

MEDIO AMBIENTE Y TECNOLOGÍA*

Juan Avilés Trigueros
Ingeniero Industrial

1.-MEDIO AMBIENTE

En los próximos diez años, la valoración medio ambiental dentro de la U:E. será clave en el desarrollo global de los países integrantes. La legislación vigente respecto al entorno y circunstancias de los modos de vida tienden a rigidizarse con lo cual todo ello lleva implícito un coste económico asociado a toda actividad social e industrial que evidentemente estará incorporado a los productos emitidos. Incluso en modo de actuación, se impone tanto con carácter individual como colectivo en el concepto medio ambiental.

Es fundamental incorporar la palabra *Derrochar* como algo estimativo y cuantificable a tener en cuenta. Los entes sociales se están concienciando de:

- a.- La escasez de recursos.
- b.- La transformación medioambiental está íntimamente relacionada con los procesos industriales.
- c.- La aparición de modelos eco-sociales que superan el ámbito cuántico y con fuertes repercusiones políticas.

La emisión en cualquier medio del planeta de residuos no reciclables se convierte inmediatamente en un serio

problema transmitido a generaciones futuras y es importante porque el futuro, al ritmo actual de avance de tecnologías y aplicaciones industriales, podríamos afirmar que **el futuro es hoy**.

La actividad humana es un proceso eminentemente exotérmico en los conceptos de energías más amplios:

- a) Energías absorbibles en procesos industriales,
- b) Iso-energías o energías constantes no aprovechables,
- c) Energías no absorbibles y/o no recuperables,

cantidades diferentes dependiendo del combustible, la potencia que tenga el grupo y, en menor medida, si los gases se producen en verano o en invierno. Así, por ejemplo, aproximadamente sólo la mitad de las tecnologías estudiadas expulsan NO_x , siendo el ciclo combinado avanzado con refrigeración forzada 750 MW la que mayor volumen de este gas emite: 2.383 t/año. La que menos emite es la turbina de combustión de 23 MW con 18 t/año.

Respecto al CO , en general se expulsa menos volumen/ m^3 que de NO_x .

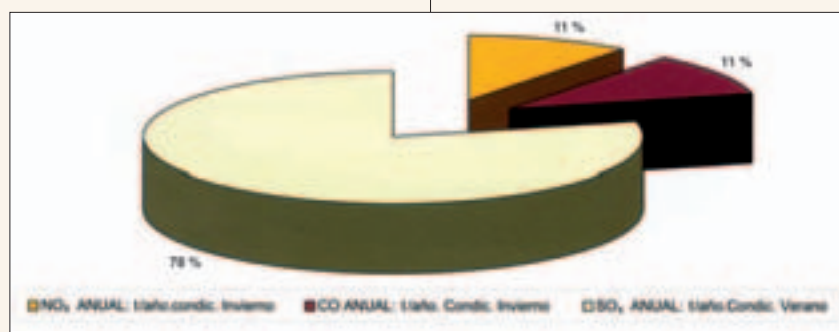


Fig. 1. Ciclo combinado 410 MW: Refrigeración húmeda

es decir, energías que medioambientalmente llevan implícito un coste ambiental y una entropía aparte de la intrínseca en el proceso transformador asimilado negativamente.

Todos los procesos tecnológicos emiten distintos tipos de gases y en

tanto si se mide el volumen de gas producido en verano como en invierno. Sin embargo, comparando la cantidad de gas expulsado en invierno y en verano, es en verano cuando las tecnologías expulsan más cantidad de CO por la elevación de la temperatura ambiental. En el ciclo combinado avanzado con refrigeración forzada y una potencia de 750 MW, la que mayor volumen de CO produce siendo la cantidad de 427 t/año en condiciones de invierno y 857 t/año en condiciones de verano.

El porcentaje de CO que expulsa un determinado proceso tecnológico con respecto al NO_x es muchísimo menor pero no más que el CO en condiciones de invierno.

