

## ENERGIAS LIBRES II

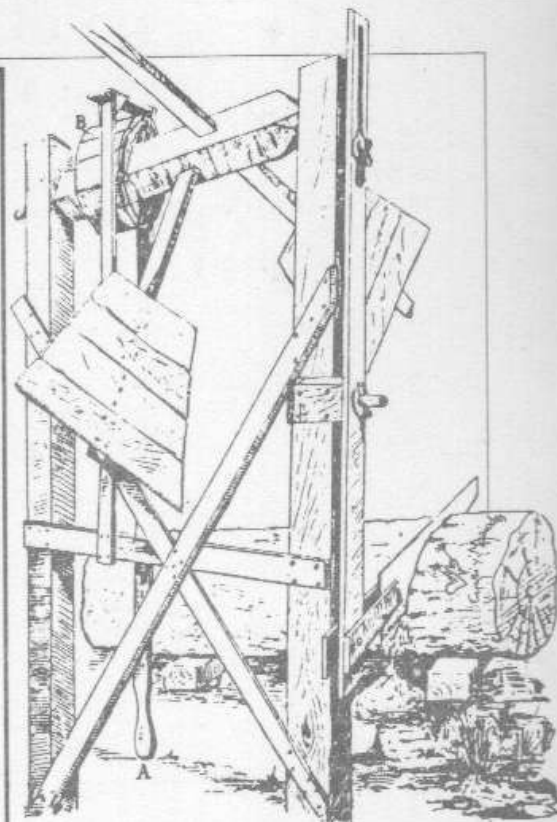


solar viento metano



# ECOTOPIA

- 4** La Batalla del Sol — Cipriano Marín.
- 7** Sobre el uso de la energía — J. M. Naredo.
- 9** Por qué un plan energético alternativo — Joaquín Corominas.
- 18** Nuclear y Solar — B. Commoner y E. Tuzzi.
- 22** ¿Qué energía para qué sociedad? — Michel Bosquet.
- 27** SOLAR.
- 38** Creced y multiplicaros — Pierre Samuel.
- 44** El Molino y la Central — Sergio Los.
- 47** EL VIENTO.
- 76** Redefinición del problema energético — A. Lovins.
- 80** El Uso de las fuentes de energía — Darío Paccino.
- 82** METANO.
- 110** Otra manera de usar el Carbón — José Luis Fandos.



EDITORIAL ECOTOPIA  
Apartado Correos 32151.  
Barcelona.

Coordinación:  
Cipriano Marín, Pep Pla

Redacción:  
Benjamín Zufiarrain

Compaginación:  
Pep Pla

Fotografía:  
Gol

SOL: Joaquín Corominas

VIENTO: Pep Puig

METANO: Xavier Sanz

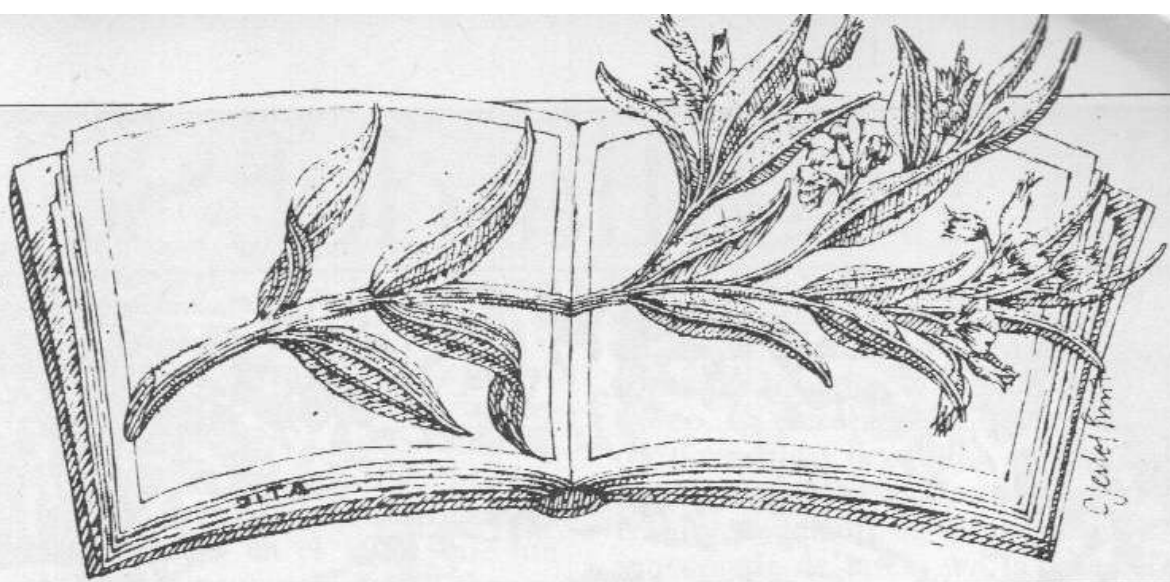
Han colaborado en este número:

Daniel Aixela, Ramón Aguirre, Carlos Ponce, Lila Pla, J. M. Naredo, B. Commoner y E. Tiezzi, Michel Bosquet, Pierre Samuel, Sergio Los, Pep Puig, Amory R. Lovins, Darío Paccino y José Luis Fandos.

Depósito Legal: Z.1.087-80

Imprime: Cometa, S. A. Zaragoza

ediciones  alternativas



Hace ya más de un año desapareció del panorama editorial la revista ALFALFA. El claro boicot de la empresa editora —Ajoblanco, S. A.— dio al traste con una publicación necesaria para el movimiento ecológico. La misma empresa editora ejerció sus derechos legales para quedarse con la cabecera «Alfalfa», no precisamente por proximidad a la ecología, sino por su comprabada tendencia a acaparar lo que pudiera tener algún valor monetario. De esta manera el grupo promotor y redactor de «Alfalfa» no pudo tener derecho al nombre que ellos habían trabajado.

Ahora, pasado un difícil plazo, el mismo núcleo fundador de «Alfalfa» sale adelante con otra publicación. La fuerza de las cosas obliga a un cambio de nombre. El paso del tiempo conduce a un cambio de enfoque. Surge así **Ecotopia**.

¿Qué ha pasado en este tiempo en la ecología española? Continúan existiendo movimientos específicos de lucha, principalmente antinucleares, si bien faltos de perspectivas globales y frecuentemente utilizados por organizaciones políticas tradicionales. Subsiste también una tendencia a la crítica y al debate teórico, aunque es frecuente su variante estéril, la simple curiosidad por un pensamiento de moda o un simple «estar al día» que convierten al pensamiento ecológico en una variante teórico-ideológica del post-marxismo.

Por lo demás, dejando de lado un seguro y próximo movimiento que intentará utilizar algunos temas característicos de la ecología como banderín de enganche para ver quién cae en sus redes, quedan algunas insignias antinucleares y la fastuosa propensión progre a confundir el culo con las témporas y poner un pequeño comercio con algo de ello. Mucho nos tememos que la idea que el españolito tiene de la ecología es un híbrido del yoga, la propensión animal al verde, una desconcertante ternura hacia las focas, buites y/ballenas y el lavarse el cabello con algún exótico champoo de hierbas. Y casi de todo ello ponen tiendas.

Según esto, ¿qué pretendemos nosotros?

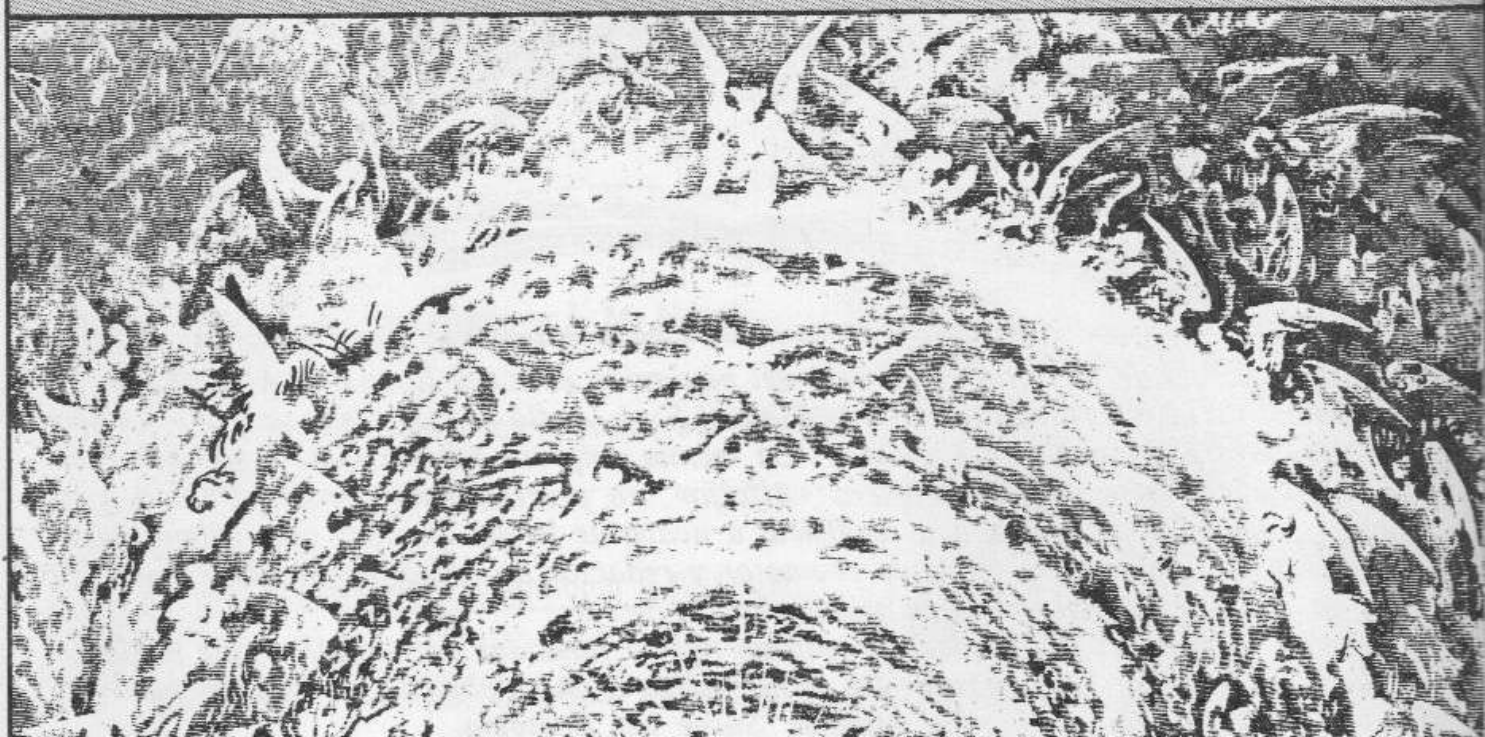
Sin en absoluto desechar la teoría ni la información de los sucesos que puedan ocurrir, intentaremos llevar a Ecotopia alimento informativo para una reflexión práctica, para, mediante el desarrollo de temas monográficos, aumentar las posibilidades de hecho de respuesta ecológica frente al poder energético y debatir las iniciativas autónomas frente a la producción organizada.

En ello estamos.





# la batalla del Sol



**E**n contra de lo que comunmente se piensa, el dilema energético no es algo nuevo. Quizás lo nuevo sea el empeño obsesivo de tecnócratas y dirigentes en hablar continuamente de crisis. Lo que ellos entienden por crisis energética habría que calificarlo, más bien, como la incapacidad crónica de diseñar las fuentes y el control de la energía sin crear nuevos e irreversibles problemas.

La crisis no existe. Sin embargo, existe un poder decidido a imponer la mercancía sobre todo aquello susceptible de ser consumido. El que ellos no hayan previsto que el mercado, el consumo y la naturaleza no estén envueltos por la misma ley del valor, no significa que atravesemos una crisis, sino que simplemente sufrimos las consecuencias de una deliberada irresponsabilidad. Una irresponsabilidad que fácilmente podrá ser catalogada en el futuro como genocidio.

En realidad, la historia del hombre ha sido en parte la historia de sus intentos por captar la energía. Desde el acceso a los alimentos, pasando por el control del viento, la hidráulica, la esclavitud, el carbón, el petróleo o la nuclear, el Poder siempre comprendió que para poder controlar a los hombres era necesario controlar su acceso a las fuentes de energía.

La única diferencia es que el despotismo energético se ejecuta hoy a través de nuevas y más sofisticadas tecnologías.

La manipulación y el control de la energía no ha dejado de crecer en intensidad a lo largo de la historia. A partir del petróleo culmina el intento de construir una estructura de dominio vertical sobre el acceso a las fuentes de energía. El vertiginoso éxito del petróleo sobre el carbón y el resto de las energías se produjo en nombre de una sola razón: era en aquel momento el instrumento óptimo que permitía la maximización del beneficio. La lógica del capital lograba reunir todos sus sueños en torno al petróleo. Los fabulosos beneficios y el dominio mundial de la energía pasaban a manos de unas pocas compañías: siete para ser más precisos, y prácticamente no ha cesado de construirse toda una cultura tecnológica e industrial con base en el petróleo.

El petróleo, al igual que se pretende con la nuclear, marca las necesidades de los hombres, y no al contrario. El transporte, la industria, la producción de bienes se adaptan sistemáticamente a las caprichosas variaciones y exigencias del mercado mundial de la energía. La energía dicta las normas del desarrollo y el subdesarrollo, abre nuevos campos de beneficios y en suma establece un modelo social de



consumo. La crisis del petróleo en el otoño del 73 puso de manifiesto hasta qué punto la inmensa maquinaria de las sociedades industrializadas se encontraba en manos de unas pocas decisiones.

¿Esto fue un descubrimiento, una sorpresa?

De ninguna manera, las previsiones y consecuencias de la crisis energética habían sido valoradas mucho tiempo atrás, más bien, planificadas. Con la misma precisión y desconcierto del personaje de Orwell en el 1984, que fue capaz de falsificar la propia historia, el gran consorcio militar-industrial había establecido muchos años antes cómo, cuándo y qué energías íbamos a consumir en el futuro. En 1948, los resultados de una curiosa reunión, organizada por el American Petroleum Institute, describían con asombrosa fidelidad todo el futuro energético, incluido eso que ahora llaman crisis. ¡Qué inteligencia la de aquellos John Wayne!

Precisamente por esa época entraba en escena un nuevo factor energético. En esa misma reunión se llegó a la conclusión de que la energía nuclear no era viable ni económica, ni tecnológicamente, salvo que los intereses militares la sacaran adelante. Y así mismo ocurrió, la nueva vía hacia el totalitarismo energético se inauguró bajo el beneplácito de la casta militar.

En realidad no era una reunión, era un pequeño juicio. Un juicio representativo, una muestra de la calidad social de un sistema que fue capaz de arrasar con la pequeña industria solar, con tres millones de aerogeneradores en los campos americanos, con trescientos mil en Europa y con el trabajo técnico acumulado por miles de autodidactas inventores autónomos. Este mismo poder que no entiende de lo pequeño, intenta hoy racionalizar su propia y gigantesca crisis.

## LA ENCRUCIJADA ENERGETICA

**L**as tecnologías energéticas nunca fueron elegidas por procedimientos razonables, con el fin de utilizar eficazmente una energía disponible. Los molinos fueron abolidos cuando los saltos de agua permitieron monopolizar de forma más eficaz el acceso a la energía mecánica. La máquina de vapor susti-

tuyó al salto en los telares con la finalidad de conseguir una producción más barata y eliminar a los tejedores libres.

El automóvil fue la primera máquina térmica de uso generalizado, sin embargo se convirtió en el instrumento idóneo para obligar a consumir un recurso ya monopolizado: el petróleo. La electricidad que en principio permitía diversificar la energía aumentando la autonomía hasta niveles desconocidos, se convierte hoy, mediante la electrificación abusiva e innecesaria de tareas, en la base del todo-eléctrico, la nueva ideología del sistema que respalda el todo-nuclear.

Como bien dice Michel Bosquet: "Todas estas tecnologías han sido concebidas en función de la necesidad que el capital tiene de dominar el trabajo (y el mercado) y no en función de la aspiración de los individuos a trabajar menos, a perseguir libremente sus propios fines y a definir por sí mismos lo que necesitan".

La lógica económica capitalista ha sido incapaz de razonar a largo plazo. Las tecnologías derivadas de esta concepción energética se han basado en la utilización exclusiva de las energías stock; o lo que es lo mismo, en el capital solar acumulado por la naturaleza a lo largo de los miles de años (petróleo, gas, carbón). Por contra se han abandonado las energías flujo (solar, viento, biomasa, hidráulica) que se basan en un capital lejano que por ahora pertenece a todos: el sol.

Aún así, aunque aparentemente se enfrentan dos opciones energéticas, el sol puede ser monopolizado. Con los medios actuales no sería muy difícil imaginarnos una sociedad tecnofascista en la que las llamadas energías blandas pueden llegar a jugar un importante papel. Aunque las técnicas solares, a diferencia de la nuclear, no impongan a priori la centralización y la dominación sobre las necesidades, tampoco garantizan por sí mismas el triunfo de la autonomía frente a la dominación tecnocrática.

El sol se encuentra en la encrucijada. El valor de la tecnología solar dependerá de la capacidad política para subvertir la actual organización tecno-industrial y convertirse en un útil capaz de ampliar la esfera de las producciones autónomas y aumentar el control de individuos y colectividades sobre sus propias necesidades.



# sobre el uso de la energía

J. M. NAREDO



**LA RECIENTE "CRISIS ENERGETICA" HA CONSTITUIDO UNA PRIMERA ADVERTENCIA SOBRE LOS LIMITES DE UN MODELO DE SOCIEDAD, QUE TOMA COMO INDICADOR DE "PROGRESO" EL CRECIMIENTO DE LA DEGRADACION DE ENERGIA NO RENOVABLE.**

**L**a degradación de energía que provocan los organismos vivos, sólo puede sostenerse de forma estable en la medida en que el planeta Tierra es un sistema termodinámico abierto y que la energía, que recibe del exterior, sirve para compensar la degradación originada. En consecuencia, para que se pueda sostener y enriquecer a largo plazo la vida en el planeta, la actividad humana debería basarse en el flujo de energía que se recibe del exterior, evitando, en la medida de lo posible, toda degradación de energía adicional, a la que se construya sobre ese flujo, que a efectos prácticos puede considerarse como inagotable.

Así es como ha actuado el sistema ecológico que dio lugar al enriquecimiento de la vida, producido a lo largo de la historia de nuestro planeta. La conversión orgánica de la energía solar en materia vegetal, evitando que se dispersara en forma de calor ambiental, ha constituido la pieza clave de este enriquecimiento. Gracias a ello podemos servirnos hoy de combustibles fósiles, que contienen parte de la energía librada de la degradación hace millones de años, así como de la madera de los árboles que almacenan la energía irradiada por el sol hace algún tiempo. Este proceso ha constituido la base de la vida en el planeta, no sólo porque aporta los nutrientes que necesita el mundo animal, sino porque de forma general permite el funcionamiento estable de los ecosistemas. En este aspecto cabe recordar que, gracias al oxígeno liberado por la foto-

síntesis de las plantas acuáticas, se formó la capa de ozono existente en los estratos más elevados de la atmósfera que impide el paso de radiaciones solares de onda corta, nocivas para la vida, lo que hizo posible que los organismos, que inicialmente se desarrollaron en los mares, pasaran a hacerlo en los continentes.

Para analizar en términos económicos las distintas posibilidades de convertir energía y adaptarla a las exigencias de los hombres, resulta imprescindible diferenciar entre las que se basan en el flujo de energía, que recibe diariamente la tierra del exterior y aquellas otras, basadas en stocks de materias ya existentes en el seno de la misma. Entre las primeras ha ocupado un lugar esencial el almacenamiento de la energía solar en materia vegetal a través de la fotosíntesis, pero hay que añadir las grandes posibilidades que hoy ofrece la conversión de este flujo inagotable de electricidad, calor o energía mecánica. Nos referimos a la utilización directa de la energía solar, para obtener calor o electricidad, a la captación de la energía del viento, de los saltos de agua —que incorporan la fuerza de la gravedad—, de las mareas —que incorporan la gravitación lunar—, del aprovechamiento de las diferencias entre la temperatura atmosférica y la de las profundidades de la tierra y de los mares, u otros tipos de energía denominadas "libres" en el sentido de que son abundantes, renovables y que dispersan continuamente energía, sea o no utilizada por el hombre.





Las otras formas de conversión de energía son las que se basan en la posibilidad de dispersar la energía, que se encuentra hoy concentrada en ciertas materias existentes en el planeta. En este grupo se incluyen tanto la energía nuclear, como la derivada de los combustibles fósiles. Estas, al revés de lo que ocurría con las energías "libres", contribuyen a degradar un stock de riquezas naturales e introducen modificaciones en el medio ambiente, que atentan contra la vida humana en particular y contra los procesos orgánicos que la mantienen en general.

El actual sistema industrial se ha basado fundamentalmente en la conversión de la energía contenida en los combustibles fósiles. La creencia de que el capitalismo industrial estaba basado en un mercado cuyo funcionamiento llevaba a una "buena asignación de los recursos" se encuentra en este caso refutada por los hechos. Pues se observa, que incluso razonando en simples términos de escasez, como suele hacer la actual ciencia económica, orientada por la brújula de la "producción" y del "valor", el sistema ha empujado hacia el abandono de una actividad económica tradicionalmente construida sobre una fuente de energía abundante y renovable (la energía solar y sus derivaciones), para sustituirla por otra basada en la conversión y degradación de unas reservas de combustibles fósiles, que contienen sólo una energía equivalente a quince días de radiación solar sobre el planeta (las reservas de petróleo y gas natural contienen sólo la energía equivalente a dos días de radiación solar). Así se va camino de degradar en unos pocos cientos de años la energía solar fósil almacenada en sedimentos que habían tardado en acumularse doscientos o trescientos millones de años, lo cual muestra el carácter necesariamente efímero en la historia de la humanidad de un "progreso" construido sobre unas bases tan endebles y sobre una ignorancia total de las relaciones entre el sistema económico y los procesos del mundo físico y orgánico en el que se desenvuelve. "Progreso", que quedaría empañado si se antepusiera a sus logros parciales la enorme degradación que muchas veces originaban y que recaerá sobre las futuras generaciones. La reciente "crisis energética" ha constituido una primera advertencia sobre los límites de un modelo de sociedad, que toma como indicador de "progreso" el crecimiento de la degradación de energía no



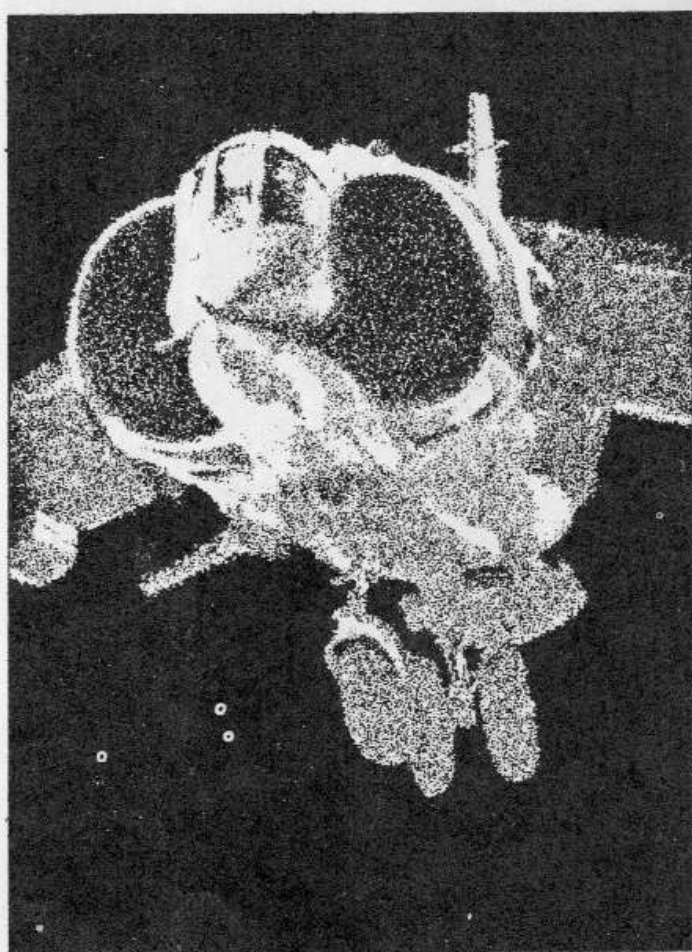
renovable.

Dos opciones se plantean hoy ante la crisis energética. La primera trataría de reorientar la actual tecnología para basar el sistema económico en la conversión de energías abundantes, renovables, no degradantes. Nosotros defendemos esta opción, seguros de que será la única que permitirá un progresivo enriquecimiento de la vida, aunque exija abandonar el antojadizo sueño de que el "consumo" de energía puede crecer indefinidamente a las tasas a las que lo hizo en los últimos tiempos. La otra, la que impone el actual sistema socio-económico, consiste en tratar de mantener esas tasas de crecimiento del "consumo" de energía, explotando aquellas fuentes que ofrecen a las empresas una mayor rentabilidad inmediata en pesetas constantes y sonantes, sin tener en cuenta la degradación ambiental originada y su incidencia a largo plazo sobre la salud humana. Hoy se ha avanzado bastante en el conocimiento de técnicas que permiten aprovechar la energía solar y sus derivados. Existen prototipos que, a base combinar placas solares con espejos, permiten una alta eficacia en la conversión de la energía solar en electricidad. Pero mientras existen soluciones técnicas que permitirían ampliar considerablemente el uso de las llamadas "energías libres", el Estado, servil a los intereses de las grandes empresas nacionales y extranjeras promociona la energía nuclear y mantiene viva la esperanza ilusoria de que la técnica del "reactor generador" o, más adelante de la fusión nuclear, pueda solucionar algún día el problema de la "escasez" de energía.

La opción nuclear, además de originar problemas de contaminación que puedan alterar el equilibrio genético de la especie humana, plantea también el problema de la escasez de minerales que faciliten átomos pesados fisioables (como el uranio y el torio), cuyas reservas podrían agotarse en algunos decenios, en caso de recurrir con intensidad a esta fuente de energía: con la tecnología actual sólo podrían facilitar una energía equivalente a la quinta parte de la contenida en las reservas de combustibles fósiles. Así, cuando la Atomic Energy Commission (AEC) de los Estados Unidos fue cediendo al capital privado entre 1953 y 1965, la comercialización de los reactores de "agua ligera" actualmente en construcción, ya se sabía que los recursos de ura-

nio de fácil extracción se agotarían antes de que finalizara el siglo actual, en el caso de que se hicieran realidad los programas previstos de construcción de esos reactores. Hecho que se ha confirmado en el reciente documento de la OCDE sobre las posibilidades de abastecer la demanda de combustibles nucleares. Por ello la AEC había concentrado su atención sobre un nuevo tipo de reactor mucho más complejo que obtenía a partir del uranio 238, plutonio 239 que podía ser fisionado de nuevo, a razón de unos tres átomos de plutonio por cada dos de combustible originario que eran fisionados y quemados. Este era el llamado "reactor generador".

Después de haber dedicado miles de millones de dólares a este proyecto, su realización ha sido objeto de continuos aplazamientos por motivos de seguridad y consideraciones relativas al medio ambiente. Pues la enorme peligrosidad que entraña este tipo de reactor hace que, aunque se disparen los costes de instalación, no se alcancen unas condiciones de seguridad mínimamente aceptables.





# porqué un plan energético alternativo



JÓAQUIM COROMINAS

**A** nadie divierte confeccionar a ratos libres Planes Energéticos Alternativos (PEA) a los ya propuestos por los respectivos gobiernos. Entonces, ¿porqué se han elaborado PEA? ¿Porqué no se elaboran alternativas en otras actividades o áreas? En realidad, se han elaborado ciertas alternativas a proyectos gubernamentales, pero quizá no se les dió el calificativo de Plan, para evitar cualquier parecido con las economías planificadas,

o por otras razones. Recientemente gran número de gobiernos de estados industrializados han elaborado su Plan Energético Nacional. Demasiada coincidencia.

Si los movimientos alternativos han elegido conscientemente el campo de la energía creo es porque la energía pone de manifiesto una serie de características problemáticas esenciales de los actuales estados tecnocráticos, como:



- las fuentes de energía no renovables —petróleo, carbón, gas, uranio— constituyen una fuente estratégica de poder económico y militar.
- la sustitución de la fuerza de trabajo humana por la energía modifica esencialmente las relaciones de producción: exigencias de los puestos de trabajo, nivel de salarios, estandarización, producción de grandes series, autonomía obrera
- la extracción, transformación, transporte y consumo de las distintas formas de la energía produce unos impactos ambientales, tanto a nivel local como mundial cuyas consecuencias pueden ser graves y notarse sólo al cabo de unos años.
- la estructura monopolística de las fuentes de energía sitúa a las empresas del sector a la cabeza de la clasificación de los beneficios, y las hace casi intocable por los gobiernos.
- a pesar de que las necesidades energéticas requeridas para mantener un nivel de confort equivalente al actual pueden cubrirse sin los perjuicios citados anteriormente, ni las empresas energéticas ni los gobiernos —ni otros que deberían mostrar más su sensibilidad por esos problemas sociales— han mostrado interés real en conseguirlo; más bien podría deducirse que se han opuesto.

Ante la complejidad de la problemática energética podríamos pensar que cualquier grupo que intentara elaborar un PEA debería contar con un gran número de personas con conocimientos sobre el tema y tiempo suficiente para su realización. Y hubiéramos acertado si en lugar de un PEA (Plan Energético Alternativo) se tratara de realizar un PEO (Plan Energético Óptimo). El gobierno del estado Español no habrá dedicado muchos recursos a elaborar su PEN, pues el método seguido para su elaboración, el (ex) ministro Alvarez Miranda (1) afirma:

“La práctica ha demostrado que las variaciones de la demanda de energía primaria se relacionan muy directamente con las correspondientes del Producto Nacional Bruto. Por este motivo, se ha adoptado el criterio de analizar la demanda futura de energía primaria teniendo en cuenta las probables variaciones de esta magnitud”. (pag. 64 del PEN)



Ante tanta simplicidad, cualquier elaboración más detallada y precisa debería ser ya aceptada como Alternativa, pero generalmente los poderes de decisión exigen mucho más a las Alternativas que a sus PG (Planes Gubernamentales). Así, antes de decidir adoptar la energía solar exigen 20 años de vida a las placas solares —que cuestan 10.000 pts/m<sup>2</sup>, y de las cuales existen prototipos desde el comienzo de este siglo—, pero el PEN se basa en Centrales Nucleares de unos 1.000 Mw que cuestan unos 130.000 millones de pts. cada una, la más antigua de las cuales (Zion I) se puso en marcha en diciembre de 1973 en los EE.UU.

Si no vamos a poder cambiar los PEN, entonces ¿porqué se pierde tiempo y energía elaborando PEA? Aunque esta pregunta debería ser contestada por quienes los hayan elaborado, me atrevería a presumir que, por una parte desean mostrar lo absurdo que son los PEN, y con ellos las fuerzas detrás de los mismos. Se trataría de un “caso”, o “ejemplo”. Por otra parte diría que tratan de dar elementos suficientes a diversos entes autonómicos —desde cortijos o masías, hasta nacionalidades, pasando por los municipios— para que vayan adecuándose, al nivel que deseen y puedan, a una situación energética mucho más racional, y por ello económica, política y ecológica mejor. Veamos algunos ejemplos:

- Bescanó (Girona), cuyo consistorio ha decidido eximir del impuesto de obras todas aquéllas que conlleven la utilización de la energía solar (¿porqué no incluir la eólica, la bioenergía, etc.?).
- California: algunos condados obligan que la energía para calentar agua sanitaria de las nuevas edificaciones sea de origen solar.
- Camprodón (Girona), cuya Cooperativa de Fluído Eléctrico —fundada en 1936, y con dos centrales hidráulicas y unos 2.000 abonados— está conectada a la red general de la compañía eléctrica privada de la zona, sin que ello represente inconveniente alguno para ésta



# el proyecto Alter

JOAQUIM COROMINAS

El proyecto ALTER fue elaborado en 1977 por el grupo de científicos franceses de Bellevue, compuesto por profesionales en temas energéticos. Su objetivo fue el de elaborar un esquema que, usando sólo fuentes de energía renovables y limpias —sol, viento, agua—, consiguiera a largo plazo —años 2000 a 2050— la misma cantidad de energía final útil que la consumida en Francia en 1975 (Fig. 1 y 2), aunque distribuída de distinta forma.

El análisis llevado a cabo por el grupo de Bellevue fue muy detallado, a pesar de que en el propio documento publicado se pone énfasis en la necesidad de un trabajo posterior de detalle. El denso documento de 64 páginas (2) anuncia otro que expondrá un escenario de transición desde la actual situación a la propuesta.

FRANCIA		
	Alter	1975
Residencial	43,5	36,8
Terciario	14,5	21,4
Transportes	4,3	4,0
Agricultura	6,7	8,5
Siderurgia	31,0	29,3
Industria		
Total	100	100

Tabla 1. Consumos finales (Francia)

Los ejes de base del proyecto los constituyen la reducción progresiva del consumo entre 1975 y el año 2000, y el paso gradual del uso de combustibles fósiles a un régimen estable de auto-subsistencia energética basado exclusivamente en energías renovables. La opción no nuclear la adoptaron por las dificultades técnicas y políticas de la misma,

y también por la falta de un consenso de la población respecto a la vía nuclear.

La Tabla 1 muestra el porcentaje de energía útil consumida por los distintos sectores en 1975, y el propuesto por el proyecto ALTER. Es de destacar que el consumo residencial-terciario aumenta en este proyecto, lo que significa un mayor confort, mientras se reduce la proporción destinada al transporte. En la Tabla 2 se detalla la proporción de energía producida por los distintos medios, y ello para cada tipo de energía útil. La Tabla 3 presenta la proporción aportada por cada uno de los medios de producción, agrupados de distinta forma que en la Tabla 2.

Un factor importante ligado con todo medio de generación de cualquier tipo de energía es la superficie requerida por las propias centrales,

## ENERGIA TERMICA

	Calor a Temperatura			Combustibles			Total Termica	Electric.	Total
	Baja	Media	Alta	Solid.	Liq.	Gas			
Recuperación residuos domésticos y forestales	0,13	0,13	—	2,6	—	—	2,86	—	2,86
Complejos agro-energ.	0,32	—	—	14,2	9,6	1,8	25,92	—	25,9
Electricidad solar	1,6	—	—	—	—	8,0	9,6	8,4	18
Hidráulica, eólica	—	—	—	—	—	—	—	22,0	22
Térmica solar	25,5	4,0	2,1	—	—	—	31,65	—0,77	31,6
Centrales termoeléctr.	0,32	—	—	—3,2	—	—1,16	—4,36	4,5	—
Carbón, cock	0,07	0,07	—	—0,07	—	0,38	—0,25	—	—
Industrias del gas	—	—	—	—	—	0,95	0,95	—3,5	—
Total 100									

Tabla 2. PRODUCCION PROPUESTA, VECTOR ENERGIA (ALTER)



	Total energía producida
Residuos (T baja y media)	0,3
Solar (T baja)	28,3
Solar (T media)	4,0
Solar (T alta)	2,1
Residuos sólidos	2,6
Sólidos de biomasa	14,1
Líquidos de biomasa	9,6
Gases de biomasa (metano)	1,8
Hidrógeno electrolítico	8,0
Hidráulica y Maremotriz	17,6
Eólica	4,3
Solar directa	8,3
Total energía primaria	100,0 %

Tabla 3. Distribución de la energía primaria (Alter)

y también por las minas y plantas de transformación (refinerías, licuefacción y gasificación, almacenaje), es decir, de todo el ciclo energético. El proyecto ALTER evaluó la superficie necesaria para cada uno de los medios de producción de energía (Tabla 4), lo que calla el PEN español, excepto para la energía solar que sin embargo no llega a considerarla.

La Tabla 5 nos indica la aportación en electricidad producida por la energía hidráulica y eólica, en ella aparece para cada medio de producción la potencia instalada, el promedio de horas de funcionamiento a plena potencia, la energía producida, y finalmente la superficie ocupada.

La Tabla 6 expone la energía eléctrica obtenida a partir del sol, utilizada ya directamente, o habiendo efectuado la descomposición electrolítica del agua para poder usar el hidrógeno como combustible gaseoso, parte del cual puede generar electricidad.

La tabla detalla para cada medio de generación, la potencia instalada (electricidad directa, hidrógeno y total expresada en GW y en MTEP/año), la energía media obtenida al año en forma de electricidad y de hidrógeno, y finalmente las superficies requeridas para la generación.

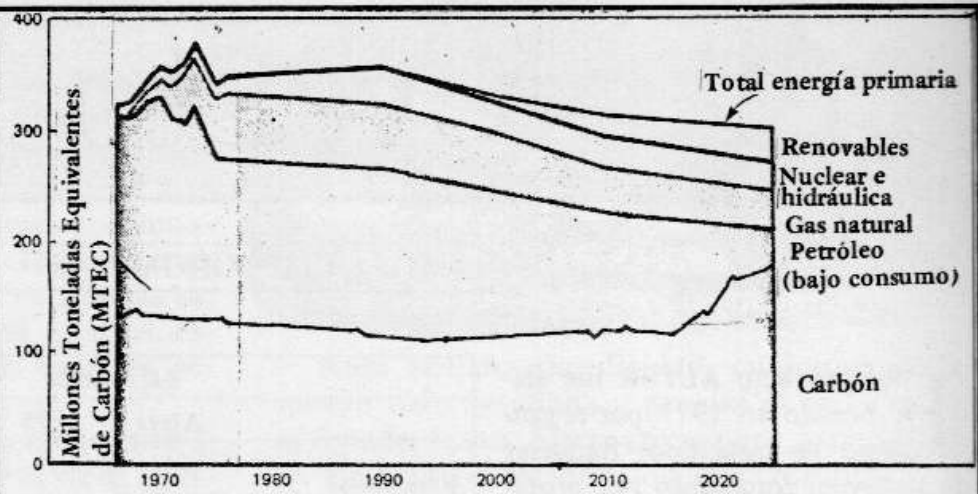


Fig. 3 Estimaciones respecto a la energía primaria en Gran Bretaña.

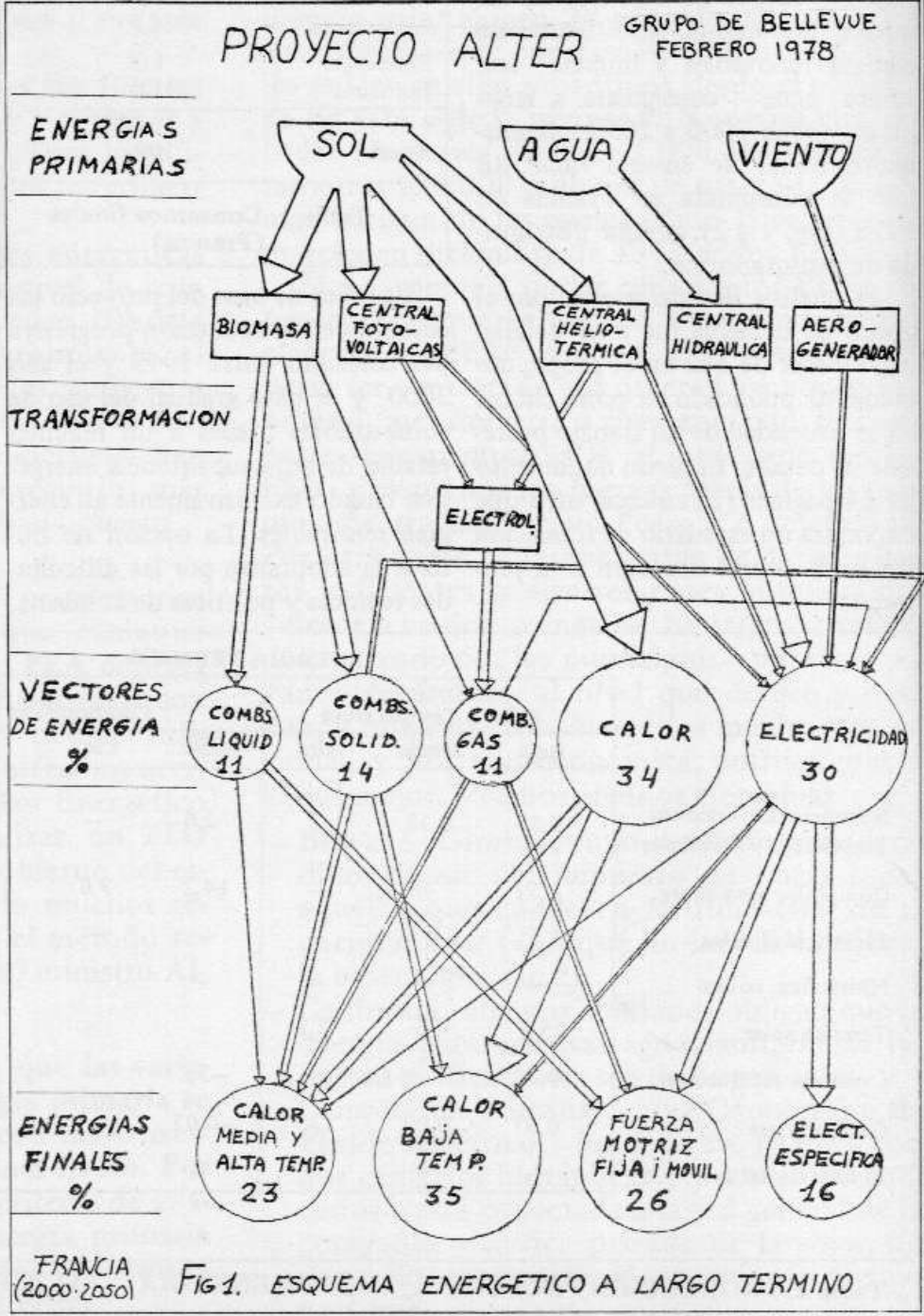


Fig. 1. ESQUEMA ENERGETICO A LARGO TERMINO



## UNA ESTRATEGIA DE BAJA ENERGIA PARA EL REINO UNIDO

El instituto internacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo preparó en 1977 una estrategia realista para reducir el consumo de energía primaria.

El estudio contempla el periodo de 1977 al 2025, y hace dos hipótesis, una de bajo consumo y la otra de alto consumo. El resultado de su estudio da las previsiones de la fig.3 para las fuentes de energía primaria utilizada en Inglaterra hasta el año 2025. La reducción porcentual y global de energía primaria prevista es la dada en la tabla 7.

Para conseguir las reducciones previstas proponen una serie de acciones para el ahorro de energía:

- En la industria estiman que la cantidad de energía consumida por cada libra producida disminuirá entre un 23 por ciento y un 45 por ciento, según el sector industrial. En el sector doméstico la reducción se consigue aislando mejor las edificaciones, mejorando el rendimiento energético de los electrodomésticos, e introduciendo bombas de calor.
- El ahorro en el sector comercial y en las instalaciones (escuelas, hospitales, oficinas, etc.) llegaría

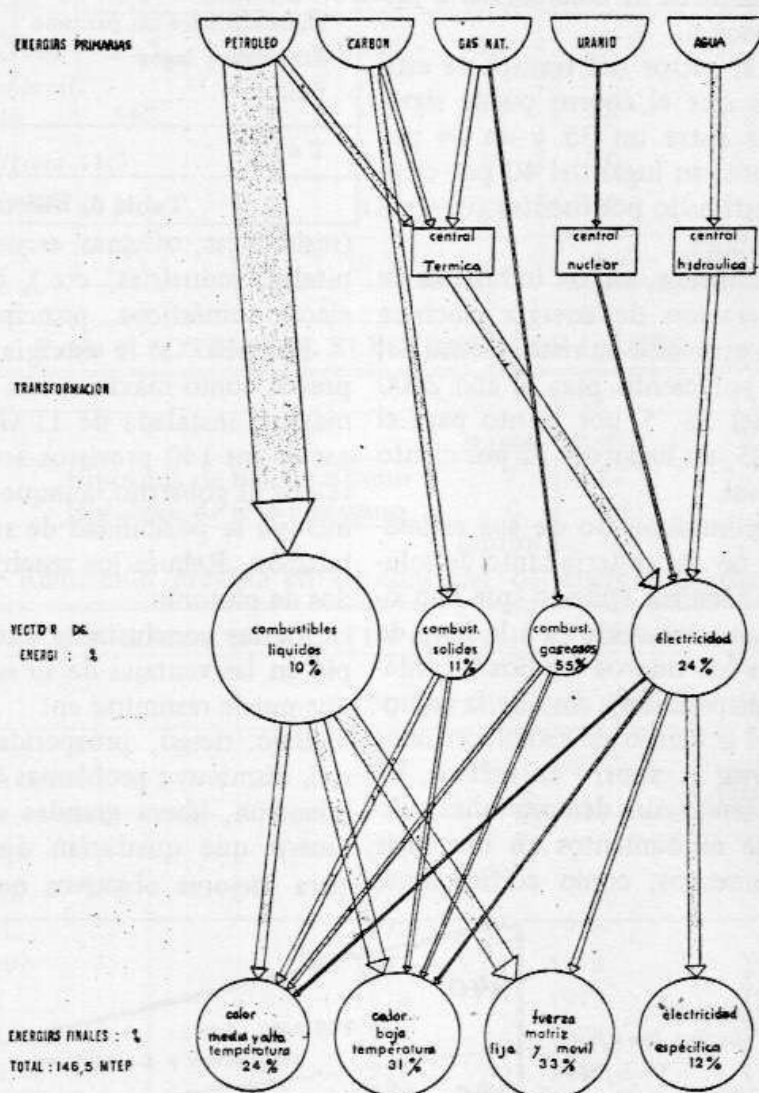


Fig. 2. Esquema energético de Francia en 1975.

COMBUSTIBLES											
SOLIDOS				LIQUIDOS			GASES (Metano)			TOTAL	
	Tep/Ha. año	MTEP	MHa.	Tep/Ha. año	MTEP	MHa.	Tep/Ha. año	MTEP	MHa.	MTEP.	MHa.
Plantaciones Energéticas	4,0	11,6	2,9	3,2	6,7	2,1	—	—	—	18,3	5,0
Cultivos Energéticos	6,2	7,4	1,2	4,7	6,0	1,3	—	—	—	13,4	2,5
Residuos forestales y agrícolas	0,7	3,1	4,1	0,55	2,2	4,0	0,25	2,8	11,0	8,1	19,5
TOTAL	—	22,1	8,6	—	14,9	7,4	—	2,8	11,0	39,8	27,0

Tabla 4. REPARTICION CALCULADA PARA TIERRAS DESTINADAS A FINES ENERGETICOS (27 MHa = 270.000 Km<sup>2</sup> = 49 por ciento de Francia)



a ser del 30 al 50 por ciento y se conseguiría con mejores sistemas de control de calefacción e iluminación.

— En el sector del transporte estiman que el ahorro puede significar entre un 26 y un 34 por ciento, en lugar del 40 por ciento estimado por fuentes gubernamentales.

— Finalmente, en las industrias de generación de energía eléctrica han estimado un rendimiento del 34 por ciento para el año 2000 y del 35, 5 por ciento para el 2025, en lugar del 32 por ciento actual.

El cumplimiento de sus estimaciones no dependería tanto de soluciones técnicas (puesto que han sido muy conservadores a la hora de evaluar los nuevos medios tecnológicos disponibles), sino de la voluntad del gobierno de establecer unos objetivos de ahorro energético, introduciendo sin demora unas normas de rendimientos en una serie de elementos, como edificaciones

	GW instaladas	Horas/año	Mtep/Año	Superficie ocup. Km <sup>2</sup>
Maremotriz	6,0	5.700	7,5	apr. 0
Hidroeléctrica sin pantano	11,5	4.900	12,5	500
Embalses y lagos	15,0	1900-2800	7,5	500
Eólica	15,0	2.000	6,7	400
<b>Total</b>	<b>47,5</b>	<b>—</b>	<b>34,2</b>	<b>1,400</b>

Tabla 5. Electricidad Hidráulica y eólica (ALTER)

(residencias, oficinas, escuelas, hospitales, industrias, etc.), coches y electrodomésticos principalmente.

Respecto a la energía nuclear prevee como máximo una potencia máxima instalada de 11 GW en lugar de los 140 previstos actualmente por el gobierno, aunque también incluye la posibilidad de su no instalación. Rehúsa los reactores rápidos de plutonio.

En las conclusiones hace hincapié en las ventajas de su estrategia, que puede resumirse en:

Bajo riesgo, prosperidad material, disminuye problemas de contaminación, libera grandes sumas de dinero que quedarían disponibles para mejores objetivos que los de

generar energía, crearía una diversidad de nuevos puestos de trabajo en numerosas fábricas y talleres a lo largo de todo el país.

Reproducimos el final de las conclusiones porque lo creemos importante:

*“El mayor peligro es que podamos llegar a ser condescendientes. El demostrar la factibilidad y la deseabilidad de un camino de acción no es suficiente. El futuro que hemos bosquejado no se ejecutará por sí solo, sino que exige acciones concretas y políticas imaginativas.*

*La cuestión está en si existe la voluntad política para recoger los beneficios y oportunidades que hemos expuesto”.*

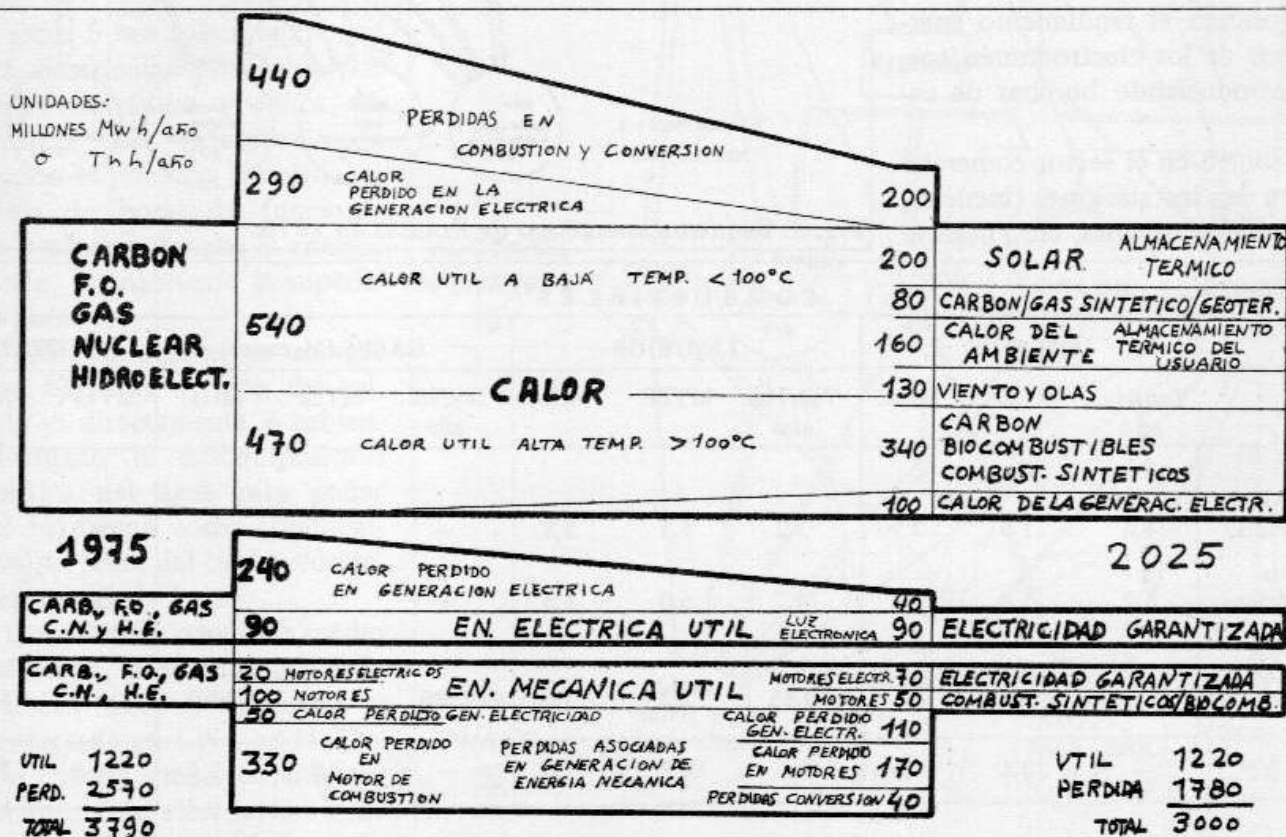


Fig 4. Proyecto del National Centre for Alternative Technology para Gran Bretaña



## Otros proyectos

El Centro Nacional para una Tecnología Alternativa de Gales elaboró en 1977 una estrategia energética alternativa para el Reino Unido, en la que preveía para el año 2025 el consumo de la misma cantidad de energía útil que la utilizada en 1975, y ello sin recurrir a la energía nuclear, ni al petróleo (fig 4).

El esquema presentado por A.B. Lovins en 1977 para los EEUU prevee para el año 2025 una reducción del consumo de energía primaria y su obtención a partir únicamente de Tecnologías Dulces (fig. 5). Para ello serían precisas las siguientes acciones:

1. Aumentar el bajo rendimiento actual de aprovechamiento de la energía primaria.
2. Introducir la cogeneración de energía (calor más electricidad), y descentralizar la generación de electricidad para reducir el capital necesario.
3. Eliminar las tarifas reducidas para los que consumen más energía, implantando tarifas únicas.
4. Introducir cambios estructurales y de escala de valores en el trabajo, el ocio, la agricultura, industria, etc.
5. Usar tecnologías dulces, como la solar, conversión de residuos urbanos y forestales, hidráulica y eólica.

## El caso de España

El PEN consolidó el intento de nuclearizar España, o mejor dicho, ciertas áreas puesto que por ejemplo Madrid y Barcelona se quedan sin su nuclear mientras Extremadura logra dos y Tarragona siete, a pesar de que redujo anteriores previsiones respecto al total de centrales a instalar (5). Las fechas de puesta en marcha propuestas significan un retraso respecto a anteriores planificaciones y, a pesar de ello, dejan de cumplirse, como

	Capacidad de prod. eléctrica instalada		Utilización				
			Potencia (Gw)		Energía (Mtep/año)		Sup
	Gw	Mtep/año	Elect.	Hidrog.	Elect.	Hidrog.	Km <sup>2</sup>
Central de Torre	13,7	6,1	11,3	2,4	5,0	0,3	300
Central Concentr. Distribuidos	44,5	19,8	4,9	39,6	2,2	4,8	1100
Foto- sin/conc.	11,3	5,0	11,3	—	5,0	—	200
volt. con/ conc.	63,9	28,4	1,8	62,1	0,8	7,4	2800
TOTAL	133,4	59,3	29,3	104,1	13,0	12,5	4400

Tabla 6. POTENCIAL ELECTROSOLAR (ALTER)

	Años	
	2.000	2.025
Hipotesis de bajo consumo	7	22
Hipótesis de alto consumo	0	8

(aprox.)

Tabla 7. Reducción prevista en el consumo de energía primaria

Tabla 9. CENTRALES TERMICAS DE CARBON PREVISTAS (Península)			
AÑO ENTRADA SERVICIO SEGUNDA			
	1975	PEN	Rev. Energía (Abril 1980)
Puentes I	1975	—	
II	1976	—	
III	1977	1978	
IV	1977	1978	1979
Teruel I	1978	1979	1979
II	1978	1979	1979
III	1979	1980	1980
Utrillas (Ampl.)	1980	Estudio	
Alcudia IV	1978	—	
Sabon III	1979	—	
La Robla II	1979	Estudio	1984
Puente Nuevo	1979	1981	1980
Lada IV	1979	1980	1980
Meirama	—	1980	1980
Carbón II	—	1981	
Compostilla IV	—	1983	1982
V	—	1984	
Narcea III	—	1984	1983
Carbón I	—	1985	
Guardo	—	1986	
Foix	—	—	1979
Anllares	—	—	1984
Soto de Ribera	—	—	1984
Guardo II	—	—	1984
Abajo II	—	—	1984
Los Barrios	—	—	1984
Carboneras	—	—	1984



Almaraz 1 y 2, Lemoniz 1, Asco 1 (Tabla 8). Las razones de retrasos de tal magnitud y coste financiero se deben a las enormes dificultades técnicas y de seguridad, que lógicamente cuesta mucho más resolver en este país que en los exportadores industriales. Ante estas dificultades, aumentadas por el "efecto Harrisburg", moratoria indefinida de nuevas licencias en los EEUU, etc. la nueva política se orienta a comprar la nueva oferta americana de centrales de carbón. (Tabla 9).

