA **IEC 61400-2** (ULTIMA VERSIÓN 2013), AUNQUE ES POSIBLE DISEÑAR TURBINAS DE BAJA ESCALA DE ACUERDO CON LA NORMA MADRE **61400-1**

IEC 61400-1 [HTTPS://WEBSTORE.IEC.CH/PUBLICATION/26423](https://webstore.iec.ch/publication/26423)

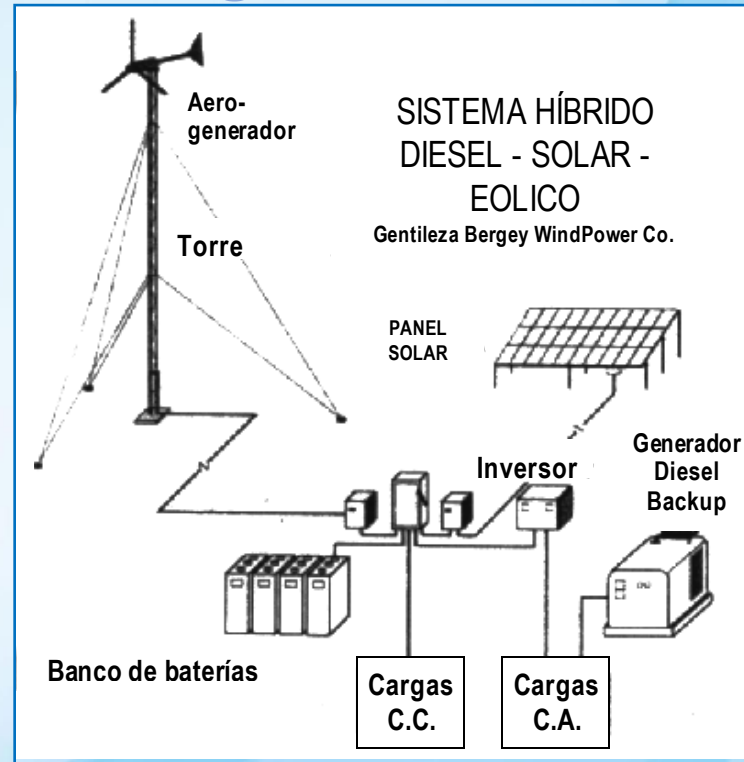


Sistemas eólicos – comparación según normas IEC



Turbinas eólicas en red

R.OLIVA / WEBINAR PIO/PI AEA 14 **IEC 61400-1**



Pequeñas Turbinas Eólicas – Aisladas
o en conexión a red: **IEC 61400-2**



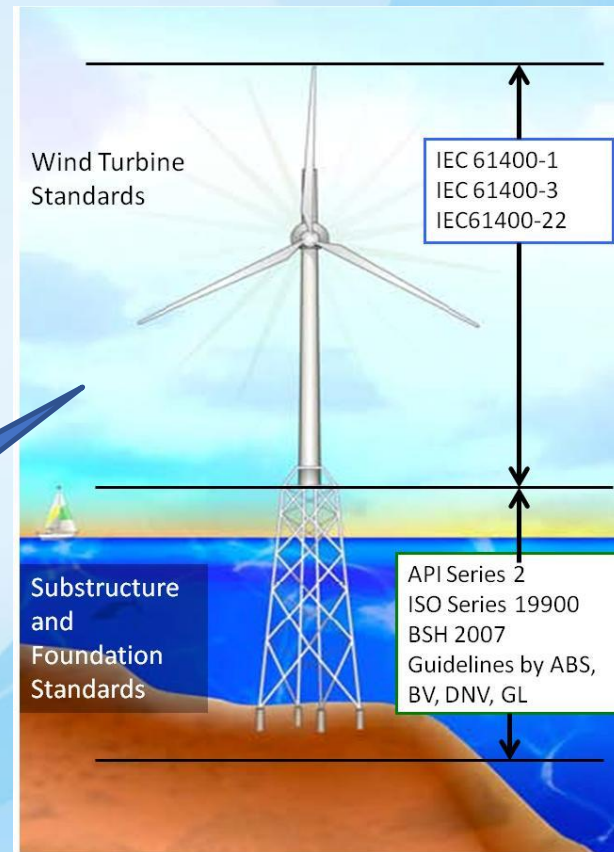
Universidad Nacional de la Patagonia Austral
AREA ENERGÍAS ALTERNATIVAS



Normativa IEC para Energía Eólica

- EN ALGUNOS CASOS ESPECÍFICOS, (EJ. TURBINAS OFFSHORE **IEC-61400-3**) SE APLICAN NORMAS BASE Y NORMAS LOCALES DE ACUERDO AL PAÍS DE EMPLAZAMIENTO

Normativa para instalar máquinas offshore en EEUU: La **IEC61400-22** es certificación de tipo y de proyecto



Clases constructivas de acuerdo a norma IEC

- IEC 61400-1

CLASIFICACIÓN (2014) GRANDES MÁQUINAS

V_{ref} = Velocidad de referencia

Una turbina diseñada para una clase de viento con V_{ref} puede sobrevivir en condiciones climáticas en las que el valor extremo del promedio de 10min de velocidad de viento, con una recurrencia de 50 años a la altura de cubo es $\leq V_{ref}$

En Patagonia Sur
Clase I ó S

Table 1 – Basic parameters for wind turbine classes¹

Wind turbine class		I	II	III	S
V_{ref}	(m/s)	50	42,5	37,5	Values specified by the designer
A	I_{ref} (-)	0,16			
B	I_{ref} (-)	0,14			
C	I_{ref} (-)	0,12			

A,B,C Clases de Turbulencia

In Table 1, the parameter values apply at hub height and V_{ref} is the reference wind speed average over 10 min, A designates the category for higher turbulence characteristics, B designates the category for medium turbulence characteristics, C designates the category for lower turbulence characteristics and I_{ref} is the expected value of the turbulence intensity² at 15 m/s.

I_{ref} = Intensidad de turbulencia a 15 m/s



Normativa IEC para Energía Eólica

- IEC 61400-2 CLASIFICACIÓN (2013) PEQUEÑAS MÁQUINAS

En Patagonia Sur **Table 1 – Basic parameters for SWT classes**
Clase I ó S

SWT class		I	II	III	IV	S
V_{ref}	(m/s)	50	42,5	37,5	30	Values to be specified by the designer
V_{ave}	(m/s)	10	8,5	7,5	6	
I_{15} (Note 2)	(-)	0,18	0,18	0,18	0,18	
a	(-)	2	2	2	2	

NOTE

- 1) the values apply at hub height, and;
- 2) I_{15} is the dimensionless characteristic value of the turbulence intensity at 15 m/s, where 0,18 is the minimum value that shall be used, and noting that Annex M discusses observations regarding turbulence intensity;
- 3) a is the dimensionless slope parameter to be used in Equation (7).

V_{ref} = Velocidad de referencia

Una turbina diseñada para una clase de viento con V_{ref} puede sobrevivir en condiciones climáticas en las que el valor extremo del promedio de 10min de velocidad de viento, con una recurrencia de 50 años a la altura de cubo es $\leq V_{ref}$

I_{15} = Intensidad de turbulencia a 15 m/s

$$\sigma_1 = I_{15}(15 + aV_{hub}) / (a + 1)$$



Normativa IEC para Energía Eólica

- Variaciones de corto plazo del viento

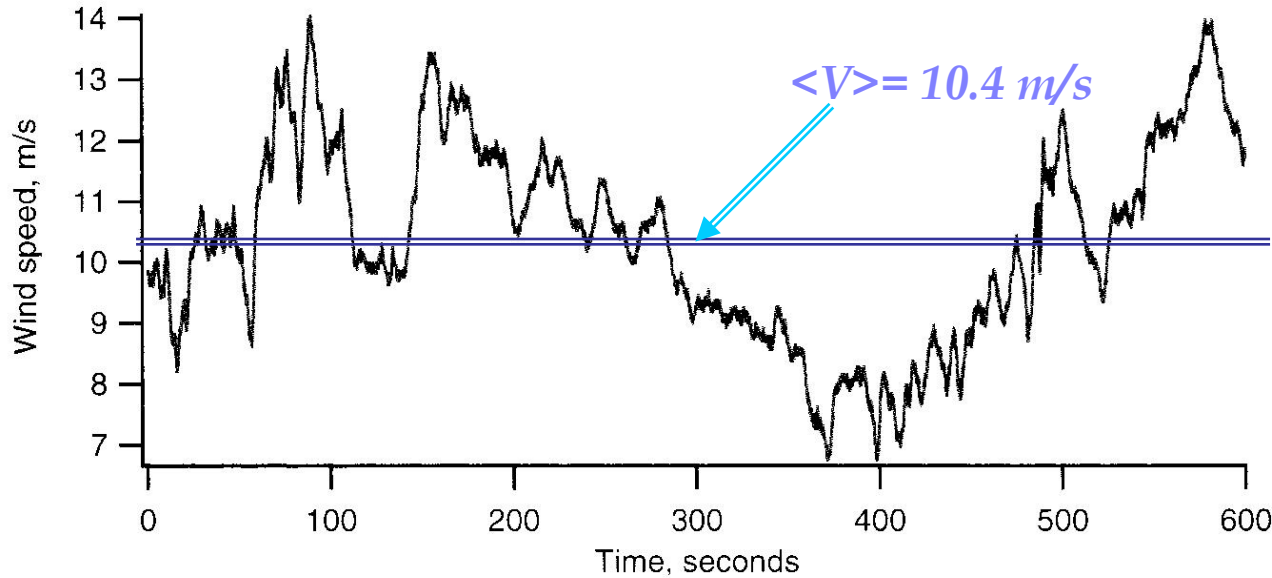


Figure 2.14 Sample wind data

La turbulencia afecta a las palas sobre todo, y la durabilidad del equipo depende mucho de las condiciones de operación

Ejemplo: Intensidad de turbulencia para una muestra con promedio 10.4 m/s

VIENTO COMO FENÓMENO ALEATORIO: Grafica de 10 minutos de mediciones, muestreadas a 8 Hz, $\langle V \rangle = 10.4 \text{ m/s}$ $N_T = 600 \times 8 = 4800 \text{ muestras}$



Normativa IEC para Energía Eólica

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD MEDIA DE VIENTO:

$$\langle V \rangle = \frac{1}{N_T} \sum_{i=1}^{N_T} V_i = 10.4 \text{ m/s} \quad (\text{I})$$

VARIANZA Y DESVÍO ESTANDAR ("DISPERSIÓN"):

Varianza

$$\sigma^2 = \frac{N_T}{N_T - 1} \sum_{i=1}^{N_T} (V_i - \langle V \rangle)^2 \quad [\text{m}^2/\text{s}^2] \quad (\text{II})$$

$N_T = 4800$ muestras de V_i

Desvío
Estandar

$$\Rightarrow \sigma = 1.63 \text{ [m/s]}$$



Normativa IEC para Energía Eólica

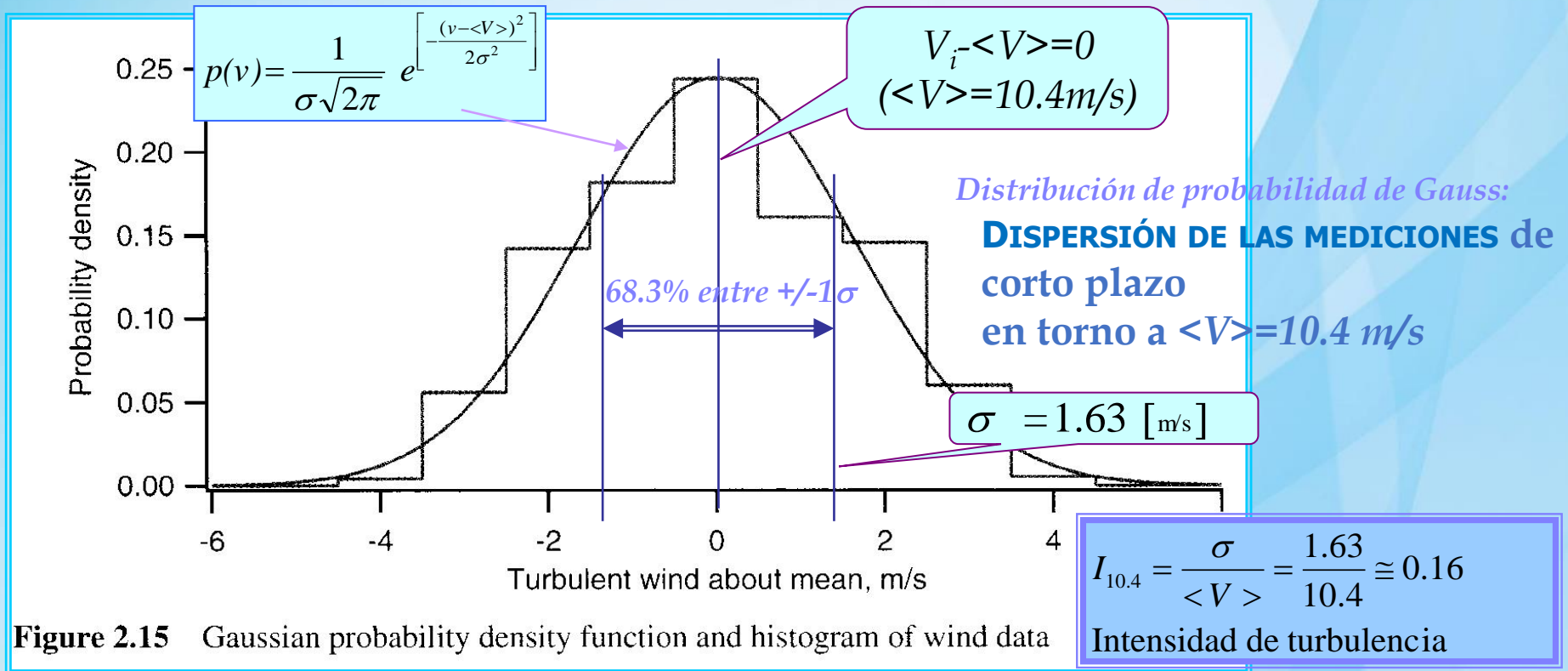


Figure 2.15 Gaussian probability density function and histogram of wind data

Normativa IEC para Energía Eólica

EXPRESIÓN GENERAL DE LA INTENSIDAD DE TURBULENCIA, UTILIZADA EN IEC 61400-1 Y IEC 61400-2

$$v(t) = \langle V \rangle + u(t)$$

$$I_u = \frac{\sigma}{\langle V \rangle} = \frac{1}{\langle V \rangle} \left[\frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} u^2 dt \right]^{1/2}$$

Expresión general :Intensidad de turbulencia

(el valor medio de $u(t) = 0$) - $T_s = 10\text{min}$ en IEC 61400 - 2

Fuente: D. Wood “Small Wind Turbines - Analysis, Design, and Application”
Springer V. 2011 - ISBN 978-1-84996-174-5

$$f_j = \frac{N_j}{N_T} = p(V_j) \quad ; \text{probabilidad de tener una Velocidad } V_j, \text{ con } j = 1, 2, 3 \dots N_B$$

