Introducción a las EERR

Introducción a las EERR

Vitacapitalmgt.

- A principios del **siglo XIX** el **95 por 100** de la energía primaria que se consumía en el mundo procedía de fuentes renovables. Un siglo después tal porcentaje era del **38 por 100**, y a principios del presente siglo era sólo del **16 por 100** (Fouquet, 2009).

ESTRUCTURA DE ENERGÍA PRIMARIA (En porcentajes)

Tipo de combustible	Mundo, 1973	Mundo, 2009	OCDE, 1973	OCDE, 2010
Petróleo	46,0	32,8	52,6	36,3
Carbón	24,6	27,2	22,6	20,2
Gas natural	16,0	20,9	18,9	24,5
Biomasa y residuos	10,6	10,2	2,3	4,7
Nuclear	0,9	5,8	1,3	11,0
Hidroeléctrica	1,8	2,3	2,1	2,1
Geotérmica/solar/eólica	0,1	0,8	0,2	1,2
Total	100	100	100	100
En Mtep	6.111	12.150	3.741	5.413

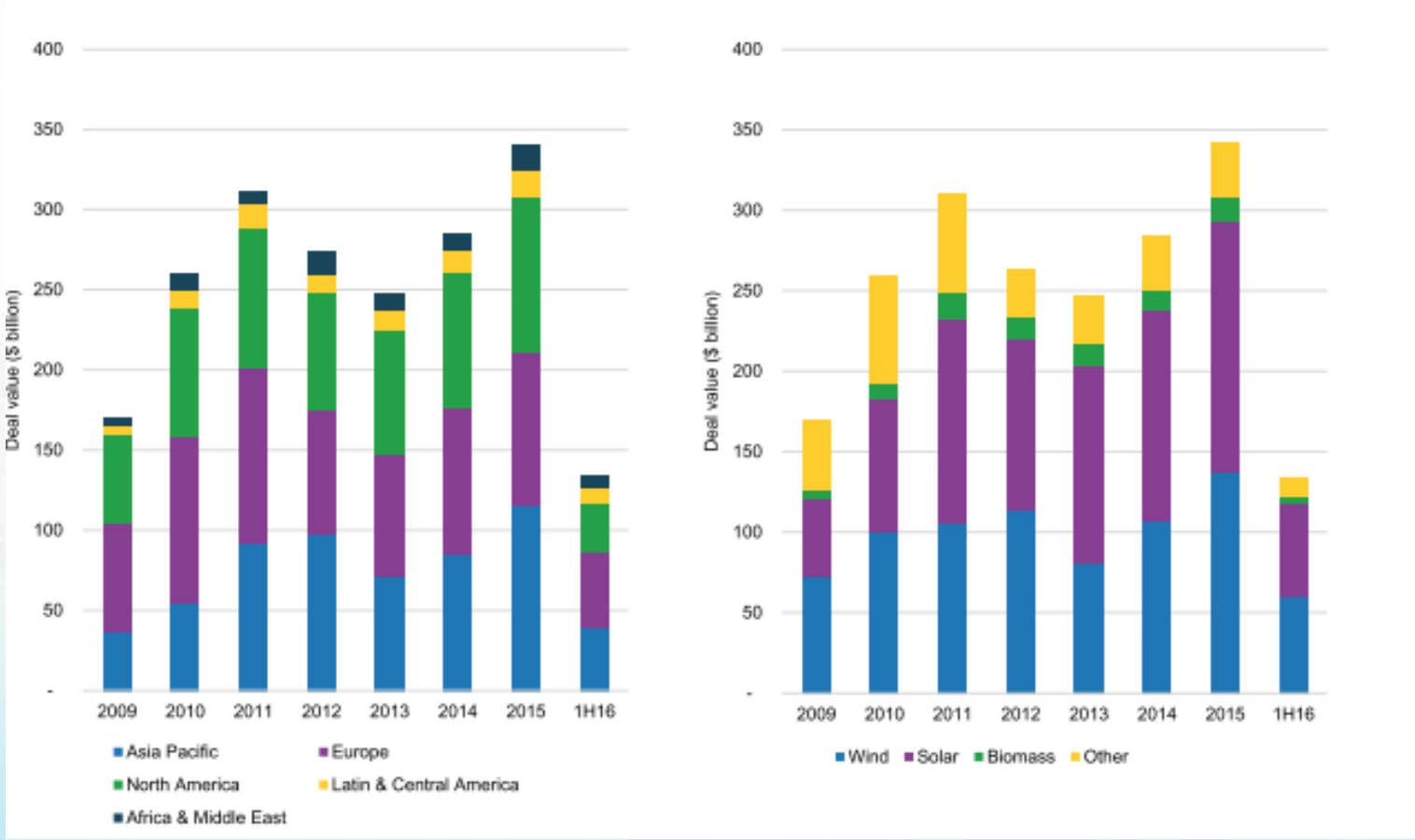
FUENTE: IEA (2011c).

Universidad Libre
Fundada en 1923
La Calidad académica un compromiso institucional

Introducción a las EERR

- El suministro total de energía prácticamente se duplicó entre 1973 y 2009, pasando de 6.111 a 12.150 Mtep (millones de toneladas equivalentes de petróleo).
- En el caso de los países que forman la OCDE, se observa que el suministro total de energía se ha incrementó un 38,2 por 100 en el período analizado, pasando de 3.741 Mtep en 1973 a 5.170 Mtep en 2009, bastante menos que a nivel mundial.

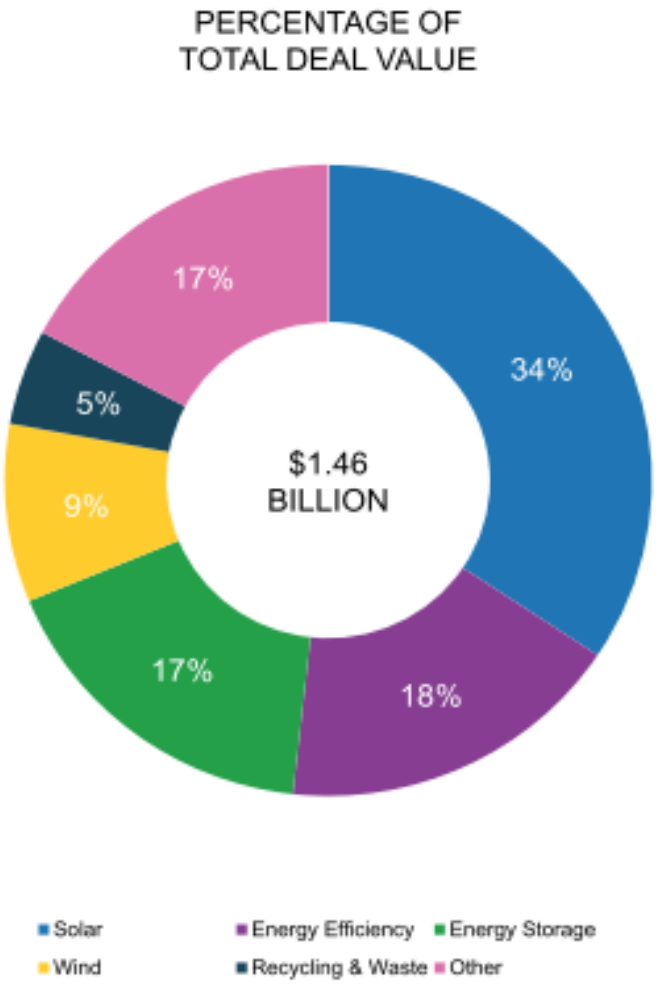
Introducción a las EERR



- A principios de 2011 al menos **118 países** tenían políticas de apoyo a las energías renovables o algún tipo de objetivo o cuota a nivel nacional, muy por encima de los 55 países que los tenían en 2005