Sin embargo, es la emisión de SO_x (en condiciones de invierno) la que mayor volumen de gas supone

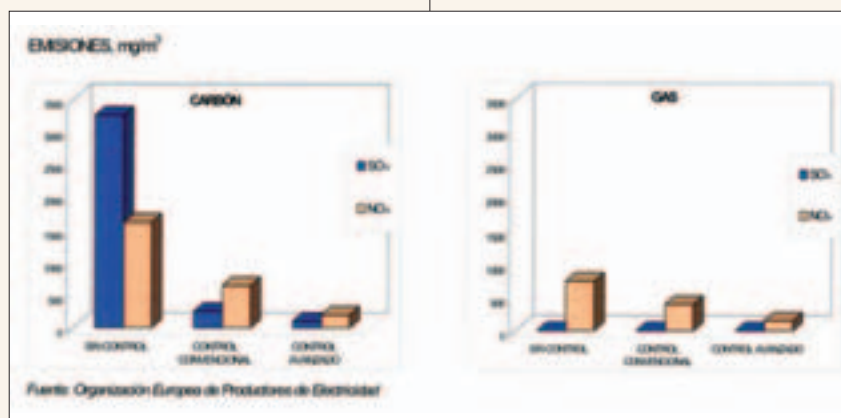


Fig. 2. Niveles de emisión de SO_x y NO_x en térmicas de carbón y gas

*La información aquí recogida procede del estudio realizado por el Ingeniero Industrial Juan Avilés Trigueros bajo el título "Análisis de los recursos energéticos mundiales. Siglo XXI". Publicado por el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de la Región de Murcia, la Caja de Ahorros del Mediterráneo y la Escuela Técnica Superior de I.I. de la Universidad de Cartagena.

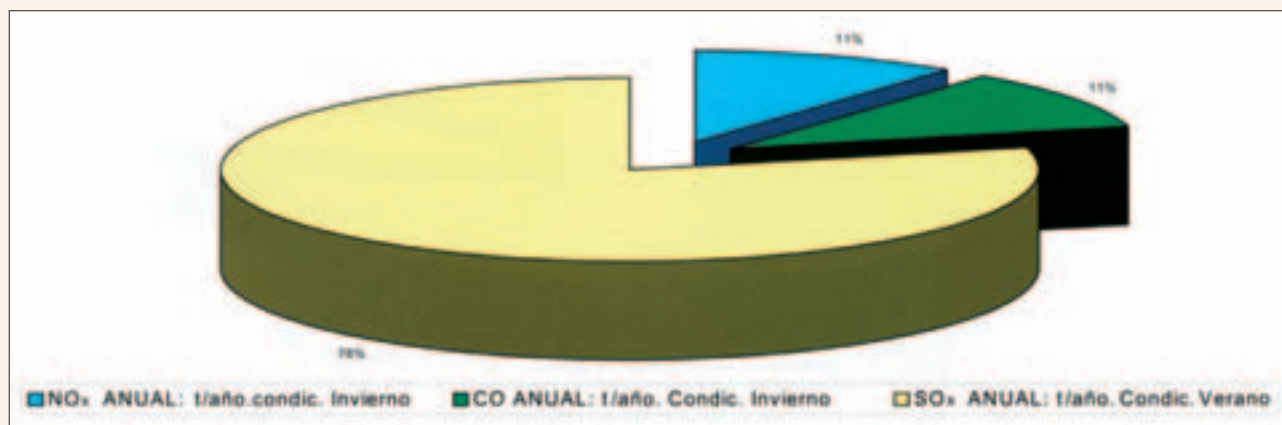


Fig. 3. Ciclo combinado 135 MW: Refrigeración seca

con diferencia con respecto a cualquier otro tipo de gas (NO_x , CO, partículas...) llegando a producir 5.048 t/año el carbón pulverizado con refrigeración seca y de 440 MW en condiciones de invierno. Además, la mayoría de las tecnologías emiten SO_x mientras que NO_x y CO son gases no emitidos por todos los procesos tecnológicos; aproximadamente sólo la mitad de los procesos tecnológicos estudiados producen este tipo de gases.

Generalmente los procesos tecnológicos que no expulsan NO_x ni CO suelen expulsar otras partículas, pero no suponen una cantidad apreciable comparándola con la cantidad que expulsan, esos mismos procesos tecnológicos de SO_x .

