

GENERACIÓN DISTRIBUIDA

INTRODUCCIÓN

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

DEFINICIONES:

CIGRE

GD es toda generación:

- No planificada centralmente
- No despachada centralmente
- Usualmente conectada a la Red de Distribución
- Menor de 50 o 100 MW

US Department of Energy

Es toda fuente de generación pequeña, y eventualmente modular, situada próxima al usuario y que permita a la empresa eléctrica diferir o eliminar costos de inversión en Transmisión y/o Distribución, y provea a los usuarios una energía de mayor calidad, más confiable y en un medioambiente limpio

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

DEFINICIONES:

IEEE (1547-2003) Standard for Interconnecting DR con EPS

No da exactamente una definición pero dice que es aplicable a todas las tecnologías de DR con capacidad agregada de no más de 10MW conectada al EPS a niveles de tensión de distribución primaria o secundaria, con especial énfasis en aquellas operadas radialmente

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

DEFINICIONES:

Agencia Internacional de Energía (IEA)

Hace algunas distinciones entre denominaciones generalmente empleadas como sinónimos:

Generación Distribuida: Planta de generación que sirve a un usuario on-site o que aporta a la red de distribución y que está conectado a la red a niveles de tensión de distribución. Las tecnologías incluyen motores, micro y pequeñas turbinas, celdas de combustible y sistemas fotovoltaicos (se excluye lo eólico por no estar on-site...)

Generación Dispersa: Lo anterior más lo eólico y cualquier otra generación, ya sea conectada a la red de distribución o totalmente independiente de la red

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

DEFINICIONES:

Agencia Internacional de Energía (IEA)

Hace algunas distinciones entre denominaciones generalmente empleadas como sinónimos:

Potencia Distribuida: Es la Generación Distribuida más todas las tecnologías de almacenamiento tales como los flywheels, grandes celdas de combustible Regenerativas o almacenamiento de aire comprimido

Recursos de Energía Distribuida: Es la Generación Distribuida más la gestión de la carga

Potencia Descentralizada: Un sistema como el anterior conectado a una red de Distribución

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

DEFINICIONES:

World Alliance for Decentralized Energy

Energía Descentralizada (ED??):

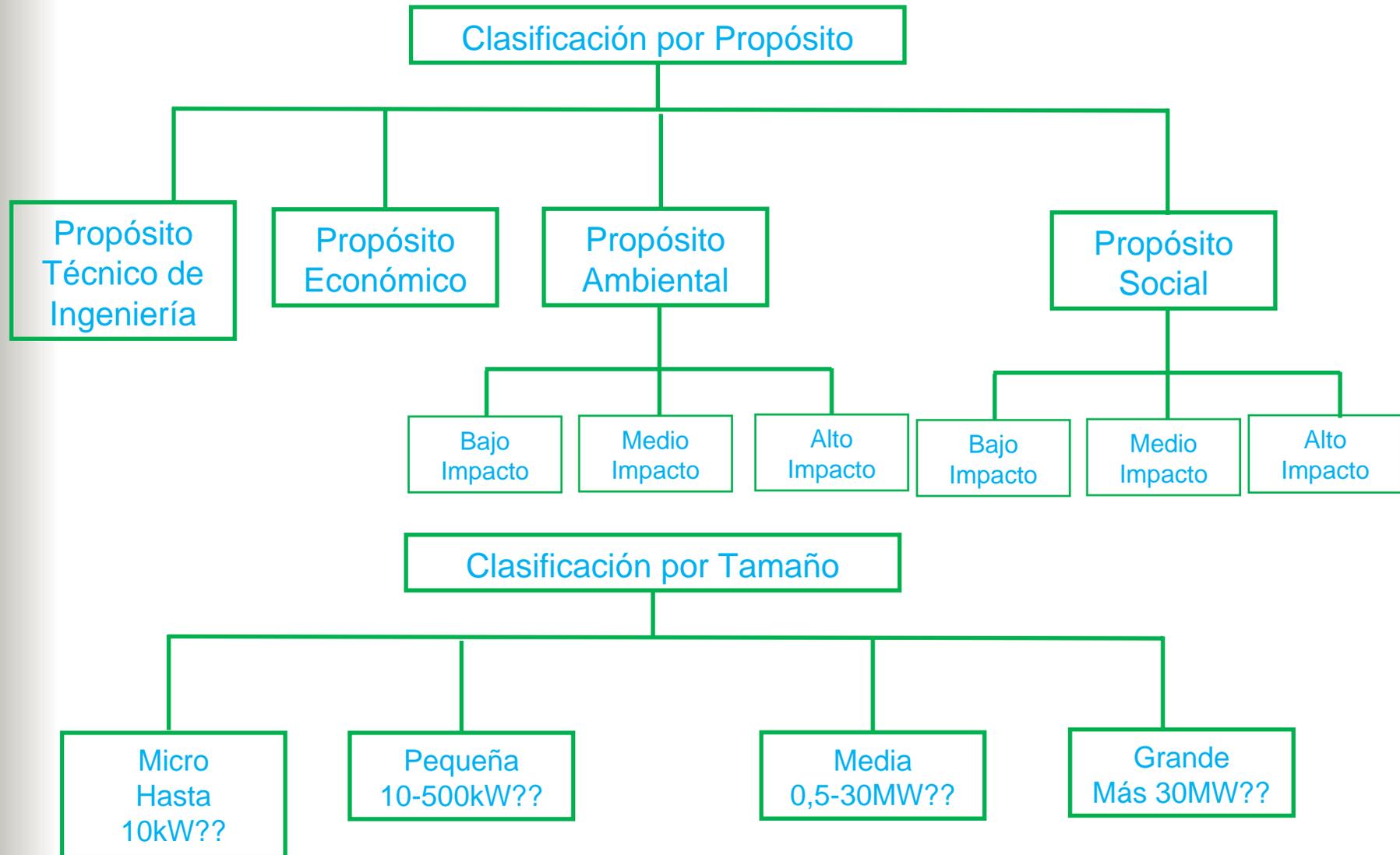
«Producción de Electricidad en el punto de uso o en su proximidad, independientemente de su tamaño, de su tecnología, de su combustible y de que se encuentre conectada a la red»

Tres grandes categorías tecnológicas:

- Energías Renovables
- Cogeneración
- Reciclado de Energía Industrial

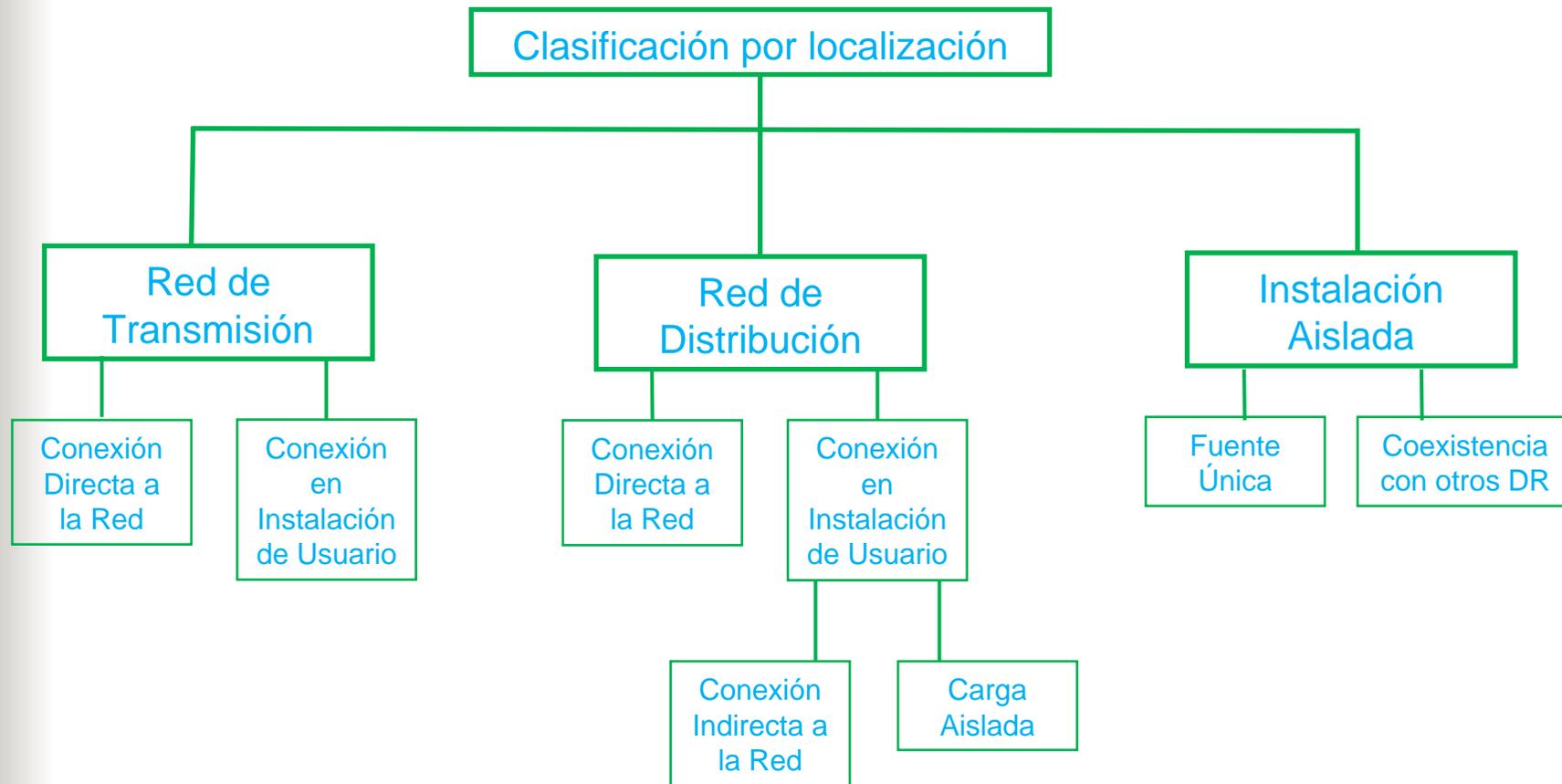
GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

CLASIFICACIÓN



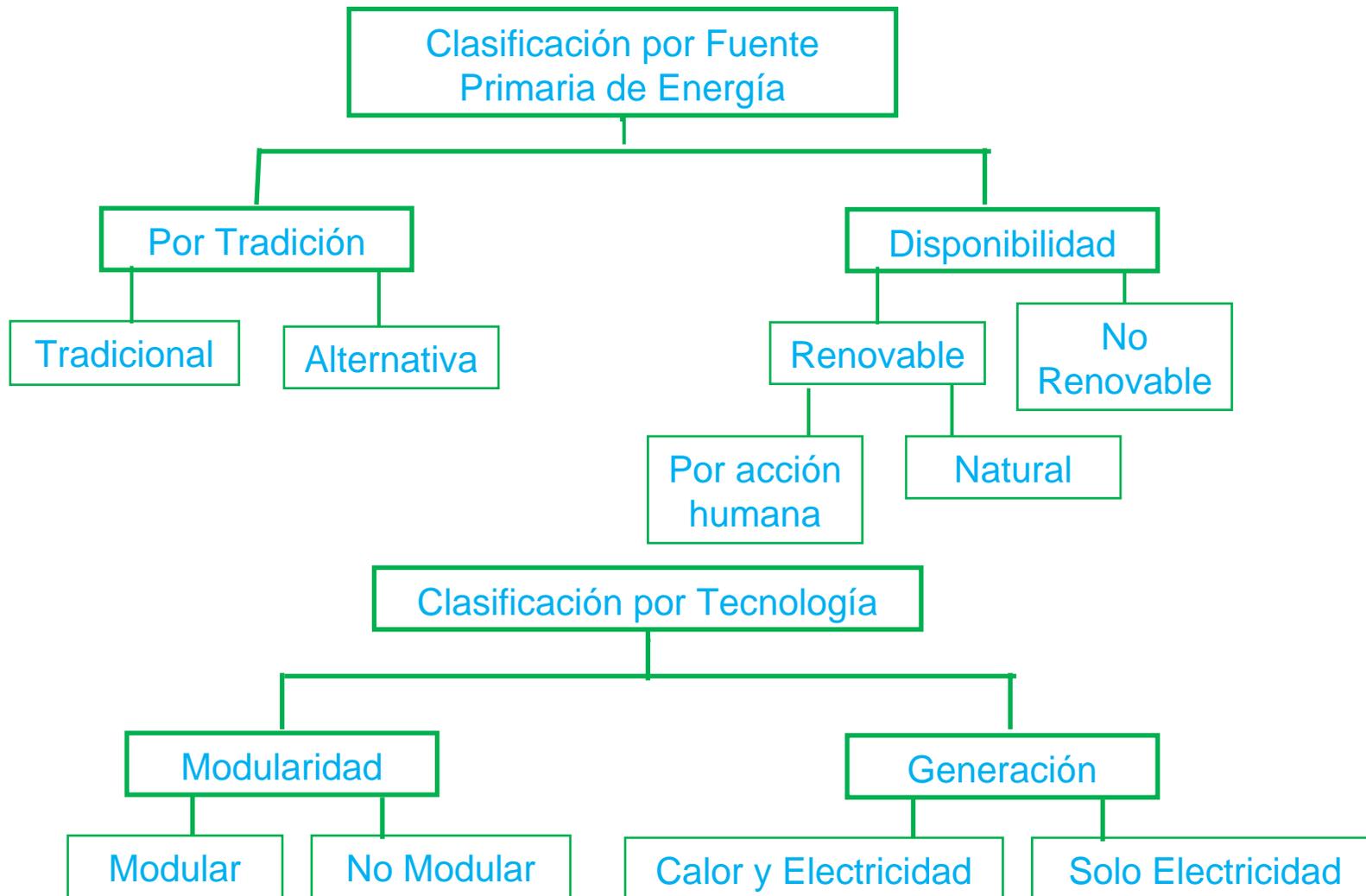
GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

CLASIFICACIÓN



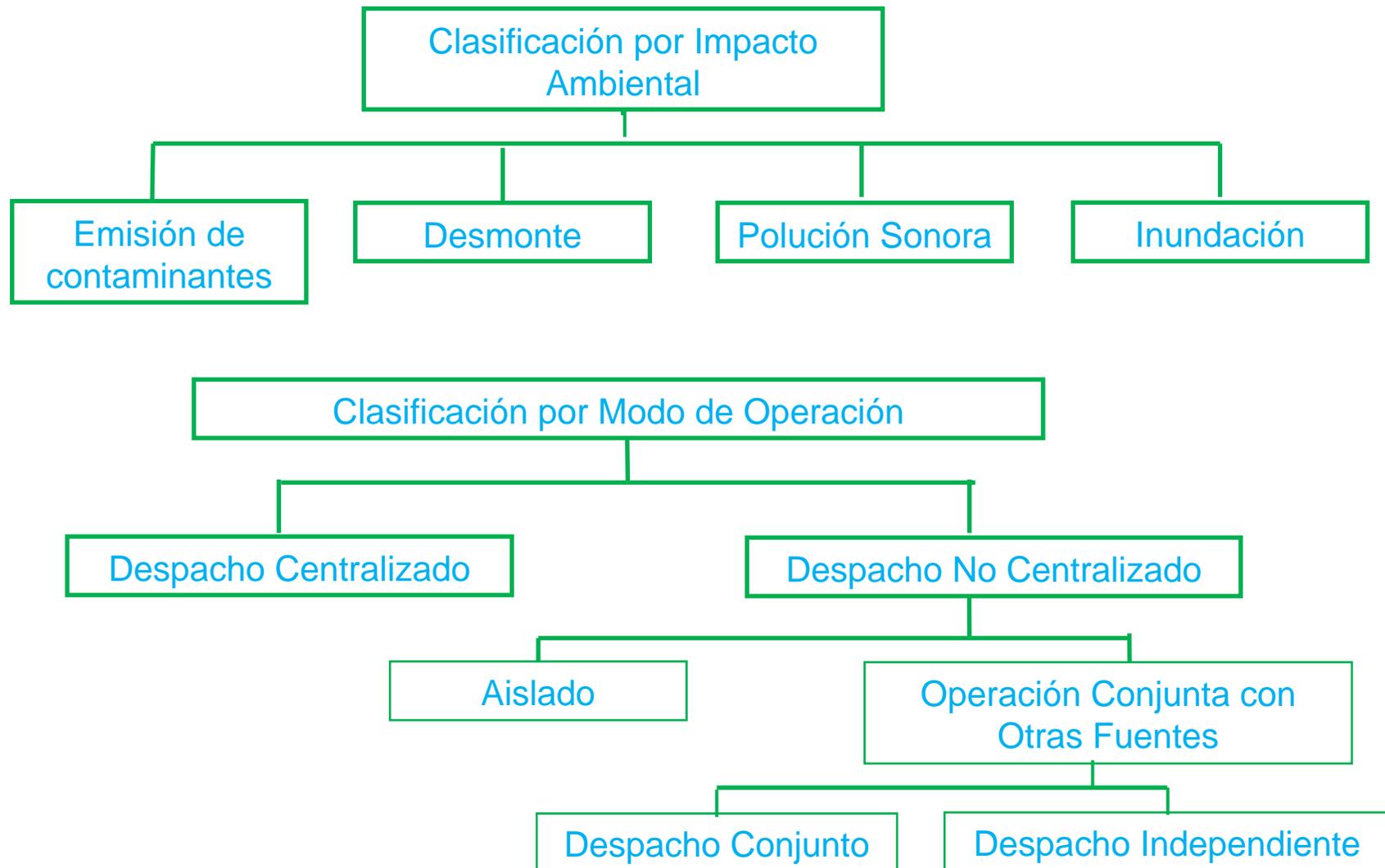
GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