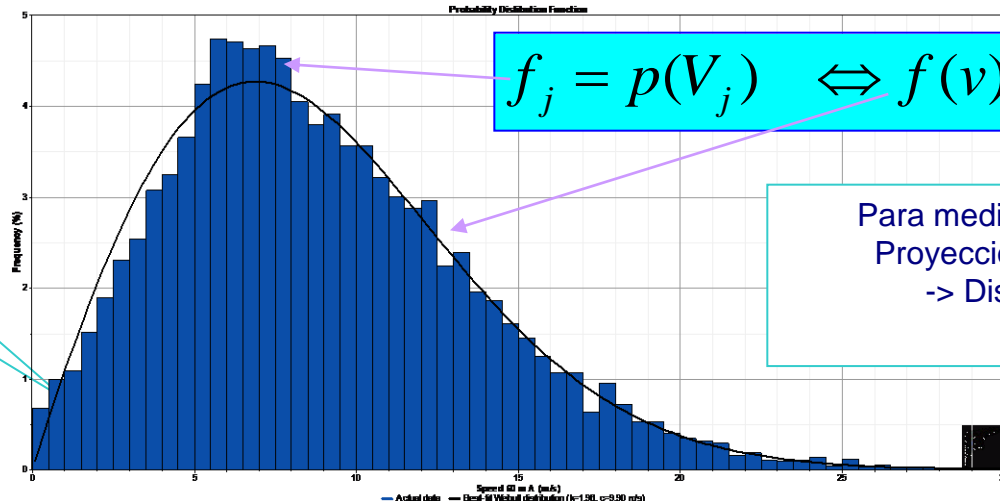
Frecuencias == probabilidad

Debe cumplirse que las
probabilidades sumen 1 !

$$\sum_{j=1}^{N_B} p(V_j) = 1$$

$$P(V_a < V < V_b) = \sum_{j=a}^b p(V_j)$$

Probabilidad de viento
entre $V_{\text{bin}=a}$ y $V_{\text{bin}=b}$



$$f_j = p(V_j) \Leftrightarrow f(v) = p(v)$$

"bin" centrado
en 10 m/s

Para mediciones de largo plazo y
Proyecciones de un sitio a otro
-> Distribución continua
de probabilidad



Media
Anual

$$\langle V \rangle = \int_0^{\infty} v f(v) dv$$

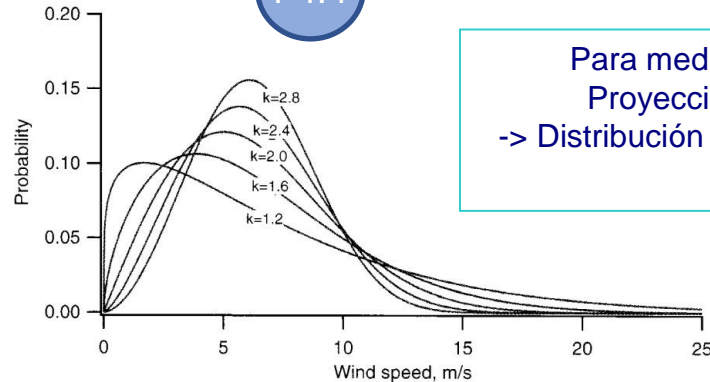
F4.3

donde $f(v)$ es la distribución de probabilidad.

$$f_w(v) = \frac{k}{A} \left(\frac{v}{A} \right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{A} \right)^k}; \quad A = \text{factor de escala [m/s]}, k = \text{factor de forma []} \quad (\text{VIII})$$

F4.4

Distribución de
Weibull -ii:
Muy utilizada para
caracterización de
sitios



Para mediciones de largo plazo y
Proyecciones de un sitio a otro
-> Distribución de probabilidad de Weibull-ii

Figure 2.29 Example Weibull distributions for $\bar{U} = 8$ m/s



Normativa IEC para Eólica

EN IEC 61400-1 Y IEC 61400-2

Rayleigh es Weibull para $k=2$

Se utiliza en las normas, solo requiere info de promedio $\langle V \rangle$

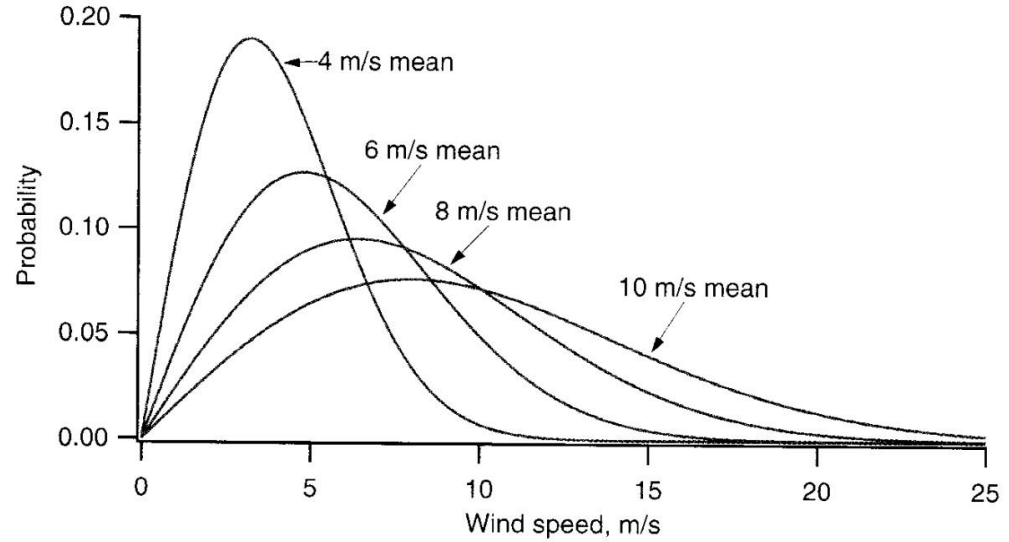


Figure 2.28 Example of Rayleigh distribution

$$f_R(v) = \frac{\pi}{2} \left(\frac{v}{\langle V \rangle} \right)^2 e^{-\frac{\pi}{4} \left(\frac{v}{\langle V \rangle} \right)^2} ; \langle V \rangle = \text{promedio [m/s]}, \text{ F4.5}$$

$$F_R(v) = 1 - e^{-\frac{\pi}{4} \left(\frac{v}{\langle V \rangle} \right)^2} \text{ F4.6}$$

Probabilidad acumulada (Rayleigh)

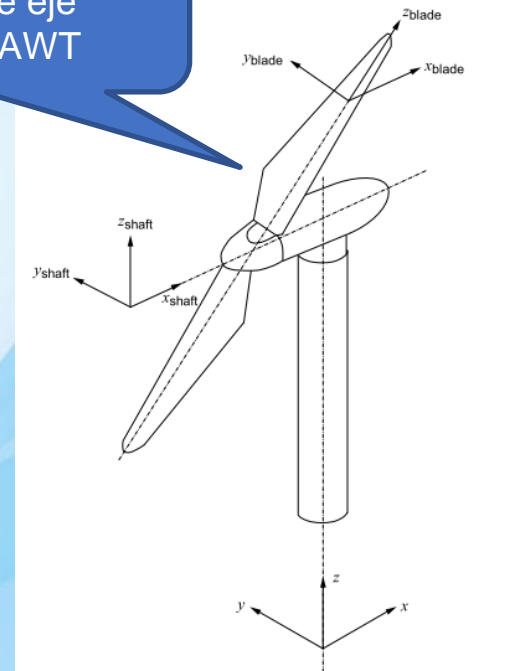


Normativa IEC para Energía Eólica

PEQUEÑAS TURBINAS EOLICAS: NORMA IEC-61400-2 (2013)

SE APLICA A AEROGENERADORES CON UN ÁREA BARRIDA DEL ROTOR MENOR O IGUAL A 200 m^2 , ($D < 7.98 \text{ m}$) GENERANDO ELECTRICIDAD A UNA TENSIÓN INFERIOR DE 1000 V EN CORRIENTE ALTERNA O DE 1500 V EN CORRIENTE CONTINUA PARA APLICACIONES EN RED Y FUERA DE RED.

Coordenadas para máquinas de eje horizontal HAWT

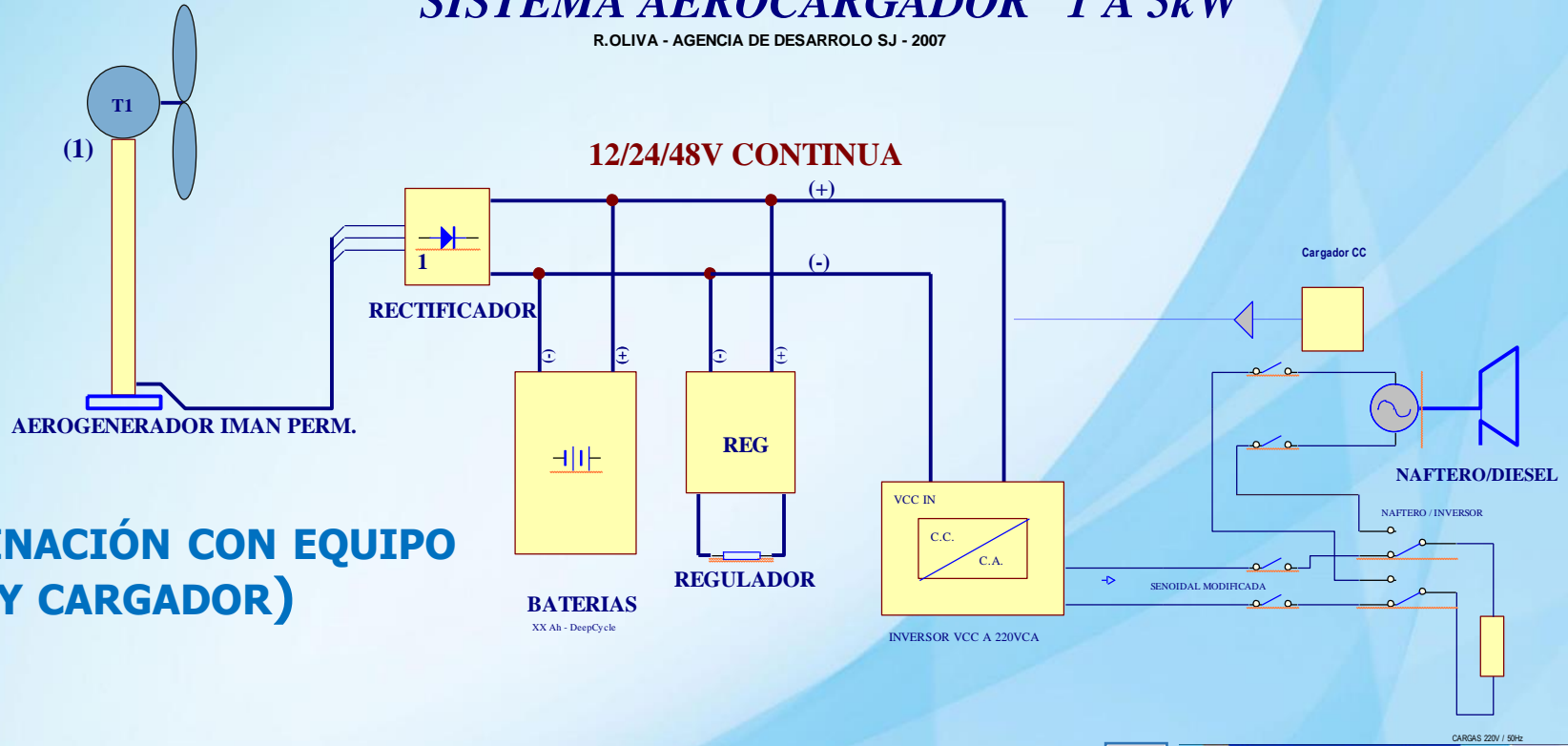


Normativa IEC para Energía Eólica

PEQUEÑAS TURBINAS EOLICAS: NORMA IEC-61400-2 (2013)
CONCIERNE A TODOS LOS SUBSISTEMAS DE AEROGENERADORES DE BAJA POTENCIA TALES COMO LOS MECANISMOS DE PROTECCIÓN, LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS INTERNOS, LOS SISTEMAS MECÁNICOS, LAS ESTRUCTURAS SOPORTE, LAS CIMENTACIONES Y LA INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA CON LA CARGA. UN SISTEMA DE AEROGENERADOR DE BAJA POTENCIA COMPRENDE LA TURBINA EÓLICA PROPIAMENTE DICHA, INCLUYENDO LA ESTRUCTURA SOPORTE, EL REGULADOR DE LA TURBINA, EL CONTROLADOR DE CARGA /INVERSOR (SI SE REQUIERE), EL CABLEADO Y CONECTORES, LOS MANUALES DE INSTALACIÓN Y DE UTILIZACIÓN Y OTRA DOCUMENTACIÓN.

SISTEMA AEROCARGADOR 1 A 5kW

R.OLIVA - AGENCIA DE DESARROLLO SJ - 2007



PTEs
(COMBINACIÓN CON EQUIPO
DIESEL Y CARGADOR)

Normativa, Aplicaciones, Certificación

PTES - ESCUELA RURAL GLENCROSS (1ER SISTEMA – 2009 CON AEA/UNPA)



Normativa, Aplicaciones, Certificación PTES - SISTEMAS – EN AEA/UNPA)

(IA) SISTEMA UNPA-UA RIO GALLEGOS

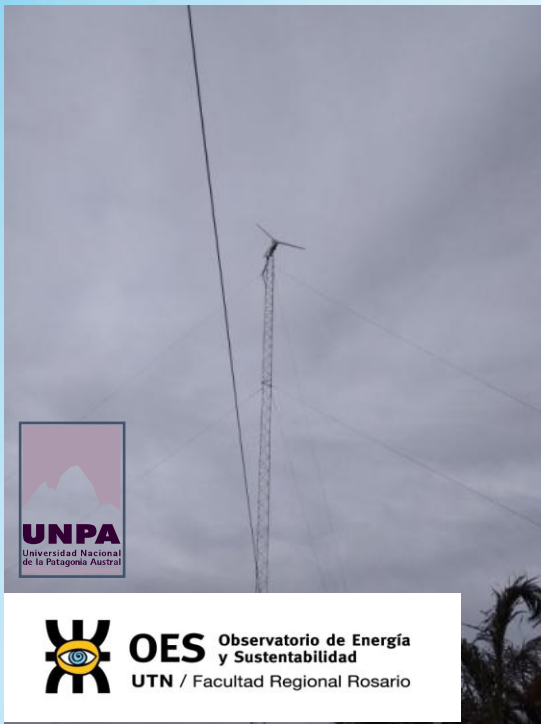


(II) SISTEMA UNPA-UA SAN JULIAN



Normativa, Aplicaciones, Certificación

PTES EN GENERACIÓN DISTRIBUIDA / COOPERATIVA CELAR / ARMSTRONG – SANTA FE



OES Observatorio de Energía
y Sustentabilidad
UTN / Facultad Regional Rosario



Wintec 1500 en
conexión a red



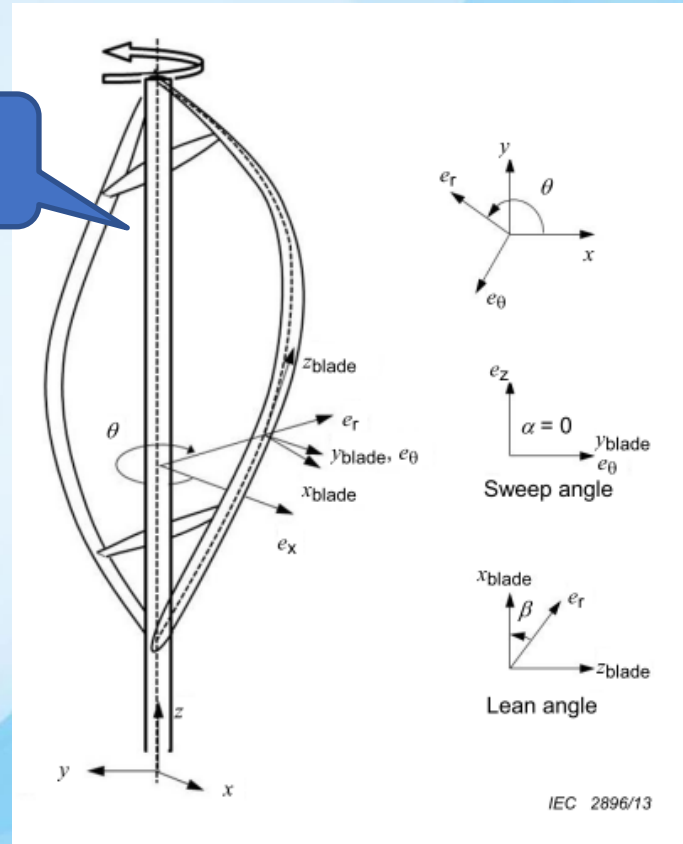
Normativa IEC para Energía Eólica

PEQUEÑAS TURBINAS EOLICAS: NORMA IEC-61400-2 (2013)