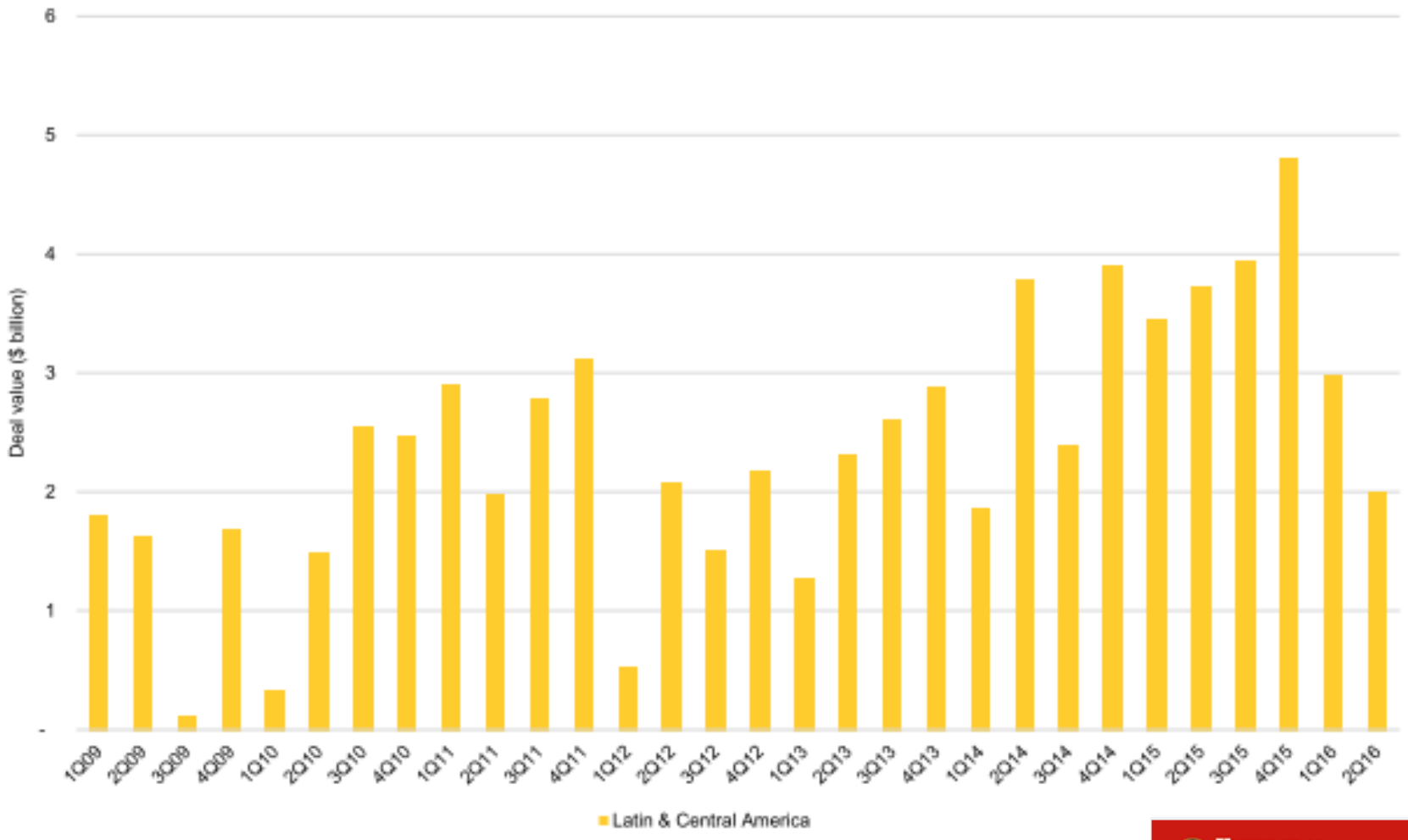
Introducción a las EERR

Vitacapitalmgt.



UNIVERSIDAD LIBRE
Fundada en 1923
La Calidad académica un compromiso institucional

Introducción a las EERR



Introducción a las EERR

Vitacapitalmgt.

PRODUCCIÓN ANUAL DE ENERGÍA PRIMARIA POR FUENTE ENERGÉTICA EN LA UE-27 (EN MTEP) (Entre 1999 y 2009)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Cambio %
Petróleo	180	173	161	166	156	145	133	121	120	112	104	–42
Gas	203	208	208	204	200	203	189	179	167	168	153	–25
Nuclear	243	244	253	256	257	260	258	255	241	242	231	–5
Carbón	224	213	211	210	207	201	195	191	185	177	165	–26
Renovables	93	97	100	97	104	111	115	122	133	141	148	+59
Total	943	935	933	933	924	920	890	868	846	840	801	–15

FUENTE: Elaboración propia, a partir de EUROSTAT (2011).

las energías renovables han pasado de representar el 9,8 por 100 de la producción de energía primaria en 1999 al 18,5 por 100 en 2009, en la UE-27.

Universidad Libre
Fundada en 1923
La Calidad académica un compromiso institucional

Introducción a las EERR

Vitacapitalmgt.

Mientras la producción de energía primaria se ha ido reduciendo en la UE, la dependencia energética ha ido aumentando, como se puede observar a continuación.

DEPENDENCIA ENERGÉTICA EN LA UE-27 (Entre 1999 y 2009) (%)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
UE27	45,1	46,7	47,4	47,6	49,0	50,2	52,5	53,7	53,0	54,7	53,9

FUENTE: EUROSTAT (2011).

Por combustibles, el porcentaje de dependencia energética en la UE-27 es del 62,2 por 100 para el carbón, el 64,2 por 100 para el gas natural y el 83,5 por 100 para el petróleo.

Universidad Libre
Fundada en 1923
La Calidad académica un compromiso institucional

Introducción a las EERR

Situación general de las energías renovables en el mundo

De acuerdo con la IEA, la oferta total de energía primaria en el mundo fue de 12.169 Mtep, de la cual el 13,1 por 100 fue producida a partir de fuentes renovables.

Recurso renovable	Porcentaje
Biomasa sólida	70,2
Hidráulica	17,7
Geotérmica	3,9
Biocarburantes	3,4
Eólica	1,5
Biogas	1,4
Solar y mareas	1
Fracción orgánica de residuos sólidos urbanos	0,9

FUENTE: IEA (2001d).

Introducción a las EERR

Vitacapitalmgt.

CONTRIBUCIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES A LA OFERTA DE ENERGÍA PRIMARIA TOTAL (OEPT), POR REGIONES, EN EL MUNDO

	OEPT	De la cual, renovables	Aportación renovables en OEPT	Aportación de las principales categorías en el total de renovables (%)		
	Mtep	Mtep	%	Hidro	Solar, eól, geot, mare	Biomasa y residuos
Africa	663,9	321,6	48,4	2,6	0,4	97,0
América Latina	567,9	177,1	31,2	33,7	1,9	64,4
Asia (sin China)	1449,8	388,6	26,8	5,4	6,9	87,7
China	2272,0	267,9	11,8	19,8	4,2	76,0
No OCDE Europa y Eurasia	1038,0	39,5	3,8	63,6	1,6	34,7
Oriente Medio	610,7	3,0	0,5	36,9	39,7	23,5
OCDE	5237,7	391,5	7,5	29,0	14,5	56,5
Transp. marítimo y aéreo int.	328,9	x	x	x	x	x
Mundo	12.169,0	1.589,3	13,1	17,7	6,4	75,9

FUENTE: IEA (2011d).

Universidad Libre
Fundada en 1923
La Calidad académica un compromiso institucional

Introducción a las EERR

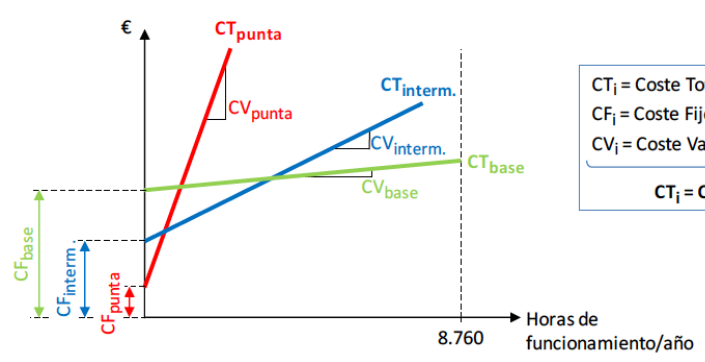
Desde el punto de vista económico, las tecnologías se caracterizan por sus diferentes estructuras de costes y por su capacidad para adaptarse a las variaciones de la demanda con la suficiente rapidez. Esto hace que sea eficiente que, en un mismo instante, estén produciendo varias tecnologías diferentes.

Atendiendo a la variable de estructura de costes, las tecnologías se pueden clasificar en las siguientes:

- **Tecnologías de base** (nucleares, algunas de las centrales de carbón y ciclos combinados), con costes fijos relativamente elevados y costes variables relativamente bajos.
- **Tecnologías de punta** (centrales de fuelóleo, turbinas de gas), con costes fijos bajos y costes variables altos.
- **Tecnologías intermedias** (algunas centrales de carbón y ciclos combinados existentes, centrales hidráulicas regulables), con costes fijos y variables intermedios respecto a los de las centrales de base y punta.

Introducción a las EERR

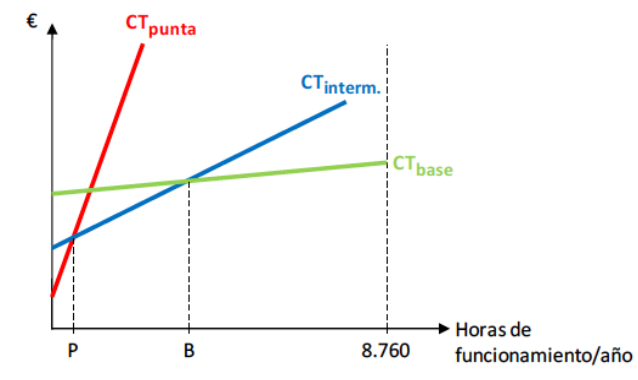
Considerando que hubiera únicamente una tecnología correspondiente a cada una de las tres categorías anteriores, el coste total de 1 MW de potencia instalada en función del número de horas de funcionamiento al año de cada una de estas tres tecnologías se podría representar según la siguiente figura Figura.