Respecto a la energía hidráulica el PEN dice:

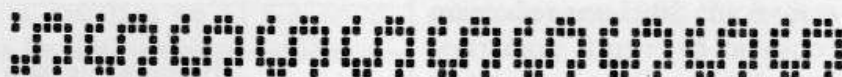
*"Los aprovechamientos hidráulicos de posible realización futura no constituyen respuesta suficiente ni adecuada a la demanda de energía eléctrica como parte de la generación masiva sin modulación. Su aplicación se orienta, pues, a funciones cada vez más específicas de regulación y reserva, de forma que la capacidad de almacenamiento que constituyen los embalses repercute en la mejor utilización del conjunto del sistema con una función más necesaria que la mera sustitución de combustibles... Conjuntamente con las centrales hidráulicas convencionales se han programado aprovechamientos de bombeo puro como complemento de las grandes unidades productoras térmicas de base... (párrafo 4, pag. 68)"*

Ahora bien, si según el Forum Atómico Español (6), el Kwh hidroeléctrico es mucho más caro que el Kwh de una central nuclear, ¿cómo es posible que resulte rentable construir pantanos que cumplen únicamente una función de bombeo puro para que puedan seguir funcionando las centrales nucleares en las horas de baja demanda?

Curiosamente el PEN cita costes del Kwh para las centrales nucleares, de fuel y de carbón, pero silencia el de las hidráulicas.

	Potencia MW	Horas utilizac.	Producción		% En. Prim.
			Gwh	Mtec	
Térmicas de Fuel-oil ...	8.000	2.300	18.400	6,5	4,6
Térmicas de gas natural	1.550	6.000	9.300	3,3	2,3
Térmicas de carbón ...	10.100		56.500	20,8	14,9
— Hulla y antracita ...	6.400	5.500	35.200	13,0	9,3
— Lignito negro .....	1.800	5.500	9.900	3,6	2,6
— Lignito pardo .....	1.900	6.000	11.400	4,2	3,0
Hidroelectricidad .....	25.400	2.500	63.250	22,3	15,9
TOTALES .....	45.050		147.450	52,9	37,8

Tabla 10. Previsiones de producción eléctrica para 1987 (AEPDEN)



		Núm.	Potencia prevista estim.(mw)	Estimación energía/año media (gwh)	Horas/año funcionam. medio
Presas actuales sin Central Eléctrica	Central proyect. (7)	259	15.660	39.012	2.543
	Con y sin proyecto (8)	366	—	—	—
	Central proyectada (estim. pesim.)	259	15.660	19.450	1.240
Pequeñas Centrales cerradas	Algunas de las potencia > 1Mw (7)	623	112	252	2.250
	Sólo potencias < 1 Mw (8)	487	100	—	—

Tabla 11. Potencial Hidroeléctrico no utilizado en España

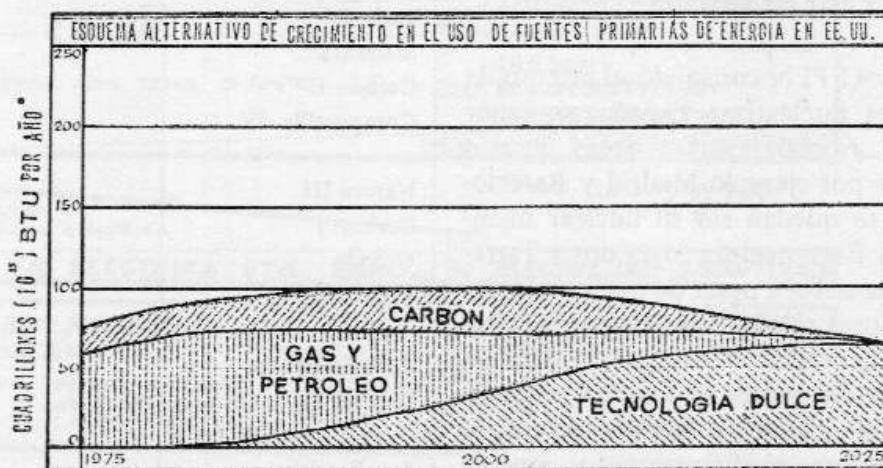


Fig. 5. Propuesta para los EE.UU (A. Lovins)



	Potencia instalada, Mw	Energía media/año Gwh	Horas/año funcionamiento
Acción concertada 1975-1985	11.018	16.432	1.490
Previstas PEN 1978-1987	5.700	8.000	1.403
Potencial adicional explotable (UNESA)	23.532	29.219	1.240

**Tabla 12.** Contraste entre distintos planes y estimaciones del potencial hidroeléctrico en España

Existen algunos trabajos de crítica a la no utilización del potencial hidráulico explotable económicamente (7 a 10), y que resumimos en las tablas 10, 11 y 12.

*Declaraciones de F. Perez Cerda, director General de CAMPSA:*

Para valorar su importancia, veamos primero cuáles son estas disponibilidades. Para ello, tomaremos las estimaciones dadas por UNESA, por considerar que resumen y cuantifican el conocimiento y la información sobre esta cuestión de todas las empresas eléctricas productoras del país.

Pues bien, según UNESA, el potencial hidroeléctrico técnicamente utilizable en el conjunto de las cuencas peninsulares alcanza la cifra de 29.219 Gwh con una potencia instalada de 23.532 MW.

Ahora bien, frente a este planteamiento, que justificaría en mi opinión, que estuviéramos asistiendo a la realización de un programa de construcción de centrales hidroeléctricas, el hecho innegable es que este plan no existe y que la potencia a poner en red en los próximos años es mínima. En efecto, según estimación de UNESA, el número de centrales cuya entrada en servicio está prevista en el período 78-81 es de trece y la potencia total

en construcción de 694 MW, de la que, si deducimos la correspondiente a centrales de bombeo, queda en 230 MW, es decir, al 1 por ciento de la instalable. No es por ello exagerado afirmar que prácticamente no se está haciendo nada en esta parcela de la producción eléctrica y, además, que la acción concertada promovida en 1975 y a la que se acogieron una relación de centrales amplia, por un total de 11.018 MW, no ha tenido, por ahora, ningún efecto notable.

Siguiendo el hilo de estas reflexiones sobre la energía hidroeléctrica en nuestro país, es obligado que nos preguntemos ahora por las causas de este abandono, tanto más injustificado por cuanto, aún reduciendo prudentemente las cifras dadas por UNESA, la utilización de los recursos hidroeléctricos potenciales podrían contribuir significativamente a nuestro abastecimiento autónomo de energía.

Y creo que una de las características señaladas anteriormente como ventaja lleva consigo una dificultad e inconveniente grandes. Me refiero a la dispersión de instalaciones. Ventajas en cuanto a la explotación, pero inconvenientes durante la construcción.

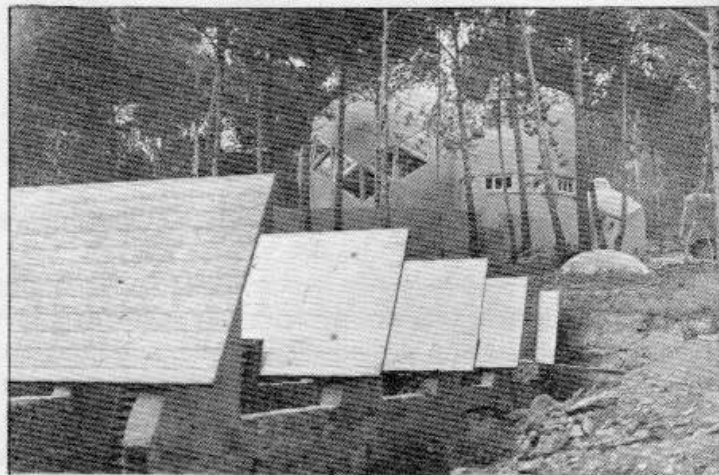
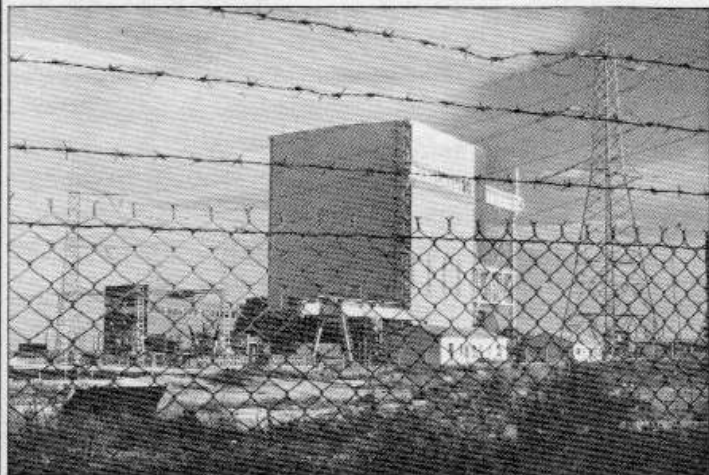
Fácilmente se comprende la diferencia existente entre construir una central de 1.000 MW que, a título meramente comparativo, sería su

equivalente poco más o menos, en cuanto a producción de energía y a niveles de potencias hidráulicas del tipo medio a construir. Los imprevistos durante la construcción, la pérdida de eficiencia por la dispersión de esfuerzos, las dificultades de organización y, sobre todo, los inconvenientes en la obtención de autorizaciones administrativas y problemas derivados de la adquisición de terrenos y servidumbre, crean una barrera ante la que, hasta las empresas mejor dotadas y organizadas, se desalientan.

1. Alvarez Miranda, A. *Política Energética e Industrial*, Presentación del PEN, Comisión de Industria de las Cortes, Madrid 1976.
2. Groupe de Bellvue, *Projet ALTER*, Francia 1978.
3. Leach, G, et al., *A Low Energy Strategy for the United Kingdom*, The International Institute for Environment and Development, Science Reviews Ltd., Londres 1979.
4. Lovins, A.B., *La Alternativa Energética*, Miraguano Ediciones 1979.
5. Ministerio de Industria y Energía, *Plan Energético Nacional 1978-1987*, Madrid, 1978.
6. Forum Atómico Español, *Efectos directos de una moratoria nuclear en España*, Madrid 1979.
7. AEPDEN/Amigos de la Tierra, *Modelo Energético de Tránsito*, Miraguano Ediciones, Madrid 1979.
8. Cuadernos de Ruedo Ibérico, monografía *Energía, Política, Información*, nº 63/66, mayo-diciembre 1979.
9. I.C.A.I., *Anales de Mecánica y electricidad, Análisis Energético Nacional*, monografía, Madrid 1978.
10. Alfalfa Extra *Energía*, V. Fisas.
11. Pérez Cerdá, F. Nievas: *Perspectivas Hidroeléctricas en España*, Simposi Internacional sobre fonts d'energia i desenvolupament Banco Occidental, Banco Urquijo, Barcelona, octubre 1977.

# nuclear y solar

B. COMMONER y E. TIEZZI



- Qué se entiende por renovación del combustible y madurez de la tecnología.
- La clave para un análisis económico de la energía es una lectura correcta del plan Carter.

La causa principal de la crisis energética mundial está en la dependencia de fuentes de energía no renovables. La única solución a largo término está en pasar de las fuentes no renovables a las renovables.

Además del concepto de renovabilidad del combustible se deberá tener presente otro criterio esencial para una opción energética correcta que será el de la madurez de la tecnología elegida, entendiendo por madurez la tecnología cuyo coste sea constante o en disminución.

En la práctica las únicas dos opciones posibles como fuentes de energía renovables son la opción solar y la nuclear, con empleo de reactores autofertilizantes.

Una confrontación nuclear-solar necesaria para escoger en el futuro, debe ser hecha no como mera contraposición "entre sol benigno y energía nuclear maligna" (1) sino sobre la base de un análisis económico y ambiental tras el correspondiente análisis político. Un punto debe ser aclarado desde el principio, antes de adentrarse en tal análisis y es el de que una de las dos opciones excluye la otra y esto porque:

- a) cada una de las dos opciones presupone dos diferentes modelos de desarrollo de la sociedad.
- b) El capital a invertir es elevado y no sería posible el desarrollo de ambos ni siquiera por los USA. (2)
- c) Ambas opciones presuponen un gran esfuerzo de investigación científica a financiar en una u otra dirección.

La clave para el análisis económico está en una lectura correcta del plan Carter y de sus repercusiones.

El plan Carter es una orden a largo término a la energía a la energía nuclear basada en reactores autofertilizantes, sector en el que los USA no son competitivos, por lo que por un lado se toman el tiempo suficiente y por otro desarrollan investigaciones alternativas (reactores al torio).

Tabla 1. Inversión alternativa de 100 millones de dólares en la producción de energía.

Tipo de instalación	Número de unidades	Total anual de energía (Quad*)
Central nuclear	83	4,0
Central de carbón	167	6,1
Calefacción solar	32.500.000	3,2
Sistema combinado solar-eléctrico MIT	43.800.000	9,2

1 Quad =  $1 \times 10^{15}$  B.T.U.



Ya desde hoy, el plan Carter se revela irreversiblemente como una neta imposición de la opción nuclear pues:

- a) Se bloquea la energía solar en el único mercado en que es competitiva hoy, el de la calefacción.
- b) Se concentra el sistema energético bajo el control de las multinacionales en pocas, enormes y costosas unidades. Prevee la construcción de 70 nuevas centrales de 1000 MW (con las debidas proporciones el plan de Donat-Cattin es hasta más ambicioso y peligroso) en los próximos 8 años y la dependencia prácticamente total de las centrales nucleares para la electricidad a finales

**Tabla 2. Renta de capital para las fuentes alternativas de energía.**

Fuentes de energía	Capital total (B.T.U. por año y dólar de capital invertido)
Extracción de crudo	
1974 (real)	16.800.000
1988 (previsto)	4.480.000
Extracción de carbón	2.000.000
Producción de bituminosas	420.000
Combustible sintético	254.000
Gas de Carbón	160.000
Electricidad del carbón \$ 800 Kw	28.683
Electricidad de centrales nucleares	22.423

de siglo. Dado que el uranio se iría acabando y su precio subiría por las nubes la opción necesaria, sería la de añadir reactores autofertilizantes al sistema para salvarlo.

- c) Se hace la elección del desarrollo industrial con alta concentración de capital y energía y con bajísima oferta de puestos de trabajo. Por otro lado, las CN actualmente proyectadas no son económicamente válidas,
- 1) por el aumento del precio del combustible; se prevee (3) en 20 años la duplicación del precio del uranio, en contraposición el precio del combustible solar es constante y nulo.
- 2) por el aumento del coste de la tecnología, corrigiendo el índice para excluir la influencia de la inflación, el coste de una CN ha pasado de un índice 100 en 1970 a uno de 260 en 1975, mientras que el de una central de carbón ha pasado, en el mismo perí-

odo de 100 a 170 y para una central convencional de petróleo la variación ha sido de 100 a 110. (4)

En lo que se refiere a la producción de energía eléctrica a partir de energía solar no existen todavía datos seguros (también es incierto el coste relativo de las CN, Taylor da índices de coste para el Kwh variables de 18,7 a 63,9) pero se puede afirmar con seguridad que:

- a) si se empleara dinero en la investigación tecnológica de la energía solar se rebajaría mucho el coste de las centrales solares (CS).
- b) el coste de las CN está en constante aumento, mientras que el de las CS es constante o incluso disminuye. Si aceptamos los datos que dicen que actualmente el coste de las CS es más alto, se puede sin duda decir que las curvas de costes se cruzan en un breve lapso de tiempo hacia 1985. (Un síntoma indicativo a nivel de pequeñas potencias está en las células fotovoltaicas cuyo coste ha disminuído en un 26 por ciento (5) en 1976 y han sufrido continuas y drásticas reducciones en los últimos 10 años). Todo esto sin contar el altísimo precio de los riesgos conectados a la opción nuclear, sea en términos de costes efectivos para protegernos de los diversos peligros de todo tipo (robos, incendios, transporte de combustible, etc...) sea en términos de costes pegados por la perturbación del ambiente y de las economías locales. Este es uno de los puntos fundamentales que determina la inmadurez de la tecnología nuclear y a medida que la investigación sobre riesgos y controles avanza, se multiplican los costes relativos de protección.

En cambio, por lo que respecta a la E. Solar y su uso para calefacción, existe una tecnología ya bastante **madura**: para Westinghouse Electric Co. el coste de una instalación solar, del tipo unidad familiar residencial era de 4.220 dólares en 1975 y será de 290 dólares en 1985. De todos modos tomando un índice base constante de 380 para el coste de la calefacción por energía solar se observa que este índice será igualado por los índices relativos a la calefacción por electricidad o gasoil (hoy en torno al valor 270 en 1979-80) y que subirán a 600 en 1985 y a 900 en el 1990.

Para darnos cuenta del rendimiento en energía, puede ser útil tomar en considera-

ción una eventual inversión de 100.000 millones de dólares en el período 1980-90 en USA (6) y comparar las diversas alternativas. Ver tabla 1.

Hay que subrayar que la inversión en 44 millones de instalaciones de calefacción solar daría trabajo a cerca de un millón de trabajadores y que dado el coste razonablemente bajo de cada unidad, todo esto podría ser realizado sin la intervención de las usuales multinacionales.

Otro punto fundamental a tener presente es el rendimiento económico del capital, o sea la eficiencia con que el capital invertido (expresado en unidades energéticas BTU producidas anualmente por dólar invertido) rinde en energía.

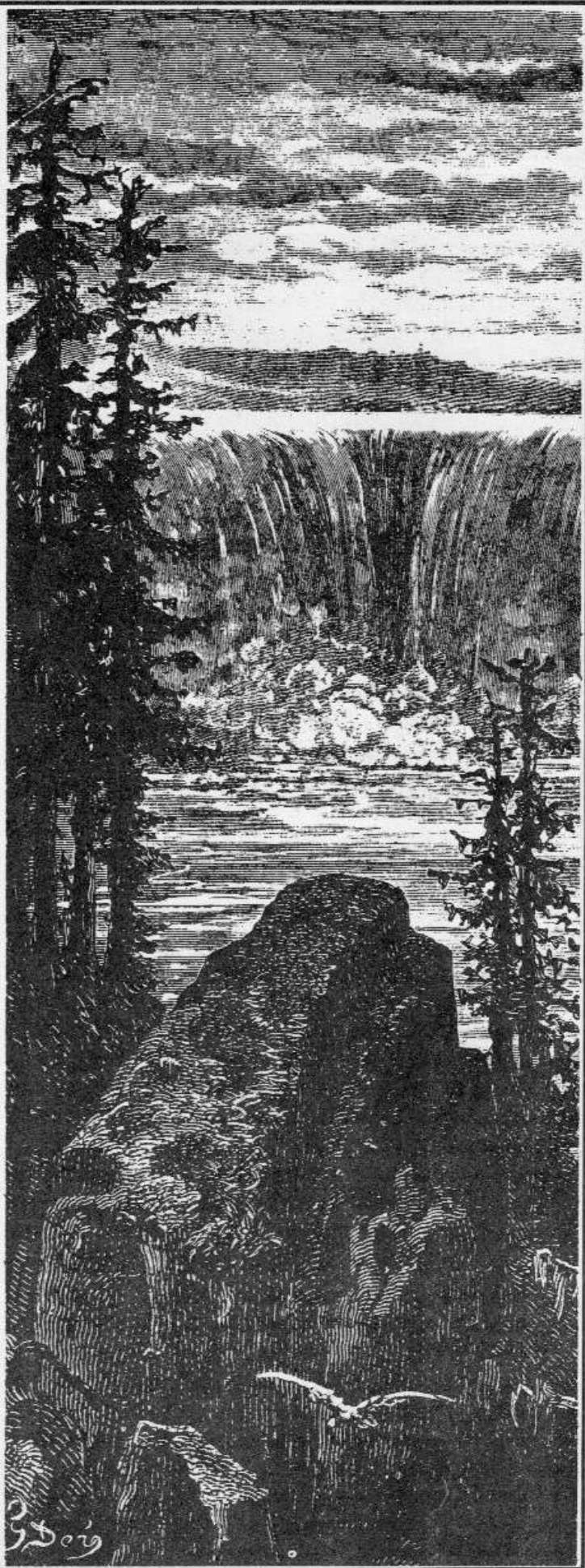
La tabla 2 muestra la contraposición para fuentes energéticas alternativas resultando claro que la electricidad producida por las CN tiene el índice más bajo.

La tabla 3 muestra un cuadro resumen de todas las principales tecnologías energéticas en términos de disponibilidad, renovabilidad y madurez e indica además una serie de previsiones futuras.

La introducción en los procesos productivos de tecnologías que consumen mayores cantidades de energía (sustitución de productos naturales por productos sintéticos) conduce a una agresión más grave del ambiente, (alta concentración de energía = alta nocividad).

La comparación nuclear-solar no puede ser hecha, por lo tanto, sin tener en cuenta el impacto sobre el ambiente y los efectos sobre el territorio, el análisis se vuelve así interdisciplinar, en sus diversos aspectos biológico, ecológico, urbanístico, social,...

Resulta claro que la energía solar no es contaminante, de la misma forma que la energía nuclear sí lo es. Sin considerar, además, el riesgo representado por el hecho que, una proliferación de reactores autofertilizantes implica una proliferación de bombas nucleares (clandestinas o no). Un puñado de plutonio robado (7) puede ser transformado en una bomba de potencia aterradora por una persona en grado de utilizar material accesible en una ferretería o en una tienda de elementos de laboratorio.





De aquí la necesaria militarización de las CN y el control policial sobre ellas y su gestión. Hay que subrayar además la dependencia prácticamente total de los USA o de todos modos del London Club of Nuclear Supplies. La ES va en cambio, en la dirección opuesta:

**Tabla 3.** Características económicas de las principales tecnologías energéticas.

Tecnología	Disponibilidad	Madurez	Fechas posibles en las que la tecnología puede contribuir a estabilizar el precio de la energía
reactores nucleares actuales	en disminución	inmadura	nunca
Combustión de petróleo y gas natural	en disminución	madura	nunca
Bituminosas	en disminución	inmadura	nunca
Carbón			
— combustión directa	en disminución	madura	ahora, pero no a largo plazo
— conversión	progresiva		incierto, pero no a largo plazo
Fusión	inagotable	inmadura	a partir del año 2050
Reactores autofertilizantes	inagotable	inmadura	para el año 2040
Tecnología solar térmica directa (calef. y refrig.)	inagotable	madura	ahora y a largo plazo
Energía eólica	inagotable	madura	1980
Producción de energía eléctrica fotovoltaica	inagotable	no totalmente madura	1990
Conversión eléctrica de la energía térmica solar	inagotable	no totalmente madura (madura para centrales del orden de 1 Mw)	1990
Conversión eléctrica de la energía térmica de las mareas	inagotable	no totalmente madura	1985
Conversión de la biomasa	inagotable	madura	ahora y a largo plazo
Tecnología solar global	inagotable	madura y rápidamente madurable	aproximadamente para 1990

pequeñas instalaciones descentralizadas, controladas por los mismos usuarios (a nivel regional o municipal) y la posible completa independencia en el sector.

Consecuentemente, la forzada centralización de las CN repercute sobre el desarrollo económico con las implicaciones políticas subsiguientes. La concentración de inversiones significa drenaje de capitales dedicados a otras inversiones y obstaculiza la producción. Niega el desarrollo de la agricultura, de la artesanía, de la pequeña industria, de los transportes, de la construcción popular. No es pues extraño que el plan Carter prevea un incremento de energía del 74 por ciento en la gran industria, del 15 por ciento para viviendas y comercio y sólo del 11 por ciento para transportes.

Ahora bien, las dos consecuencias más importantes y negativas de la opción nuclear a corto y largo plazo son las siguientes:

- la política energética que depende de fuentes no renovables y/o de tecnologías no maduras, lleva desastrosamente a la inflación.
- la concentración intensiva de energía y capital lleva al aumento de la desocupación.

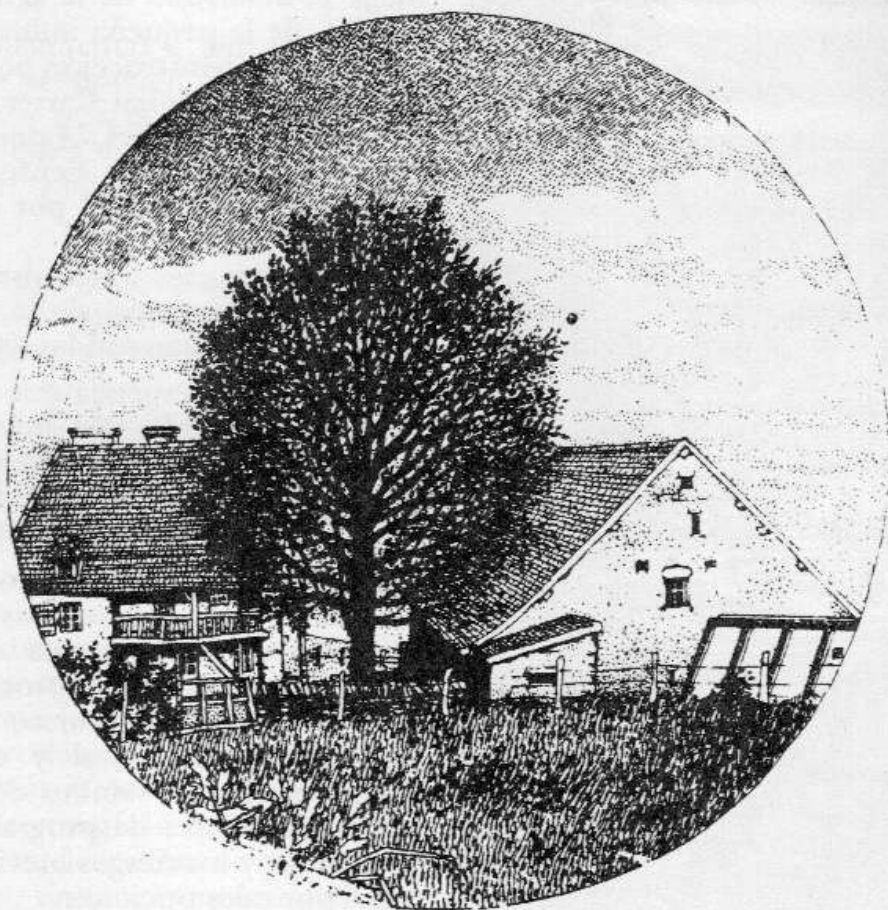
En efecto, con tal modelo de desarrollo vienen claramente favorecidos dos sectores industriales que ofrecen una baja disponibilidad de puestos de trabajo; proceso caracterizado por el derroche de recursos y el desequilibrio territorial y ambiental y como siempre se quiere escoger el camino de hacer pagar a la gente los errores de programación técnica y económica y los riesgos inevitablemente implicados por tales opciones.

## Notas

- Zorzoli, G. B. en "Sapere" nº 788. Enero 1976.
- Commoner, E. en "The Washington Post", 27 de mayo de 1977.
- Edison Electric Institute, Nuclear Fuels Supply, New York 1976.
- Bupp, I. C., Trends in Light Water Reactor Capital Costs in USA, Cambridge: Center for Policy Alternatives at the MIT, 1974.
- "The Energy Daily", 16 de setiembre 1976.
- Commoner, B., Debate with Hanse Bethe, "Cornel Review", 1977.
- Commoner B., en "Sapere", nº 788, enero 1976.

# qué energía para qué sociedad?

Por Michel BOSQUET



**L**a energía está por todos lados a nuestro alrededor. El sol nos envía 10.000 veces más energía de lo que la humanidad puede utilizar. Nos hace llegar en 40 minutos el consumo de un año entero. En sólo un día y medio, nos regala el equivalente a toda la energía fósil que la humanidad ha consumido hasta ahora. Todos los yacimientos conocidos y probables no contienen más energía que la que el sol nos cede en dos semanas. Aún así, sólo estamos contando la parte que recibe la tierra firme, descontando la que calienta los océanos. El sol aún brillará dentro de cinco mil millones de años. No hay, pues, más porvenir que el solar.

Abundante, rigurosamente no polucionable y absolutamente fiable, la energía solar presenta sin embargo tres inconvenientes: es muy "diluida"; es intermitente; está sometida a las variaciones estacionales. Por lo tanto, sólo es utilizable si se la sabe concentrar, acumular y almacenar.

¿Es esto difícil? Se nos quiere convencer de ello. No cesan de prometernos energía solar para dentro de un siglo. Se nos explica que aún se necesitan "largas investigaciones"; se citan precios de venta asombrosos —precios de prototipos— para poder demostrar que su costo es inalcanzable. Los partidarios de las grandes centrales nucleares, con sus millones de



hectáreas cubiertas por corredores de líneas eléctricas, nos explican muy serios que *"los paneles solares son incómodos y antiestéticos"* (1). Calculan que, en el mejor de los casos, el sol podría proveer del 2 al 3 por ciento de nuestro consumo energético hacia finales de siglo y que "en 1980, 10.000 o 12.000 alojamientos podrían utilizar energía solar para la calefacción o el agua caliente doméstica".

Sin embargo, existen actualmente 200.000 placas solares en Israel y dos millones en Japón. Este año, California (21 millones de habitantes) contará con 170.000 casas solares (2). La ERDA (Agencia para la Investigación y el Desarrollo de la Energía en los EE.UU.) prevee que hacia finales de siglo entre el 20 y el 30 por ciento de la energía americana provendrá del sol. ¿Porqué del 2 al 3 por ciento solamente? \*

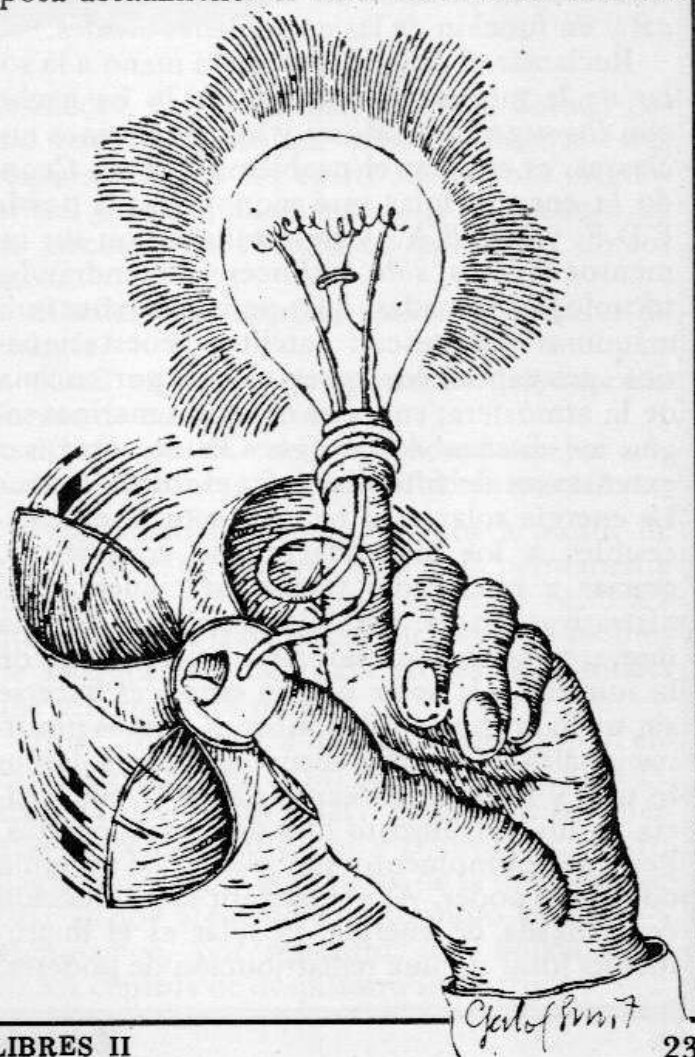
Los obstáculos para el despegue de la energía solar no son científicos, ni siquiera técnicos. No se necesitan esfuerzos espectaculares por parte de la investigación "oficial" para que la energía solar pueda emplearse en calefacción. En este terreno, los trabajos más prometedores son a menudo realizados por pequeños equipos. Las realizaciones más avanzadas y prometedoras surgen con frecuencia de pequeños laboratorios que, además, a veces pertenecen a los grandes grupos. Aplicaciones inmediatamente utilizables, como los captadores solares, son lanzadas al mercado en los Estados Unidos por pequeños fabricantes y a precios con frecuencia más bajos que los de las grandes firmas. Dicho de otra manera: técnica y económicamente, la "explosión" solar no es para el mañana; es para hoy. Los obstáculos que se le oponen son por lo general de orden institucional y político.

La iniciativa local y el espíritu de empresa han sido ahogados con bastante frecuencia por la preponderancia secular del poder central. No es propio de la tradición francesa el buscar soluciones locales a problemas locales ni el responder por iniciativas autónomas, individuales o colectivas a las situaciones de crisis. Por el contrario, está muy en la línea de la tradición el buscar soluciones centrales a todos los problemas, y no resolver más que aquellos que pueden serlo de forma centralizada, bajo la responsabilidad del Estado.

Por lo tanto, la energía solar no se presta aún a la concentración.

Por lo menos harán falta veinte años para que las técnicas solares pesadas permitan al Estado y a los grandes trusts de la energía el monopolizar la producción de energía solar de la misma manera que actualmente monopolizan la producción de energía hidráulica y los combustibles. Mientras tanto, la energía solar les interesa muy poco: ya que las técnicas solares, de las que actualmente se puede sacar partido, están al alcance de todo el mundo, tanto de particulares como de las colectividades locales; de pequeñas y grandes poblaciones; al alcance de cualquier pequeña empresa. Las instalaciones solares posibles en la actualidad no permiten, pasado un tamaño relativamente modesto, las economías de escala: a menudo las instalaciones pequeñas y medianas suministran una energía mucho más barata que las grandes. Los gigantescos trusts de la construcción o de la metalurgia no lo harían mejor y a precios más bajos que una mediana empresa.

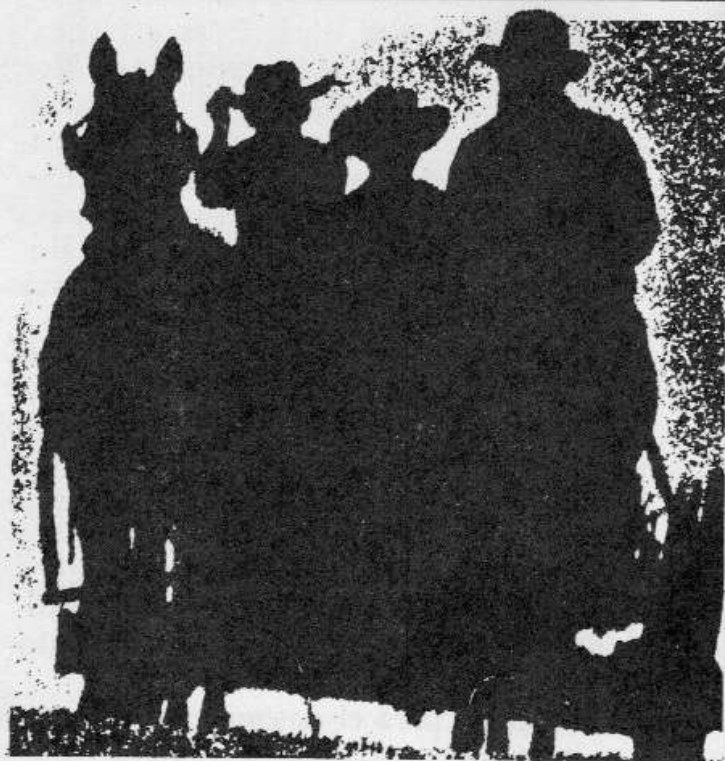
Es, pues, sobre los pequeños equipos y sobre la mediana y pequeña empresa, donde reposa actualmente el éxito de la solar: sobre el



pequeño gabinete de estudios, sobre la cooperativa artesanal u obrera, sobre el equipo de ingenieros que puede abrir un taller de algunas decenas de trabajadores, lo que no excluye en ningún caso la producción en serie. Sin embargo, más que la energía solar en sí misma, es la fabricación de materiales lo que no puede ser monopolizado en el estadio actual: no requiere la utilización de gigantescos materiales; no requiere grandes concentraciones de capital ni grandes laboratorios de ensayo e investigación; ni siquiera de grandes organizaciones tecno-burocráticas.

Por todas estas razones, el éxito de la energía solar será más rápido cuantas menos barreras sociales y culturales existan entre el científico y el técnico, el ingeniero y el artesano, el inventor y el fabricante; allí donde, como en los Estados Unidos, es a la vez normal y posible establecerse como empresario cuando se sale de una universidad, con o sin diploma, donde se tengan simplemente ideas prácticas y buenos conocimientos. El éxito de la solar depende antes que nada de una política que favorezca la creación de empresas a escala local y en función de las necesidades locales.

Reclamar al Estado que meta mano a la solar de la misma manera que ya lo ha hecho con los supergeneradores y los submarinos nucleares, es enfocar el problema al revés. Cuando la energía solar esté monopolizada por la E.D.F. y la C.E.A., y desarrollada con sus inmensos medios, sólo entonces se retendrán las tecnologías pesadas que permitan construir máquinas gigantescas: satélites geoestacionarios que capten los rayos solares por encima de la atmósfera; enormes centrales marinas según los diseños de Georges Claude; inmensas extensiones de fotopilas bajo el sol africano... La energía solar y su técnica, actualmente accesibles a los autodidactas, se convertirán, gracias a intrincadas reglamentaciones administrativas en el dominio reservado de una nueva casta de profesionales. La transición de la nuclear a la solar podría entonces hacerse sin un salto brusco: los mismos grupos multinacionales y la misma tecnología controlarían lo uno y lo otro. La energía solar se convertiría en un instrumento más de los tecnócratas. Pero por el momento aún puede ser un arma contra su poder. Al no permitir la producción centralizada de energía, la solar es el instrumento ideal de una redistribución de poderes;



llega a hacer posible que se produzca aquello que se consume, y que se consuma lo que se produce, a escala de una región e incluso de cualquier población.

Marc Bloch cuenta que en el siglo XVII, miles de molinos de viento fueron destruidos por los grandes hacendados: estos molinos daban a los campesinos la posibilidad de moler su propio grano, lo cual hacía extremadamente difíciles los controles. En su lugar, estos hacendados crearon molinos de agua; de esta forma, la energía del viento había sido accesible a todo el mundo y en su lugar se emplearon los saltos de agua que podían ser monopolizados por unos pocos. Para dominar a los hombres es necesario controlar su acceso a la energía; es necesario impedirles que la produzcan y obligarles a comprarla.

La energía solar es el molino de viento de este fin de siglo. Aún queda tiempo para impedir que la historia se repita.

(1) J.F. Pintat, Avis sur le projet de loi des Fiances pour 1978. Sénat n° 20/22 Noviembre 1977.

(2) Estimación de la California Energy Commission, New York Herald Tribune, 1 nov. 1977.

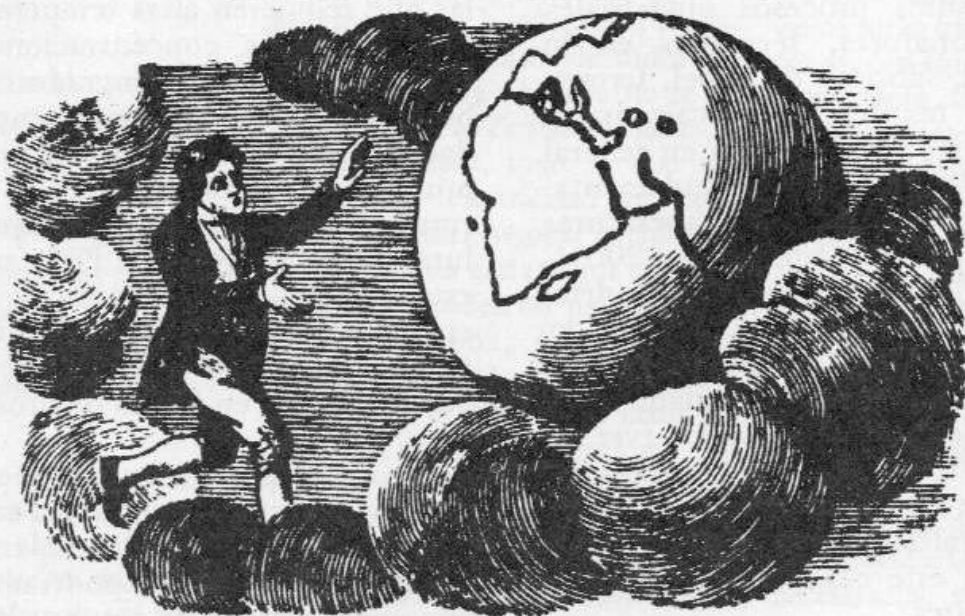
(\*) Nota del Trad. Es exactamente el porcentaje que recoge el Plan Energético Nacional, el Estado Español también extrapola al boleó.

(\*\*) E.D.F. (Electricité de France) y C.E.A. (Commissariat à l'énergie atomique) equivalen en el Estado Español a la UNESA y a la J.E.N. (Junta de Energía Nuclear) respectivamente.



# qué energías necesitamos?

CIPRIANO MARIN



**E**l ciudadano se encuentra desconcertado ante la crisis energética. Bajo el prisma oficial, esta crisis adopta la forma de un montón de cifras incomprensibles o mágicas. El Estado que hasta ahora se ha limitado a alimentar la ilusión del consumo ilimitado de los combustibles fósiles y a mantener el inmenso negocio del compadreo eléctrico, traduce a su manera la palabrería tecnocrática: hay que aumentar continuamente los precios, ya que los recursos escasean.

Con el fin de justificar esta política se elaboran Planes Energéticos, se crean ministerios y burocracias inútiles que entorpecen progresivamente la posibilidad de hallar una salida racional al dilema energético.

Ninguno de estos planes enfrenta el problema con un mínimo de sensatez. Antes de afirmar que irreversiblemente necesitamos más energía, haría falta saber exactamente en que se emplea; antes de embarcarnos por la cara en la aventura nuclear o en la rentabilísima industria del petróleo (75 mil millones de pesetas prevee invertir el Estado en el sector en 1980) valdría la pena preguntarnos si son éstas energías las que se adaptan a nuestras ne-

cesidades. Curiosamente, tanto el Estado como los trusts ocultan deliberadamente estas respuestas. Aún no existe ni un solo estudio oficial que mínimamente haga un balance de las necesidades energéticas partiendo de los usos.

¿Cuáles son nuestras reales necesidades de energía?

¿Cuál es el uso que pretende darse a cada fuente de energía?

¿Qué tipo de energía se adapta mejor a la hora de satisfacer una necesidad concreta?

Precisamente cuando estamos a punto de elegir entre un futuro solar o la permanente inseguridad del poderío nuclear, resultará inevitable que toda discusión sobre las fuentes de energía esté centrada en los usos finales que pretendemos darles.

Contrariamente a lo que se piensa y se encarga de difundir la propaganda oficial, la estrategia del "todo solar" basada en las energías y tecnologías libres y renovables, podría llegar a satisfacer gran parte de la demanda actual si nos atenemos al consumo presente y eliminamos, por supuesto, una buena parte de los centros de despilfarro industrial.

Cerca del 80 por ciento de nuestras necesidades de energía lo son en forma de calor. Sin embargo, las temperaturas necesarias pueden variar entre los 20° y los 4.000° C. Veamos a grandes rasgos y con respecto a este criterio, cómo podrían ser cubiertas estas necesidades de calor y con qué tecnologías.

Los usos de vapor y aire caliente corresponden a gran parte de las necesidades domésticas y bastantes procesos industriales: autoclaves, evaporadores, secadores en industrias químicas, fábricas de papel, fermentación, industrias textiles, cuero, calzado, industrias alimentarias y calefacción en general.

Estas actividades pertenecen fundamentalmente al dominio de las bajas temperaturas, es decir, las comprendidas entre 20° y 200° C. La mayor parte de estas necesidades podrían ser cubiertas como veremos más adelante por la energía solar, geotérmica donde existan posibilidades, o por el uso combinado de la producción de electricidad y vapor (ver cogeneración) o en todo caso por la utilización mixta de las fuentes alternativas disponibles. El empleo generalizado de las bombas de calor podrían, en este caso, aumentar la eficacia de estas fuentes.

Por encima de los 200° C las necesidades de calor corresponden casi exclusivamente a la industria y más de la mitad de estas demandas se sitúan más allá de los 400° C. A partir de estas temperaturas se hará indispensable hasta cierto punto el uso de combustibles especiales, aunque no necesariamente tenemos que recurrir al petróleo o la electricidad.

El dominio de las temperaturas medias, las comprendidas entre 400° y 2000° C, corresponde a la siderurgia, cementeras, vidrio, fabricación de material refractario, industria química y usos que requieren el empleo de hornos capaces de proveer estas temperaturas.

Y por último, nos encontramos en el dominio de las altas temperaturas, aquellas superiores a los 2.000° C. Estas temperaturas se emplean fundamentalmente en sectores como la electrometalurgia y tratamiento de materias especiales. Necesitan, pues, el aporte de grandes cantidades de electricidad y combustibles especiales. En este campo los hornos solares, como el instalado en Odeillo que alcanza temperaturas de hasta 4.000° C, podrían desplazar en el futuro a gran parte de las obsoletas instalaciones actuales.

De todas maneras, habrá que tener muy en cuenta que una parte de las actividades que requieren estas altas temperaturas son de dudosa utilidad social y que un buen porcentaje de estas industrias mantienen en nuestro país una capacidad de producción muy superior a la demanda interna. Industrias como las cementeras o el aluminio (que consume el seis por ciento de la energía eléctrica disponible) son las que requieren altas temperaturas y, por lo tanto, grandes concentraciones energéticas. Utilizando un mínimo grado de sensatez, deberíamos reducir en un corto plazo la capacidad de estas plantas devoradoras de energía, muchas de las cuales, como es el caso en siderurgia de la IV Planta de Sagunto, son absolutamente innecesarias. Podríamos esperar en este terreno una reducción del despilfarro energético considerable, ya que en la mayoría de los casos no se trata más que de exportaciones de energía en forma de productos elaborados.

Pero en los casos en los que sea ineludible la manufactura de productos socialmente útiles que requieran altas temperaturas, además de los hornos solares podríamos contar con una amplia gama de combustibles renovables y no polucionantes como el hidrógeno. Los combustibles fósiles deberán seguir el mismo criterio de utilización diversificada y allí donde sean estrictamente necesarios.

Si mantuviéramos un estricto criterio de eficacia, la producción de electricidad debería estar sólo reservada a los usos de la fuerza motriz, iluminación, transportes y determinados procesos electrometalúrgicos. El utilizar indiscriminadamente la electricidad, como se hace actualmente, para la producción de calor es un contrasentido que sólo favorece la política de nuclearización y esquilmación eléctrica de los sectores que realmente la necesitan. En este caso las eléctricas favorecen conscientemente el despilfarro al transformar el calor en electricidad, transportarla, y posteriormente volverla a convertir en calor, procedimiento que puede resultar cómodo pero que comporta unas pérdidas por transformación superiores al 70 por ciento, y que conlleva inevitablemente, toda una serie de servidumbres técnicas que acentúan la rigidez de la sociedad y la economía.





Actualmente, y en contra de lo que comúnmente se piensa, podemos obtener una amplia gama de energías a través del sol. Básicamente podríamos diferenciar los siguientes tipos de energía útil:

### TERMICA

Creada por radiación solar directa o acumulada en las masas térmicas como paredes, agua, mares y la propia tierra.

### MECANICA

A partir del viento sea por medio de molinos, de saltos de agua mediante turbinas, o aprovechando la energía de las mareas.

### QUIMICA

A partir de la fotosíntesis y de las subsiguientes cadenas tróficas tenemos uno de los almacenes solares más valiosos del planeta que incluye tanto la energía almacenada por los seres vivos como la fosilizada (petróleo, gas y carbón).

### ELECTRICA

A partir de la conversión directa de la energía solar en electricidad por medio de las células fotovoltaicas o de las termoeléctricas y también a través de la conversión directa de combustibles, como el metano en electricidad, mediante las llamadas células de combustible.

En la tabla podemos apreciar las aplicaciones actuales que podría tener la energía solar junto a las tecnologías que permiten su captación.

Es evidente que la energía puede cambiar de forma, así la energía química puede transformarse en mecánica (ej: gasolina en movimiento) o eléctrica (carbón en electricidad); o bien, la energía eléctrica puede convertirse en mecánica (motores) o en calor (estufas) y así sucesivamente.

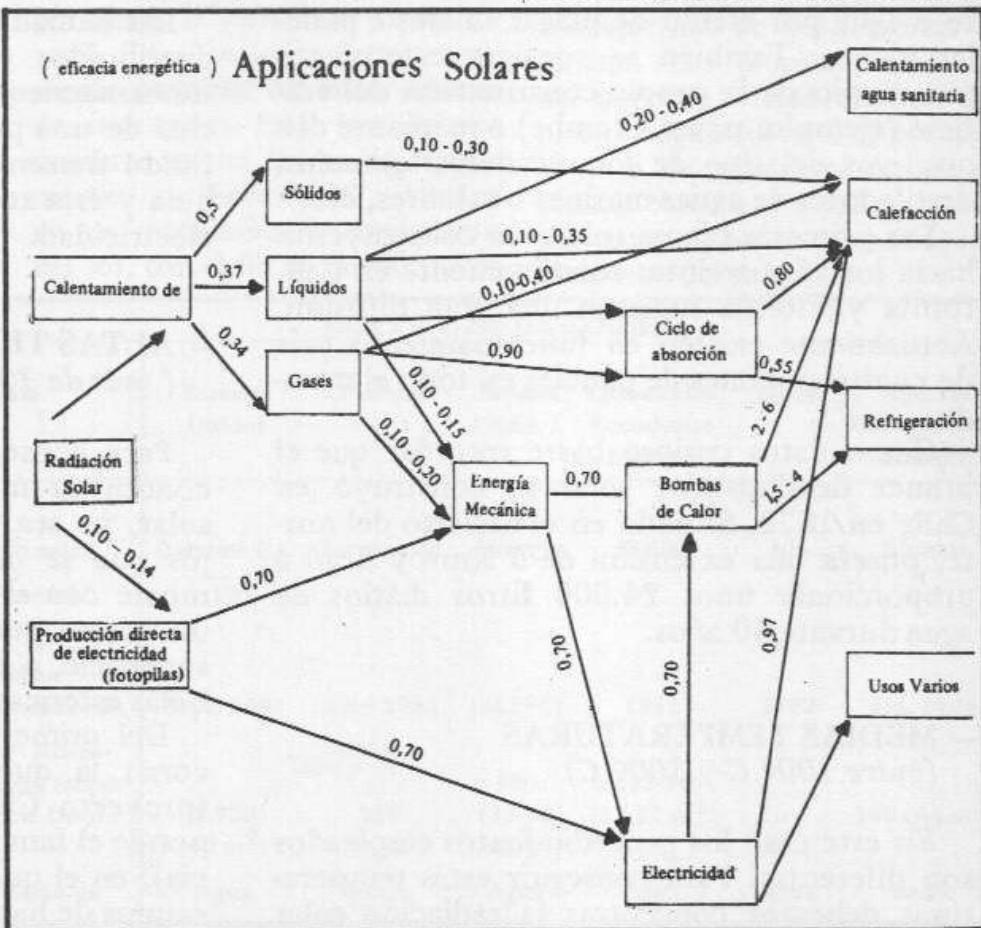
Pero lo que con frecuencia se olvida, y que hoy constituye una de las fundamentales causas de despil-

farro energético, es que en cada una de estas transformaciones no se obtiene al cien por cien del rendimiento, puesto que siempre hay una parte de la energía que se *desprende* en forma de calor. Como decía Barry Commoner, resulta extremadamente curioso que la estructura tecnológica más gigantesca de todos los tiempos se haya olvidado de la *segunda Ley de la Termodinámica*.

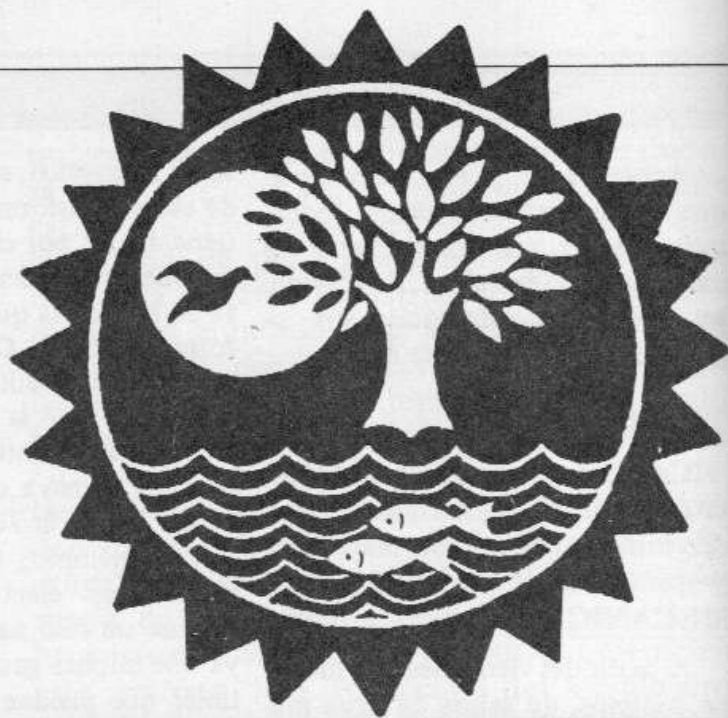
Por ejemplo, todo lo que sea transformar electricidad en calor supone un mal negocio energético, ya que implica gastar otros combustibles que pueden ser usados directamente: carbón, gas, petróleo... para convertir el agua en vapor a presión en el interior de centrales térmicas, lo que hace funcionar una turbina y el alternador que producirá la electricidad. Este primer proceso tiene un rendimiento del 40 por ciento en términos convencionales y del 30 por ciento en nucleares, o sea, el 60 y el 70 por ciento

respectivamente de la energía calorífica se pierde. Después esta electricidad se transporta lejos (con una pérdida *del 7 por ciento en una media de 200 km.*); la distribución produce una pérdida de energía del 4 por ciento. Finalmente estos kilovatios serán transformados en calor, eso sí, casi con el 100 por ciento de rendimiento. O sea, que el consumidor final, para obtener el mismo objetivo de producir calor, gastará del 71 al 81 por ciento más de energía. Si no él, sí la compañía eléctrica con el fin de suministrarle la posibilidad de calentar algo con electricidad.

Aquí radica una de las grandes ventajas de la tecnología solar. Dada la gran diversidad de aplicaciones *directas*, los diferentes tipos de energía solar pueden adecuarse perfectamente a la mayoría de nuestras necesidades, evitando los despilfarros y tecnologías intermedias derivados de las sucesivas degradaciones.



El científico sueco Svante Arrhenius presentaba, en 1920, ante el Instituto Franklin de Filadelfia, los planes para una utilización masiva de la energía solar como instrumento de desarrollo de los países tropicales. M. Raymond Cartier resumía las conclusiones de la siguiente manera: *"El mundo se inclina hoy hacia los países del sol. La ciencia los ha desfavorecido asociando el carbón, como única fuente de energía, con determinados países y grupos económicos. La ciencia del siglo XX les vengará y la ciencia del XXI les hará triunfar. La energía necesaria para el hombre de los trópicos se encontrará cada vez menos en las minas de carbón del Norte; el futuro se halla en las masas de agua y en el sol del Ecuador"*.



## COMO OBTENER ENERGIA UTIL DEL SOL ¿CON QUE TECNICAS?

### ENERGIA TERMICA

#### — BAJAS TEMPERATURAS (menores de 100° C)

Toda esta tecnología se basa en aprovechar el efecto invernadero con el fin de calentar aire o agua por medio de placas solares o paneles planos. También se consigue este efecto por medio de la propia construcción del edificio (ejemplo: pared Trombe) o mediante dispositivos del tipo de los secaderos agrícolas, destiladores de aguas marinas o salobres, etc.

Las primeras placas solares se construyeron hacia los años treinta; concretamente en California y Florida tuvieron una gran difusión. Actualmente existen en funcionamiento más de cuatro millones de paneles en todo el mundo.

Como dato curioso baste recordar que el primer desalinizador solar se construyó en Chile en 1872. Situado en el desierto del norte, poseía una extensión de 5 Km<sup>2</sup> y llegó a proporcionar unos 24.000 litros diarios de agua durante 40 años.

#### — MEDIAS TEMPERATURAS (entre 100° C y 300° C)

En este caso los procedimientos empleados son diferentes. Para conseguir estas temperaturas debemos concentrar la radiación solar

sobre la superficie captadora que calentará el fluido transmisor, generalmente agua, por medio de espejos cilindro-parabólicos. Mediante un dispositivo automático se consigue el seguimiento del movimiento del Sol con el fin de mantener la focalización de los rayos en el punto deseado.

Las llamadas centrales solares de colectores distribuidos utilizan este procedimiento. Su funcionamiento no difiere básicamente mucho de una pequeña central convencional. El fluido transmite la energía térmica a una turbina y ésta acciona un generador produciendo electricidad.