EJEMPLO AERO DARRIEUS EN UMAG/CHILE



Coordenadas
para máquinas
VAWT



Normativa IEC para Energía Eólica

PTE: NORMA IEC-61400-2 (2013) PARTES

A) EVALUACIÓN DEL DISEÑO: RECOGE LOS REQUISITOS MECÁNICOS Y TÉCNICOS QUE PERMITEN GARANTIZAR LA SEGURIDAD DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES, MECÁNICOS, ELÉCTRICOS Y DE CONTROL DE UN AEROGENERADOR Y SE APLICA EN: DISEÑO, FABRICACIÓN, INSTALACIÓN, MANTENIMIENTO, GESTIÓN DE LA CALIDAD Y DOCUMENTACIÓN.

B) ENSAYOS DE TIPO: LAS MUESTRAS DE ENSAYO DEBEN SER REPRESENTATIVAS DEL DISEÑO, DEL TIPO DE AEROGENERADOR O DEL COMPONENTE. DEBEN UTILIZARSE INSTRUMENTOS CALIBRADOS Y FRECUENCIAS DE MUESTREO APROPIADAS. DEBE PRESENTARSE UN INFORME CON UNA DESCRIPCIÓN COMPLETA DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO, LAS CONDICIONES DE ENSAYO, LAS ESPECIFICACIONES DE LA MÁQUINA Y LOS RESULTADOS DE ENSAYO.

PEQUEÑAS TURBINAS EOLICAS: NORMA IEC-61400-2 (2013)

SIMPLIFICACIONES EN REQUERIMIENTOS DE DISEÑO:

- **(A) PERMITE UTILIZAR EL SLM Ó *SIMPLE LOAD MODEL*, QUE SON UN CONJUNTO DE ECUACIONES SIMPLIFICADAS CON PARÁMETROS DE SEGURIDAD AMPLIOS. (SE PUEDE UTILIZAR UNA PLANILLA DE CALCULO)**
- **(B) AUNQUE SE SIGUE PERMITIENDO EL MODELO AEROLASTIC DE ESFUERZOS (EN RESPUESTA A CAMBIOS EN DIRECCIÓN Y RÁFAGAS) UTILIZADO EN LA IEC61400-1, QUE ES USADO EN GRANDES MÁQUINAS, EL SLM PERMITE PRESCINDIR DEL COSTOSO SOFTWARE ASOCIADO.**



PARTE VERIFICACIÓN DE DISEÑO EN IEC 61400-1 & -2

- **DEBIDO A LA NATURALEZA DEL VIENTO, LAS PTEs ESTAN EXPUESTAS A CARGAS ALTAMENTE VARIABLES.**
- **LAS CARGAS VARIABLES SON MÁS DIFÍCILES DE MODELAR QUE LAS ESTÁTICAS, PORQUE LOS MATERIALES SUFREN FATIGA.**
- **EL AIRE, QUE ES EL MEDIO DE TRABAJO, TIENE BAJA DENSIDAD POR LO CUAL LA SUPERFICIE A BARRER REQUERIDA ES COMPARATIVAMENTE GRANDE.**
- **LAS DIMENSIONES DE LOS DEMÁS COMPONENTES ESTÁN SUJETAS AL TAMAÑO BARRIDO. EL DISEÑO DE LOS COMPONENTES DEBE REALIZARSE PARA LA VIDA ÚTIL DEL EQUIPO**

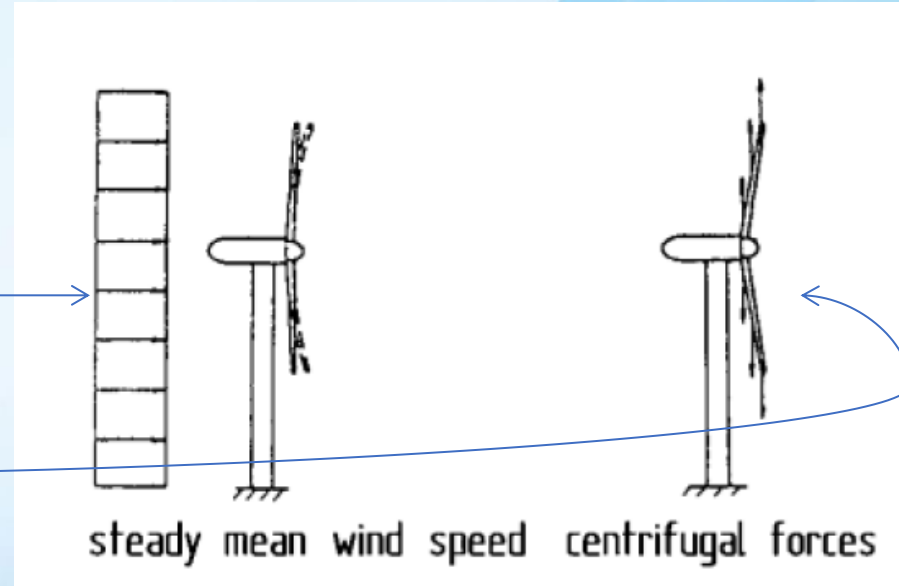


PARTE VERIFICACIÓN DE DISEÑO EN IEC 61400-1 & -2

• TIPOS DE CARGAS

I. CARGAS DE RÉGIMEN ESTACIONARIO

- CARGAS AERODINÁMICAS CON VIENTO UNIFORME
- FUERZAS CENTRIFUGAS DEPENDIENTES DEL TIEMPO, A VELOCIDAD DE GIRO UNIFORME



PARTE VERIFICACIÓN DE DISEÑO EN IEC 61400-1 & -2

• TIPOS DE CARGAS

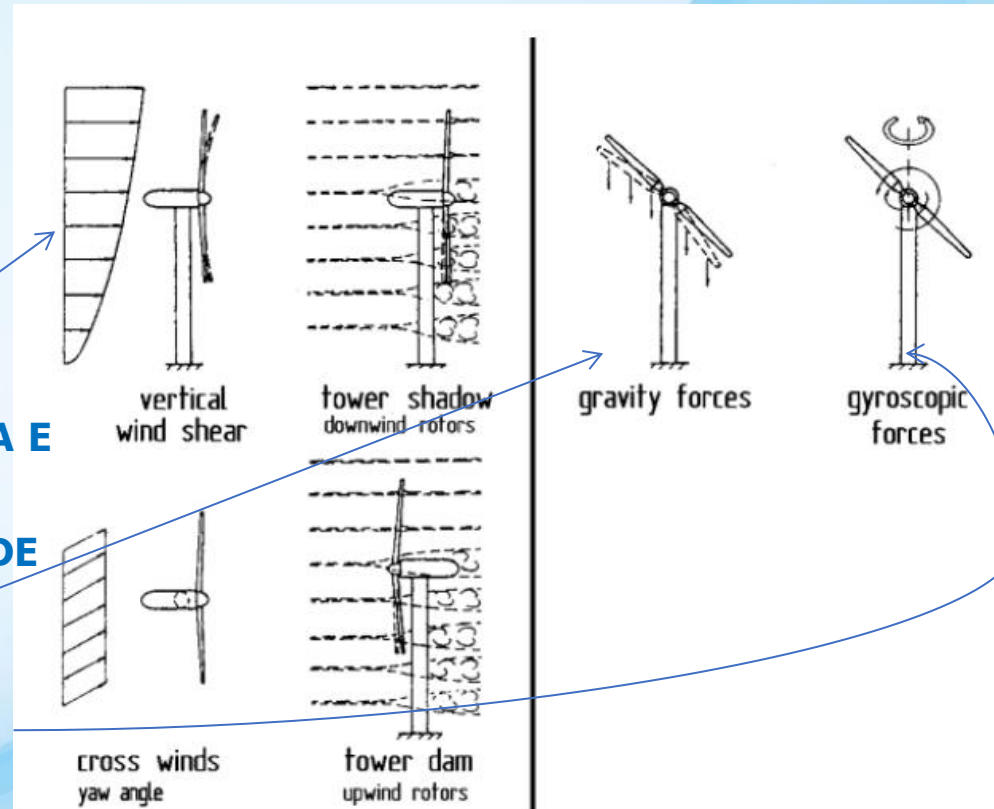
II. CARGAS DE RÉGIMEN NO ESTACIONARIO

A) CARGAS CÍCLICAS DEBIDO A:

-FLUJO NO UNIFORME DEBIDO A INCREMENTO DEL VIENTO CON LA ALTURA E INTERFERENCIA CON LA TORRE.

-FUERZAS INERCIALES DEBIDO AL PESO DE LAS PALAS

-EFECTO GIROSCÓPICO EN EL GIRO AZIMUTAL DEL ROTOR



PARTE ENSAYOS PREVIOS EN IEC 61400-2

Fuente: “Diseño de un Banco de Pruebas Estáticas y de Fatiga para Álabes de Micro Turbinas Eólicas”

Autores: Erik, PÉREZ-JUÁREZ, Juan Felipe, SORIANO-PEÑA, Víctor, LÓPEZ-GARZA

Editorial label ECORFAN: 607-8534

BCIERMMI Control Number: 2018-03 / México

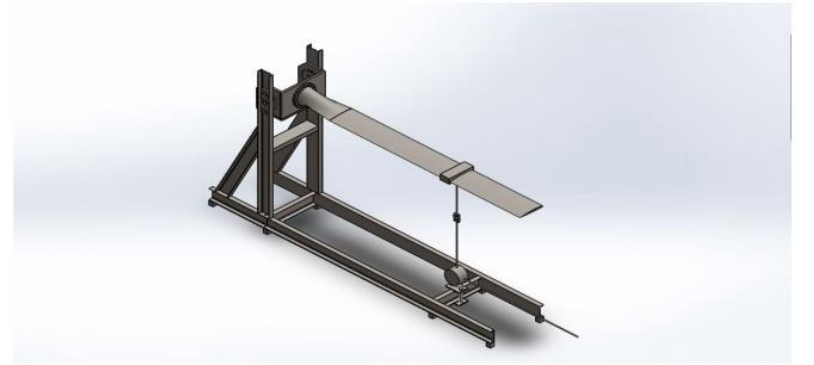


Figura 12 Sistema de fuerza estática.

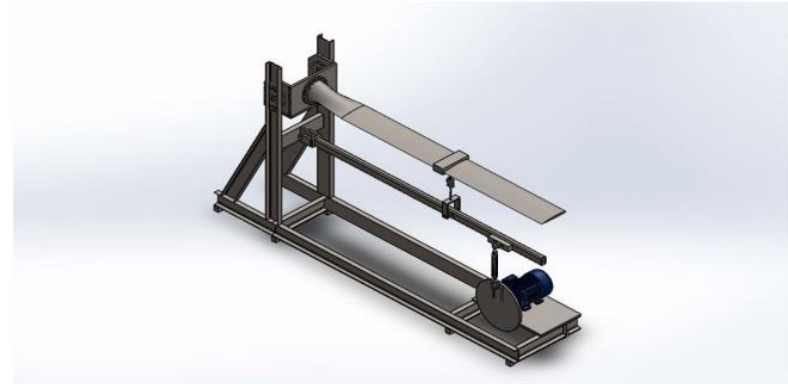


Figura 13 Sistema de fatiga.



PARTE ENSAYOS PREVIOS EN IEC 61400-2

Ensayos en CIEMAT, España
Turbina Enair
(Octubre de 2018, Reunión REGEDIS)



CERTIFICACIÓN Y ETIQUETADO IEC 61400-2

-LA CERTIFICACIÓN ES UN PROCEDIMIENTO MEDIANTE EL CUAL UN TERCERO OTORGA UNA GARANTÍA ESCRITA (CERTIFICADO) DE QUE UN PEQUEÑO AEROGENERADOR ESTÁ EN CONFORMIDAD CON UNA O VARIAS NORMAS. EL TERCERO QUE LLEVA A CABO LA CERTIFICACIÓN SE LLAMA ORGANISMO DE CERTIFICACIÓN O CERTIFICADOR Y NO PUEDE TENER NINGÚN INTERÉS DIRECTO EN EL PRODUCTO O SERVICIO QUE CERTIFICA. EL CERTIFICADOR PUEDE REALIZAR LA INSPECCIÓN O CONTRATAR A OTRO ORGANISMO PARA QUE LA HAGA.

PROCESO COSTOSO: 20 A 1 CON EL COSTO DEL AEROGENERADOR

/ FUENTE: DOCUMENTO EDUCATIVO © CIEMAT, 2020 NIPO: 832-20-024-3

PROYECTO SWOTOMP

CERTIFICACIÓN Y ETIQUETADO IEC 61400-2

-EL ETIQUETADO (ANEXO M): A PARTIR DE LA NECESIDAD DE LOS CONSUMIDORES DE AEROGENERADORES DE COMPARAR FÁCILMENTE LOS DIFERENTES PRODUCTOS DISPONIBLES EN EL MERCADO, SE ELABORA UNA "ETIQUETA DE CONSUMO" DE PARA AEROGENERADORES DE BAJA POTENCIA. PERMITE TOMAR DECISIONES DE COMPRA A PARTIR DE INFORMACIÓN RELEVANTE DE ENSAYOS DE MÉTRICAS COMPARABLES CON CALIDAD CERTIFICADA:

- CURVA POTENCIA Y DE ENERGÍA ESTIMADA (IEC 61400-12-1),**
- PRUEBA DE DURACIÓN (IEC 61400-2),**
- PARÁMETROS ACÚSTICOS (IEC 61400-11 EJ INTI-NQN).**

VENTAJA: -- MENOS COSTOSO QUE LA CERTIFICACIÓN

Normativa IEC para Eólica

CERTIFICACIÓN Y ETIQUETADO IEC 61400-2 - PRUEBA DE DURACIÓN (IEC 61400-2)

SISTEMA UNPA-UA SAN JULIAN (SISMED-SJ24 – Placa CL2)

Adaptación en curso para ensayo de duración: Sistema instalado desde 2014 en Chacra UASJ, para proveer energía a Invernadero con hidroponía.