En resumen, se puede observar en los gráficos cómo en cualquier proceso tecnológico para cualquier potencia, es el SO_x el gas más emitido en condiciones normales.

Observando la figura 1 se detecta la utilización del control avanzado

tanto en térmicas de carbón como de gas. El rendimiento final es totalmente eficaz en las emisiones resultantes de los procesos de combustión. Al mismo tiempo, podemos observar que la cantidad de NO_x emitida en general es ligeramente mayor en la combustión de gas que en carbón. Por tanto, hemos de disminuir las dudas respecto a la combustión del carbón en los procesos de combustión termoeléctrica siempre que tenga los controles medioambientales adecuados.

2. EL FUTURO TECNOLÓGICO

Legislación medioambiental

Podríamos decir que el efecto invernadero es un fenómeno natural por el cual la superficie de la Tierra sufre un calentamiento; esto ocurre debido a que parte de la energía solar que llega a la Tierra es absorbida, lo que origina que se desprendan radiaciones infrarrojas y éstas, por su longitud de onda tan corta, hacen que choquen con los gases de la atmósfera vol-

viendo otra vez a la superficie de la Tierra recalentándose ésta. Por tanto, es superior la temperatura de la superficie que la de la atmósfera y son los gases los causantes del citado efecto. Estos gases perjudiciales son el CO_2 (50%), CH_4 (18%), CFC's (17%) el O_3 (9%) y N_2O (6%). De todo el CO_2 emitido, aproximadamente un 60% está originado directamente por la generación de electricidad, (el resto procede de vehículos, calefacción y procesos industriales).

Para solventar los diversos problemas medioambientales que están deteriorando el planeta, se han celebrado Convenciones desde que se reconoció la magnitud del problema.

La primera fue la *Convención Marco de Naciones Unidas* sobre el cambio climático, que se probó durante la *Cumbre de Río de Janeiro*, en junio de 1992 y tenía por objetivo mitigar los problemas causados por el efecto invernadero. Es en este Convenio donde se recogen los objetivos, estrategias y acciones concretas para frenar el potencial efecto y reducir sus posibles consecuencias. Temas controvertidos fueron fundamentalmente los relacionados con la limitación/reducción de las emisiones de CO_2 de tal manera que impidiese interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático.

Más tarde, el 10 de diciembre de 1997, fue aprobada en la *Cumbre de Kioto* un Protocolo destinado a limitar las emisiones de seis gases del efecto invernadero, en los países industrializados, en el período 2008-2012. Los tres primeros gases, corresponden a los inicialmente escogidos por la Unión Europea en la propuesta presentada en Kioto. Estos son CO_2 , CH_4 ,

Niveles de emisión de CO_2 para distintos combustibles

Generación de electricidad			Comparación
Combustible	CO_2 kg/MWh	Rendimiento (%)	(%)
Madera	1.030	35	124
Lignito	935	37	113
Hulla	829	39	100
Petróleo (crudo)	716	39	87
Petróleo (pesado)	753	39	91
Gas natural	507	40	61

Fuente: Organización Europea de Productos de Electricidad

N₂O, HFCs (Hidrocarburos), PFCs (perfluorocarburos), SF₆. El objetivo de reducción y/o limitación del conjunto de gases de efecto invernadero regulados se entenderá como la media de inversiones anuales en los cinco años que cubre el período 2008-2012, para evitar las distorsiones que pudieran producirse en un año de dicho período por causas imprevisibles. La unión europea asume su compromiso de un 8% de reducción para el conjunto de los seis gases regulados, en el período objetivo (2008-2012) aceptado en el marco del *Protocolo de Kioto*. En caso de incumplimiento del objetivo global de la U.E., existirá responsabilidad, en el marco del Convenio.