#### — ALTAS TEMPERATURAS (más de 300° C)

Para conseguir estas temperaturas se debe concentrar mayores cantidades de radiación solar, ya sea por medio de Heliostatos (espejos que se orientan continua y automáticamente con el fin de reflejar el sol siempre en un mismo punto) esparcidos sobre una amplia superficie, o bien por medio de grandes parábolas esféricas.

Del primer tipo son las centrales de torre como la que está en proyecto en Almería (proyecto CESA I). Al segundo tipo corresponde el famoso horno solar de Odeillo (Francia), en el que se han logrado alcanzar temperaturas de hasta 2.500° C.



# Centrales Solares

CIPRIANO MARIN

La imagen más difundida de la energía solar viene dada por sus aplicaciones en el campo de las *bajas temperaturas*; aplicaciones tales como la generación de agua caliente para usos domésticos e industriales. Pero el aprovechamiento del calor solar en el intervalo de las *temperaturas medias y altas*, especialmente para la producción de electricidad, se hará posible mediante otro tipo de instalaciones que hasta ahora han tenido poca divulgación. Nos referimos a las *centrales solares* que en muy poco tiempo han comenzado a despertar el interés de los mercaderes de la energía, ya que en principio, se trata de proyectos cuya realización se podrá acometer en un futuro inmediato. Según el ERDA, los americanos esperan contar en un plazo de veinte años con unas cuatrocientas centrales solares. Los presupuestos solares en los Estados Unidos se han triplicado en relación a 1975 y este año, dentro de la estrategia energética del Plan Carter, esperan invertir en solar unos 9.600 millones de pesetas, con el fin de alcanzar hacia 1985 un ahorro aproximado de un millón de barriles de petróleo diarios con la puesta en funcionamiento de las centrales solares.

Básicamente no existe mucha diferencia entre las centrales *termoeléctricas* convencionales y los actuales proyectos *helio-térmicos*, ya que en vez de utilizar como combustibles el fuel o el carbón, en este caso la caldera de vapor es calentada mediante diversos procedimientos por la concentración de la radiación solar. Después de dos mil años la idea de Arquímedes ha dejado de ser un instrumento bélico para dar paso a la posibilidad de un futuro solar.

Y aunque las centrales solares sean consideradas como una de las últimas innovaciones en el campo de la tecnología solar, hay que recalcar que existen multitud de antecedentes que atestiguan que el abandono de dichas realizaciones se ha debido fundamentalmente a decisiones de orden político; así, desde 1942 en plena guerra, el Instituto de Tachkent logró hacer funcionar una fábrica de conservas con la ayuda de una pequeña central solar.

Entre las múltiples experiencias, dos soluciones despuntan como las más acertadas entre los proyectos helio-térmicos. En el campo de las *altas temperaturas* (500° C a 800° C) y con el fin de obtener electricidad, la opción más desarrollada es por ahora la *torre solar* (*solar tower*). Estas centrales permiten alcanzar potencias de varias decenas de megawattios. Estas instalaciones consisten en un campo de espejos móviles o "helioestatos", dotados de un mecanismo de seguimiento del sol, con el fin de que los rayos

reflejados se concentren siempre sobre una caldera situada sobre una torre. Lógicamente las temperaturas obtenidas dependen de la superficie y el número de espejos instalados. En los modelos más desarrollados, los helioestatos comunican cerca del 70 por ciento de la energía solar que reciben a la caldera de vapor, situada en lo alto de la torre y posteriormente entre el 30 y el 40 por ciento de la energía captada por este procedimiento se transforma en electricidad.

Entre los proyectos realizados cabe resaltar la central solar de Albuquerque en Nuevo Méjico, con una potencia de 10 Mw y una torre de 65 metros de altura, o bien los franceses THEM (termohelio-eléctrico-megawatt) instalaciones con una potencia de 2 Mw que no llegan a ocupar más de *tres hectáreas* de terreno. Los propios promotores del proyecto THEM calculan que para conseguir cubrir el 10 por ciento de la electricidad consumida en Francia bastaría con utilizar el uno por ciento de los terrenos áridos en el suroeste del país.

CENTRALES DE TORRE						
País	Estados Unidos	Francia	España CESA 1	Comunidad Económica Europea	Japón	Agencia Internacional Energía
Situación	Barstow CA	Targassone	Almería	Sicilia	Nio	Almería
Potencia (MWe)	10	2	1,2	1	1	0,5
Fecha terminación	Sept. 1981	Nov. 1981	Jul.1981	1981	1982	Jul. 1981
Nº Helioestatos (superficie Uni.)	1.700 (40 m <sup>2</sup> )	350 (50 m <sup>2</sup> )	300 (36-40 m <sup>2</sup> )	112-70 (23-52 m <sup>2</sup> )	—	100 (40 m <sup>2</sup> )
Fluido de	Agua	Hitec	Agua	Agua	Agua	Sodio

Pero la afección eléctrica de las grandes compañías, con su obsesiva predilección por las grandes instalaciones con cientos de megawatts de potencia instalada, se enfrenta a los límites impuestos por la tecnología solar: por encima de los 200.000 m<sup>2</sup> (20 Hás.) la altura de la torre impone costes de construcción elevados y problemas ópticos aún no resueltos. Ello significa que de momento, las centrales solares tipo torre se mantendrán en el marco de una potencia óptima de unos 20 Mw.

Este límite favorece los proyectos de descentralización y autonomía energética con vistas a las medianas y pequeñas poblaciones y supone un grave impedimento para la megalomana política de acumular toda la potencia eléctrica instalada en unos pocos centros exportadores, con la consiguiente concentración del poder político-energético.

Una segunda solución, mucho menos pretenciosa, pero adaptada a escalas más pequeñas y con una tecnología menos sofisticada, son las llamadas *granjas solares* (solar farm). A diferencia de las torres solares, la función captadora de la energía solar se realiza mediante un conjunto de colectores distribuidos a manera de pequeñas centrales solares colocadas en batería. En este caso, la luz se concentra mediante *captadores planos o cilíndrico-parabólicos* y ocasionalmente por una combinación de los dos. Aunque los rendimientos de estas centrales son inferiores a los obtenidos en las de tipo torre, no por ello debemos considerarlas excluyentes, ya que las granjas solares se adaptan más a un suministro descentralizado de energía y son utilizables preferentemente en el intervalo de las temperaturas medias y para potencias que varían entre las 10 y los 1000 kw. Otra característica de las granjas solares es que al ser mucho menos concentrada la radiación solar para cada captador, nos vemos obli-

CENTRALES DE COLECTORES DISTRIBUIDOS						
País	Japón	Agencia Internacional Energía	Francia	Estados Unidos	Alemania España	Alemania
Situación	Shikoku	Almería	Córcega	Arizona	Getafe	El Cairo
Potencia (Kw)	1.000	500	300	150	50	10
Fecha terminación	—	Jul. 1981	—	—	Sept. 1979	—
Colectores Parabólicos	—	5.362 m <sup>2</sup>	—	—	350 m <sup>2</sup>	—

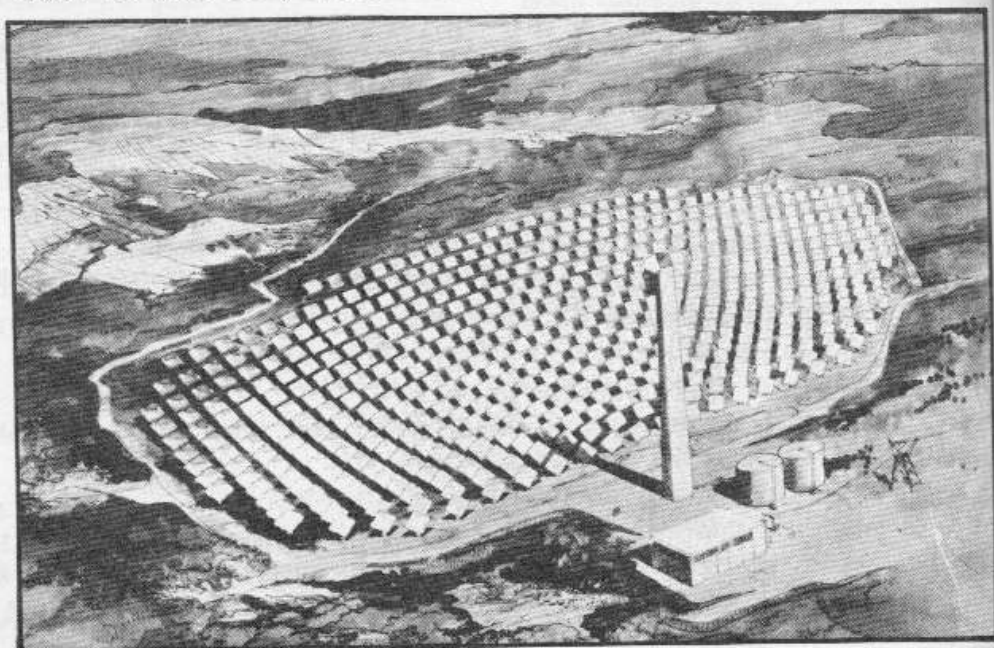
gados a sustituir el agua (fluido transmisor) por líquidos orgánicos pesados que se evaporan a bajas temperaturas y que accionarán posteriormente una turbina de gas.

### El sol durante la noche

Se podrá objetar que aún admitiendo la viabilidad tecnológica de las instalaciones solares, éstas dejan de funcionar en caso de mal tiempo o tras la puesta de sol. Sin embargo, esta dificultad está actualmente superada mediante diversos medios de almacenamiento que permitirán el suministro de energía sin la presencia del sol. El proyecto francés THEM I está dotado de una reserva de calor que asegurará la autonomía durante seis horas a plena potencia. El almacén de calor, con una capacidad de 1000 m<sup>3</sup>, contiene una

mezcla de sales (nitritos y nitratos de sodio y potasio) que al fundirse absorberá una gran cantidad de calor, el cual podrá ser restituído posteriormente.

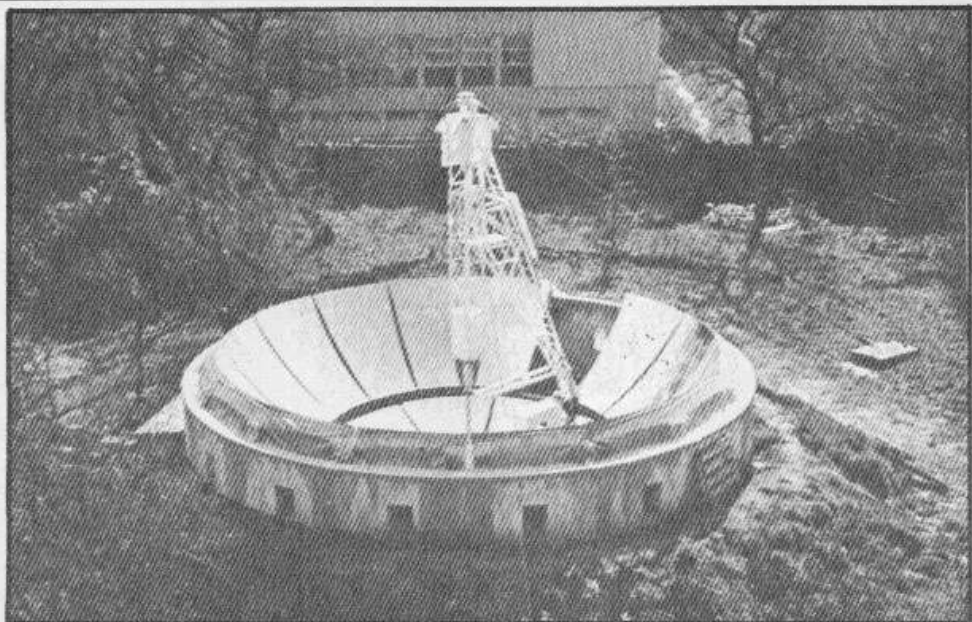
La puesta a punto de nuevos y más perfeccionados sistemas de almacenamiento de calor constituye una pieza clave en el futuro desarrollo de las centrales solares. No se tratará de lograr una autonomía de unas cuantas horas; los futuros sistemas de almacenamiento solar podrán prolongarse por espacios de semanas, hecho que garantizaría la viabilidad del suministro helio-térmico. Actualmente se están desarrollando diversos medios de almacenaje de calor a temperaturas medias y altas, utilizando arena y rocas volcánicas, metales fundidos o mediante una amplia gama de procedimientos químicos.





## Las ventajas de la diversidad

En cualquier sistema centralizado de abastecimiento energético, la paralización de una gran central constituye un problema económico y una desastrosa dificultad técnica. Con el fin de evitar estos inconvenientes se debe disponer de una importante capacidad de producción en reserva. En nuestro país, estas "reservas de potencia" vienen garantizadas por la *hidroelectricidad* y los stocks de *combustibles* en las térmicas convencionales, las cuales comenzarán a funcionar a pleno rendimiento desde el preciso momento en que parara una nuclear o una gran térmica. Ahora bien, la probabilidad de una avería simultánea en multitud de pequeñas centrales es evidentemente mucho más reducida, ya que, por ejemplo, cien centrales de 25 Mw necesitarían la misma reserva de potencia que una central de 1.000 Mw, es decir, la descentralización en base a medidas centrales solares necesitaría tres veces menos capacidad de almacenamiento que una gran térmica.



La centralización se paga cara y como contrapartida su utilidad es más lineal, menos diversificada. Las centrales solares permitirán una mayor diversificación de cara a los usos finales: electricidad, producción de vapor, agua caliente o calefacción doméstica. Todo ello sin contar con que las instalaciones puedan ser reconvertidas rápidamente para funciones tales como hi-

drocracking, elaboración de combustibles alcohólicos y operaciones industriales que requieran calor a altas temperaturas.

Esta predisposición tecnológica a la descentralización y a la autonomía energética, además de la versatilidad de sus aplicaciones, hacen de las centrales solares un útil instrumento político contra el poder energético.

## CONVERSION ELECTRICA DEL SOL

La conversión directa de la radiación solar en electricidad se consigue por dos métodos diferentes:

- **Conversión fotovoltaica**, basada en el efecto del mismo nombre, descubierto por Becquerel en 1839.
- **Conversión termoiónica**, debido a la emisión termoiónica descubierta por Edison en 1883.



Indirectamente la energía eléctrica puede también obtenerse a partir de la energía mecánica, como ya hemos visto en el caso de las centrales solares.

La conversión fotovoltaica comenzó a ser utilizada de forma experimental por Bell en 1954; posteriormente se generalizó su empleo

en satélites espaciales. El principal problema que impide el uso masivo de la fotovoltaica es el encontrar un método de fabricación económico, aunque hoy en día ya resulta rentable su instalación en lugares distantes alejados de la red eléctrica.

La conversión termoiónica ha seguido un proceso de desarrollo similar al de la fotovoltaica. Por ahora sólo ha sido aplicado el procedimiento de usos espaciales. Algunas estaciones experimentales han logrado construirse en los EE.UU. para pequeñas potencias de 5 Kw y rendimiento del 15 por ciento.

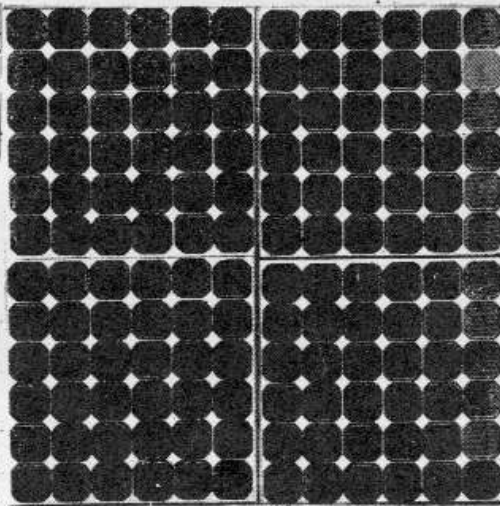
La conversión directa del sol en electricidad tiene, por lo general, un rendimiento energético no muy elevado, ya que estos dos efectos citados utilizan solamente una parte del espectro de la radiación solar, desaprovechando el resto de una manera análoga a como hacen las plantas con la fotosíntesis.

# Celulas Solares

A diferencia del resto de las técnicas solares que se basan en la captación del calor solar, los dispositivos fotovoltaicos permiten la *conversión directa* de la energía lumínica del sol en energía eléctrica. Capaces de transformar en electricidad hasta el 50 por ciento de la radiación solar, las células fotovoltaicas consisten en placas de semiconductores con trazas de impurezas, las cuales producen electricidad al ser expuestas directamente al sol.

La conversión fotovoltaica podrá constituir una auténtica revolución entre las técnicas de producción de electricidad solar.

Sin embargo, dos objeciones frenan actualmente su desarrollo. Por un lado, su fabricación requiere una tecnología relativamente sofisticada, la cual impide que su producción y control se sitúe al mismo nivel de autonomía y pequeña escala que posee el resto de la tecnología solar; de todas maneras, el grado de complejidad que requiere la elaboración de las células solares no tiene ni comparación con los enormes problemas que plantea la industria nuclear. Pero el argumento que más se suele esgrimir en contra del empleo generalizado de la fotovoltaica es su elevado coste. Las previsiones oficiales consideran que el precio de la electricidad solar siempre será mucho más caro que el de la producida por cualquier otro medio convencional. De cualquier manera hay que reconocer que se trata de precios sobre una tecnología que se encuentra en fase de experimentación y a un nivel de producción muy reducido. Un problema similar ocurrió con los primeros transistores, con los cuales las células guardan una cierta similitud, en un principio los precios resultaban excesivamente prohibitivos en relación



con las lámparas catódicas que se utilizaban, pero veinte años más tarde descendieron tan rápidamente que terminaron por desplazarlas definitivamente.

En este sentido, las células fotovoltaicas comienzan a ser consideradas como competitivas para sistemas de irrigación agrícola y ganadera. Según un informe de la ERDA, desde el preciso momento en que

comiencen a fabricarse las células en serie, los precios descenderán hasta cinco veces por debajo del nivel actual y hacia la tercera generación se espera que el kilowatio fotovoltaico resulte mucho más barato que cualquier otro medio de producción eléctrico. Es más, estos cálculos han sido efectuados sin considerar el creciente aumento del precio y la escasez de los combustibles convencionales (1). Pero no hace falta esperar al año 2000 para comprobar los resultados de una planificación meticulosamente preparada. Las fechas y plazos que se imponen para la puesta a punto de la fotoelectricidad son más bien de carácter político. Ello contrasta, por ejemplo, con la previsión del gobierno Carter de instalar hacia 1985 unos 500 Mw de origen fotovoltaico.

Debido a la intermitencia y a las variaciones de una temporada a otra, las células solares no podrán ser evidentemente el principal me-







dio de producción de electricidad. Y es aquí donde encontramos una de las razones que impiden su aplicación. El interés fundamental que podría tener la foto-electricidad es su capacidad para sustituir en las horas de máxima intensidad solar a la electricidad producida por medios convencionales, pero esto sólo podría ocurrir con la condición de que la potencia de estas últimas instalaciones sea modulable. Es decir, la fotovoltaica se puede complementar con las centrales eléctricas desde el momento que estas puedan pararse inmediatamente o comenzar a funcionar en el instante en que el sol deje de brillar. Sin embargo, éste era precisamente el problema de las grandes térmicas y fundamentalmente el de las nucleares, ya que no admiten variaciones bruscas en la producción de electricidad: una parada o un descenso repentino en la producción representa para estas centrales una serie de problemas graves. Por lo tanto, la política del todo nuclear es incompatible con el desarrollo de la foto-electricidad. Esta rigidez de funcionamiento, es-

tá solventada en el caso de la producción hidroeléctrica o en las térmicas de gas y carbón con tecnologías apropiadas.

En aquellas regiones abundantemente soleadas los excedentes de la fotoelectricidad podrían ser utilizados para la elaboración de una energía primaria como el hidrógeno por medio de la electrólisis. Este procedimiento podría asegurar en estas zonas la continuidad del abastecimiento energético.

La gama de las técnicas fotoeléctricas es bastante amplia. Fabricados recientemente por un laboratorio de la IBM de Yorktown Heights (Estados Unidos) en lugar de los semiconductores habituales se utilizan células fotoeléctricas a base de arseniuros de galio y aluminio que pueden ser expuestos a concentraciones lumínicas dos mil veces más elevadas que lo normal mediante concentradores de rayos solares. Con un decímetro cuadrado se llega a producir 4.000 vatios, suficientes para accionar una pequeña bomba; con un metro cuadrado se alcanzan los 400 Kw, potencia ade-

cuada para el abastecimiento de pequeñas y medianas industrias. Por contra, este tipo de potencias no entran dentro del cálculo de las multinacionales, un proyecto similar preparado por Honeywell estudiaba la posibilidad de alcanzar potencias superiores a los 10 Mw.

Una circunstancia a tener muy en cuenta es que, al contrario del resto de las fuentes alternativas, la electricidad fotovoltaica no impone una escala apropiada ni entra en contradicción con un modelo de desarrollo como el actual. El peligro que significará la concentración y el gigantismo foto-eléctrico radica en el hecho de que las pequeñas centrales no son más económicas que las grandes y ni siquiera varía el grado de complejidad, ya que los sistemas se componen de células independientes unas de otras que pueden ser adecuadas a un mismo conjunto independientemente del número de unidades.

1. Fuente: Revista Mazingiria-especial energía, B. Commoner. ERDA (Agencia americana de investigación y desarrollo de la energía).

## **TRES RESPUESTAS A LOS DETRACTORES DEL TODO SOLAR**

### **A. LA ENERGIA SOLAR ES MUY DILUIDA**



En efecto, la cantidad de energía que se puede captar por metro cuadrado es muy baja. Se reciben aproximadamente por media unos  $1000 \text{ W/m}^2$  al nivel de la tierra, ello significa que una central solar debería ocupar hasta cien veces más espacio que una central eléctrica convencional de la misma potencia.

Pero como es habitual, las mentes de nuestros tecnócratas sólo admiten razonamientos lineales, se omiten deliberadamente el resto de los factores, puesto que una central solar recibiría una energía gratuita que no ocupa más que el espacio de la propia central, mientras que una central tradicional requiere para su funcionamiento minas o pozos, fábricas de preparación del combustible, ferrocarriles, instalaciones portuarias, almacenes que en conjunto ocupan una gran superficie no contabilizada y requieren unos gastos adicionales de energía. Según Amory Lovins, los cálculos realizados demuestran que en los Estados Unidos, la actual producción de electricidad podría estar asegurada recubriendo de centrales solares una superficie inferior a la de las minas de carbón a cielo abierto.

### **B. LA ENERGIA SOLAR ES MUY DISPERSA**



Existe un error fundamental en lo que concierne al problema de la baja densidad energética que consiste en no querer ver que su dispersión resuelve más problemas de los que plantea. Por qué pretender a todo precio concentrar una producción de energía que posteriormente habrá que redistribuir con enormes gastos que significan la distribución de energía por las actuales redes de alta tensión, la construcción de dichas redes y las pérdidas por transporte. Para hacernos una idea del elevado coste de la centralización energética no tenemos más que comprobar que en España hay construidos 33.535 kilómetros de líneas de alta tensión, y que según el último PEN las pérdidas por transporte y distribución de energía eléctrica han ascendido a 9.070 Gwh, es decir, casi el 10 por ciento de la energía disponible para el consumo final.

### **C. EL SOL NO BRILLA DURANTE LA NOCHE**



Tampoco se trabaja y es cuando menos energía se consume. Más absurdo resulta diseñar un aparato industrial que funcione las veinticuatro horas del día para poder absorber los excedentes de térmicas y nucleares que no pueden parar durante la noche.

No obstante los sistemas de almacenamiento de energía solar comienzan a alcanzar altos grados de sofisticación. Actualmente están a punto sistemas de almacenamientos térmicos o mecánicos capaces de dar al sol una autonomía muy superior que la que hasta hace unos años se pensaba: agua caliente, masas rocosas, cristales anhidro, bombeo, aire comprimido.

## **Colección Tecnología y Sociedad**

Duncan Davies/Tom Banfield/  
Ray Sheahan  
**El técnico  
en la sociedad**

Nigel Cross/David Elliott/  
Robin Roy  
**Diseñando el futuro**

Michel Bosquet  
(André Gorz)  
**Ecología y Libertad**

David y Ruth Elliott  
**El control popular  
de la tecnología**

David Elliott/Nigel Cross  
**Diseño, tecnología  
y participación**

Melvin Kranzberg/  
William H. Davenport (eds.)  
**Tecnología y Cultura**

Arnold Pacey  
**El laberinto del ingenio**

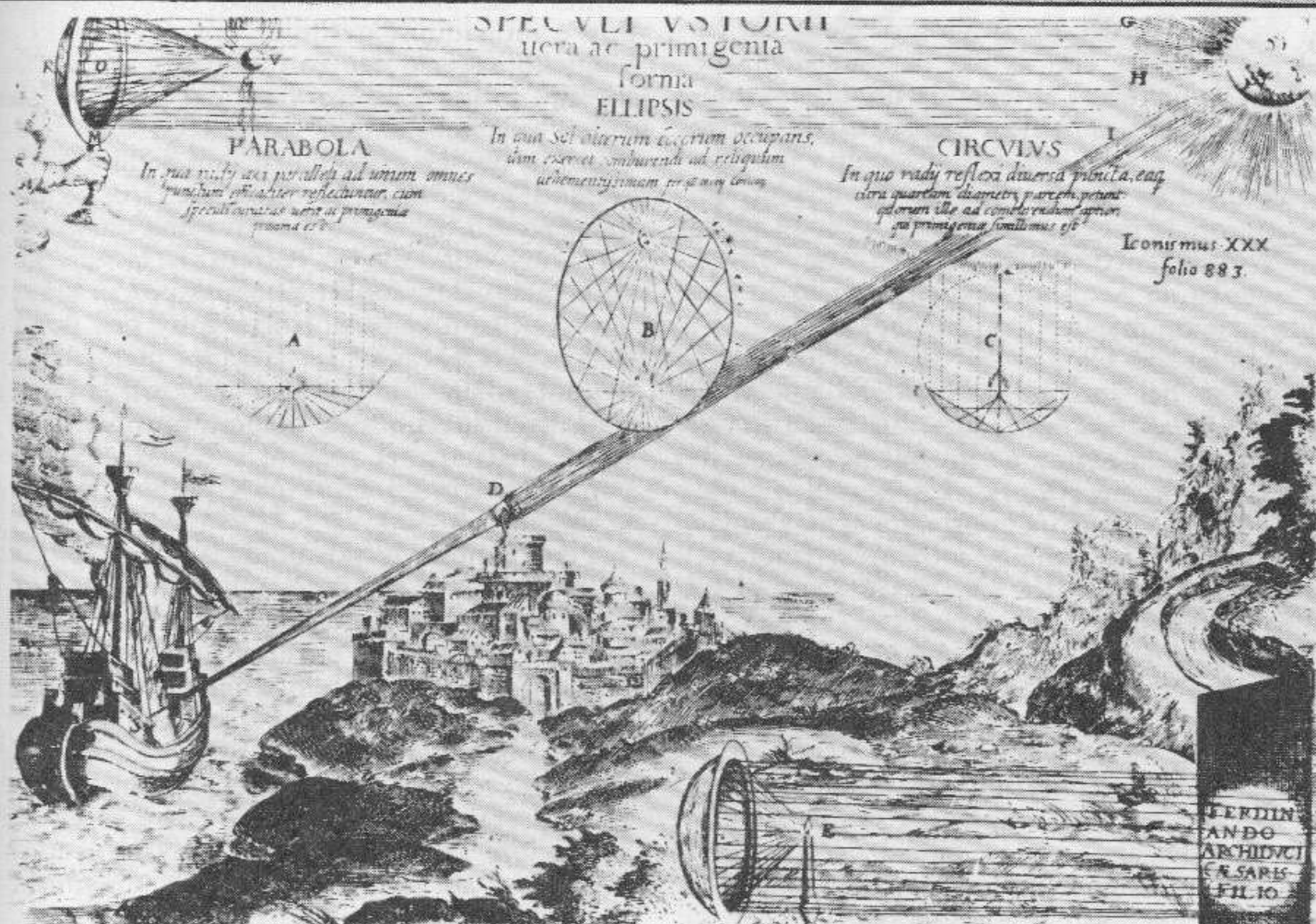
Nathan Rosenberg  
**Tecnología y Economía**

Langdon Winner  
**Tecnología autónoma**

**Editorial Gustavo Gili, S.A.**



# Arquímedes tenía razón



CIPRIANO MARIN

La tecnología solar está de moda. A pesar de la enorme cantidad de idioteces que cientos de tecnócratas han vertido sobre el tema, el poder se interesa a medias y dictamina: la opción solar puede tener futuro. Los mediocres funcionarios de la técnica que pretendían defender así los intereses de sus patrones eléctricos comienzan a plegar alas. Ya no se trata de atacar la tecnología solar como algo banal, ahora es el momento de repartir puestos, de elaborar presupuestos y de estudiar sistemas, programas de desarrollo y largos plazos de investigación; sin tener en cuenta que una gran parte de estos programas puede ser realizada sin ninguna dificultad por pequeños talleres e individuos conocedores de su oficio.

El uso de la energía solar comienza a entretenerse como algo posible pero a la vez complicado. Una inmensa maquinaria burocrática ha comenzado a moverse con el fin de apropiarse de un nuevo mercado. Las nuevas castas técnicas solares comenzarán a considerar que el puñado de defensores de la alternativa solar son algo así como una legión de mequetrefes frustrados, incapaces de convertirse en especialistas o doctorarse en termostatos. Un mercado que promete, puesto que ya produce tecnócratas y departamentos ministeriales. Casi podemos comenzar a pensar que el uso directo de la energía solar se ha convertido en algo nuevo, por lo menos en algo más novedoso que la fracasada imagen de la tecnología nuclear.

Pero como con la tecnología alternativa ocurre lo mismo que con las leyendas. El poder no entiende de leyendas, ha de reproducirlas, experimentarlas y si cabe comercializarlas. Una de estas leyendas asegura que sitia-da la ciudad de Siracusa, en Sicilia, durante la segunda guerra púnica entre el imperio romano y Cartago, Arquímedes logró incendiar las galeras romanas con ayuda de un sistema de espejos ardientes. Tal leyenda no mereció nunca credibilidad científica. Descartes, que entre otras cosas estaba considerado como un gran especialista en óptica, al igual que Kepler, demostraron la inexistencia de la leyenda sobre bases puramente científicas. De esta manera, la leyenda de Arquímedes se convirtió en una deformación mágica de los hechos.

A pesar de ello, el 10 de Abril de 1747, alrededor del mediodía, se lograba quemar una plancha de abeto a una distancia de 50 metros con la ayuda de un nuevo sistema de espejos ardientes. Con sus 360 espejos móviles, Buffont construía la primera central solar. Actualmente los espejos ardientes reciben el nombre de heliostatos y su orientación al sol se guía mediante ordenadores.

Tras Buffont le sucede Lavoisier con sus experiencias en el Jardín des Plantes de París. Ya en el siglo XIX, un profesor de física de la universidad de Tour, llamado Mouchot, aprovechó la exposición universal de París para presentar un extraño aparato: era la primera máquina de vapor que funcionaba con energía solar. Algunos años más tarde el ingeniero Albert Pifre hacía funcionar una imprenta por el mismo procedimiento. El tanteo experimental y las numerosas aplicaciones prácticas siguieron hasta que el poder económico del petróleo y con su nueva concepción de la tecnología barrieron cualquier intento de diseñar un uso directo del sol. Como podemos ver, los impedimentos tecnológicos para desarrollar la solar eran cada vez menores, pero la ciencia y el poder decidieron simplemente que no eran rentables.

Bien es verdad que si la tecnología solar fue rechazada por imperativos económicos, al menos la primera experiencia, la de Arquímedes, fue recompensada con la verdad experimental. En 1973, un tal Sarkas logró quemar una maqueta a tamaño natural de galera romana en el muelle de Atenas. La grotesca comedia tocaba a su fin. Arquímedes tenía razón, aunque demasiado tarde. La energía solar hace mucho

tiempo que dejó de ser una leyenda para convertirse en un mercado potencial.

### **Año 2000: El peligro del monopolio solar**

Las técnicas solares han venido desarrollándose hasta el presente al margen de las instituciones y del poder económico. Cientos de grupos e individuos, desde el bricolage hasta el pequeño taller o centro de investigación, han logrado poner a punto y sin excesivas dificultades toda una amplia gama tecnológica susceptible de ser aplicada de inmediato. En el terreno económico algunos de estos grupos han logrado hacer competitiva una tecnología que, hoy por hoy, se enfrenta a las energías convencionales, subvencionadas por el Estado y con unos precios políticos muy por debajo del coste real. En los EE.UU., los pequeños fabricantes han comenzado a practicar el "hágalo usted mismo", de manera que cualquiera puede diseñarse el aparato adecuado a sus necesidades adquiriendo los componentes por separado.

Pero aunque la posibilidad solar haya despertado bajo el signo de la diversidad, la autonomía y la pequeña escala, las grandes compañías tienen puestas en el sol esperanzas más rentables. Los consorcios energéticos americanos han calculado que en el año 2000, la cifra de negocios derivados del sol podrá ascender a 10.000 millones de dólares. Poderosos intereses pretenden interponerse entre el sol y la población. Los sueños de autogestión suscitados por el sol podrán truncarse en una nueva y sofisticada dependencia.

Los mecanismos de apropiación serían los usualmente empleados por las multinacionales. Por un lado se consigue complicar una técnica básicamente sencilla, alejando al consumidor de su posible comprensión y facilitando la estrategia de centralizar los recursos. Megaloproyectos como el Powersat diseñado por la Boeing, que pretende instalar en el espacio un satélite solar de 30 Km de longitud por 6 de ancho y que enviará la energía captada mediante microondas, o centrales solares de más de 100 Mw con superficies de captación superiores a las 10.000 hectáreas, sólo pueden entenderse como un intento deliberado de privatizar el sol o como una idiotez tecnocrática producto de las lecturas de Flash Gordon. La sofisticación tecnológica podría también extenderse en el futuro hasta los elementos más sencillos de la actual tecnología solar.



Por otro lado, de la misma manera que pretenden controlar la técnica, tratarán de controlar el mercado. Las multinacionales no tienen escrúpulos ni contradicciones a la hora de comercializar el sol. La experiencia en otras expropiaciones energéticas y la flexibilidad de su estructura se lo permiten. Podemos contar entre estos nuevos promotores con empresas directamente ligadas al aparato industrial-militar como la Northrop o la Grumman (Grumman Energy Systems); por supuesto que también están presentes las multinacionales del átomo: General Electric y Westinghouse (Solid-State). Los trusts del petróleo han sido los pioneros en ridiculizar y hundir las primeras experiencias solares y sin embargo vuelven a ser los pioneros de su resurrección comercializada: Exxon con Solar Power, Mobil Oil a través de Tyco Laboratories, Standard Oil con Solarex, Gulf Oil con Alcoa y Total también de Solar Power.

El ridículo programa de investigación español tampoco podía sustraerse a esta lógica. Entre las empresas y organismos contratados para desarrollar la central solar de Almería Cesa - 1, se encuentran algunos que no podemos tachar precisamente de desinteresados promotores del sol: militares como LQCA (Laboratorio Químico Central Armamento La Marañosa de Sta. Bárbara), TPCEA (Talleres de Precisión y Centro Electrotécnico Artillería), o empresas directamente ligadas a actividades militares como la CASA (Construcciones Aeronáuticas S.A.).

El entramado mercantil parece, pues, dispuesto a arrebatar, una vez más, la posibilidad de que la energía solar pueda ser la base de la autonomía a pequeña escala frente a la centralización tecnocrática. Pero aún quedan algunos años antes que un proyecto tan vasto pueda ser puesto en práctica, y en este tiempo la batalla del sol podría muy bien decidirse en contra de los intereses del Poder.



# *Camp de l'arpa*

REVISTA DE LITERATURA

Ultimos temas monográficos publicados:

Núm. 71 - Enero  
CESAR VALLEJO

Núm. 72 - Febrero  
ECOLOGIA Y LITERATURA

Núm. 73 - Marzo  
LITERATURA INFANTIL

Núm. 74 - Abril  
LITERATURA MEXICANA

Núm. 75 - Mayo  
LITERATURA GALLEGA

Núm. 76 - Junio  
GUSTAVE FLAUBERT

Boletín de Suscripción:

Nombre: \_\_\_\_\_

Domicilio: \_\_\_\_\_

Población: \_\_\_\_\_

Suscripción a partir del núm. \_\_\_\_\_

Forma de pago: ☐ talón adjunto

☐ reembolso

Precio suscripción 12 números:

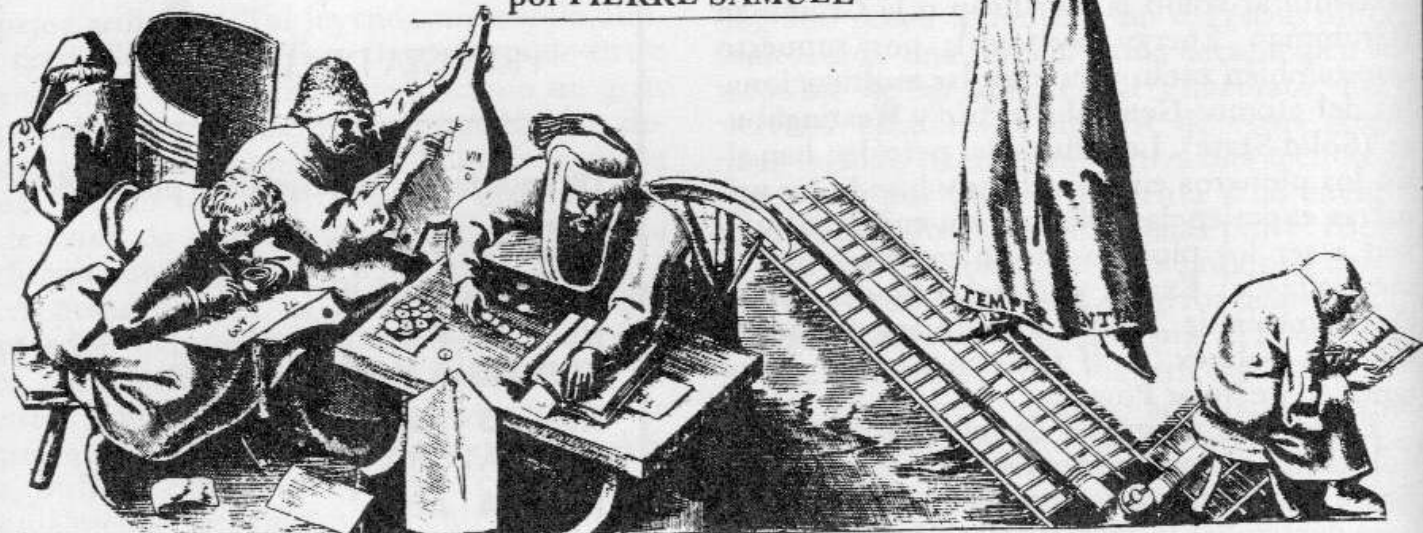
España 1.500 pts.

Extranjero 43 Dól.USA.

CAMP DE L'ARPA  
Aribau, 80  
BARCELONA - 36

# creced y Multiplicaros

por PIERRE SAMUEL



EL PETROLEO HA INGRESADO DENTRO DEL GRUPO DE ENERGIAS FUERA DE USO Y A SU VEZ LA ENERGIA DISPONIBLE EN LAS RESERVAS CONOCIDAS DE URANIO ES NETAMENTE INFERIOR A LA DE LAS RESERVAS PETROLIFERAS. SE REQUIEREN NUEVAS FORMAS DE SALIDA DE LA CRISIS ENERGETICO-SOCIAL Y PODEMOS CONSTATAR QUE LA DOBLE VERTIENTE PROGRAMADA Y PROPUESTA POR LOS ECOLOGISTAS ES VIABLE.

La invención de la Agricultura, domesticación y cuidado de los animales, debido en gran parte a la labor de la mujer quien por estar a cargo de la recolección conocía con cierto detalle las especies vegetales, caracteriza la revolución neolítica que poco a poco da paso a la abundancia de alimentos y con ello:

- la posibilidad de buscar animales para domesticación y conseguir alimentos o fuerza motriz.
- el crecimiento de la población que a nivel mundial pasa de 4 ó 5 millones a 150.
- la posibilidad de destinar una parte de la fuerza de trabajo a tareas entroncadas directamente con la producción de alimentos, que se van diversificando paulatinamente.

El consumo de energía se cifraba en 50 millones de Julios por día y persona, energía extraída de la materia viva, "biomasa". La intervención de la fuerza motriz animal va marcando el crecimiento y paralelamente se desarrollan la calefacción, cocina, cocido de ladrillos, cerámica, metalurgia, que ya de por sí constituyen los primeros usos del calor a alta temperatura.

Esta situación permite la instauración de grandes imperios que funcionan unicamente con energía solar, caso del "Imperio Romano"...

La tala de árboles, el agotamiento de las tierras, el escaso control del regadío, por el lado ecológico, juntamente con las guerras sucesivas originan períodos de crisis que ocasionan la caída del imperio romano motivada por su compleja estructura económica y administrativa.



El final de la era agro-pastoral, da paso a una era de transición, **artesanal**, marcada por sus grandes esfuerzos técnicos en la perspectiva a superar los límites que provocaron la caída de los grandes imperios en la época anterior, período que coincide con el Medioevo en Europa Occidental (1), que en India, China y el mundo árabe había empezado mucho antes.

Aparecen nuevas fuentes de E., no relacionadas con la biomasa. El hombre había comenzado a captar la energía del viento y del agua a mediados del Neolítico —los molinos y aparatos hidráulicos aparecían descritos en la antigüedad clásica— pero, su uso generalizado no se da en Occidente antes del siglo XII, aun cuando bastante antes en China e India.

El carbón se utilizaba en China desde la época de Cristo, y Marco Polo (1271-1295) atestigua que los chinos lo utilizaban para calefacción. El monje Reinier de Lieja, hacia el año 1200, describía las minas de carbón. El rey Eduardo I (aprox. 1250), prohibió su consumo en Londres a causa de la polución. A partir del siglo XV, se incrementa la producción de carbón para calefacción e industria metalúrgica; el clima frío de la “pequeña era glaciaria” (1580-1850) contribuyó a ese crecimiento. El petróleo de Oriente Medio a su vez ha sido utilizado desde la antigüedad para iluminación, limpieza, medicina, encofrado.

Marco Polo menciona el petróleo de Bakou y los chinos y birmanos también lo usaban en pequeñas cantidades.

En el siglo XVIII, apogeo de la época artesanal en Occidente, el consumo unitario de energía se duplica con respecto a la época agro-pastoral: (100 millones de Julios aproximadamente por persona y día, en lugar de los 50 millones).

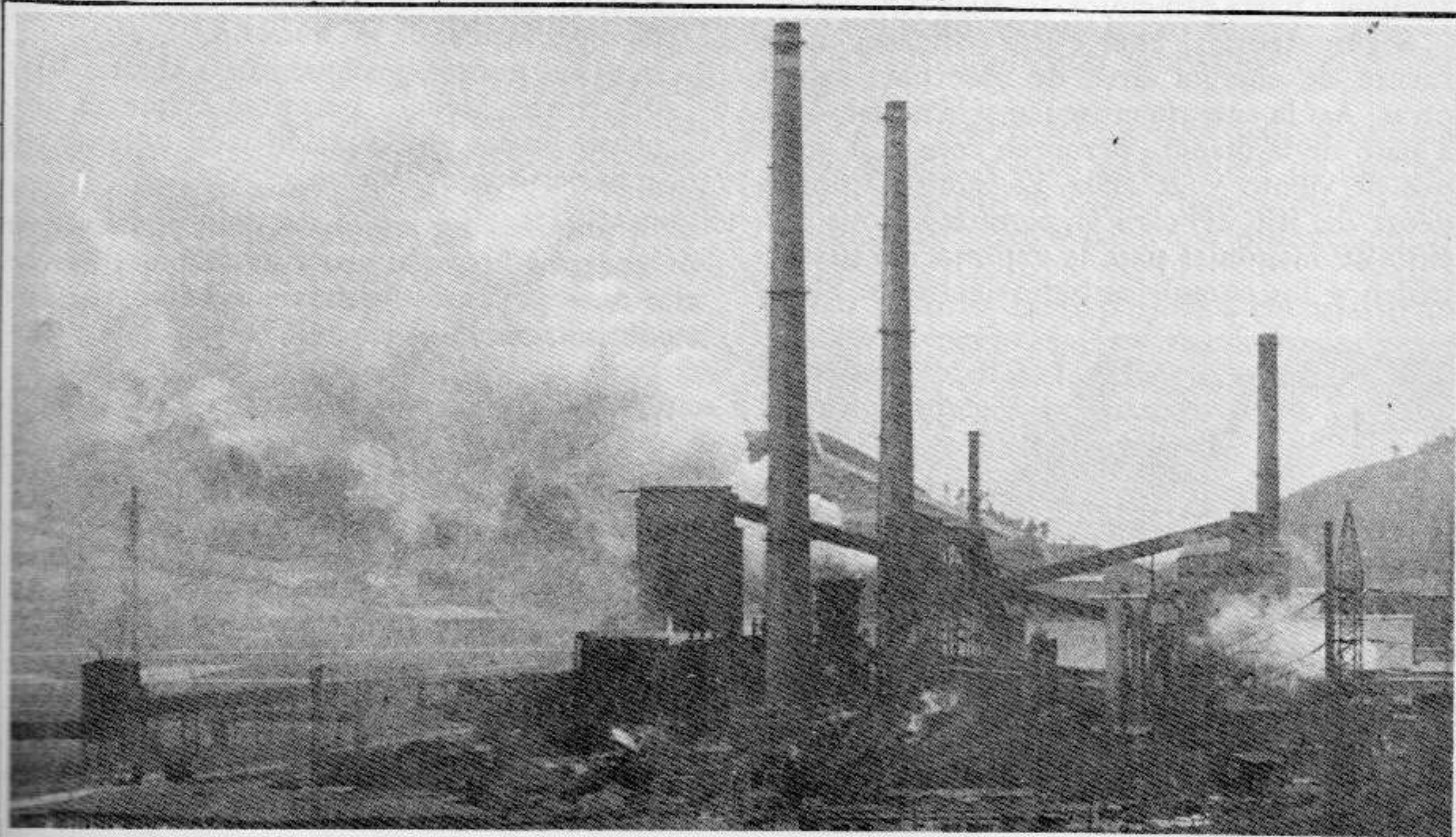
El progreso de la agricultura y de la silvicultura hace que la mayor parte de esa energía proceda de la biomasa, madera y fuerza motriz animal, y un trato marginalmente de las restantes.

Por otro lado la población del globo crece, pasando de 300 millones al comienzo de la era cristiana a 700 millones hacia 1750.



### La escalada industrial

La era industrial comienza hacia 1750 en Inglaterra con la invención de diversas máquinas, que como la máquina de vapor Watt reemplazan la energía humana o animal por una fuente más concentrada y potente. La primera etapa queda marcada por el uso del carbón en sus áreas de influencia próxima, Inglaterra, Ruhr, Borinage, Norte de Francia, Loire, Estados Unidos.



Durante esa era del carbón, y a pesar del escaso crecimiento de la población, el consumo global de la energía en Francia pasa de 20 MTEP año en 1800 a 60 MTEP en 1950 (MTEP millones de Tns. del equivalente en petróleo — 20 MTEP =  $10^{18}$  julios, 60 MTEP =  $3 \times 10^{18}$  julios), crecimiento superado por países como Inglaterra, Alemania, EE.UU., que comenzaron su desarrollo industrial antes que Francia. Las desigualdades energéticas entre zonas desarrolladas y poco desarrolladas, ya patentes en la época artesanal, se van agrandando y así los países industrializados que abarcan aproximadamente un 25 por ciento de la población mundial consumen el 85 por ciento de la energía producida.

Númericamente, el crecimiento de la cantidad de energía consumida por persona y día no difiere demasiado con respecto a épocas precedentes, ahora bien, el crecimiento correspondiente a milenios y siglos anteriores, se viene logrando en decenios actuales.

A finales del siglo XIX, las fuentes de energía no vivas se van diversificando. Hacia 1880, se comienza en los Alpes a captar la energía hidráulica para transformarla en electricidad. La explotación del petróleo a escala industrial comienza en Titusville (Pennsylvania) en 1859 y a su vez la explotación del gas natural, asociada a menudo geológicamente al petróleo no comienza hasta principios del siglo XX.

Según teorías energéticas oficiales cada fuente de energía sirve de base para captar otras. Así la energía muscular y la metalúrgica a base de la madera permiten construir molinos de viento y de agua. La industria procedente del uso del carbón, permite la construcción de máquinas para la explotación del petróleo y los complejos hidroeléctricos. El pe-

tróleo, el carbón y la hidroeléctrica se conjuntan para sentar las bases de una industria Nuclear, probablemente en situación de deuda energética con respecto a las citadas y podemos razonablemente considerar que la construcción de una Industria solar a gran escala, requerirá durante algunos decenios de las energías clásicas.

La Teoría del reemplazamiento, industrialmente exacta, oculta sin embargo un hecho esencial. Los combustibles usados sucesivamente (madera, carbón, petróleo, gas) han sido cada vez más concentrados y fundamentalmente considerados en función de su facilidad de extracción y empleo.

No queda nada evidente si esta tendencia a la supuesta facilidad va a continuar con las fuentes de energía sustitutivas del petróleo.

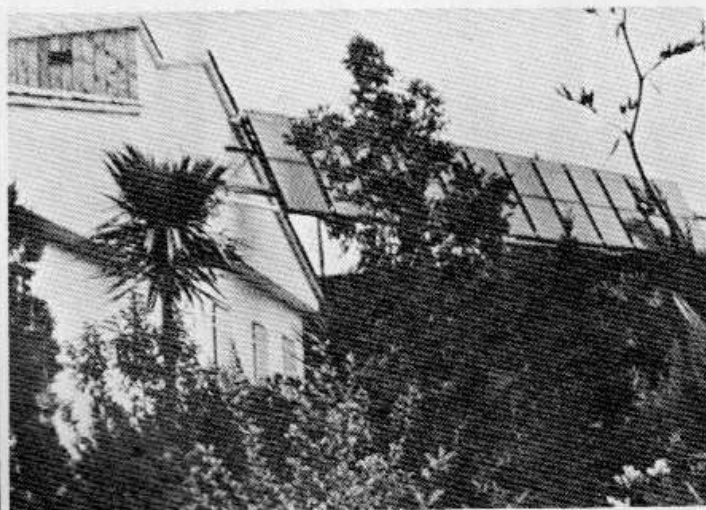
### Crisis y salida de la crisis

Los sucesos de Irán han provocado una nueva crisis del petróleo —alza de los precios y baja en la producción—, crisis a todos los efectos terrorífica si se la observa desde una perspectiva de crecimiento energético, rápido y barato —es decir el final del tesoro oculto que fue la solución para los años 60—. Ahora bien, desde una óptica más realista se constata:

- que los precios no han hecho otra cosa que situarse al nivel de 1955-58, tras de la bajada espectacular de los años 60.
- que los nuevos yacimientos (Alaska, Mar del Norte, Méjico) permiten evitar un descenso brusco de la producción durante un gran período de tiempo.

El petróleo ha ingresado dentro del grupo de energías fuera de uso y actualmente crece el interés por otras fuentes que examinaremos a continuación.

El carbón, diez veces más abundante que el petróleo y mejor repartido en la superficie del planeta resulta una energía de transición razonable, pero el trabajo de los mineros es duro y peligroso. La transformación del carbón, sea en su lugar de extracción o en otras zonas en combustibles líquidos o gaseosos más cómodos es posible pero no demasiado fácil. Al mismo tiempo, como ocurre con todos los combustibles fósiles su combustión incrementa el porcentaje de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera, ocasionando como efecto sierra el recalentamiento y la fusión eventual de los hielos polares,







pues a igual energía el carbón desprende más  $\text{CO}_2$  que el petróleo o el gas natural.

Los hidrocarburos no convencionales, pizarras bituminosas, arenas asfálticas, son abundantes en ciertas regiones pero su explotación tiene un impacto ecológico elevado; al exigir mucha agua en regiones que no la tienen y desprender más gas carbónico que el mismo carbón, para el mismo porcentaje de energía producido.

Por lo que respecta a la energía nuclear sus peligros físicos y sociales son bien conocidos. El accidente de Three Mile Island y los escapes energéticos muestran que su seguridad no es perfecta. A causa de sus pérdidas e instalaciones en desuso crea cuerpos radiactivos de los que la humanidad se deberá proteger durante siglos o milenios. Utilizando reactores clásicos la energía disponible en las reservas conocidas de uranio es netamente menor que la de las reservas de petróleo; si de otra forma intentamos volver hacia la sobregeneración para aumentar las reservas, agravaremos el problema de la escasez de los combustibles muy irradiados procedentes de los sobregeneradores, escasez que se pretende ignorar a escala industrial, que al parecer aspira a una sociedad del plutonio, llena de peligros y azares a todo lo largo del proceso nuclear. Por otro lado la energía nuclear hace que la electricidad se emplee en casos en los que no es nece-

saria y esto hace difícil su reconversión el día que pretendemos pasar a sistemas en los que la electricidad tenga su justo lugar.

Es decir, tratamos con energías no renovables en las que la explotación masiva queda comprometida según grados diversos, por lo que nuestra responsabilidad hacia generaciones futuras es grande y se requiere encontrar otra salida diferente a la crisis.

Para los ecologistas esta salida tendría dos caminos.

- Mejorar los procesos energéticos, solventando escapes y usos superfluos y de esta forma conseguir el exacto punto, menos consumo de energía para una producción válida.
- Dar paso lo antes posible a energías renovables, energía solar y sus derivados inmediatos, vegetal, hidráulica, eólica, y eventualmente la de las mareas.

En Francia el Proyecto Alter y el libro "Tout Solaire" de los Amigos de la Tierra derivan (2) a una utilización más racional de la energía en la que el uso de vehículos de poco consumo juega un rol importante, permitiendo a su vez el incremento de mejoras materiales y así reducir los 182 MTEP consumidos en 1978 a 156 MTEP (según Alter) e incluso a 115-120 MTEP (según Tout Solaire). Para los años 20-30-50, esta energía provendría única-

mente de las energías renovables, entre las que la biomasa jugaría un rol importante (45 MTEP según Alter, 35-40 MTEP según Tout Solaire). Comienzan a realizarse versiones regionalizadas de estos proyectos (3) y Michel Bosquet y Robert Giry (4) han edificado escenarios de transición para el horizonte del año 2.000.

En Suecia, el proyecto "A Solar Sweden" (5) preveía duplicar para el año 2015 el PNB real, con un crecimiento del 38 por ciento de la producción total de energía gracias a la extensión del país y a sus ricos bosques; la biomasa cubriría un 61 por ciento de sus necesidades (33 MTEP) el resto procedía de la energía hidráulica, eólica, los captadores y células solares.

En Alemania Federal, el proyecto de Florentin Krause (6) prevee al contrario descender el consumo de energía al 60 por ciento de su nivel en 1975 para el año 2030, lo que se conseguiría con un buen aislamiento de los edificios, vehículos de poco consumo (5 l. por 100 km.) y la readaptación de las industrias "de materias grises" poco favorables desde el aspecto energético (se puede criticar esta llamada a la división internacional del trabajo, a la que los proyectos suecos y franceses no prestan atención, aun siendo cierto que las densidades de población no son las mismas). La biomasa proveería aproximadamente 20 de los 130 MTEP necesarios y el carbón ocuparía un puesto vital.