Componentes:

1. Aerogenerador Eolux 1kW
2. Banco de Baterías 24V/ 390 Ah
3. Inversor Qmax senoidal puro 1kW
4. Sistema de medición SISMED/SJ24
(Basado en CPU/CL2bm1)



- Mediciones de Potencia, Tensión, corriente, RPM para ensayo de duración
- Intensidad y dirección de Viento
- Temperatura



Normativa IEC para Energía Eólica

TIPOS DE CONEXIÓN A RED Y PROBLEMÁTICA DE LAS REDES DÉBILES CON ENERGÍA EÓLICA

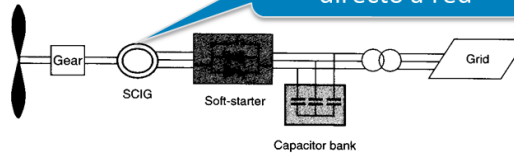
Tipos de Generadores en conexión a red

Sistemas de Gran Potencia

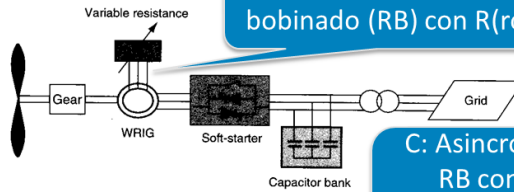
Tipos de generadores utilizados en maquinas eólicas (Ackerman, 2005)

- A) RPM fijas
- B) RPM var. a +20% apro.
- C) RPM variables +/- 30%
- D) RPM variables

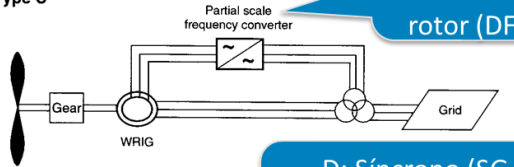
Type A



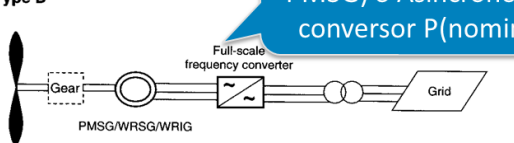
Type B



Type C



Type D



Fuente: T. Ackerman "Wind power in power systems" 2005 Wiley ISBN 0-470-85508-8

En eólica moderna los tipos A, B casi no se utilizan

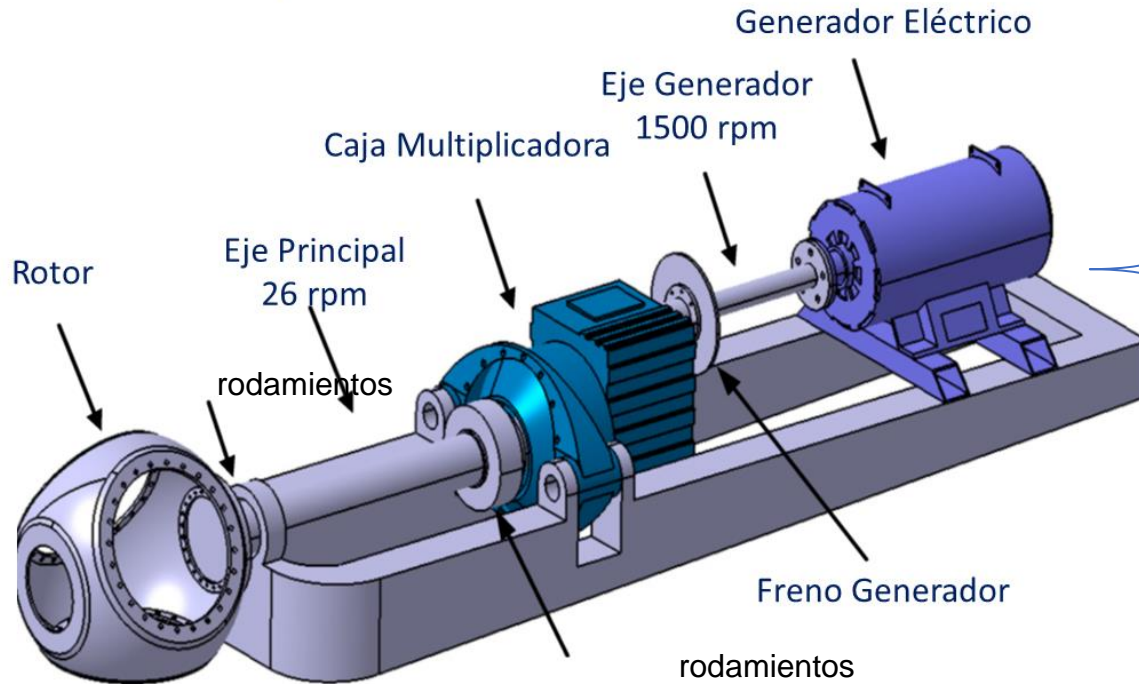
Tipo C Ej: Caso Vestas V80

Tipo D Ej: equipos Enercon (Full converter)

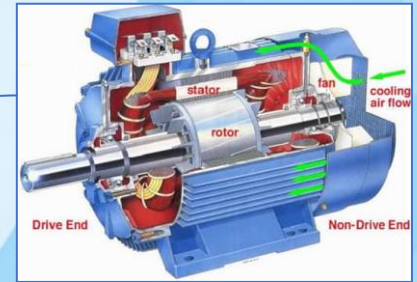
Ejemplo de Tipos A, B ó C

Generador asíncrono a red con multiplicador

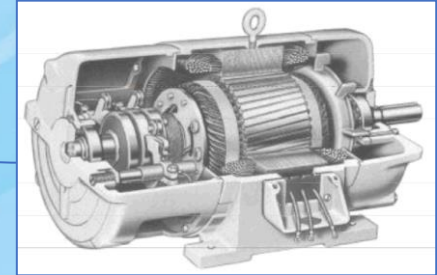
Generador asíncrono para conversión directa a red



Rotor "jaula" en corto



Rotor bobinado - DFIG

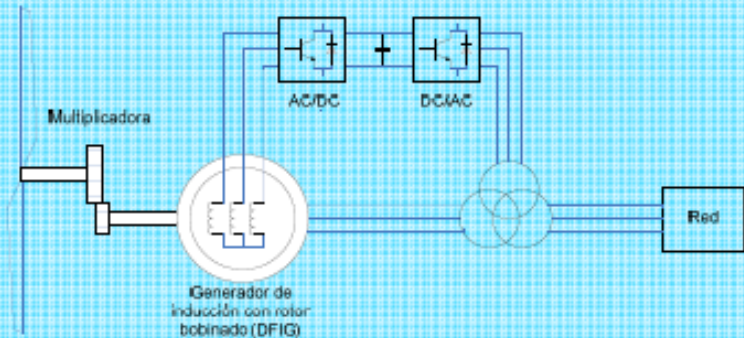


Tipo C predominante pitch con DFIG

Vestas V80 Pitch (2MW) – Velocidad de giro variable +/-30% - Conversor sólo maneja fracción de potencia



Vestas Converter System (VCS)

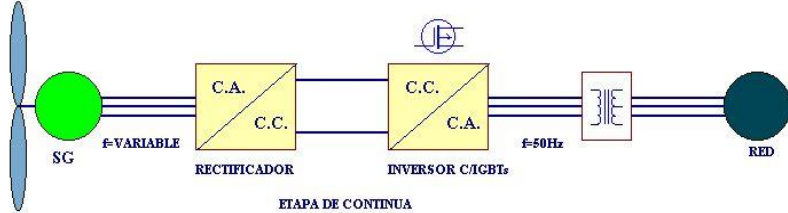


La velocidad de giro variable permite a la turbina operar en el punto óptimo de potencia



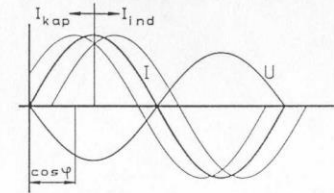
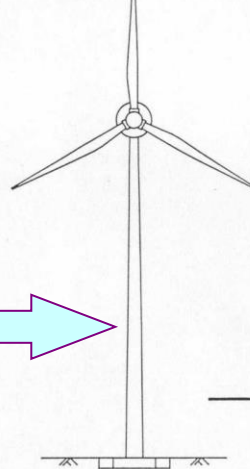
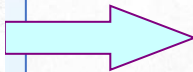
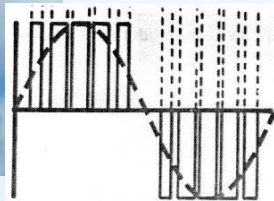
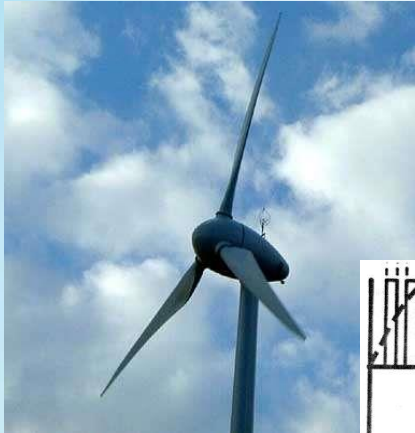
Tipo D Full converter / pitch Enercon

GENERADOR SINCRONICO - RECTIFICADOR - INVERSOR



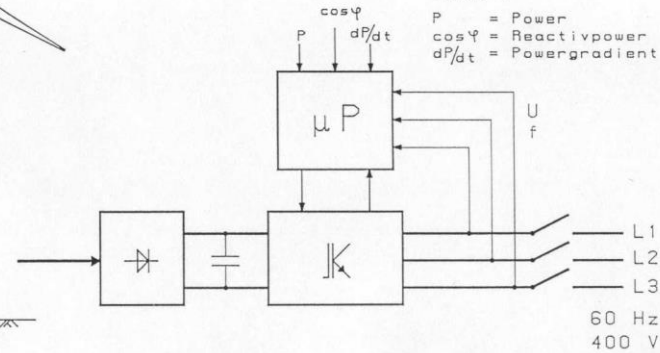
- AJUSTE DE F.P DESDE -1 A 1

- AJUSTE DE dP/dt DESDE 1kW/s A 150kW/s



Input :

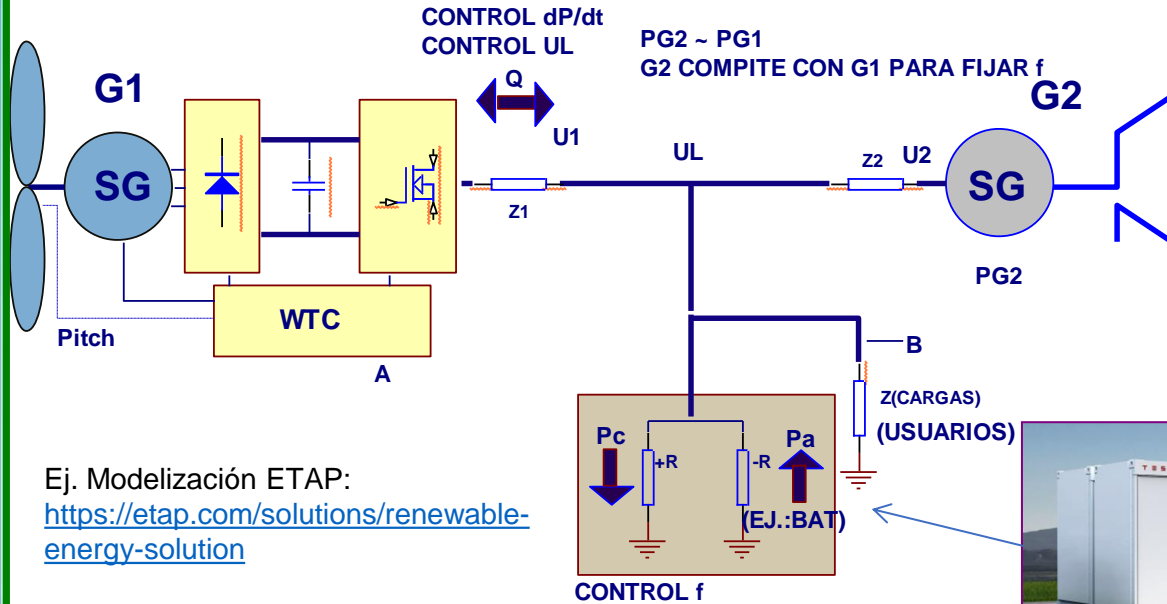
P = Power
 $\cos \varphi$ = Reactivepower
 dP/dt = Powergradient



La conexión a redes débiles / ETAP - PSS

CONEXION A RED - EOLICOS CONEXION RED DEBIL - CONTROL c/APOYO AERO

R.OLIVA 2003



Si el
Aerogenerador lo
Permite (ejemplo E-44):

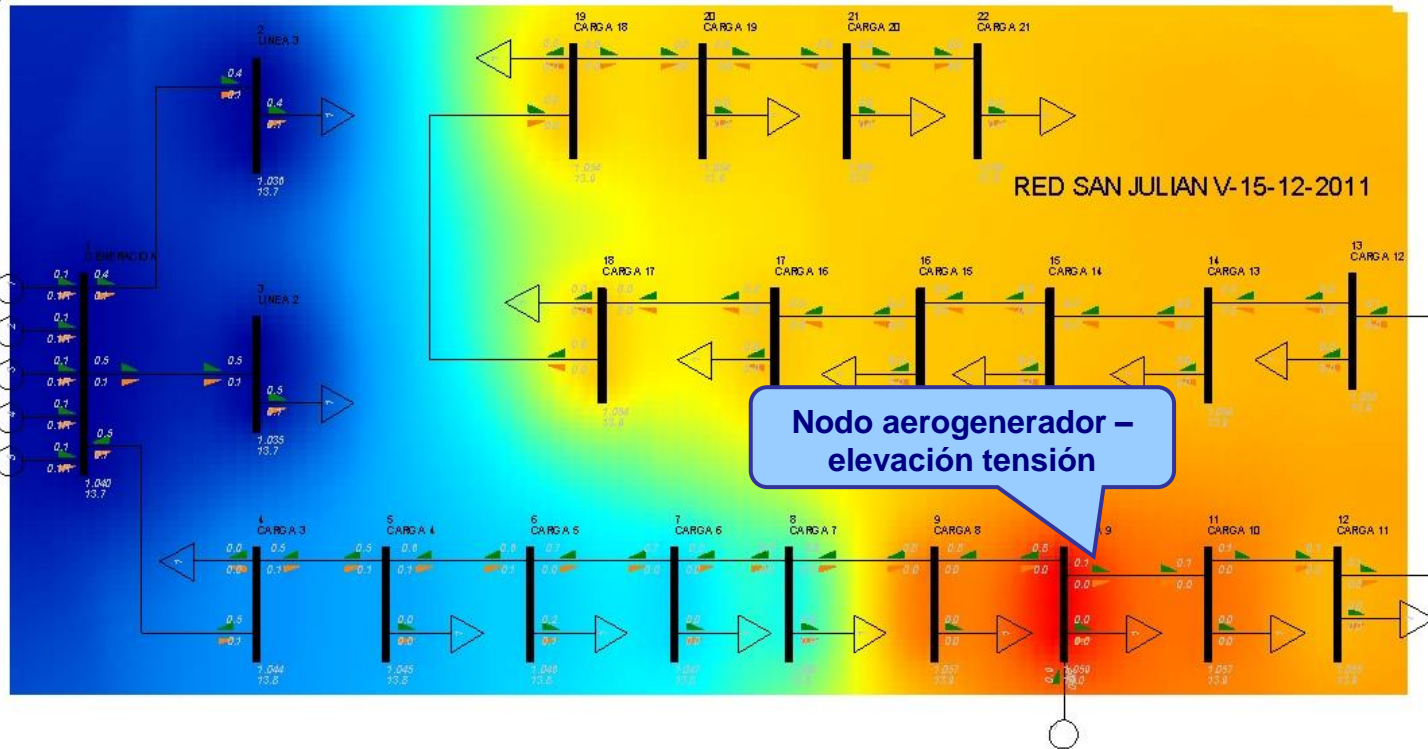
Efectos:

1. Coopera con Reg. f (dP/dt)
2. Regula Variaciones de Tension (Q Ajustable)
3. Puede requerirse BESS (ej Tesla Megapack) para regulación de f



Eólica en redes débiles

Estudios Eléctricos requeridos – Red de Puerto San Julián – InterPSS y PSSUniversity32 – preliminar (2011-2012)



Simulaciones realizadas con Univ. Politécnica de Madrid – 12 / 2011

Figura-3—Simulación-Red-Simplificada—Puerto-San-Julián-con-Aerogenerador-en-nodo9/148,-zona-chacra



Normativa IEC para Energía Eólica

- LOS ESTÁNDARES DE LA SERIE **61400-12-1** PROVEEN GUÍAS SOBRE LA MEDICIÓN DE LA PRODUCCIÓN REAL DE LAS MÁQUINAS EÓLICAS



IEC 61400-12-1

Edition 2.0 2017-03

INTERNATIONAL
STANDARD

NORME
INTERNATIONALE



Wind energy generation systems –
Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind
turbines

Anexo H destinado a máquinas
de baja potencia (ejemplo Wintec
1500 ensayado por INTI-
Neuquén)

Ensayo de curva de potencia WINTEC 1500

Laboratorio de Energía Eólica

Programa de Desarrollo de Proyectos Sustentables de Energía Eólica

Incertidumbres
de medición

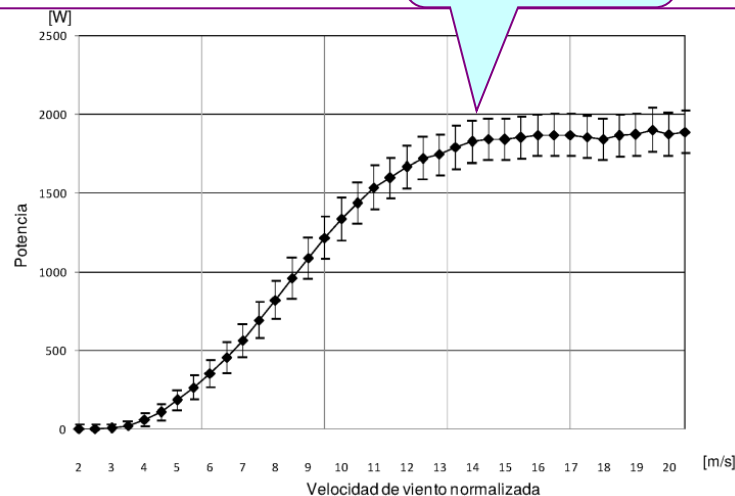


Figura 18. Curva de potencia e incertidumbre de medición

Normativa IEC para Energía Eólica

- **LOS ESTÁNDARES DE LA SERIE 61400-12-1 PROVEEN GUÍAS SOBRE LA MEDICIÓN DE LA PRODUCCIÓN REAL DE LAS MÁQUINAS EÓLICAS**

IEC61400-12-1 Edición 2

Oficialmente publicada en Marzo de 2017.
Introduce cambios muy notables especialmente en lo relativo a:

- Diferentes definiciones velocidad viento
- Posibilidad de utilización de Sensores Remotos (RSD) en el suelo.
- Tratamiento específico de parámetros de relevancia como wind shear, wind veer, turbulencia (IT), upflow, etc.
- Mayor complejidad en el cálculo de incertidumbres. Inclusión correlaciones.
- Nuevos requerimientos mástiles.

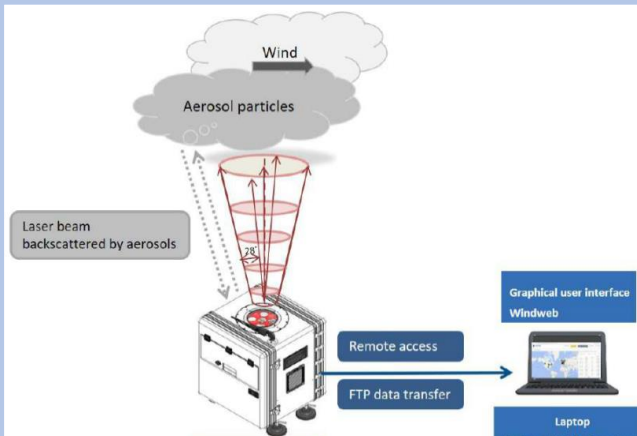
Ed. 2 Habilita la utilización de LIDARes (RSDs) para medición de viento en intensidad y dirección



IEC 61400-12-1

INTERNATIONAL
STANDARD
NORME
INTERNATIONALE

Wind energy generation systems –
Part 12-1: Power performance measurements of electric
turbines
Systèmes de génération d'énergie éolienne –
Partie 12-1: Mesures de performance de puissance des
d'électricité



Normativa IEC para Energía Eólica

TEORÍA DE LA MEDICIÓN DE CURVA DE POTENCIA Y ENERGÍA PROMEDIO (AEP)

Relación entre P y V implica:

- De acuerdo a estas ecuaciones una medición de la curva $P(V)$ deberá tomar en cuenta la intensidad del viento con un anemómetro, la potencia eléctrica producida y la temperatura y presión barométrica.
- Debido a las interferencias sobre la torre de medición meteorológica y sobre la torre del aerogenerador, se debe incluir un sensor de dirección de viento (Veleta) .

Normativa IEC para Energía Eólica

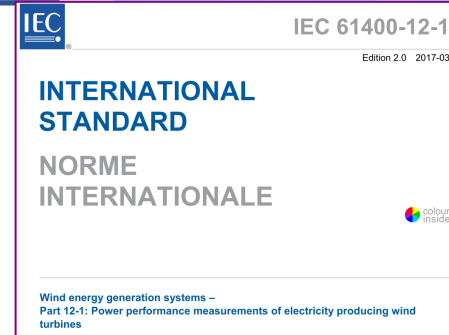
TEORÍA DE LA MEDICIÓN DE CURVA DE POTENCIA Y ENERGÍA PROMEDIO (AEP)

• La norma [IEC61400-12-1,2005] (y su actualización 2017, sección 9.2) requiere la utilización del **método de los bins** o casillas (sección 8.2), llevándose un registro de completitud de la prueba que difiere entre máquinas grandes y las incluidas en el Anexo H (pequeñas).

• Una vez tomados los promedios de velocidad de viento y potencia, el método estipula que se agrupen por software los resultados de viento normalizado y potencia (pares V_s, P_i) por cada bin i , de acuerdo a su valor de V_s , obteniendo dentro de cada bin (cuyo ancho habitual es de 1m/s) una cantidad n_i de pares V_{ij}, P_{ij} . El resultado de promediar los valores dentro de cada bin “ i ” produce un par, a través de las fórmulas:

$$V_{pi} = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} V_{ij}$$

$$P_{pi} = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} P_{ij}$$



*Produce una
“nube de puntos”*

F8.1



Normativa IEC para Energía Eólica

TEORÍA DE LA MEDICIÓN DE CURVA DE POTENCIA Y ENERGÍA PROMEDIO (AEP)

PARA UNA MÁQUINA DE BAJA POTENCIA:

Se utiliza la IEC
61400-12-1 Anexo H

Sensores
de viento

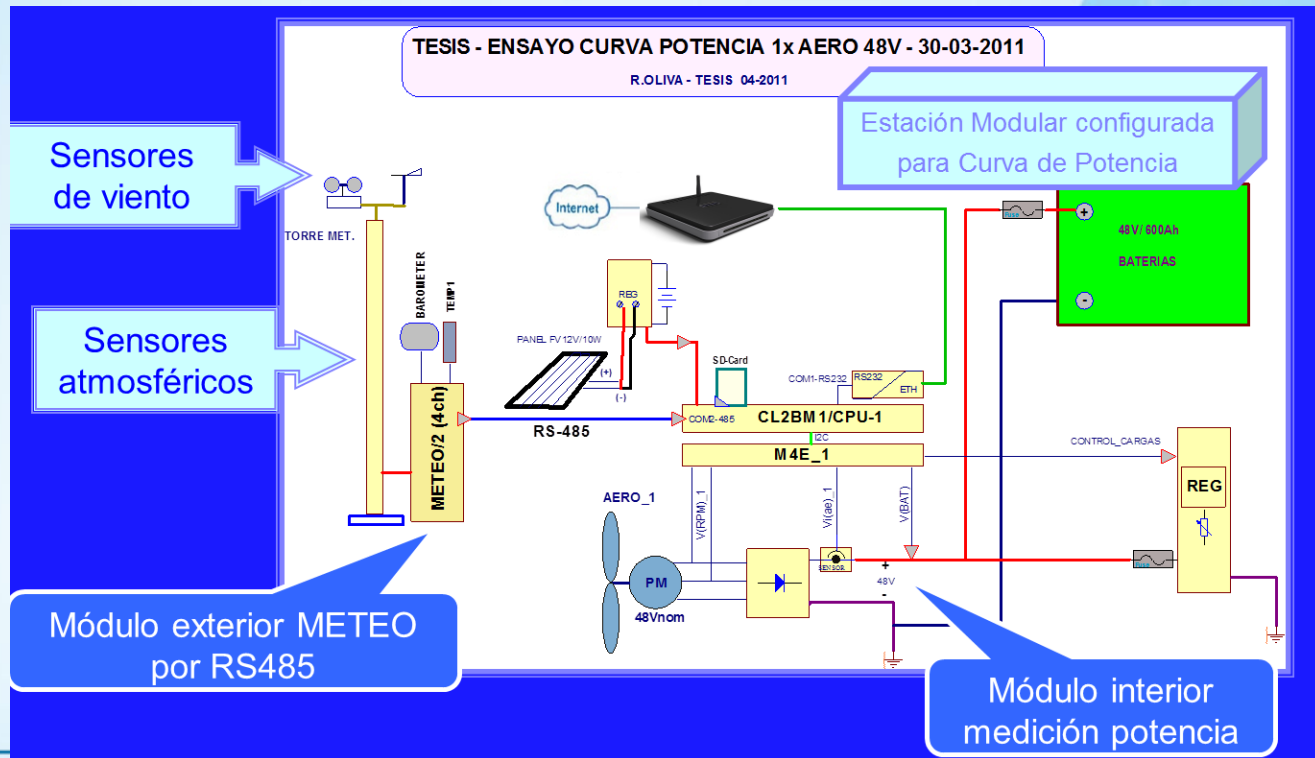
Sensores
atmosféricos

Módulo exterior METEO
por RS485

TESIS - ENSAYO CURVA POTENCIA 1x AERO 48V - 30-03-2011

R.OLIVA - TESIS 04-2011

Estación Modular configurada
para Curva de Potencia



Módulo interior
medición potencia

Normativa IEC para Energía Eólica

TEORÍA DE LA MEDICIÓN DE CURVA DE POTENCIA Y ENERGÍA PROMEDIO (AEP)

PARA UNA MÁQUINA DE BAJA POTENCIA (EJ PIGGOT)

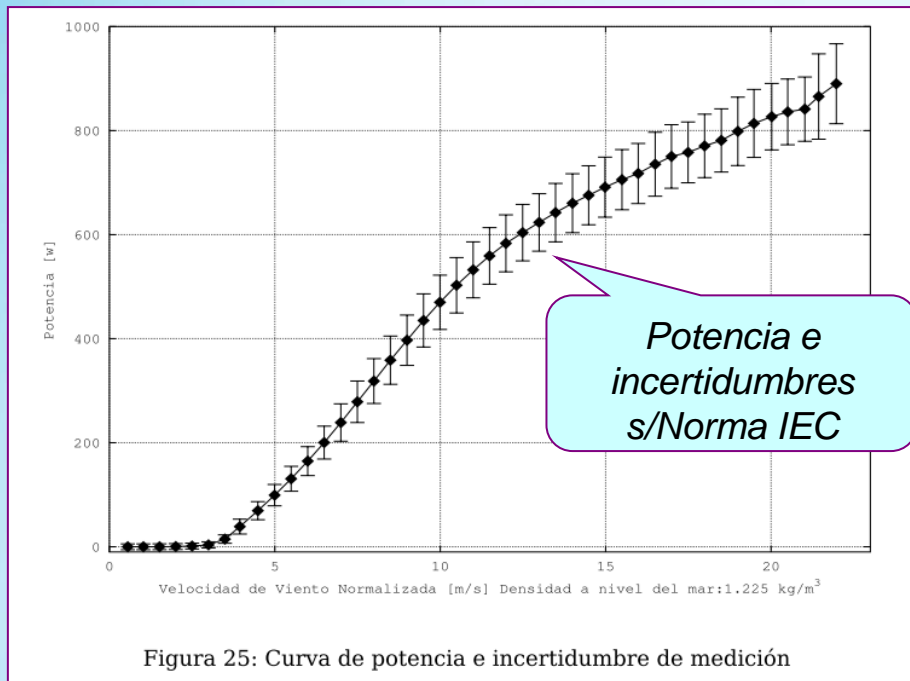
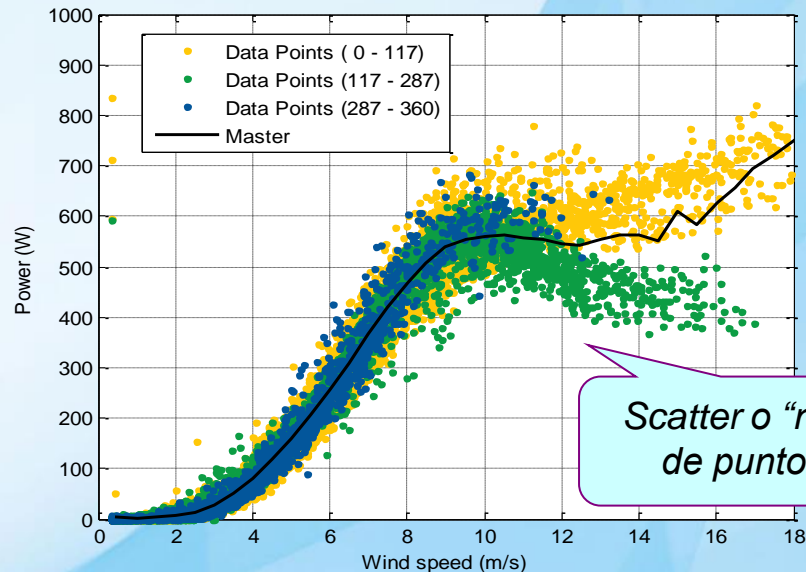


Figura 25: Curva de potencia e incertidumbre de medición

<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0309524X20932501>



Fuente: J.Leary, H.Piggott, R. Howell "The Scoraig wind trials – In situ power performance measurements of locally manufactured small wind turbines" Wind Engineering / SAGE Journals 2020.