CLASIFICACIÓN



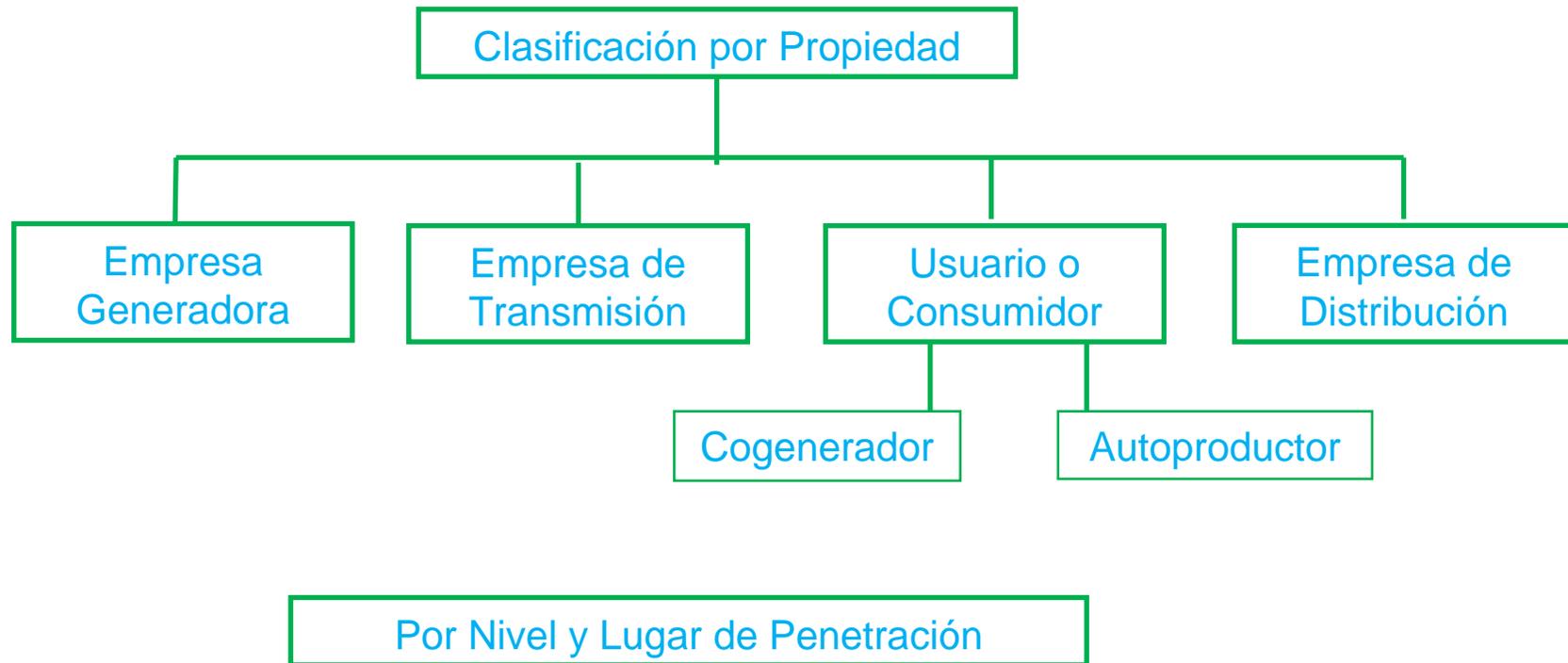
GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

CLASIFICACIÓN



GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

CLASIFICACIÓN



GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGIAS DE CONVERSIÓN

- Motores alternativos
- Pequeñas turbinas de combustión y microturbinas
- Pequeñas turbinas de vapor
- Turbinas hidroeléctricas de pequeña escala
- Celdas fotovoltaicas
- Centrales termosolares
- Turbinas de viento
- Otras...

Los grados de desarrollo de estas tecnologías son muy variados

Muchos de estos han sido aplicados históricamente

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

BENEFICIOS AL SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

- Diferir inversiones en ampliación o construcción de nuevas instalaciones
- Reducción de pérdidas
- Alivio de cargas en componentes
- Mejoras en calidad y continuidad del servicio
- Mejoras en la regulación de tensión

El verdadero beneficio dependerá:

- Del estado de carga del sistema
- De la ubicación y la capacidad del GD
- El momento respecto del pico de carga...

El kWh inyectado a nivel de distribución puede tener un alto valor económico dada su proximidad con el «punto de consumo»

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

BENEFICIOS AL SISTEMA DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

Sin embargo si la interconexión del GD no es la apropiada pueden resultar mayores los perjuicios:

- Confiabilidad: deterioro por no coordinación de protecciones
- Calidad: mala regulación de tensión, flicker,...
- Seguridad para el público en general, los operarios y los equipos

Pasa a jugar un papel muy importante el equipamiento de interconexión entre el GD y el sistema

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

COSTOS DE LOS EQUIPOS DE INTERCONEXIÓN

La interconexión de un GD al sistema puede requerir de relés, controles, interruptores, transformadores, etc..

En general los beneficios de la «actuación» de estos equipos no los percibe el propietario del GD....

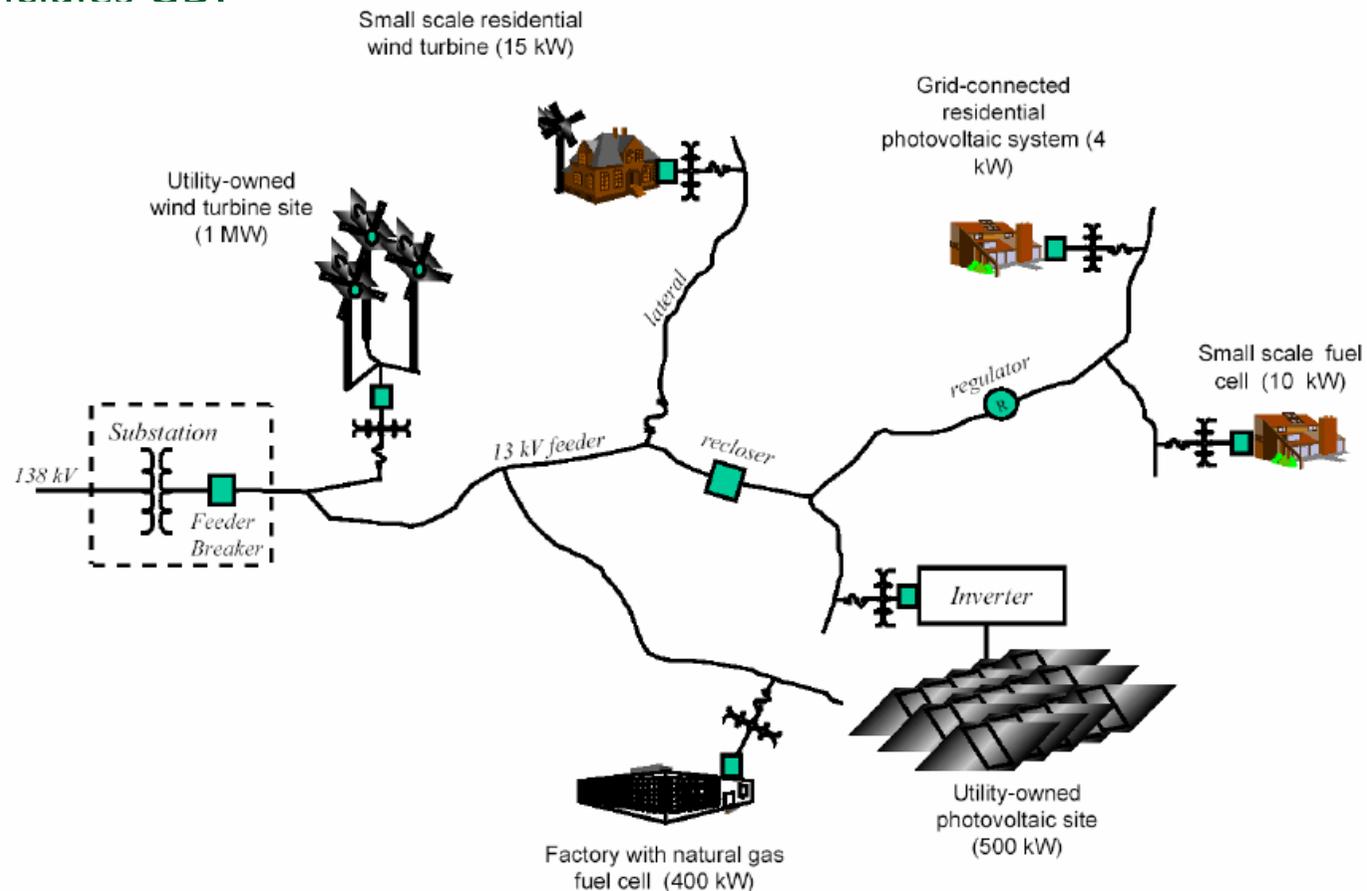
Se trata de regular y establecer normas o estándares que permitan la interconexión de la GD con costos razonables sin sacrificar la seguridad ni interferir sobre la operación del sistema

En ese marco deben acordar: los operadores del sistema eléctrico, los usuarios, los propietarios de la GD, los entes reguladores,

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

COMPATIBILIDAD ENTRE EL GD Y EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Existe una gran diversidad de tipos, tamaños y puntos de localización de potenciales GD:



GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

COMPATIBILIDAD ENTRE EL GD Y EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

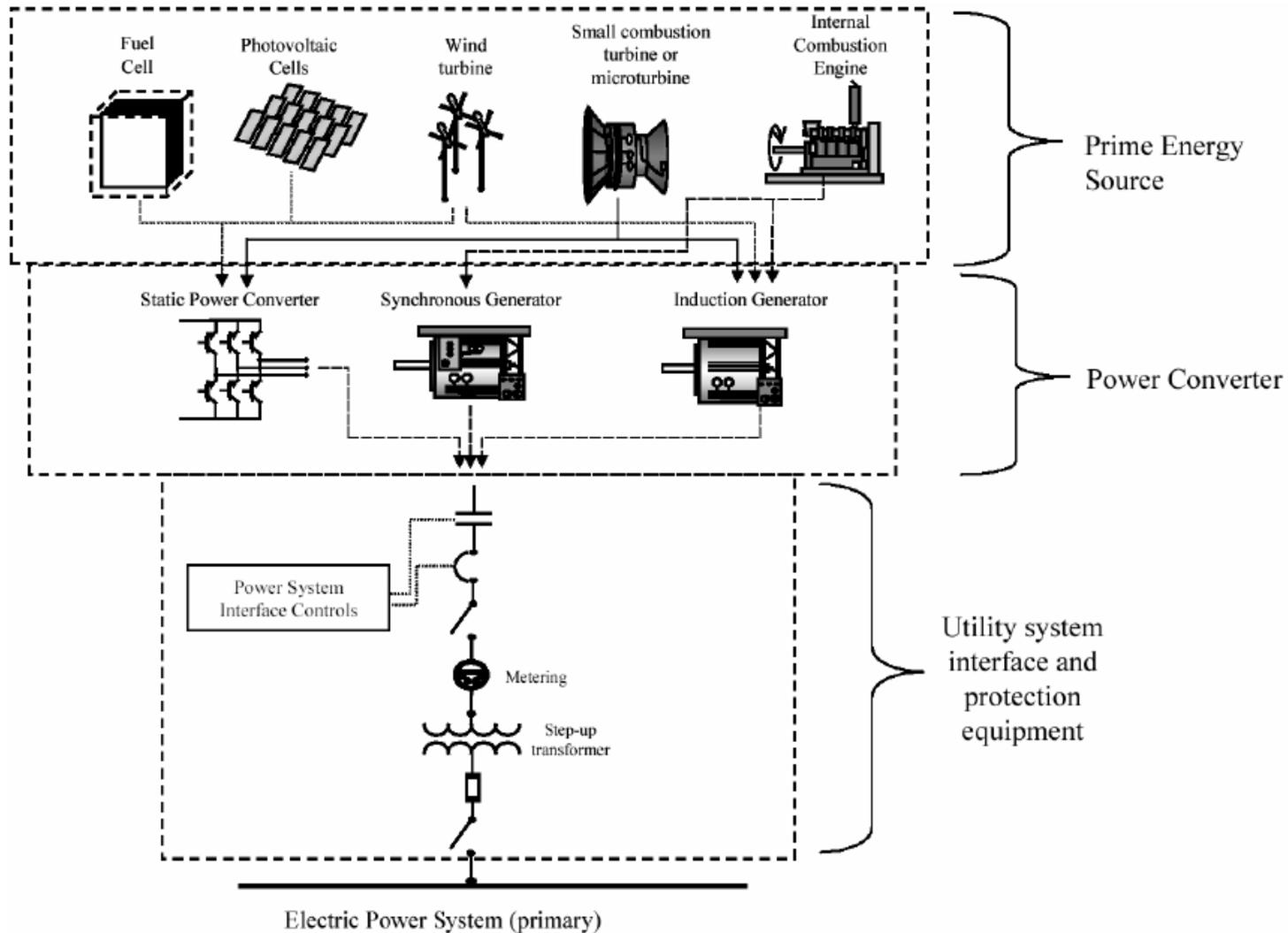
Los sistemas de distribución no han sido diseñados para incorporar a estos GD: las prácticas de regulación de tensión, los esquemas de protección y maniobras, las prácticas de maniobras y restablecimiento del servicio,...