CT_i = Coste Total de la tecnología i
CF_i = Coste Fijo de la tecnología i
CV_i = Coste Variable de la tecnología i

$CT_i = CF_i + CV_i \times Horas$

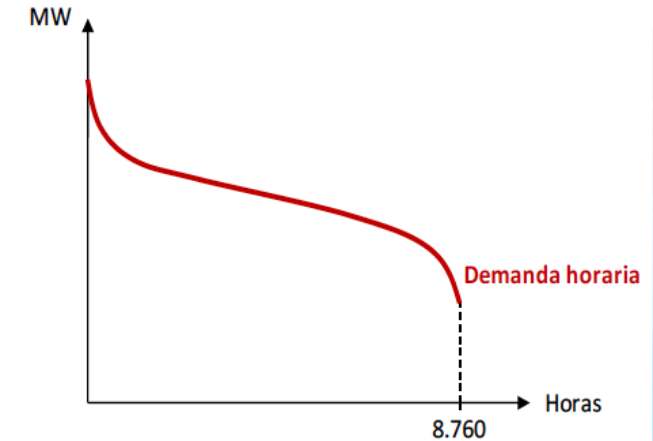
A la vista de estas curvas, resulta evidente que cada tecnología es óptima (mínimo coste total) para un determinado número de horas de funcionamiento esperado al año.



- Para unas horas de funcionamiento esperadas al año entre 0 y P, la tecnología óptima (mínimo coste total) es la de **punta**.
- Para unas horas de funcionamiento esperadas al año entre P y B, la tecnología óptima es la **intermedia**.
- Para unas horas de funcionamiento esperadas al año mayores que B, la tecnología óptima es la de **base**.

Introducción a las EERR

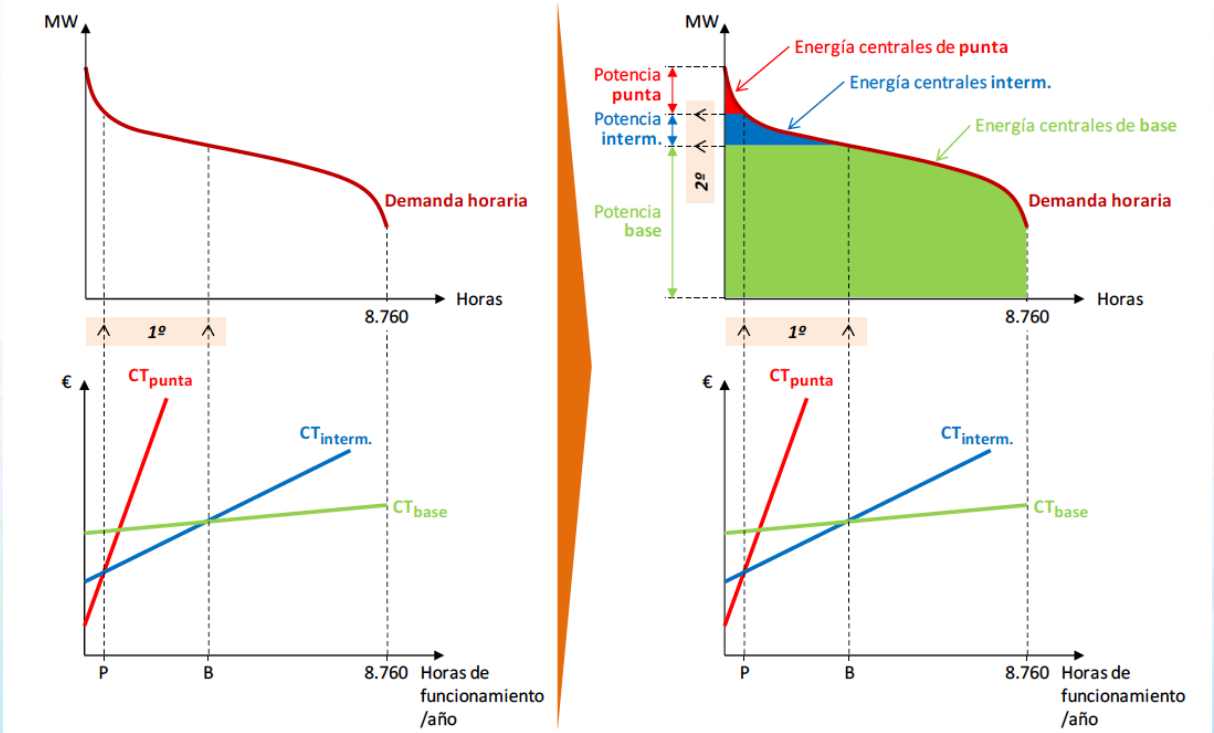
Ordenando la demanda en cada hora del año de mayor a menor, resultaría una curva como la mostrada a continuación y que es generalmente conocida como “curva monótona de demanda”.



Para cubrir esta demanda de forma óptima, es decir, al mínimo coste total, habría que utilizar cada una de las tecnologías óptimas para cada uno de los rangos de horas de funcionamiento anteriormente descritos.

Cubriendo la demanda de acuerdo a este criterio resulta que cada tecnología funciona al año un número de horas dentro del cual la misma es óptima, es decir, es la tecnología de mínimo coste. Así, resulta un parque de generación, entendido como la potencia instalada de cada tipo de tecnología, que minimiza el coste total de la generación eléctrica.

Introducción a las EERR



Por tanto, se observa que para satisfacer la demanda de forma óptima, mínimo coste posible, es necesario que en determinados instantes haya más de una tecnología generando electricidad.

Profesor D. Carlos Ruiz Nicolás

Bachelor (Honours) Business Administration by University of Wolverhampton

Graduado Internacional en Administración de Empresas. Escuela Superior de Negocios

Técnico en Administración y Dirección de Empresas. Universidad Pontificia Comillas (ICADE)

Profesor Instituto de Estudios Busátiles (IEB)

Profesor ESAN Perú

Socio Fundador Vitacapital

cruiz@vitacapital.es

carlos.ruiz@claustro-ieb.es

Solar FV. Fundamentos Técnicos

1. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

1.1 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Generación directa de electricidad con radiación solar

“ La Energía Solar Fotovoltaica es una energía renovable, no gestionable, de impacto ambiental próximo medio-bajo, no consumidora de agua y no generadora de residuos”

<u>VENTAJAS</u>:

- **Generación de energía próxima a la zona de consumo**
- **Energía Renovable modular**

↓

Instalación de amplio rango de potencias

<u>INCONVENIENTES</u>:

- **La Radiación Solar es una fuente de baja intensidad (1.000 w/m^2)**

↓

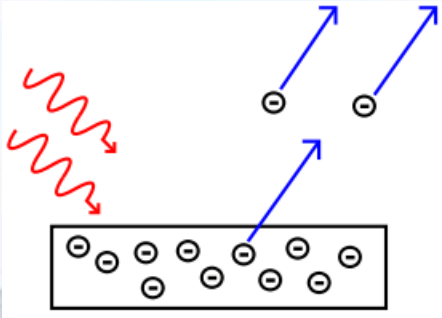
Ocupación de espacio elevada.

- **Difícil predicción e intermitente** → **Fuentes de generación de apoyo**
- **Tecnología cara, relativamente sofisticada.**

1. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

1.2 EVOLUCIÓN HISTÓRICA

"Efecto Fotoeléctrico" descubierto por Alexandre Edmond Becquerel (1.839)



Se liberan electrones de un material por la acción de la radiación.

Albert Einstein obtuvo el Premio Nobel de Física en 1.921

SILICIO

Los inicios de la tecnología Fotovoltaica en el siglo XX:

- **Primera célula solar de Silicio creada por Laboratorios Bell (1.954)**
- **Primeros sistemas autónomos para señalización o telefonía, alrededor de 1.960.**
- **Hasta la crisis del petróleo (1.973), se considera una tecnología minoritaria.**
- **En 1.980 se plantean las primeras instalaciones de <u>conexión a red</u>.**

1. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

1.3 APLICACIONES

- E. SOLAR FV
  - AISLADAS DE LA RED (Autónomas)
    - Telecomunicaciones
    - Señalización
    - Alumbrado
    - Otras
  - CONECTADAS A LA RED
    - Centrales Fotovoltaicas
    - Cubiertas Fotovoltaicas
    - Otras

AISLADAS DE LA RED:

- **Generalmente se emplea en lugares alejados, sin acceso a conexión eléctrica.**
- **La generación eléctrica se emplea para el autoconsumo en el lugar.**
- **Se necesita un sistema de almacenamiento.**

CONECTADAS A LA RED:

- **Es necesaria la existencia de una red eléctrica próxima para su conexión (Optimización de la Inversión).**
- **La electricidad se genera durante las horas de sol.**
- **No precisan de almacenamiento y son independientes del consumo.**

1. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

1.3 APLICACIONES

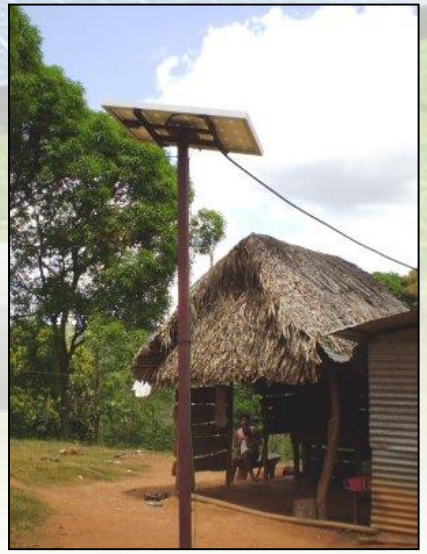
INSTALACIONES AISLADAS DE LA RED

Aplicaciones Espaciales

Iluminación Pública:

Farolas Fotovoltaicas, formadas por:

- **Panel**
- **Batería**



Otros usos:

Electrificación rural

1. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

1.3 APLICACIONES

INSTALACIONES CONECTADAS A LA RED

Instalaciones en campo abierto o en suelo

- ✓**Versatilidad en la ubicación.**
- ✓**Amplio rango de potencias instaladas.**

Edificio SHARP, en Kametama (Japón)

- ✓ **5, 21 MWp instalados**
- ✓**47.000 m2**

Instalaciones en cubiertas o en edificios

- ✓**Menor eficiencia en orientación e inclinación.**
- ✓**Potencias instaladas bajas (Necesidades de espacio elevadas).**
- ✓**Incentivos institucionales.**

2. LA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA

2.1 EL RECURSO ENERGÉTICO: LA RADIACIÓN SOLAR

B. TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR

RADIACIÓN SOLAR GLOBAL (G)= DIRECTA (B)+DIFUSA (D)+ALBEDO (R)

W/m^2

C. BASES DE DATOS DE LA RADIACIÓN SOLAR

- ✓International H-World Database (Censolar)
- ✓Photovoltaic Geographical Information System (PV-GIS) de la Comisión Europea
- ✓Datos de la NASA

Práctica más habitual: Base de datos + Mediciones Directas

D. RADIACIÓN INCIDENTE SOBRE SUPERFICIES NO HORIZONTALES

Irradiación diaria (Superficie Horizontal) → **Irradiación diaria (Superficie Inclinada)**

Cálculos complicados

Superficie receptora fija → **Orientación Sur e Inclinación = Latitud – 5 ó 10 º**

Superficie receptora móvil → **1 ó 2 ejes**

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

3.1 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS Y TIPOS

Generación de energía eléctrica y vertido directo a red, sin almacenamiento.

GENERADOR FV → **Inversor DC/AC**
Protecciones
Contadores de Medida →

TIPO DE INSTALACIONES:

- **<u>Campo Abierto o Suelo:</u>**
  - ✓ **Aprovechamiento óptimo del terreno (sombreado, obstáculos, etc)**
    - **Determina Potencia a instalar y el tipo de seguimiento solar**
  - ✓ **Punto de Conexión a red**
- **<u>Cubierta o Edificio:</u>**
  - ✓ **Entorno Físico**
    - **Tamaño y ubicación**

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

3.2 ELEMENTOS QUE COMPONEN UNA INSTALACIÓN

B. ESTRUCTURAS SOPORTE

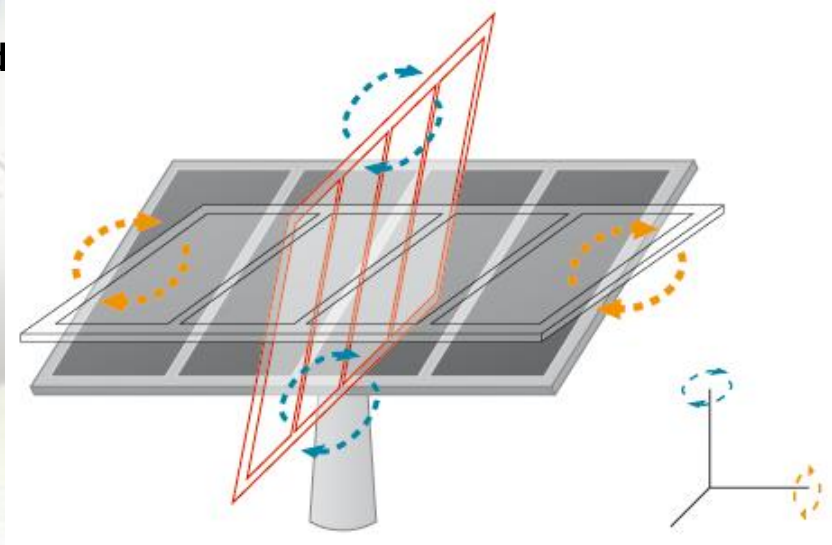
C. SEGUIDORES SOLARES:

<u>Un eje Horizontal (Norte-Sur):</u>

- **Movimiento de Este a Oeste.**
- **Sencillo, robusto, bajo coste.**
- **Aplicación:**
  - **Plantas Grandes (Aprov. Terreno)**
  - **Latitudes Bajas (Ecuador)**

<u>Un eje Vertical (Acimutal):</u>

- **Eje de giro vertical.**
- **Panel inclinado con mismo ángulo que latitud**
- **Aplicación: Latitudes Altas**



<u>Dos Ejes:</u>

- **Paneles perpendiculares al sol**
- **Rendimiento > 40% respecto a los otros**
- **Mayor coste, Mayor sombreado**
- **Necesidades de espacio elevadas**

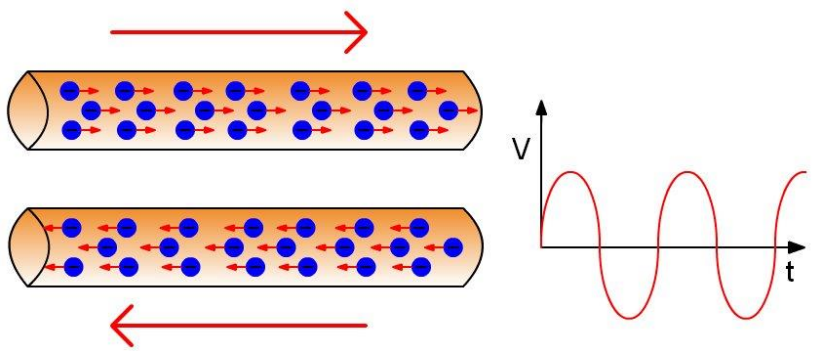
3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

3.2 ELEMENTOS QUE COMPONEN UNA INSTALACIÓN

D. EL INVERSOR:

<u>Corriente Contínua</u> (Generador FV)

<u>Corriente Alterna</u> (Red)



CARACTERÍSTICAS:

- **Potencia Nominal similar a Generador FV (Normalmente 80 %)**
- **Tensión de operación en función de la del Generador (Insolación y Temperatura)**
- **Curva de Eficiencia en todo rango de potencias**
- **Garantiza regulación de tensión y frecuencia**

DESCONEXIÓN

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

3.3 DISEÑO Y DIMENSIONADO

Se evalúan los aspectos siguientes:

A. <u>TIPO DE EMPLAZAMIENTO</u>:

- **Suelo o cubierta**
- **Normativa que especifique potencia**
- **Superficie Disponible**

B. <u>TIPO DE PANEL</u>:

EFICIENCIA DE UN PANEL SOLAR

Energía Solar que se transforma en E. Eléctrica → Fabricante → 45 %

POTENCIA PICO (kWp) Y POTENCIA NOMINAL (kWn) DEL PANEL

Potencia Nominal: Operación Instalación → Inversor

Potencia Pico: En Condiciones Laboratorio → > 10-20 % Potencia Instalación (Inversor)

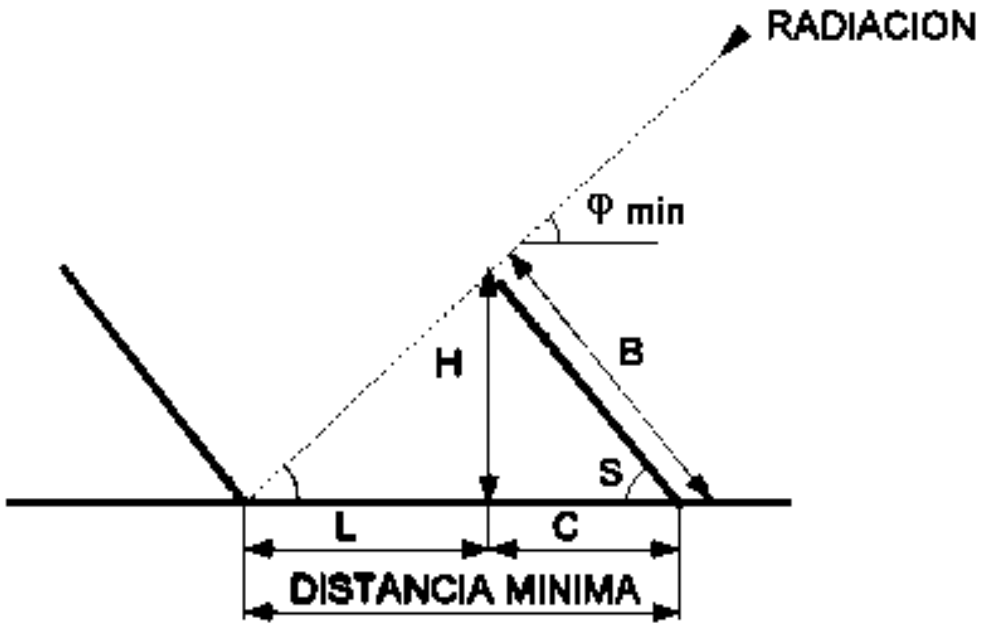
↓

Wp/Wn = 1,10-1,15

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

3.3 DISEÑO Y DIMENSIONADO

C. <u>APROVECHAMIENTO DE LA SUPERFICIE</u>:



Separación entre placas

Cuando el sol está más bajo (28º)

Panel de 10 m de longitud

Distancia mínima = 21,4 m

<u>Optimización del sombreado: Pérdidas de 2-3 %</u>

CUBIERTAS: Lo prioritario es la <u>orientación e inclinación</u> de la propia cubierta

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

3.3 DISEÑO Y DIMENSIONADO

D. CONFIGURACIÓN DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO Y EL INVERSOR:

Superficie Disponible — **Potencia Paneles**

Potencia a instalar

Implantaciones ("Layouts") para dividir la planta en campos o grupos de generadores asociados a cada inversor.