Normativa IEC para Energía Eólica

TEORÍA DE LA MEDICIÓN DE CURVA DE POTENCIA Y ENERGÍA (AEP)

CALCULO DE ENERGÍA PROMEDIO:

- La velocidad promedio de viento se aproxima según:

$$\langle V \rangle = \int_0^{\infty} v f(v) dv \cong \sum_{i=1}^n f_i V_i$$

F4.3a

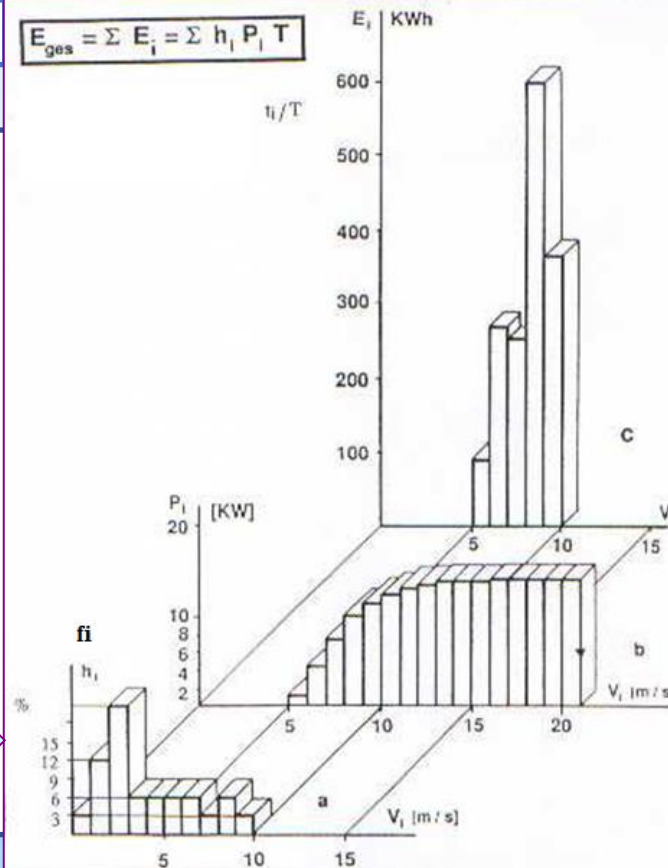
donde $f(v)$ es la distribución de probabilidad.

En forma similar, para predecir E_{anual} o AEP:

$$E_{anual} = AEP \cong \sum_{j=1}^{N_B} f_j P(V_j) \Delta T \quad (\text{kWh})$$

F8.3

La F8.3 es equivalente a una “convolución gráfica” que reúne la curva de potencia y la distribución discreta f_i del viento



Normativa IEC para Energía Eólica

CURVA DE POTENCIA Y ENERGÍA PROMEDIO (AEP) SEGÚN IEC 61400-12-1

En la norma IEC 61400-12-1, la AEP (sección 8.3) se trabaja utilizando una expresión simplificada, y la probabilidad acumulada que vimos como integral de $f(v)$ que para Rayleigh era:

$$F_R(v) = \int f_R(v)dv = 1 - e^{-\frac{\pi}{4}\left(\frac{v}{\langle V \rangle}\right)^2} \quad \text{F4.6}$$

Y se computa utilizando los “pares” $(V_i; P_i)$ del método de los bins F8.1
considerando $N = N^\circ$ de bins, $N_h = 8760\text{hs}$, $V_{ave} = \langle V \rangle$:

$$AEP = N_h \sum_{i=1}^N [F(V_i) - F(V_{i-1})] \left(\frac{P_{i-1} + P_i}{2} \right) \quad F(V) = 1 - \exp\left(-\frac{\pi}{4}\left(\frac{V}{V_{ave}}\right)^2\right) \quad \text{F8.4}$$



P8 : Normativa IEC para Energía Eólica

CURVA DE POTENCIA Y ENERGÍA PROMEDIO (AEP) SEGÚN IEC 61400-12-1

La IEC 61400-12-1 también explicita en su Sección 9 el **formato del reporte** y en su Anexo E el procedimiento para el **cálculo de las incertidumbres** en cada caso. También requiere que en la fórmula **F8.4** se expliciten los valores medidos y los valores “extrapolados”, si la

campana de medición no alcanzó la completitud de la prueba que se indicó en **F8.1**

$$AEP = N_h \sum_{i=1}^N [F(V_i) - F(V_{i-1})] \left(\frac{P_{i-1} + P_i}{2} \right)$$

En el informe público, sólo se muestran los valores medidos, como en el caso del Eolocal AG700 (Piggot):



Estimación de producción anual de energía, EAP Densidad de referencia: 1,225 kg/m ³ Velocidad de viento máxima 21,97 m/s		
Promedio de velocidad anual de viento a la altura del eje (Rayleigh) [m/s]	EAP-medida(curva de potencia medida) [kWh]	Incertidumbre en AEP [kWh]
4	679,86	35,71
5	1171,26	45,32
6	1696,54	52,82
7	2212,91	58,06
8	2688,35	61,42
9	3094,58	63,4
10	3410,84	64,4
11	3629,24	64,65



Normativa IEC para Energía Eólica

- **CAMPO DE PRUEBAS INTI – CUTRAL CÓ / NEUQUEN -AR (DDE 2012)**
- **4 TORRES REBATIBLES P/ AEROGENERADORES (9 M)**
- **2 TORRES METEREOLÓGICAS RETICULADAS (9 M – 18 M)**

MEDIDAS DE:

POTENCIA
PRESIÓN
TEMPERATURA
VELOCIDAD DE VIENTO
DIRECCIÓN
s/IEC 61400-12-1 ANEXO H

R.OLIVA / WEBINAR PIO/PI AEA 58



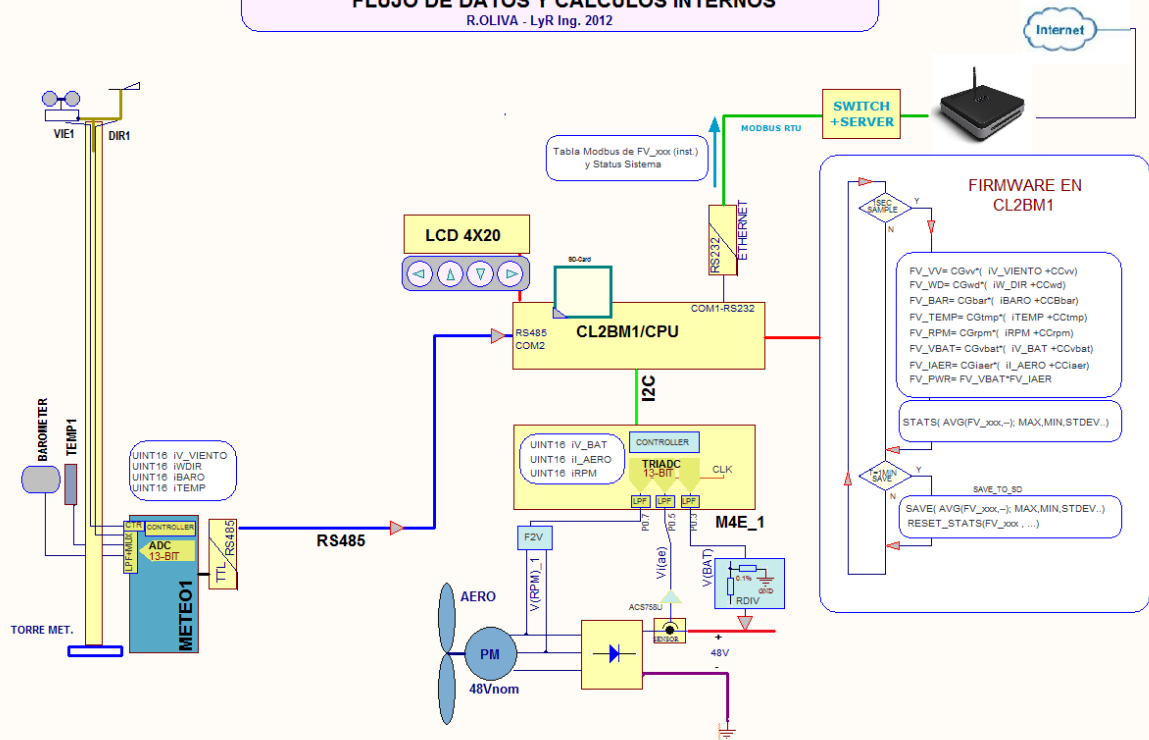
Universidad Nacional de la Patagonia Austral

AREA ENERGÍAS ALTERNATIVAS



Normativa IEC para Energía Eólica

PWRC2 - MEDICION CURVA POTENCIA- v3/11/2012
FLUJO DE DATOS Y CALCULOS INTERNOS
 R.OLIVA - LyR Ing. 2012



R.OLIVA / WEBINAR PIO/PI AEA 59

DIAGRAMA EN BLOQUES PWRC2-INTI s/IEC 61400-12-1 ANEXO H



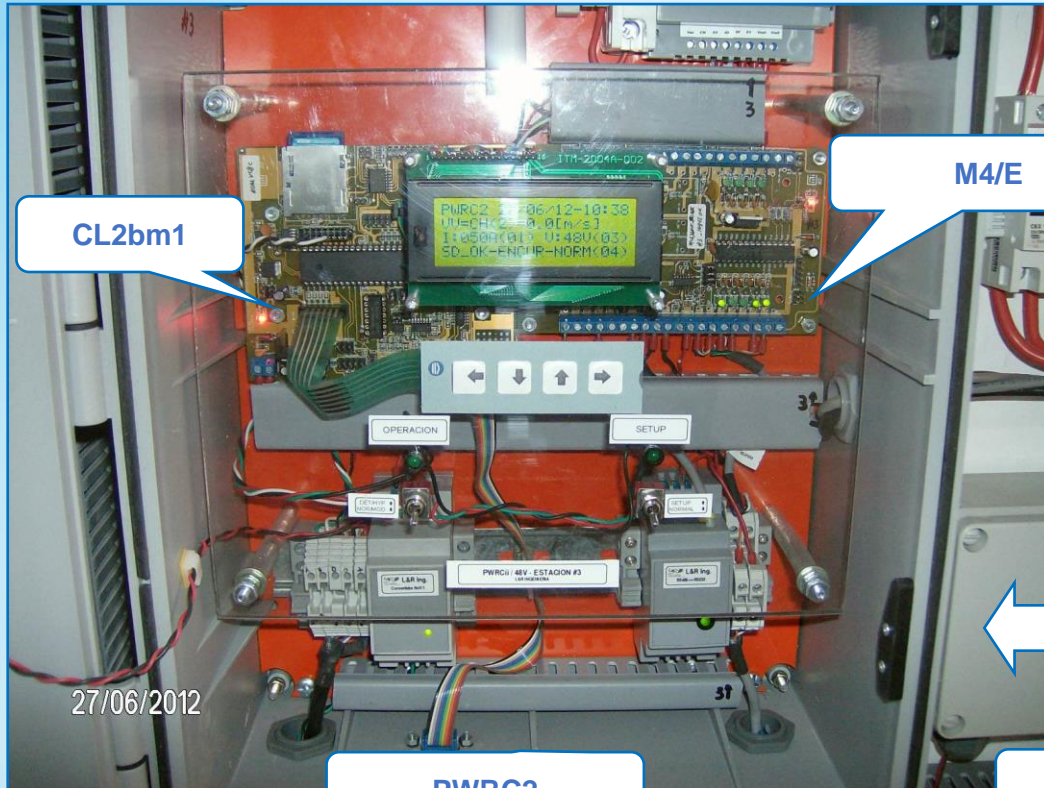
Universidad Nacional de la Patagonia Austral

AREA ENERGÍAS ALTERNATIVAS



Normativa IEC para Energía Eólica

IMPLEMENTACIÓN PWRC2-INTI



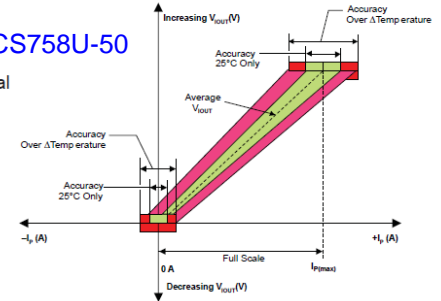
CL2bm1

M4/E

PWRC2

Allegro ACS758U-50

Unidirectional



Placa Vin_Ia

27/06/2012

Normativa IEC para Energía Eólica

NORMATIVA IEC 62257 (Relevante PI 29/D084)

- La electrificación rural es una de las acciones de política pública que más contribuyen a la mejora de la calidad de vida de las poblaciones rurales, junto con el acceso a agua segura, mejora de la salud, educación y desarrollo económico.
- Las normas de la serie **IEC 62257** se ocupan de los proyectos de electrificación rural y proveen especificaciones técnicas a los actores (desarrolladores, implementadores de proyectos, instaladores), para la puesta en marcha de sistemas con:
 - a) Tensión de AC menor a 500 V
 - b) Tensión de CC menor a 750 V
 - c) Potencia menor a 100 kVA

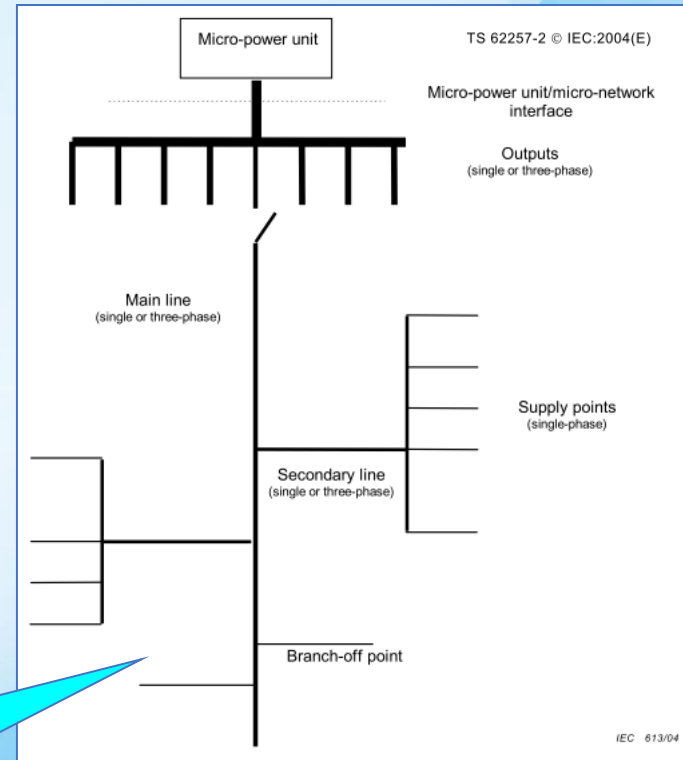


Normativa IEC para Energía Eólica

NORMATIVA IEC 62257

- Si bien la electrificación rural puede ser realizada a través de conexión a redes nacionales o regionales, la **IEC 62257** se ocupa de los casos en que la red:
 1. La red está demasiado lejana ó
 2. Los centros de demanda son demasiado pequeños para hacer que el acceso sea económico, y los sistemas autónomos son la mejor opción.
- El enfoque es de conjunto, con distintas partes enfocadas en la seguridad, la sostenibilidad y el menor costo en ciclo de vida posible para sistemas de energías renovables e híbridos aislados.