Es de esperar un crecimiento sostenido de GD y para ello los técnicos y entes reguladores deberían trabajar para:

- Establecer estándares tan simples como sea posible sin sacrificar seguridad ni causar interferencias al sistema de distribución
- Desarrollo de equipos para que el comportamiento del DR sea tan predecible como sea posible
- Adoptar prácticas de diseño y planificación del SD que faciliten una fácil y segura incorporación de GD

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

CARACTERIZACIÓN GENERAL DE GD



GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

EL DISEÑO DEL SISTEMA AL CUAL SE ACOPLA EL GD

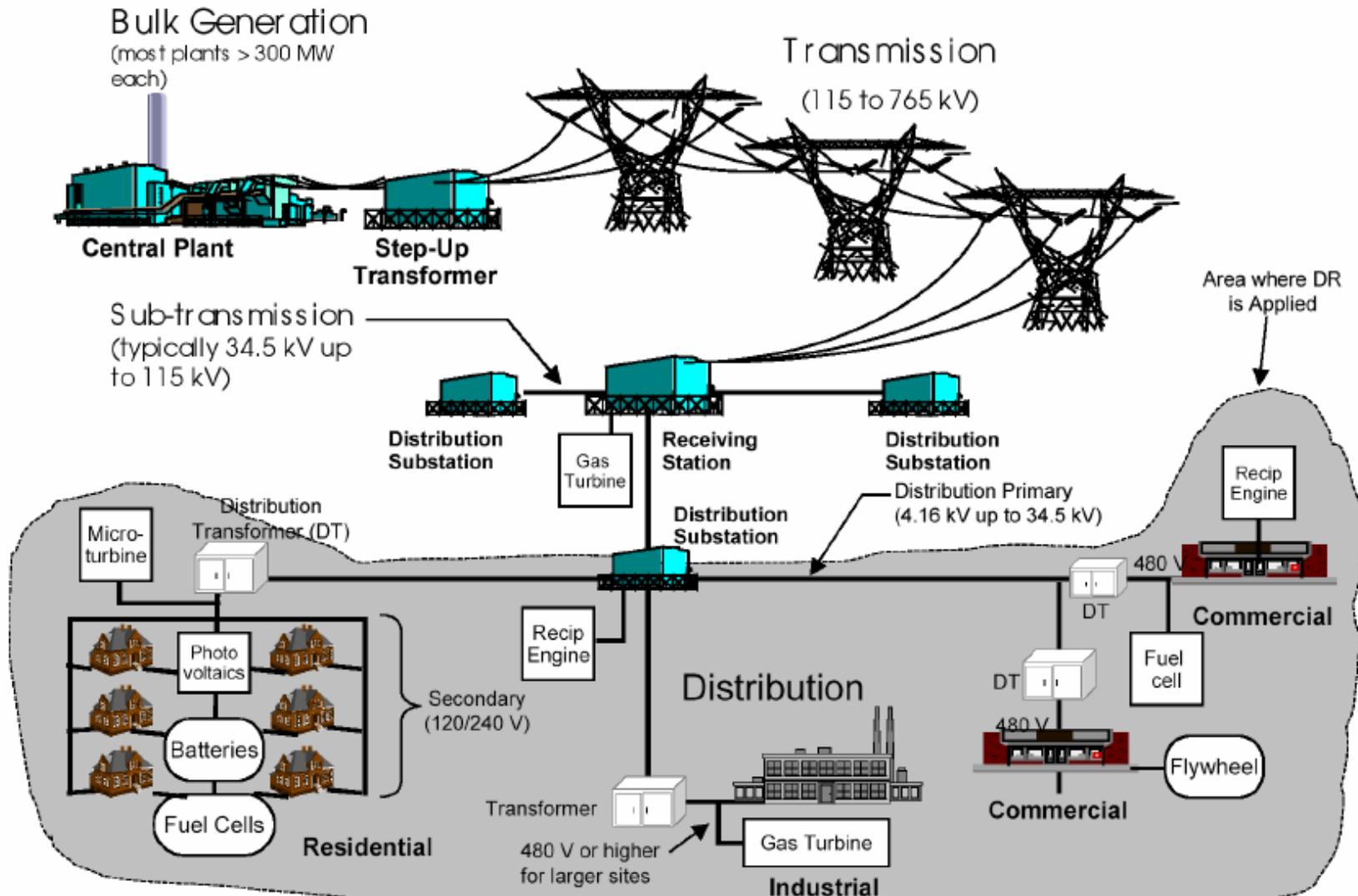
Los SD tienen su sistema de ajuste de protecciones, esquema de puesta a tierra, ajustes para regulación de tensión, sistema de detección de faltas a tierra,...., a los que debe «adaptarse» el GD

La «robustez» del SD cambia a lo largo del sistema (próximo a la subestación o en cola de línea) y esto constituye un parámetro para determinar la «capacidad de aceptación» de GD por parte del SD

En términos generales un «sistema débil» será más «perturbable» y surgirán límites de penetración de GD en función de parámetros que cuantifiquen esta característica

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

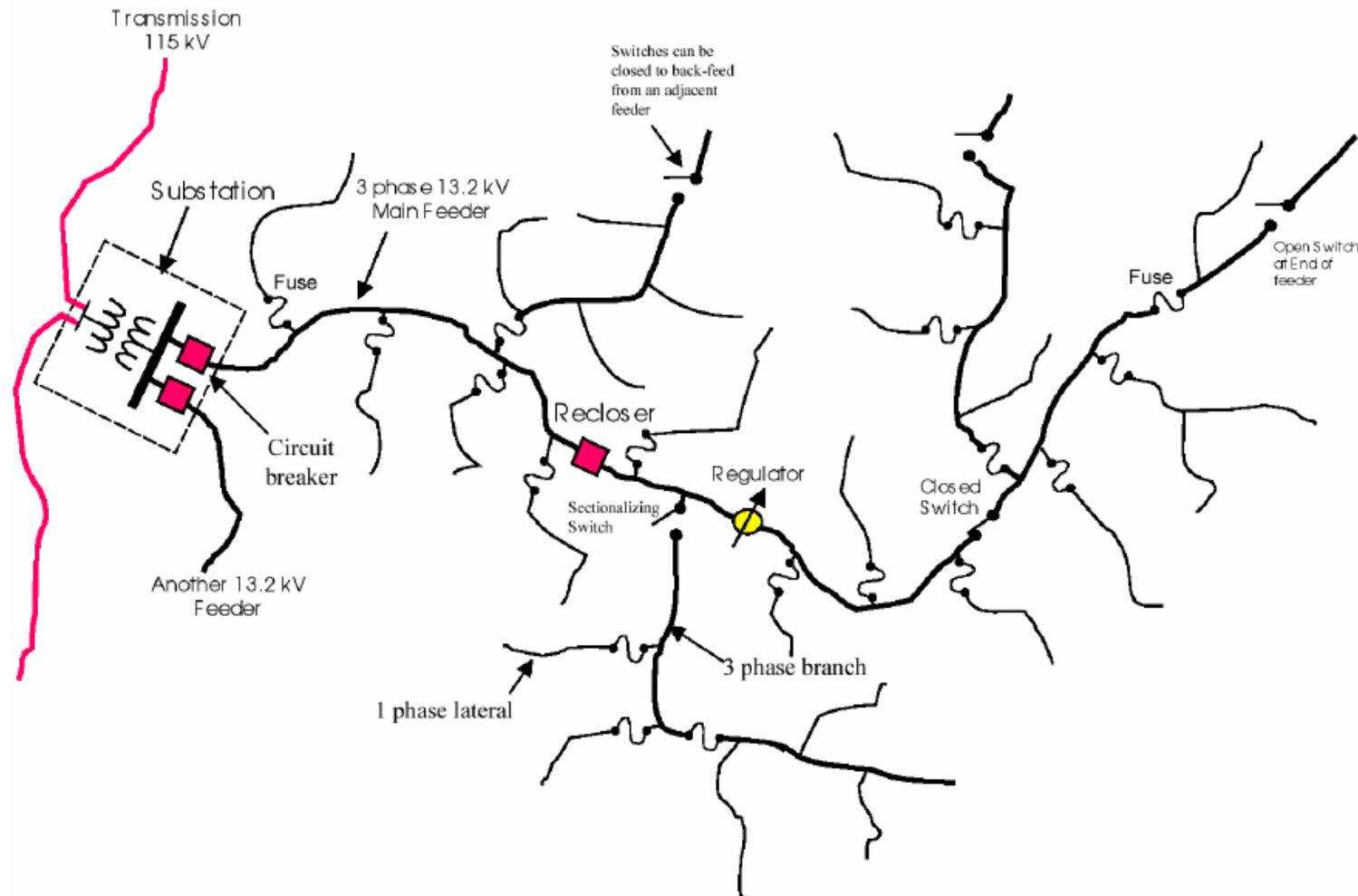
TOPOLOGÍA CLÁSICA DE LOS SD



GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

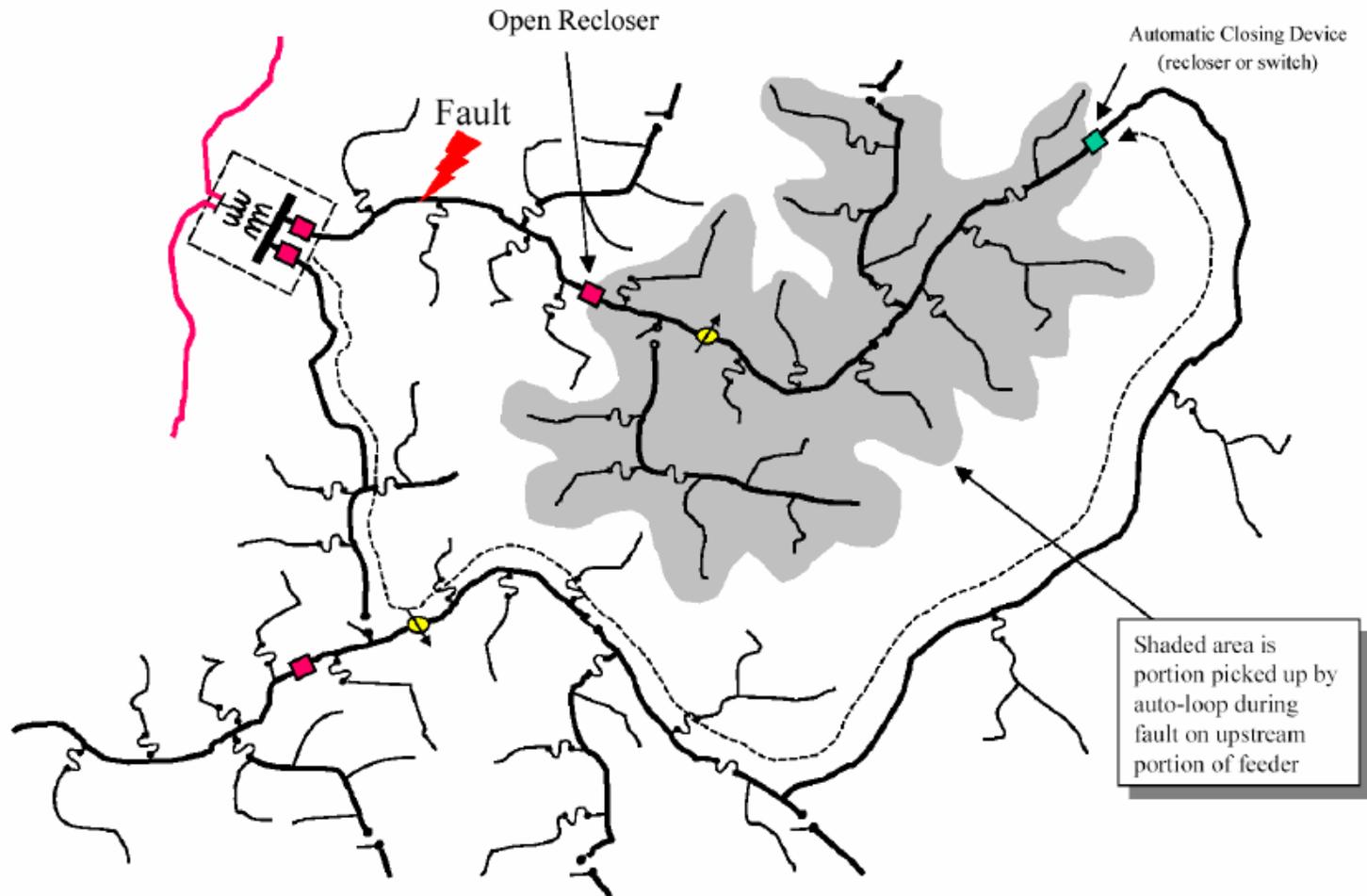
TOPOLOGÍA CLÁSICA DE LOS SD

SD radial típico



GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TOPOLOGÍA CLÁSICA DE LOS SD



Además la operación radial facilita la protección y la regulación de tensión

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

FALTAS Y PROTECCIÓN EN SISTEMAS RADIALES

Una pérdida de aislamiento produce una corriente por encima de la de diseño estacionario de los distintos componentes del sistema

Los elementos de protección deberán producir una rápida y segura desenergización minimizando la duración de tal corriente y la zona afectada

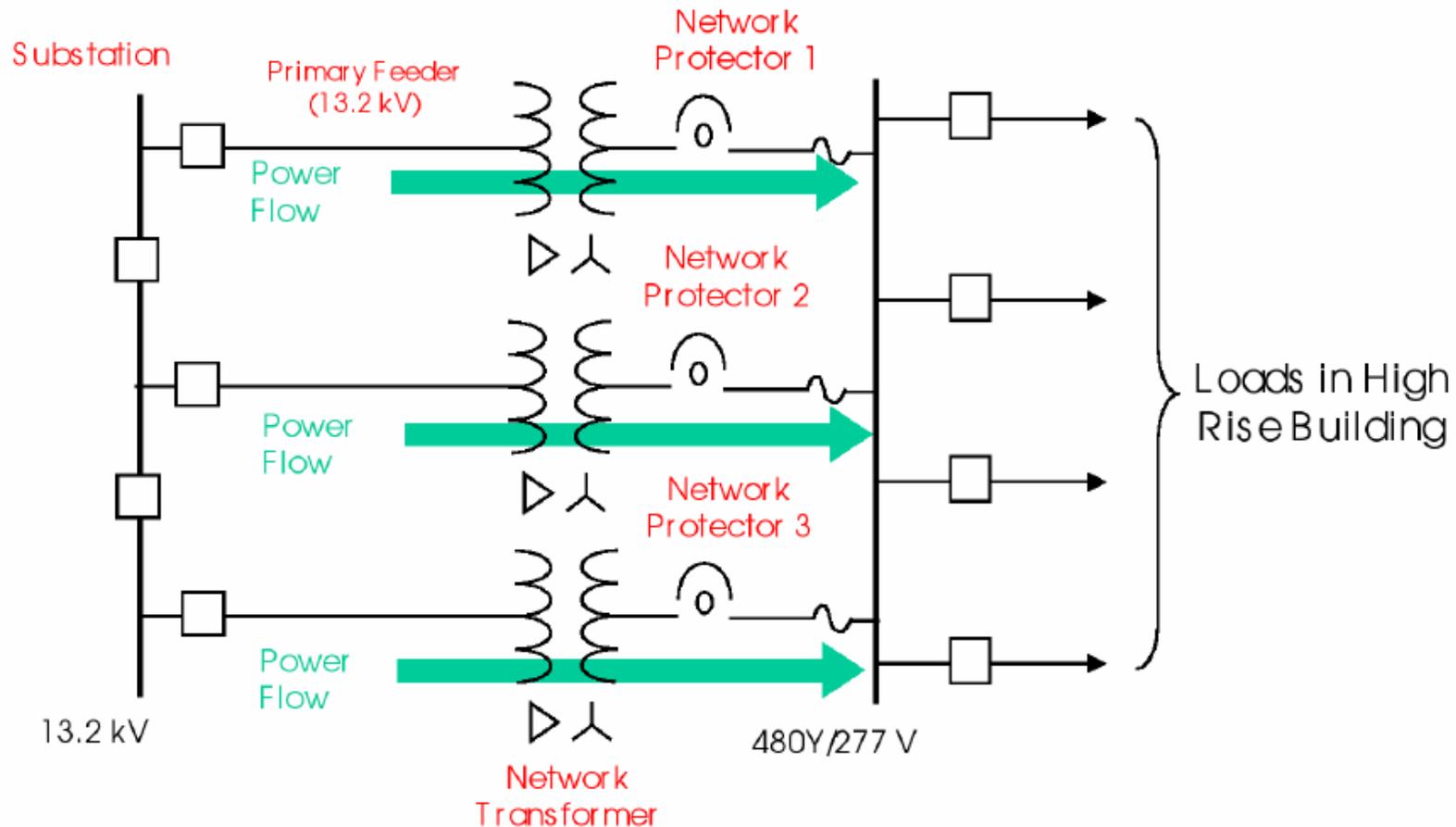
Criterios que contemplen la auto-eliminación de faltas transitorias introducen algunas modificaciones sustanciales en los criterios de coordinación de las protecciones ya que implican la necesidad de un «recierre» o «reconexión»

Los elementos de protección que se encuentran clásicamente en SD son:
Interruptores (y reles asociados), fusibles, reconectadores y seccionalizadores