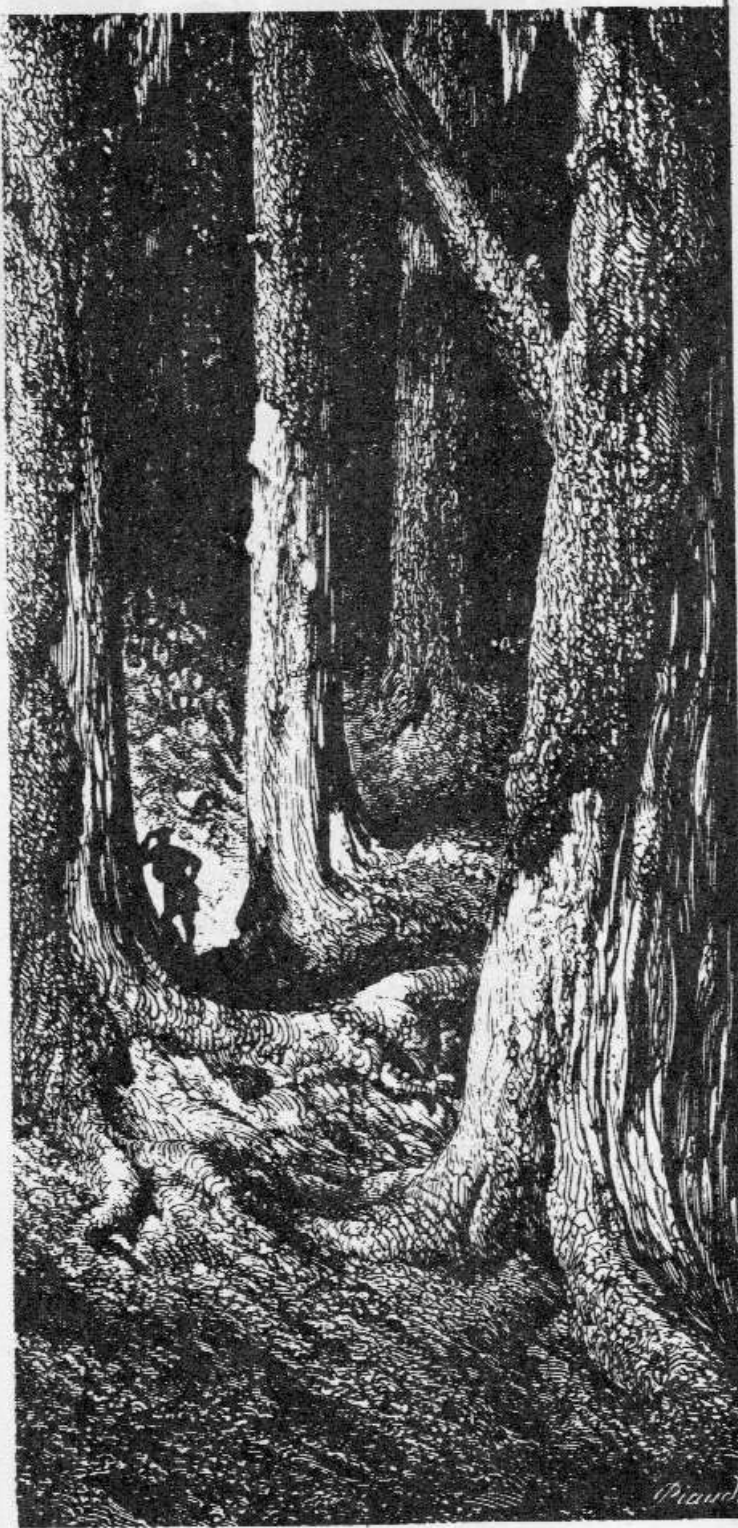
En Gran Bretaña, un análisis muy detallado de los usos energéticos ha permitido al equipo de Gerald Leach (7) mostrar que simples medidas técnicas permiten triplicar para el 2015 el PNB con la misma cantidad de energía. Sobre la base de estos cálculos, David Oliver muestra en un trabajo reciente (8) que la producción de energía podría llevarse para el 2025, al 45 por ciento de su nivel en 1975 (85 MTEP a lugar de 190), mejorándose el confort material. Papel vital ocuparían las fuentes renovables, el carbón doméstico y el petróleo del Mar del Norte.

En Dinamarca aparece claro que son posibles ahorros energéticos espectaculares, en el terreno de aparatos de uso (9).

En Canadá se constata que podría fácilmente contarse con 20 MTEP de metanol procedentes de la biomasa para 1990.

En Brasil se prevee que el alcohol de origen vegetal reemplazará totalmente al petróleo para 1990 en lo que respecta a la propulsión del tráfico rodado.

Por lo que respecta a EE.UU la mayor parte de los energéticos americanos coinciden en pensar que el 20 por ciento de las necesidades de energía podrían ser cubiertas por fuentes renovables a partir del año 2000.





En China los biodigestores de metano se están aplicando en masa y por todas partes se experimenta que "salida de la crisis" en dos etapas —propuesta por los ecologistas— es realista y prometedora (10).

Sin embargo, para poner en marcha tal política seriamente no hace falta esperar a que los precios de los combustibles fósiles clásicos alcancen precios desorbitados, pues después de haberlos pagado, apenas quedaría capital disponible para las innovaciones.

## NOTAS

1. Ver R. Pernard o Jean Gimpel "La revolución industrial del Medioevo" (Points Histoire, Le Seuil, 1975).
2. Grupo de Bellevue, Proyecto Alter. Amigos de la Tierra. Comisión de energía, Tout Solaire.
3. "Proyecto Alter Breton - Alba Ecológica" (Amigos de la Tierra del Alba), Ed. Ponte Mirone 1979, 16, 50 F.  
"Alternativas para la energía y empleo en Baja Normandía (policopiado de los Amigos de la Tierra de Caen, 15, rue Pémaigne, 1400 Caen). "El potencial de las energías nuevas, la economización de energía y la valorización del calor en Alsacia": (policopia de la asociación Leonard Baldner, encargada por el Consejo Gral. del Bajo-Rhin, 250 pags, enero 1980, nota de síntesis de 30 páginas disponible en la asociación, calle Geiller 37, 67000 Strasbourg, 5 F.).
4. Michel Bosquet, "Au Soleil de l'an 2000". (número especial de energía, Que Choisir 1978, 10 F. Amigos de la Tierra) Robert Giry - "La nuclear inútil" (Ed. Entente 1978, 35,20 F.).
5. Thomas Johansson y Peter Steen, "A Solar Sweden" secretariado para futuros estudios - Estocolmo 1978.
6. F. Krause, "Soft Energy Germany", CISEP Conferencia Roma 17-20 mayo 1979.
7. Ch. Lewis, Gl. Leach, F. Romig, G. Foley y A. Van Buren, "A low Energy strategy for the U.K." (HEP, 10 Perey Street London W1P 0DR; y Ed. Revista de Ciencia 1978).
8. D. Oliver - "Low Energy Scenario for the United Kingdom, 1975-2025" (CISEP Conferencia Roma 17-20 mayo 1979).
9. Jorgen Norgard - Husholdninger og Energi (DEMO Proyecto, Physica Lab. III, Universidad Técnica de Dinamarca, Lunghy DK - 2800, 400 p. 1979).
10. El boletín Soft Energy notas del ISEP (Proyecto Internacional para energías blandas) proporciona numerosas noticias de estos trabajos y las experiencias correspondientes. Se pueden consultar en Los Amigos de la Tierra, 14 bis, rue de l'Arbaleète, 75005 París.

# bicicleta

**N.º EXTRA-DOBLE: EL CAMPO**  
(Situación, alternativas, luchas, experiencias, utopías...)

## LA AGRICULTURA EN EL MUNDO

(J. Martínez Alier, Verena Stolcke, Meraklia, tribus de Nueva Guinea, etc)

## LOS QUE SE VAN AL CAMPO

Reflexiones después de tres años de agricultura orgánica (ROBIN JENKINS)

La lucha de Gallecs

El oro y el moro en el Baix Llobregat

Experiencias cooperativas: pastores granadinos, jóvenes de Entrerío

Epístola rural (JOSEP-VICENT MARQUES)

Experiencias alternativas...

## TEMAS AGRARIOS AQUÍ Y AHORA

Los flujos energéticos en la agricultura española (NAREDO y CAMPOS)

El reparto de la propiedad de la tierra (S. ARANCIBIA)

Canarias: sabotaje a un territorio

El campo en Cantabria

Retrato de un colonizado (ARTEMIO BAIGORRI)

Mitología agraria del comunismo vasco (A. ORTIZ OSES)

Campesinos: pocos, viejos, feos, pobres y a veces... de derechas (M. GAVIRIA)

Andalucía arde: entrevistas a S.O.C. y C.N.T.

Autogestión y colectivización campesina para 1980-90 (F. MINTZ)

## NOSTALGIAS Y UTOPIAS CAMPESINAS

Tradición y progreso (MIGUEL DELIBES)

La cultura contra el saber popular (MORIA)

La utopía en práctica (entrevista con RAFAEL ESTEBAN, inédito de GASTON LEVAL sobre la colectividad campesina de BALLOBAR)

## SOLIDARIDAD

NERVA: una lucha de 1980, la situación en MICHELIN, Antimilitarismo...

Redacción y administración: C/. Nave, 12 - 2.º - Valencia-2 -  
Tel.: 321 29 75



# el molino y la central



SERGIO LOS

LA RENOVABILIDAD DE LOS RECURSOS CON QUE ESTA CONSTRUIDO UN MOLINO HACE QUE SU PERMANENCIA SEA UN PROCESO ANALOGO AL DE LOS SISTEMAS ORGANICOS.

**E**nergía del viento a pequeña escala. Energía del petróleo a gran escala. El molino de viento y la central termoeléctrica. Al ver la nueva central con su flamante estructura de acero, cemento armado y vidrio cerca del viejo molino de madera, parece estar destinada a desafiarle en el tiempo.

El molino desaparecerá con la primera borrasca y los defensores de los molinos de hoy nos remontarán a Don Quijote, al asalto de sus sueños.

No obstante bastará un momento de reflexión para comprender que mientras la central dura tanto tiempo como le permite la corrosión de los materiales con los que está construida y la disponibilidad del petróleo que la alimenta, el molino perdurará tanto tiempo como el sol. Tanto la madera utilizada para construir las palas, como el viento que las hace girar, están producidos a través de la energía solar; serán, pues, siempre renovables, mientras el sol haga crecer los árboles y caliente el aire que genera el viento. Si distinguimos los recursos materiales-energéticos usados en la construcción de la central o del molino, recursos de formación, de aquellos que sirven para accionarlos, recursos de funcionamiento, podremos confrontar el cemento y la madera, por lo que respecta a los recursos de formación de la central y del molino, mientras que para los recursos de funcionamiento enfrentaremos el petróleo con el viento.

Los recursos materiales energéticos a los que el hombre puede acceder provienen de dos fuentes diferentes. La primera fuente es un stock constituido por yacimientos minerales: el cemento en la superficie, el petróleo bajo tierra. La segunda es un flujo formado por las radiaciones solares que se transforman en bio-masa para la madera y en corrientes de aire en el caso del viento.

Esta diferencia radical entre ambas fuentes se refleja por un lado en el control casi total sobre las reservas de la tierra, por parte del hombre, mientras que por otro lado no tiene control alguno sobre la radiación solar ni en términos de espacio, puesto que no puede transportar la energía solar donde no existe, ni en términos de tiempo, ya que no logrará usar hoy el flujo de radiación futuro.

Del stock terrestre recogemos los recursos materiales-energéticos para fabricar nuestros más importantes instrumentos y máquinas más complejas. Del flujo solar proviene la vida en la tierra, que se inicia con la fotosíntesis de la clorofila y que constituye la base de nuestra alimentación cotidiana.

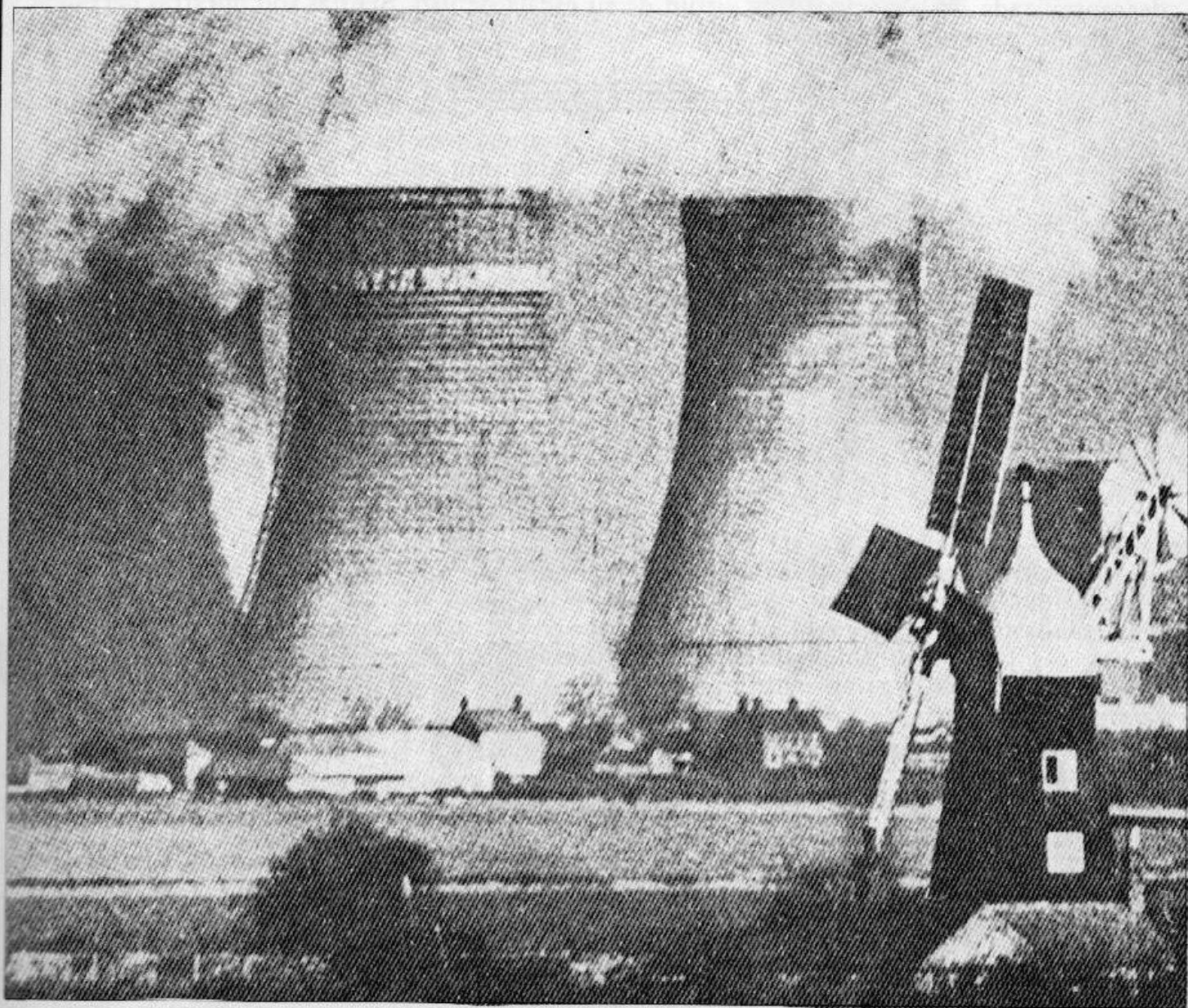
El fantástico desarrollo inducido por la revolución industrial representa una mutación del proceso tecnológico del flujo solar al stock terrestre. Ello ha determinado esta imprevista aunque efímera inyección de energía de la que tal vez estemos viviendo los últimos años.



Han sido años de erosión furiosa del stock no renovable acumulado a través de millones de años, durante los cuales se ha producido junto a un sofisticado conocimiento de los fenómenos naturales, la ausencia más irracional de proyección de los procesos artificiales, mutación que comienza a desaparecer pues el stock terrestre es una fuente de recursos naturales-energéticos insignificante frente al flujo solar.

Por otro lado la contraposición entre la central sustitutoria y el propio molino, deja fácilmente entrever que la duración del molino es por muchas razones, diferente a la de la central; ahora bien la renovabilidad de los recursos con que está construido hacen que su permanencia sea un proceso análogo al de los sistemas orgánicos. Nos hace pensar en el santuario de Ise, construido en el antiguo Japón entre los siglos III y IV, que se conserva intacto y nuevo por estar formado con materiales que se degradan. El santuario fue reconstituido hace veinte años: se construyó un edificio nuevo en una localidad adyacente mientras que el antiguo era demolido después de haber servido de modelo.

El actual templo, aún siendo idéntico al antiguo no está considerado como una réplica de Ise, sino que está recreado en un proceso que revela la intencionalidad naturista de la religión sintoísta: que no erige monumentos, sino que vive y muere con el tiempo siempre renovado y renaciente. Lo que conserva en este caso es la conciencia técnica, la técnica de trabajo, el proyecto de renovar el edificio y, además, la madera con su capacidad de reproducirse mediante el flujo de la radiación solar.

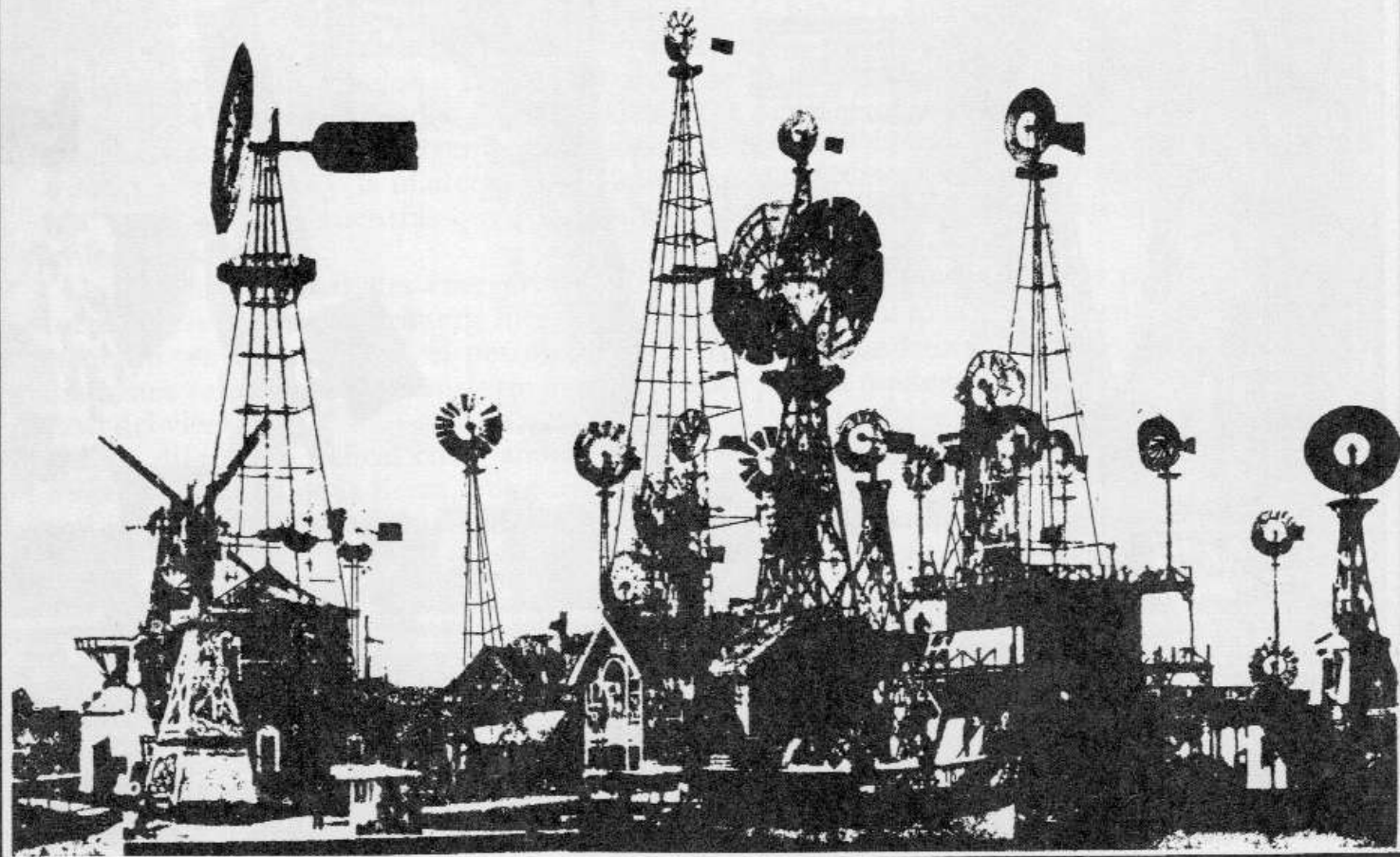


Los dos aspectos de la contraposición son, pues por un lado, el tipo de energía: viento y petróleo; por otro, la escala del sistema: pequeña o grande.

Desde una vertiente de Tecnología apropiada, los problemas críticos serán los de tipología y calidad de los recursos materiales-energéticos empleados y la subsiguiente escala de sistemas formados o en funcionamiento.

De las dos dimensiones de la energía, la que define su cantidad y puede referirse al primer principio de la Termodinámica, según el cual la cantidad de energía que participa en cada proceso es igual a la energía resultante, mientras que la que define su calidad y puede referirse al segundo principio de la Termodinámica, según el cual en todo proceso de transformación del calor en trabajo, la cantidad de energía-calor que participa en el mismo es diferente a la cantidad de energía-trabajo resultante; la diferencia es el calor desprendido que a su vez reafirma la hipótesis de que mientras la cantidad de energía que interviene permanece constante, su calidad varía.

En períodos de escasez energética, resulta muy importante considerar la imposibilidad de transformar toda la energía-calor en energía-trabajo. Si nuevamente volvemos a nuestro molino de viento podemos afirmar que representa el modelo energético más apropiado desde las perspectivas termodinámicas, responde a una amplia gama de requerimientos de uso, según variedad de Tecnologías para suministros diversos, al mismo tiempo que a una organización descentralizada de la Sociedad en virtud de su escala de uso. Si estas son nuestras necesidades, aquí la tenemos a nuestro alcance.





# un nuevo porvenir para el viento

CIPRIANO MARIN

Hasta el advenimiento de la máquina de vapor, las principales fuentes de energía con que contaba la humanidad eran la eólica y la energía muscular. Posteriormente, la civilización del petróleo logró relegar al olvido una fuente de energía mecánica sin precedentes: el viento desapareció injustificadamente de la memoria de nuestros técnicos.

A principios de siglo, Dinamarca contaba con 200.000 instalaciones eólicas productoras de electricidad y en los Estados Unidos, sobre todo en las regiones del Oeste, llegaron a funcionar simultáneamente dos millones de máquinas eólicas. En sus comienzos, la tecnología del viento no conoció grandes impedimentos y se llegaron a realizar proyectos de máquinas de gran potencia. Sin embargo, la competencia política, tecnológica y económica del petróleo convirtió el poder del viento en una quimera, en un sueño de cuatro aficionados.

Pero, desde hace unos años, el viento ha comenzado a entrar sigilosamente en los gabinetes de los trusts energéticos. Esta vez con unas finalidades bien diferentes. Porque para aquellos tecnócratas encargados de diseñar el consumo energético de los demás, la mercantilización del kilowatio eólico debe conducir necesariamente al gigantismo.

Han empezado a surgir los proyectos que aplican al viento la misma mentalidad que al petróleo o la nuclear. Uno de ellos prevee la construcción de 13.600 plataformas flotantes, de cien metros de altura cada una, a lo largo del Cape Cod (Massachusetts); cada torre lleva instalada tres eólicas de 2000 kw (2 Mw). Una réplica francesa de esta mentalidad sugiere la instalación de millares de gigantescas eólicas a

lo largo de las costas bretonas. La polución sonora y visual que crearían tales máquinas y los pasillos de líneas eléctricas que será necesario construir, crearán justificadamente la oposición de la población.

Si nos fijamos detenidamente en los programas oficiales de desarrollo eólico, veremos que las pequeñas y medianas instalaciones no presentan impedimentos de orden técnico que podamos calificar de graves. Sin embargo, son las grandes máquinas y sus problemas técnicos quienes impiden la participación masiva del viento en el balance energético. No sólo plantean problemas de construcción o funcionamiento, sino también, grandes dificultades para su integración a una red centralizada de



energía eléctrica. Gran parte de los programas de investigación eólica dedican una parte excesiva de sus recursos a los problemas derivados de su adaptación a la red. Estos problemas desaparecerían si la dimensión de las instalaciones se adaptara a las necesidades específicas de los autoproduktores y si se utilizaran los vectores de transmisión energética más adecuados a cada tarea.

Por unidad de potencia, las grandes máquinas se revelan siempre más costosas que las pequeñas. Por encima de una potencia de 50 kw, los problemas de vibración y de resistencia de los materiales, no pueden ser remontados más que por concepciones muy sofisticadas. En la construcción de grandes instalaciones se necesita recurrir con frecuencia a técnicas de la industria aeronáutica, mientras que las pequeñas máquinas pueden ser fabricadas en serie con un bajo costo por unidad; permiten su distribución en piezas separadas y la elección del montaje más ventajoso para cada consumidor.

De todas maneras los aerogeneradores de 10 a 100 kw representan unas potencias instaladas nada despreciables y gran parte de las actividades de la pequeña y mediana industria podrían cubrir sus necesidades eléctricas en zonas específicas, con el viento. En este caso la propia tecnología vuelve curiosamente a señalar como modelo óptimo de utilización a los sistemas de producción descentralizados y a pequeña escala. En este estado de cosas, el viento no es rentable ni para los monopolios ni para las eléctricas; los costes prohibitivos de las grandes instalaciones, las que permitirían monopolizar y vender la electricidad, hacen que nuestros ejecutivos de la energía den la espalda al viento.

Los medios rurales, en donde frecuentemente se roba la hidroelectricidad o el carbón pero que aún continúan sin electrificar, podrían ser los grandes beneficiarios actuales del poder del viento. La energía eólica se encuentra en nuestros días en un plano de inferioridad respecto a la energía solar al ofrecer menos posibilidades comerciales, pero por contra es más fácilmente manipulable por individuos o por comunidades con el fin de autoabastecerse de energía eléctrica y mecánica.

Los costes de la energía eólica por kilowatio instalado son, incluso, mucho más compe-

titivos que los de las grandes térmicas o las nucleares.

Aunque en nuestro país, dado el escaso interés y apoyo al desarrollo de la eólica, los precios puedan resultar más elevados, hay que tener en cuenta que la instalación de unos 20.000 aerogeneradores de 20 kw de potencia por término medio equivale a una nuclear de tamaño medio, pero la inversión necesaria es cuatro veces menor que la instalación de una nuclear y aproximadamente la mitad de una gran térmica. Eliminaríamos de camino las dificultades técnicas y políticas inherentes a la centralización eléctrica y los problemas de distribución, líneas de alta tensión y transformadores, permitiendo un uso mucho más eficaz y directo de la electricidad allí donde se requiera.

Pero no sólo la electricidad. El viento ofrece grandes posibilidades para la realización de trabajos mecánicos o para la producción de calor: recordemos los miles de molinos de bombeo de agua que han desaparecido en los últimos decenios. Además, como ejemplo, baste resaltar que en los últimos años son muchos los utillajes industriales que trabajan con aire comprimido: en este campo el viento puede ofrecer enormes posibilidades aún no explotadas.

En caso de existir excedente en la producción se han puesto en práctica multitud de medios para almacenar la energía sobrante; medios que podrían llegar a paliar casi totalmente la dificultad que representa su intermitencia. Los sistemas de almacenamiento más empleados son los siguientes: bombeo de agua, producción de aire comprimido, generación de hidrógeno (combustible de más alto poder calorífico y antipolucionante por excelencia), almacenamiento de energía mecánica por medio del volante de inercia, energía química por medio de baterías o simplemente empleando la electricidad producida directamente para calentar agua. Los rendimientos de estas conversiones son realmente altos, generalmente del orden de un 70 a un 80 por ciento.

La utilización mixta de la eólica y la solar, dado que las dos fuentes son muy variables, permitiría reducir gran parte de la capacidad de almacenamiento necesario para asegurar la continuidad del sistema.



# el viento y su tecnica

PEP PUIG



**T**oda la energía de la tierra viene de las estrellas y principalmente de la estrella SOL en forma de radiaciones o de presiones astro-gravitaciones (en esto la astronomía tiene mucho que enseñarnos).

Durante las 24 horas del día, el Sol envía radiaciones a la superficie de la tierra en un área de aproximadamente 100 millones de metros cuadrados, lo que corresponde a la mitad de la superficie total de la esfera terrestre. La superficie en la que incide varía según la hora del día, produciéndose la repetición del ciclo cada veinticuatro horas.

Parte de la radiación que llega de las estrellas es reflejada por las capas superiores de la atmósfera, el resto llega hasta la Tierra originando los fenómenos meteorológicos y biológicos que conocemos.

Menos del 20 por ciento de esta radiación solar se convierte en energía eólica, originando los movimientos de masas atmosféricas de aire a causa de las variaciones de presión que se producen entre las distintas zonas de la tierra.

## EL DIOS EOLO

Los conocimientos sobre el origen primario de los vientos son recientes. En la antigüedad se reducían a meras especulaciones religiosas que lo consideraban, por su fuerza indomable, el soplo de los dioses.

En las antiguas Grecia y Roma, se les dió nombre y forma a los vientos, siendo Boreas el dios del viento del Norte, Notos el del Sur; Euros del Sureste, Zefiros el del Oeste, Kebias del Noreste, Afeliotes del Este y Lips del Suroeste, considerándolos a su vez benefactores por proporcionar a los habitantes del país buenas condiciones ambientales y de trabajo.

En cambio Tyfenus, dios del huracán era el funesto, el garbanzo negro de la familia de Eolo, dios de los dioses del viento.

También otros pueblos tenían Dioses eólicos así. Los vikingos tuvieron a Thor, los indios a Rudra, Vagu, etc.

Este sabor mitológico se ha venido conservando hasta nuestros días. En este país existen vientos que sin ser dioses tienen nombre propio. ¿Serán el Cierzo, la Tramontana, el Garví y otros muchos vientos, las imitaciones ibéricas de los antiguos dioses del viento griegos?



## ¿DE DONDE SALE EL VIENTO?

Como hemos visto el origen de las corrientes atmosféricas de aire son las estrellas y principalmente el Sol. Esta energía solar que incide sobre la tierra, produce variaciones de temperatura en el aire. En el Ecuador, la radiación por unidad de superficie es superior a la de los Polos en contrapartida a la menor temperatura de éstos. Esto no significa que la temperatura de los polos disminuya sin cesar y que la del Ecuador aumente ya que el calor acumulado en el Ecuador pasa a través de las corrientes de aire a los Polos. La corriente no llega a los polos a causa de la fuerza de Coriolis que la desvía, fuerza que depende de la velocidad del viento a mayor velocidad, más desviación de la velocidad de rotación de la Tierra (siempre constante) y sobre todo de la latitud del punto donde se encuentra el viento. (dos veces más fuerte a  $40^\circ$  que a  $20^\circ$ )

La circulación general es simétrica para cada uno de los hemisferios, los vientos van del Oeste al Este en el Norte y al revés en el Sur.

La corriente de altura denominada jet-stream es el eje principal de esta circulación. La velocidad media es del orden de 200 a 500 km/h y la altura media de 9.000 metros sobre el nivel del mar.

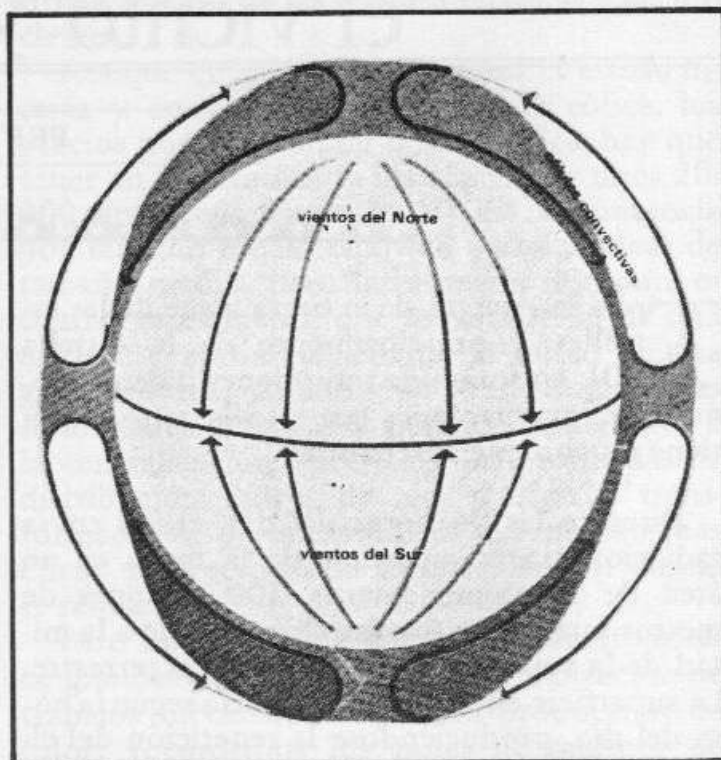


Fig. 1. Circulación general de los vientos

El viento va de zonas donde la presión es elevada (anticiclones) a zonas donde es baja (depresiones) siendo afectado por la aceleración de Coriolis hacia la derecha en el Hemis-

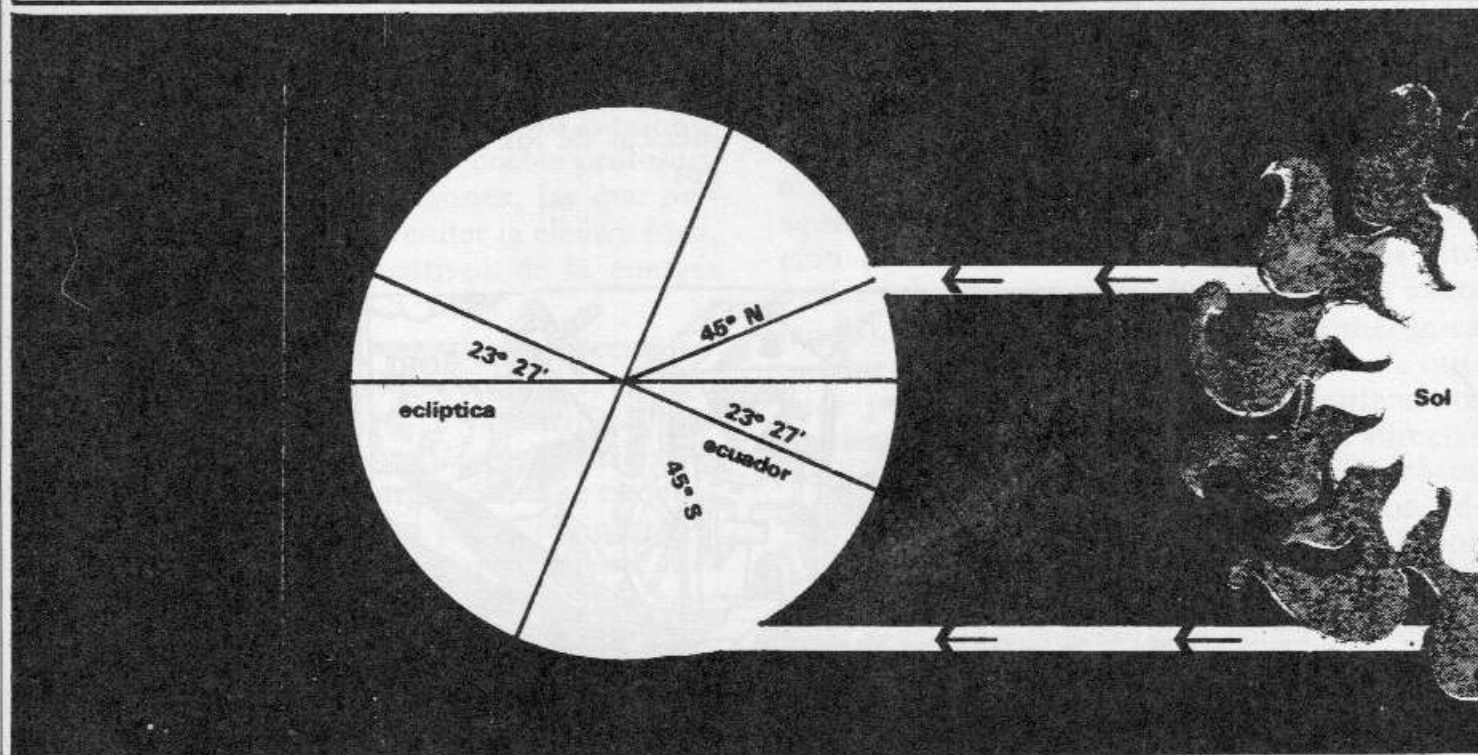


Fig. 2. Energía solar que incide sobre la tierra y que produce las variaciones de temperatura en el aire.



ferio Norte y hacia la izquierda en el Sur.

La circulación general, en la superficie, depende del reparto medio de presiones a través de un cuarto de meridiano terrestre. De donde resultará la siguiente distribución del flujo del aire, sin tener en cuenta los continentes.

Podemos diferenciar las diferentes masas de aire:

90° a 60° : Aire Artico

60° a 40° : Aire Polar

40° a 5° : Aire Tropical

5°N a 5°S : Aire Ecuatorial

Entre las distintas masas de aire existen zonas de rozamientos. Durante las diferentes estaciones del año la superficie sobre la cual incide la radiación solar, varia al hacerlo también la inclinación de la tierra, y en consecuencia las masas de aire anteriormente descritas en el sentido del Sol.

La presencia de masas continentales origina efectos térmicos sobre la circulación general de masas de aire, y así tenemos un anticiclón

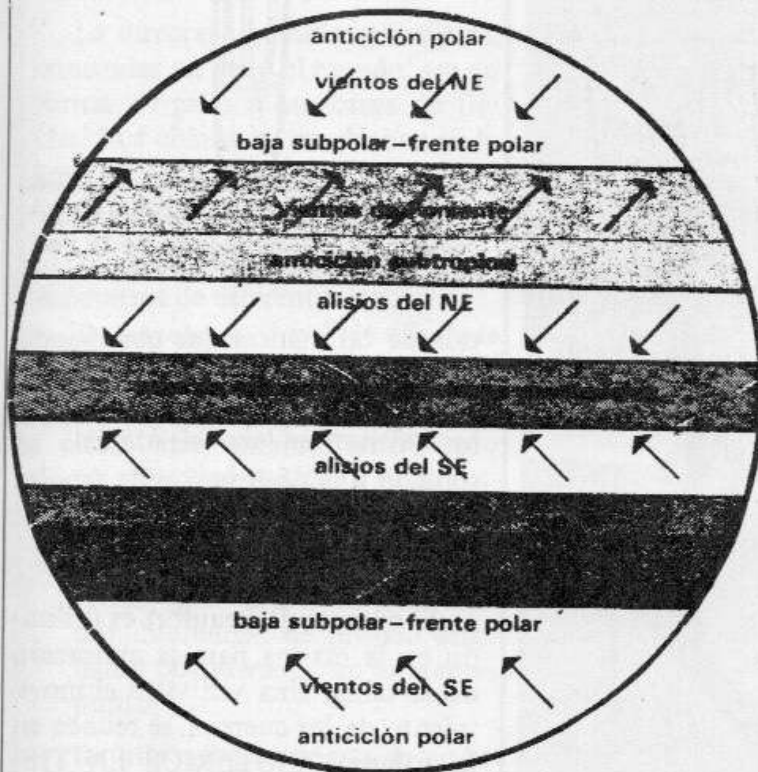


Fig. 3. Vientos permanentes en la superficie terrestre.

permanente en el Océano Glaciar Artico, una depresión en Islandia a 60° N y un anticiclón en las Azores.

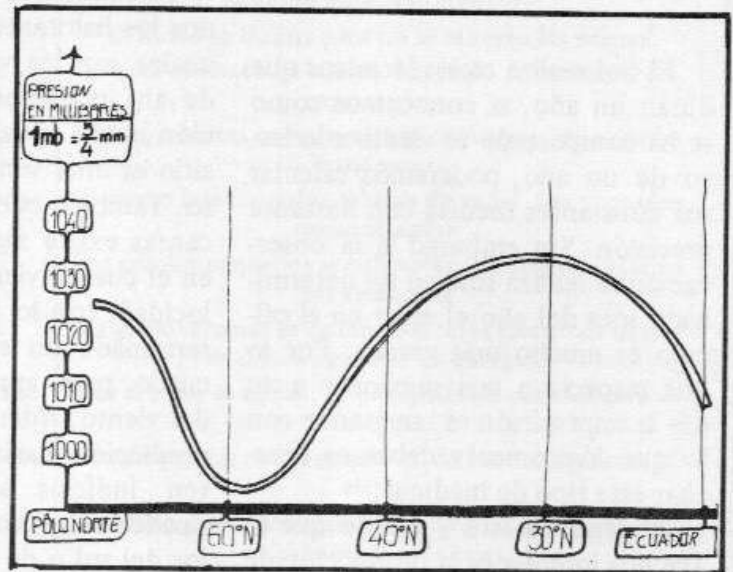


Fig. 4. Repartición media de las presiones en un cuarto de meridiano.

La distribución de masas de aire es la media de períodos de tiempo muy largos (una estación o un año), pero la determinación instantánea de la atmósfera es un problema que los meteorólogos estudian a diario con la finalidad de predecir su situación para un período muy corto de tiempo y cuyos resultados todos conocemos por su difusión periódica.

### EL VIENTO ES...

Para un concepto tan claro la manera de definirlo más sencilla y rápida es la de la escuela: *"El viento es el aire en movimiento"*.

Pero no sólo debemos conocer como se origina y qué es el viento sino que además debemos medirlo. Para esto contamos con un aparato llamado anemómetro que nos mide la velocidad en km/hora o en m/s y con una velta que nos indica la dirección según los diferentes puntos cardinales.

Como el objetivo final del presente intento de conocer el viento es el aprovechamiento de su fuerza, comenzaremos por definirle numérica y geográficamente con el fin de poder predecir en un lugar determinado, la energía que podemos disponer.

## COMO PODEMOS MEDIR EL VIENTO

El Sol realiza ciclos térmicos que duran un año, si conocemos como se ha comportado el viento a lo largo de un año, podríamos calcular sus constantes medias con bastante precisión. Sin embargo si la observación se realiza solo en un determinado mes del año el error en el cálculo es mucho más grande. Por lo que respecta a una semana o a un día la imprecisión es tan grande con lo que lógicamente debemos desechar este tipo de medidas.

A pesar de esto y puesto que lo que nos interesa es la producción de energía a lo largo de un año procederemos a medir este valor a partir de dos métodos:

- Observación de fenómenos
- Medición con aparatos

### a) Observación

Partimos del saber popular; todos los habitantes del campo saben cuales son los vientos dominantes, de ahí podemos conocer la dirección media anual aproximada y si el sitio es muy ventoso o poco ventoso. También conocen sin en las cercanías existe alguna colina o llano en el cual el viento tiene mucha velocidad, con lo cual tendríamos determinado un emplazamiento adecuado para aprovechar la energía del viento. Además, de esto, para la predicción diaria a corto plazo existen indicios significativos como pueden ser el color del cielo, el color del sol o de la luna y un sin fin de fenómenos cuya precisión sin ser elevada, resulta aceptable. De todas maneras, resulta difícil medir la velocidad del viento sin aparatos. En 1805 el almirante Francis Beaufort de la Marina inglesa definió una es-

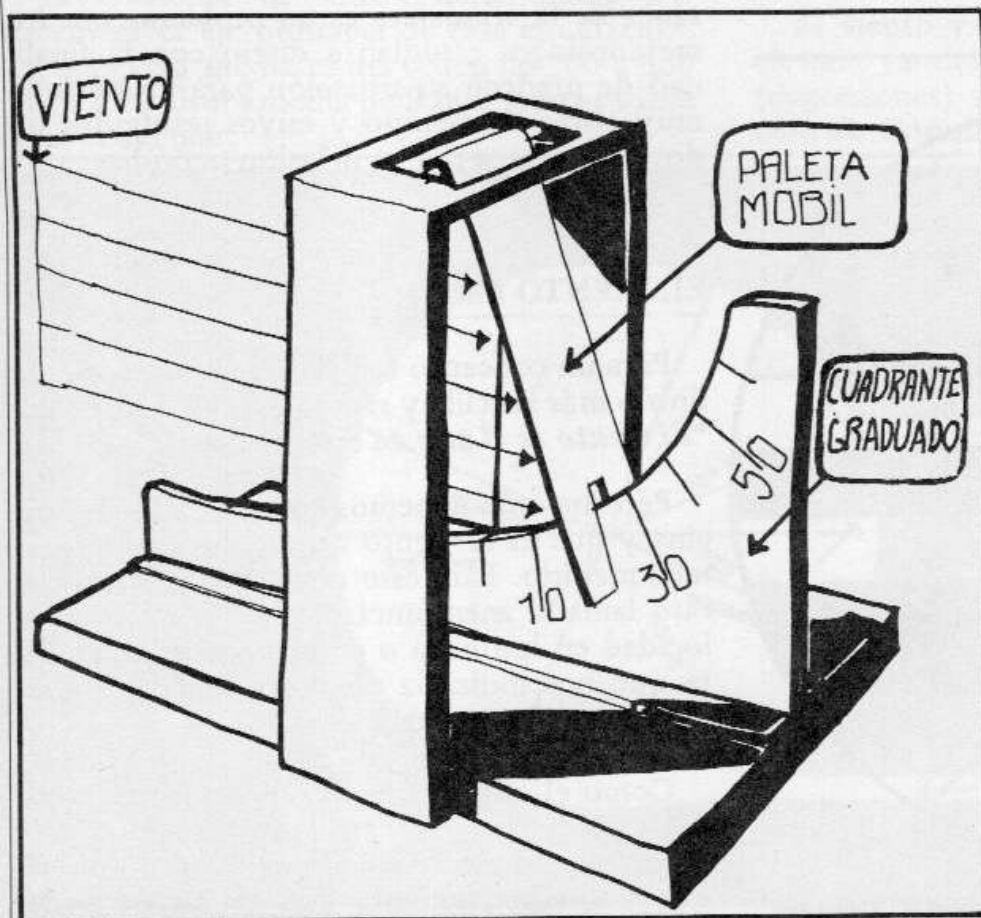


Fig. 1. Anemómetro rudimentario fácil de construir. El ángulo de inclinación de la pala móvil determina la velocidad del viento.

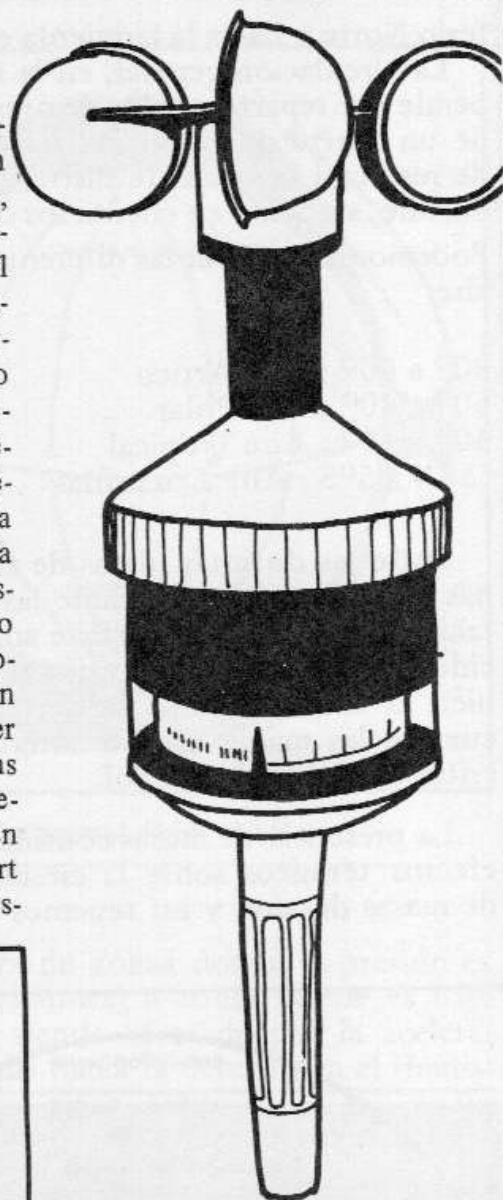


Fig. 2. Anemómetro de cazoletas con lectura instantánea de la velocidad.

cala de tal manera que observando la forma de las olas se determinaba numéricamente la velocidad del viento. Posteriormente esta escala se trasladó a la observación de árboles y otros elementos de tierra adentro. (ver tabla en pág. siguiente)

El número de Beaufort es utilizado en la marina para la aplicación de la tabla. Una vez visto el movimiento de los cuerpos, se reúnen en la columna CRITERIOS EN TIERRA obteniéndose la correspondiente velocidad del viento en Km/h o m/s.



NUMERO BEAUFORT	VELOCIDAD VIENTO		DESCRIPCION GENERAL	CRITERIOS EN TIERRA
	KM/H	M/S		
0		0/0,2	Calma	El humo sube verticalmente
1	1/5	0,3/1,5	Aire ligero	El humo se inclina pero no se mueven las veletas
2	6/11	1,6/3,3	Brisa ligera	Se nota el viento en la cara. Las hojas se mueven y las veletas giran
3	12/19	3,4/5,4	Brisa suave	Hojas y ramitas en movimiento continuo. Se agitan las banderitas
4	20/28	5,5/7,9	Brisa moderada	El viento levanta polvo y hojas de papel. Las pequeñas ramas se agitan
5	29/38	8,0/10,7	Brisa fresca	Los árboles pequeños se balancean. Se originan olas en los estanques
6	39/49	10,8/13,8	Brisa fuerte	Las grandes ramas se agitan. Los hilos eléctricos vibran. Es difícil aguantar un paraguas
7	50/61	13,9/17,1	Viento moderado	Los árboles se agitan. Es desagradable caminar cara al viento
8	62/74	17,2/20,7	Viento fresco	Se rompen las ramas pequeñas. Se camina mal cara al viento
9	75/88	20,8/24,4	Viento fuerte	Se pueden producir ligeros destrozos (caída de cubiertas de chimeneas o de tejas).
10	89/102	24,5/28,4	Viento fortísimo	Se produce en muy contadas ocasiones en el interior de las tierras. Destrozos en los árboles y en los edificios.
11	103/117	28,5/32,6	Tempestad Huracán	
12	118/133	32,7/36,9		
13	134/149	37,0/41,4		
14	150/166	41,5/46,1		

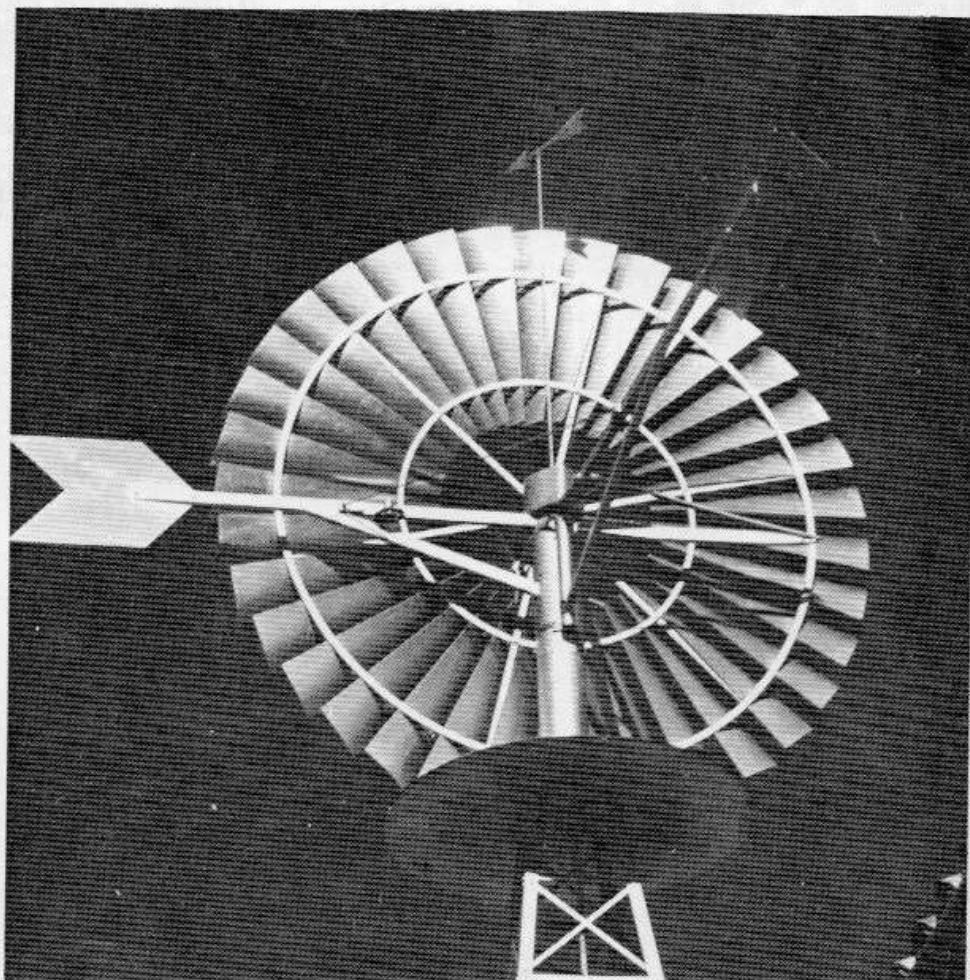
Tabla de Beaufort.

## b) Medición con aparatos

La dirección se mide con veletas, conqoidas en todo el mundo, sea en forma de gallo o en forma de flecha. Los chinos las empleaban en la antigüedad con una precisión casi tan grande como la actual.

La velocidad se mide con anemómetros de diferentes tipos:

- De cazoletas, 3 o 4 de ellas que giran en un eje vertical y accionan un motor que produce corriente lo que es transformado en velocidad mediante un amperímetro.
- De depresión, constan de dos tubos que miden la velocidad por diferencias de presión originadas por el viento en diferentes puntos.
- De hilo caliente, consta de un hilo cuya resistencia eléctrica varía en función de la velocidad del viento.

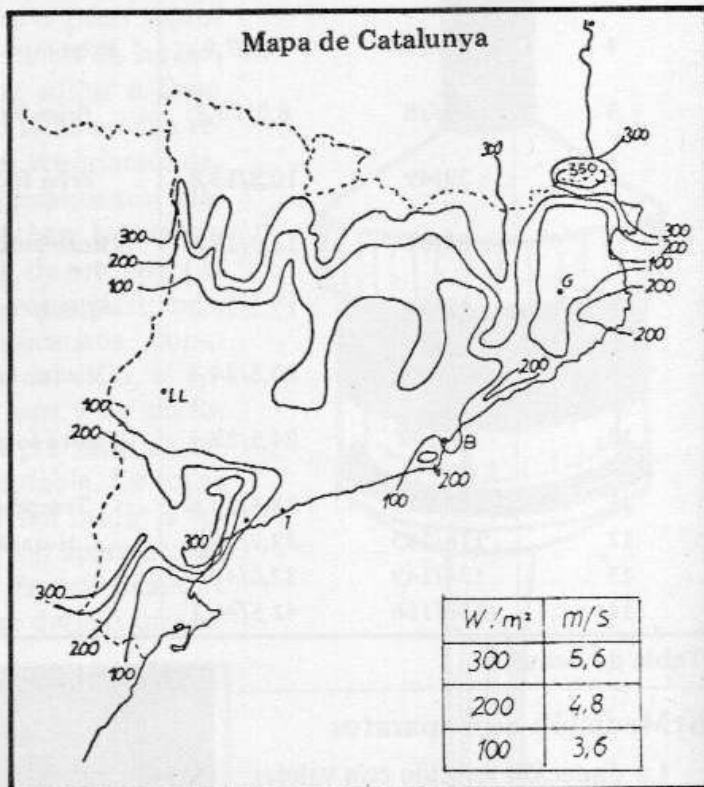
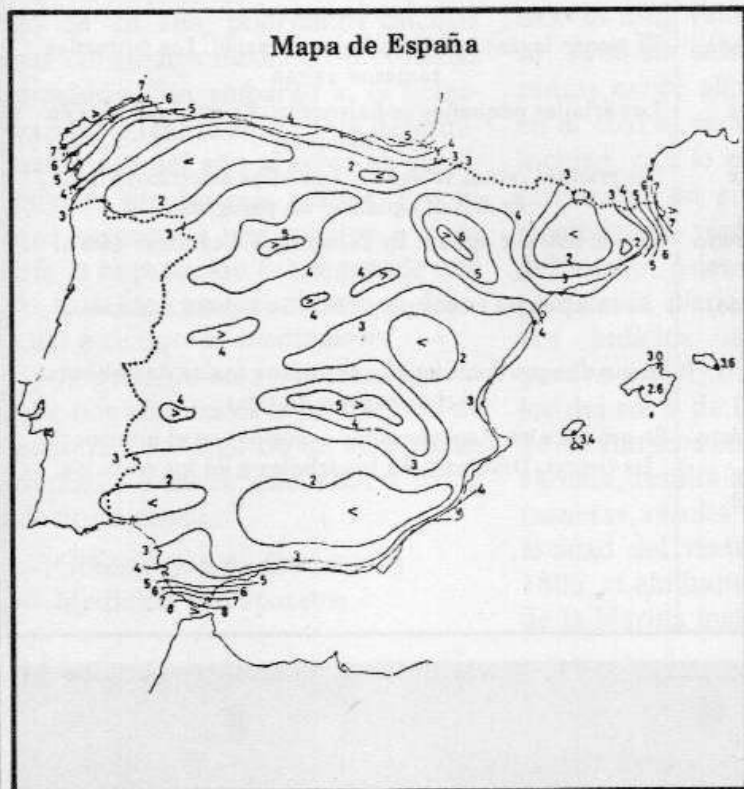


## Mapas de vientos

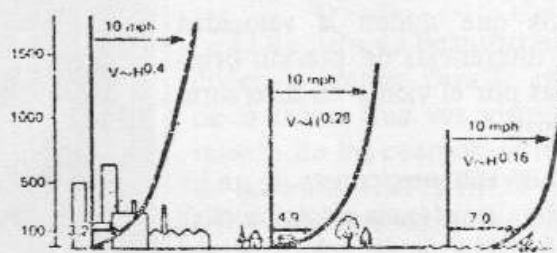
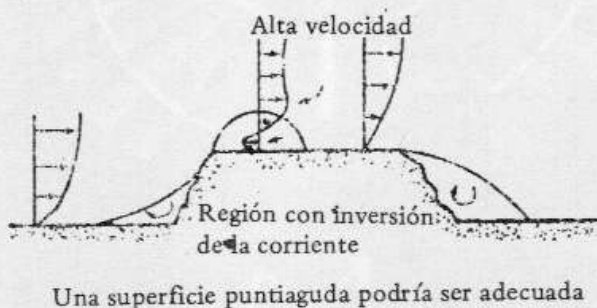
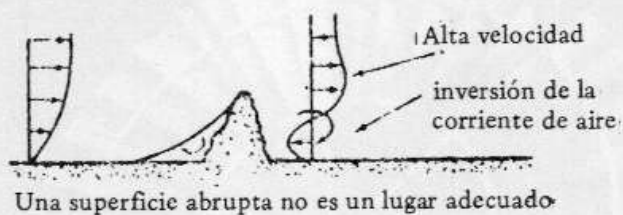
Los servicios Meteorológicos elaboran mapas sobre cada región que investigan.