Es preciso recordar que la U.E. presentó en Kioto una propuesta de reducción del 15% para los tres gases iniciales con la idea de forzar al resto de países industrializados a asumir compromisos significativos de reducción que se plasmasen en cifras similares, esta propuesta se entendía como una mera táctica de negociación, previéndose, desde un principio, que sería difícil alcanzar este objetivo. De hecho, se consideraba que un objetivo sería la aceptación de un 10% de reducción por parte de todos los países industrializados y, sobre estas bases, se estableció el reparto inicial interno de la U.E.

Una vez establecido este reparto, deben arbitrarse nuevas políticas y medidas, tanto a escala comunitaria como a escalas nacionales, para intentar alcanzar tanto el compromiso conjunto como los compromisos nacionales que se deriven de dicho reparto en los distintos sectores implicados.

España entregó en la Secretaría del Convenio, justo antes de la *Cumbre de Kioto*, su segundo informe nacional sobre inventarios actualizados a 1994 de gases de efecto invernadero así como sobre las políticas y medidas adoptadas en nuestro país para mitigar los efectos del cambio climático.

En noviembre de 1998 se celebró la *Cumbre de Buenos Aires* cuya finalidad fundamental consistía en la negociación de una reglamentación

adecuada para los tres mecanismos de flexibilidad definidos en el Protocolo de Kioto para facilitar el cumplimiento de los compromisos asumidos en el mismo por parte de los países desarrollados. La Cumbre fue un completo fracaso porque no se avanzó prácticamente nada en dicha negociación.

Del 25 de octubre al 5 de noviembre de 1999 se celebró la *5ª Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio climático* en Bonn. Aun tratándose de una cumbre sin aparente contenido político, la reunión de Bonn se cerró con avances significativos que hacen albergar muchas esperanzas de mantener vivo el proceso negociador y llegar a una *6ª Convención en la Haya*, con resultados muy positivos.

Por tanto, es necesario un proceso de cooperación intersectorial a escala europea para poder definir y poner en práctica los compromisos a asumir por cada sector de actividad y establecer propuestas sobre las nuevas políticas y medidas a adoptar en cada uno de ellos para poder dar cumplimiento a las obligaciones derivadas. Aproximarse a los acuerdos de Kioto y la cuantificación de energía que la Humanidad necesita, principalmente el Mundo Occidental, nos obliga a un desarrollo acelerado de la tecnología en generación nuclear necesariamente; me gustaría poder disponer de alternativas en la cuantificación y cualificación necesaria, pero veo más que improbable que en España se alcancen aplicar los acuerdos de Kioto. Será necesario un considerable esfuerzo de adaptación por parte de la industria española porque, las tendencias de evolución actuales en las emisiones de gases del efecto invernadero se encuentran relativamente alejadas de los compromisos a asumir por España en el marco del Convenio sobre cambio climático.

Los últimos acontecimientos, incluyendo la cumbre de desarrollo sostenible celebrada en Johannesburgo, no han supuesto cambios sustanciales tangibles. Se avanza es cierto, pero a una velocidad inferior a la que la solución del problema requiere.

Previsiones del Consejo Mundial de la Energía

Las conclusiones del **Consejo Mundial de la Energía** prevén para 2020 unos 8.000 millones de habitantes, no prevé falta de recursos energéticos, pero sí en el reparto y acceso al mercado de la energía y sobre todo la universalidad de los problemas medioambientales y de seguridad de generación eléctrica, tales problemas pueden llegar a condicionar la sostenibilidad del desarrollo deseable.

En principio, todas las energías son necesarias y se plantea el desarrollo tecnológico apropiado y distribuido entre países; es de suma importancia la "fuente" de ahorro y la eficiencia termodinámica, que lleva consigo la "cuasiplena" compatibilidad medioambiental.

Hay que distinguir en grandes bloques, tres mundos:

A. **El mundo desarrollado**, que debería buscar el ahorro y la eficiencia tecnológica, impulsando el dualismo tecnología / medio ambiente.

B. **El mundo en transición**, básicamente Europa del Este, CEI y China, con disponibilidad de recursos energéticos, pero necesita nuevos horizontes socioeconómicos.