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

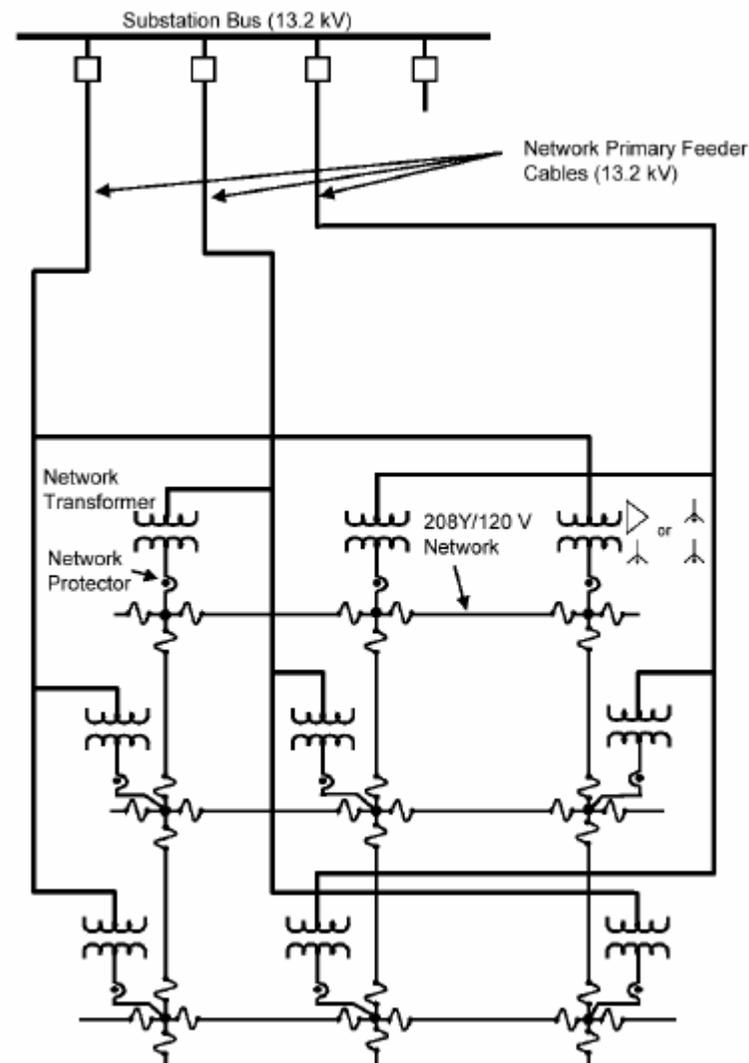
FALTAS Y PROTECCIÓN EN SISTEMAS RADIALES

Ciertas cargas mas importantes o áreas densamente cargadas requieren algunas condiciones particulares



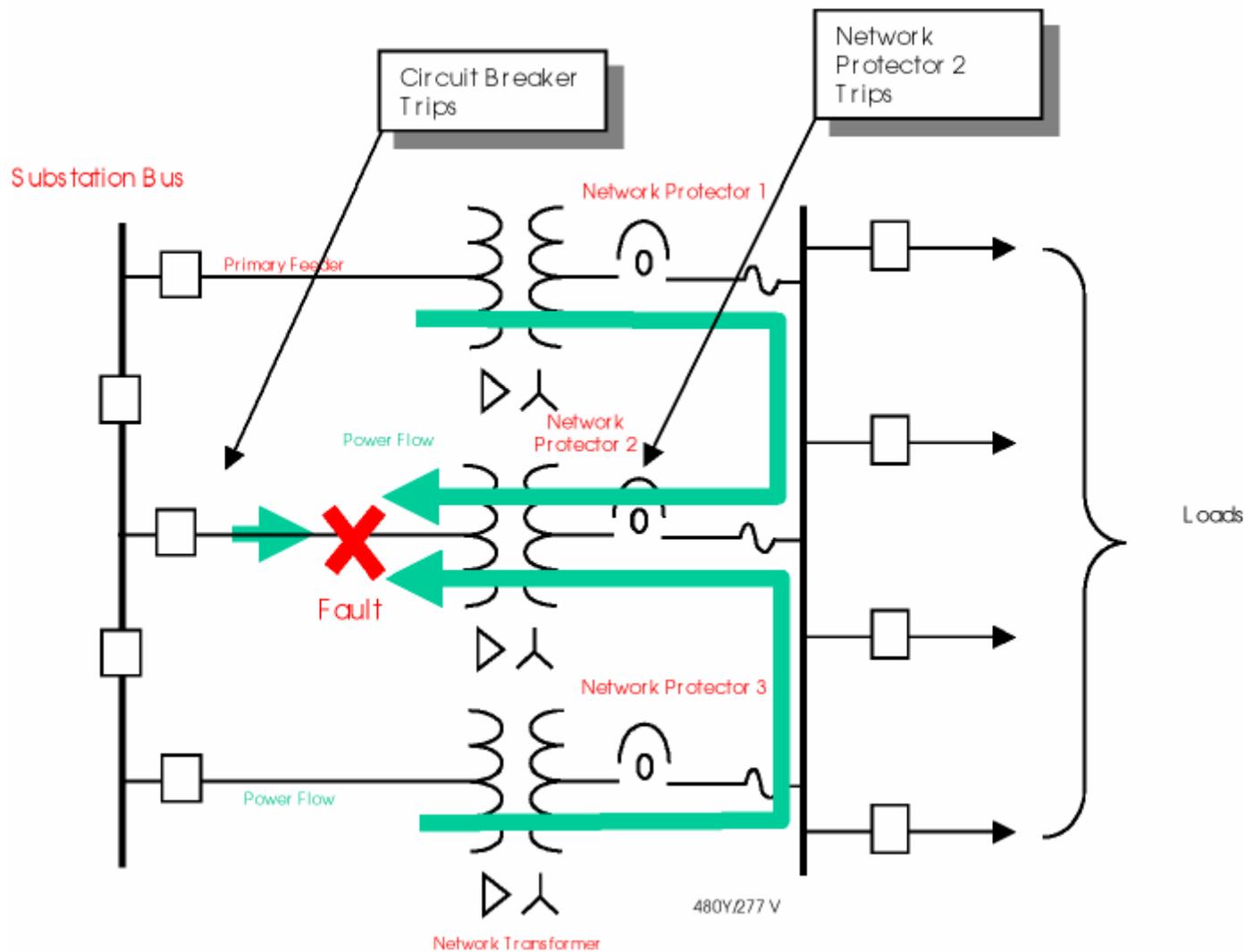
GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

FALTAS Y PROTECCIÓN EN SISTEMAS RADIALES



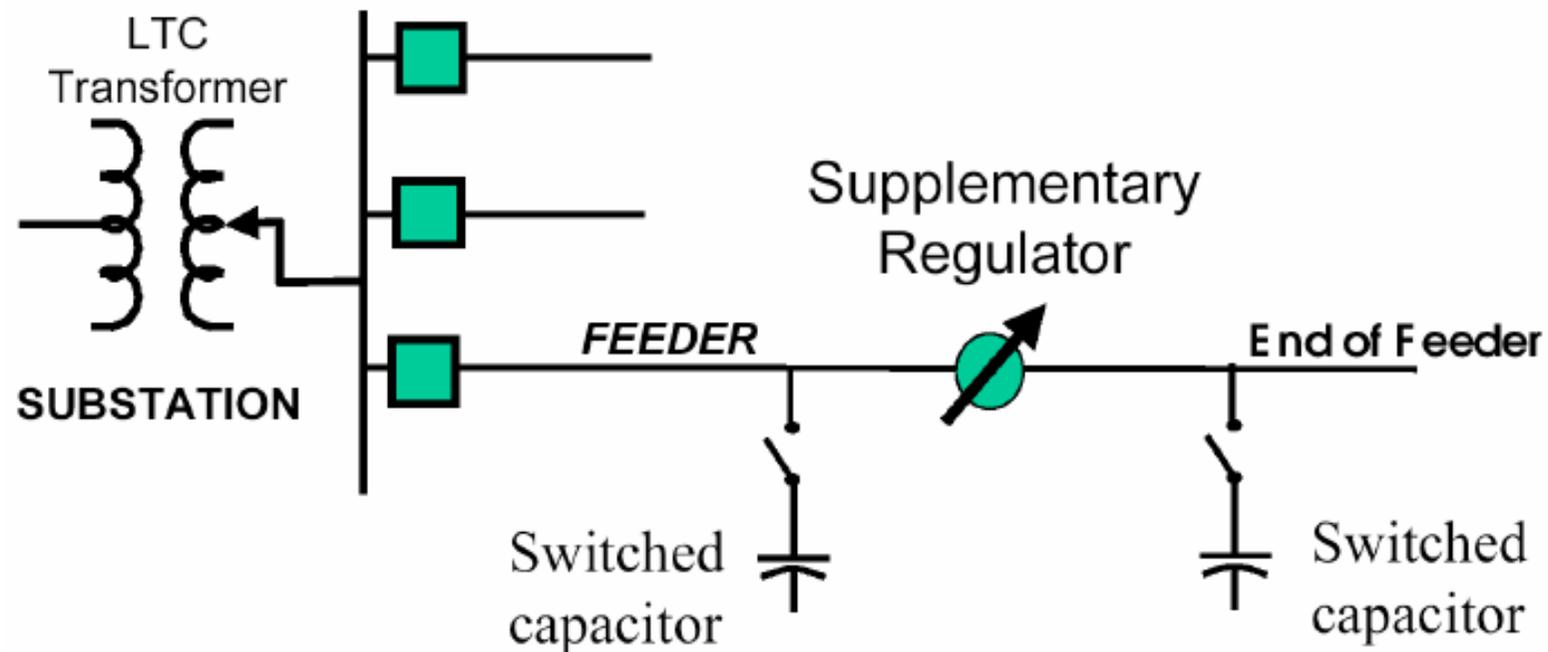
GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

FALTAS Y PROTECCIÓN EN SISTEMAS RADIALES



GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

LA REGULACIÓN DE TENSIÓN EN SISTEMAS RADIALES



GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

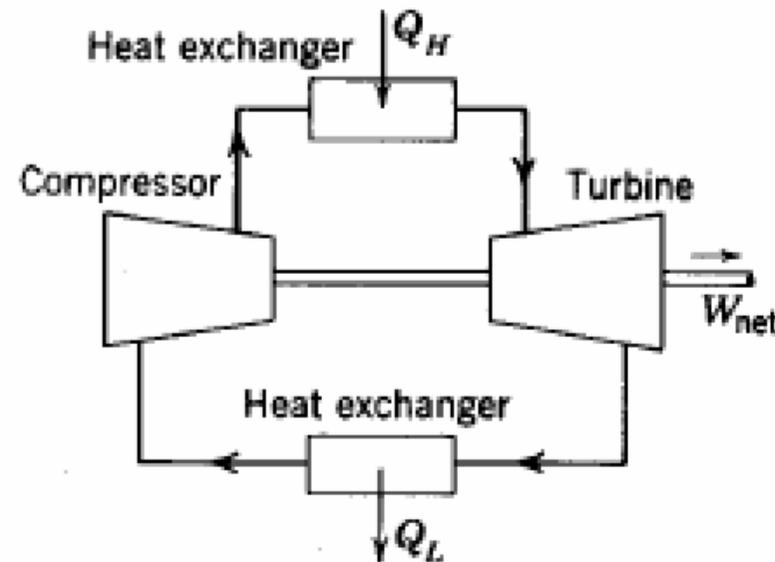
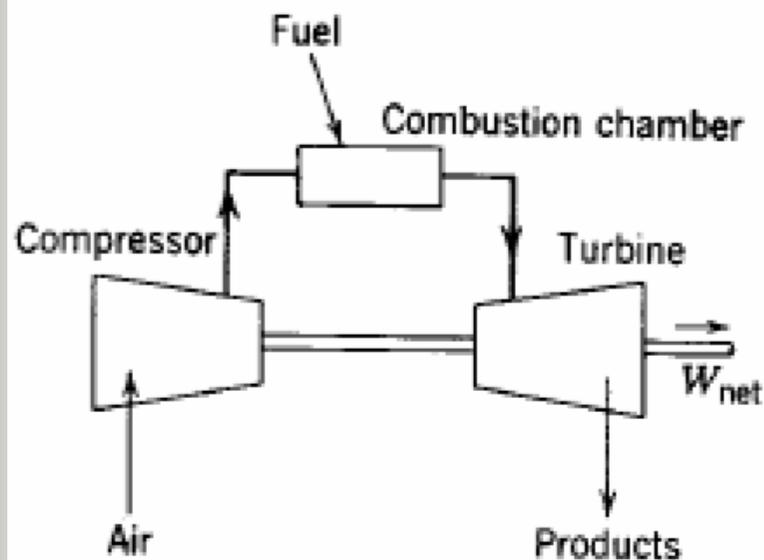
TECNOLOGÍAS

TURBINAS DE GAS

Gran desarrollo originado fundamentalmente por la industria aeronáutica

Relativamente eficientes y confiables

Relativamente baja inercia lo que hace que puedan tener relativamente alta respuesta a los cambios de demanda: Rápido y fácil despacho



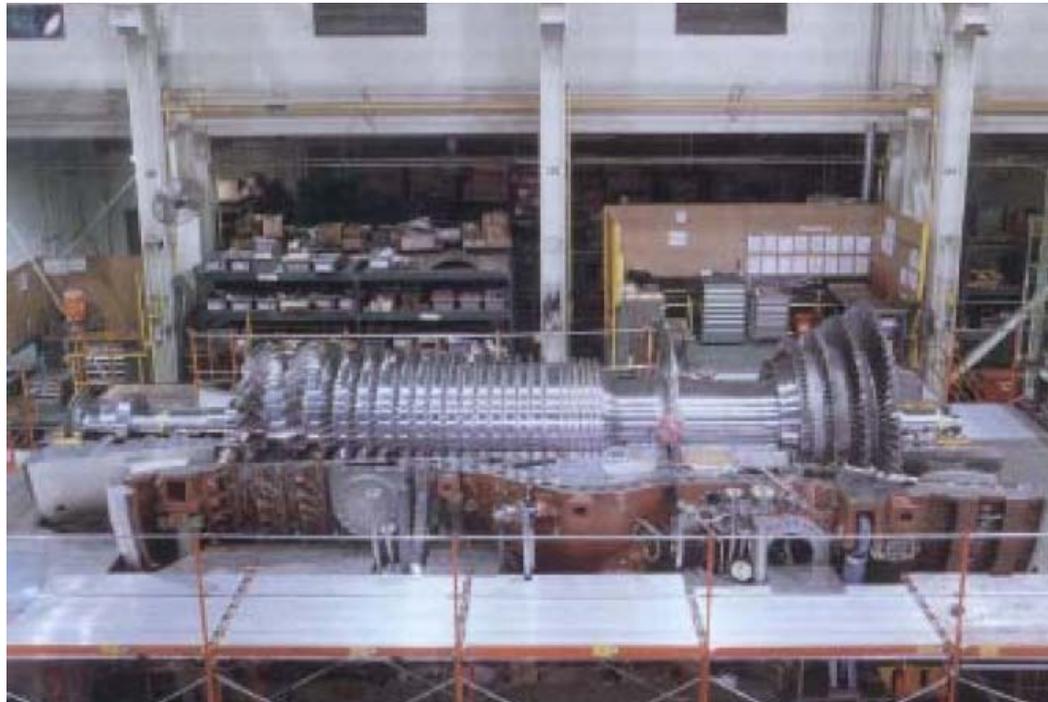
GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

TURBINAS DE GAS

Un problema: la eficiencia cae considerablemente cuando baja la carga (mucho mayor que un motor alternativo)

Menos ruidos y vibraciones que los alternativos, pero el ruido es difícil de bajarlo sin afectar la eficiencia de la máquina



GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

TURBINAS DE GAS

Turbinas			
Característica		Aspectos favorables	
Combustible:	Gas natural y Diesel	Cogeneración	***
Tamaño (MW):	> 1 MW	Despacho	***
Eficiencia (PCI) %:	25-40%	Func. en isla	***
Emisiones (kg/MWh):	CO ₂	545-700 ●	Seg. demanda
	NO _x	1,8-5 ●	Servicios comp.
	SO ₂	0,14-0,18 ○	<i>black start</i>
	CO	0,5-4,5 ○	
		Aspectos Desfavorables	
Disponibilidad %:	90-98	Armónicos	***
Tiempo arranque:	10 min-1 h	<i>flicker</i>	***
Superficie (m ² /kW):	0,003-0,01	Comentarios: Su eficiencia depende mucho del punto de operación y de factores ambientales como la presión y temperatura. Produce ruido característico de las turbinas. Es una tecnología madura.	
Coste Inversión (€/kW):	350-950		
O&M (cent/kWh):	0,3 – 0,5		
LEC (cent/kWh) ⁱ :	6,4 (4,3-9,8)		
LEC (pts/kWh) ⁱ :	10,7 (7,1-16,3)		

i: El primer valor es el valor promedio calculado con los promedios de disponibilidad, coste de instalación, O&M, precio de combustible y eficiencia. Los valores entre paréntesis son los valores calculados para todo el rango de variación.