Estructura radial microrred



Normativa IEC para Energía Eólica

IEC 62257 - TERMINOLOGÍA

- **SISTEMA HÍBRIDO (*HYBRID SYSTEM*)** SISTEMA CON MÚLTIPLES FUENTES DE ENERGÍA
- **MICRO-PLANTA DE GENERACIÓN (*MICROPOWER PLANT*):** UNIDAD DE GENERACIÓN ELÉCTRICA QUE PRODUCE MENOS DE **50 kVA/100 kVA** A TRAVÉS DE UN ÚNICO RECURSO O SISTEMA HÍBRIDO.
- **MICRORRED (*MICROGRID*):** UNA RED QUE TRANSFIERE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA POTENCIA INFERIOR A **50 kVA/100 kVA** Y ESTÁ ALIMENTADA POR UNA MICRO-PLANTA DE GENERACIÓN.
- **DRES** SISTEMA DE ELECTRIFICACIÓN RURAL DESCENTRALIZADO



Normativa IEC para Energía Eólica

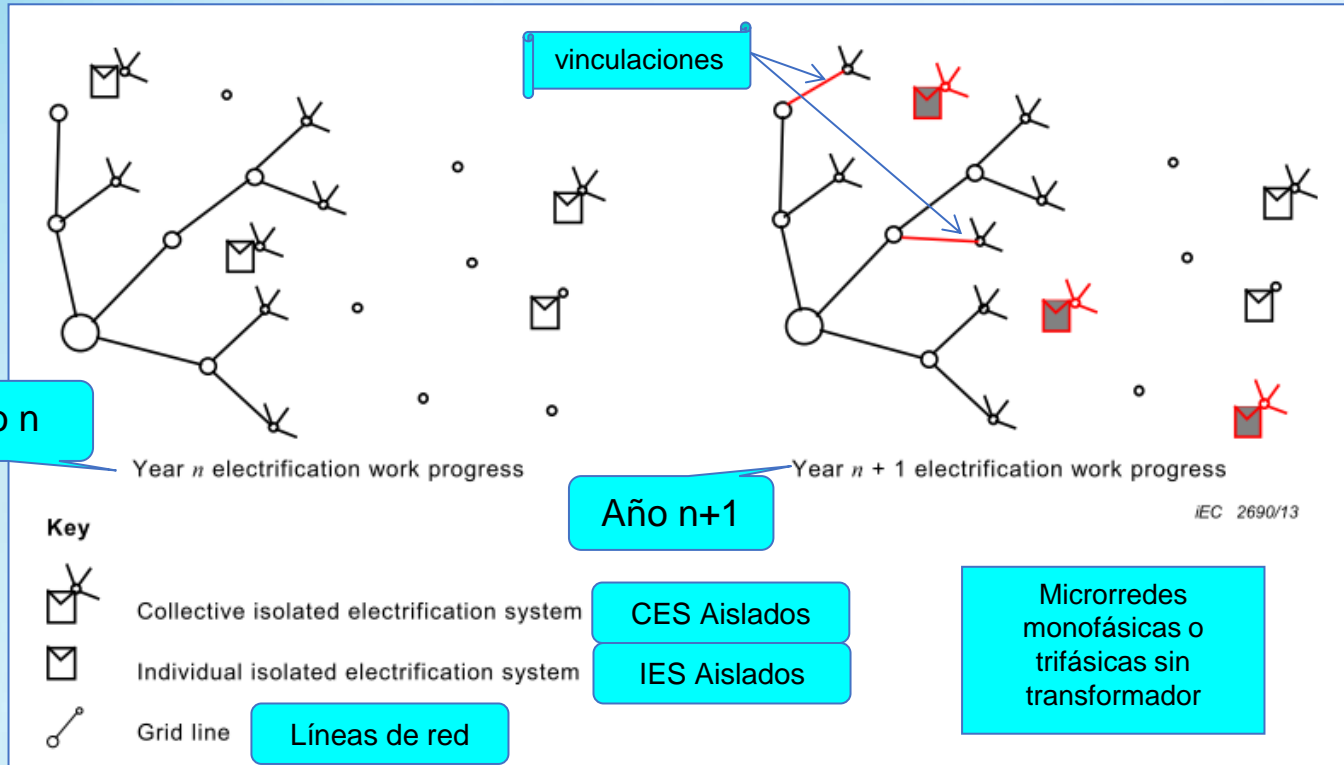
NORMATIVA IEC 62257 – TERMINOLOGÍA (II)

LOS **DRES** PERTENECEN A UNA DE TRES CATEGORÍAS:

- SISTEMAS DE ELECTRIFICACIÓN DE PROCESOS (EJ. BOMBEO)
- **CES** - SISTEMAS DE ELECTRIFICACIÓN COLECTIVA (*COLLECTIVE ELECTRIFICATION SYSTEMS*) MICRO-PLANTA DE PRODUCCIÓN ELECTRICA Y MICRORRED QUE SUMINISTRA ELECTRICIDAD A MÚLTIPLES PUNTOS DE CONSUMO, UTILIZANDO UNO O VARIOS PUNTOS DE GENERACIÓN.
- **IES** – SISTEMAS DE ELECTRIFICACIÓN INDIVIDUALES (*INDIVIDUAL ELECTRIFICATION SYSTEMS*) MICRO-PLANTA DE PRODUCCIÓN ELECTRICA QUE SUMINISTRA ELECTRICIDAD A UN ÚNICO PUNTO DE CONSUMO, EN GENERAL UTILIZANDO UN SÓLO PUNTO DE GENERACIÓN

Normativa IEC para Energía Eólica

NORMATIVA IEC 62257 – DISTRIBUCIÓN



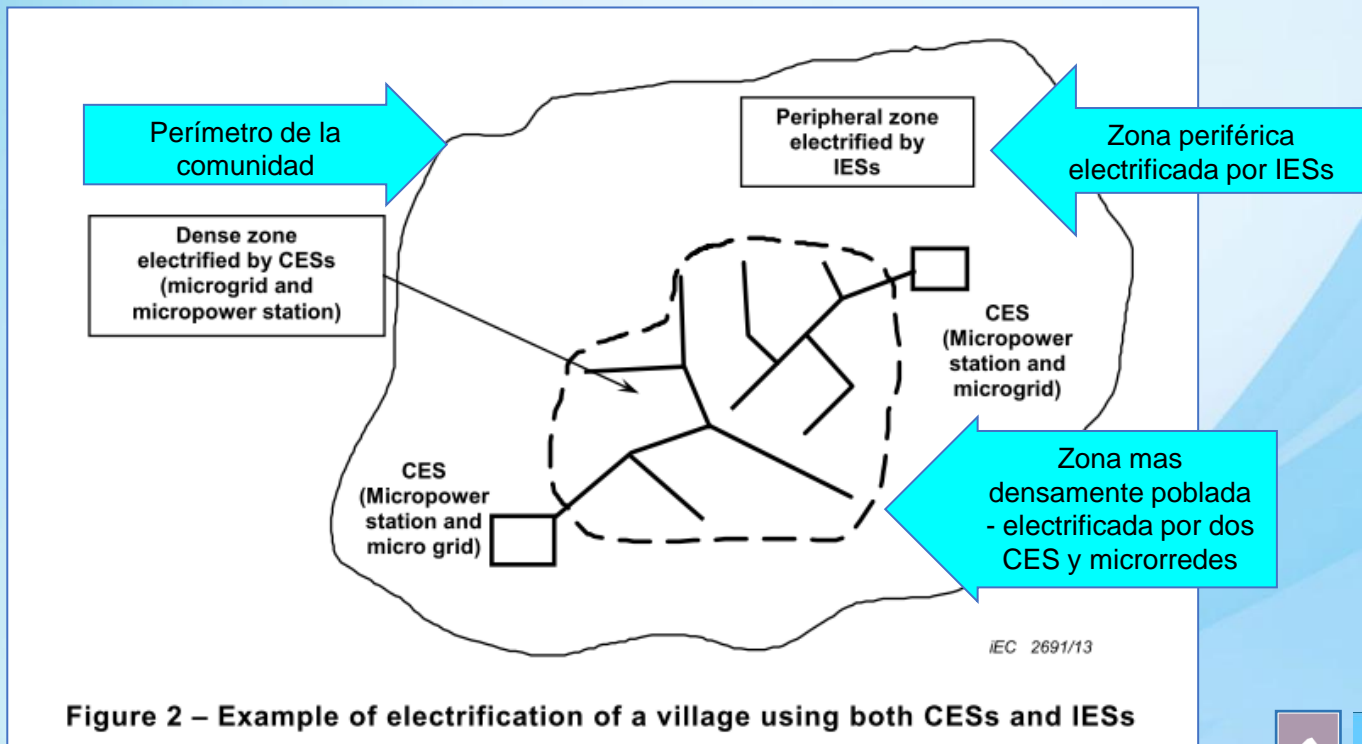
Conveniente:
Realizar plan
maestro de
electrificación,
utilizando GIS

- A mediano plazo (10 años)
- A largo plazo (20 a 30 años)



Normativa IEC para Energía Eólica

NORMATIVA IEC 62257 – EJEMPLO PARA UNA COMUNIDAD RURAL



IES – Sistemas Individuales de electrificación

CES – Sistemas Colectivos de electrificación

Figure 2 – Example of electrification of a village using both CESs and IESs



Normativa IEC para Energía Eólica

NORMATIVA IEC 62257 – COMPONENTES

Parte 1 - Introducción

Las partes 2-6 son de *soporte metodológico* para implementación y gestión de proyectos:

Parte 2 – Requerimientos de rango de electrificación de sistemas

Parte 3 – Desarrollo de proyecto

Parte 4 – Selección de sistema y diseño.

Parte 5 – Protección contra amenazas eléctricas.

Parte 6 – Aceptación, Operación, Mantenimiento, Reposición (AOMR)

Normativa IEC para Energía Eólica

NORMATIVA IEC 62257 – COMPONENTES

Las partes 7-12 son de *especificaciones técnicas* para sistemas individuales o agrupados, y sus componentes asociados:

Parte 7: Generadores

Parte 7-1: Generadores FV,

Parte 7-3: Generadores Diesel

Parte 8-1: Baterías – casos especiales

Parte 9: Recomendaciones para pequeños sistemas de energía removable (ER) y sistemas híbridos para electrificación rural

Parte 12-1: Luminarias para electrificación rural – selección y recomendaciones.

Normativa IEC para Energía Eólica

NORMATIVA IEC 62257 – COMPONENTES

Detalle de Parte 9: Recomendaciones para pequeños sistemas de energía removable (ER) y sistemas híbridos para electrificación

rural (Potencia < 100kVA 120 a 400 Vca / 50 ó 60 Hz / monofásico o trifásico, Vcc <120V – ELV)

Parte 9-1: Sistemas de microgeneración

Parte 9-2: Microrredes

Parte 9-3: Sistema integrado – Interfaz de usuario

Parte 9-4: Sistema integrado – Detalles Instalación de cada usuario

Parte 9-5: Sistema integrado – Selección de luminarias autónomas para electrificación rural

Parte 9-6: Sistema integrado – Selección de sistemas fotovoltaicos de electrificación individuales (PV-IES)

Parte 9-7: Sistema integrado – Detalles Instalación de cada usuario

Normativa IEC para Energía Eólica

EJ: NORMATIVA IEC 62257-2 REQUERIMIENTOS / TIPOLOGÍA DRES

Tipo de generador		Clasificación de sistemas asociados	
		Individual	Colectivo
Solo ER, híbrido o no	SIN Almacenamiento	T ₁ , I	T ₁ , C
Solo ER, híbrido o no	CON Almacenamiento	T ₂ , I	T ₂ , C
ER + grupo, híbrido o no	SIN Almacenamiento	T ₃ , I	T ₃ , C
ER + grupo, híbrido o no	CON Almacenamiento	T ₄ , I	T ₄ , C
Grupo solo	SIN Almacenamiento	T ₅ , I	T ₅ , C
Grupo solo	CON Almacenamiento	T ₆ , I	T ₆ , C

IES

CES

IES – Sistemas Individuales de electrificación

CES – Sistemas Colectivos de electrificación

Relevantes
PI29D084

Notación: ER = Energías Renovables; Grupo = Grupo electrógeno; T_i, I = Sistema individual, tipo i; T_i, C = Sistema Colectivo, tipo i

Fuente: IEC 62257, 2005, “Recomendaciones para sistemas de pequeña potencia e híbridos con energías renovables en aplicaciones de electrificación rural”

Fuente: Traducción de L. Arribas (CIEMAT) presentación SWOTOMP Mexico 2018

Normativa IEC para Energía Eólica

EJ: NORMATIVA IEC 62257-2 TIPOS 1 (POCO USADO)

T1

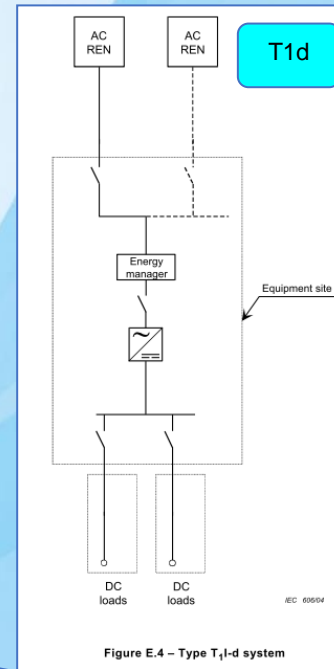
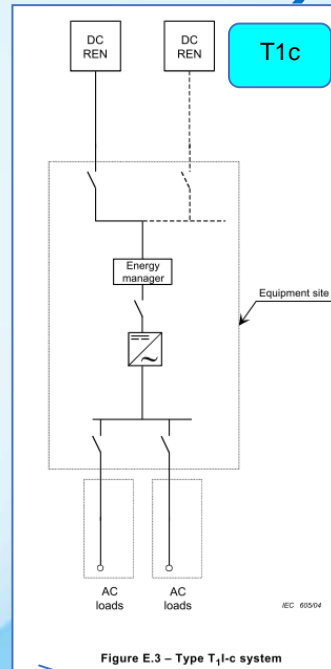
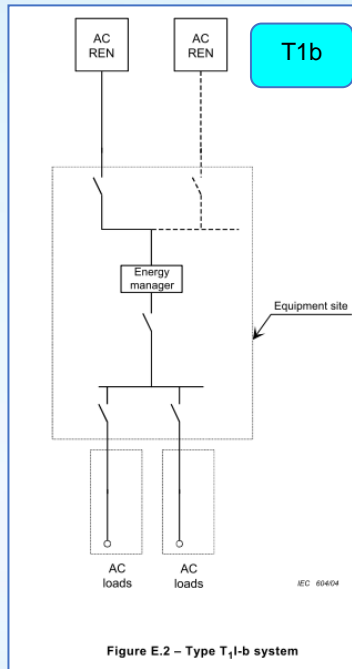
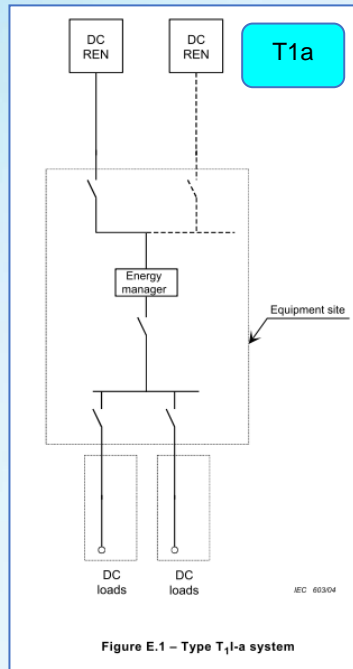
NDSP source
Example: REN