RD 661/2007, mejor tarifa asociada a 100 Kw de inversor

MAXIMIZAR EL NÚMERO DE CAMPOS DE 100 KW

5 MW totales → **50 campos iguales de 100 Kw cada uno, conectados entre sí**

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

3.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Rendimiento Global Performance Ratio (PR) = **E anual real/E anual condiciones ideales**

Pérdidas paneles, inversores, cableado, etc. → **Entre 70-80 %**

Kwp / Kwn	1,15
Total potencia instalada (KWn)	100
Total potencia instalada (KWp)	115
Irradiacion 0 º anual antes de PR (horas/año)	1650
Incremento por inclinación	0,25%
Energía total (antes de PR) (horas/año)	1654,13
PR (ratio eficiencia instalación)	0,77
Horas equivalentes (horas/año)	1273,68
Energía total (kWh/año)	146.472,77
Precio (€/MWh)	
Ingresos (€)	

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

3.5 MONTAJE, PUESTA EN SERVICIO, MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

A. MONTAJE DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

CASO REAL:

PARQUE FOTOVOLTAICO "LAS MORALAS", DE 5 MW DE POTENCIA

- 50 instalaciones de 100 Kw cada una
- Conexión con la red de Unión Fenosa Distribución mediante línea de 15 KV.
- Término municipal de Manzanares (Ciudad Real)
- Contratado como "Llave en Mano" (EPC) al CONTRATISTA PRINCIPAL
- Duración Obra: 5 meses

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

A. MONTAJE DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

DURACIÓN OBRA: 5 MESES (Marzo-Julio 2.008)

FASES DE LA OBRA:

1. OBRA CIVIL INICIAL:

- **Trabajos Previos: Geotécnico, topografía de detalle.**
- **Acondicionamiento del terreno: Desbroce, movimiento de tierras, etc.**

2. CIMENTACIÓN Y ANCLAJE DE ESTRUCTURAS:

Cimentación: PILOTES PREFABRICADOS

Diámetro = 0,6 m

Profundidad = 1,3 m

Pilotadoras

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

A. MONTAJE DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

2. CIMENTACIÓN Y ANCLAJE DE ESTRUCTURAS:

Colocación de Pilotes

Cimentación de Pilotes

Ensayos de calidad

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

A. MONTAJE DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

3. MONTAJE DE SOPORTES Y SEGUIDORES:

Nivelación

Colocación de Tubos de Estructura Soporte

Corte

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

A. MONTAJE DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

3. MONTAJE DE SOPORTES Y SEGUIDORES:

Montaje Mecánico (Soldadura en T)

Estructura transversal

Colocación del eje

Colocación de motores

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

A. MONTAJE DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

4. FIJACIÓN DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS:

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

A. MONTAJE DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

5. INSTALACIÓN DEL CABLEADO (I):

CABLEADO EN BAJA TENSIÓN

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

A. MONTAJE DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

6. MONTAJE DE INVERSORES Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN :

Cama de arena

Hormigonado

CUARTOS DE INVERSORES

Y DE

CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

A. MONTAJE DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

7. INSTALACIÓN DEL CABLEADO (II) :

Colocación de arquetas

Entrada a Inversores

o

Centros de Transformación

8. PUESTA A TIERRA :

Paneles

Otros

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

3.5 MONTAJE, PUESTA EN SERVICIO, MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

B. PUESTA EN SERVICIO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

ETAPAS

- **Inspección de la planta**
- **Comparación configuración de la planta con especificaciones proyecto**
- **Comparación configuración medidor con especificaciones contractuales**
- **Control de arranque de contadores**
- **Control de funcionamiento de dispositivos de protección**

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

3.5 MONTAJE, PUESTA EN SERVICIO, MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN

C. <u>OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</u>

- **Operación autónoma, únicamente necesita control**
- **Monitorización completa (Medición Parámetros y Detección de Fallos)**
- **Mantenimiento Reducido:**
  - **Limpieza Paneles**
  - **Revisión del estado de estructuras y conexiones**
  - **Comprobación de equipos**

IMPORTANTE: ¡¡SISTEMA DE VIGILANCIA!!

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

3.6 ANÁLISIS ENERGÉTICO

DOS SITUACIONES

- Antes Operación: Análisis Estimado (Incertidumbre alta)
- Después Operación: Lectura de contadores

RETROALIMENTAR BASES DE DATOS

PARQUE FOTOVOLTAICO "LAS MORALAS"

- Irradiación: 4,4 kWh/m2 ⇒ 1.300-1.500 horas solares equivalentes
- Curva Potencia Paneles+Datos Irradiación ⇒ Producción Anual

Rendimiento Global
Performance Ratio
(PR)

= E anual real / E anual condiciones ideales

Condiciones Ideales: Sin pérdidas en ningún equipo y Tª = 25 ºC

PR habitual = 0,65-0,85

En Moralas:

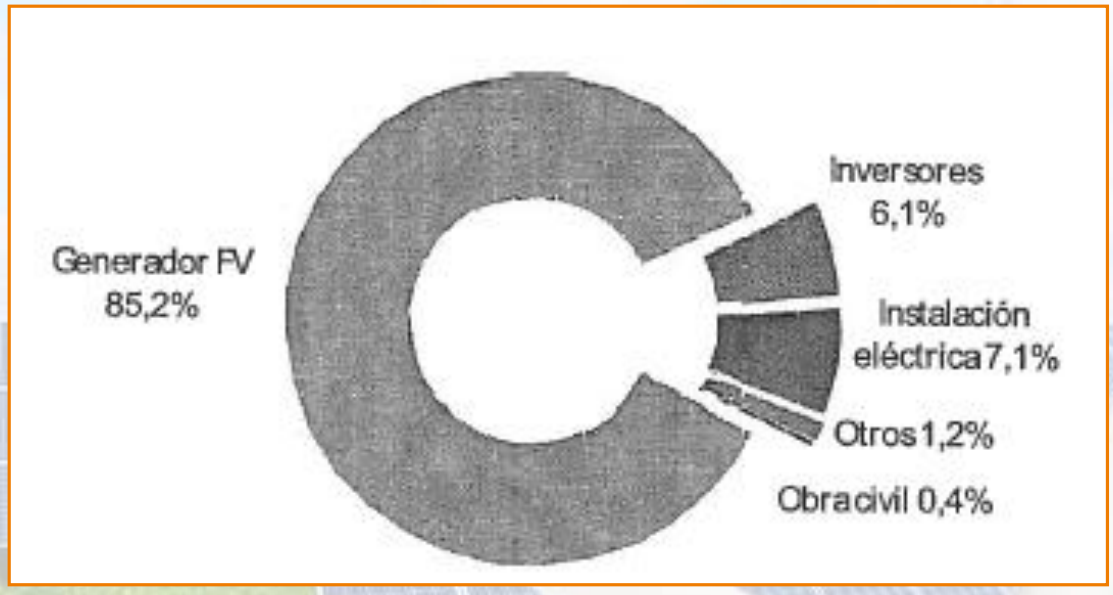
Pérdidas = 24-37 %

PR = 0,7-0,8 = 78 %

3. INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A RED

3.8 PROYECTO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Análisis Económico de una central Fotovoltaica:



A mayor Potencia Instalada:

- **Precio Paneles Aumenta (Seguidores Solares)**
- **Precio Obra Disminuye**

	5kWp	100kWp	2MWp
Generador FV (paneles + estructura soporte)	63,6% (56,72 + 6,84)	67,2% (60,83 + 6,37)	69,1% (63,16 + 5,96)
Inversor + protecciones	9%	9%	8,8%
Cableado	2,8%	2,5%	2,5%
Montaje y puesta en marcha	5,2%	3,5%	2,4%
Ingeniería y gastos generales	19,4%	17,8%	17,2%

Profesor D. Carlos Ruiz Nicolás

Bachelor (Honours) Business Administration by University of Wolverhampton

Graduado Internacional en Administración de Empresas. Escuela Superior de Negocios

Técnico en Administración y Dirección de Empresas. Universidad Pontificia Comillas (ICADE)

Profesor Instituto de Estudios Busátiles (IEB)

Profesor ESAN Perú

Socio Fundador Vitacapital

cruiz@vitacapital.es

carlos.ruiz@claustro-ieb.es

Energía Eólica. Fundamentos Técnicos

INDICE

Vitacapital mgt.

1. El origen del viento
2. Características básicas
3. Aplicaciones
4. Medida del recurso eólico
5. El parque eólico, elementos que lo componen
   A. Aerogeneradores
      I. Estructura
      II. Funcionamiento
      III. Parámetros
      IV. Fundamentos
   B. Subestación transformadora
   C. Línea eléctrica de transporte
6. Operación y Mantenimiento
7. Análisis del emplazamiento
   A. Selección
   B. Análisis del recurso
   C. Estimación de la producción.
   D. Micro-siting

1.- EL ORIGEN DEL VIENTO

El viento es una forma de energía que tiene su origen en la luz solar.