- | | | | |
|---|---|-----|-------------|
| ● | : Peor que un ciclo combinado de gas | *** | : Muy buena |
| ○ | : Aproximadamente igual que un ciclo combinado de gas | ** | : Buena |
| ○ | : Mejor que un ciclo combinado de gas | ◆ | : Normal |
| | | ◆◆ | : Malo |
| | | ◆◆◆ | : Muy malo |

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

MICROTURBINAS

Turbinas de combustión pero de bajas potencias (20-500kW)

En gran medida también basadas en los turborreactores aeronáuticos

Un compresor, una turbina y un generador sobre un mismo eje

Tamaño compacto, gran variedad de tamaños, menos ruido y, en general, menos emisiones que las anteriores

Dos opciones de funcionamiento:

- Con recuperador de calor: parte calor de los gases de escape se transfieren a la entrada del compresor, mejora la eficiencia y puede llegar a 27-30%
- Sin recuperador de calor, en cogeneración donde el uso del calor residual prima sobre la producción de electricidad

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

MICROTURBINAS

Microturbina de 80KW



GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

MICROTURBINAS

Micro-turbinas				
Característica		Aspectos Favorables		
Combustible:	gas natural, propano y Diesel	Cogeneración	**	
Tamaño (MW):	20-500 kW	Despacho	***	
Eficiencia (PCI) %:	20-30	Func. en isla	***	
Emisiones (kg/MWh):	CO ₂	590-800 ●	Seg. demanda	***
	NO _x	0,09-0,64 ○	Servicios comp.	**
	SO ₂	despreciable ○	<i>black start</i>	***
	CO	0,14-0,82 ○	Aspectos Desfavorables	
Disponibilidad %:	90-98	Armónicos	◆◆ ⁱ	
Tiempo arranque (s):	60	<i>flicker</i>	◆	
Superficie (m ² /kW):	0,025-0,065	Comentarios: Esta tecnología tiene poca eficiencia y todavía se encuentra en desarrollo.		
Coste Inversión (€/kW):	700-1.000			
O&M (cent/kWh):	0,5 – 1			
LEC (cent/kWh) ⁱⁱ :	8,6 (6,0-12,5)			
LEC (pts/kWh) ⁱⁱ :	14,3 (10,0-20,7)			

i: Los nuevos tipos de inversores tienden a minimizar este problema.

ii: El primer valor es el valor promedio calculado con los promedios de disponibilidad, coste de instalación, O&M, precio de combustible y eficiencia. Los valores entre paréntesis son los valores calculados para todo el rango de variación.

- | | | | |
|---|---|-----|-------------|
| ● | : Peor que un ciclo combinado de gas | *** | : Muy buena |
| ○ | : Aproximadamente igual que un ciclo combinado de gas | ** | : Buena |
| ○ | : Mejor que un ciclo combinado de gas | ◆ | : Normal |
| | | ◆◆ | : Malo |
| | | ◆◆◆ | : Muy malo |

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

TURBINAS DE VAPOR

El calor se usa para generar vapor y el vapor acciona las turbinas

Pueden usarse una gran variedad de combustibles: gas natural, diesel, residuos sólidos urbanos o industriales, biomasa (residuos agrícolas o cultivos energéticos), etc..

Gran aplicación en Cogeneración: usando combustibles fósiles o alternativas de combustibles renovables...

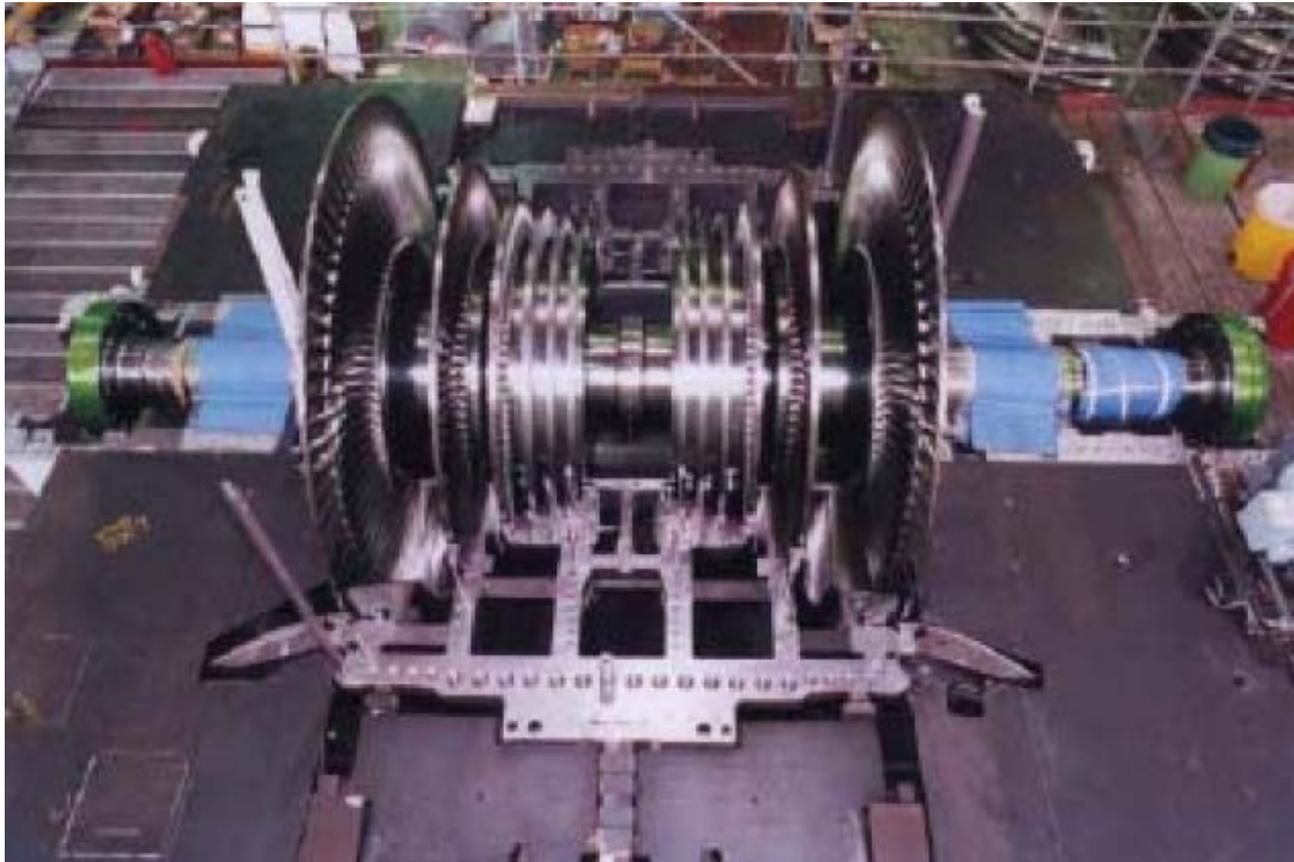
El problema del uso de la biomasa es las grandes superficies o volúmenes para el almacenamiento... aunque es a veces una solución...

Hace tiempo actúan en los Sistemas de Generación, son programables, pueden operar fácilmente en isla..

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

TURBINAS DE VAPOR



GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

TURBINAS DE VAPOR

Característica		Aspectos Favorables	
Combustible:	Biomasa (también pueden utilizarse gas natural, Diesel, R.S.U., etc.)	Cogeneración	**
Tamaño (MW):	> 5	Despacho	***
Eficiencia %:	20-30	Func. en isla	***
Emisiones (kg/MWh) ⁱ :	CO ₂ 0-1.000 ●	Seg. demanda	***
	NO _x 0,15-3 ●	Servicios comp.	***
	SO ₂ menor de 0.15 ●	<i>black start</i>	***
	CO 1-4 ●	Aspectos Desfavorables	
Disponibilidad %:	90	Armónicos	***
Superficie (m ² /kW):		<i>flicker</i>	***
Coste Inversión (€/kW):	1.500-3.000	Comentarios: Es una tecnología de generación madura.	
O&M (cent/kWh):	0,8-1		
LEC (cent/kWh) ⁱⁱ :	9,1 (6,9-12,0)		
LEC (pts/kWh) ⁱⁱ :	15,2 (11,5-20,0)		

i: El comportamiento de las emisiones depende del tipo de combustible que se utiliza. Los valores presentados en la tabla corresponden a la utilización de biomasa. Si se utiliza biomasa renovable, las emisiones de CO₂ se pueden considerar nulas ya que en este caso el CO₂ que se emite al quemarla es el que ha absorbido durante su crecimiento.

ii: El primer valor es el valor promedio calculado con los promedios de disponibilidad, coste de instalación, O&M, precio de combustible y eficiencia. Los valores entre paréntesis son los valores calculados para todo el rango de variación.

- | | | | |
|---|---|-----|-------------|
| ● | : Peor que un ciclo combinado de gas | *** | : Muy buena |
| ● | : Aproximadamente igual que un ciclo combinado de gas | ** | : Buena |
| ○ | : Mejor que un ciclo combinado de gas | ◆ | : Normal |
| | | ◆◆ | : Malo |
| | | ◆◆◆ | : Muy malo |

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

CICLO COMBINADO

Ciclo combinado es el acoplamiento termodinámico de dos ciclos termodinámicos distintos: uno de alta temperatura y otro de baja temperatura

Básicamente se trata de la integración de una o varias turbinas de gas con un ciclo de vapor... elevando la eficiencia global

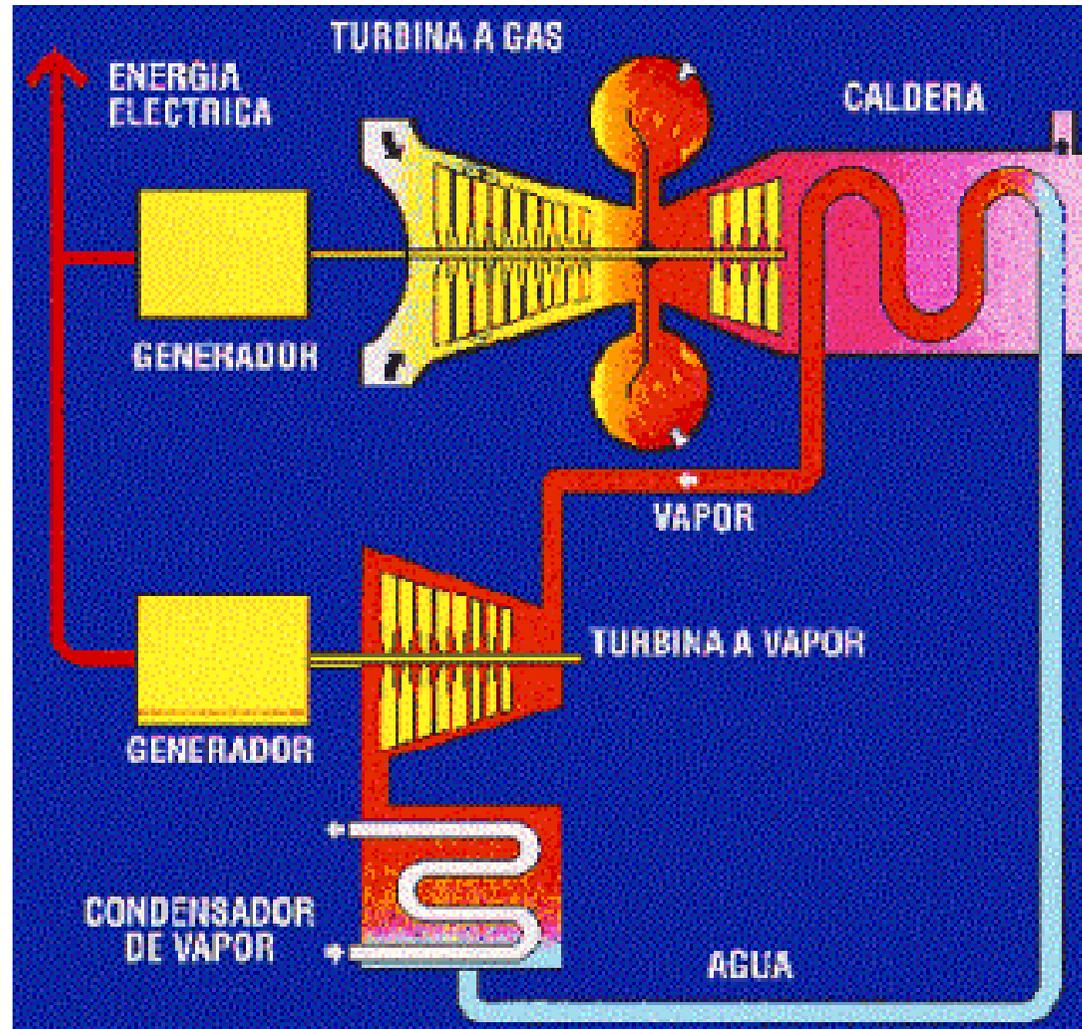
Si bien tienen gran difusión en los sistemas tradicionales también aparece como apta para grandes sistemas de Cogeneración

Relativamente bajo costo de instalación y operación

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

CICLO COMBINADO



GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

CICLO COMBINADO

Ciclos combinados			
Característica		Aspectos Favorables	
Combustible:	Principalmente gas natural.	Cogeneración	**
Tamaño (MW):	> 20	Despacho	***
Eficiencia %:	40-60	Func. en isla	***
Emisiones (kg/MWh) ⁱ :	CO ₂	320-400	Seg. demanda
	NO _x	0,05-0,40	Servicios comp.
	SO ₂	despreciable	<i>black start</i>
	CO	0,02-0,45	Aspectos Desfavorables
Disponibilidad %:	90-98	Armónicos	***
Superficie (m ² /kW):		<i>flicker</i>	***
Coste Inversión (€/kW):	350-700	Comentarios: Es una tecnología de generación madura.	
O&M (cent/kWh):	0,2-0,5		
LEC (cent/kWh) ⁱⁱ :	4,7 (2,9-6,4)		
LEC (pts/kWh) ⁱⁱ :	7,8 (4,8-10,6)		

i: No se ha incorporado los símbolos de emisiones ya que esta tecnología es la que se ha considerado como la referencia para comparar las otras tecnologías.

ii: El primer valor es el valor promedio calculado con los promedios de disponibilidad, coste de instalación, O&M, precio de combustible y eficiencia. Los valores entre paréntesis son los valores calculados para todo el rango de variación.

- ***: Muy buena
- ** : Buena
- ◆ : Normal
- ◆◆ : Malo
- ◆◆◆ : Muy malo

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

MOTORES ALTERNATIVOS

El clásico motor de combustión interna..... Típicamente ha actuado como reserva en cargas críticas (hospitales, centro comerciales, etc..)

Rápida respuesta, mucho ruido, alto costo de mantenimiento y operación..., altas nivel de emisiones

Ciclo Otto (gas natural, nafta, etc.) ciclo Diesel

Hoy se habla de eficiencias próximas al 50%

Alta variedad de potencias

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

MOTORES ALTERNATIVOS



GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

MOTORES ALTERNATIVOS

Motores alternativos			
Característica		Aspectos Favorables	
Combustible:	Diesel, Gas natural y fuel oil	Cogeneración	**
Tamaño (MW):	0,05-5	Despacho	***
Eficiencia (PCT) %:	30-45	Func. en isla	***
Emisiones (kg/MWh):	CO ₂	590-800 ●	Seg. demanda
	NO _x	4,5-18,6 ●	Servicios comp.
	SO ₂	0,18-1,36 ●	<i>black start</i>
	CO	0,18-4 ○	Aspectos Desfavorables
Disponibilidad %:	90-95	Armónicos	**
Tiempo arranque (s):	10	<i>Flicker</i>	**
Superficie (m ² /kW):	0,003-0,03	Comentarios: Este tipo de tecnología tiene niveles altos de emisiones y de ruido. Es una tecnología madura.	
Coste Inversión (€/kW):	350-550		
O&M (cent/kWh):	1-1,5		
LEC (cent/kWh) ⁱ :	10,3 (4,7-19,1)		
LEC (pts/kWh) ⁱⁱ :	17,1 (7,7-31,8)		

i: PCI (Poder Calorífico Inferior): Energía calorífica desprendida en la combustión sin incluir el calor de condensación del vapor agua generado en la combustión y que se arroja a la atmósfera por el conducto de evacuación de gases.

ii: El primer valor es el valor promedio calculado con los promedios de disponibilidad, coste de instalación, O&M, precio de combustible y eficiencia. Los valores entre paréntesis son los valores calculados para todo el rango de variación.