A partir de las velocidades medias diarias calculan la velocidad media mensual y la velocidad media

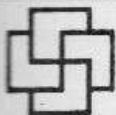
anual. Esta última es la de más valor y la representada gráficamente.



## INFLUENCIA DE LA SITUACION FISICA EN EL RENDIMIENTO DE UN MOLINO



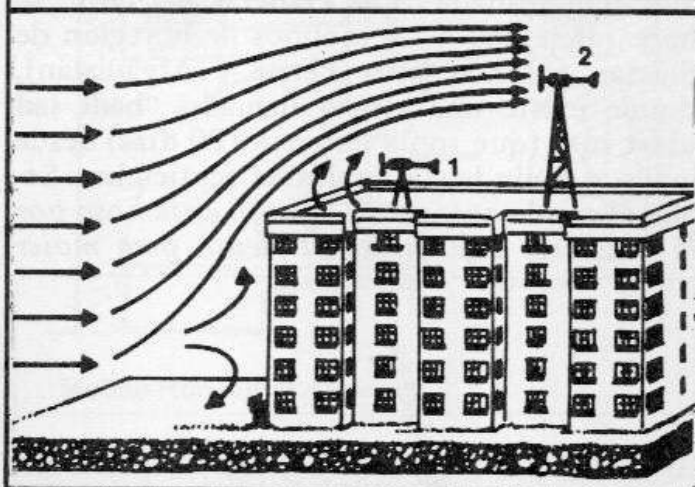
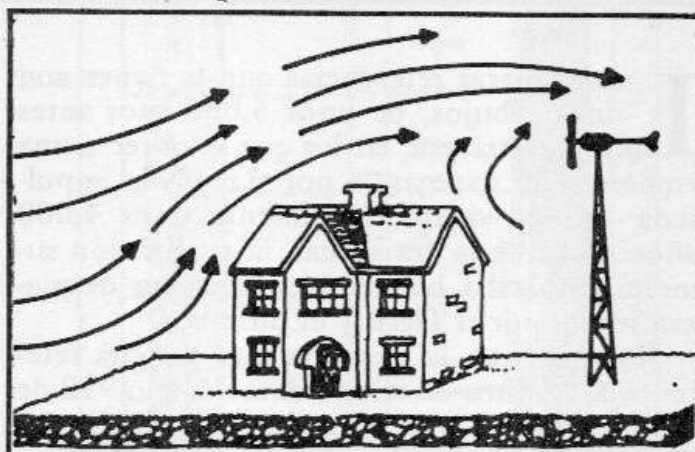
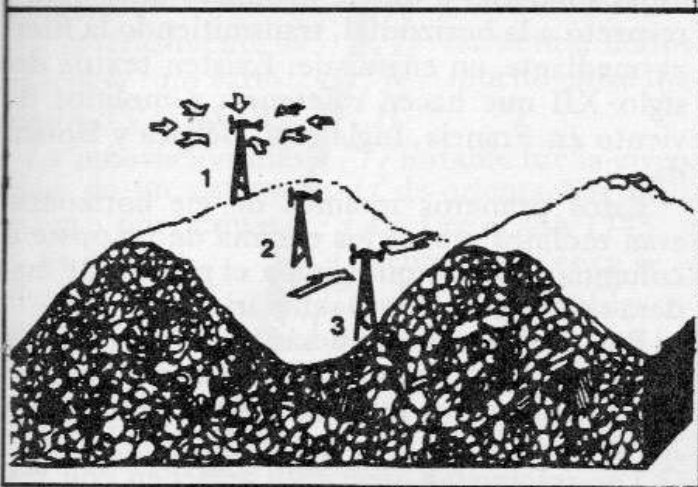
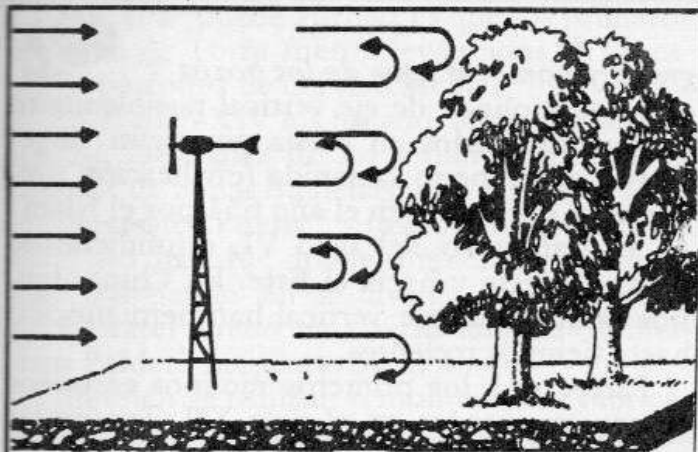




# INFLUENCIA DEL TERRENO SOBRE LA VELOCIDAD DEL VIENTO



Al atravesar un obstáculo natu-  
ral, la velocidad del viento varía tal  
como apreciamos en la figura.



# orígenes de la energía Eólica

Las primeras referencias que se tienen son unos dibujos, de unos 5.000 años antes de nuestra era, en los que se observa una embarcación navegando por el río Nilo impulsada por el viento. Igualmente unos 4.000 años antes de la era actual, la civilización sumeria empleaba barcos de vela en sus desplazamientos por el Tigris y el Eufrates.

No obstante, la mención más antigua referente a molinos de viento data del año 912 de la era actual. En la obra del autor árabe Al-Mas'udi, titulada *"Las Praderas del Oro"* se hace referencia a los molinos de la región de Sijistan (situada entre Persia y Afganistán), donde existe un viento llamado *"badi sad ubist ruz"* (que sopla durante 120 días) desde mayo o junio hasta finales de septiembre. Según el citado autor: *"El Sijistan es famoso por la industria que utiliza el viento para moler*

*grano y bombear agua de los pozos"*.



Estos molinos de eje vertical posiblemente fueron inventados en Persia por algún *"ingeniero"* del imperio sassanida (civilización preislámica, derrotada en el año 651 por el Islam) en el transcurso del siglo VI, difundiéndose hacia el Oeste y hacia el Este. En China algunos molinos de eje vertical han permanecido hasta tiempos recientes.

Parece que los primeros molinos europeos fueron inventados en el siglo XII. Tenían las aspas solidarias a un eje inclinado unos 8-15° respecto a la horizontal, transmitiendo la fuerza mediante un engranaje. Existen textos del siglo XII que hacen referencia a molinos de viento en Francia, Inglaterra, Bélgica y Holanda.

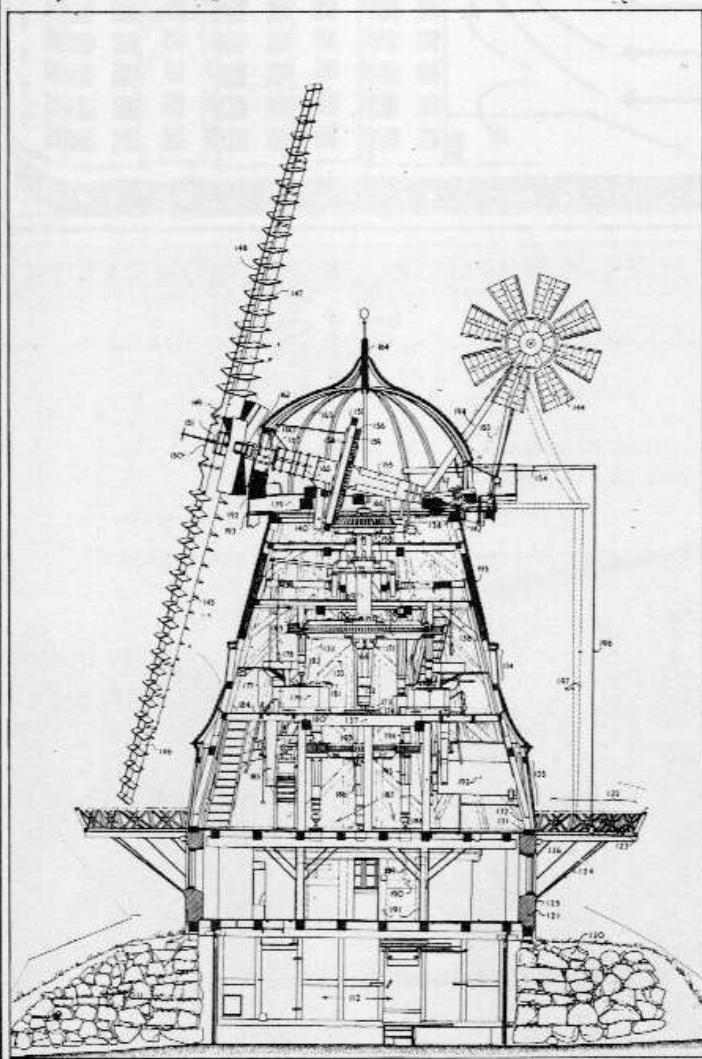
Estos primeros molinos de eje horizontal eran molinos montados encima de un poste o columna sobre el que giraba el recinto de madera que contenía la maquinaria.

Posteriormente se desarrollaron los molinos de trípode, reproducidos en muchas pinturas de maestros flamencos durante los siglos XV al XVII.

Las referencias que hoy se tienen con respecto a los molinos de Torre son más modernas que las de los molinos de eje vertical y de los de poste, no estando clara la relación entre las Cruzadas y la expansión de los molinos de eje horizontal en Europa.

La referencia más antigua que se tiene de los molinos del área mediterránea data del Califato de Córdoba (s. X). El erudito Lévi Provençal en su obra *"La España Musulmana del siglo X. Instituciones y vida social"* dice: *"Los molinos eran numerosos en el campo, los había de viento y, sobre todo, de agua en los ríos..."* En *"La descripción de la Península de Ibn' Abs al- Mun'im al Himyari"* se dice: *"una de las curiosidades de Tarragona consiste en los molinos de viento que fueron montados por los antiguos, que funcionan cuando sopla el viento y paran cuando cesa"* (se refiere al siglo X).

En el siglo XIV (1330) el Arcipreste de Hita, en su *"Libro del Buen Amor"* dice: *"facen con mucho viento andar las atahonas"*. También autores árabes hablan de *"Tahuna"*





para referirse a los molinos de Sijistan, y algunos autores deducen que los molinos de Castilla fueron realizados por los árabes (?). Lo que sí se puede afirmar es que los primeros molinos de Torre fueron levantados en los oscuros períodos de la Edad Media.

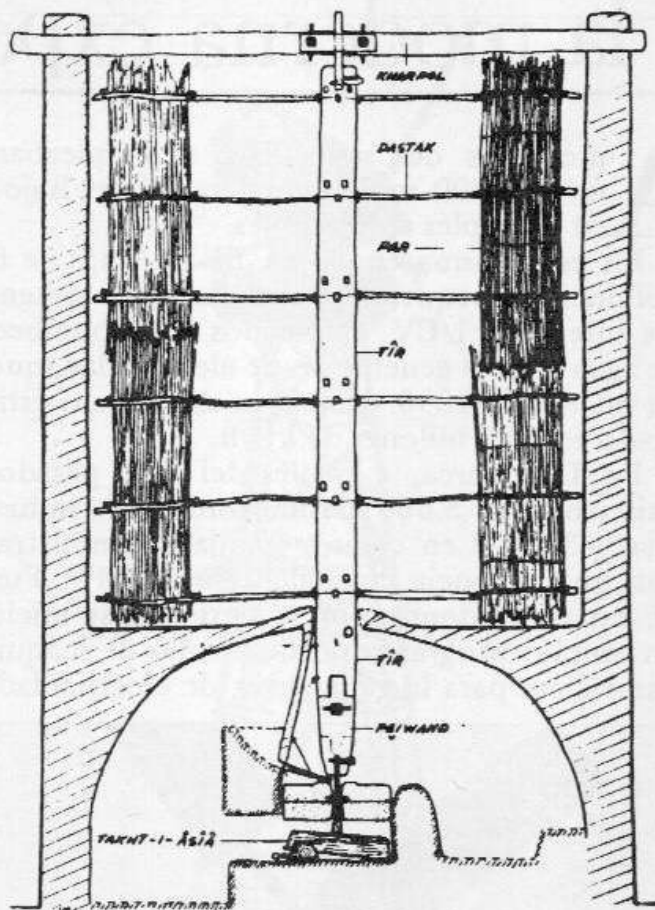
En el siglo XIV los holandeses desarrollaron mucho la técnica de los molinos, aplicada al drenaje de zonas húmedas: entre 1608 y 1620 el "Beemster Polder" situado 3 m. debajo del nivel del mar fue drenado mediante 26 molinos trabajando en 2 niveles. Un ingeniero, Leehgwater drenó en cuatro años el "Schermer Polder" mediante 50 molinos.

También se utilizaron molinos para fabricar aceite, pasta de papel y en la industria de la madera.

Prácticamente la estructura de los molinos no varió mucho entre los siglos XV y XVIII.

La innovación más notable fue la invención de un sistema automático por Eduard Lee el año 1745.

En la península Ibérica se desarrollaron innumerables variantes de molinos de Torre, los



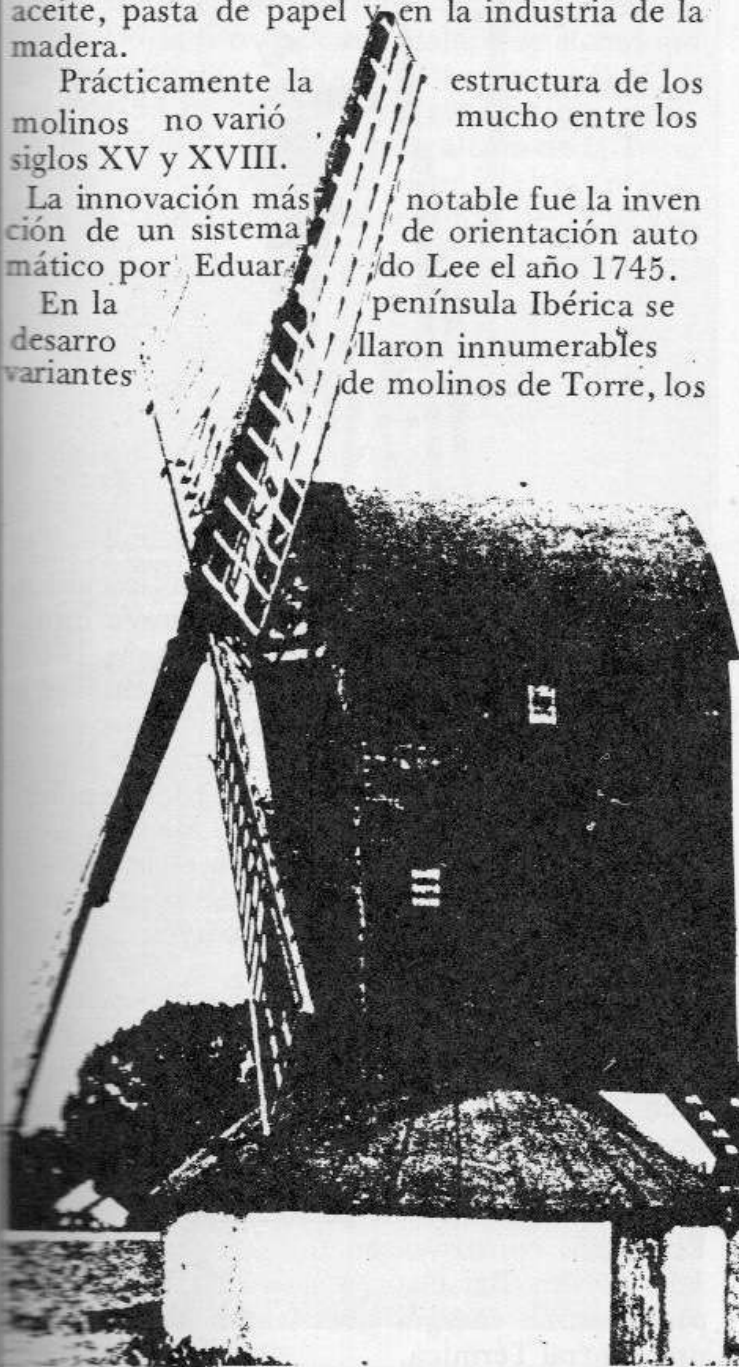
Molino Horizontal Afgano.

de la Mancha, los de Andalucía (Huelva y Cartagena), los de las Baleares, etc.

De la gran cantidad de molinos que existieron, quedan contados ejemplares en la actualidad. Pero aún son muchos menos los reconstruidos que permiten ver el funcionamiento de aquellos ingenios, que aprovechando la energía del viento, desarrollaron un trabajo útil a la sociedad.

En cambio, en muchos países europeos (Inglaterra, Holanda, etc.) muchos molinos se han preservado de la destrucción, reconstruyéndolos y manteniéndolos en funcionamiento.

Incluso existen en algunos de ellos, importantes sociedades de amigos de los molinos que velan constantemente por su salvaguarda.



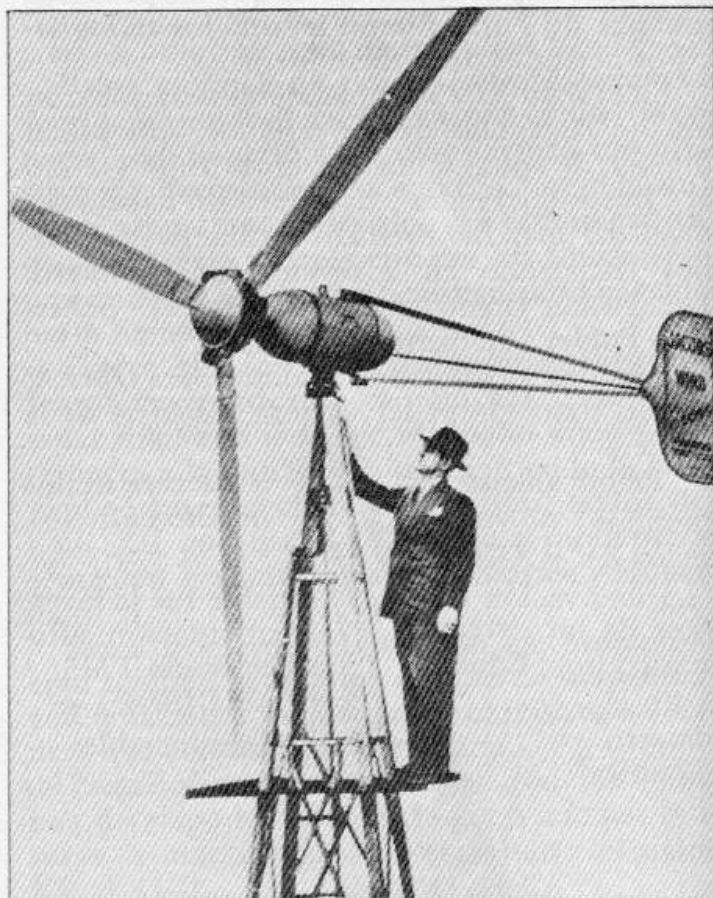
Molino de Pitstone (1627) Inglaterra.

# la moderna experiencia del viento

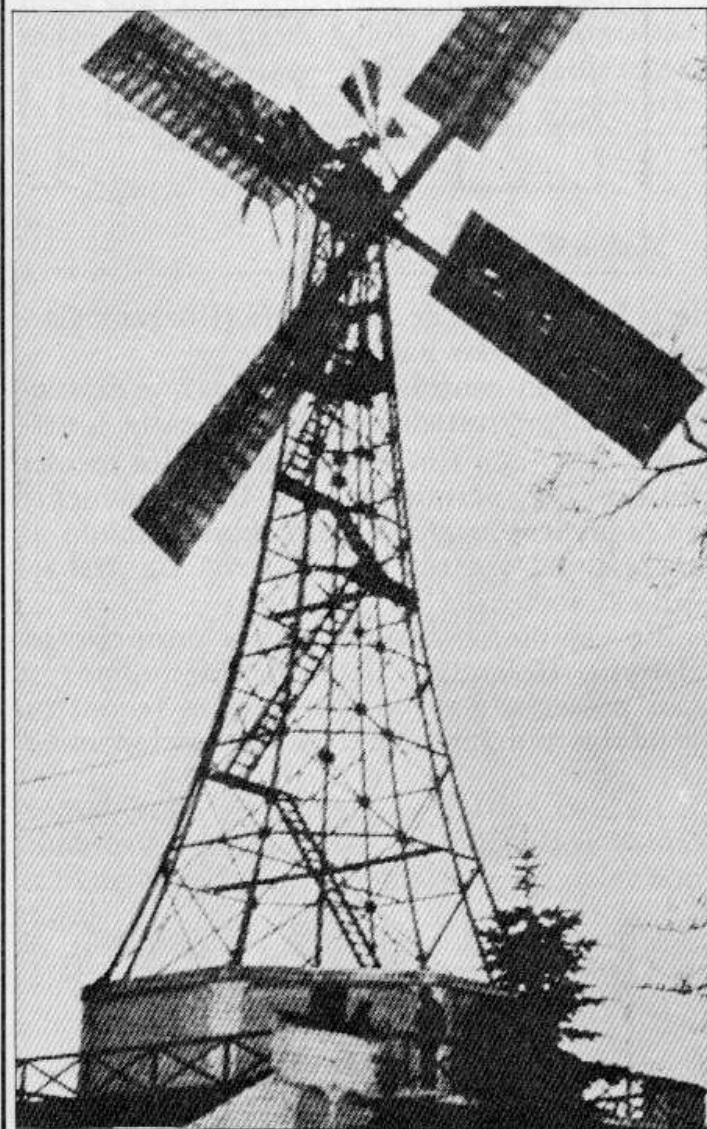
**A** mediados del siglo XIX se empleaban unos 9.000 molinos en los Países Bajos en múltiples aplicaciones.

En esta misma época en EE.UU más de 6 millones de pequeños aeromotores de potencia inferior a 1 CV, empleados en el bombeo de agua y en la generación de electricidad, que ya en el año 1890 realizaban un trabajo estimado en 1,04 billones de kw/h.

En Dinamarca, a finales del siglo pasado, existían unos 3.000 aeromotores en la industria y 30.000 en casas y granjas. Suministraban una potencia equivalente a 200MW. Fue en este país donde por vez primera se inició un amplio programa de desarrollo de máquinas eólicas para la generación de electricidad.



Aerogenerador Jacobs (1931-1957)



Molino experimental de Askov (Dinamarca)

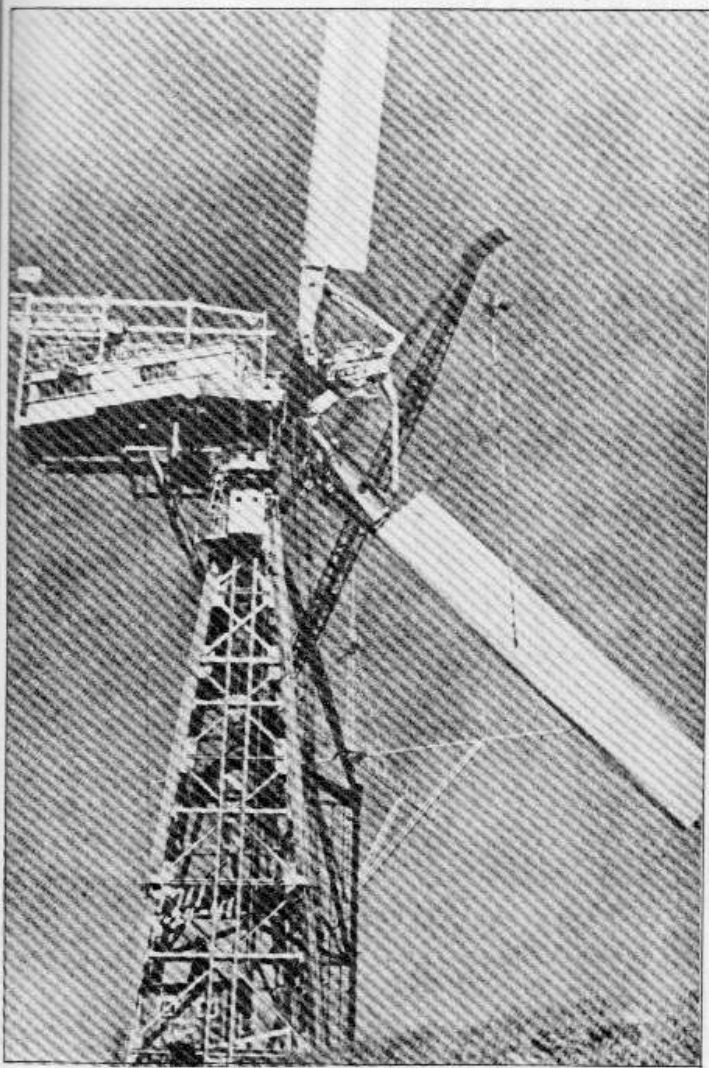
En el año 1891 el Profesor La Cour inició los experimentos, obteniendo los mejores resultados con rotores de 4 aspas. En el año 1902 se utilizaban centenares de aerogeneradores diseñados por La Cour; consistían en torres de 25 m. de altura, con rotor de 4 aspas de 23 m. de diámetro y con una potencia comprendida entre 5 y 25 kw. En el año 1918, de 418 estaciones rurales de generación de electricidad, 120 la generaban eólicamente. Sólo en el año 1916, en Dinamarca, se construyeron 1300 nuevos aeromotores.

En la década de los años 30, una sociedad danesa ya comercializaba aerogeneradores de 18 m. de diámetro de aspas. Existieron también proyectos monstruo: Torres de 240 m. de altura con múltiples rotores de 160 m. de diámetro. Tal era el proyecto de Honnef que el 3er Reich Alemán nunca llegó a realizar. Los rusos construyeron un aerogenerador de 100 kw en Balaclava, cerca del Mar Negro, produciendo energía eléctrica en paralelo con una central Térmica.



De esta época son el rotor de Flettner (basado en el efecto Magnus y que fue utilizado para la impulsión de barcos, llegando a atravesar uno de ellos el Atlántico), los aerogeneradores Jacobs (ampliamente utilizados en todo el mundo), el rotor de Savonius y el rotor de Darrieus.

No obstante, el primer intento de desarrollar un gran sistema para la generación de electricidad mediante aeromotores fue realizado por Palmer C. Putnam. Su construcción comenzó en octubre de 1939, conectándolo a la red el 19 de octubre de 1941. Estaba ubicado en Grandpa's Knob. En el mes de mayo de 1945, después de funcionar intermitentemente, sufrió la rotura de una pala, y se abandonó el proyecto. Sus características eran: hélice bipala de 53 m. de diámetro, generador asincrónico de 1250 kw y 600 rpm, altura de la Torre 36 m. Con un viento de 15 m/s, el rotor giraba a 28 rpm, dando una potencia de 1250 kw.



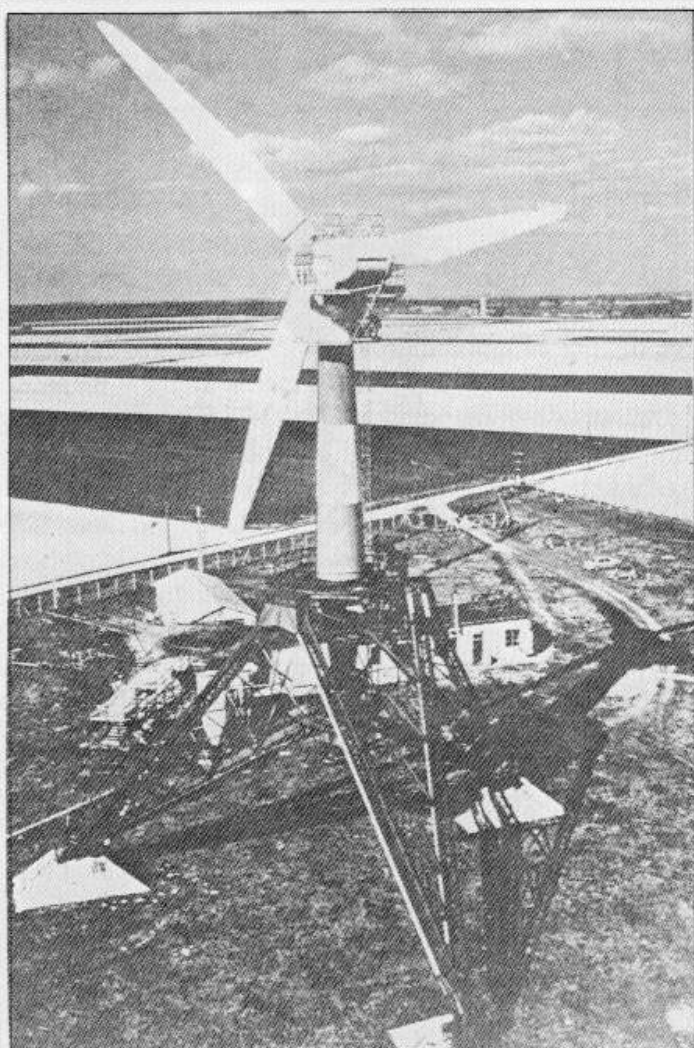
Aerogenerador Putnam



Aerogenerador de Costa Hill (Okney) 100 Kw.

En Dinamarca, acabada la 2ª Guerra Mundial, J. Juul, continuó las investigaciones iniciadas por La Cour, instalando un aerogenerador (7,5 m. de diámetro de palas y 13 kw.) en la isla Zealand (1950). También en la isla de Bogø, y a partir de un aeromotor existente, se instaló un aerogenerador Tripala (diámetro 13,5 m y 45 kw.) conectado a la red que funcionó durante mucho tiempo. En 1956 comenzó la construcción de una unidad experimental de 200 kw. de Gedser (tripala, diámetro 84 m. Torre de Hormigón de altura 25 m.) Estuvo funcionando desde 1959 hasta 1967, suministrando 2.242.000 Kw/h. No obstante, a partir de 1965 se abandona en Dinamarca la utilización de la energía eólica hasta épocas muy recientes.

En Inglaterra, en la década de los 50, bajo la dirección de E. Golding se desarrolla un amplio trabajo sobre generación eólica de electricidad. Se instaló un aerogenerador de 100 kw. al norte de las islas Orkney. Funcionó hasta



Aerogenerador Best-Romani Nogent-le-Roy

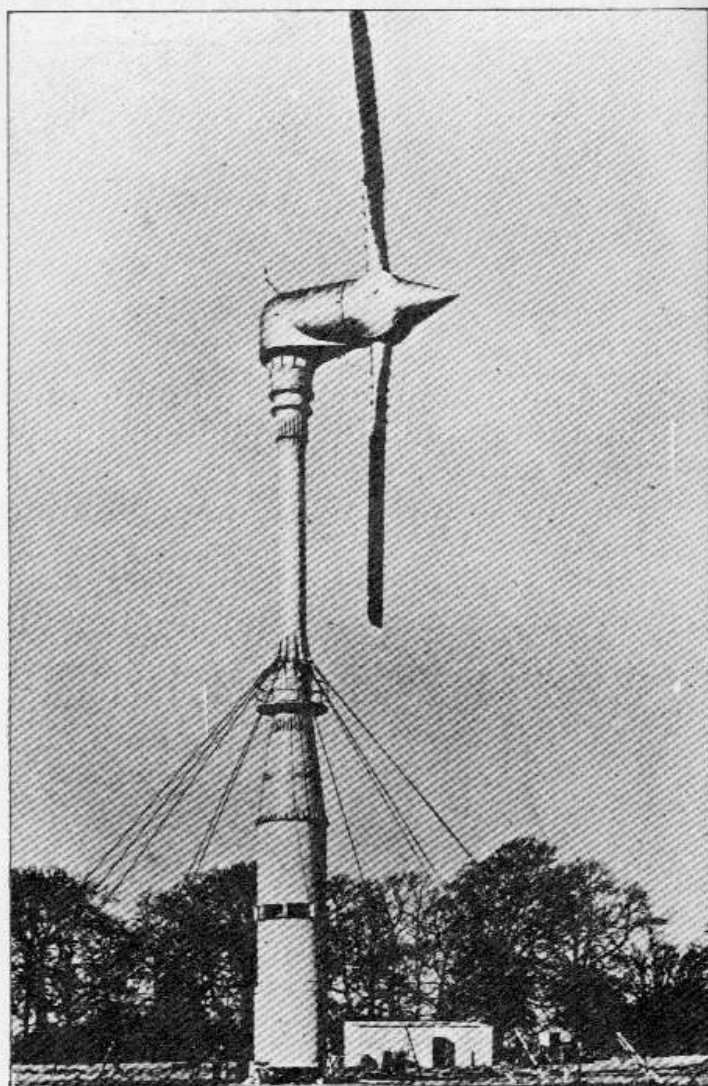
1955 conectado a la red y en paralelo con grupos electrógenos. Se había previsto la realización de una máquina de 250 kw. que nunca llegó a realizarse. También en el año 1950 la compañía inglesa Enfield inició la construcción del aerogenerador diseñado por el francés Andreau. Más tarde (1957) se instaló en Grand-Vent (Argelia) funcionando con un rendimiento del 20 por ciento.

En Francia entre 1947 y 1966 se realizaron grandes esfuerzos para conocer el potencial eólico y la estructura del viento entre 0 y 100 m. Se desarrolló un tipo especial de anemómetro y se dibujó el mapa eólico de Francia. Además se construyeron varios prototipos: El Best-Romani (800 Kw, diámetro 30 m.) en Nogent-le-Roi, los dos aerogeneradores Neyrpic de 132 y 1000 kw Saint-Remy-des-Landes. También en este país se desarrollaron pequeños aerogeneradores (las eólicas de J. B. Morel, la eólica instalada en Fressinades, etc.), pero el programa eólico fue abandonado por EDF, debido a que la crisis energética, previs-

ta por sus expertos para los años 60, no se vislumbraba.

También los alemanes se preocuparon de la energía eólica. Acabada la 2ª Guerra Mundial, la empresa Allgaier construyó numerosos aerogeneradores de 8 kw Tripales. Pero fue bajo la dirección del profesor Ulrich Hutter, cuando se perfeccionaron en gran manera los diseños de aeromotores para la generación de electricidad. Desde 1950 hasta 1960 se desarrollaron máquinas de 10 a 100 kw, con rotors ultraligeros que giraban a velocidad constante, con palas que variaban su ángulo de inclinación, construidas con fibra de vidrio y plástico. La mayor, ubicada en Stötten, funcionó desde 1957 hasta 1968.

A pesar de los buenos resultados obtenidos, estos proyectos fueron abandonados en todos los países, pues decían que la energía eólica no podía competir con la generación de electricidad por medio de centrales térmicas.



Aerogenerador Enfield-Andreau (St. Albans) 100 Kw.



## I. Programa de investigación energética

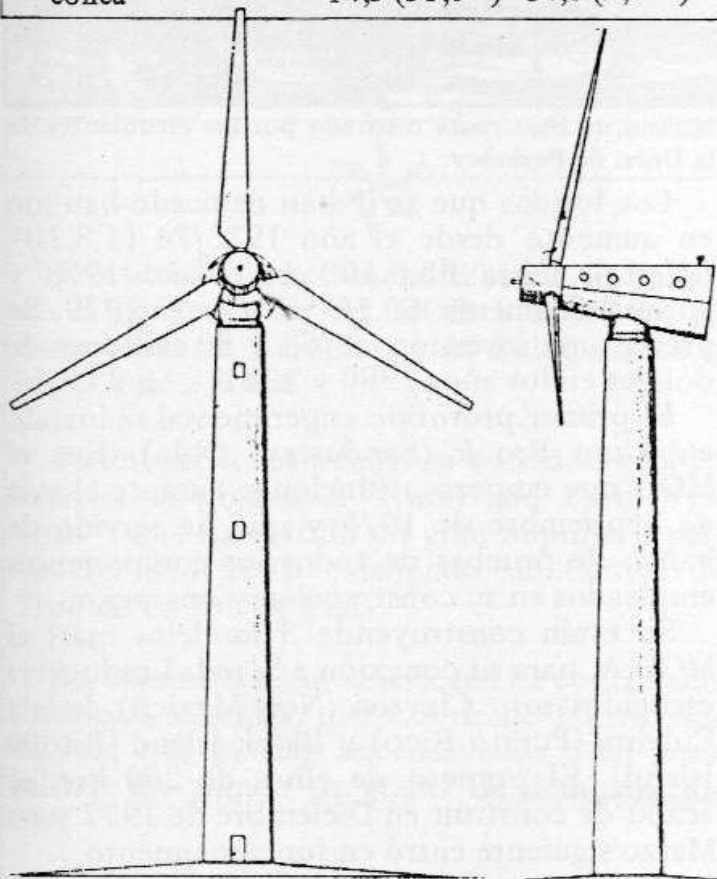
El Ministerio de Comercio desarrolla desde marzo de 1976 un programa energético que consta de dos fases de una duración de 5 años.

— 1ª fase (1976/77 hasta 1979) tiene una subvención de 45,3 millones de Coronas Danesas (KD) y abarca una serie de estudios específicos para todos los sectores energéticos.

— 2ª fase (1977/78 hasta 1982) con una subvención de 150,9 millones de KD es una continuación de la 1ª fase.

Las partidas destinadas al estudio y ensayo de la tecnología eólica son las siguientes:

	1ª fase	2ª fase
	Mill. KD	Mill. KD
	(% del total)	(% del total)
5. Estación experimental para pequeños y medianos aerogeneradores	—	5 (3,3 )
6. Desarrollo de grandes centrales de energía eólica	14,3 (51,6 )	14,1 (9,3 )



Dentro del punto 6 se ha construido y puesto en servicio en el mes de Octubre de 1979 en la región de Nibe (Jutlandia) dos aerogeneradores de gran potencia (630 kw) con una producción anual esperada de 1,5 Gw-h cada uno y con un coste de 13 millones de coronas para las dos máquinas.

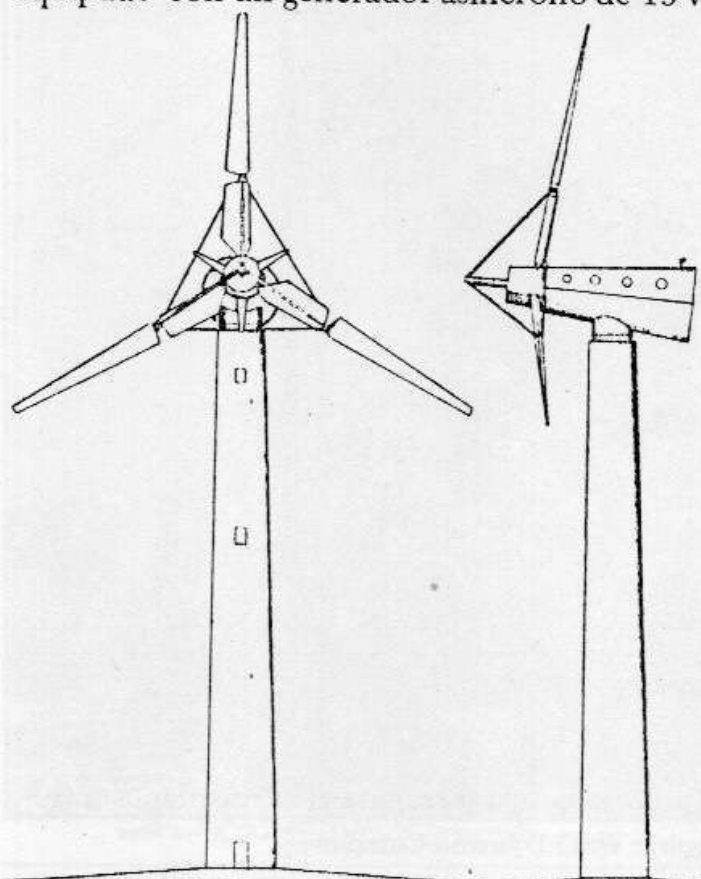
## II Estación de ensayos para pequeños y medianos aerogeneradores

En la región de Roskilde en la isla de Seeland se encuentra el Ris National Laboratory, donde se ubica la estación de ensayo.

Con un presupuesto de 5 millones de Coronas se inició el proyecto en Junio de 1978. Los aerogeneradores se instalaron en Mayo del 79. La duración total pretende ser de 3 años.

La capacidad de la estación es de 6 aerogeneradores. Las pruebas sirven para resolver y conocer los problemas de la captación de energía por parte de los aeromotores, la seguridad de funcionamiento y mantenimiento así como el diseño, la construcción, perfeccionamiento de los aparatos, etc.

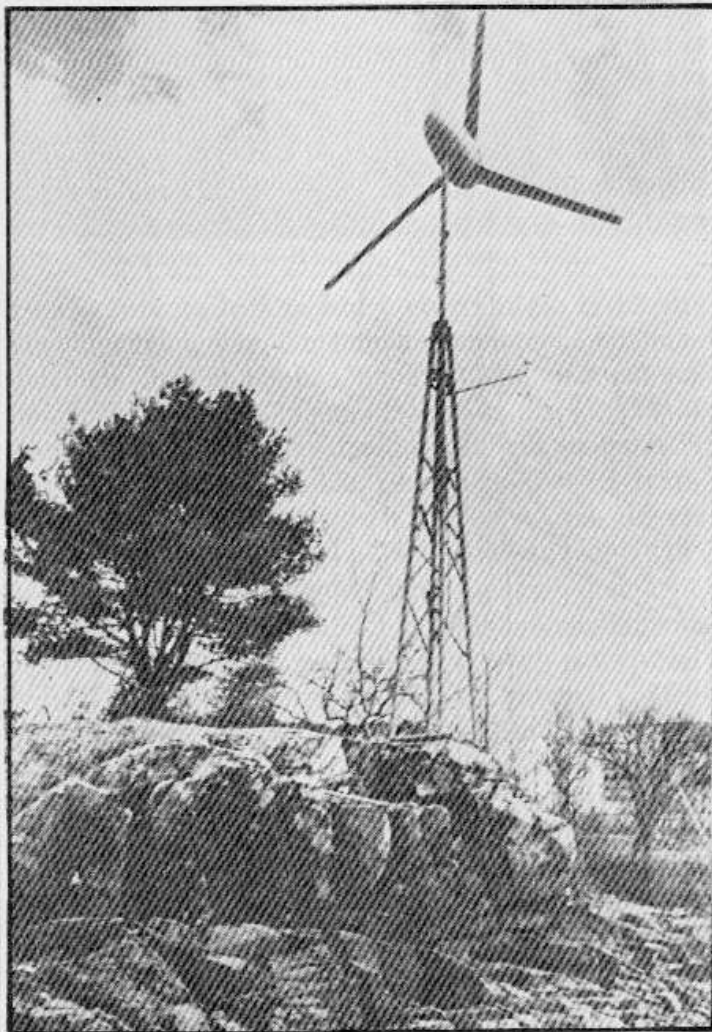
El primer aerogenerador ensayado fue el fabricado por la Dansk Vindkraft Industri ApS equipado con un generador asincrono de 15 w.



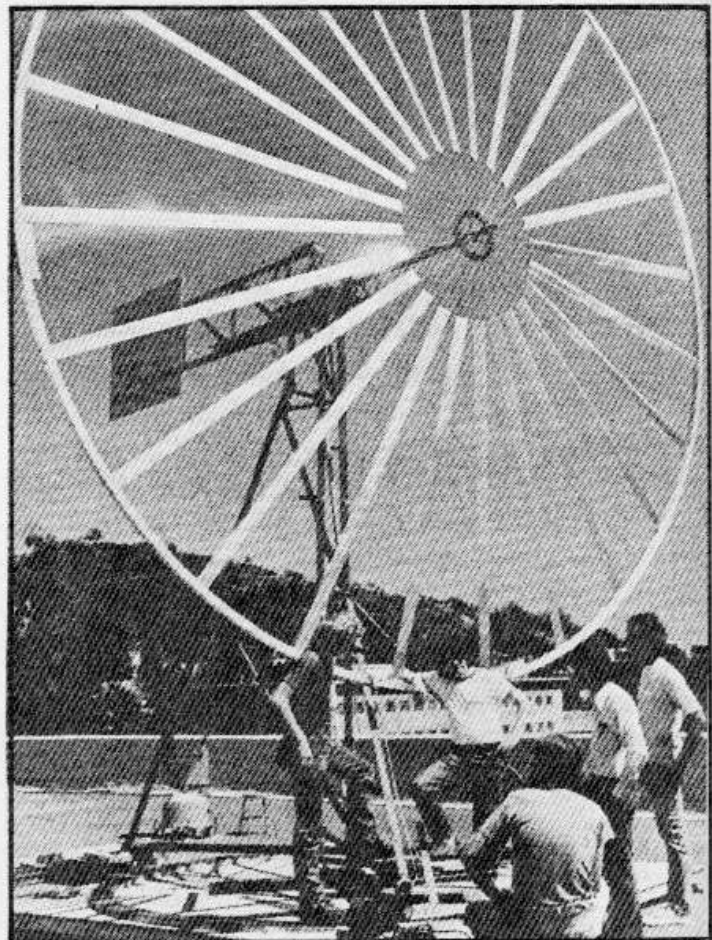
El programa de Investigación de la Energía Eólica, que es una parte del Programa de Energía Solar del "Researchs Applied to National Needs", se inició durante el año 1973.

En el transcurso del mes de Noviembre de 1974, la NASA y la NFS (General Electric y Kaman Aerospace) anunciaron los contratos que se habían firmado con empresas privadas para el diseño de aeromotores generadores de electricidad.

Dicho Programa, bajo la dirección y gestión del Centro de Investigación Lewis de la NASA (Cleveland, Ohio), prevé el desarrollo de grandes sistemas eólicos: desde 100 kw hasta 3000 kw.



Zephyr Wind Dynamo Company



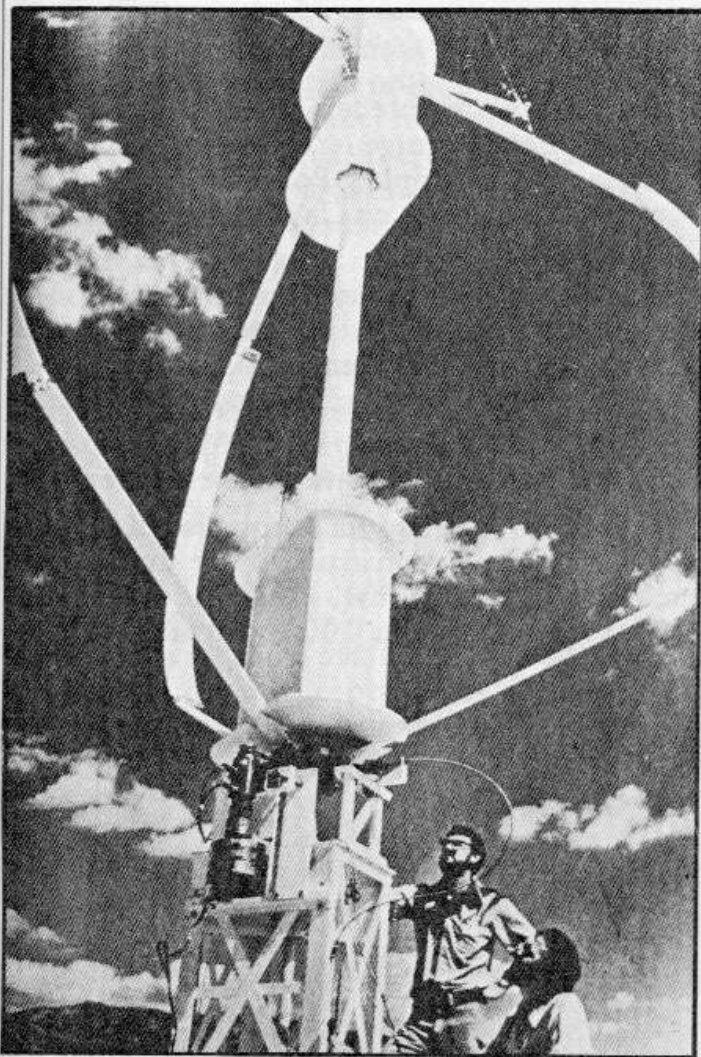
Molino de bajo coste diseñado por los estudiantes de la Univ. de Berkeley.

Los fondos que se le han dedicado han ido en aumento desde el año 1973/74 ( $1,8 \cdot 10^6$  dólares), hasta  $33,6 \cdot 10^6$  en el año 1978 y aproximadamente  $60 \cdot 10^6$  en el año 1979. Se prevé una inversión de 63 y 80 millones de dólares en los años 1980 y 1981.

El primer prototipo experimental se instaló en Plum Brook (Sandustey, Ohio). Era el MOD que empezó a funcionar durante el mes de Septiembre de 1975 y que ha servido de banco de pruebas de todos los componentes empleados en su construcción y operación.

Se están construyendo 3 modelos más, el MOD A, para su conexión a la red. Los lugares escogidos son: Clayton (New Mexico), la isla Culebra (Puerto Rico) y Block Island (Rhode Island). El primero de ellos, de 200 kw, se acabó de construir en Diciembre de 1977 y en Marzo siguiente entró en funcionamiento.





VANT de palas segmentadas

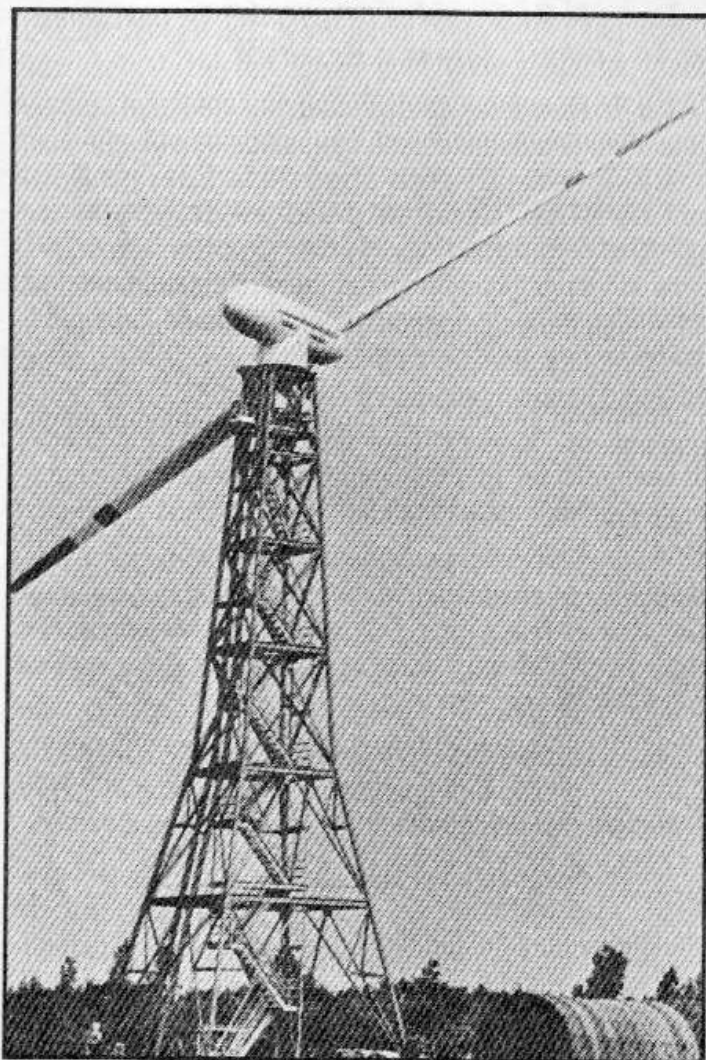


Por otro lado, la General Electric, ha acabado la construcción del MOD 1 de 2 MW, en Boone (North Carolina) y la Boing diseña el MOD 2 de 2,5 MW.

Referente a los pequeños sistemas, está en marcha el programa "Rural and Farm Systems", que ha sufrido un gran impulso a partir del año 1976 existiendo un Centro de Pruebas en Rocky Flats.

La administración americana ha contratado múltiples sistemas, que van desde 1 kw hasta 40 kw, que pueden ser ensayados y así posibilitan un amplio programa de demostraciones.

Tradicionalmente ha sido en EE.UU donde más sistemas eólicos pequeños se han desarrollado. Empezando por los excelentes Jacobs, la lista es casi interminable: Zephyr (15 kw-5 kw), Windworks (8 kw), Wind Power Systems (4 kw), Windco (200w), Sencenbaugh (500 y 1000w), Cycloturbine (2 - 4kw), North Wind Power (recupera los aerogeneradores Jacobs de los años 1931-1956), Kedco (1200 y 1600 w), Helion (publica y vende los planos de "12/16 Footer"), Grumman (20 y 28 kw), Edmund Wind Wizard (600 w), American Wind Turbine (2kw), Amerwalt (1,5 y 2,5 kw) Aero Power (1000 w), etc.



NASA - 9



## I. EL PROGRAMA EOLICO EN CANADA

El principal rasgo a destacar es que Canadá ha dirigido todos los esfuerzos en el campo de la energía eólica, al desarrollo de totos tipo Darrieus de eje vertical. Vienen investigando en ellos desde el año 1965.

Después de algunos años de investigaciones el "National Research Council" adjudicó un proyecto de diseño y construcción de un rotor de Darrieus de 1 kw a la empresa DAF Indal Ltd. (Mininauga, Ontario).

De hecho, la energía eólica en el Canadá recibió el espaldarazo oficial hace unos dos años y medio (a mediados de 1977) con la formación de las Ramas de Conservación de Energía y Energía Renovables dentro del Departamento de Energía, Minas y Recursos.

La influencia de los fondos dedicados por este Departamento se hizo sentir rápidamente, posibilitando un gran auge de la Energía Eólica. La DAF Indal propuso el desarrollo de grandes máquinas, la Hydro Quebec (productora de energía eléctrica) mostró su interés en las mismas, como resultado se instaló una gran máquina en la Isla Magdalena.

Durante el año 1977, varias empresas mostraron su interés por las máquinas eólicas, planteándose el problema de escoger un tamaño para las máquinas experimentales.

Escogieron la gama de 50 kw, con un objetivo muy concreto: desarrollar un programa de demostraciones y dejar las máquinas en manos de las compañías eléctricas para que se familiarizasen con su uso.

La primera de ellas se instaló en Hollywood (junio 1978), la segunda fue instalada por Saskatchewan Power Corp. poco tiempo después.

Paralelamente al desarrollo de este programa experimental, se realizó un programa de medidas con la finalidad de conocer el potencial eólico del Canadá.