La radiación solar calienta la superficie terrestre de manera no uniforme

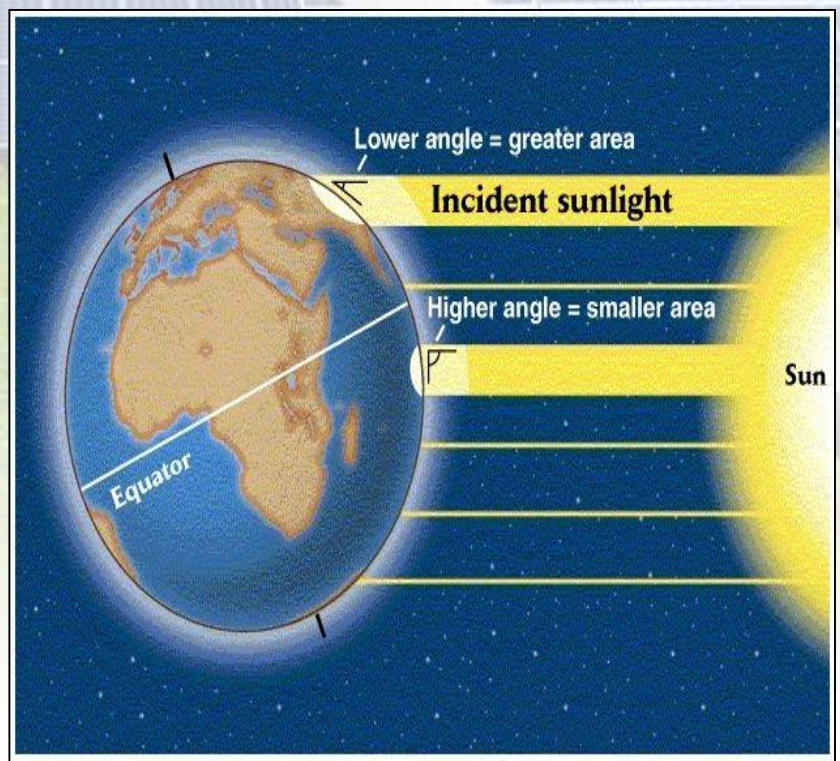
Insolación Elevada

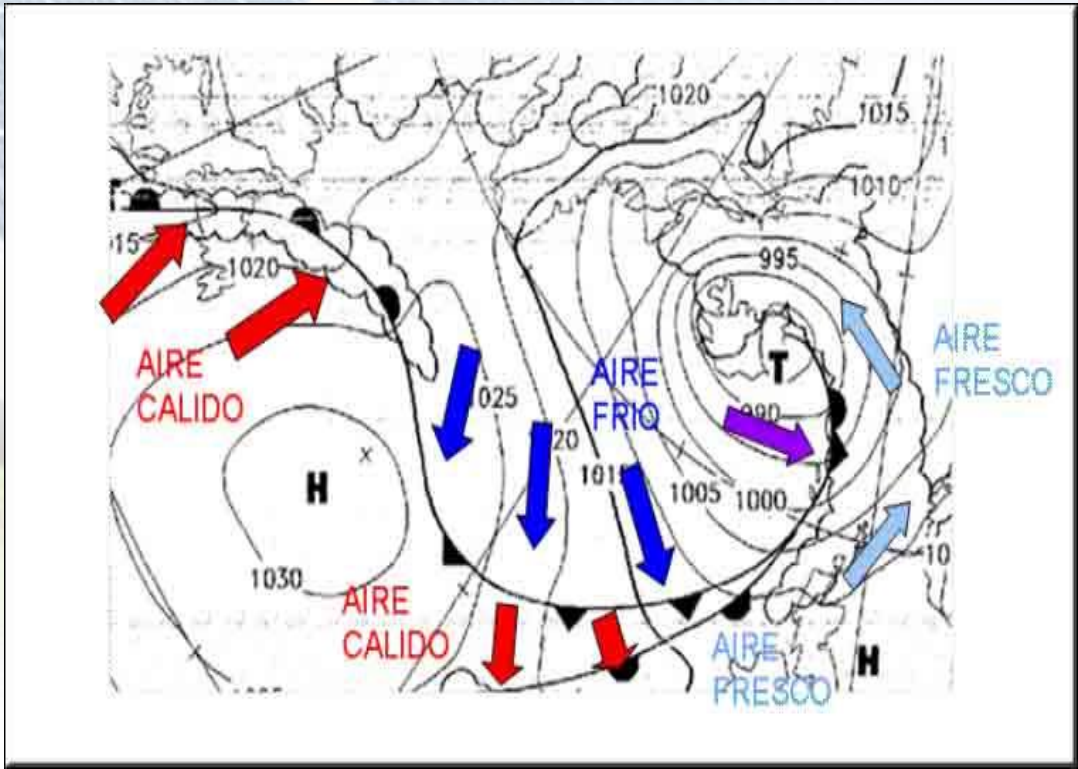
(Baja Latitud)

Insolación Baja

(Elevada Latitud)

MOVIMIENTO DE MASAS DE AIRE





2.- CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Aprovechamiento de la energía cinética de masas de aire en movimiento (viento) para producir energía eléctrica.

“ Energía renovable, *no gestionable*, de impacto ambiental próximo medio-alto, no generadora de residuos”

1.2 EVOLUCIÓN HISTÓRICA

Recurso empleado desde hace miles de años

Desde 1.987

PARQUES EÓLICOS CONECTADOS A RED

3.- APLICACIONES

- **Energía eléctrica en grandes Parques Eólicos**

  Agrupación de aerogeneradores: PARQUE EÓLICO → **POTENCIAS GRANDES**

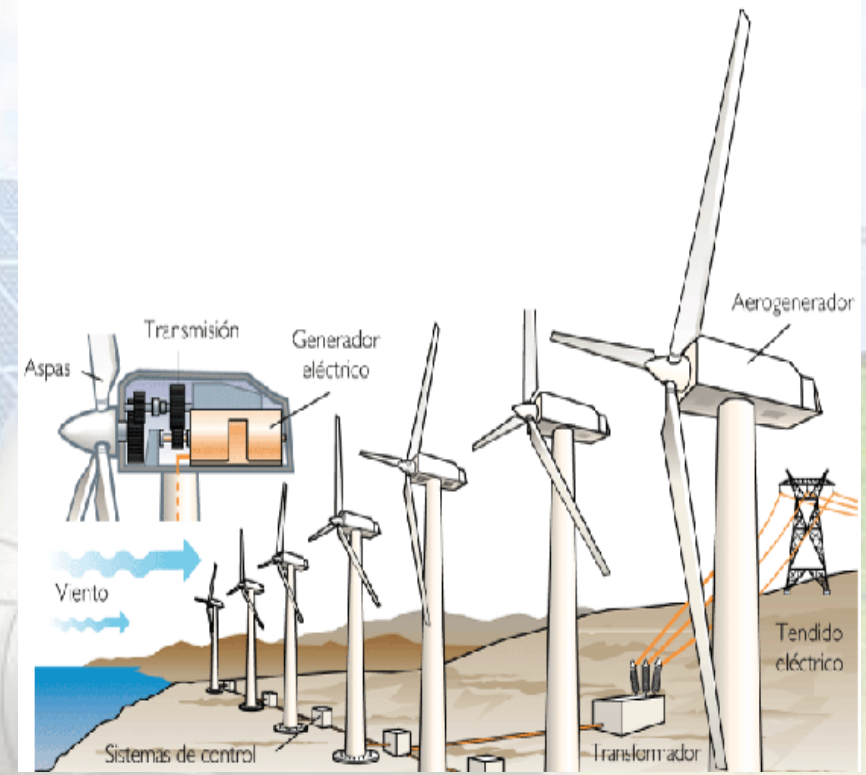
- **Energía eléctrica en instalaciones aisladas**

  Lugares aislados de la red

  Potencias < 100 kW

  Sistemas de almacenamiento

  Complemento con E. Solar FV (Panel Solar).