- | | | | |
|---|---|-----|-------------|
| ● | : Peor que un ciclo combinado de gas | *** | : Muy buena |
| ○ | : Aproximadamente igual que un ciclo combinado de gas | ** | : Buena |
| ○ | : Mejor que un ciclo combinado de gas | ◆ | : Normal |
| | | ◆◆ | : Malo |
| | | ◆◆◆ | : Muy malo |

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

MINI-HIDRÁULICAS

Una turbina hidráulica conectada a un generador eléctrico.... Energía cinética de agua almacenada convertida en eléctrica

Requieren obras civiles considerables (dependiendo del tamaño)

Rendimientos del orden del 80%... En general el generador es síncrono pero en aplicaciones de pequeña potencia pueden encontrarse asíncronos

Una clasificación general:

- Fluyentes: poca cota, mucho caudal, turbinas Francis, poca regulación de potencia de salida
- Alta Cota: poco caudal, Pelton más fácil de regular

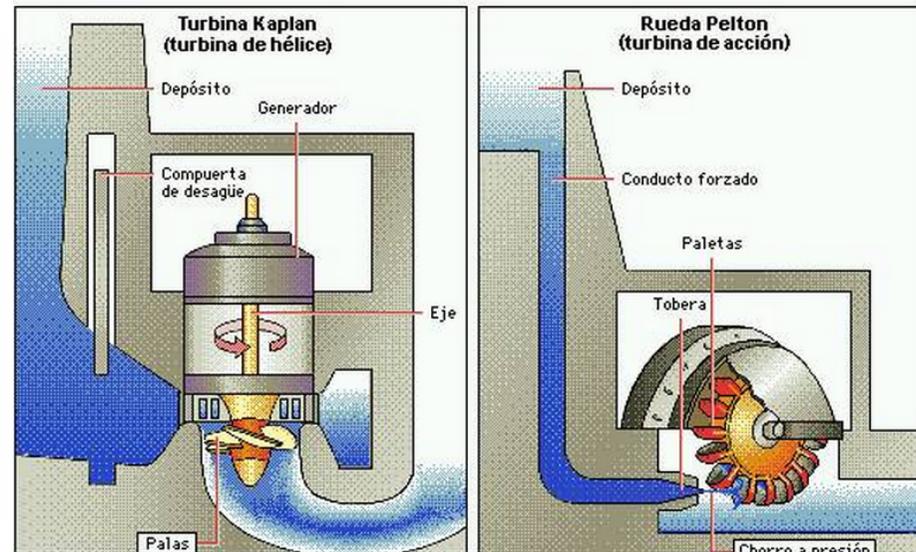
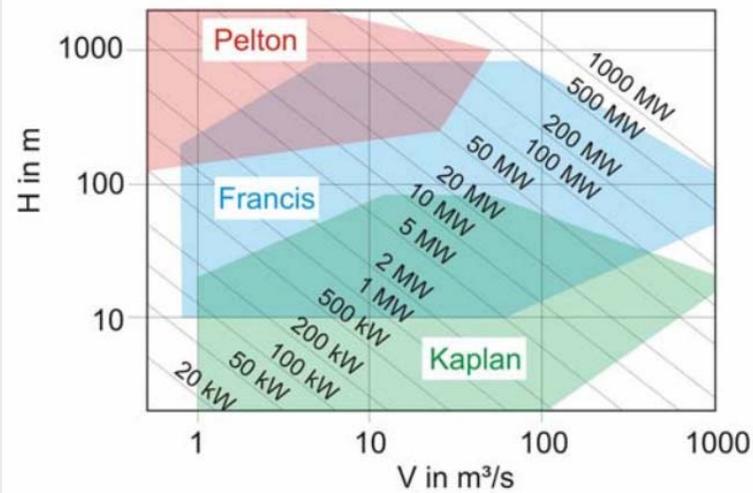
Arranque relativamente rápido

Sistemas de bombeo.....

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

MINI-HIDRÁULICAS



GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

MINI-HIDRÁULICAS

Mini-hidráulica			
Característica		Aspectos Favorables	
Energía primaria:	Agua	Cogeneración	◆◆◆
Tamaño (MW):	0,1-10	Despacho	◆◆
Eficiencia %:	75-90	Func. en isla	◆◆◆
Emisiones (kg/MWh):	CO ₂ 0	Seg. demanda	◆◆◆
	NO _x 0	Servicios comp.	◆◆◆
	SO ₂ 0	<i>black start</i>	◆'
	CO 0	Aspectos Desfavorables	
Horas equivalentes (h):	2.500-3.500	Armónicos	◆
Superficie (m ² /kW) ⁱⁱ :	1-1000	<i>flicker</i>	◆
Coste Inversión (€/kW):	1.500-4.000	Comentarios: Su posibilidad de crecimiento es muy limitada ya que la mayoría de saltos ya están siendo utilizados. Es una tecnología madura.	
O&M (cent/kWh):	0,8-1,9		
LEC (cent/kWh) ⁱⁱⁱ :	8,7 (4,0-15,5)		
LEC (pts/kWh) ⁱⁱⁱ :	14,5 (6,7-25,8)		

i: Depende de que exista el recurso hidráulico en ese momento.

ii: Incluye el área de toda la instalación. Fuente: (Eberhard, *et al.*, 2000).

iii: El primer valor es el valor promedio calculado con los promedios de disponibilidad, coste de instalación, O&M, precio de combustible y eficiencia. Los valores entre paréntesis son los valores calculados para todo el rango de variación.

- | | | | |
|---|---|-----|-------------|
| ● | : Peor que un ciclo combinado de gas | ◆◆◆ | : Muy buena |
| ● | : Aproximadamente igual que un ciclo combinado de gas | ◆◆ | : Buena |
| ○ | : Mejor que un ciclo combinado de gas | ◆ | : Normal |
| | | ◆◆ | : Malo |
| | | ◆◆◆ | : Muy malo |

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

EÓLICAS

Energía cinética del viento convertida en eléctrica

Desde potencias muy bajas a un estándar actual de alrededor de los 2MW con máquinas de 8MW funcionando al menos a nivel de prototipo...

Muy variadas tecnologías de conversión

Actualmente tecnologías que permiten mucha controlabilidad de potencia

Problema central: no controlamos el viento.... Es impredecible....???

Potencia pulsante... turbulencia y otros....Flicker

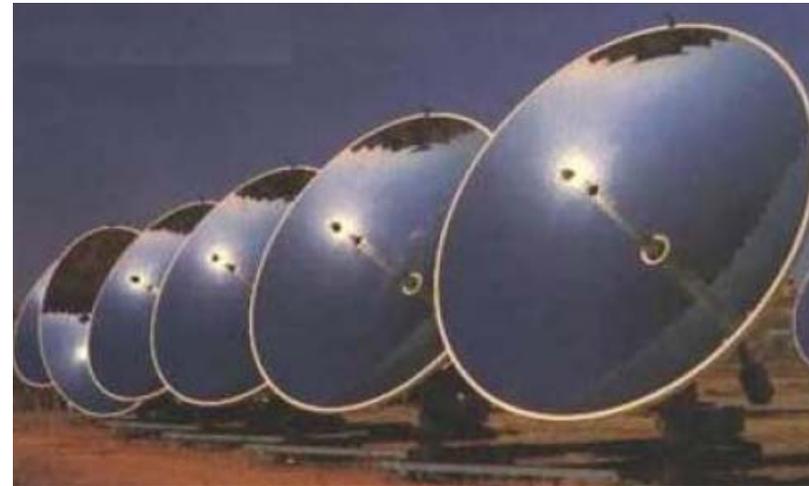
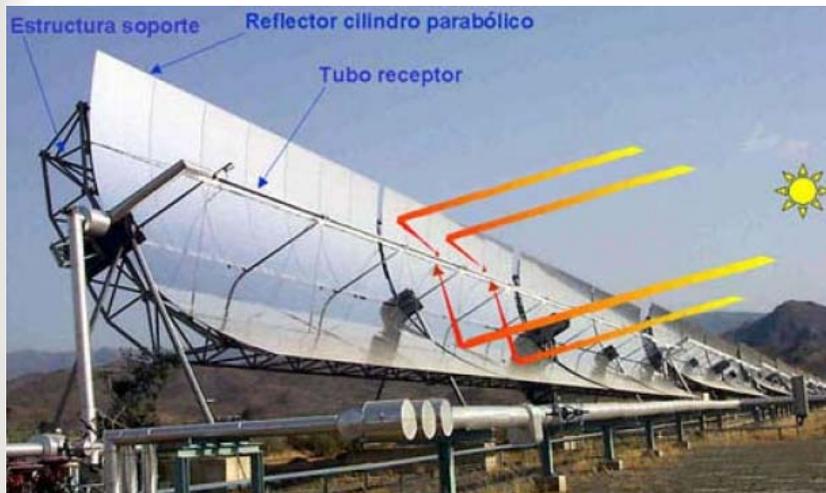
GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

SOLARES

Fotovoltaica: efecto fotovoltaico

Solar térmica: calentar un fluido para luego producir vapor



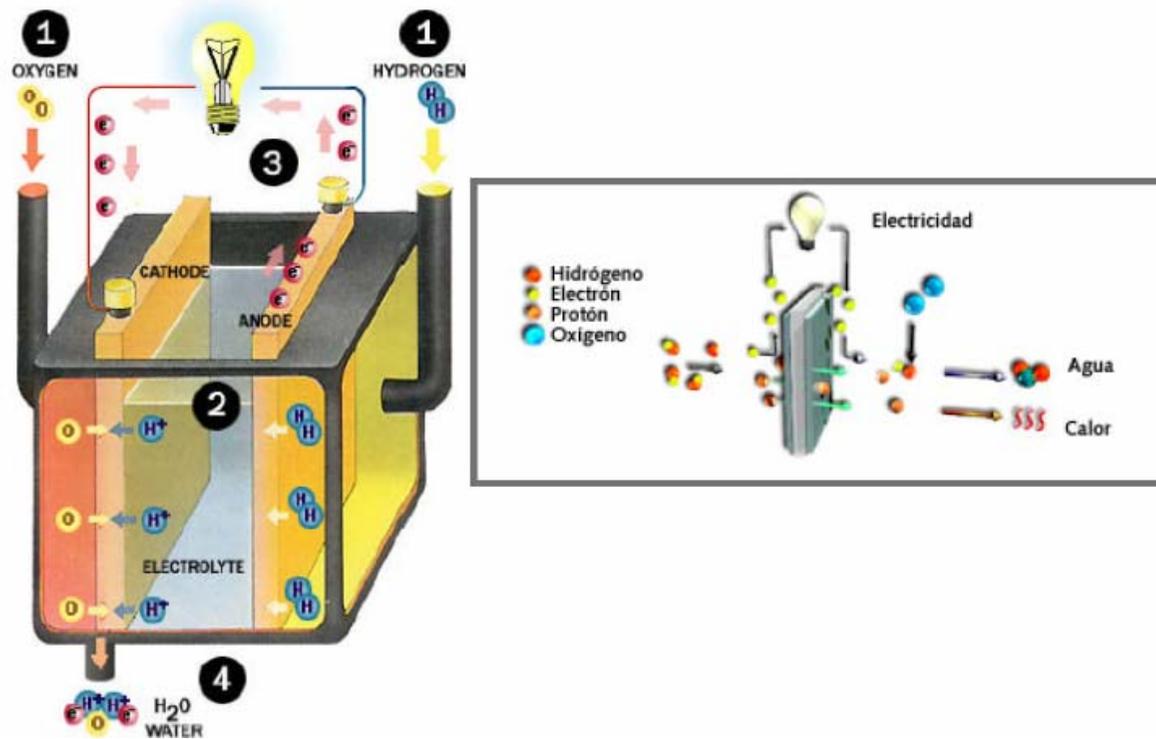
GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

PILAS DE COMBUSTIBLE

Conversión de energía química en eléctrica

Una reacción química en la que a partir del Oxígeno y el Hidrógeno se genera calor, agua y electricidad... funcionamiento similar a la batería

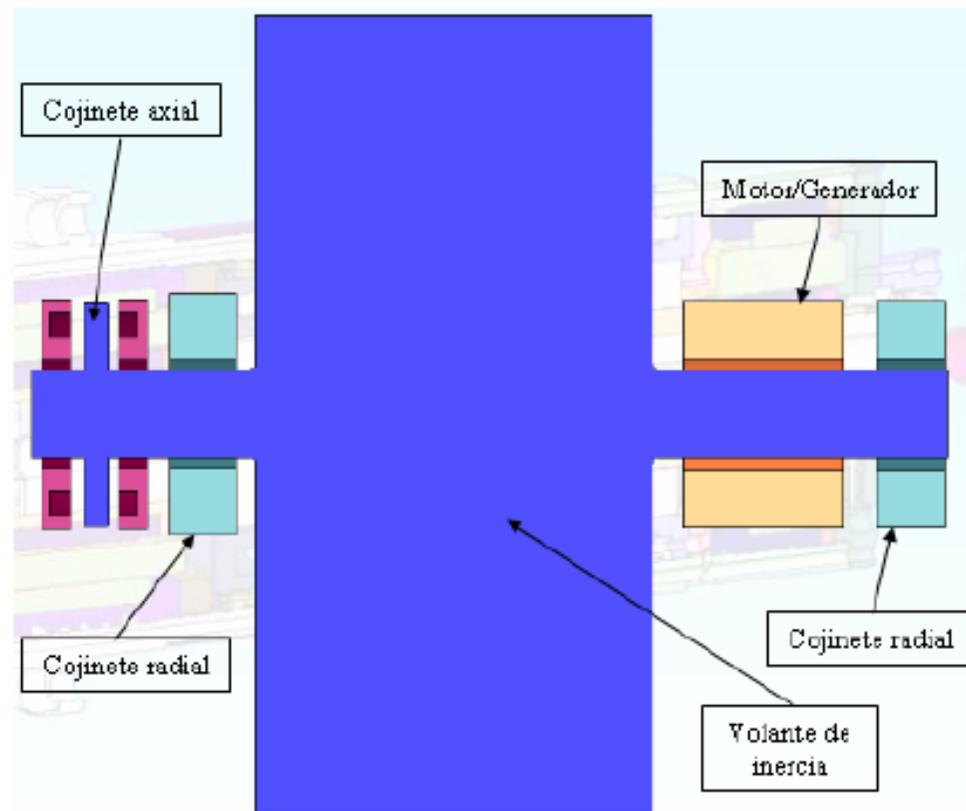


GENERACIÓN DISTRIBUIDA - INTRODUCCIÓN

TECNOLOGÍAS

VOLANTES DE INERCIA (FLYWHEELS)

El objetivo de este tipo de tecnología consiste en proporcionar una cantidad de energía en un espacio relativamente corto de tiempo....



ENERGÍAS RENOVABLES

INTRODUCCIÓN

Hasta hace un par de siglos la energía se obtenía:

- ◆ Fuerza de hombres y animales
- ◆ Quema de maderas
- ◆ Algunas máquinas “ingeniosas” aprovechaban “energías renovables”:

Fuerza hidráulica

Impulsión a vela

Molinos de viento.....

Pero a partir de la máquina de vapor y la revolución industrial se demandó un crecimiento de energía que requirió una búsqueda incesante de fuentes..