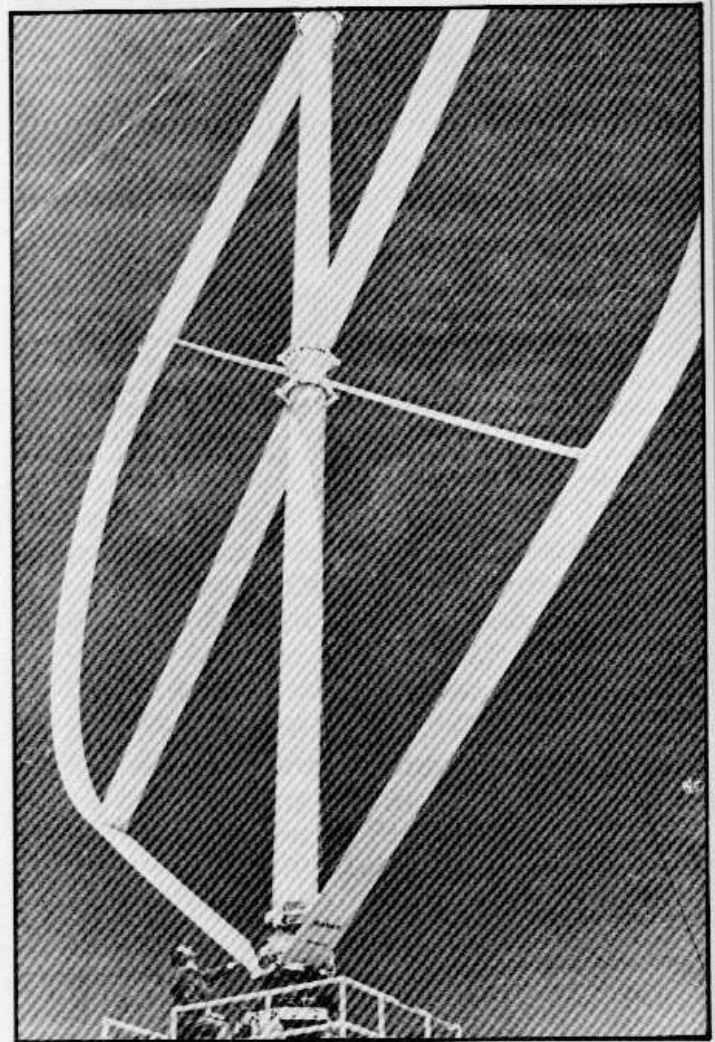
Recientemente una máquina de 230 kw, la mayor desarrollada en Canadá, se ha erigido en la Isla Magdalena, en substitución de la que fue derribada por el viento en julio de 1978 y que la Hydro Quebec utiliza para estudiar los problemas de conexión de la red.

Durante el presente año se pondrán en marcha dos nuevos aerogeneradores de 50 kw: la primera en Christopher Point (al sur de Vancouver) y la segunda en Churchill (Manitoba).

La NRC estima que a finales del presente siglo la energía eólica podrá contribuir con 5 Gigawatios, aproximadamente un 6-7 por ciento del consumo de energía del Canadá.

Otro aspecto en desarrollo es la utilización de rotores de Darrieu para complementar las centrales térmicas en comunidades remotas.

La Hydro Quebec ha aprobado ya un presupuesto para la construcción de una máquina Darrieus de 2,5 mw, suficiente para suministrar energía a una 1000 viviendas de tipo medio.



Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)



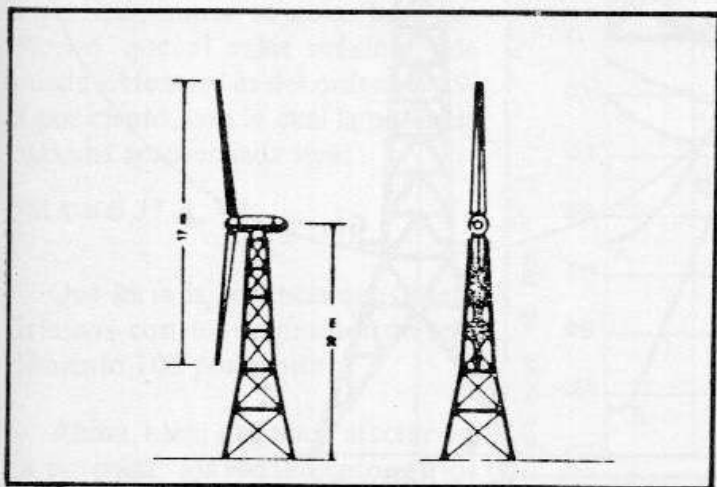
## II. Programa de pequeños aerogeneradores

Durante los dos últimos años ha estado desarrollándose todo un programa de máquinas eólicas pequeñas, comercializadas por la Bristol Aerospace y que fueron diseñados para operar en sitios aislados (sin necesidad de mantenimiento frecuente). Abarcan una gama desde 700 w hasta 2500 w y son empleadas para la alimentación de líneas telefónicas, repetidores, torres de transmisión, etc.

La ERM está actualmente dedicando fondos para el establecimiento de una Estación de Ensayos para pequeñas máquinas en la Costa Atlántica del Canadá.

Con unos fondos de 500.000 dólares, se ha formado el Instituto del Hombre y de los Recursos en la Isla del Príncipe Eduardo, cuyos objetivos son:

- ofrecer contratos a la industria para el desarrollo y diseño de pequeños sistemas eólicos.
- dar información a los consumidores y a sus organizaciones.
- servir de banco de prueba para la industria, proporcionando expertos y ayudando a los diseñadores.
- desarrollar programas de demostración.
- desarrollar programas de adquisición de datos y pruebas de la tecnología.
- certificar aparatos para la obtención de créditos y otros incentivos.



Proyecto de planta piloto eólica española

## PROGRAMA EN EL ESTADO ESPAÑOL

### La Central Española

El Centro de Estudios de la Energía, en base al desarrollo de la investigación de nuevas fuentes de energía, ha emprendido el estudio, diseño y posterior construcción de una planta piloto eólica de potencia media.

El proyecto comenzó con el estudio de la potencia eólica existente en España para lo cual, en colaboración con el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial "Esteban Terradas", se inició un análisis de datos obtenidos a partir del Instituto Meteorológico Nacional y de la extinguida Comisión de Energías Espaciales que ha permitido trazar un mapa del potencial eólico existente.

Las zonas del Noroeste, Nordeste, Levante, Sur del Valle del Ebre y el país canario, presentan excelentes condiciones para la utilización de la energía eólica, y, en particular, la zona del estrecho de Gibraltar y las islas Canarias presentan potenciales eólicos clasificados como muy elevados, como se puede apreciar en el mapa.

En base a este estudio se ha elegido en principio como emplazamiento de esta planta, la zona de Tarifa la cual parece tener buenas condiciones para la plataforma.

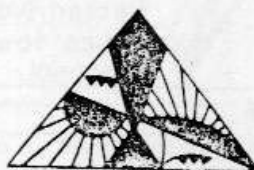
La planta tendrá una potencia de unos 110 kw, con un viento nominal de 12m/seg.

El rotor será bipala de eje horizontal de 17 metros de diámetro, paso variable y girará a 140 r.p.m.

La planta será sincrónica a la red y aportará una energía superior a los 700.000 kwh anuales estando soportada por una torre de 20 metros de altura.

En la actualidad se ha terminado el prediseño de la planta piloto y en breve se iniciará la fase de diseño y planos de fabricación y construcción de algunos elementos.

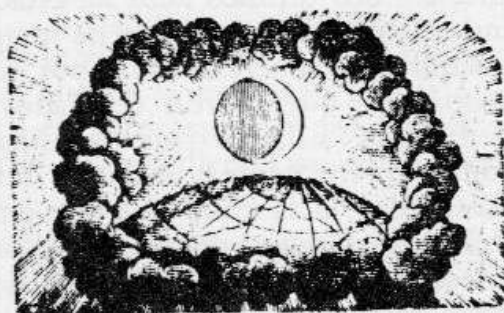
En total la duración del proyecto no pasará de dos años hasta la total conexión a la red.



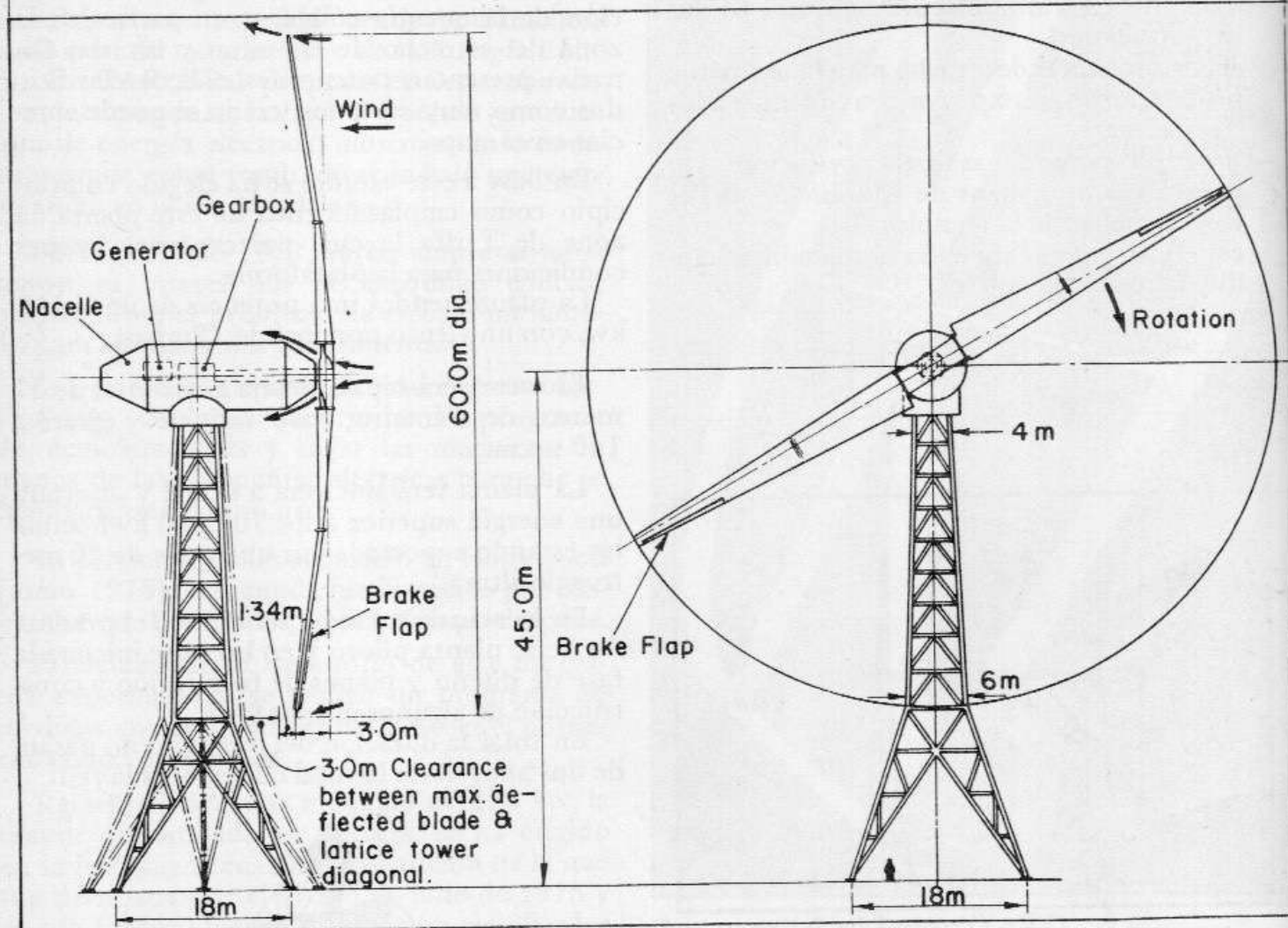
## EL PROGRAMA EOLICO EN EL REINO UNIDO

Tampoco en Inglaterra existió oficialmente ninguna preocupación por la energía eólica desde los trabajos realizados bajo la dirección de E. W. Golding en los años 50.

No obstante, durante la década de los 70, se realizaron algunas aportaciones. El Aerogenerador Elteeco, inventado por Sir Henry Lawson-Tancred (potencia 30 kw, con un diámetro de 60 pies, tripala); el Aerogenerador Vortex bipala (3,5 kw) de Natural Power Systems; los aerogeneradores de eje vertical propuestos por Peter Musgrove de la Universidad de Reading; los aeromotores oleohidráulicos de la "Wind Energy Supply Company Limited"; los proyectos realizados por el Grupo de Tecnología Alternativa de la Open University, por el Centro de Energía de la Universidad de Newcastle, por el Centro de Tecnología Alternativa del País de Gales, etc.



Recientemente se creó en Inglaterra un grupo formado por la British Aerospace, la Cleveland Bridge, la Electric Research Association, la North Scotland Hydro-Electric Board, la South of Scotland Electricity Board y la Taylor Woodrow que desarrolla dos prototipos de aerogeneradores de 60 m. de diámetro, con palas flexibles (se desplazan unos 3 m. en el extremo, con una potencia de 3,9 MW con vientos de 22m/seg.



Aerogenerador con palas de 60 m. de diámetro y una potencia de 3,9 Mw.



# cálculo de un aerogenerador

## UN MINIMO DE TEORIA PARA CALCULAR TU AEROGENERADOR

### Cálculo de potencia

Conocida la velocidad media anual podemos determinar la potencia. La energía cinética del viento es igual a:

$$E_c = \frac{1}{2} m V^2$$

donde  $m$  = masa del aire (kg.)  
 $V$  = velocidad instantánea (m/s)

La energía teóricamente recuperable por unidad de tiempo (o sea la potencia teórica) será en Watios (W):

$$P_t = \frac{1}{2} \rho A V \cdot V^2 = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

siendo  $\rho$  = densidad (1,25 kg/m<sup>3</sup>)  
 $A$  = superficie perpendicular a la corriente del aire (m<sup>2</sup>).

Desgraciadamente no se puede conseguir toda esta potencia ya que la velocidad, una vez atravesada la superficie, nunca es nula. Betz demostró que el valor máximo que puede obtenerse es del orden de 59,3 por ciento, con lo cual la potencia máxima aprovechada será:

$$PMA = 0,37 A \cdot V^3$$

Que sería la potencia que obtendríamos con un aeromotor de rendimiento 100 por ciento.

Ahora bien, debemos afectar esta potencia los rendimientos de los componentes del aeromotor.

### Rendimientos.

— Hélice	0,20 a 0,95
— Multiplicador o red.	0,7 a 0,98
— Generador eléctrico	0,8 a 0,98
— Baterías	0,6 a 0,8
— Línea	0,9 a 0,99

Lo que nos muestra que para los aerogeneradores actualmente contruidos, el rendimiento varía entre el 30 por ciento y el 70 por ciento de la potencia límite de Betz.

Mediante la tabla siguiente podemos calcular el rendimiento de los diferentes tipos de molinos, los únicos datos de que debemos disponer son la velocidad en la punta de la pala y la velocidad del viento libre.

siendo  $C_p$  el coeficiente de potencia o rendimiento respecto a la potencia teórica y  $C_d$  el coeficiente de par, la relación entre la velocidad de la punta de la pala y la del viento.

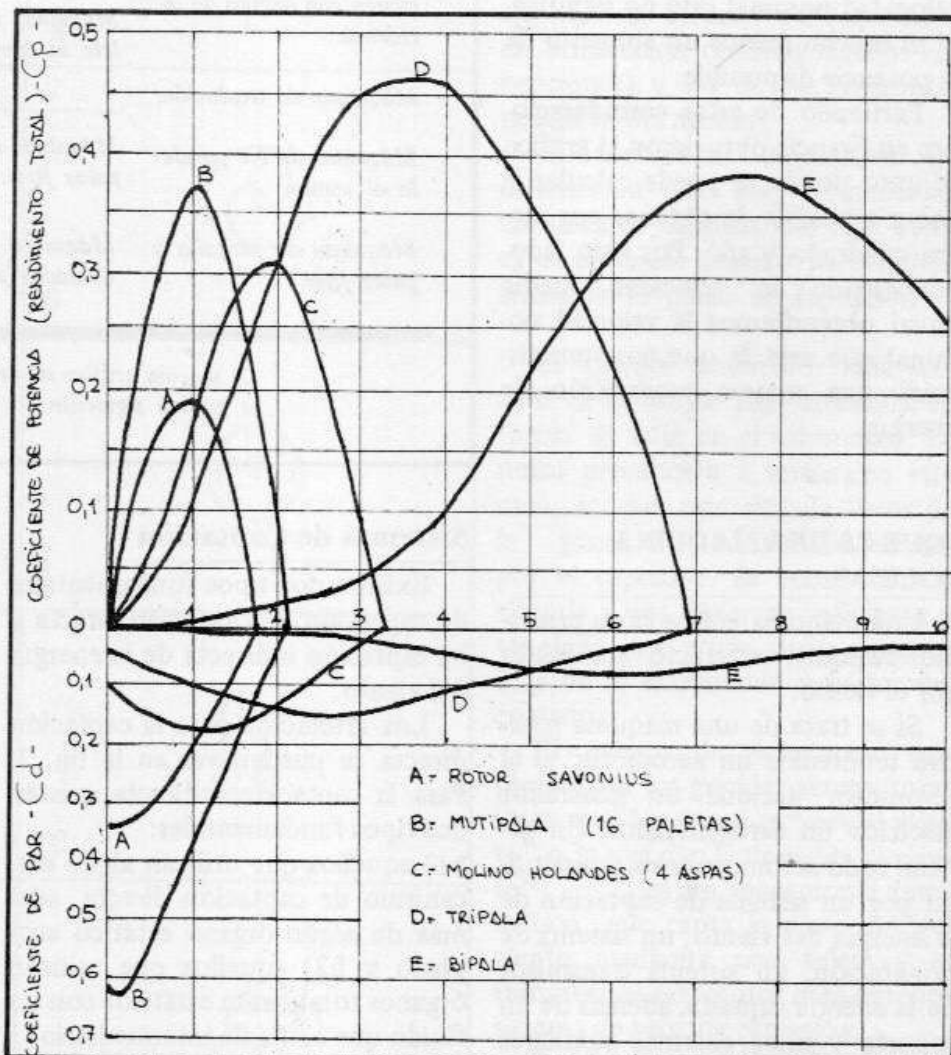
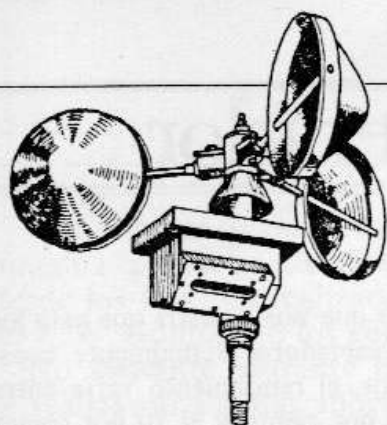


Tabla para el cálculo del rendimiento de los diferentes molinos.



## ENERGIA DE UN MOLINO

Para calcular la energía que podemos extraer del viento debemos tener en cuenta que el aeromotor estará parado para velocidades bajas y que es a partir de una velocidad dada de el viento cuando suministra la máxima potencia dicha velocidad es conocida como velocidad nominal. Aunque el viento sobrepase la velocidad nominal esto no significará ni mucho menos un aumento de la potencia disponible.

Partiendo de estas consideraciones en Francia obtuvieron el gráfico adjunto donde se puede calcular la energía posible de obtener por metro cuadrado y año. Por otro lado, conociendo la velocidad media anual obtendremos la velocidad nominal que será la que nos suministrará una mayor producción de energía.

### ¿QUE ES UNA MAQUINA EOLICA?

Una máquina eólica es en principio cualquier artefacto accionado por el viento.

Si se trata de una máquina rotativa tendremos un aeromotor; si el aeromotor acciona un generador eléctrico un aerogenerador. En general todo aeromotor está constituido por un sistema de captación de la energía del viento, un sistema transmisor de la energía captada, además de un soporte y unos sistemas auxiliares de regulación, de almacenaje, de transformación, etc.

### Captación Directa

*Desplazamiento de las palas en la misma dirección del viento.*

*Desplazamiento de las palas perpendicularmente al viento.*

### Captación Indirecta

*Organos estáticos y dinámicos.*

*Máquinas de arrastre simple.*

*Máquinas de arrastre diferencial.*

*Máquinas con variación cíclica con ángulo de incidencia.*

*Máquinas de traslación.*

*Máquinas de eje paralelo al viento.*

*Máquinas de pantalla y palas fijas.*

*Máquinas con palas articuladas.*

*Desplazamiento de las palas en la misma dirección del viento.*

*Desplazamiento de las palas perpendicularmente al viento.*

*Máquinas de arrastre simple.*

*Máquinas de arrastre diferencial.*

*Máquinas de traslación.*

*Máquinas con variación cíclica de incidencia.*

*Máquinas con eje paralelo al viento.*

*Máquinas de pantalla y palas fijas. 1*

*Máquinas con palas articuladas y topes. 2*

*Máquinas con variación cíclica de la orientación de palas. 3*

*Molino. 4*

*Máquinas de flujo transversal. 5*

*Rotor de Savonius. 6*

*Máquina tipo persiana. 9*

*Máquina de perfil oscilante. 10*

*Palas fijas. 7*

*Máquinas con palas de orientación cíclica. 8*

*Muer pala. 14*

*Mono Bi Tri pala. 13*

*Convertidores ciclónicos.*

*Máquina tipo Ciervo volante. 12*

*La sección gráfica de estos modelos la encontraremos en la página siguiente.*

### Sistemas de Captación

Existen dos tipos fundamentales de captación: a) captación directa y b) captación indirecta de la energía del viento.

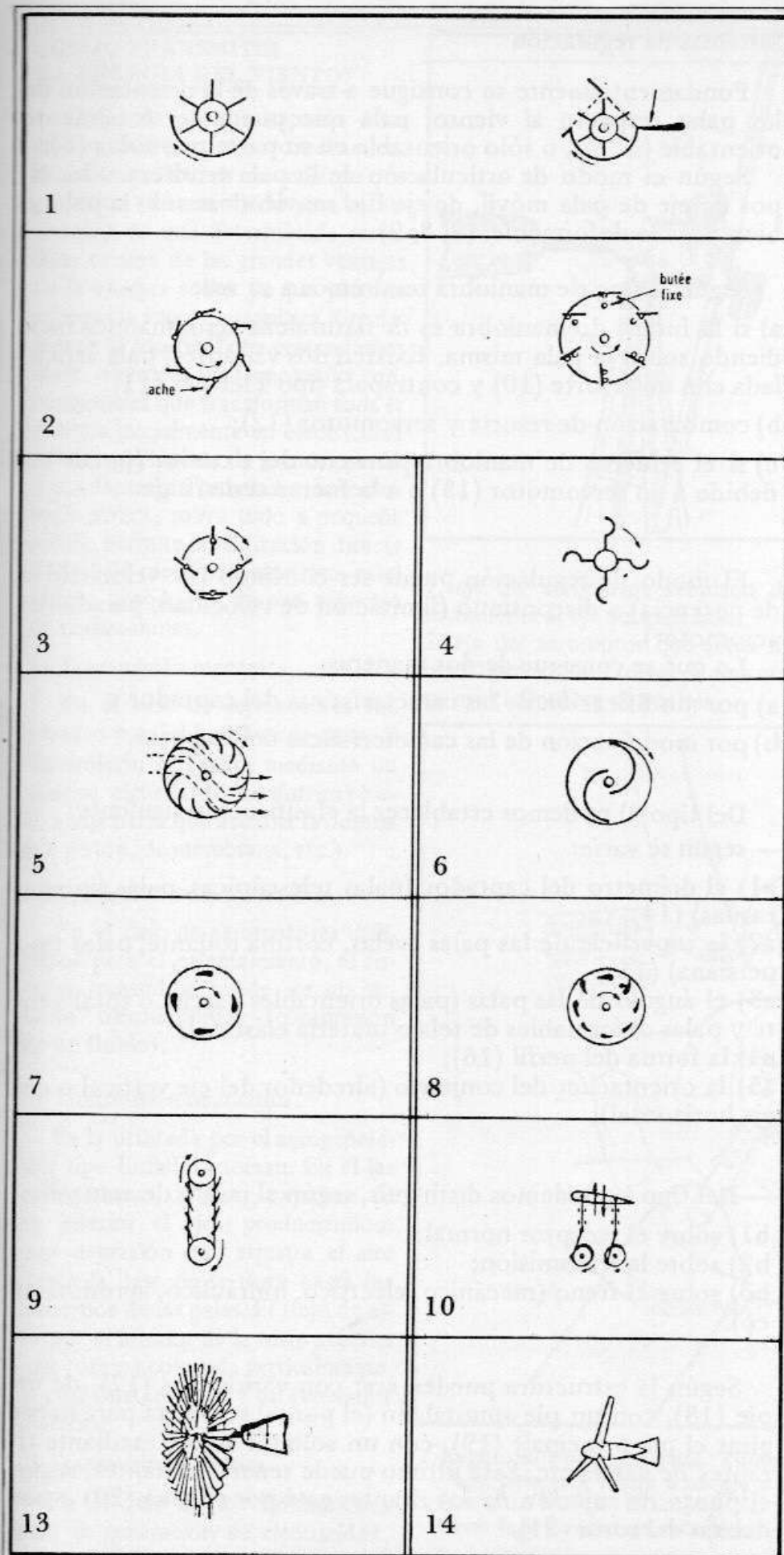
Los artefactos para la captación directa se pueden ver en la fig. 2. Para la captación indirecta existen dos tipos fundamentales:

b1) aquellos que utilizan algún mecanismo de captación directa, además de algún órgano estático acoplado y b2) aquellos que utilizan órganos totalmente estáticos con un fluido que actúa de intermediario.

Los primeros son aquellos que se basan en la utilización de difusores,

concentradores, deflectores, efecto Ventouri, etc., lo que permite un aumento de la velocidad de rotación, de la potencia y del rendimiento. En máquinas de eje horizontal tiene poco interés, pues la construcción de difusores de gran diámetro acarrea muchos problemas de inercia (fig. ) en cambio en máquinas de eje vertical resulta mucho más interesante. Este es el caso de los convertidores ciclónicos de los que actualmente existen tres propuestas: la de J. Yen (Grumman Aerospace), la de J. V. Zapata y la de E. Nazarre. Todos estos sistemas tratan de aprovechar los fenómenos de concentración energética que ex-





perimentan los flujos de aire cuando tienen que atravesar obstáculos interpuestos en su trayectoria, y los fenómenos ascensionales del aire por calentamiento. Ambos fenómenos, conjuntamente, dan lugar a un rotacional, es decir, la creación de un ciclón artificial confinado.

Un tercer sistema de captación indirecta de la energía eólica es el aprovechamiento de la energía del oleaje. Su captación no es más que la captación de la energía de los vientos marinos. El interés de la misma estriba en que, el fluido utilizado, en este caso el agua del mar, tiene una densidad mayor que la del aire.

### Sistemas de orientación

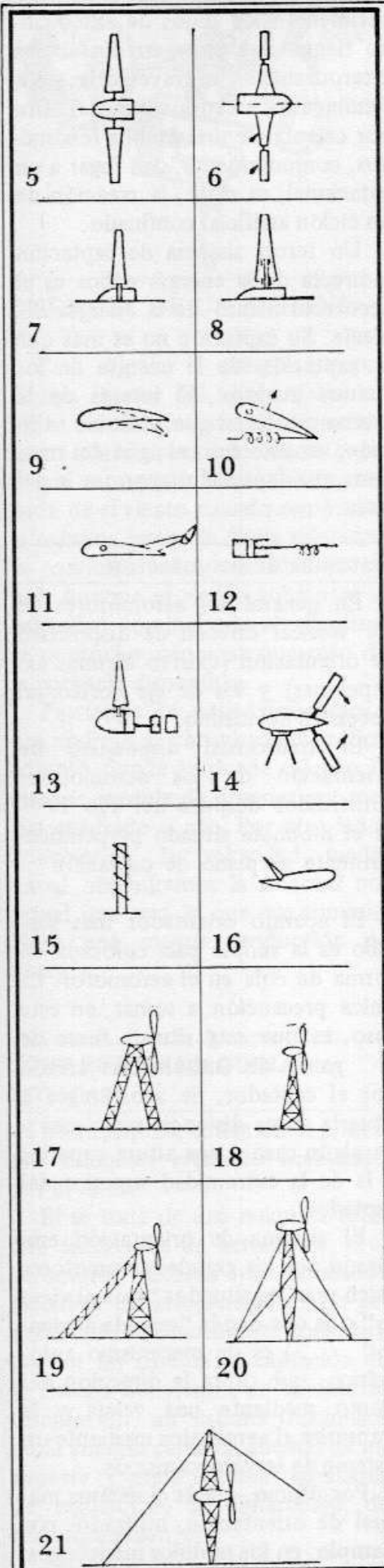
En general los aeromotores de eje vertical carecen de dispositivo de orientación (existen algunas excepciones) y los de eje horizontal necesitan del mismo.

El tradicional dispositivo de orientación de los aeromotores contruidos después del año 1745 es el **molinete** situado perpendicularmente al plano de captación

El aparato orientador más sencillo es la simple pala colocada en forma de cola en el aeromotor. La única precaución a tomar, en este caso, es que esté situada fuera de la gama de turbulencias creada por el captador. Se acostumbra a situarla a una distancia suficiente y en algún caso a una altura superior a la de la extremidad superior del captador

El sistema de orientación empleado por los grandes aeromotores (bien sean los situados "cara al viento" o la que dan la "espalda al viento") es un mecanismo automático, que capta la dirección del viento mediante una veleta y la transmite al aeromotor mediante un sistema de servomecanismos.

Por último, queda el sistema manual de orientación, utilizado, por ejemplo, en los molinos manchegos.



## Sistemas de regulación

Fundamentalmente se consigue a través de la orientación de las palas respecto al viento, pala que puede ser totalmente orientable (5), o sólo orientable en su parte periférica (6).

Según el modo de articulación de la pala tendremos los tipos de eje de pala móvil, de eje fijo moviéndose sólo la pala, o bien de pala deformable. (7, 8, 9)

Según el tipo de maniobra tendremos a su vez:

- a) si la fuerza de maniobra es de naturaleza aerodinámica incidiendo sobre la pala misma. Existen dos variantes: pala articulada con un resorte (10) y contrapala tipo Flettner (11);
- b) combinación de resorte y servomotor (12);
- c) si el esfuerzo de maniobra proviene del exterior (puede ser debido a un servomotor (13) o a la fuerza centrífuga.

El modo de regulación puede ser continuo (de velocidad o de potencia) o discontinuo (limitación de velocidad, parada del aeromotor).

Lo que se consigue de dos maneras:

- a) por modificación de las características del captador y
- b) por modificación de las características del receptor.

Del tipo a) podemos establecer la clasificación siguiente:

— según se varíe:

- a1) el diámetro del captador (palas telescópicas, palas tipo paraguas) (14);
- a2) la superficie de las palas (velas, cortina rodante, palas tipo persiana) (15);
- a3) el ángulo de las palas (palas orientables parcial o totalmente y palas deformables de tela o materia elástico);
- a4) la forma del perfil (16);
- a5) la orientación del conjunto (alrededor del eje vertical o del eje horizontal);

Del tipo b) podemos distinguir, según el modo de actuación:

- b1) sobre el receptor normal;
- b2) sobre la transmisión;
- b3) sobre el freno (mecánico, eléctrico, hidráulico, aerodinámico).

Según la estructura pueden ser: con varios pies (17), de un pie (18), con un pie apuntalado (el puntal se utiliza para hacer girar el pie principal) (19), con un solo pie sujeto mediante tirantes de cable, etc. Este último puede tener 2 variantes, según el punto de sujeción de los tirantes esté por encima (20) o por debajo del rotor (21).



## ¿COMO TRANSMITIR LA ENERGIA DEL VIENTO?

Como la energía captada debe transmitirse para su aprovechamiento, existen diversos mecanismos que permiten su transmisión para la realización de una determinada tarea. Esta es una de las grandes ventajas de la energía eólica ya que permite adaptar la fuente energética directamente al uso final que pretendemos darle. Frente a las tecnologías convencionales que transforman toda la energía inicialmente en electricidad para luego, a costa de grandes pérdidas, adaptarla a cada tarea, la tecnología eólica, sobre todo a pequeña escala, permite la realización directa de trabajo mecánico, eléctrico, calorífico, y todo un amplio espectro de realizaciones.

### a) Transmisión mecánica.

En el caso de aeromotores empleados para el bombeo de agua, la transmisión se realiza mediante un sistema cigüeñal (o excéntrica)-biela a una barra que acciona la bomba (de pistón, de membrana, etc.).

### b) Transmisión oleohidráulica.

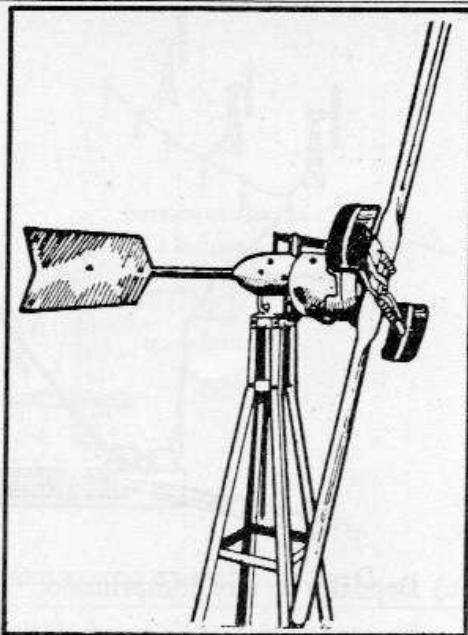
En el caso de aeromotores utilizados para el calentamiento, el sistema transmisor puede ser un circuito oleohidráulico (compresión de un fluido).

### c) Transmisión neumática.

Es la utilizada por el aerogenerador tipo Enfield-Andréau. En él las palas huecas, al girar, expulsan de su interior el aire, produciéndose una depresión que arrastra el aire desde la base de la torre hasta los extremos de las palas. El flujo de aire por el interior de la torre acciona una turbina colocada verticalmente, la cual está acoplada a un generador eléctrico.

### d) Transmisión eléctrica.

En el caso de los aeromotores para la generación de electricidad, existen varias opciones:



1. eje del aeromotor acoplado directamente al eje del generador.
2. eje del aeromotor que actúa sobre el generador a través de una etapa multiplicadora de vueltas.

3. generador eléctrico, accionado por la parte periférica del captador eólico.

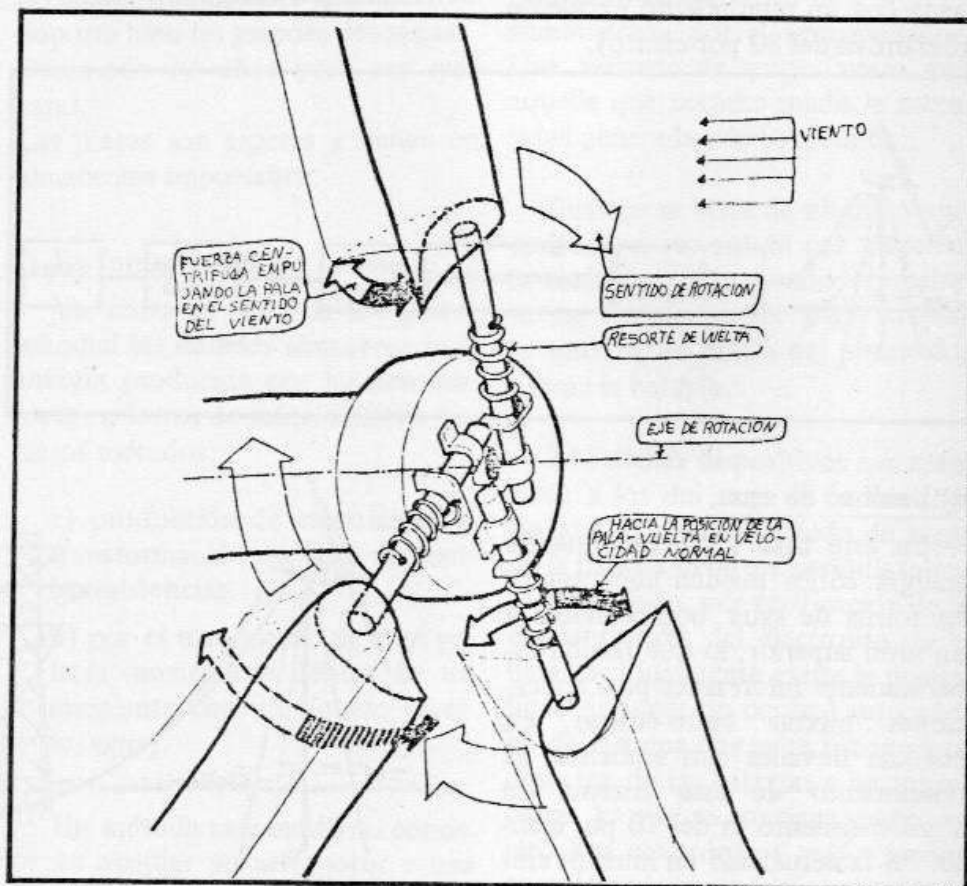
4. aeromotor a contrarrotación, con dos juegos de palas girando inversamente, y cada juego actuando directamente con las dos partes del generador eléctrico.

### Sistema de soporte

- Según el sistema de articulación rotor-soporte, existen tres tipos:

- a) soporte fijo con orientación del rotor en la cúspide del mismo.
- b) soporte orientable, bien en su parte inferior o en algún punto intermedio.
- c) soporte abatible; para el montaje y el mantenimiento del rotor.

Según el método constructivo pueden ser de obra (en general hormigón), tubo metálico o torre metálica reticular.



Regulación para las palas. Tomamos como ejemplo una hélice tripala. Cada pala está fijada a un eje y mantenido al calado de arranque gracias a un resorte. El empuje del viento tiende a recoger las palas y a reducir la velocidad de rotación.

## Sistemas de almacenamiento de la energía

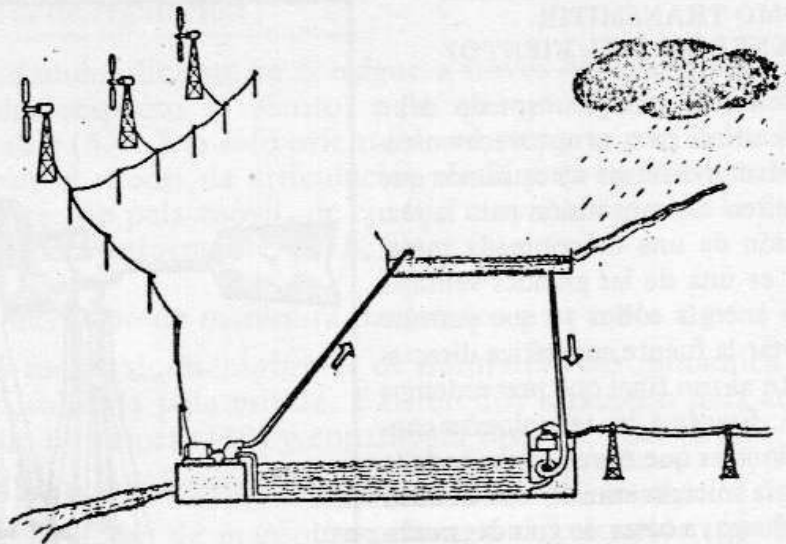
Cuando se tiene un aerogenerador produciendo energía eléctrica a un sistema aislado, resulta necesario almacenar la energía producida en exceso para períodos de carencia de viento.

Para este almacenamiento energético contamos con los sistemas de:

### a) Volantes de inercia.

La energía producida por el aeromotor se emplea en la rotación del volante, mediante el frenado del mismo podremos recuperar la energía almacenada. Actualmente investigadores americanos experimentan con volantes mixtos (fibra y metal) con muy buenos resultados.

Aún cuando ésta técnica no está al alcance de los autoconstructores, permite restituir la energía almacenada con un rendimiento excelente (del orden del 80 por ciento).

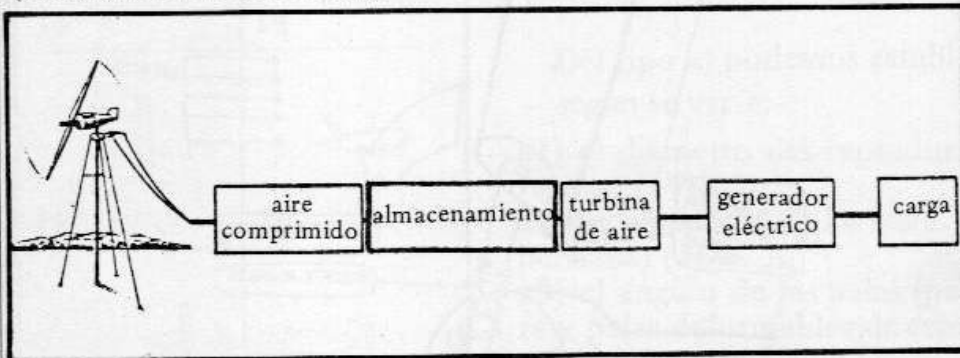


### c) Depósito de aire comprimido.

Los excedentes de energía eólica se utilizan para la compresión de aire y su almacenamiento en depósitos (o cavidades subterráneas, pozos de gas agotados, etc.) a presión constante. El rendimiento es del orden del 80 por ciento.

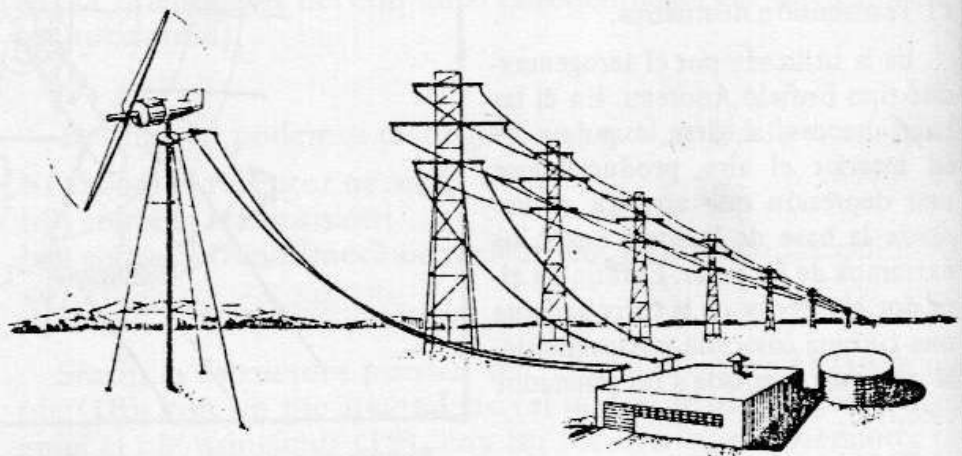
### d) Producción de hidrógeno.

La electricidad generada sirve para la producción de oxígeno e hidrógeno por descomposición electrolítica del agua. El hidrógeno se almacena y se distribuye por medio de conducciones y tiene múltiples aplicaciones: como combustible en automóviles, aviones, cocinas, etc. Aplicación especial son las células de combustible, en cuyo interior tiene lugar la combinación del oxígeno y del hidrógeno con la producción de corriente eléctrica continua. Este sistema (las células de combustible) es objeto de gran interés en muchos países. En EE.UU. funciona ya una planta comercial. El rendimiento es del orden del 70 por ciento.



### b) Bombeo de agua.

En este caso los excedentes de energía eólica pueden almacenarse en forma de agua, bombeándola a un nivel superior, lo que resulta especialmente interesante para aplicaciones mixtas hidro-eólicas, en cuencas fluviales con embalses. El rendimiento de este sistema de almacenamiento es del 70 por ciento. En la actualidad en muchos embalses hidro-eléctricos se bombea el agua para emplear los excedentes de energía eléctrica en horas valle (de poco consumo), producida por térmicas y/o nucleares.



Aerogenerador conectado a una planta productora eléctrica.



### e) Baterías.

Una batería es un artefacto que transforma la energía eléctrica en energía química almacenable y la restituye en forma elástica con un rendimiento del 60 por ciento. En el caso de escoger este sistema de almacenamiento energético, será necesario calcular la capacidad de las mismas en función del número máximo de días sin viento en el lugar y en función de las necesidades eléctricas del usuario.

La capacidad de una batería se expresa en KWh o en A-h (Amperio-hora). La capacidad en Kwh será igual a la de Amperios multiplicada por la diferencia de potencial en bornes de la batería, expresada en Voltios (es prácticamente constante).

Fundamentalmente existen dos tipos de batería: las de Plomo y las alcalinas (Cadmio-Niquel, Niquel-Hierro, Plata-Zinc).

Las ventajas e inconvenientes de ambos tipos son:

— Las de plomo:

La curva de descarga obliga a un consumo débil para una utilización óptima.

La corriente de carga no debe sobrepasar una 30 avas parte de la capacidad de la batería, bajo riesgo de dañarla.

No soporta las sobrecargas, que la hacen inutilizable.

No soporta grandes descargas.

No mantiene bien la carga (pierde a lo mejor un 3 por ciento al mes).

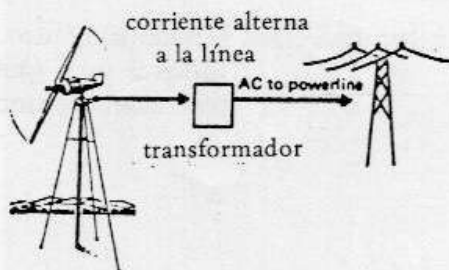
Duración aproximada 10 años.

Los de placas espesas soportan mejor el régimen de carga y descarga continuo debido a los aerogeneradores.

Causan polución debida a la industria del Plomo.

— Las alcalinas:

La curva de descarga permite un consumo importante en un corto espacio de tiempo.



La corriente de carga debe ser superior a la 20 parte de la capacidad de la batería, de aquí que haya muchas pérdidas si no se regula la velocidad para vientos débiles.

En el caso de sobrecargas, es necesario añadir nuevamente más agua.

Soporta bien las grandes descargas.

Duración: 30 años pero son más caras.

Las placas son espesas y tienen un almacenaje importante.

### f) En forma de calor.

Ya entre la 1ª y la 2ª guerra mundial los daneses almacenaron la energía producida por los aeromotores en forma de calor. Existen distintos métodos:

a) producción de electricidad y transformación en calor mediante resistencias.

b) por el rozamiento de unas paletas moviéndose dentro de un recipiente con un líquido (aceite, agua).

Un método más moderno consiste en acoplar un aeromotor a una bomba de calor: si la eólica suministra una energía al compresor de una bomba de calor, se puede recuperar en forma de calor una energía de 3 a 5 veces mayor...

### Sistemas auxiliares

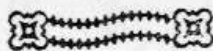
En el caso de aeromotores para la producción de electricidad (bien sea por medio de dínamo o de alternador) debemos contar con una serie de sistemas de protección en el circuito de carga de las baterías. Si se trata de dínamos: un diodo de potencia evita la descarga en ausencia del viento, o cuando está parado el aeromotor; un interruptor y un fusible en el circuito de carga, el primero para cotar la carga cuando la batería está completamente cargada y el segundo para protección; opcionalmente un interruptor y un fusible en el circuito de alimentación para la protección del sistema en caso de cortocircuito prolongado en el circuito del usuario; un voltímetro para verificar el estado de carga de la batería y un amperímetro (o cualquier otro dispositivo) que permita observar la corriente suministrada por el aerogenerador. Una variante de amperímetro será aquella que permite medir la intensidad generada y la consumida.

Cuando se trata de alternadores, el diodo se reemplaza por un puente rectificador, pudiendo intercalarse un transformador para adaptar la tensión de salida del alternador a la de la batería.

Los demás dispositivos son idénticos a los del caso de la dinamo. En ambos casos el estado de carga de la batería debe ser periódicamente controlado, por verificación de la concentración del electrolito de la batería. Finalmente existe la posibilidad de tener un control automático del sistema que evite la completa descarga de las baterías o su sobrecarga, lo que se consigue mediante circuitos electrónicos más o menos complejos.



# diseño de una instalacion eolica



1. Buscar un sitio adecuado. Puede ser una colina.

Debe estar lejos y por encima de los árboles.

No debe estar detrás de la casa.

Si se coloca encima de un edificio debe estar alto.

2. Conocer la velocidad media anual del viento en el emplazamiento elegido.

Métodos:

- Mapas eólicos
- Observación (Escala de Beaufort)
- Medida con anemómetro

3. Conocer la energía que puede proporcionarnos.

Método:

- Tabla de la figura 5  
Obtienes los Kwh/m<sup>2</sup> año que te da el viento y la velocidad nominal (m/s).

4. Calcular cuales son tus necesidades

Método:

- Suma la energía que consumirán los aparatos de que dispones según la tabla siguiente:

Concepto	Potencia (W)	Utilización (h/día)	Consumo (kwh/día)	varios
Alumbrado (1) incandescen.	40 W	1	0,04	
Alumbrado (1) fluorescente	18 W	5	0,09	
Bombeo agua 8 personas	250 W	1	0,25	
Refrigeración	130 W	4	0,52	
Radio	40 W	4	0,16	
T.V.	100 W	4	0,4	
Baterías para acumulación	Adicionar consumo aparatos x 0,2			

5. Divide los valores encontrados en los apartados 3 y 4. Obtendrás la superficie del aeromotor que necesitas.

$$S (m^2) = \frac{4}{3} = \frac{KWh/año}{KWh/año m^2}$$

el diámetro será igual a

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} \text{ m}$$

6. Con la velocidad nominal obtenida en el apartado 3 y la superficie recurrimos a la fórmula siguiente:

$P = \eta \cdot 0,37 \cdot SV_N^3$  y obtenemos la potencia del aeromotor

$\eta$  = es el rendimiento aproximado de la instalación que puede considerarse comprendida entre el 30 por ciento y el 70 por ciento dependiendo de la experiencia y la habilidad.

7. Dimensionado de las baterías

Método: Comenzamos por conocer la tensión de trabajo  $\mu_6$  (12, 24, 110V) la potencia media diaria permanente (P) se calcula dividiendo:

$$P = \frac{\text{Consumo anual de APARATOS}}{\text{No de horas del año (8760)}}$$

y el período máximo de días sin viento (N) es decir, la autonomía, por aplicación de la fórmula. No debemos tener en cuenta las pérdidas de la batería.

$$\text{Capacidad (Ah)} = \frac{N \times 24 \times P}{U_b}$$

Baterías

NOTA: En el caso que la velocidad media anual sea inferior a la mínima del gráfico del apartado 3 debemos recurrir a extrapolación.



## EJEMPLO DE APLICACION PRACTICA

### Condiciones

Se supone que disponemos de una colina en la cual la velocidad media anual es 4m/s (no es alta ya que la media de Cataluña es 3,75 m/s). Deseamos producir electricidad para algunos aparatos y luz, junto con almacenamiento en baterías para compensar los períodos de calma.

### Cálculo

#### 2. Velocidad media anual

En el caso real debe ser medida en este caso la suponemos igual a 4 m/s (14,4 km/h).

#### 3. Energía y Velocidad Nominal

Como la gráfica sólo nos da el valor mínimo de 5 m/s, extrapolamos obteniendo una velocidad nominal de 7m/s y una energía producida de 100 kmh/m<sup>2</sup> año.

#### 4. Consumo

Perdidos por acumulación en Baterías

$$2,39 \times 0,2 = 0,48$$

- Alumbrado	Fluorescentes x 0,04 = 0,16 kwh/día 10 bombillas x 0,09 = 0,90 "		
- Bombeo agua	1 bomba	x 0,250 =	0,25 "
- Refrigeración	1 nevera	x 0,52 =	0,52 "
- Radio	1 radio	x 0,16 =	0,16 "
- T.V.	1 T.V.	x 0,40 =	0,40 "
CONSUMO DIARIO APARATOS		2,39 Kwh/día	

### CONSUMO TOTAL DIARIO

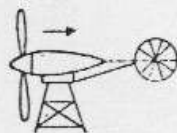
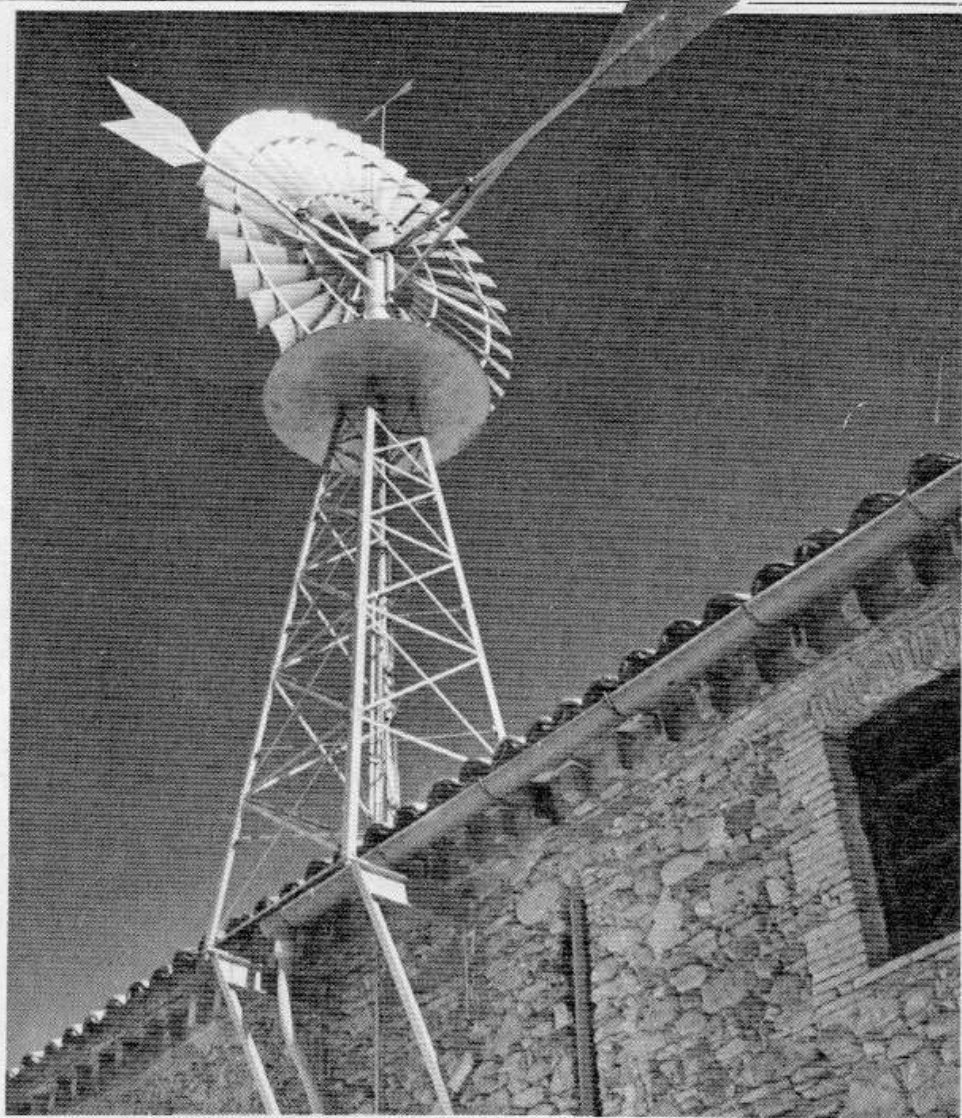
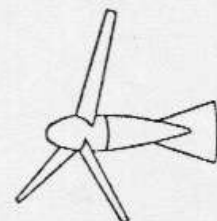
$$2,87 \text{ kwh/ día}$$

El consumo total anual será de 1048 KWh

#### 5. Superficie y diámetro del aeromotor

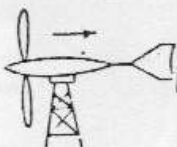
$$S(m^2) = \frac{1048 \text{ Kwh/año}}{100 \text{ Kwh/m}^2 \text{ año}} = 10,48 \text{ m}^2$$

$$\text{Diámetro (m)} = \sqrt{\frac{10,48 \cdot 4}{3,14}} = 3,65 \text{ m.}$$



#### 6. Potencia Nominal

$$P_N = 0,6 \cdot 0,37 \cdot 10,48 \cdot 7^3 = 800 \text{ W}$$



#### 7. Baterías

$$\text{Potencia media} = \frac{2,39 \times 365}{8760} = 100 \text{ W}$$

Período sin viento (días)	Tensión Batería (V)	Consumo durante la calma Wh	Capacidad de las Baterías (Ah)
5	24	12.000	500
7	24	16.800	700
10	24	24.000	1000

# redefinición del problema energetico

por AMORY B. LOVINS



El desproporcionado costo de la electricidad y la escala limitada de uso que puede dar valor a la inversión energética, sugiere que considerar la demanda como homogénea, es una simplificación errónea que debe ya abandonarse.

En lugar de considerar el problema energético desde el aspecto de *"cómo conseguir más energía para hacer frente a una Demanda Homogénea prevista"*, deberíamos replantear el problema hacia *"cómo hacer frente a necesidades de uso heterogéneas"*. Es decir, abastecer energéticamente nuestras diferentes tareas *"con un mínimo de energía, suministrado de la manera más efectiva para cada tarea concreta"*.