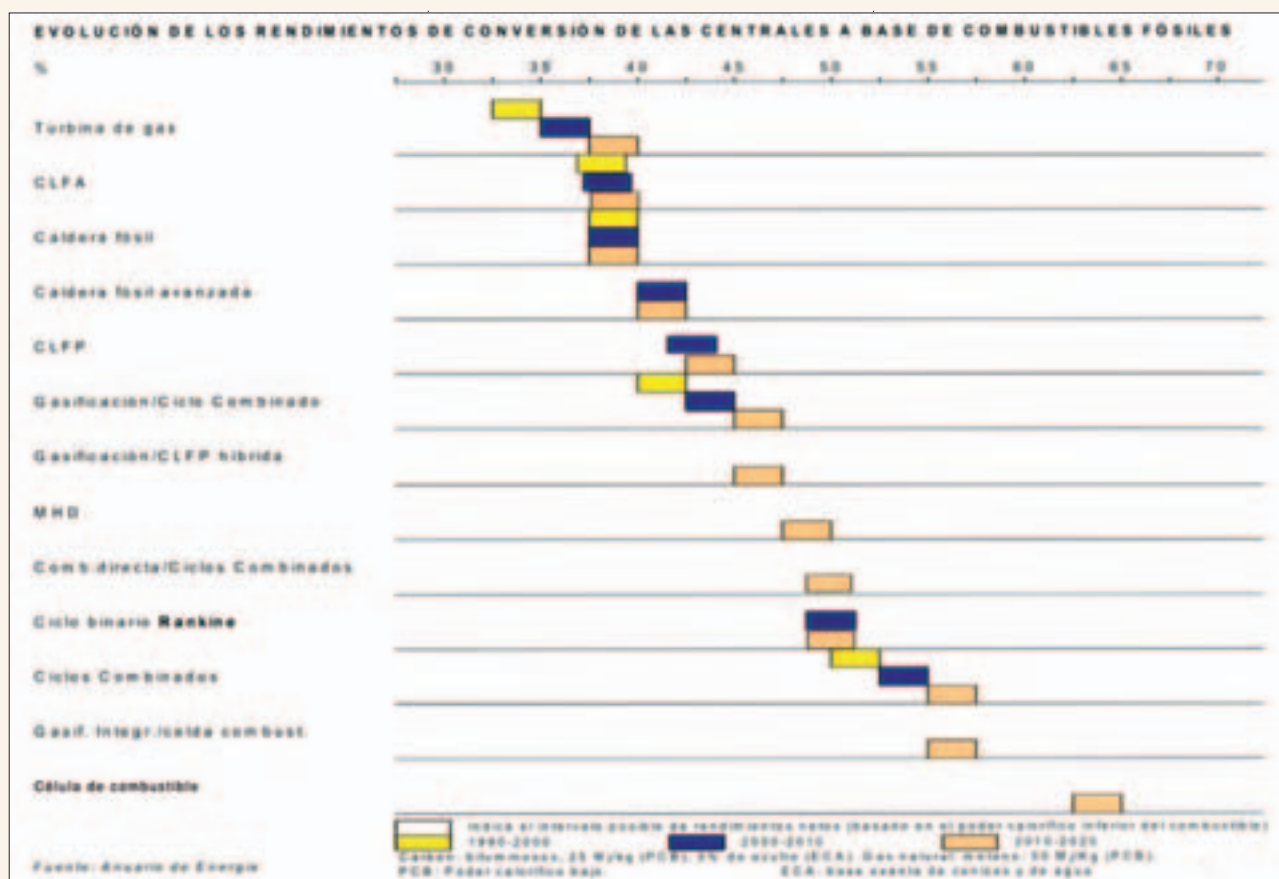
C. **El mundo en desarrollo**, cuyo objetivo es el acceso al suministro de recursos energéticos que posibilite su desarrollo o cuanto menos su supervivencia, en principio parece difícil en un futuro el acceso al recurso energético, pero más difícil es poseer la tecnología / medio ambiente apropiada. Todo ello lleva implícito un coste y, por tanto, una repercusión en sus costes de producción, es decir, un encarecimiento de su producción.

¿Qué parámetros energéticos debemos utilizar?