ENERGÍAS RENOVABLES

INTRODUCCIÓN

Fuentes de energía:

Combustibles fósiles (No Renovables):

Carbón, Petróleo y Gas Natural:

No es muy claro el tema de las reservas

Su empleo requiere de la combustión de los mismos. Su combustión genera gases; en gran medida CO_2

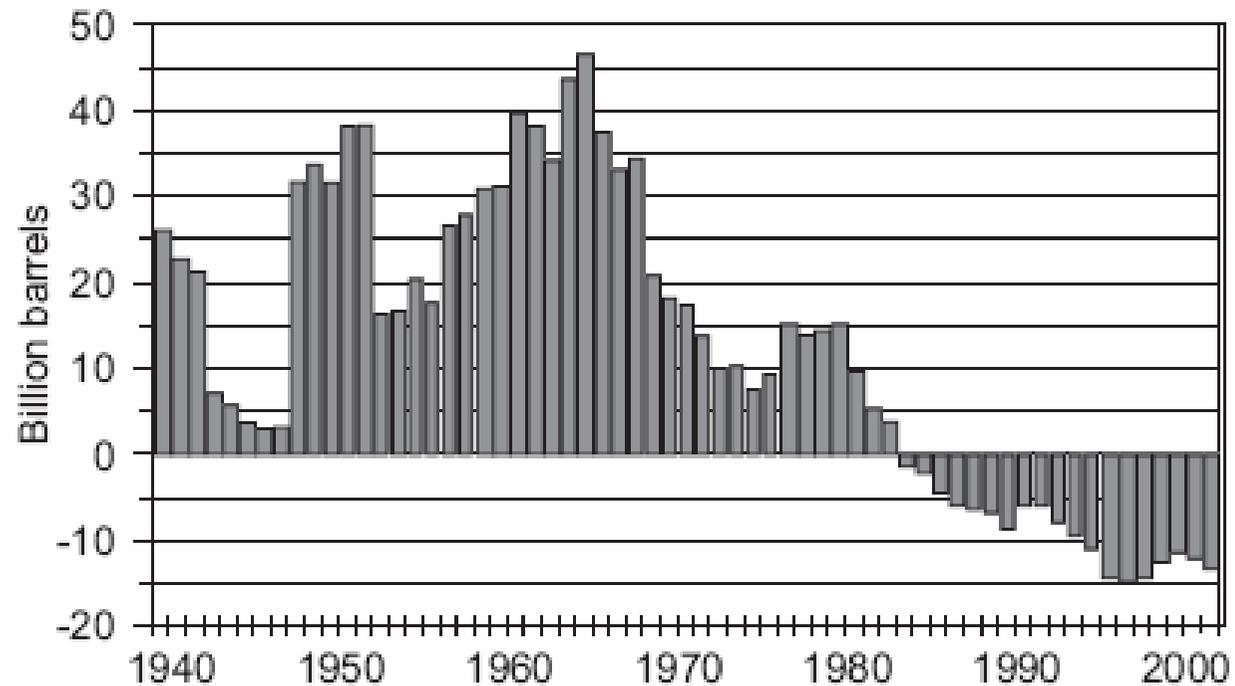
Sin dudas el gran responsable del grado de desarrollo humano y eventualmente de la degradación ambiental actual

ENERGÍAS RENOVABLES

INTRODUCCIÓN

Combustibles fósiles (No Renovables):

Gap entre los descubrimientos y el consumo de petróleo



Fuente: Aleklett, K. and Campbell, C. J. «The peak and decline of world oil and gas Production».

ENERGÍAS RENOVABLES

INTRODUCCIÓN

Fuentes de energía:

Nuclear:

Uranio

En principio, mucho menos contaminante..... Pero... Chernobyl hace algunos años y Fukushima recientemente.....

Su continuidad es muy discutida

ENERGÍAS RENOVABLES

INTRODUCCIÓN

Fuentes de energía:

Renovables:

No consumen recursos agotables, muchas formas no generan residuos como el CO₂ ni radioactivos.....

Impacto ambiental

Su aprovechamiento tiende a ser considerablemente más caro que el de las otras fuentes de energía

Muy importante desarrollo en las últimas dos décadas

ENERGÍAS RENOVABLES

INTRODUCCIÓN

Fuentes de energía:

Renovables:

Hidráulica

Solar:

Térmicas

Fotovoltaica

Eólica

Geotérmica

Biomasa

Océanos:

Mareas

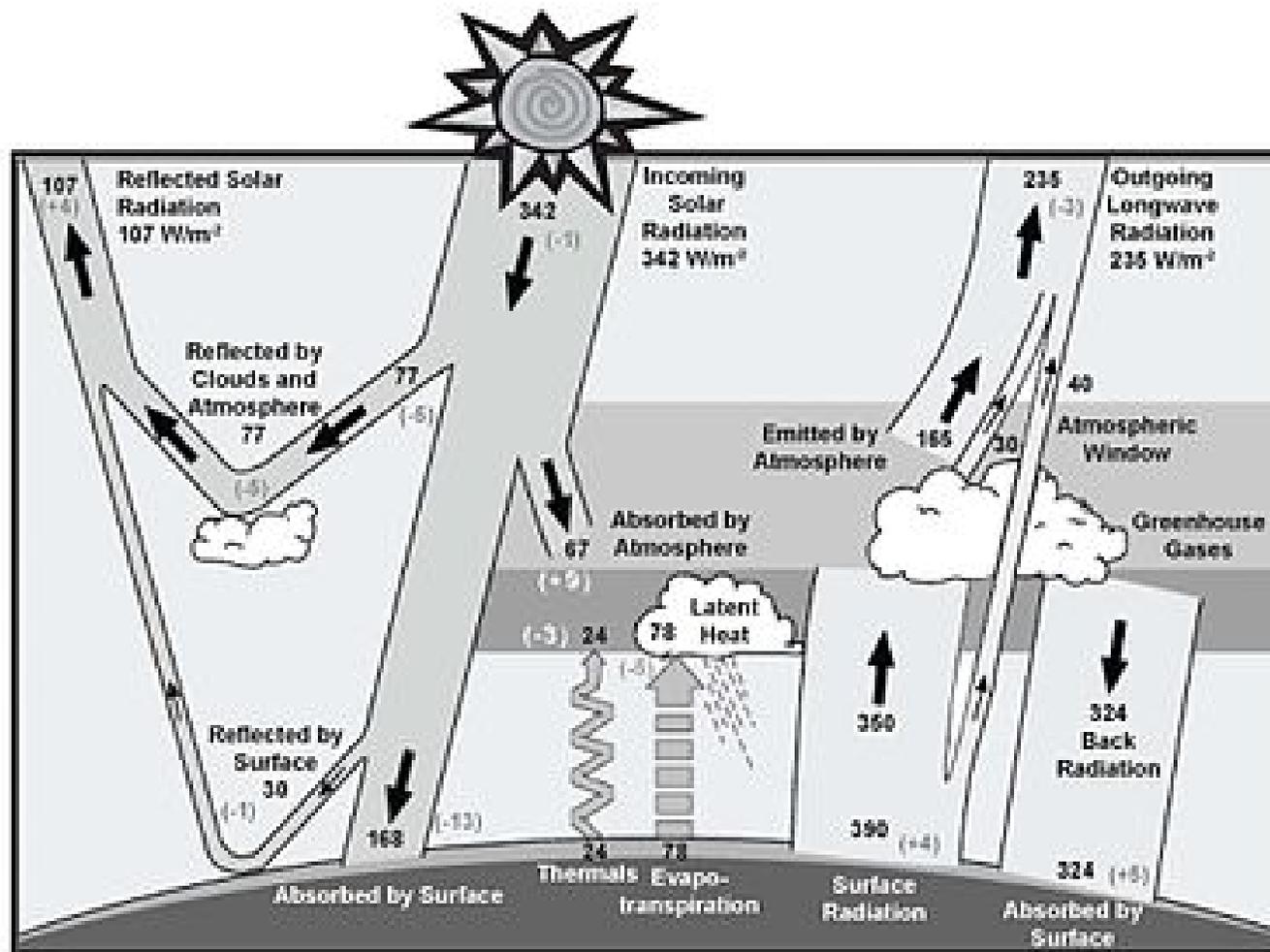
Olas

Gradientes de temperatura

ENERGÍAS RENOVABLES

INTRODUCCIÓN

Equilibrio térmico de la tierra:



ENERGÍAS RENOVABLES

INTRODUCCIÓN

Efecto invernadero:

Es el fenómeno por el cual la atmósfera terrestre retiene parte de la energía que la superficie terrestre emite por haber sido calentada por la radiación solar

Composición de la atmósfera:

78% Nitrogeno

◆ 21% Oxigeno

◆ Otros

Más otros gases “radiantes” responsables del efecto invernadero (Gases de Efecto Invernadero, GEI):

◆ CO₂ 0,035% (350 ppm)

◆ Ozono (O₃)

◆ 1% de vapor de agua

◆ Otros

Estos últimos hacen que la temperatura media, que es de alrededor de 15°C, de la tierra no sea del orden de los -18°C

El más importante es el CO₂

ENERGÍAS RENOVABLES

INTRODUCCIÓN

Efecto invernadero:

Desde 1750 a 2005 la concentración atmosférica de CO₂ paso de 280 a 379 ppm:

Origen:

Se estima que 2/3 provienen de la quema de combustibles fósiles y el tercio restante del cambio de la utilización del suelo (incluida la deforestación)

Destino:

45 % a la atmósfera

30% a los océanos

25% a la biosfera

Emisiones de CO₂ *equivalentes*: Se cuantifican el resto de los GEI referidos a CO₂

Efecto invernadero natural o *antropogénico* (generado por la actividad del hombre)

ENERGÍAS RENOVABLES

INTRODUCCIÓN

Efecto invernadero:

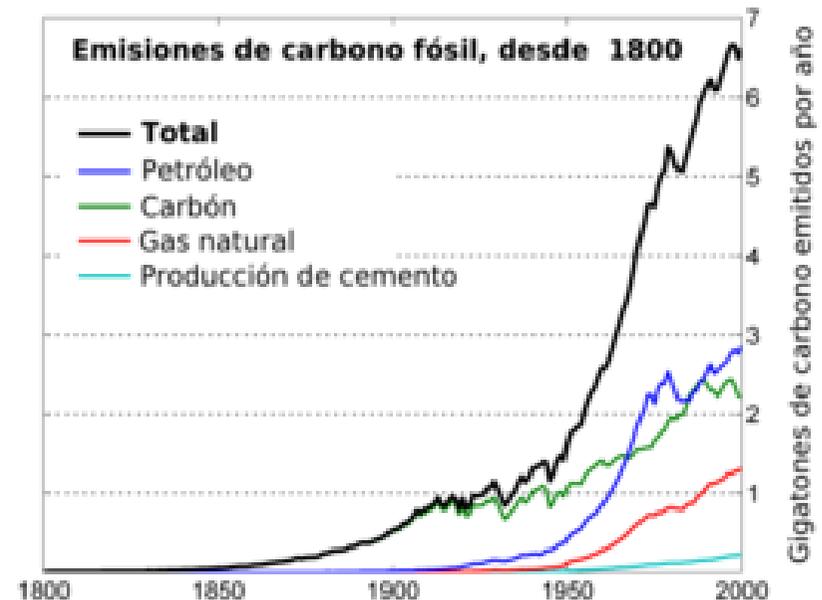
Quemar:

1 litro de nafta implica emitir a la atmósfera 2,3 Kg de CO₂

1 litro de gasoil implica emitir a la atmósfera 2,8 Kg de CO₂

La emisión de CO₂ se distribuye entre:

Generación de Electricidad	42%
Transporte	24%
Industria	20%
Residencias y comercio	14%

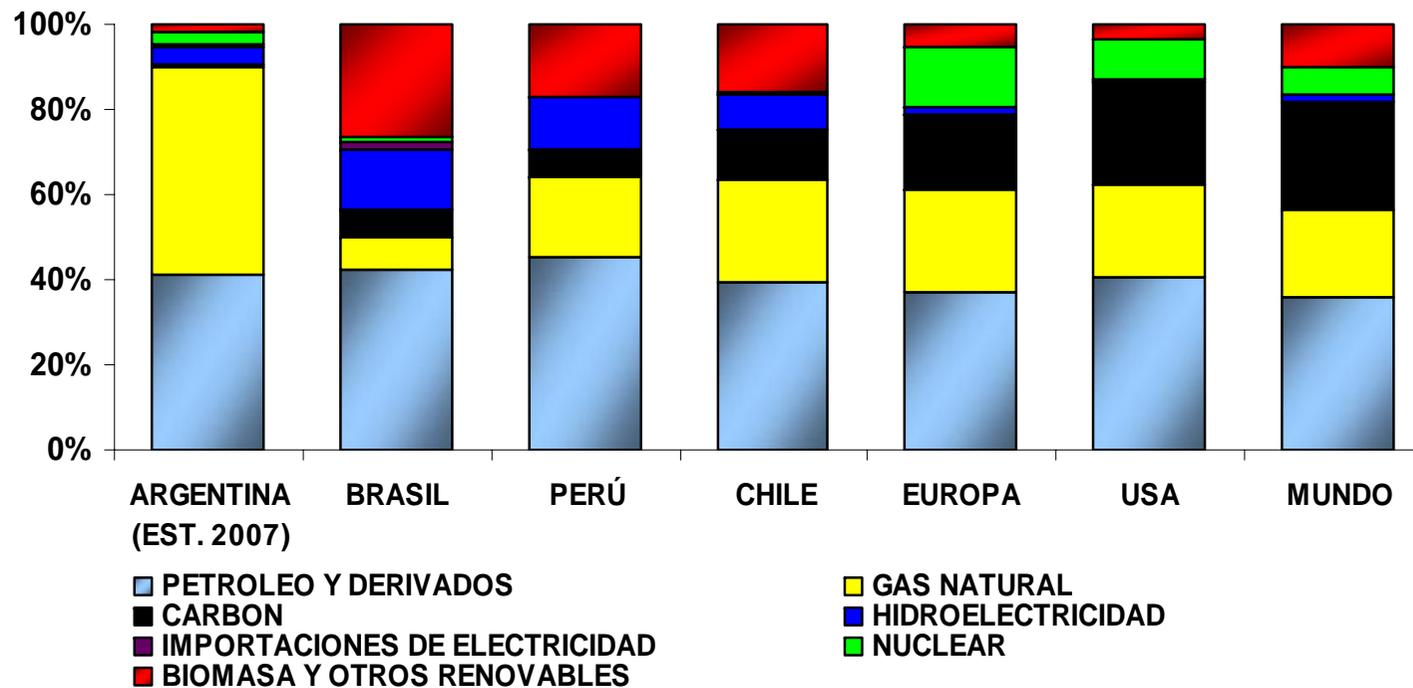


ENERGÍAS RENOVABLES

INTRODUCCIÓN

Estructura de Producción Energética en América Latina 2007

CONSUMO PRIMARIO DE ENERGIA EN AMERICA DEL SUR



ENERGÍAS RENOVABLES

INTRODUCCIÓN

Protocolo de Kyoto (1997):

Un recorte conjunto de las emisiones de gases de efecto invernadero de al menos el 5% con respecto a los niveles de 1990 en el periodo de compromiso de 2008-2012

Las emisiones de CO₂ de Estados Unidos en 2005 representaron el 25% de las emisiones totales en el mundo

Los **bonos de carbono** son un mecanismo internacional de descontaminación para reducir las emisiones contaminantes al medio ambiente

ENERGÍAS RENOVABLES

INTRODUCCIÓN

Barreras a las ER:

Costos y precios: En general se asume que el costo de estos aprovechamientos resulta más caro que los tradicionales.

Sin embargo existen elementos que distorsionan las comparaciones:

Subsidios a los combustibles fósiles

- ◆ Pueden no estar siendo considerados adecuadamente los precios en el futuro de los combustibles tradicionales
- ◆ Muchas fuentes no renovables se encuentran más próximos a los puntos de consumo y no se considera este hecho en la asignación de precios
- ◆ En general los proyectos con base en ER son de menor envergadura que los tradicionales
- ◆ Los costos se ven en gran medida afectados por “riesgos” que por lo incipiente de estos desarrollos pueden estar sobredimensionados
- ◆ La evaluación de los costos de impacto ambiental pueden no ser debidamente cuantificados

ENERGÍAS RENOVABLES

INTRODUCCIÓN

Barreras a las ER:

Legales y Regulatorios:

En muchos países aun se mantiene el monopolio en la producción y distribución de la energía y no es fácil la participación de productores independientes

En muchas situaciones existen restricciones constructivas por altura, ruido, estética, seguridad, etc, o competencia con otras actividades (agrícolas, recreativas, etc)

No siempre el punto de acceso del ER al sistema es fácil o barato

Los requerimientos técnicos de interconexión pueden ser inadmisibles para pequeños productores

ENERGÍAS RENOVABLES

INTRODUCCIÓN

Políticas de promoción para las ER:

Una categorización de estas políticas puede ser:

- ◆ Precio pactado y cantidad forzada
- ◆ Incentivos mediante reducción de los costos de inversión
- ◆ Inversiones públicas

Esto en general va acompañado de políticas “Objetivos”, p. e.:

Europa: preveía que un 22% de la energía en el 2010 fuese de origen renovable

Japón: 2% para el 2010

USA: 10% para el 2020

India: 10% para el 2012

Precio pactado:

Se pacta un precio por la energía de origen renovable.