Debemos hacer énfasis en la infraestructura y herramientas más idóneas para cada ocupación, base de toda buena ingeniería; esto nos conducirá a una reafirmación de la visión ofrecida por Taylor, pues las actuales estructuras de uso de los países industriales muestran sustancialmente una menor necesidad específica de electricidad que la corrientemente suministrada. (ver cuadro)

La comparación entre la electricidad específica y las figuras eléctricas corrientes (canon de diferencia: la electricidad usada ahora termicamente), confirma un principio al que todavía no se le han encontrado excepciones: hoy en día los suministros corrientes de electricidad saturan los usos eléctricos en un margen sustancial, y los saturarán convenientemente una vez se hayan introducido las mejoras efectivas de costo en el uso de la electricidad. (los últimos datos han experimentado un alza considerable desde la fecha de 1975 mostrada en el ejemplo). Con los mercados fundamentales abastecidos, la electricidad adicional podría solamente ser usada, con gran despilfarro, en aplicaciones térmicas (principalmente de bajo potencial). Lo que sería como cortar mantequilla con una sierra o aprovechar un incendio para freír un huevo, es decir, un método confuso, peligroso y tremendamente caro.

A corto plazo, nuestro problema de suministro energético será abrumador —aproximadamente al 90 por ciento— problema de poder calorífico y de fueles líquidos transportables.

Forma requerida	Japón	Suecia	Francia	G. Bretaña	Alemania	U.S.A.	AV. W. Eur. (-1-)
Calor total del que	68	71	61	66	75	58	71
100° C	22	48	36	55	50	35	45
100 - 600° C	31	14	14	6	12	15	13
600° C	15	9	11	5	13	8	13
Líquidos transmitibles	20	19	29	26	18	34	22
Electricidad específica							
de la que	12	10	10	8	7	8	7
motores ind.	7	6	6	4	4	5	4
otros El.	5	4	4	4	3	3	3
Electricidad corriente	(16)	(18)	(12)	(14)	(13)	(13)	( 11)

necesidades energéticas con respecto a su uso final.

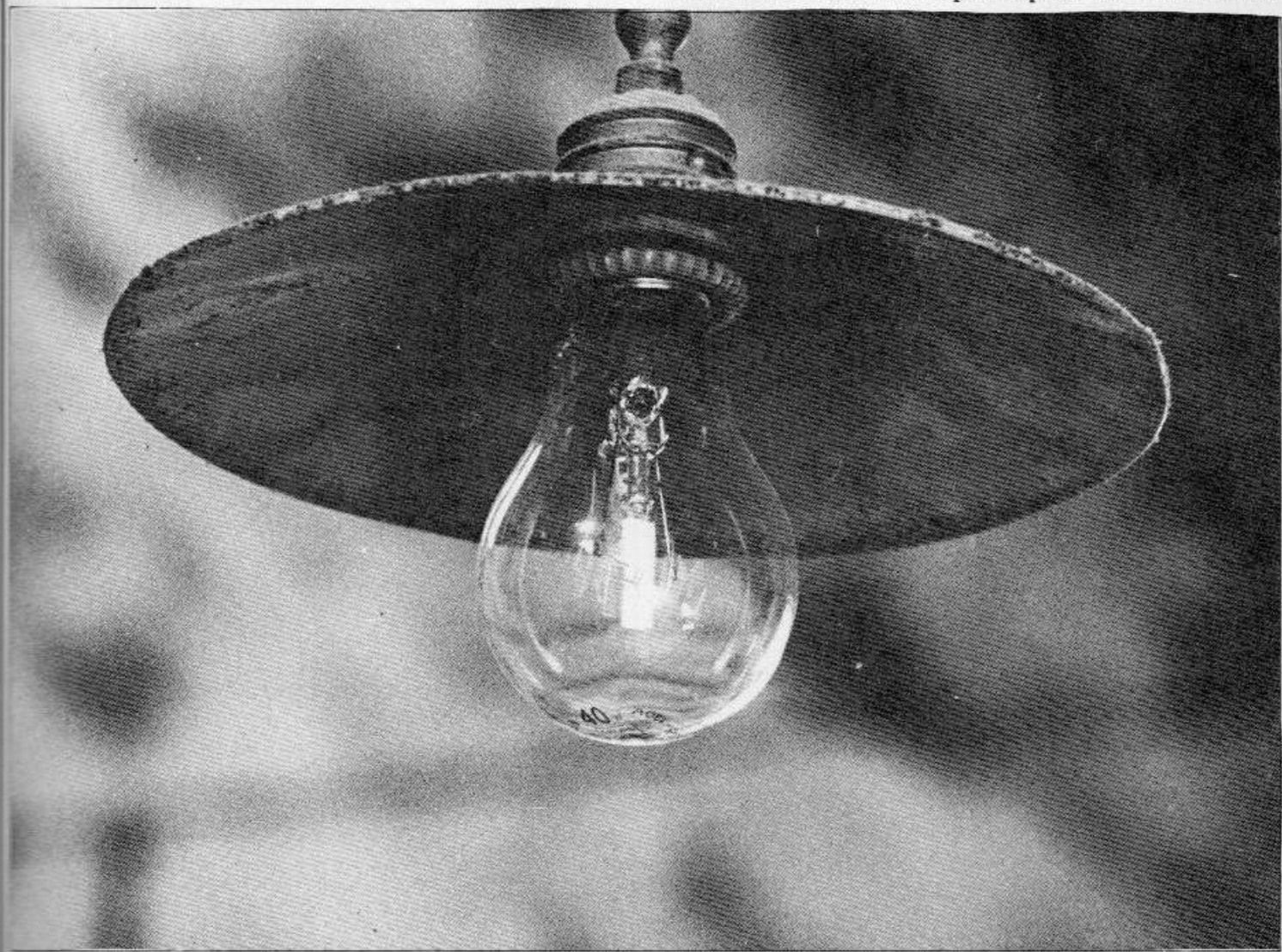


Buscar más electricidad resultará demasiado lento y caro como solución racional. Las necesidades de calor y de líquidos pueden satisfacerse de forma más barata, rápida y fácil (2) sin entrar en el terreno de la electricidad. Por consiguiente, discutir acerca de que tipo de estación motora debemos construir será irrelevante, sería como discutir que castillo comprar cuando sólo se puede pagar un piso. Centrales energéticas de carga base pueden como máximo suministrar la mitad del aproximadamente 8 por ciento de las necesidades energéticas actuales.

Si decidimos no construir un tipo determinado de Central energética, el remedio no será buscar otra fuente de gigantescos bloques eléctricos, sino buscar la mejor manera de complementar las tareas pertinentes con el fuel y el gas si los tuviéramos de primera mano, ya que sólo porque venían escaseando se fueron ideando construcciones de centrales de energía.

La diferencia de paradigmas descritos, concentrándonos en una demanda primaria homogénea de necesidades heterogéneas de uso, no es tan abstracta o académica, pero tiene un significado concreto como cualidad. En Francia por ejemplo los oficiales gubernamentales de conservación de la Energía llegaron a un acuerdo, hace varios años, para desautorizar y, a ser posible, desplazar las calefacciones eléctricas al resultar éstas todo un despilfarro de energía y de dinero.

Trabajaron escalonadamente, comenzando por datos de uso hasta culminar en fuentes primarias, los flujos energéticos nacionales a fin de buscar una forma más racional para hacer frente a las necesidades de uso particulares. Al mismo tiempo oficiales encargados del abastecimiento energético del mismo país trabajaban también escalonadamente, para poder sustituir una fuente primaria (fisión) por otra (fuel) sin tener en cuenta sus aplicaciones finales. Ambas tendencias quedaron justo a mitad de camino. A principios de 1978 el Mi-



nisterio de Industria se dió cuenta que la mayor parte de la electricidad nuclear planeada podía usarse solamente para calefacción eléctrica, al estar saturados los otros posibles mercados de uso. Ante este tipo de contratiempos embarazosos una u otra táctica debía ser abandonada.

También debemos considerar la posibilidad de futuros cambios en la estructura termodinámica mostrada en la tabla precedente. En el futuro deberemos usar energía mucho más **eficientemente**. La fracción eléctrica apropiada, o el total absoluto de electricidad, podrían incrementarse sea, si ahorramos más poder calorífico y líquidos que electricidad o si asumimos un crecimiento adecuado. En la práctica, parece que existe más o menos el mismo mínimo interés en usar más eficientemente la electricidad, el poder calorífico o los líquidos. Incluso tras medidas obvias como mayor eficiencia en el trabajo, oficinas periféricas abiertas y claras, apagado de luces y motores no usados, fundidores de alto grado y quedan pendientes grandes potenciales de ahorro donde sólo hace unos años no se esperaba. Así por ejemplo:

- Motores eléctricos industriales, que justifiquen aproximadamente la mitad del uso total específico de Electricidad y que nominalmente son eficientes al 90 por ciento. Una inspección (4) de motores dentro de la industria inglesa (no puede pensarse que ésta sea una situación peculiar de sólo este país) mostraba eficiencias del orden de 25 al 35 por ciento según uso actual. Razones, la mayoría de los motores eran demasiado grandes, estrangulados en su parte posterior, de forma que resultaban ineficaces, y acoplados por conductos muy anticuados. Un adecuado tamaño y acoplamiento eficiente (por ejemplo a través de transmisiones infinitamente variables (5) y bien conectadas en cadena ascendente de carga) podría fácilmente duplicar esta eficiencia. En muchas aplicaciones, conducción hidráulica (2), por ejemplo, podría incluso mejorarse y desplazarse la electricidad, por la acción de aire comprimido procedente de turbinas de viento...

- Mejoras inmediatas de diseño. Con un costo efectivo a razón de 5 c el Kwh de electricidad, puede mejorarse el promedio de eficiencia de las aplicaciones eléctricas de una típica casa danesa (1975), en un factor 3,5 (4,0 mínimo en caso de diseños norteamericanos, (6) y una mejora para frigoríficos, factor 0,6 aproximado.

- No incluimos las aplicaciones térmicas de baja graduación, dentro de los específicos términos de electricidad, aún cuando actualmente éstas, usan fracciones sustanciales de electricidad (aproximadamente el 32 por ciento en USA, más del 40 por ciento en Gran Bretaña), dificultan enormemente el problema de cargas máximas, y ocasionan otros tipos de ineficiencias. Las necesidades térmicas podrían cubrirse a un coste muchísimo más bajo por corrientes rápidas, insolación, intercambios de calor (7) montantes de ventanas, cierres venecianos (con persiana), árboles, sistemas solares activos, pasivos, etc.

Tales consideraciones sugieren que sin cambios en estilo y standard de vida podríamos decrecer el consumo por un **factor mínimo de tres**. Con la presente hidroelectricidad, la en breve disponible microhidroelectricidad y una modesta cantidad de energía del viento serían innecesarias todas las estaciones térmicas. Las correspondientes medidas técnicas que facilitasen el uso eficiente de la electricidad, con un margen de costos efectivo, permitirían a países como Francia, Suiza, Suecia, Canadá, convertirse en países exportadores netos simplemente contando con su actual capacidad hidroeléctrica instalada. Debemos también recalcar que este argumento no depende de un repudio ideológico hacia la electricidad (2) ni de ninguna teoría energética del valor (optimizar como Segunda Ley la eficiencia en sí misma) sino está simplemente basada en criterios económicos.

La mayor limitación al desarrollo de la energía nuclear, no viene, pues, por causas físicas, políticas o por contraindicaciones logísticas (aún cuando estas son ciertamente importantes) ni por la escasez de uranio (8) sino por el pequeño mercado que es capaz de cubrir desde su origen, "el mercado de carga base de electricidad para usos muy específicos de la misma". Mercado tan limitado que apenas mínimamente puede diferenciarse del caso petrolífero.

La energía nuclear no puede sacarnos de los límites de este mercado tan estrecho, no puede cubrir más de un 4 por ciento del total del uso energético, a causa de su elevado costo; y hoy cuando existen rigurosas evidencias donde se han llevado a cabo análisis, de que este coste de capital crecería más con la expansión del sector nuclear por otros mercados adicionales.



A pesar de este argumento fundamental, todavía subsisten muchos analistas que afirman o asumen, sin bases analíticas, que con la cantidad de electricidad necesaria debe continuar creciendo, aunque sea con un menor porcentaje, de otra forma se necesitaría más electricidad que energía Total en unas pocas décadas. La mayoría de todos estos argumentos proceden de esfuerzos que pretenden explicar a posteriori con bases históricas la rápida electrificación en razón a criterios de limpieza, conveniencia con respecto al consumidor y flexibilidad por lo que respecta a su utilización. Estas cualidades resultan tan desconcertadoramente atractivas que se discute si seríamos capaces de pagar cualquier precio con tal de incrementar nuestro consumo eléctrico. Todos son argumentos de mano, sin bases económicas. La tipología de la electricidad se refleja en la alta renta de calidad que la gente cotiza (típicamente un factor cinco con respecto a los costos del fuel directo). No puede usarse nuevamente, ni siquiera podemos aprovechar su elasticidad expansiva, sus precios oscilan mucho y su utilidad histórica no puede igualar la utilidad marginal (9).

El único punto de discusión pendiente es que no hay alternativa a la electricidad proveniente del uranio o carbón a largo plazo y su sustitución por el petróleo o el gas (10). Por supuesto, hay una sorprendente variedad de alternativas, convencionales o no, (2) muchas de las cuales suministran directamente poder calorífico o líquidos y que tienen un espacio potencial mucho mayor que cualquier sistema eléctrico. La cuestión a la que debemos volver, es con qué rapidez y a qué costo, con qué efectos subsidiarios, pueden estas alternativas ser llevadas a cabo.

## NOTAS

1. Esta columna es un uso promedio - Dinamarca, Francia, Alemania, Italia, Holanda, Suecia, Inglaterra - 73 por ciento del uso energético de la OEEC en Europa. Incluyendo otros países europeos para los que las estructuras de consumo no están disponibles, el promedio se alejaría un poco de las formas de alta calidad.
2. Soft Energy Technologies - Annual Review of Energy 3:477 - 517 (1978) (483-9) H. Nash ed. The Energy Controversy - Soft Path Questions and answers - Friends of the Earth (S. Francisco 1979). A. B. Lovins - Soft Energy Paths - Hacia una paz Durable (Pelican 1977 - Harper Colophon 1979 - Ediciones Sueca, Danesa, Alemana, Japonesa, otras en preparación).
3. M. Rose & R.H. Williams - "Crecimiento y Creci-

miento Económico", Congreso U.S.A. - Comité Económico (subcomité de Energía) 1977 en combinación con el Instituto de Análisis Energético. (Oak Ridge). Prefigura en U.S.A. un escenario de rápido crecimiento económico, para el año 2.000, con un índice cero (0) como crecimiento energético primario.

4. W. Murgatroyd & B.C. Wilkins, Energy 1: 337 - 45 (1976)

5. L. Gogins & C.P. Russel, "Mechana - Power" Nueva Investigación para transmisiones infinitamente variables", SAE 760 586, Reunión - San Francisco 9-12 Agosto - 1976, Sociedad de ingenieros de Automotría (Warrendale PA), Dic. 1976. Inspección reciente de estos inventos simples, cuya eficiencia en un modelo de automóvil es del orden de 92-96 por ciento. Aplicaciones obvias en caso de máquinas de viento, conducción industrial vehículos, etc.

6. J. Norgarb, Husholdninger og Energo (Report 4 del proyecto DEMO) Ch. 13 (Fysisk Lab. III, Højskole técnica de Dinamarca, 2800 Lygby 1979) conjuntado en el Energy Policy, Marzo 1979.

7. A. H. Rosefeld (Lawrence Berkeley Lab. Berkeley CA) publica en 1979 una muestra de esto para edificios. En un ejemplo numérico de A.B. Lovins "100 por ciento de calor salor activo y edificios eficientes" se destaca su importancia - Soft Energy Notes - Primavera 1979.

8. Quienes proclaman que el desarrollo nuclear será lento y no puede alcanzar un gran auge, refuerzan los poderosos argumentos en contra de la escasez de uranio, lo que a su vez insite en un más amplio desarrollo (Annual Review of Energy 3:357 - 94 (1978) H.A. Feiveson y V. Taylor "Mito de la Escasez del Uranio" Pau Heuristics, Los Angeles, Abril 1977 - L. Grainger, Energy Policy 4: 322-9 (1976) D. Merrick. Nature 264: 596-8 (1976). A. B. Lovins. Boletín de los Científicos del Atomo 35 (2): 16-22 (1979).

9. Seguridad en el suministro como argumento ocasional. La pérdida de confianza y los numerosos fraudes hace que, por ej., en Gran Bretaña en el plazo de un año se haya instalado más capacidad generadora privada que pública.

Se va tendiendo hacia la diversidad, sistemas elásticos. Tanto de suministro como de uso. Por ej., Caso Lovins casi sin masa térmica mantiene un constante tiempo térmico del orden de 100 horas.

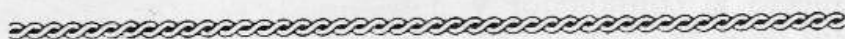
10. Los costos de rehacer argumentos presuponen la capacidad de observar nuevamente inversiones, alternativas, conservación, riesgos, etc. A su vez deshacer argumentos implica disponer todavía de la inversión, buscar nuevos conductos más seguros, puede quizás ser más arriesgado y conducir a catástrofes, pero ya no admite conceptos tipo-bancarrotas, costo de oportunidad, cargas y costos extra... Se puede discutir cualitativamente y admitir que la situación energética es desesperada y requiere de todos los conductos, pero estos argumentos son extravagantes y poco discriminadores, lo que si cabe es localizar y enfocar apropiadamente las fuentes efectivas disponibles.



# el uso de las fuentes de energía



DARIO PACCINO



El beneficio y el control en la sociedad capitalista ha modificado el ciclo de utilización de las fuentes de energía: de las renovables (sol, viento, hidráulica, madera...) a las agotables (carbón, gas, petróleo, uranio..) y más recientemente energías no existentes en la Naturaleza, caso del plutonio.

A través del uso exclusivo de las fuentes de energía agotables, el capital ha logrado alterar los flujos energéticos naturales en el seno de la bio-esfera, acelerándose en consecuencia el crecimiento de la entropía a costa de reducir progresivamente la cantidad de energía útil disponible para conseguir trabajo, ello aún a pesar de que a la sociedad capitalista se le llame la sociedad de la eficiencia.

Esta tendencia se encuentra sistemáticamente en los conceptos paracientíficos que rigen la cultura dominante (especialmente la reformista y revisionista), conceptos destinados a justificar el uso casi exclusivo de las fuentes de energía no renovables, y que parte de la base de que siempre se podrá disponer de una fuente que sustituya a la anterior.

Usando el carbón en lugar del gas, o el petróleo en lugar del carbón, el balance energético del sistema social no se alterará más que en los aspectos cuantitativos (agotamiento de las fuentes de energía) y económicos (aumento del precio en el mercado de los productos energéticos).

En efecto, desde el punto de vista del capital, la sustitución de una fuente de energía por otra hace que los precios energéticos sean legalizados por correlación directa, de tal forma que el aumento del precio de una fuente de energía provoca el aumento de las otras fuentes que la sustituyen.

La tendencia actual en el sector doméstico, a raíz de la revolución de los precios tras la

crisis de 1973, pretende correlacionar los precios de venta de la energía según calorías consumidas prescindiendo de los costos de producción de las diferentes fuentes de energía utilizadas. El uso del metano, electricidad, queroseno, para calefacción doméstica autónoma, es un ejemplo típico que nos permite observar como la sustitución viene realizada en función del capital, en tanto que los precios de venta cara al consumidor son prácticamente iguales cualquiera que sea la fuente de energía utilizada.

El petróleo como fuente de energía más empleada a nivel mundial, ha llegado a sustituir progresivamente una amplia gama de materias primas en la producción de mercancías, a la vez que ha generado materias nuevas tales como la bio-proteína.

En la producción del caucho, se ha estimado que los productos naturales representan sólo el 40 por ciento mientras el 60 por ciento procede del caucho sintético. El 50 por ciento de las fibras textiles producidas en el mundo procede de fibras artificiales, e incluso la industria de la madera deriva el 40 por ciento de su producción de los subproductos del petróleo.

Solamente el hierro, de entre todas las materias primas naturales, ha resistido su sustitución por los derivados del petróleo. Ahora bien, actualmente se consume una cantidad de plástico equiparable al consumo de hierro. En el sector agrícola a su vez, es materia predominante en la producción de fertilizantes y herbicidas, al mismo tiempo que se usa como base de desecación y conservación de productos naturales, que podemos considerar han transformado la agricultura en agro-industria, como ya la define la terminología corriente.

Todo esto asigna inequívocamente al petróleo, la característica de mercancía-producto



de insustituibles características y usos en el momento actual. Pero si consideramos por ejemplo, los usos finales del etileno, principal derivado del petróleo usado para la fabricación de productos petroquímicos, se advierte que, de los 41 usos finales a que ha sido destinado, solo 3 casos de fluídos destinados a la limpieza en seco y a su vez aditivos para los combustibles de los reactores militares (1), no pueden proceder de otros productos.

En definitiva podemos afirmar que el capital usa, sustituye y reemplaza indiferentemente todas las fuentes de energía, en tanto que por un lado las considera un elemento del capital fijo dentro del proceso de producción y por otro hace de ellas una mercancía intercambiable, no en base a su mérito principal —actitud a perfeccionar el trabajo— sino en base a su destino final, mercancía-producto (petróleo como fertilizante o materia plástica) y mercancía-servicio (electricidad para usos domésticos, transporte público).

Logicamente pues el mercado energético, controlado en forma de oligopolio que vuelve automáticamente aplicable cualquier fuente de energía en el momento en que su capacidad de sustituir a otra se haya adquirido según

valoración económica, no permite la existencia de energías económica y políticamente alternativas. Tanto es así que afirmar que la energía solar es gratuita, como da a entender el n° dedicado a las energías alternativas (2), significa no tener en cuenta este principio elemental de la economía capitalista.

*A WATER MILL  
for grinding Corn  
at the BARR POOL by  
y Abbey in Nunn Eaton  
In Worwickshire.*

El término gratuito abarca exclusivamente aquello que proviene de los procesos de transformación de la naturaleza y aparece en formas varias (metabolismo...). Ahora bien, en el momento en que esta producción natural es objeto de producción social, resulta necesario pagar un costo, no a la naturaleza, sino a quien detenta el control de esta producción social.

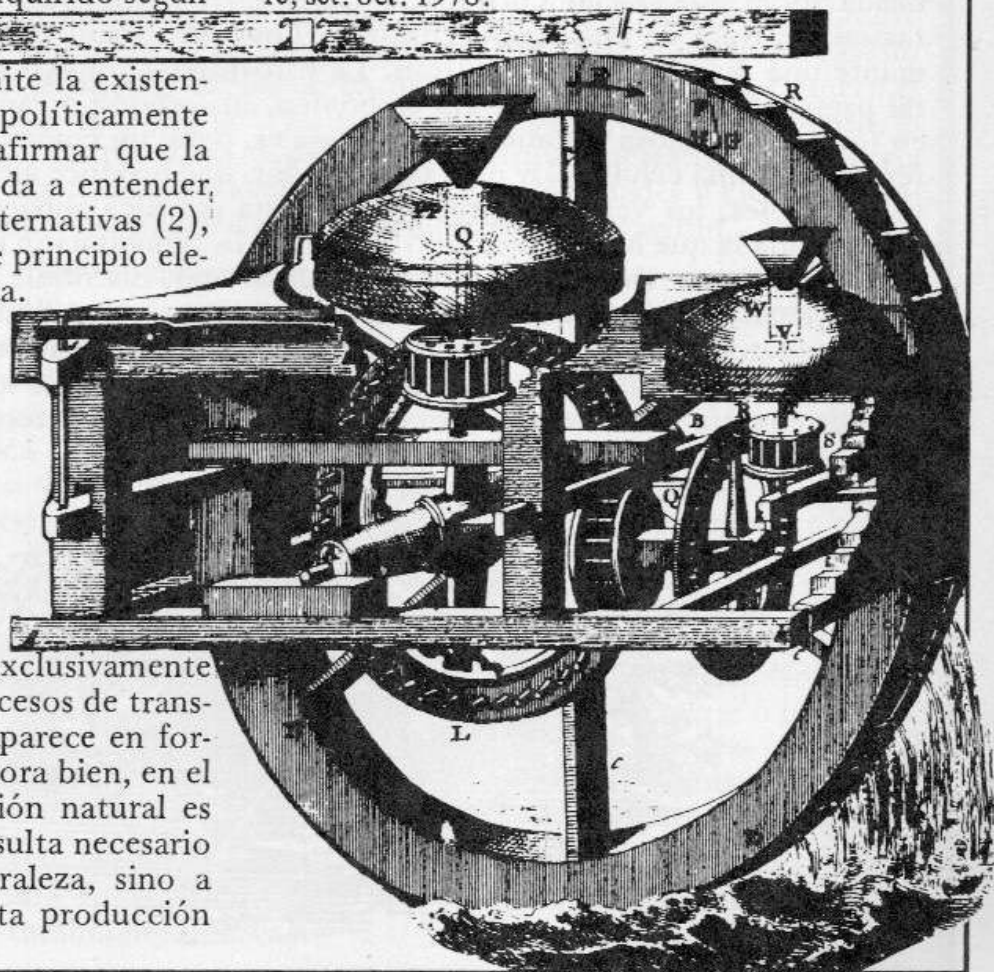
El capitalismo no puede ciertamente apropiarse de la E. solar, o lluvia, que participan en la maduración de los frutos de la tierra y en otros procesos, pero sí puede hacerlo en cuanto esta energía asuma formas socialmente organizables; tanto es así que no quedaría de más recordar que en el convenio para la utilización de la E. solar en Italia, organizado por la Liga Nacional de Cooperativas, en la primavera del 78, el ingeniero F. Bernstein declaró: "... tendremos tanta mayor dificultad en introducir el uso de la e. solar cuanto más bajo sea el costo de la E. eléctrica para el consumidor".

También el mismo Schlesinger, secretario de Estado americano para la energía, declaró en una entrevista a Business Week en Octubre de 1978, "ciertamente podemos hablar de la era de la e. solar de forma más acertada que cuando lo hicimos de la e. atómica hace 25 años..."

La e. solar podrá pronto llegar a ser la fuente más fácilmente desarrollable de nuestro presupuesto energético.

(1) B. Commoner.

(2) C. Ratto y G. Saudo, Las otras energías, en Saperre, set. oct. 1978.



# bio-energías para una vida diferente

CIPRIANO MARIN



**LAS BIO-ENERGIAS SON LAS ENERGÍAS VIVAS. DESDE LA PRIMERA CELULA VIVIENTE, LA BACTERIA, HASTA LAS COMPLEJISIMAS ASOCIACIONES DE CELULAS DE LOS MAMIFEROS MAS DESARROLLADOS, LA VIDA SE REDUCE A UN CONJUNTO DE TRANSFERENCIAS ENERGETICAS, A UNA CONTINUA CIRCULACION DE ENERGIA. LA VIDA NO ES MAS QUE UNA MANERA DE ORGANIZAR LA ENERGIA.**

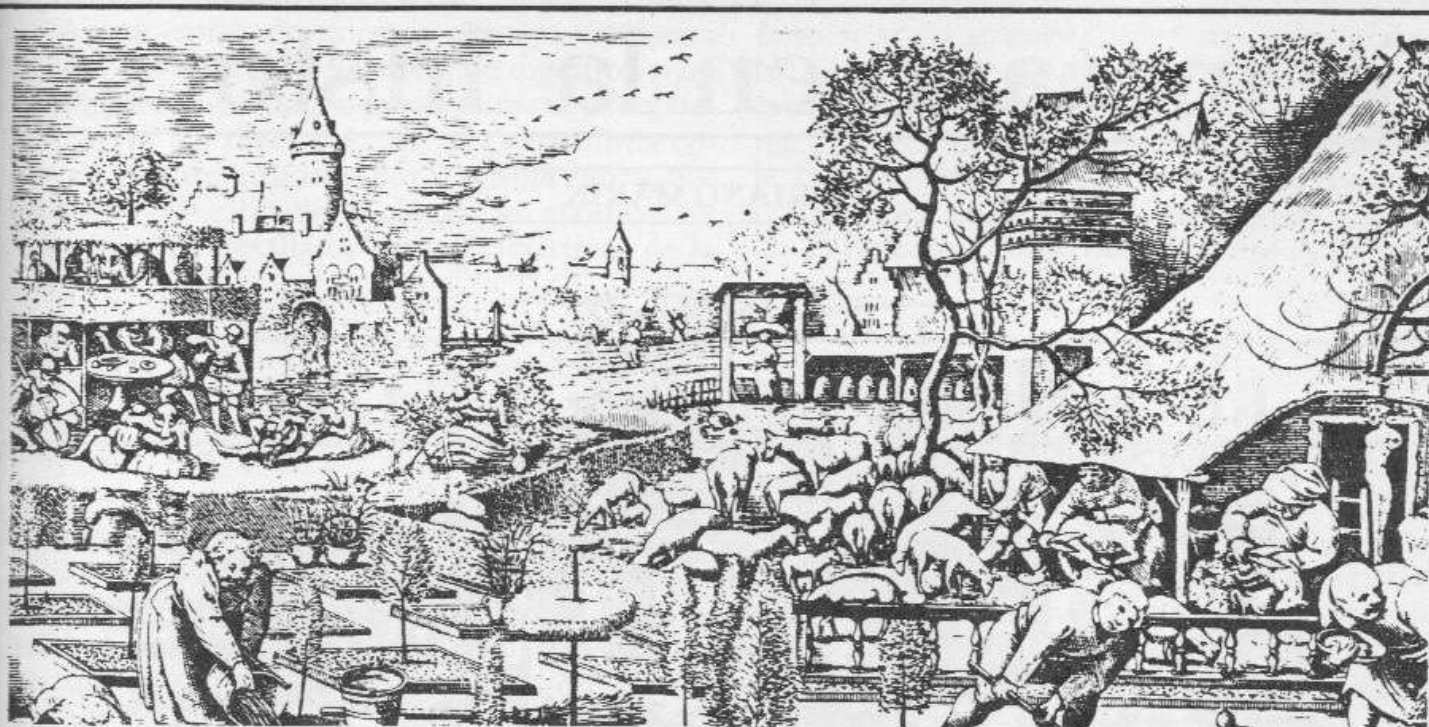
**T**oda la energía inicial viene del sol. Todas las energías vivientes sin ninguna excepción tienen su fuente en el sol que la envía en forma de fotones. La masa viviente del planeta, especialmente el mundo vegetal, constituye el captador de energía solar más antiguo de nuestra historia.

La bio-energía es por lo tanto la energía de la vida. Es decir, la energía solar liberada y utilizada por la vida gracias a dos reacciones simples y mal conocidas: la combustión y la fermentación. Se trata de una cadena continua. Los fotones solares son captados por la clorofila mediante una reacción: la fotosíntesis. La fotosíntesis consiste en transformar el carbono mineral presente, bajo la forma de gas carbónico, en carbono orgánico, almacenado principalmente en forma de celulosa o almidón. Cada hoja es, pues, un convertidor de energía solar. Pero a diferencia de una célula solar o de un captador, que produce electricidad o calor inmediatamente utilizables, los vegetales producen energía química almacenable. Es esta energía química almacenada la que ha representado la base de la alimentación humana desde sus orígenes.

Los sistemas vivos saben producir, almacenar, distribuir, y sobre todo economizar energía. Utilizan siempre la más adecuada para cada uso específico, sacan el mejor provecho de los flujos energéticos y saben almacenarla de cara a los períodos de auténtica necesidad. Es precisamente el aprovechamiento de estos flujos energéticos y la utilización de estos almacenes solares de energía química, el punto de partida de las nuevas tecnologías bio-energéticas.







Desde la tecnología del metano hasta los cultivos energéticos, la base es siempre la misma, o bien condicionar los sistemas vivos de captación para obtener una energía específica, o bien reproducir artificialmente algunas fases del flujo natural de la energía que permitan su captación directa.

Sin embargo, una utilización razonable de estos ciclos energéticos requiere, como podemos suponer, una mentalidad frente al uso de la energía radicalmente diferente. El hombre necesita cada vez más energía. Debe tomarla, arrebatarla, quemar reservas hasta ahora casi intactas. La historia del hombre es la historia de sus intentos por captar la energía. Primero el fuego, luego la esclavitud, los saltos de agua, la vela, el vapor, y a partir de este momento, la voragine energética del carbón, el petróleo, la colonización, la fisión nuclear... Una historia que ha dejado tras de sí demasiadas cenizas. La ruptura con las posibilidades y ciclos naturales ha llegado a convertir la ansiedad energética en una nueva forma de esclavitud.

A diferencia de los sistemas vivos, el sistema técnico actual no produce energía sino que destruye las pocas reservas existentes; no la almacena sino que la degrada. Básicamente lo que estamos haciendo es quemar el **capital** energético acumulado durante cientos de siglos. Sólo utilizamos las energías concentradas que son un capital dentro de un territorio: pozos de petróleo, minas de uranio, gas. El uso o más bien abuso de este capital acumulado, ha permitido confundir la economía energética de la vida con la economía del beneficio. Por contra, las bio-energías al igual que el resto de las propuestas alternativas, dependen de la explotación continua de un flujo. Este flujo está determinado por un capital lejano que sin embargo pertenece a todos: el sol.

Esta es la gran enseñanza y la gran ventaja de los sistemas energéticos naturales. La producción de energía deja de ser un fin en sí mismo, un negocio, para pasar a ser parte integrante del conjunto de actividades y transformaciones humanas de cara a la naturaleza. No concebimos el uso del metano, la producción de alcohol, de hidrógeno mediante algas o la utilización de la biomasa, a escala de grandes refinerías o gigantescas centrales térmicas de gas. La utilización apropiada de estos flujos energéticos marca su propia escala, no admite el gigantismo y la concentración más que a costa de perder las propiedades anteriormente descritas.

No se trata, pues, de inventar nuevas fuentes de energía, de aumentar la capacidad de venta de los trusts energéticos... Se trata de rediseñar un uso apropiado de los flujos de energía en el marco de un concepto de vida totalmente diferente.

# el metano en la historia

CIPRIANO MARIN



La naturaleza ha venido produciendo gas metano desde hace miles de años. En determinadas condiciones naturales la descomposición y fermentación de la materia orgánica ha ocasionado la formación de auténticas reservas de bio-gas en el subsuelo. Los grandes yacimientos de Libia y Argelia son el producto de gigantescos procesos de fermentación producidos hace miles de años. La energía solar captada por los vegetales pudo ser almacenada por la naturaleza en forma de gas natural (el 90 por ciento es metano) gracias a circunstancias muy especiales. El metano es también el constituyente fundamental del gas de los pantanos, así como el tristemente famoso gas grisú, causa de explosiones en las minas de carbón.

El hombre conoce desde muy antiguo la existencia del bio-gas. Incluso han llegado a existir algunos curiosos y arcaicos sistemas de utilización de este gas emanado del subsuelo. En la India, cerca de Ateschjah, las casas están construidas sobre terrenos en los que existen emanaciones de gas metano; éstos están cubiertos por una capa de arcilla que impide que el gas pueda liberarse, y para su aprovechamiento simplemente dejaban en cada casa las

aberturas necesarias para poder cocinar o iluminar la vivienda. El primer caso de transporte de gas se deba posiblemente a una antigua secta persa de "adoradores del fuego"; el gas era envasado en botellas por los adoradores y expedido hacia las provincias alejadas, donde era usado algunos meses más tarde con fines religiosos.

Mucho antes de la introducción de los actuales digestores de metano, también se llegaron a conocer algunas formas rudimentarias de producirlo intencionadamente. Los chinos, por ejemplo, ya habían logrado producir bio-gas cubriendo herméticamente las pequeñas lagunas en zonas pantanosas.

Sin embargo, hasta finales del siglo XIX no podemos hablar de trabajos serios en el terreno de la fermentación metanógena. En febrero de 1884, Louis Pasteur presentaba ante la Academia de Ciencias los trabajos de su alumno Ulysse Gayon, en ellos se deducía que la producción de bio-gas podía ser en el futuro una fuente de energía utilizable en calefacción e iluminación. Este mismo año, la Compañía de Omnibuses parisinos encargó a Gayon que estudiara la posibilidad de producir gas a partir del estiércol de sus numerosas caballerizas.



A principios de nuestro siglo ya estaban a punto las diferentes técnicas de digestión para producir bio-metano a partir de materia orgánica, tanto los digestores de carga continua como de los discontinuos. Por la misma época, numerosos investigadores lograron estudiar de una manera detallada las características de la

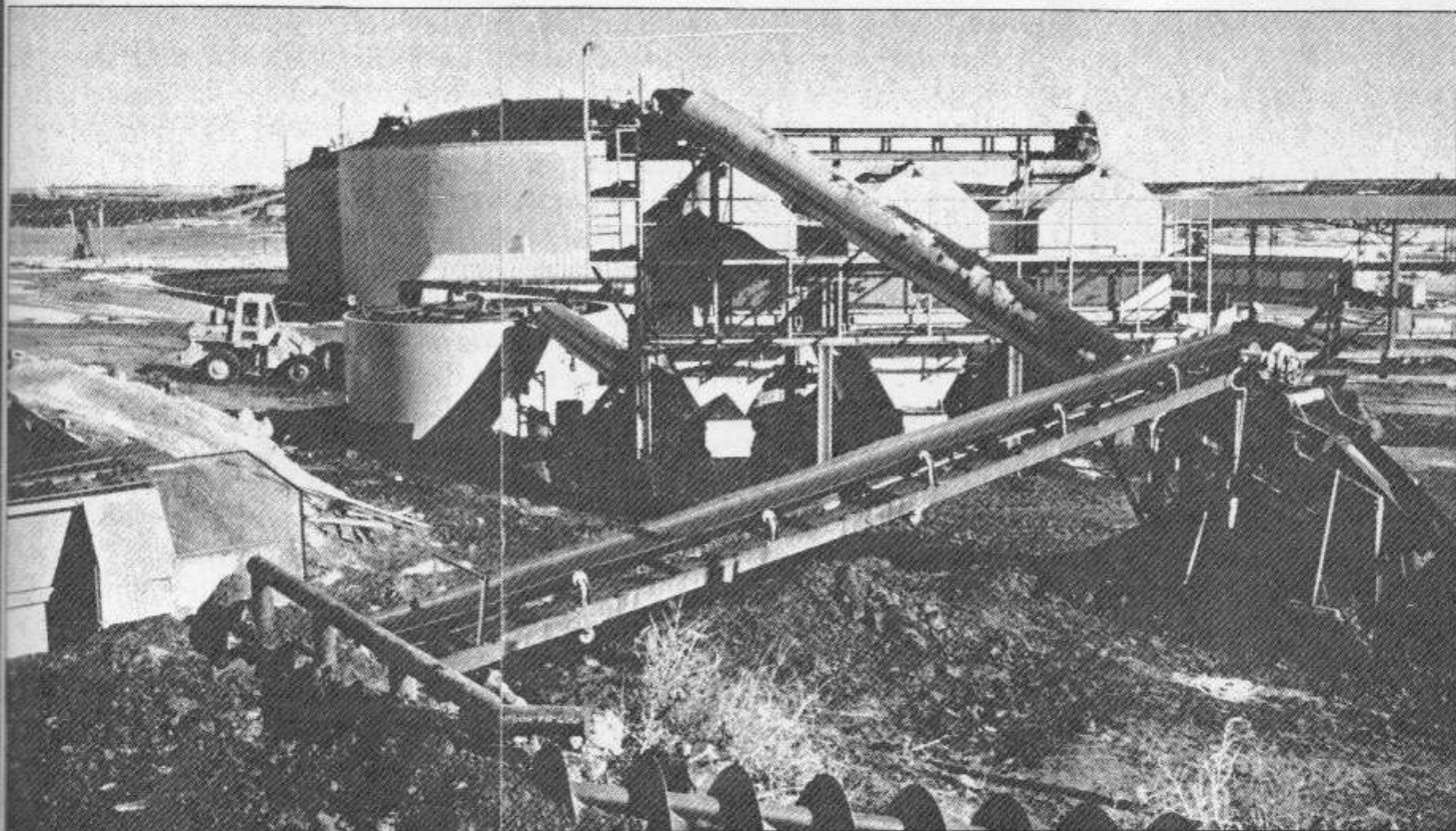
fermentación anaeróbica (en ausencia de aire), la influencia en la producción de bio-gas de los distintos componentes de la materia orgánica, las cepas microbianas, la importancia de la temperatura... En fin, se habían creado las condiciones técnicas para permitir el desarrollo del metano como nueva fuente de energía.

## el bio-gas en la encrucijada

Los años cuarenta conocieron por vez primera la utilización del metano a gran escala. Tanto en Francia como en Alemania, la proximidad de la guerra forzó a buscar soluciones de autoabastecimiento en previsión de la escasez de combustibles. Siguiendo las directrices del químico Ducellier y del ingeniero agrónomo Marcel Isman, más de tres mil granjas fueron equipadas con digestores contruidos artesanalmente. En la actualidad debido a la competencia del antiguo precio del petróleo y a la escasez de mano de obra agrícola (las instalaciones necesitan numerosas manipulaciones) no sobreviven más de cuarenta digestiones.

Pero mientras los países ricos daban la espalda al metano, el tercer mundo inmerso en las dificultades económicas y en la lucha contra la dependencia tecnológica, encontraba en el bio-gas una fuente de autoabastecimiento energético y de beneficios agrarios. Se calcula que en China se han instalado cerca de cinco millones de digestores, y en Corea las estimaciones más recientes hablan de 200.000.

Tras su independencia, la India se ha volcado en un programa que en su primera fase ha culminado con la construcción de 70.000 instalaciones.



Estación de tratamiento de Guymon en Oklahoma con un tratamiento de 200 Tn. diarias de residuos animales.

La lógica de las cifras es lo suficiente elocuente como para prestar al metano una mayor atención. Desde las instalaciones más pequeñas y descentralizadas tipo indio, diseñadas para granjas con un mínimo de cinco vacas, hasta la escala industrial puesta a punto por los americanos, la tecnología del metano demuestra no tener grandes dificultades para su utilización generalizada.

Pero en este terreno, como en casi todos los demás, la tecnología americana parece tener una especie de varita mágica que convierte todo lo que toca en instalaciones gigantes y centralizadas. Un ejemplo de ello es la factoría del CRAP (Calorific Rovey Anaerobic proces) instalada en Oklahoma. Cada día se tratan cerca de 200 toneladas de materia orgánica procedente de 75.000 cabezas de ganado. De ello resulta una producción diaria de 45.000 m<sup>3</sup> de gas. Tras una purificación el gas es enviado a más de 2.000 Km. a través de la red de la compañía de gas de Chicago. Los subproductos de la fermentación son reciclados en forma de alimentos para el ganado y de abonos líquidos. Con estas dimensiones y distancias no es de extrañar que el coste del gas sea superior al precio de venta del gas industrial; aunque curiosamente la empresa es rentable por la venta de sus subproductos.

Al igual que ocurría con la captación directa de la energía solar, la tecnología del metano impone su propia escala. Una escala por debajo del interés de las grandes compañías pero al alcance de cualquier pequeño grupo. Según los trabajos de A. D. Poole (Univ. Princeton) y de R. H. Williams (O. Ridge) la capacidad máxima de una instalación de biogaseficación no debe superar las 100 Toneladas diarias de materia orgánica.

Aún así, esta dimensión se encuentra dentro de las propiedades de una tecnología intermedia y a escala comarcal. Si tenemos en cuenta de que, por regla general, en una superficie agrícola, el 40 por ciento de los terrenos cultivados producen desechos vegetales (paja, tallos de maíz,...) a razón de cinco toneladas por hectárea, una factoría de metano, con una capacidad de cien toneladas diarias necesitaría unas 7.400 Has. (74 km<sup>2</sup> repartidos sobre un territorio de 185 Km<sup>2</sup>). Si la instalación estuviera ubicada en el centro de la zona, los transportes de desechos tendrían que recorrer una distancia media de 5,5 Km (la máxima se-



ría de 19 Km). Con un rendimiento del 50 por ciento, la instalación podría producir 7.200 toneladas equivalentes de petróleo (tep) de metano al año. Incluyendo todos los gastos el costo del gas se situaría muy por debajo del precio actual del petróleo (1).

El ejemplo anterior nos da una idea del contexto idóneo y del tamaño adecuado para una utilización eficaz del biogas.

Las pequeñas comunidades, cooperativas y poblaciones intermedias, serían los principales beneficiarios de la energía del metano. En este caso, es la propia tecnología la que impone el modelo descentralizado de aprovechamiento. Las distancias son adecuadas, el área no es excesiva, y el rendimiento nos permite afianzar una descentralización intermedia; encima obtendremos como residuo un abono que garantizaría la independencia de las zonas más deprimidas.

(1) Bulletin of the Atomic Scientist. (Mayo 1976).





# que es el bio-gas ?

Con frecuencia se suelen usar los términos de bio-gas, bio-metano, o simplemente metano, para describir a la mezcla gaseosa obtenida tras la fermentación metanógena de materia orgánica.

La fermentación metanógena es un proceso de degradación de la materia orgánica por medio de bacterias. Las bacterias o microorganismos son seres vivos de tamaño microscópico que se encuentran en la frontera entre el reino vegetal y el reino animal. Pero la particularidad de las bacterias capaces de producir metano reside en que son estrictamente anaeróbicas, es decir, no pueden existir en presencia de oxígeno. De aquí, se deduce el que las cuvas o recipientes destinados a la producción de metano deban estar herméticamente cerrados.

La fermentación de la materia orgánica sin contacto con el aire produce, mediante este tipo de bacterias, la mezcla gaseosa a la que nos referíamos. El bio-gas es precisamente esta mezcla de gases que variará según las condiciones en que controlamos la fermentación. El resultado de la mezcla variará según el procedimiento que escojamos o según la composición de la materia orgánica que utilizemos.

## Composición básica del Bio-gas:

— El metano está constituido por un 50 o 70 por ciento de metano ( $\text{CH}_4$ ), del 30 al 50 por ciento de gas carbónico ( $\text{CO}_2$ ), por hidrógeno (del 1 al 10 por ciento), por nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) y por una pequeña cantidad de oxígeno (0,1 por ciento), además, ocasionalmente se pueden encontrar trazas de sulfuro de hidrógeno ( $\text{SH}_2$ ) causante del mal olor del gas.

La mayor parte de los componentes de la materia orgánica pueden ser descompuestos por las bacterias de la fermentación metanógena; sin embargo, existe una excepción muy importante: la lignina. Por tanto, no se puede producir metano a partir de la madera.

El metano, es decir, la parte de bio-gas combustible, es un gas menos denso que el aire con un peso específico de 0,72  $\text{Kg/m}_3$  y un poder calorífico de 9.000 calorías. Dada la composición del bio-gas, esto quiere decir que podemos obtener un gas con una capacidad calorífica entre el gas-ciudad y el gas butano.

Como dato curioso baste resaltar que una vaca produce unos 20 Kg. de estiércol al día y que una tonelada de estiércol puede producir unos 50  $\text{m}_3$  de gas. Tendríamos, pues, que el gas producido en un año equivaldría a unos 200 litros de gasolina: no está mal.



## EL IDIOTA ESPABILADO

*Lo verdadero y lo falso de la catástrofe ecológica.*

**R.S. Scorer**

Un intento clarificador de la embrollada jungla de las verdades a medias que la economía y la política nos hacen creer sobre el ambiente y su degradación, sobre el agotamiento de los recursos y el inmediato futuro.



## EL MEDITERRÁNEO:

*un microcosmos amenazado*

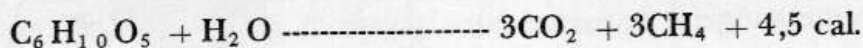
Número extraordinario de la revista **AMBIO**

Una visión estremecedora no por lo que pronostica para el futuro, sino por lo que denuncia del presente y porque pone de manifiesto la ingente tarea que los pueblos del Mediterráneo deben emprender si de la evaluación de la situación actual debe pasarse a las soluciones.

## Editorial Blume

Milanesado, 21-23  
Barcelona-17

# descomposición de la materia



La aparente simplicidad de esta ecuación no debe llevar a engaños. El proceso de fermentación metánica, en el cual intervienen sucesivamente o simultáneamente microorganismos muy diversos, es en realidad bastante complejo. A grandes rasgos distinguiremos dos etapas, necesarias a conocer para el tratamiento de los desechos de cara a la producción de metano.

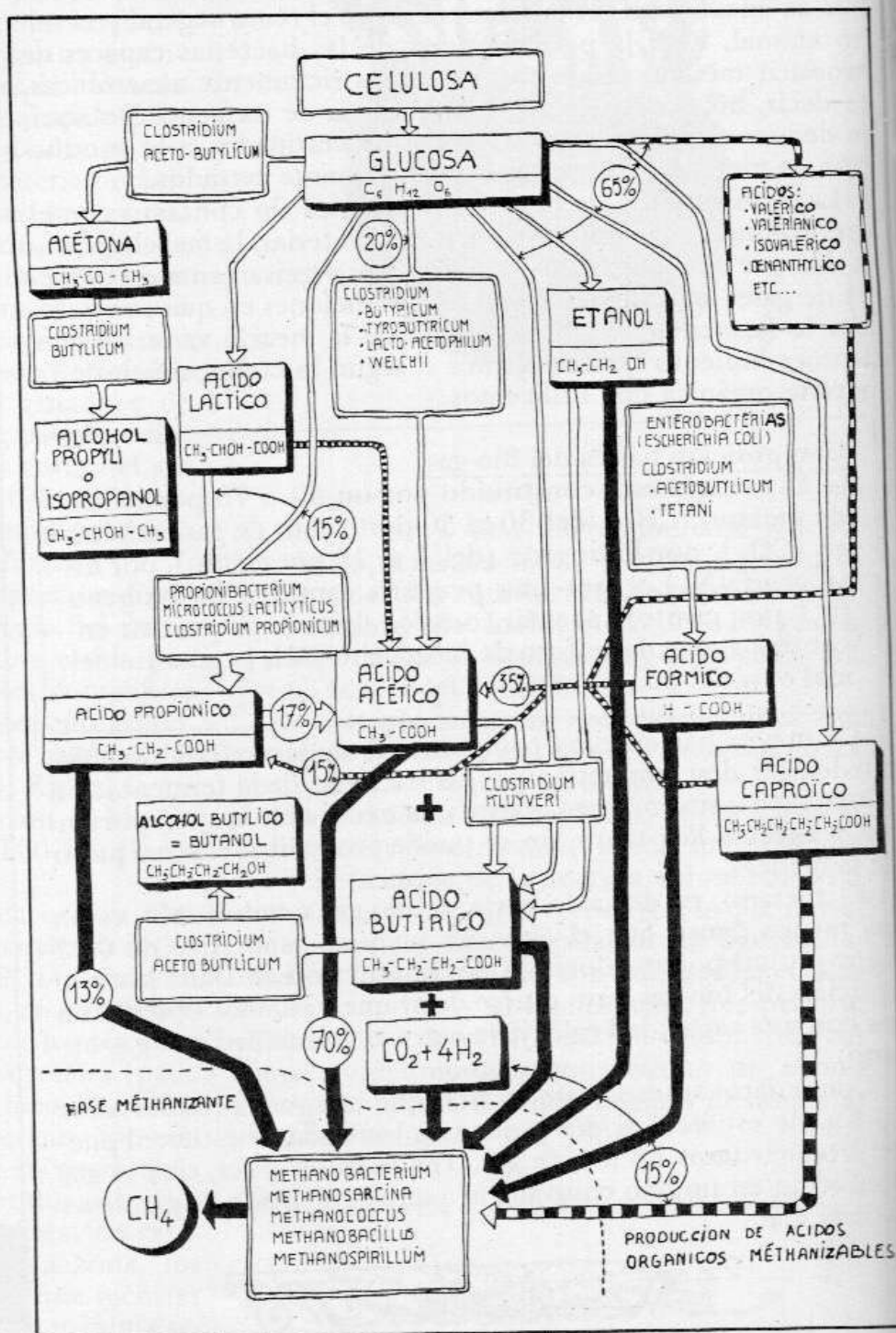
En una primera etapa se alcanza la producción de ácidos volátiles, que serán descompuestos a lo largo de la segunda fase en gas carbónico y metano.

- Las bacterias acidificantes son los microorganismos responsables de la primera parte del proceso. Su papel es el de segregar enzimas que descomponen la materia orgánica en sustancias más simples, esencialmente ácido acético. Estas bacterias son muy poco sensibles a los cambios que se produzcan en su entorno.

- Por el contrario, las bacterias metanizantes que intervienen en la segunda fase, se reproducen lentamente y pueden morir si existen variaciones bruscas de temperatura o de acidez del medio. Además, son estrictamente anaeróbicas (no pueden existir en presencia de oxígeno).

Teniendo en cuenta que nuestro objetivo es producir metano, y que la proporción de este en la mezcla gaseosa (bio-gas) sea la mayor posible, el secreto de una buena instalación de metano residirá en el dominio de estas características.

La buena marcha de la fermentación metanógena exigirá por lo tanto un control preciso de los factores físico-químicos del medio y de su estabilidad, así como una determinada calidad de la materia prima a tratar.





## COMO CONTROLAR LA DIGESTION. FACTORES A TENER EN CUENTA

### EL PH

El pH es la unidad con la que se mide el grado de alcalinidad o acidez de la materia. Toda digestión debe permanecer en un punto medio neutro: 7 ó 7,5; pero dado que la fermentación anaeróbica dentro del digestor produce ácidos volátiles como el acético (vinagre) conviene mantener el pH un poco alcalino: entre 8 y 8,5.

Si una mezcla se vuelve algo ácida, se ha de tratar con fosfato de amonio o con cal (preferible esta última por ser más asequible).

Para saber si una mezcla está ácida o alcalina existen unas tiras, de venta en cualquier farmacia, que nos indican con diferentes colores el pH de la mezcla.

Temperatura (°C)

Producción de gas  
(m³/día)

Periodo de digestión  
(meses)

15

0,15

12

20

0,30

6

25

0,60

3

30

1,00

2

35

2,00

1

Producción de gas en relación con la temperatura y el tiempo de digestión.

### COMPOSICION DE LA MATERIA PROPORCION CARBONO — NITROGENO (C/N)

Las bacterias encargadas del proceso de digestión anaeróbica (dentro del digestor) consumen una media de treinta a treintaicinco veces más Carbono que Nitrógeno.

### LA TEMPERATURA

La actividad de las bacterias productoras de metano está estrechamente ligada a la temperatura. Remontando los 10° C la actividad es muy débil como para mantener un buen funcionamiento; por encima de los 65° C el calor destruye toda actividad.

Ya hemos visto que la propia reacción de fermentación en el interior del digestor genera calor, pero normalmente no es suficiente para mantener una temperatura idónea para la digestión (unos 37° C). El calor desprendido por la reacción bastaría sólo en el caso en que las temperaturas medias ambientales sean de unos 20° C.

Por lo tanto, los digestores han de estar calefaccionados por serpentes por los que se hace circular agua caliente para el mantenimiento de la temperatura. En los grabados siguientes podemos ver algunos métodos alternativos que pueden solucionar este problema.

Como dato importante, tenemos que recordar que no se deben hacer cambios bruscos de temperatura dentro del digestor. Un incremento de 10° C en doce horas destruye los fermentos metanógenos.