- **Bombeo de agua**

  Bomba Mecánica

  (No hay conversión de E. Mecánica a E. Eléctrica)

  Bomba Eléctrica (similar a sistema aislado)

- **Otras aplicaciones**

  Centrales híbridas de bombeo: Hidroeléctricas-Eólicas → **Proyecto "Hierro Eólico"**

4.-MEDIDA DEL RECURSO EÓLICO

PROYECTO INSTALACIÓN PARQUE EÓLICO → **Campaña Medidas de > 1 año duración**

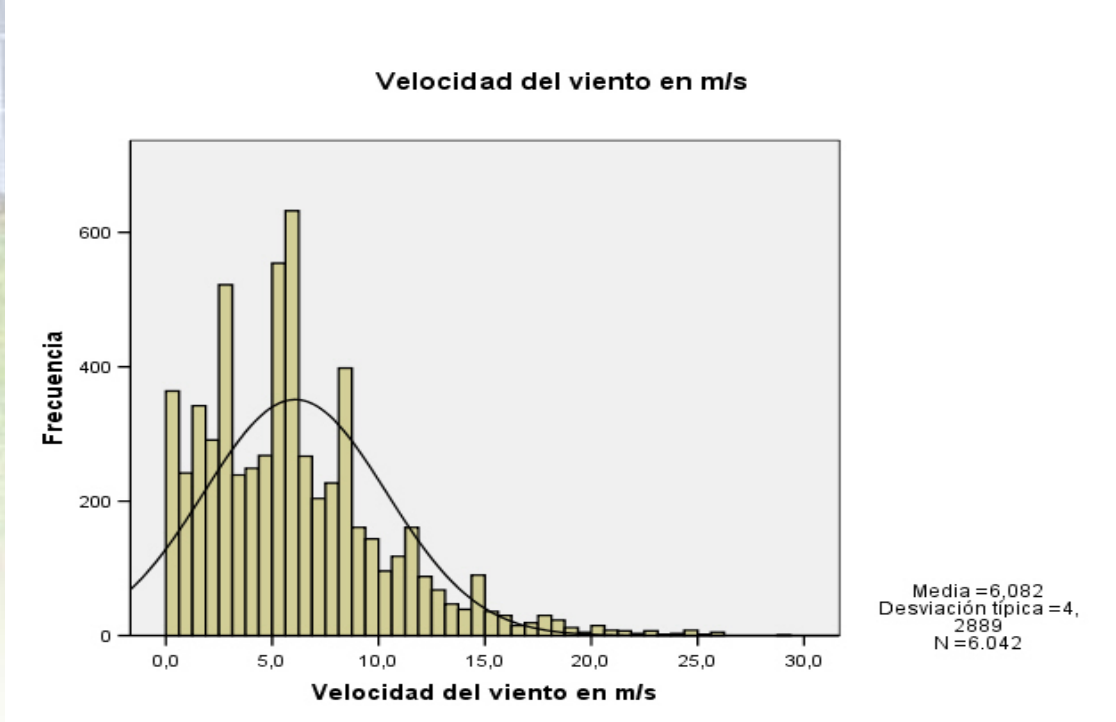
1. **Consultar bases de datos**
2. **Revisión del Entorno**
   - ✓ **Parques existentes**
   - ✓ **Torres de medición ya instaladas**
3. **Instalación de Torre de Medición**
   - **Dirección (Veleta)**
   - **Velocidad (Anemómetro)**
   - **Otros (humedad, presión,etc)**
   - **Almacenamiento (datalogger)**

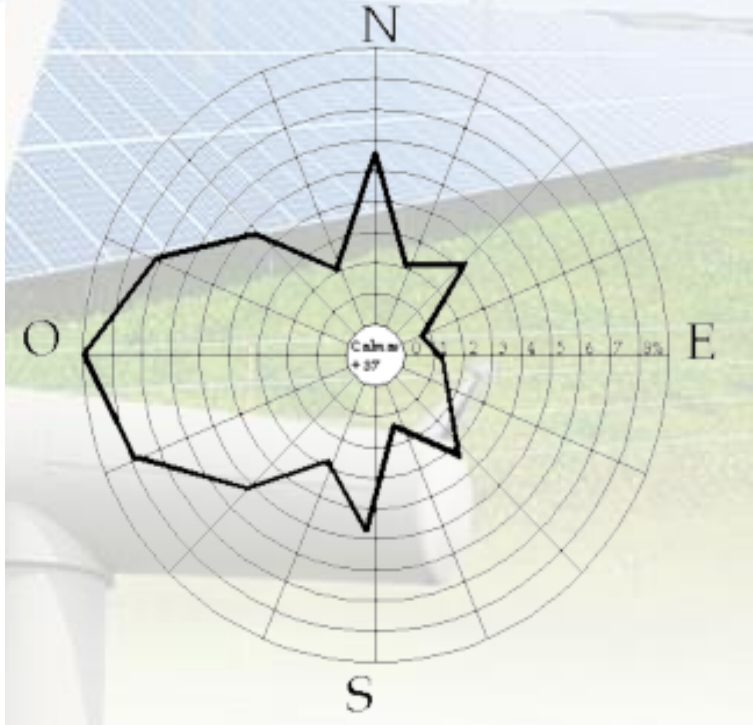
4.- MEDIDA DEL RECURSO EÓLICO

Procesado de datos para extraer información → **PROGRAMAS INFORMÁTICOS** → **“Rosa de los Vientos”**

Representación gráfica de los datos de velocidad en cada dirección:

Velocidad Media-% tiempo (o frecuencia)





5.- EL PARQUE EOLICO, ELEMENTOS QUE LO COMPONEN

Aerogeneradores

Subestación Eléctrica

Línea Eléctrica

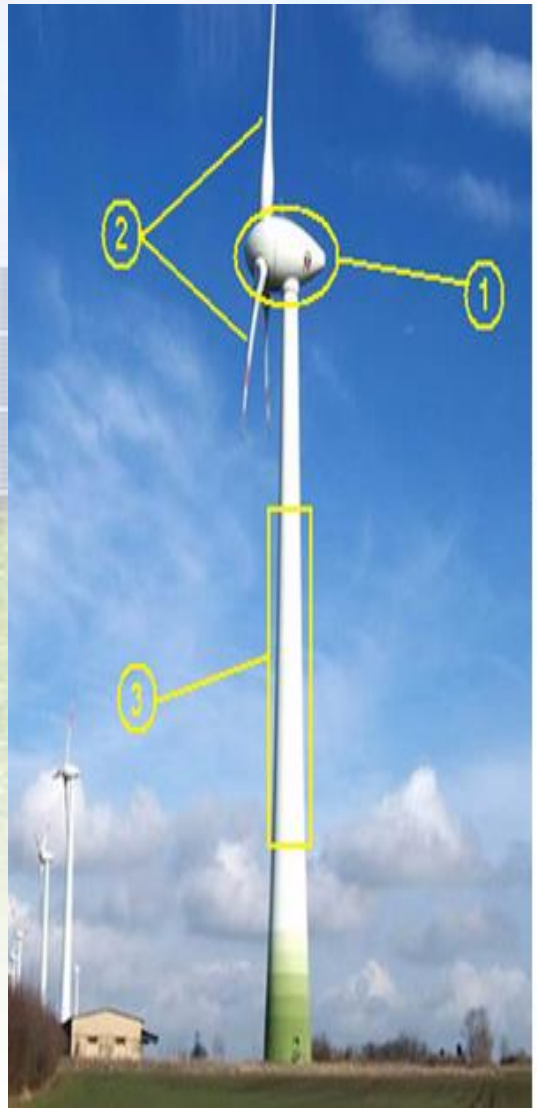
Aerogenerador → **Transforma la energía cinética del viento en energía eléctrica**

Subestación Eléctrica de Parque → **Transforma el voltaje de la línea de parque al voltaje del punto de conexión**

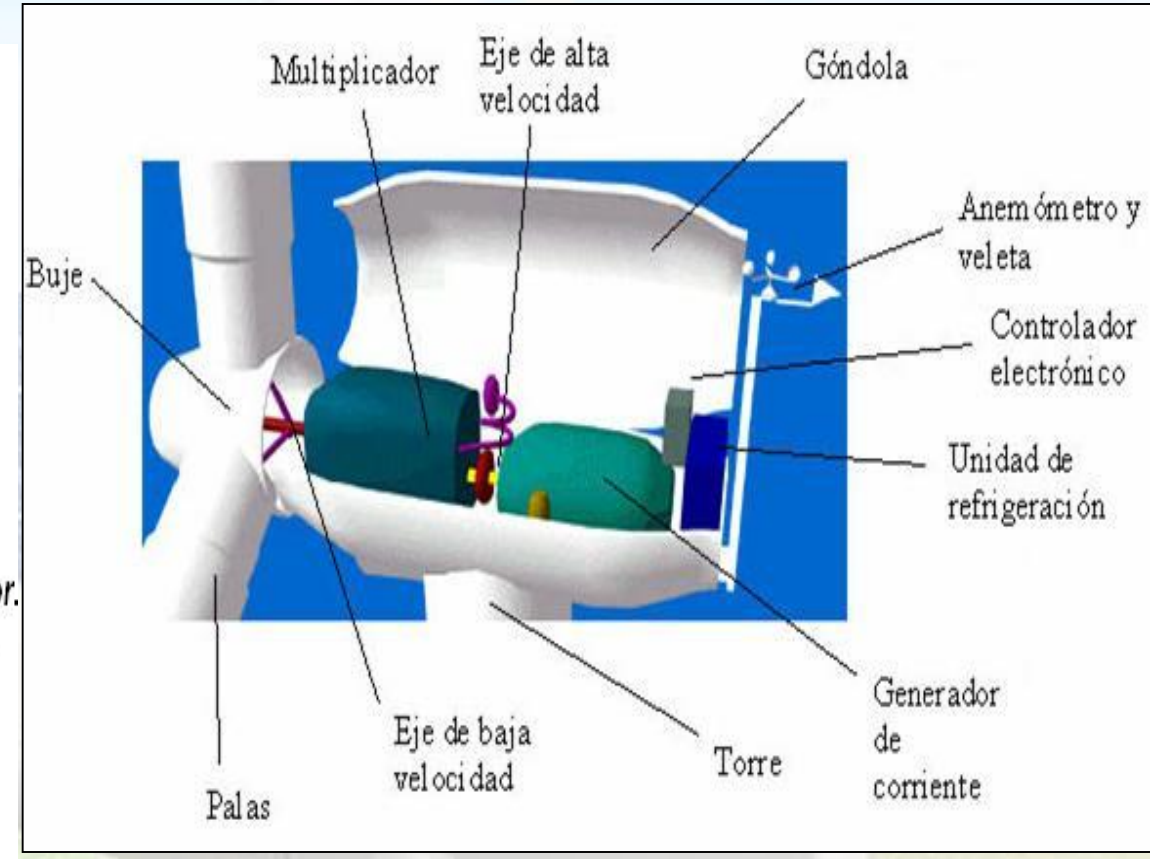
Línea Eléctrica → **Conduce la energía eléctrica desde la subestación al punto de conexión**

a) AEROGENERADORES, Estructura

1. **Góndola: Transformación de energía**
2. **Aspas: Captura de energía cinética**
3. **Torre: Soporte y elementos auxiliares**