A. **El consumo per capita**, que es un índice cuantitativo de calidad de vida hasta el momento actual.

B. **Intensidad energética** que es un índice de eficiencia.

La tecnología energética debe ser objetivo estratégico de los países y de difícil liberalización ya que lleva consigo dos problemas: solucionar la situación actual y planificar el futuro, lo cual hace imprescindible la actuación



de la administración pública, la forma de medir esta eficacia es la relación entre I+D/PIB, en forma de recursos propios e importados y sus capacidades tecnológicas, las tendencias socio-medioambientales de los sociales y más aplicaciones tecnológicas identificados por las microempresas multinacionales diseñadoras de equipos/instalaciones/componentes.

En el orden tecnológico debemos distinguir entre macroenergías y minienergías. Las innovaciones tecnológicas energéticas actuales están más cerca de minienergías de aplicación directa y consumo inmediato (tal vez por disponer de un petróleo barato en general desde la II Guerra Mundial) ha existido cierta dejadez tecnológica, al mismo tiempo, es importante considerar la mayor diversidad e intensificación de producción industrial.

En general, podríamos considerar como objetivos tecnológicos:

1. Compatibilidad y eficacia técnico-medioambiental con rendimiento térmicos dinámicos a coste accesible para los combustibles sólidos.

2. Establecimiento de una normativa internacional de seguridad nucle-

ar e intensificación por medio del conocimiento y cultura energética de la generación nuclear.

3. Reducción a través del dimensionamiento potencial de las energías renovables sin descuidar la eficacia medioambiental lograda, de los costes directos e indirectos de generación.

4. Incremento de la eficacia energética.

TENDENCIAS

1. La sensibilización social a problemas medioambientales (calentamiento del planeta, lluvia ácida, deforestación, etc.) se ha generalizado en el mundo occidental e intenta transmitirlo a los países en desarrollo, la clase se centra en la disminución de emisiones de los derivados del azufre (ácido sulfúrico / oso, anhídrido sulfuroso / ico, ácido sulfhídrico, SO_x , etc.) del nitrógeno (ácido nítrico NO_x , etc.), del carbono (CO_x) todo ello en refinerías y centrales térmicas cuyo coste oscila 0,6 / 0,9 c€/ kWh producido; sería interesante la consideración industrial de todos los subproductos derivados de la depuración y la consi-

guiente utilización social de los mismos (cenizas, alquitranes, nitratos, sulfatos, fosfatos, etc.) con lo cual nos ahorramos costes de producción en otras zonas con sus consiguientes costes socio-medioambientales.

2. La generación térmica de origen nuclear en el mundo occidental se encuentra congelada debido a incertidumbres sociales y elevados costes de inversión y generación (costes de inversión 2,4 / 3,6 millones de euros.). Es de suma importancia el avance en resistencia de materiales para su posible aplicación en la fusión nuclear, quedan por resolver la garantía de gestión de los residuos nucleares. Sin embargo, actualmente tanto la Confederación de Estados Independientes (CEI) como China que disponen de recursos energéticos, están intensificando la producción eléctrica nuclear, posiblemente en un futuro se conviertan en los mayores exportadores mundiales de recursos energéticos CEI (gas y carbón), China (carbón) con el fin de compensar

TECNOLOGÍAS PARA LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD EN LAS PRÓXIMAS DÉCADAS

TECNOLOGÍAS A BASE DE COMBUSTIBLES FÓSILES	TECNOLOGÍAS A BASE DE COMBUSTIBLES DE ORIGEN NO FÓSIL	
	NO RENOVABLES	RENOVABLES
Turbina de Gas	Nuclear: - LWR convencional - LWR avanzado - FWR convencional - FWR avanzado - Reactor refrigerado rápido - Reactor refrigerado por gas - Reactores de pequeña y mediana potencia	hidroeléctricas: - Grandes - Pequeñas
Ciclo Combinado		geotérmicas: - Convencionales - Binarias - Geopresurizadas - Masa caliente seca - Magma
Cárdenas alimentadas por combustibles fósiles: - Convencionales - Avanzadas		Eólicas - Terrestres - Marinas
Combustión en lecho fluidizado: - A presión (CLFP) - Presión Atmosférica (CLFA)		Solar - Torre solar - Parabólico de un solo paso - Disco parabólico Stirling - Fotovoltaico a base de cristal - Fotovoltaico amorfo - Fotovoltaico de película delgada - Concentradores fotovoltaicos
Cárdenas de combustibles: - Gas Natural - Gasificación integrada		Biomasa: - Desechos de recolección - Cárdenas energéticas
Ciclo Avanzado: - Ciclo binario Rankine - Gasificación integrada a base de lecho fluidizado a presión - Magnetohidrodinámica		Residuos urbanos - Gas de vertedero - Combustión
Gasificación de carbón seco combinado		Mareomotriz
Ciclo combinado con combustión directa de carbón		Olas