Depende del origen: solar, eólica, etc.

El pacto de precios en general es a varios años; p. e. 10 años

ENERGÍAS RENOVABLES

INTRODUCCIÓN

Políticas de promoción para las ER:

Reducción de costos:

Subsidios

Diferimientos impositivos

Inversiones Públicas:

Beneficios de fondos públicos

BIOMASA

INTRODUCCIÓN

Primera gran definición de Biomasa:

Toda materia orgánica susceptible de aprovechamiento energético

Un poco más de precisión:

Todo material de origen biológico excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización

Esto es: Hay un balance neutro en las emisiones de CO₂ ya que el carbono liberado en su combustión forma parte de la atmósfera actual, es el mismo que el absorbido y liberado por las plantas en su crecimiento

Los fósiles han capturado el CO₂ del subsuelo hace miles de años

BIOMASA

TIPOS DE BIOMASA

1.- Biomasa residual seca:

- ◆ Residual forestal

Podas, raleos y restos de aprovechamientos forestales

- ◆ Residual agrícola

Restos de los cultivos: maíz, trigo, arroz, etc, o los mismos restos de poda de frutales

- ◆ Residuos de industrias agroalimentarias o de transformación de la madera

Restos de actividades agroalimentarias o aserrín de aserraderos

BIOMASA

TIPOS DE BIOMASA

2.- Biomasa residual húmeda:

Residuos de origen orgánico resultantes de la actividad humana o animal. Eje.: agua residual urbana, residuos industriales biodegradables, residuos ganaderos, etc.

También se pueden incluir los desechos sólidos urbanos (basura orgánica)

Si a los desechos sólidos urbanos se les da un tratamiento previo de secado, pasan a formar parte del grupo de la biomasa residual seca

La biomasa residual húmeda, por su alto contenido de materia orgánica, puede llegar a considerarse contaminante, ya que en su proceso de descomposición generan metano (CH₄) y dióxido de carbono

BIOMASA

TIPOS DE BIOMASA

3.- Cultivos energéticos:

Plantaciones de árboles o plantas cultivadas con el fin específico de producir energía.

Cultivos agrícolas; Eje.: caña de azúcar, maíz, sorgo y trigo o plantas oleaginosas como palma de aceite, girasol o soja y algunas plantas acuáticas, como las algas, para producir biodiesel.

El principal limitante para este tipo de plantaciones está en la escala, pues se requieren grandes extensiones de tierra para lograr una producción de energía rentable.

BIOMASA

SISTEMAS DE APROVECHAMIENTOS ENERGÉTICOS

Los procesos energéticos que proporcionan energía a partir de la biomasa se clasifican en dos grupos:

A.- Procesos termoquímicos:

combustión (gas caliente que se emplea para producir calor, electricidad, vapor);
gasificación (mediante gas pobre o de síntesis, con usos similares al anterior);

B. Procesos bioquímicos:

Los más utilizados son la fermentación alcohólica y la digestión anaerobia; se emplean para producir vapor, electricidad, calor y combustibles líquidos.

BIOMASA

SISTEMAS DE APROVECHAMIENTOS ENERGÉTICOS

Tecnologías termoquímicas:

Combustión

Gasificación

Pirolisis

Tecnologías bioquímicas:

Fermentación alcohólica: (etanol)

Digestión anaeróbica: se realiza mediante bacterias en biomasa húmeda en digestores o fermentadores

BIOMASA

PROBLEMAS E INCONVENIENTES DEL USO DE LA BIOMASA

Baja densidad relativa de energía respecto de un fósil

Su producción y procesamiento requieren importantes insumos con lo que el proceso de conversión puede arrojar balances energéticos pobres

Falta de políticas generalizadas para el desarrollo de las tecnologías de la biomasa

El potencial calórico de la biomasa es dependiente de su humedad, del clima y de la densidad de la materia prima

La producción en gran escala podría tener efectos negativos en la degradación de suelos debido a prácticas agrícolas y forestales intensivas y a la reducción de la superficie forestal para compensar la superficie destinada a cultivos energéticos

BIOMASA

BIOMASA RESIDUAL SECA Y CULTIVOS ENERGÉTICOS

Características de los combustibles:

Composición química y física: Esto determina el tipo de combustible o subproducto energético. P.e.: Desechos animales, metano; Madera, “gas pobre”. Las características físicas determinan el tratamiento.

Contenido de Humedad (HR): Contenido de agua por unidad de materia seca. Para la conversión en general se necesita una HR menor al 30%.

Porcentaje de cenizas: Indica cantidad de materia sólida no combustible por Kg de Combustible. En algunos casos puede ser reutilizada

Poder calórico: Determina la Energía disponible en la biomasa. Muy influenciado por la humedad ya que para su evaporación es necesario “gastar energía”

BIOMASA

BIOMASA RESIDUAL SECA Y CULTIVOS ENERGÉTICOS

Características de los combustibles:

Poder Calorífico Superior (PCS): El agua formada en la combustión esta condensada y por lo tanto incluye su calor latente. Si el agua no esta condensada se refiere al Poder Calorífico Inferior (PCI)

Se determina mediante ensayos o mediante fórmulas empíricas de buena aproximación

Densidad: Incide sobre la facilidad de transporte, manejo, etc., del combustible

Granulometría y Presentación: Define en gran medida el uso final

BIOMASA

BIOMASA RESIDUAL SECA Y CULTIVOS ENERGÉTICOS

Transformaciones termoquímicas de la biomasa seca:

Combustión:



BIOMASA

BIOMASA RESIDUAL SECA Y CULTIVOS ENERGÉTICOS

Transformaciones termoquímicas de la biomasa seca:

Combustión:

RELACION ENTRE LOS PODERES CALORIFICOS

$$\text{PCI} = \text{PCS} - 597 \times G$$

Donde:

PCI = Poder calorífico inferior (kcal / kg comb)

PCS = Poder calorífico superior (kcal / kg comb)

597 = Calor de condensación del agua a 0 °C (kcal / kg agua)

G = Porcentaje en peso del agua formada por la combustión del H₂ más la humedad propia del combustible (kg agua/ kg comb)

$$\text{G} = 9\text{H} + \text{H}_2\text{O}$$

Siendo:

9 : Son los kilos de agua que se forman al oxidar un kilo de hidrógeno.

H: Porcentaje de hidrógeno contenido en el combustible.

H₂O: Porcentaje de humedad del combustible.

Por lo tanto la ecuación anterior queda:

$$\text{PCI} = \text{PCS} - 597 \times (9\text{H} + \text{H}_2\text{O})$$

GENERACIÓN DISTRIBUIDA - Udelar
OCTUBRE 2013

BIOMASA

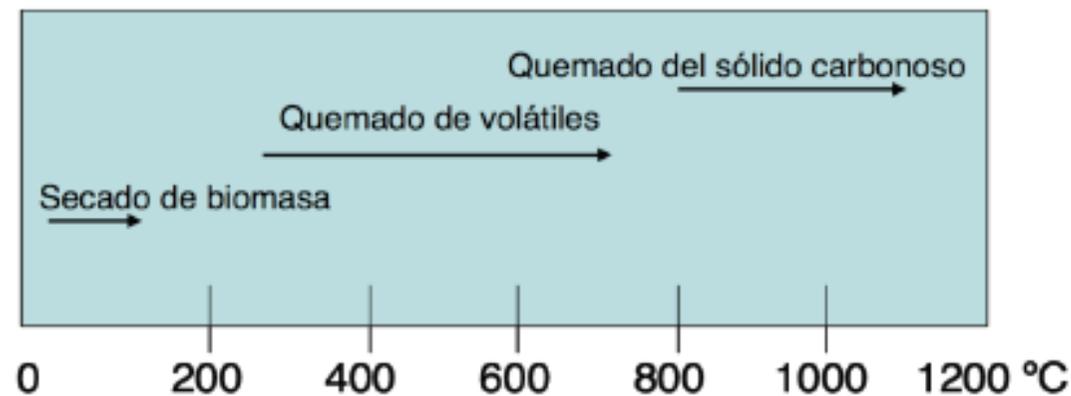
BIOMASA RESIDUAL SECA Y CULTIVOS ENERGÉTICOS

Transformaciones termoquímicas de la biomasa seca:

Combustión:

Poder calorífico: Cantidad de calor liberado por unidad de masa a presión constante y a 25 °C llegando al estado final de oxidación

El PCI de los recursos biomásicos oscila entre 3500 y 4500Kcal/Kg de materia seca



BIOMASA

BIOMASA RESIDUAL SECA Y CULTIVOS ENERGÉTICOS

Transformaciones termoquímicas de la biomasa seca:

Equipos de combustión:

- ◆ Adecuado volumen de cámara, acorde a la potencia deseada y al combustible
- ◆ Adecuada dimensión de superficie donde se desarrollará la combustión
- ◆ Adecuada entrada de aire, eventualmente precalentado
- ◆ Robusto y resistente a las temperatura del proceso
- ◆ Sencillo de limpiar y mantener
- ◆ Dispositivos de control y sistemas de seguridad

Sistemas clásicos o de combustión en parrilla

Sistemas de combustión en lecho fluido

BIOMASA

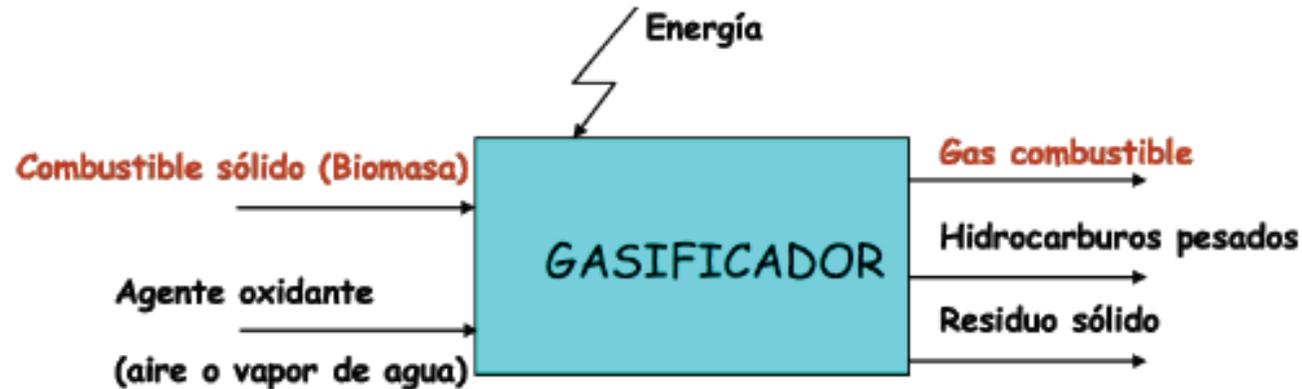
BIOMASA RESIDUAL SECA Y CULTIVOS ENERGÉTICOS

Transformaciones termoquímicas de la biomasa seca:

Gasificación:

Se convierte un combustible sólido en gaseoso con la ventajas que esto significa:
Facilidad de transporte, eficiencia en la combustión...

Requiere el aporte de energía



El gasificante, que incide sobre el poder calorífico del gas obtenido, puede ser: aire, oxígeno, vapor de agua o hidrógeno (el último puede sustituir al GN)

BIOMASA

BIOMASA RESIDUAL SECA Y CULTIVOS ENERGÉTICOS

Cultivos energéticos:

Son cultivos cuyo destino principal es la obtención de biomasa para su transformación en sustitución de combustibles tradicionales incluyendo los que se utilicen en la producción de los siguientes productos energéticos:

- ◆ Biocarburantes: Bioetanol, Biodiesel, Biogas, Biometanol, Biohidrógeno, etc
- ◆ Energía térmica o eléctrica producida mediante biomasa

Su evolución depende de:

- ◆ Evolución de los precios y abastecimiento de los combustibles fósiles
- ◆ Evolución tecnológica de los procesos de producción de biocombustibles
- ◆ Especies vegetales adecuadas a la disponibilidad de tierras
- ◆ Políticas que estimulen al agricultor y al industrial al desarrollo de la actividad

BIOMASA

BIOMASA RESIDUAL SECA Y CULTIVOS ENERGÉTICOS

Cultivos energéticos:

Las características ideales de los cultivos energéticos son:

- ◆ Alta productividad y bajo costo de producción (competitividad con combustibles fósiles)
- ◆ Posibilidad de desarrollo en tierras marginales y con maquinarias preferentemente tradicionales
- ◆ Balance energético positivo: energía del biocombustible vs. energía en la producción y procesado
- ◆ La biomasa producida apta para la fabricación de biocombustibles o biocarburantes

BIOMASA

BIOMASA RESIDUAL SECA Y CULTIVOS ENERGÉTICOS

Cultivos energéticos:

La base de producción es **semilla** o **biomasa lignocelulósica** (Caña, madera, etc)-

En general la semilla se destina a la producción de biocarburantes y la lignocelulósica a la producción de energía térmica o eléctrica

Materias primas para Biodiesel:

- ◆ Cultivos oleaginosos
- ◆ Lo mejor sería que no compitan con aceites destinados a la alimentación

Materias primas para Biocarburantes:

- ◆ Maiz, trigo, remolacha, caña de azúcar
- ◆ La caña inclusive aporta más energía que la que necesita el cultivo
- ◆ Algunos nuevos: switchgrass y hierva elefante

BIOMASA

BIOMASA RESIDUAL SECA Y CULTIVOS ENERGÉTICOS

Aspectos medioambientales:

Estos combustibles prácticamente no contienen azufre

Balance neutro en emisiones de CO₂: Este gas se fija en el crecimiento de la planta mediante la fotosíntesis que es el proceso metabólico por el cual las células obtienen energía:



El balance energético: Energía obtenida de la biomasa sobre la consumida en su obtención

BIOMASA

BIOCOMBUSTIBLES

Tres motivos para su desarrollo:

- ◆ Fuente de ER y respetuosa del medioambiente
- ◆ Seguridad en el suministro de energía
- ◆ Oportunidad de desarrollo económico local

Biocombustibles líquidos o biocarburantes: Combustibles líquidos obtenidos a partir de productos biomásicos:

- ◆ Alcoholes y éteres derivados: de cereales, remolacha, caña, etc. (Bioetanol)
- ◆ Metílicos y etílicos: aceites vegetales (nuevos y usados), grasas animales, etc. (Biodiesel)

BIOMASA

RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

Tres elementos determinan la composición de los residuos sólidos urbanos: nivel de vidas, actividad y temperatura ambiente:

Materia orgánica: (40 al 50%), restos de alimentos o “basura” orgánica (p.e.: productos de jardinera

Papel y cartón: (~ 20%), diarios, cajas, recipientes, etc.,

Plásticos (~ 10%), envases, recipientes, juguetes, restos productos tecnológicos

Vidrios (~ 5%)

Metales (~ 5%)

Otros (~ 5%), incluidos residuos peligrosos

BIOMASA

RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

Biogás a partir de rellenos de residuos urbanos. Gas de vertedero

Un 50 % de los RSU está formado por biomasa. Si se entierra en un vertedero y se le impide el contacto con el oxígeno del aire se puede poner en marcha un proceso de digestión anaeróbica.

Se dispone un fondo de una capa de arcilla aislante u otro material aislante y luego capas alternativas de basura y tierra que se compactan y que producen biogás a intervalos de tiempo que pueden ser de años

En experiencias de este tipo se han obtenido 150 a 300 m³ de biogás por tonelada de basura sin seleccionar

El gas se extrae por tuberías dispuestas previamente y alguna bibliografía habla de valores de 100 a 500kWh por tonelada de RSU