1. *Góndola.*
2. *Aspas.*
3. *Torre.*
   Transformador.
   Cimentación.



a) AEROGENERADORES, Funcionamiento

ROTOR

Intercepta el viento

El buje conecta el rotor al eje de giro

(Eje Lento-Eje Rápido)

Palas: Gran resistencia, bajo peso y alta flexibilidad

Diámetro del rotor

A mayor diámetro, mayor energía generada

Valores: 80 – 120 m

SISTEMA DE ORIENTACIÓN

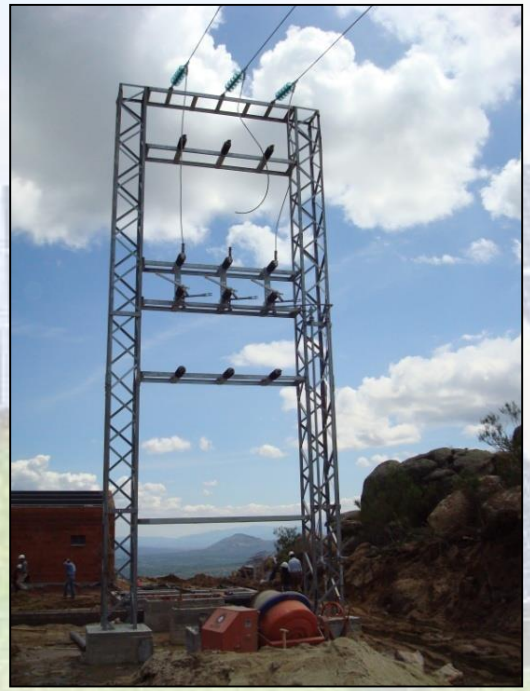
El rotor ha de situarse de manera perpendicular a la dirección del viento.

Veleta → Envía señal a Autómata → Acciona Motor → Mueve la góndola

B) SUBESTACIÓN TRANSFORMADORA

- En transformador de la torre se pasa de Baja a Media Tensión → Tensión de la Línea de Parque **De 690 V a 20 kv**

- Desde cada aerogenerador hasta la Subestación para transformarla en Alta Tensión → Tensión de Evacuación a la Red **De 20 Kv a 45 kv**



OBJETIVO → **Reducir Pérdidas**

C) LÍNEA ELÉCTRICA DE TRANSPORTE

Desde Subestación de Parque hasta Punto de Evacuación a Red

Mayor distancia → 100.000 €/km

Mayor Precio

Línea enterrada: Problemas en cruces

Línea aérea: Cruces más sencillos

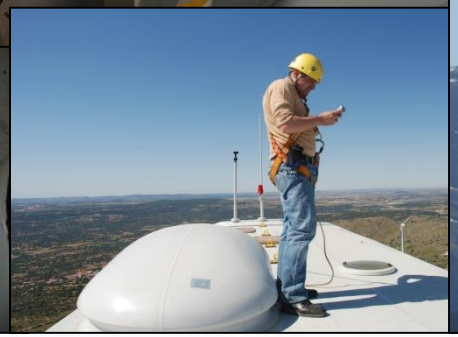
6.- OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Mantenimiento Preventivo

Mantenimiento Correctivo

SUMINISTRADOR MÁQUINAS →

- Personal cualificado
- Procedimientos Operativos



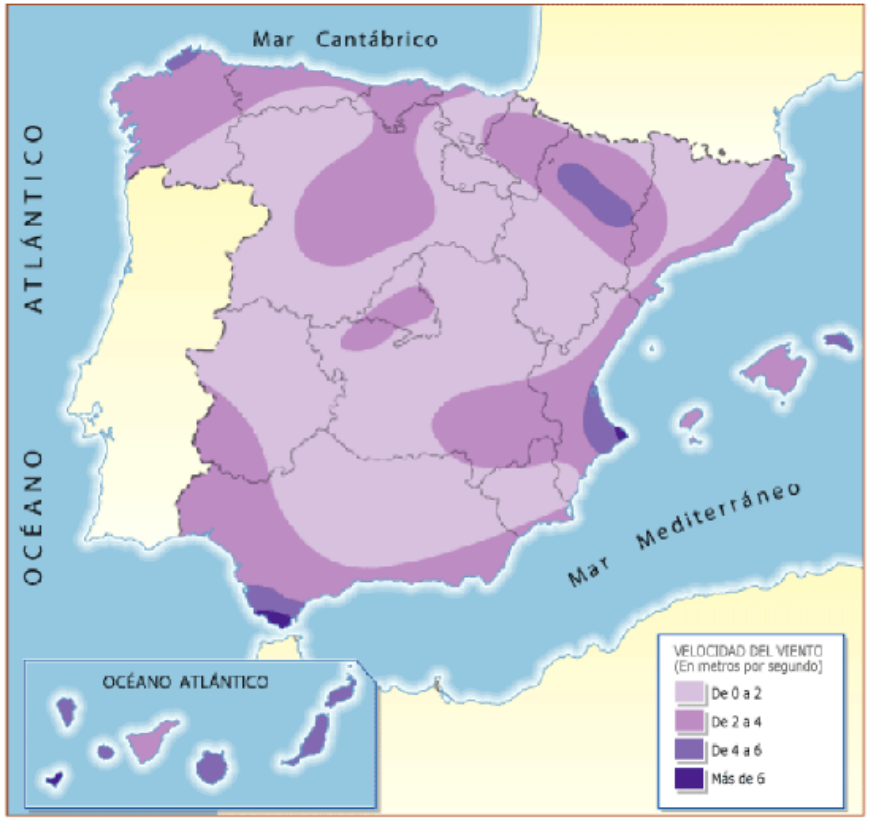
7.- ANALISIS DEL EMPLAZAMIENTO, selección

1. ZONAS DE BUENA DISPONIBILIDAD DE RECURSO EÓLICO Y DE POSIBLE EVACUACIÓN:

-Mapas de viento.

Existencia de aprovechamientos cercanos.

- Existencia de infraestructura de evacuación de electricidad. Consulta.



2. REVISAR PROTECCIÓN DE LA ZONA:

-Consulta a Administraciones ambientales, de patrimonio (arqueología), aviación civil y Planes de Ayuntamientos.

3. REVISIÓN DE MAPAS TOPOGRÁFICOS:

-Revisión detallada de posibles ubicaciones en zonas elevadas y con orografía favorable.

4. INSPECCIÓN SOBRE EL TERRENO:

-Revisión in situ de vías de acceso, orografía, evacuación eléctrica, etc.

7.- ANALISIS DEL EMPLAZAMIENTO, el recurso

Conversaciones con Ayuntamiento y propietarios de parcelas → Acuerdo y Licencia para colocar torre de medición

Instalación Torre Medición → Contratación empresas especializadas

(altura similar a aerogeneradores)

Descarga a través de IP o GSM datos de:

↓

-Velocidad de viento

-Direcciones y frecuencias

↓

MAPA DE VIENTOS DEL EMPLAZAMIENTO

⇩

Implantación de máquinas:

-Perpendiculares a la dirección

- Separación por estelas

7.- ANALISIS DEL EMPLAZAMIENTO, estimación de la producción

FACTOR DE CARGA: HORAS EQUIVALENTES

Producción anual de un aerogenerador en un emplazamiento concreto

$$FC = \frac{EnergíaAnual}{PotenciaAero}\left(\frac{kWh}{kW}\right) \qquad \left(\frac{kWh}{kW}\right) = Horas$$

Datos de velocidad y frecuencia de la torre

↓

Programa WAsP

(Wind Atlas Analysis and Application Program)

↓

Velocidad y frecuencia en cada una de las posiciones (Implantación Básica)

Según la Curva de Potencia de la máquina a emplear: → **ENERGÍA GENERADA (kWh)**

Factor de Carga/Horas Equivalentes = Horas equivalentes al año de funcionamiento de un aerogenerador a su potencia nominal

FC = 15-30 %
2.060 horas

IMPORTANTE: Este parámetro es función del EMPLAZAMIENTO y de la MÁQUINA a emplear

Profesor D. Carlos Ruiz Nicolás

Bachelor (Honours) Business Administration by University of Wolverhampton

Graduado Internacional en Administración de Empresas. Escuela Superior de Negocios

Técnico en Administración y Dirección de Empresas. Universidad Pontificia Comillas (ICADE)

Profesor Instituto de Estudios Busátiles (IEB)

Profesor ESAN Perú

Socio Fundador Vitacapital

cruiz@vitacapital.es

carlos.ruiz@claustro-ieb.es