Energy
management

Loads AC or DC
or combined,
Single or multi
Non dispatchable

**Problema! No
despachable**

NDSP = Fuente no
despachable



Ej: Fotovoltaica sin
almacenamiento

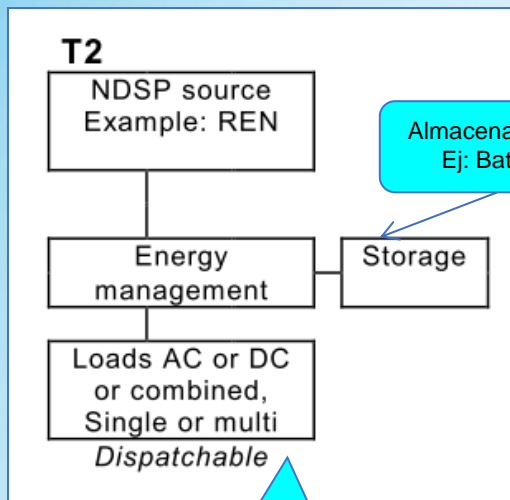
Ej: PTE sin
almacenamiento



P8 : Normativa IEC para Energía Eólica

EJ: NORMATIVA IEC 62257-2 TIPO 2

(SIN BACKUP TERMICO)



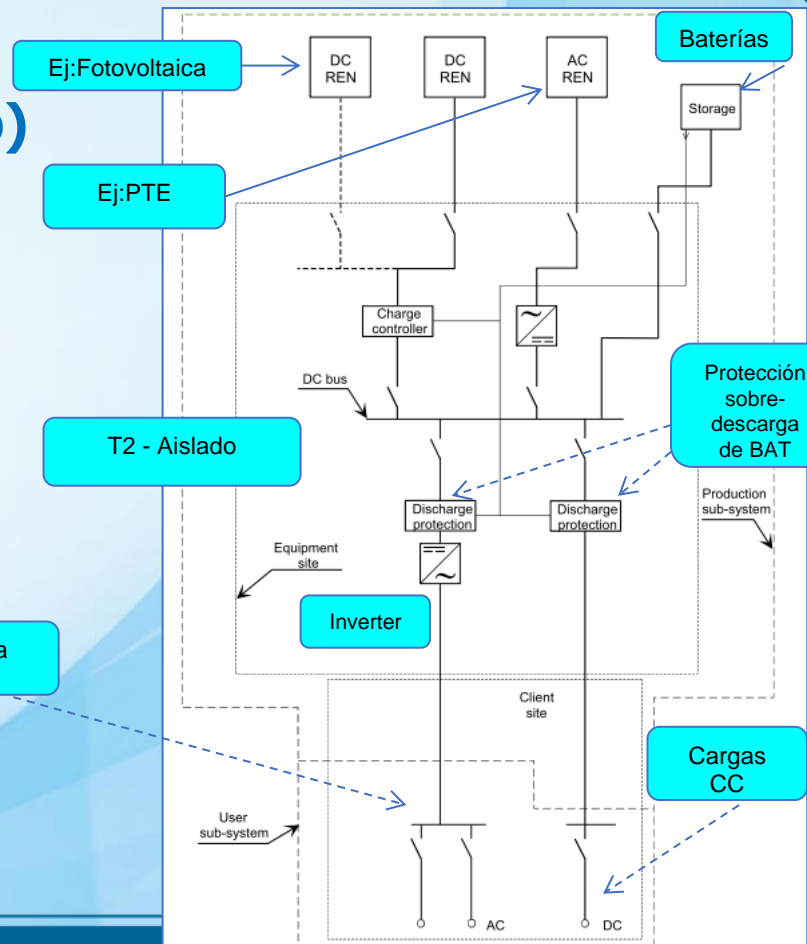
Almacenamiento
Ej: Bateria

Despachable

Aquí el usuario cuenta con almacenamiento, pero acepta quedarse sin suministro en caso de falta de recurso solar o eólico

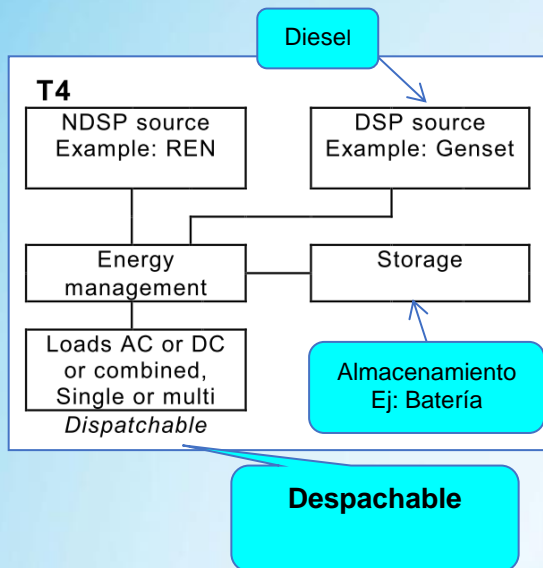
Cargas CA vía Inverter

Fuente:
IEC 62257-2 (2004)



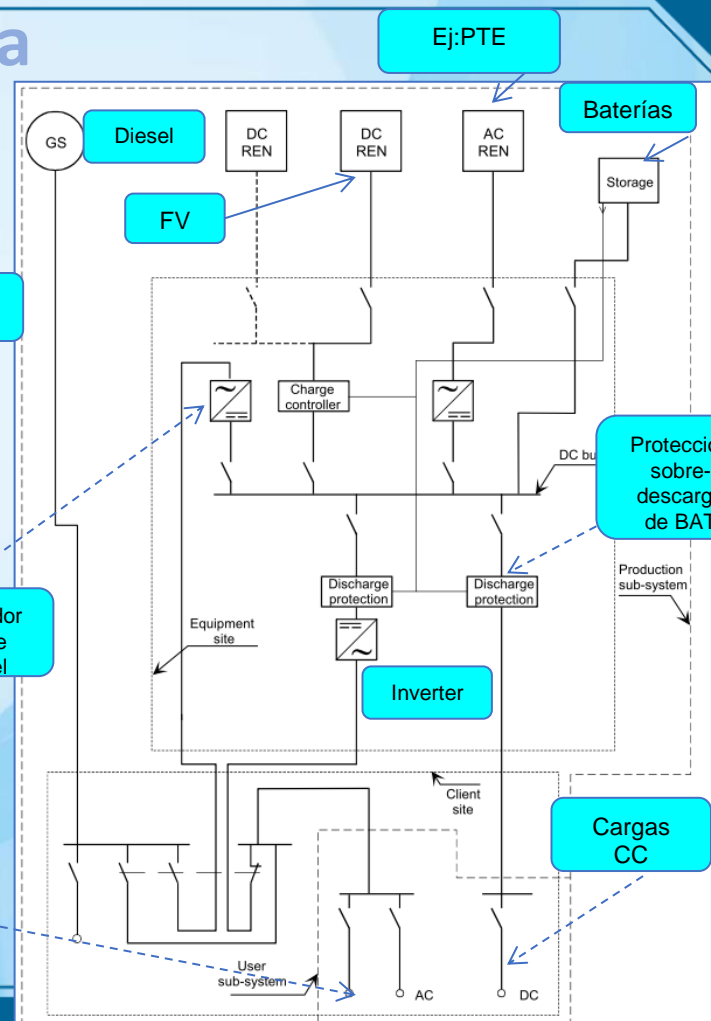
P8 : Normativa IEC para Energía Eólica

EJ: NORMATIVA IEC 62257-2 TIPO 4 (CON BACKUP TERMICO)



Fuente:
IEC 62257-2 (2004)

Aquí el usuario cuenta con almacenamiento, pero mejora su disponibilidad de suministro en caso de falta de recurso solar o eólico a través de un grupo electrógeno diésel



P8 : Normativa IEC para Energía Eólica

EJ: NORMATIVA IEC 62257-2 RESUMEN TIPOLOGÍA

IES

Table 6 – Recapitulation of characteristics of different types of isolated electrification systems

Electrification system	System type	Production system			Conversion	Coupling REN/group synchronous coupling	Application			
		REN	Storage	Generator set			DC	AC	Dedicated AC	
REN in-sync process supply systems and Individual systems (IES)	T ₁ I-a	*					*			
	T ₁ I-b	*						*		
	T ₁ I-c	*			*			*		
	T ₁ I-d	*			*		*			
	T ₂ I	*	*		*		*	*		
	T ₃ I	*		*				*		
	T ₄ I	*	*	*	*		*	*	*	
	T ₁ C	Considered as non relevant								
	T ₂ C	*	*		*			*		
	T ₃ C-a	*	*	*	*	*	*	*	*	
T ₃ C-b	*	*	*	*	*	*	*	*		
Collective systems (CES)	T ₄ C	*	*	*	*			*	*	
	T ₅ C			*				*		
	T ₆ C		*	*	*			*		

*: Equipment present.

IES – Sistemas Individuales de electrificación

CES – Sistemas Colectivos de electrificación

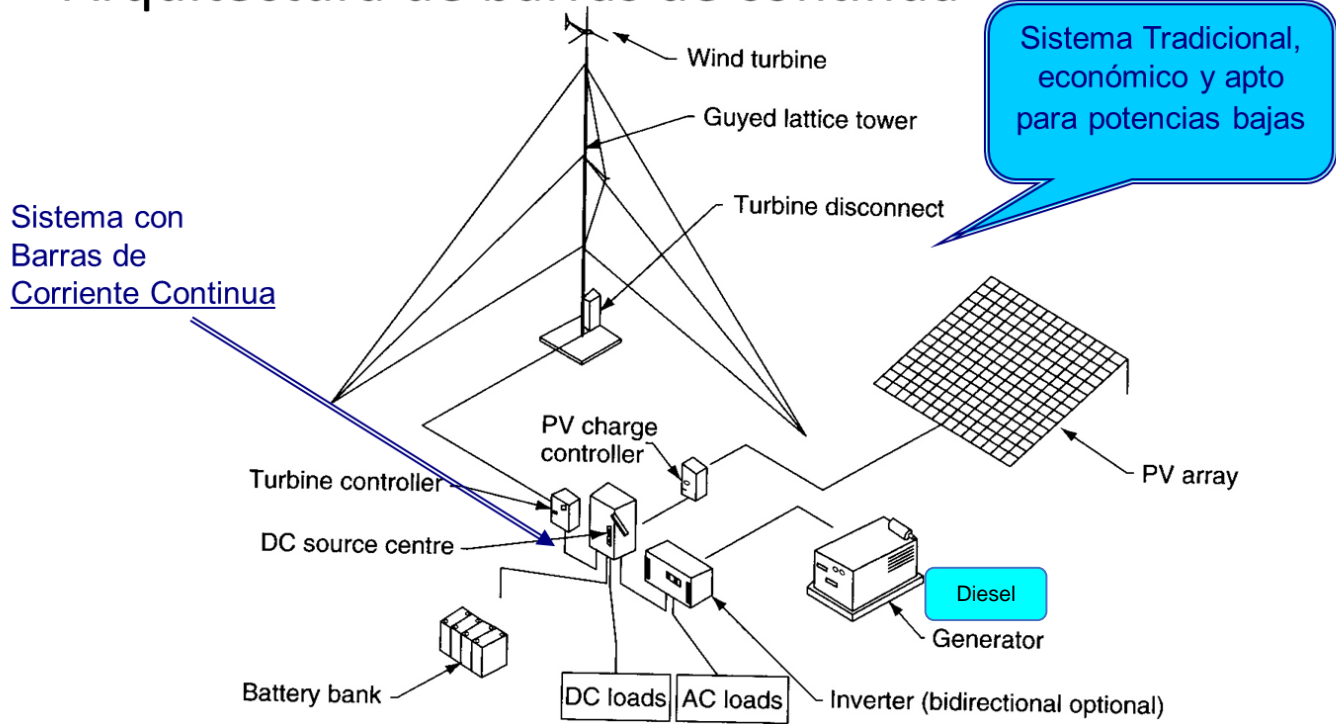
Fuente: Tabla 6
IEC 62257-2 (2004)

Relevantes PI29D084
T₂I,C; T₄I,C



Normativa IEC para Energía Eólica

Arquitectura de barras de continua



Sistema Tradicional,
económico y apto
para potencias bajas

Sistema con
Barras de
Corriente Continua

**IEC62257-2 T₂,I,C (sin Diesel) ;
T₄,I,C (con Diesel)
Barras CC**

Fuente: T. Ackerman
“Wind power in power systems” 2005 Wiley
ISBN 0-470-85508-8

Figure 14.1 DC-based renewable power system. *Note:* PV = photovoltaic

Fuente: Ian Baring Gould en Ackerman (2005)

Referencias

Sistemas eólicos y normativa IEC

- ▶ T. Ackerman “Wind power in power systems” 2005 Wiley - ISBN 0-470-85508-8
- ▶ IEC 61400-1 (2019) <https://webstore.iec.ch/publication/26423>
- ▶ IEC 61400-2 (2013) <https://webstore.iec.ch/publication/5433>
- ▶ Cambios en Nueva Norma 61400-12-1 IEC <https://aws-dewi.ul.com/knowledge-center/webinars/how-iec-standard-power-curve-testing-will-impact/>
- ▶ IEC 61400-12-1(2017) <https://webstore.iec.ch/publication/26603>
 - <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0063182> (Española equiv)
- ▶ IEC 62257 Series: <https://webstore.iec.ch/publication/23502>
- ▶ D. Wood “Small Wind Turbines - Analysis, Design, and Application” Springer V. 2011 - ISBN 978-1-84996-174-5 (En Repositorio)

GRACIAS POR SU ATENCIÓN!

<https://www.uarg.unpa.edu.ar/index.php/institucional/institutos/11-instituto-ita>

<https://www.energiasalternativas-unpa.net/>