LWR = reactor de agua ligera. FWR = reactor de agua pesada a presión

sobre todo con la Unión Europea (UE) su balanza de pagos comercial.

3. A partir de la primera crisis del petróleo, se generaliza la búsqueda diversificada de energías alternativas, teniendo estas energías su limitación en la discontinuidad de fluido y los costes de generación. En general, la minihidráulica, la biomasa, la termosolar de baja temperatura se sitúan hoy en día en el umbral de rentabilidad y se ven muy favorecidas en el momento de lograr la implantación de costes medioambientales en la comparación con las energías fósiles. Otras energías renovables (solar, termo-eléctrica, fotovoltaica, geotérmica, mareomotriz) presentan unos costes excesivos de implantación y sobre todo de dimensión industrial. Cabe la posibilidad de que el desarrollo tecnológico actual tenga un nivel de generación "suficiente" con los recursos fósiles y, por tanto, puede dedicar parte de sus fondos al desarrollo alternativo energético e incorporar en su entorno medioambiental el concepto de calidad de vida.

1thermia= 1 kWh= 0,6 c€ coste global

Las mayores innovaciones tecnológicas pueden venir de la Agroener-

gía si se logra imponer el principio de coste del recurso:

Los combustibles utilizados: la patata, el cardo, la remolacha, la vid, con los cuales obtener bio-alcoholes de alto poder calorífico y residuos fertilizantes y regenerativos de suelos, siendo clave este tipo de Agricultura para las zonas cerealistas, y barbecho, sustituyendo paulatinamente a las gasolinas en motores de Automoción (en principio, 25%) con lo cual podríamos obtener un *Petróleo de Castilla*.

Los bioaceites pueden ser igualmente considerados en la utilización con motores diésel.

4. Debemos establecer el principio: "*La energía no consumida es aquella que logra la máxima eficiencia medioambiental*". En los sistemas de generación fósil, se le ha de añadir la cogeneración energética que logra incrementar el rendimiento global termodinámico; se han de tener en cuenta el transporte y la distribución eléctrica cuyas pérdidas pueden llegar a sumar hasta el 10% (la tecnología punta actualmente es la superconductividad para la eficiencia en las redes de distribución). La mayor eficacia tecnológica nos viene del desarrollo del almacenamiento eléctrico

con sus distintas variantes tecnológicas que nos permiten alcanzar un uso más racional de la energía; así también la utilización de los biocombustibles procedentes de los Residuos Sólidos Urbanos y sus reciclajes de distintos materiales (papel, vidrio, metales, etc.) no olvidemos que el poder calorífico medio de los R.S.U. es de 2.500 / 3.500 kcal/kg y cada persona produce de 1 a 2 kg diarios, una ciudad de 1 millón de habitantes pueden disponer de una instalación de uso permanente y a plena carga, llegando a generar potencias del orden de 30 / 40 MW.

Después de los gráficos expuestos sobre la evolución de las tecnologías, hemos de insistir en volver a los niveles de inversión pública en I+D energética que existían en las décadas anteriores a 1985 en los diferentes países de la Unión Europea apuntando en la ejecución de prototipos industriales es decir aplicaciones generativas intensas como fase previa a la generación industrial energética, dados los altos costes de inversión que suponen las instalaciones energéticas y donde correr riesgos no calculados y medidos puede suponer graves quebrantos económicos a las empresas. ■