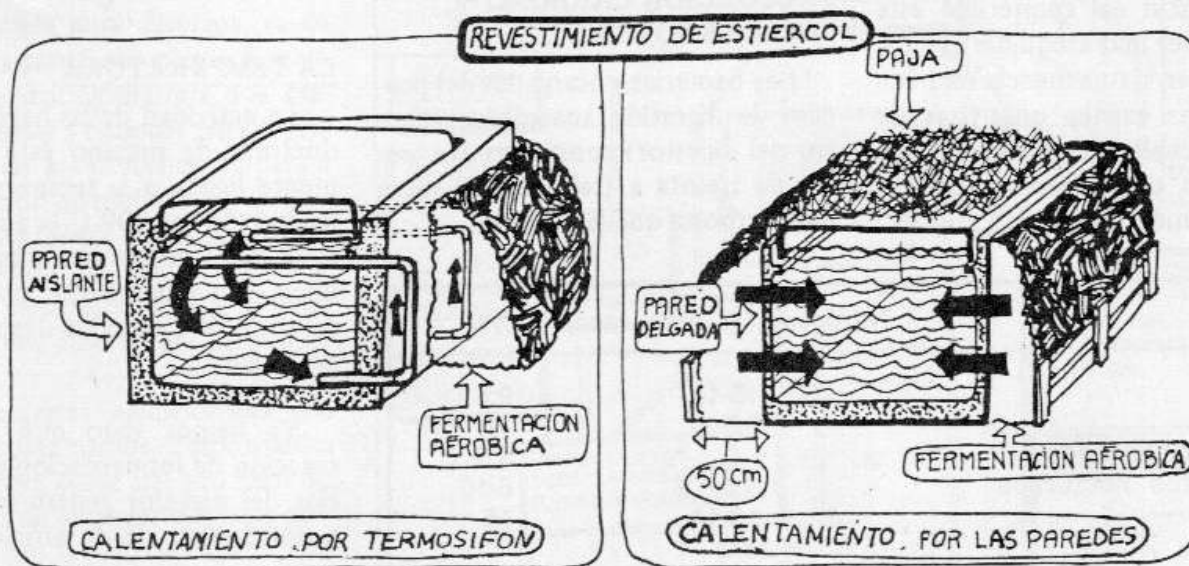
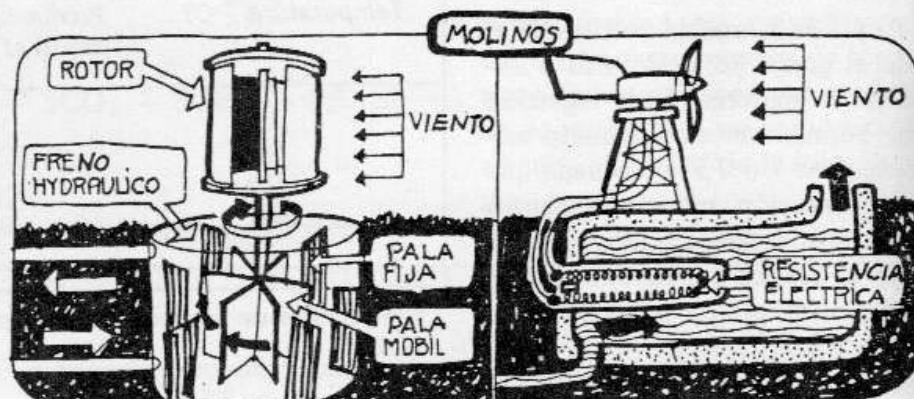
Materia	Nitrógeno (% peso seco)	C/N
Orina	15-18	0,8
Sangre	6,3	3,0
Huesos machacados		3,5
Excrementos nocturnos	5,5-6,5	6-10
Pollo	10-14	15
Carnero	3,8	
Cerdo	3,8	
Caballo	2,3	25
Vaca	1,7	25 o 18
Residuos activados	5	6
Residuos frescos		11
Hierba cortada	4	12
Col	3,6	12
Tomate	3,3	12,8
Hierbas mezcladas	2,4	19
Heno, hierba fresca	4	12
Heno, alfalfa	2,8	17
Heno, hierba azul	2,5	19
Vegetales no leguminosos	2,5-4	11-19
Alga marina	1,9	19
Clavo	1,8	27
Pan	2,1	
Mostaza	1,5	26
Patatas	1,5	25
Espigas de trigo	0,5	150
Espigas de avena	1,1	48
Serrín	0,1	200-500

Relación C/N en diversos materiales para la digestión.

Para escoger la temperatura de trabajo más adecuada para nuestro digestor, tendremos que llegar a un acuerdo entre la producción diaria deseada de gas, el grado de fermentación de la materia (importante si lo utilizamos como abono) y el tiempo de digestión.

Como vemos en esta tabla los períodos de digestión pueden ser variables en el tiempo dependiendo de la temperatura. Hemos calculado que el resultado más idóneo económicamente es hacer durar la digestión unos 45 días, para un digestor sencillo y al alcance de la mano.

## Sistemas de calentamiento Alternativo.



## ¿QUE TIPO DE DIGESTOR NOS PUEDE INTERESAR SEGUN NUESTRAS NECESIDADES?

Si la finalidad más importante es conseguir bio-gas sin importar, dentro de un orden de necesidades de digestor, la cantidad de trabajo realizado para su puesta en marcha (procesos familiares no industrializados) el modelo adecuado será el de carga discontinua. La cantidad de gas producido por tonelada de estiércol y la calidad son más elevadas que en los restantes procedimientos. Sin embargo, el trabajo a invertir es mucho mayor.

Si el proceso es industrializado y en el coste del gas intervienen la contabilidad de horas trabajadas, el sistema más adecuado es el de carga continua. Aún así, estos procedimientos conllevan problemas de incrustaciones y bajo rendimiento del bio-gas.

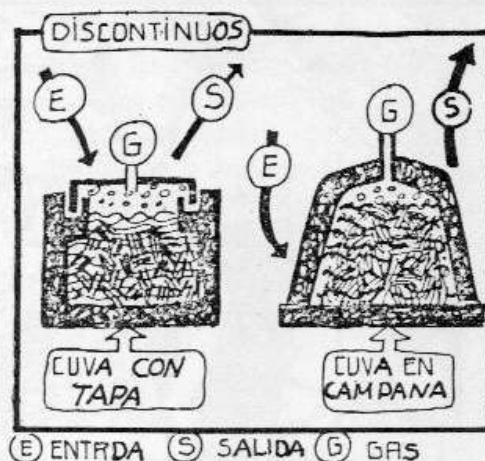
Las costras se producen a causa de los sedimentos. Pero en el caso de los digestores de carga discontinua, como cada vez que finaliza la digestión se ha de vaciar completamente la cava, este problema no existe.



## DIFERENTES TIPOS DE DIGESTORES

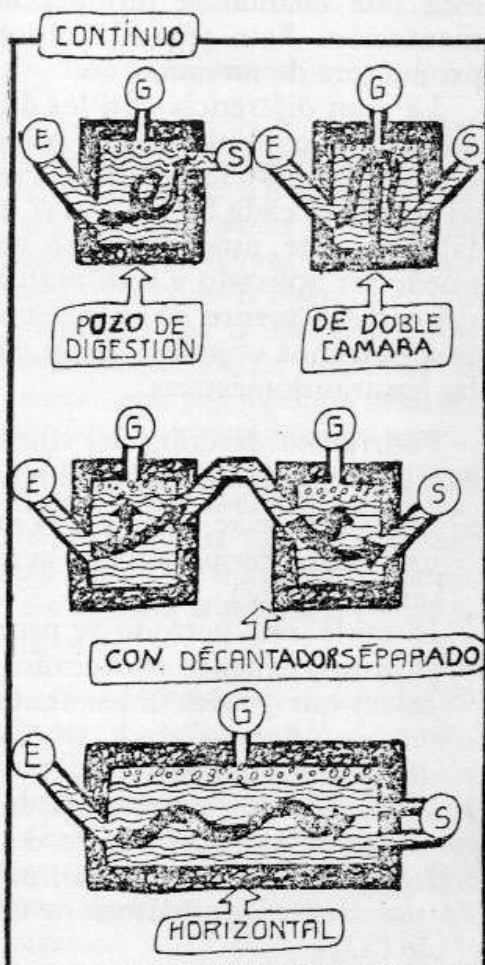
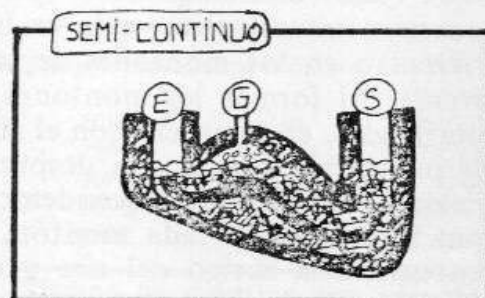


Básicamente existen dos tipos de procedimientos que exigen técnicas diferentes para la domesticación de la fermentación metanógena: digestores de alimentación continua y los de alimentación discontinua. Los esquemas siguientes reproducen a grandes rasgos las diferencias entre los dos procedimientos.



### DIFERENTES TIPOS DE DIGESTORES EN FUNCION DE LA MATERIA PRIMA

MATERIA PRIMA	TIPO DE DIGESTOR	TIEMPO DE DIGESTION	OBSERVACIONES
Desecho líquido industrial o agrícola muy diluido	Digestión de filtro continuo	12 h. a 5 días	Muy sofisticado
Deshecho regular industrial o agrícola diluido	Digestión continua con reciclaje de la biomasa	11 días	Muy sofisticado
Desechos domésticos seleccionados y triturados	Digestor térmico (55 a 60°) de reciclaje	5 días	Muy sofisticado
Aguas residuales muy sucias (polucionadas) Limo poco diluido	Digestor simple digestor Horizontal pozos de digestión	de 30 a 60 días	Rústico con problemas con los residuos y la espuma o costra superficial
Aguas residuales limo Limo diluido	Digestor de doble cámara o con decantador	1° - 10 a 30 d 2° - 20 a 60 d	Agitación en la 1ª cámara o en la 1ª cuba
Desechos agrícolas o industriales producidos con regularidad	Digestor de alto rendimiento	5 a 20 días	Alimentación continua con posibilidad de automatización
Estiércol desmenuzado y líquido	Digestor con entrada y salida especial de materia prima	60 días	Mayor producción de gas que con el limo solo.
Estiércol con paja o paja sucia	Digestores discontinuos con tapa o campana	60 días	Funciona con varias cubas. Manutención importante.
Gran cantidad de estiércol	Digestor semicontinuo	60 días	Más caro pero más práctico que el anterior.
Excrementos humanos	Decantador-digestor de carga continua. WC Patan, Nepal. WC tropical discontinuo	90 días	Problemas de higiene



# digestores de carga discontinua



La digestión discontinua puede ser considerada como una adaptación controlada de un proceso natural observable en las pilas de estiércol o en los montones de materia vegetal fresca. Al formar los montones, las capas superficiales, en contacto con el aire, sufren una fermentación previa con desprendimiento de calor. A medida que descendemos hacia las capas interiores de cada montón, la materia se encuentra al abrigo del aire y con la protección térmica de las capas superficiales; es en esta fase cuando se produce la segunda fermentación. Esta segunda fermentación es la productora de metano.

La gran diferencia con los digestores de alimentación continua radica en que el contenido de la cuva de fermentación se reemplaza en su totalidad cada 30 o 45 días. Una de las ventajas de este procedimiento consiste en que puede ser aplicado a toda materia orgánica independientemente de su textura, especialmente a desechos vegetales de un cierto grosor y a las basuras domésticas.

Podríamos describir las líneas generales de este procedimiento de la siguiente manera:

- a) Inicialmente se somete a la materia prima a una corta fermentación aeróbica (en presencia de aire).  
Durante este período se produce una reacción fuertemente exotérmica (se desprende calor) que genera únicamente  $\text{CO}_2$  (gas carbónico). Este proceso debe ser realizado en un medio húmedo.
- b) Preparada de esta manera, la materia se sumerge en un purín antes de someterla a la fermentación anaeróbica, más larga que la precedente, productora de  $\text{CH}_4$  (metano) y de  $\text{CO}_2$ .

- c) Se suele utilizar el calor desprendido en la primera fermentación para mantener la masa a una temperatura lo más cercana posible al óptimo de  $37^\circ \text{C}$  durante la fermentación anaeróbica. Con este método, el balance energético es más favorable que con el procedimiento de fermentación con alimentación continua.

Una vez finalizada la operación, el líquido resultante de la fermentación (purín) se utiliza para iniciar una segunda operación, lo que tiene como resultado el reducir hasta un 95 por ciento el consumo de agua con relación al otro procedimiento.

Los digestores de alimentación discontinua pueden operar con completa seguridad con concentraciones de materia hasta dos veces más elevada que con el método continuo.

Con el fin de asegurar una provisión continua y regular de gas, la instalación deberá estar compuesta de varias cuvas en batería. Las cuvas se cargan por turnos y se conectan en paralelo con un mismo colector de gas. De esta manera cuando en una cuva el proceso de fermentación esté finalizando, en otra está comenzando, lo que garantiza el suministro continuo de gas. En efecto, la producción diaria de gas varía enormemente en el curso de la fermentación de una cuva. A una temperatura de  $35^\circ \text{C}$ , la producción puede pasar al cabo de cinco a seis días por un máximo que representa un volumen de 2,5 veces la capacidad de la cuba, para luego decrecer rápidamente al cabo de un mes hasta  $1/6$  de este máximo.



## ALIMENTACION ¿QUE PUEDEN DIGERIR?

En primer lugar, para poder es-  
coger el alimento del digestor, hace  
falta disponer de materias orgánicas  
que contengan una parte de fibras  
vegetales y otra de detritus minera-  
les. Esto se puede conseguir mez-  
clando distintos tipos de desechos;  
por ejemplo, para conseguir la pri-  
mera propiedad bastarían los excre-  
mentos de caballo, mientras que la  
mierda de corrales es bastante apro-  
piada para conseguir la proporción  
necesaria de minerales.

Tras haber elegido adecuadamen-  
te la composición de la carga a in-  
troducir, es necesario darle una de-  
terminada consistencia. Esta tarea  
es importante ya que va a influir so-  
bre el tiempo de retención en el in-  
terior del digestor, sobre sus dimen-  
siones y sobre la cantidad de cale-  
facción que va a necesitar. Por regla  
general, el porcentaje medio de ma-  
teria orgánica en la mezcla a intro-  
ducir debe estar entre el 5 y el 15  
por ciento, esto quiere decir que  
aproximadamente hay que disolver  
los excrementos en un peso equiva-  
lente de agua, hasta que adquieran  
una consistencia cremosa. A veces  
es necesario calentar la mezcla pa-  
ra darle la consistencia buscada.

La mezcla debe ser fluida para  
no alargar inútilmente los tiempos  
de retención en el interior del diges-  
tor. Así mismo, es importante que  
esté correctamente preparada ya  
que así se reduce uno de los grandes  
problemas de este tipo de digestores  
que es la formación de costras en el  
interior de la cámara de fermenta-  
ción.

Este sería pues el masticado del  
alimento. La materia orgánica pre-  
parada de esta manera en una cuve-  
ta se introduce mediante un tubo  
en el interior del digestor.

## LA DIGESTION

La materia a digerir debe perma-  
necer un tiempo apropiado en el in-  
terior del digestor, que llamaremos  
tiempo de retención. Este tiempo se  
controla fácilmente con un cálculo  
adecuado de las cantidades de ma-  
teria orgánica aportada periodicamente  
hasta que se remplace com-  
pletamente el volumen de materia  
en el interior del digestor. Es decir,  
si por ejemplo cada semana introdu-  
cimos un volumen de materia igual  
a la quinta parte del digestor, toda  
la materia se habrá renovado al ca-  
bo de cinco semanas, que sería su  
tiempo de retención. Pero para po-  
der decidir sobre el tiempo de re-  
tención hay que tener en cuenta  
lógicamente varios factores.



- Para cada temperatura (interior del digestor) existe un tiempo mínimo durante el cual se forman las bacterias que serán evaluadas con los efluentes. Lógicamente el tiempo que debe permanecer la materia en el interior de la cámara de fermentación debe ser superior a este mínimo. Por lo tanto, se suele aconsejar un tiempo de retención 2,5 veces superior al mínimo:



Temperatura	Tiempo mínimo	Tiempo óptimo
20°C	11 días	28 días
25°C	8 días	20 días
30°C	6 días	14 días
35°C	4 días	10 días
40°C	4 días	10 días

Tiempo de digestión con respecto a la temperatura.

### - Tasa de disolución

La densidad de la mezcla o tasa de disolución interviene igualmente en la rapidez de la digestión. Existe una densidad óptima en la cual las bacterias intervienen más eficazmente. Es como la digestión en una persona; según la insalivación y la consistencia de los alimentos se puede tener una digestión demasiado débil o extramadadamente pesada. En el digestor ocurre lo mismo, por debajo de una densidad, no hay materia sólida para fijar las bacterias, por encima de la disolución óptima una excesiva consistencia retrasa la digestión.

No olvidemos que la densidad de la mezcla influye sobre el tamaño del digestor y que la producción de gas no aumenta añadiendo más agua o más materia sino encontrando el punto óptimo donde se produzca una digestión mejor de la materia orgánica.

### MODO DE TRATAR EL ESTIERCOL para alimentar el digestor

En primer lugar se amontona el estiércol en pilas. En este proceso se producen las primeras reacciones de fermentación en las cuales se logran romper las cadenas carbonadas. Al estabilizarse el pH en esta fase, la temperatura aumenta hasta 65 o 75° C a causa de las reacciones existentes. Como podemos comprobar en la figura el calor desprendido en estas reacciones puede ser aprovechado de diferentes maneras para aumentar la temperatura en el interior del digestor. Este proceso debe durar entre 7 y 15 días.

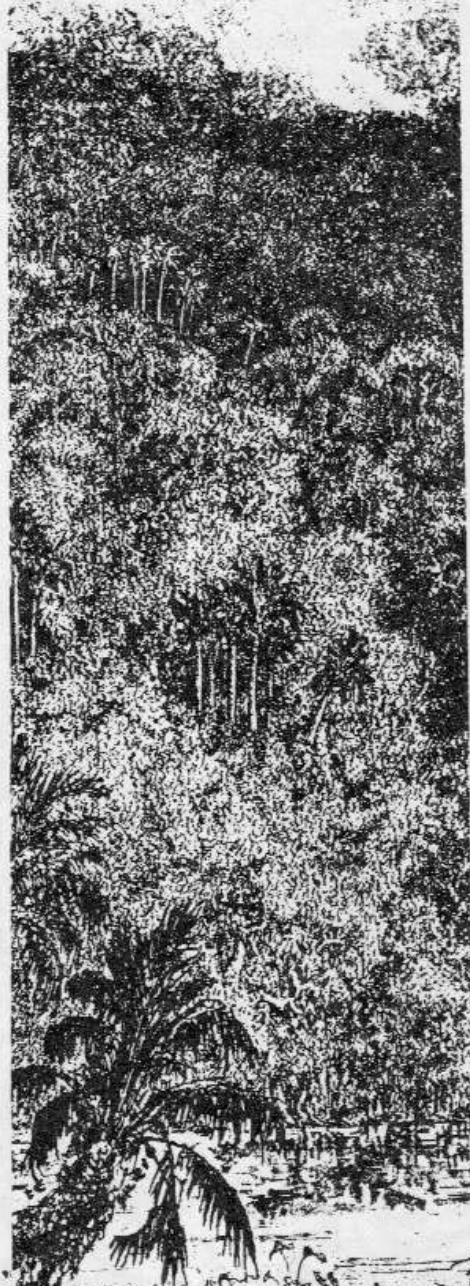
Seguidamente se debe extender el estiércol tras mojarlo con purín (líquido resultante de otras fermentaciones). Si es la primera vez y no se dispone de purín, se pueden utilizar los líquidos de las defecaciones tras colocarlos debidamente en un lugar cerrado y en ausencia de sol. En caso de no disponer tampoco de esta preparación, se puede recurrir a los pozos o fondos de pantanos y lagos con gran contenido en materia orgánica; deben escogerse de manera que huelan fuertemente a establo y una vez mezclados con agua formarán nuestro primer purín. El estiércol mojado con purín se dejará reposar uno o dos días como máximo.

Ya podemos, tras estas operaciones, introducir el estiércol dentro de la cuva, teniendo en cuenta que hay que llenarla con tres partes de estiércol y una de purín.

### MANIPULACION DEL DIGESTOR

Posteriormente, y una vez equilibrada la temperatura de la mezcla, tapar herméticamente la cuva. Tras haberla cerrado hay que mantener la espita de gas igualmente cerrada puesto que durante los primeros días (de 3 a 7) la proporción de anhídrido carbónico del bio-gas es muy alta, y por lo tanto no nos interesa recoger este gas. Tras este tiempo abriremos la espita y dejaremos escapar el gas formado en los primeros días; luego hay que ir comprobando la mezcla (de gas) hasta obtener un gas aceptable. El procedimiento más sencillo consiste en recoger el bio-gas en un vaso boca abajo; si al aplicarle la cerilla vemos que se desprende una llama azul, el gas comienza a ser de utilidad y ya podemos introducirlo en la instalación.

No es conveniente mantener la espita largo tiempo cerrada dado que las presiones altas en el interior de la cuva dificultan la digestión, pudiendo llegar a frenar completamente la producción de metano.





# digestores de carga continua

Este tipo de digestores tiene su origen en las fosas asépticas desarrolladas a partir del siglo XIX. En 1896, Donald Cameron diseñó una fosa para la ciudad de Exter que llegó a producir gas para iluminar las calles de la ciudad e incluso llegó a emplearse en usos domésticos y máquinas de vapor. Veinte años más tarde, Karl Imhoff perfeccionó un método de fabricación continua de metano añadiendo periódicamente una pequeña cantidad de sustancias orgánicas a una gran masa en fermentación. Este fue el punto de partida de los decantadores-digestores. A partir de los años cincuenta el metano conoció un auge definitivo y es la época en que se inventan los prototipos de partida de los actuales digestores. El uso de este procedimiento comenzó a brotar en Alemania, la India, Sudáfrica y Kenya.

Lo que distingue a los digestores de carga continua es su gran parecido con un sistema digestivo. Al igual que el intestino de los animales, cultiva y reproduce sus propias bacterias, necesita una temperatura constante para mantener un funcionamiento eficaz, y debe ser alimentado de una manera regular.

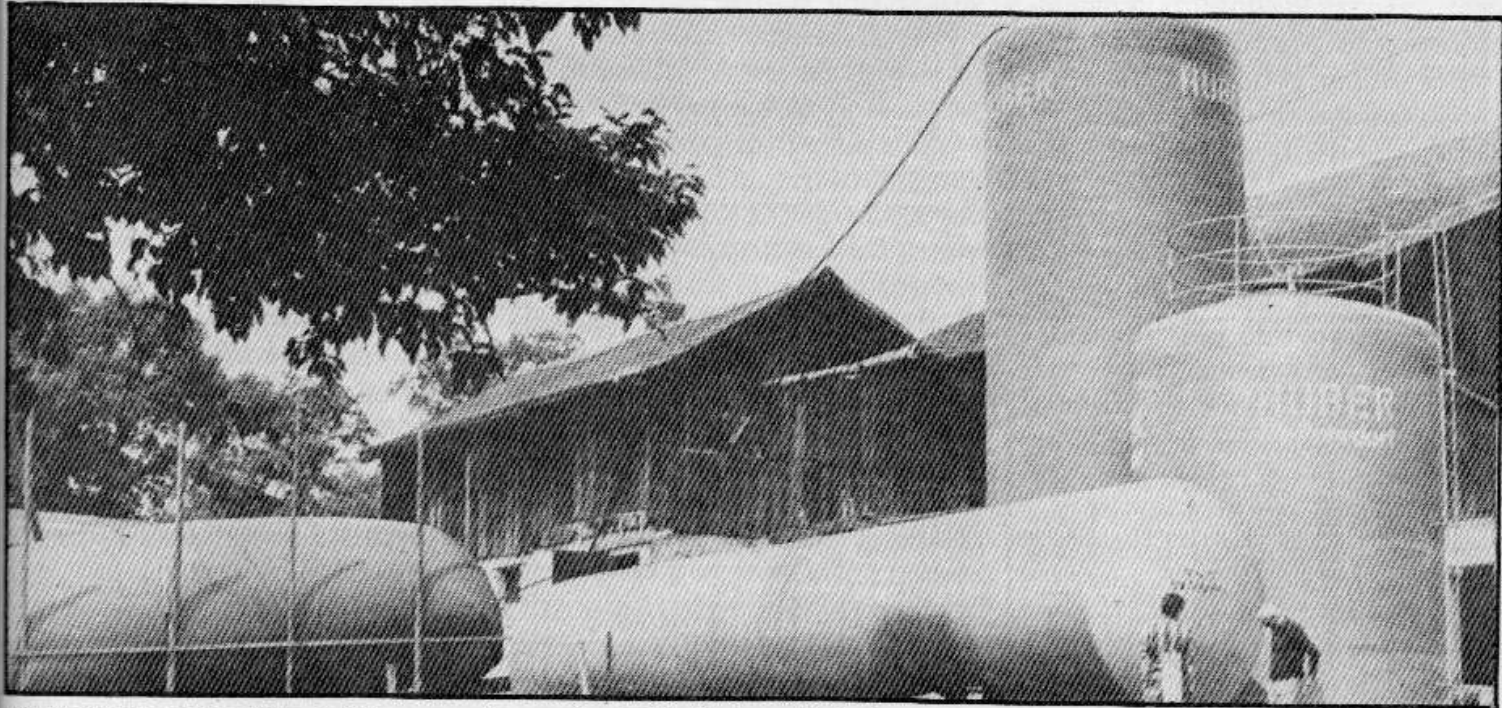
Siguiendo con las comparaciones hay que destacar que un detalle importante en este tipo de digestores es que no asimilan bien los

desechos vegetales gruesos, fibrosos o mal triturados. Al igual que el aparato digestivo de los animales, estos fermentadores necesitan una alimentación ya masticada.

El procedimiento es también muy parecido al que se desarrolla naturalmente en los estanques, cuando la materia vegetal desciende lentamente al fondo, donde se produce la fermentación. Inspirándose en las técnicas de fermentación de aguas residuales, consiste básicamente en diluir los desechos en agua de manera que se obtenga una especie de barro fluido, con el cual se alimenta lenta y regularmente una gran masa de fermentación, esforzándose al mismo tiempo en remover la masa para dispersar la mezcla introducida y evitar la formación de bolsas ácidas que frenarían la fermentación.

Este procedimiento exige una alimentación muy regular de la instalación y una atenta vigilancia del pH de la mezcla con el fin de poder intervenir a tiempo y evitar toda acidificación del medio.

Este tipo de fermentadores no convienen para el tratamiento de desechos vegetales y elementos fibrosos que pueden obstruir los tubos. Hasta el momento, su uso se restringe casi exclusivamente al tratamiento de excrementos animales.

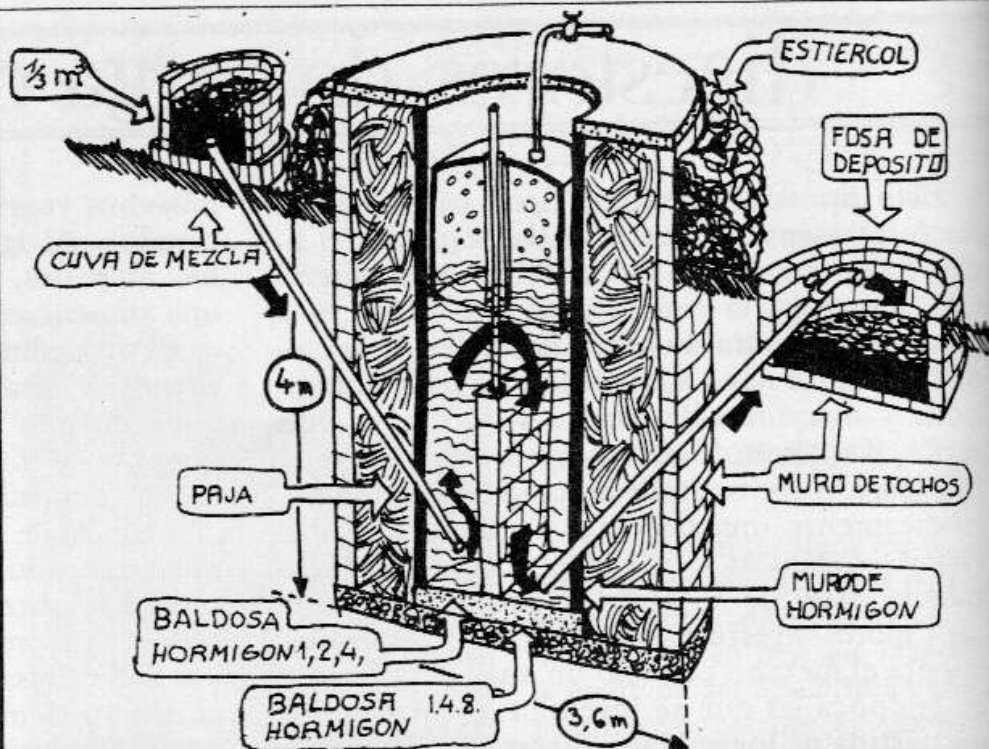


Unidad de producción de Bio-gas en la granja de M. Steiner (Suiza).

Los primeros digestores de este tipo eran alimentados de una manera muy espaciada, aún no se conocían suficientemente las relaciones de tiempo y cantidad de materia para asegurar una mayor producción de gas. Por supuesto que lo ideal sería reducir los intervalos de alimentación del digestor lo máximo posible. Experiencias realizadas en el centro de investigación de Rowett en Escocia, han llegado a reducir los intervalos de alimentación a cada cinco minutos. Evidentemente que para una explotación con pocos medios y sin pretensiones de perfeccionismo no hay que llegar a estos extremos. Sin embargo, con esto queremos indicar la importancia que tiene el que la frecuencia de la carga sea lo más continua posible. Hay que tener en cuenta también que a mayor frecuencia más problemático se hace el cálculo y el control de la materia a introducir. Para elegir la frecuencia de carga habrá que tener en cuenta la disponibilidad periódica de materia, los factores anteriormente mencionados y la cantidad de trabajo que se desea invertir.

Es decir, cada instalador o cada usuario, deberá diseñarse la instalación que más le convenga teniendo en cuenta todos estos factores.

Por último, el tiempo de fermentación influye en el uso que le intentamos dar a los desechos fermentados a la salida del digestor. Si se quieren recuperar como abono, la digestión no debe ser tan larga que llegue a destruir la materia orgánica. Pero por otro lado si la fermentación dura poco tiempo, la producción de gas será menor. Esto se puede paliar aumentando la frecuencia de alimentación del digestor, de manera que a mayor frecuencia habrá una fermentación más homogénea.



## TIPOS DE DIGESTORES DE ALIMENTACION CONTINUA

Podemos distinguir básicamente dos tipos de digestores de alimentación continua: las cuvas gazométricas y los digestores de desplazamiento.

### CUVAS GAZOMETRICAS

Se componen esencialmente de una fosa, a veces dividida en dos compartimentos comunicados, cubierta herméticamente por una campana de gas. La campana está guiada simplemente mediante un eje, en su desplazamiento vertical. Ascenderá o descenderá según el volumen de gas producido. La campana gazométrica reposa sobre el contenido de la fosa, o cuva de fermentación. En otros casos se la deja reposar sobre un estrecho y profundo canal de agua que rodea completamente la fosa, formando una especie de junta hidráulica.

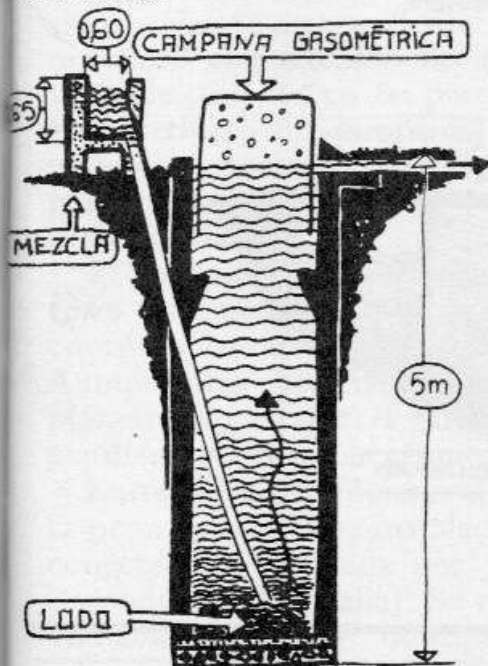
Los desechos orgánicos se mezclan con agua de un estanque contiguo. En el mismo estanque la mezcla es calentada según las necesidades y posteriormente introducida en el digestor mediante un tubo que desemboca en la base del primer compartimento. Esto, claro está en el caso de que la cuva esté dividida. Cada introducción de materia provoca el corrimiento hacia el exterior, mediante un tubo opuesto que desemboca en otro estanque de almacenamiento, de una cantidad igual de materia orgánica digerida. De esta manera, el nivel de la masa se mantiene constante dentro de la instalación. Mientras, en el interior del recinto los desplazamientos de materia fermentada se realizan en sentido vertical, lo que permite el acceso al tubo de evacuación.

Los rendimientos en mezcla gaseosa o bio-gas obtenidos mediante este procedimiento son del orden de 80 m<sup>3</sup> de gas por tonelada de estiércol de bovino, de 250 m<sup>3</sup> por ton. en el caso de cerdos y hasta de 350 m<sup>3</sup>/ton. para el estiércol de aves.



## DIGESTORES TIPO INDIO

Toda esta serie de digestores, desarrollados a partir de los sistemas de digestión de aguas residuales, han sido puestos a punto por la Gobar gas (GGRS), organismo público de la India. Aún no siendo los más perfeccionados, su gran ventaja estriba en que por ahora son los de construcción más barata. Describiremos algunos de estos sistemas caracterizados por su sencilla realización.



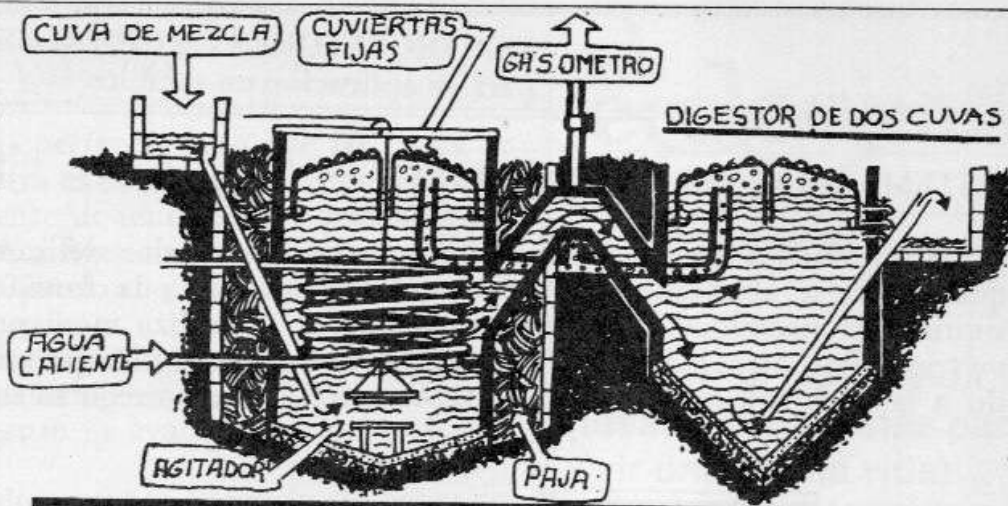
### DIGESTOR DE DOS CUVAS

Es uno de los sistemas más desarrollados dentro de los digestores de tipo pozo. La construcción es mucho más compleja, pero sus rendimientos y garantía de funcionamiento son superiores.

Las funciones de digestión y decantación están separadas. El fondo en forma de cono permite una extracción mucho más fácil de los barros y desechos de la fermentación.

El sifón está construido de manera que el barro no puede colarse por accidente entre las dos cuvas.

Y, por supuesto, al igual que todos estos modelos, es necesario un aporte cotidiano de materia, que en este caso permitiría la circulación entre las dos cuvas.



### DIGESTOR - POZO

Está diseñado para las pequeñas explotaciones rurales. Su producción es de unos 3 m<sup>3</sup> diarios de gas contando con los excrementos de cinco vacas. La misma instalación puede ser ampliada hasta una producción máxima de 14 m<sup>3</sup>/día.

Antes de colocar el aislante, la pared de ladrillos que forma la cuva del digestor deberá ser encalada y posteriormente recubierta de una capa de cemento. Es importante tener en cuenta que la campana gazométrica no puede sobrepasar nunca la pared de la cuva, incluso cuando ésta esté llena. Para evitar al máximo las pérdidas de calor, la parte superior de la campana tiene que estar aislada.

El tubo de desagüe está provisto de una llave de manera que permite evacuar desde el interior de la cámara de fermentación tanta materia como la que se aporta desde el otro lado.

La campana metálica (2,7 m<sup>3</sup>) lleva unas aletas adosadas a su estructura que permiten, en los movimientos de ascenso y descenso, romper las costras que se forman.

Este digestor en su momento fue el primer digestor-gazómetro, es decir el primero que asociaba la cuva de digestión con una campana gazométrica. Desde luego que, siendo un sistema tan simple, no puede digerir la materia más pesada, de la misma manera que en el sistema de dos cámaras de digestión, se debe impedir que el barro pesado repose sobre el fondo, so pena de bloquear completamente la digestión.

Algunos investigadores indios tratan de poner a punto, a partir de este mismo procedimiento, un tipo de fermentadores que permiten el empleo de técnicas simples y baratas. El objetivo es lograr un rendimiento eficaz a partir de una tecnología que emplee como materiales básicos el adobe y la cal, el bambú, madera y un mínimo de metal.

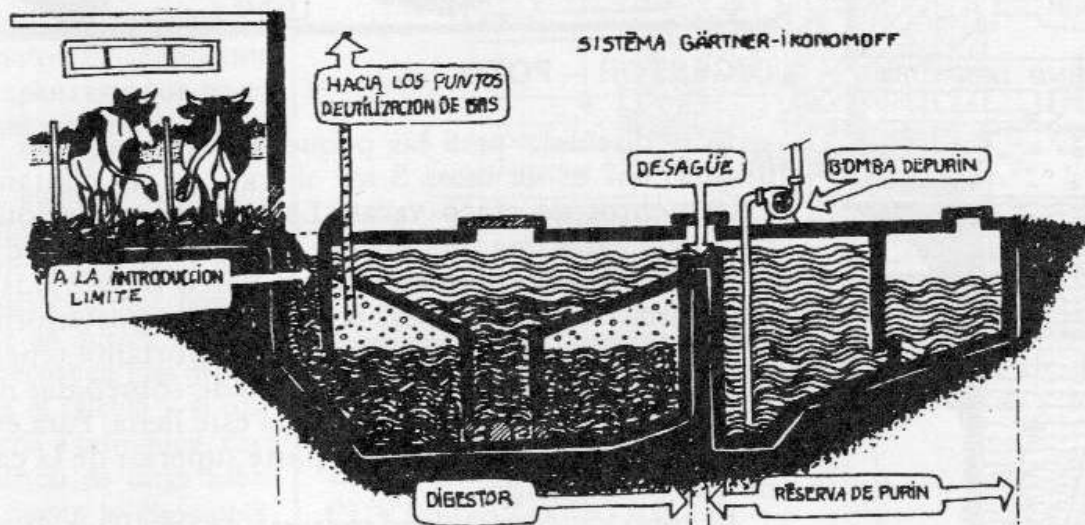
Como podemos comprender estas realizaciones, basadas en este tipo de materiales no están dirigidas precisamente hacia los países europeos ricos. Pero lo que un europeo tecnocrático entiende por ingeniería energética, se encuentra en un plano de comprensión diferente de lo que un asiático esquilmado entiende como tecnología para la supervivencia. Baste aclarar que estos digestores, aún en estudio, llevan un período de experimentación de quince años.

## DOS DIGESTORES ORIGINALES para su aplicación en establos

### SISTEMA GARTNER – IKONOMOFF

Corresponde a un tipo de digestores en los que el gas se almacena bajo presión, lo que suprime la necesidad de una campana gazométrica. Por otro lado, el movimiento debido a la variación del nivel de la mezcla en el

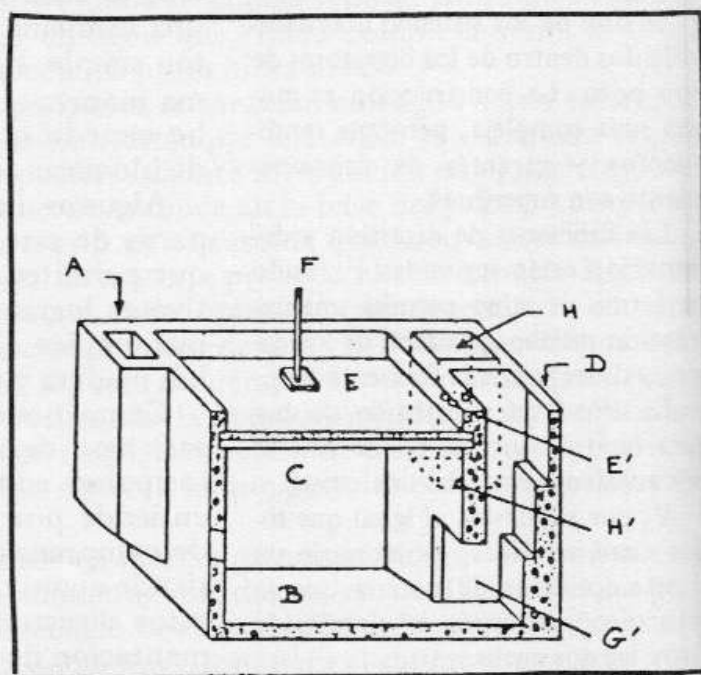
interior del compartimento productor de gas evita la formación de costras. El vaciado se realiza mediante un estrangulamiento, y una trampa permite intervenir en el digestor para corregir su funcionamiento.



### DIGESTOR CHINO SIN CAMPANA GAZOMETRICA

Este sistema resuelve el problema de la compresión del gas haciendo pasar el afluyente líquido a un pequeño estanque bajo techo. Cuando el gas es trasegado, el líquido retorna hacia la cámara de evacuación

- a) Cámara de alimentación unida a los desagües de aguas residuales y al establo.
- b) Recipiente de fermentación
- c) Depósito de gas
- d) Cámara de evacuación
- e) Depósito de expansión
- e') Conducción para la expansión
- f) Tubo de evacuación del gas
- g) Ranura para la plancha de separación
- g') Puerta del depósito de fermentación
- h) Recipiente de barros líquidos fermentados
- h') Evacuación del estrangulamiento





## DIGESTORES DE DESPLAZAMIENTO

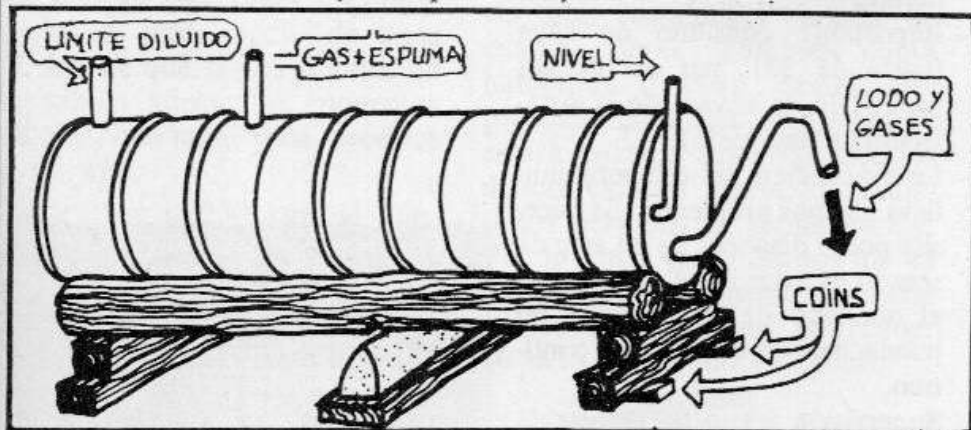
Se trata de un sistema más perfeccionado que las cuvas de desplazamiento, pero por contra es mucho menos conocido. El sistema se compone básicamente de un cilindro horizontal, cerrado por sus dos extremos. A diferencia del sistema precedente, el techo no es móvil sino que forma un mismo bloque con la estructura del digestor.

La alimentación del digestor se realiza por una de sus extremidades, de esta manera la materia en fermentación se desplaza horizontalmente y finalmente es evacuada por el extremo opuesto.

Estos digestores se suelen dotar sobre el fondo de tubos de circulación de agua caliente que permiten calentar cuando sea necesario el contenido de la cámara de fermentación. Un sistema de orificios en las paredes permitirá, mediante una bomba exterior o un compresor de gas, remover verticalmente la masa en fermentación con el fin de evitar la formación de capas y sedimentación, a la vez que obtener la mezcla homogénea deseada.

El equipamiento necesario es muy semejante al de los digestores tipo pozo o cuva, que básicamente permiten un cierto control sobre los fenómenos que se desarrollan en su interior. Aunque otra diferencia de los sistemas horizontales o de desplazamiento es que el gas se almacena en un gasómetro independientemente de la cámara de digestión.

Entre las experiencias realizadas por este procedimiento vale la pena resaltar una instalación relativamente reciente (1972) concebida y realizada por John Coulthard un granjero de Cranbourne (Australia). Se trata de una instalación provista de una cuva de 125 m<sup>3</sup> de capacidad y de estructura inflable.



La gran ventaja de la cuva inflable es que puede ser transportada y montada en cualquier lugar. Cualquier tipo de desecho orgánico animal o vegetal puede ser usado por estas cuvas como materia prima para la fermentación. Los desechos líquidos (aguas residuales, excrementos, orin, más paja triturada) son vertidos en un mezclador de vórtice que reduce la paja y los demás desechos vegetales a pequeñas partículas. Tras esta operación se introduce la mezcla en la cuva de fermentación. La instalación incluye asimismo una unidad de cultivo de algas (alimentada por los líquidos evacuados).

## el ecologista

Extra de verano  
(número doble)  
150 ptas.

**Dossier: la buena vida**  
(Ideas y propuestas para vivir una buena vida)

.....  
**20 trucos para hacer la ciudad maravillosa,**  
Mario Gaviria

**Agricultura biológica: ¿cómo se hace?,**

Joaquín Araujo

**Energías alternativas: el viento, el agua, la madera y el sol**

**Balance energético de la agricultura española,**  
José Manuel Naredo y Pablo Campos

.....  
**La pesca en Galicia**  
**Fenosa inunda Galicia con sus embalses**  
**Carta de un desertor del arado a su padre**  
**Las ballenas son muy bonitas: ¿por qué las matais?**

**Tecnologías alternativas,** Amory Lovins

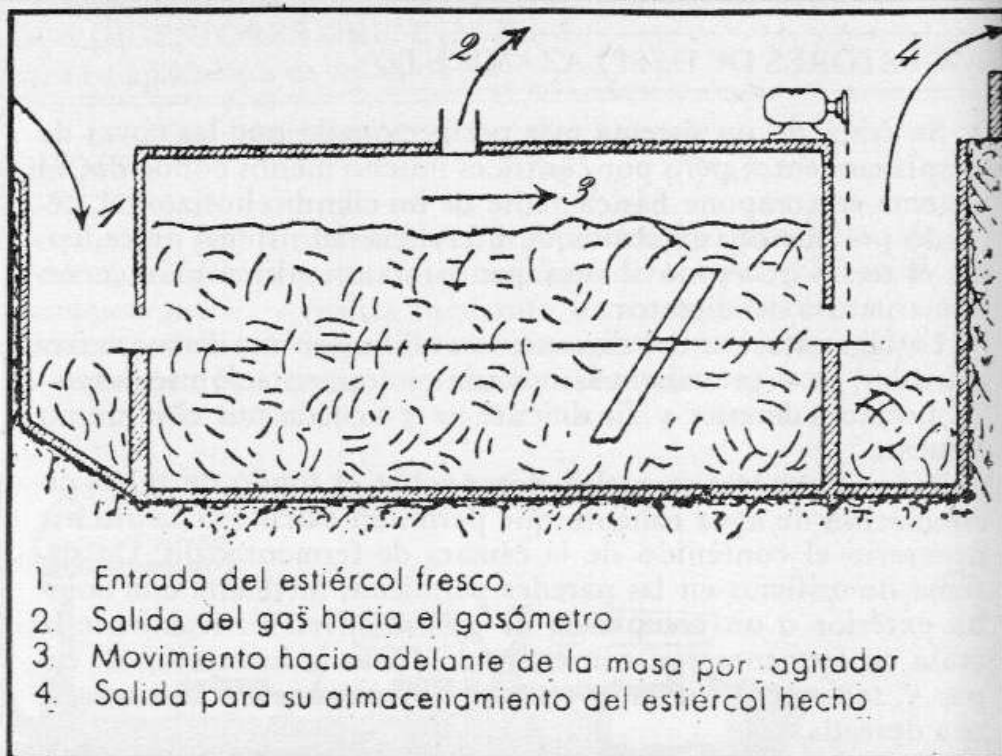
etc.  
Suscríbete sin demora y recibirás gratis los cinco primeros números  
C. Segovia 24, 6.º,  
Madrid-5

## SISTEMA REINHOLD

Este procedimiento consiste en una fosa paralelepípeda de fermentación totalmente enterrada y aislada térmicamente.

Por un extremo se introduce diariamente el estiércol fresco y por la otra extremidad se extrae el estiércol hecho.

La masa del estiércol en fermentación avanza en la cuba gracias a un agitador accionado por un motor eléctrico. El funcionamiento del agitador es de un cuarto de hora por día. La evacuación del gas se hace por la parte superior de la fosa.



## VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA ALIMENTACION EN CONTINUO

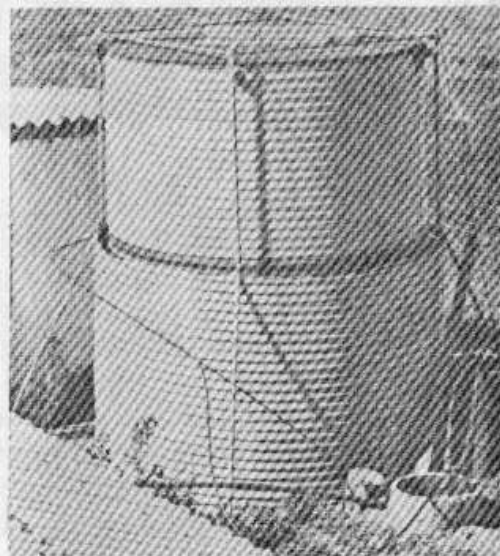
### Ventajas:

- la producción es estable
- los rendimientos de gas por metro cúbico de digestor son más elevados que por el método discontinuo.



### Inconvenientes:

- Necesita una mayor inversión de trabajo humano ya que es necesario alimentar el digestor diariamente.
- Importante consumo de agua (hasta de 331. por m<sup>3</sup> de gas producido en el caso de la instalación de tipo indio).
- La evacuación del efluente conlleva algunos problemas. Se necesita poder disponer de un área de secado extensa en el caso de que el abonado de los campos no pueda hacerse en régimen continuo.
- Supervisión y control regular de las reacciones que se producen con el fin de poder intervenir rápidamente y corregir la situación.
- Limpieza periódica de la instalación a causa de los depósitos sólidos.
- Formación de una costra que llega a espesarse y endurecerse rápidamente si no se destruye con los medios adecuados.





# calculo de un digestor

## ¿COMO CALCULARSE UN DIGESTOR SENCILLO?

El sistema que proponemos consta normalmente de **cuatro** cubas. El motivo de que sean cuatro es para garantizar un rendimiento continuo de la instalación.

El proceso normal sería el siguiente: mientras la primera cuba se está cargando, la segunda inicia el proceso de fermentación, la tercera está a pleno rendimiento y la cuarta estaría a punto de finalizar la producción. Con este sistema logramos tener una producción de gas estable y continua, asegurando el abastecimiento cotidiano sin necesidad de recurrir a sistemas más sofisticados.

Las condiciones iniciales del ejemplo práctico que vamos a proponer están pensadas para pequeñas granjas agrícolas en régimen de explotación familiar. Partimos de la base de que se tienen unas **diez vacas** —pongámosle un peso medio de unos 450 kg.—, que si nos fijamos en las tablas adecuadas, podemos calcular que una vaca produce en un año:

$450 \times 25 = 11.250$  kgs. al año lo que significa para 10 vacas unos 112.500 kgs. Es decir, unas cien toneladas.

Llegados a este punto hay que tener en cuenta que con la proporción adecuada de Carbono/Nitrógeno que anteriormente hemos explicado (Tabla de la pág. 89). Teniendo en cuenta que la proporción C/N de la paja de trigo es 120 y que la del estiércol de vaca es 18. La adición de paja para alcanzar la proporción de  $C/N = 30$ , vendrá dada por la resolución de la siguiente ecuación:

$$\frac{18}{19} \cdot 112 \text{ Tn} + \frac{120}{121} \cdot \text{paja} =$$

$$\frac{30}{31} (\text{paja} + 112 \text{ Ton})$$

El resultado viene a ser 237 Ton. de paja, que es necesario añadir a lo largo del año para que la proporción sea la adecuada.

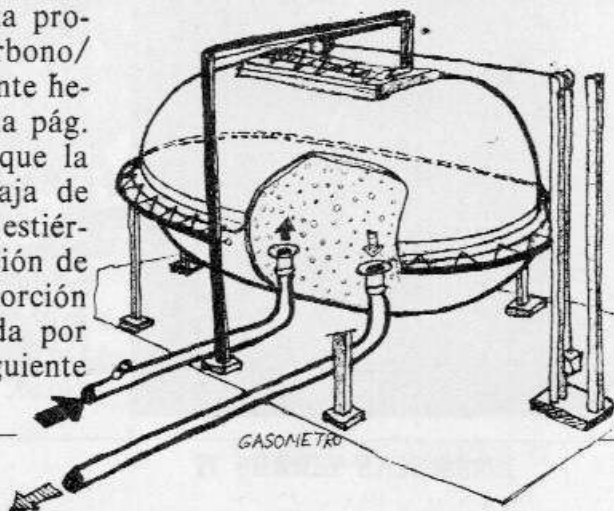
Así, pues, contamos con un volumen de materia a fermentar de 236 Ton.

Sabiendo que un metro cúbico de estiércol pesa aproximadamente unos 650 kg., podemos calcular el volumen que nos ocupará este estiércol para así poder dimensionar el digestor.

$$237.000 : 650 = 365 \text{ m}^3 \text{ de estiércol año.}$$

Si le adjudicamos un proceso medio de digestión de 45 días (Tabla de la pág. 93), tendríamos:  $365 \text{ días} : 45 \text{ días} = 8$  hornadas al año.

Como bien habíamos recomendado antes deberíamos prever una instalación dotada de cuatro curvas. También como habíamos descrito, según este procedimiento una cuba siempre estará parada, mientras que las demás estarán atravesando distintos períodos de fermentación. Por lo tanto repartiremos los  $46 \text{ m}^3$  en tres de manera que cada quince días llenemos una cuba:  $46 \text{ m}^3 \approx 15 \text{ m}^3$  de estiércol.



## ¿COMO ARRANCAR LA FERMENTACION?

Se carga la primera cuba y al cabo de 7 días ya la tendremos a un rendimiento aceptable. Si a esto le sumamos los 8 días que quedan para que se cargue la segunda, más los 7 días de entrada en funcionamiento normal, nos darán 22 días que significa que tendremos una cuba a pleno rendimiento y otra comenzando. Con la tercera cuba ocurriría lo mismo, y al cabo de 7 días tendremos la primera finalizando el proceso, la segunda a pleno rendimiento y la tercera comenzando. A partir de aquí todo consiste lógicamente en formar la cadena ininterrumpidamente.

## DIMENSIONES

Dado que la proporción de mezcla en la cuba es de tres partes de estiércol por una de purín, nos encontraremos con un volumen necesario de cuba de  $20 \text{ m}^3$ . Esto significa que debemos construir 4 cilindros de 3 metros de diámetro con una altura de 3 metros igualmente.

## CALEFACCION DEL DIGESTOR

Para mantener la temperatura en el interior del digestor, necesitaremos un serpentín por el cual circule agua caliente. Este serpentín puede constar de un anillo de hierro que circule alrededor de la pared del digestor, puede bastar con sólo una vuelta, y con una sección de  $1 \frac{1}{4}$ . Este serpentín podría conectarse a una caldera de calefacción en la que os de calefaccionar el di-

## ¿COMO CALCULAR LAS CALORIAS

Mediante el sistema expuesto la instalación deberá mantener una temperatura estable. Parte cálculo no habrá que contar ni con la tapa, que estará aislada, ni con el suelo. Sólo calcularemos las pérdidas por los laterales.

En el ejemplo propuesto disponemos de tres cubas de 3 metros de diámetro por 3 de altura. Lo que nos da una superficie de pérdidas por los laterales de  $2\pi R \times h = 6,28 \times 1,5 \times 3 = 29 \text{ m}^2$

El incremento de temperatura que debemos realizar supondremos que es de unos  $20^\circ\text{C}$ , con una constante de pérdidas de  $K = 0,5 \text{ Kcal}/40^\circ\text{C}/\text{m}^2$ . La superficie de pérdidas de tres cubas en funcionamiento será de  $3 \times 29 = 87 \text{ m}^2$ .

Hay que advertir que a temperaturas medias ambientales de  $20^\circ\text{C}$  no hace falta calefaccionar la mezcla, ya que existe una adición de temperatura por el calor que la reacción metanógena desprende. La temperatura que se ha calculado para una digestión de 45 días es de  $32^\circ\text{C}$ .

Sin embargo, calculemos que es necesario un incremento de temperatura de  $15^\circ\text{C}$ .  $\Delta T = 15^\circ\text{C}$ .

La fórmula para calcular el calor necesario será:

$Q = \text{Calor necesario}$

$K = \text{Constante}$

$S = \text{Superficie}$

$\Delta T = \text{incremento de temperatura a vencer.}$

$$Q = 2K \cdot S \cdot \Delta T$$

Que en el ejemplo que hemos tomado sería:

$$Q = 2 \times 0,5 \times 87 \times 15 = 1.305 \text{ Kcal./hora}$$

Lo que representaría al año  $8.760 \text{ horas} \times 1.305 \text{ Kcal.} = 1.143.180 \text{ Kcal. necesarias.}$

Si usáramos el mismo gas para la calefacción, sabiendo que el poder calorífico del metano es de unos  $6.000 \text{ Kcal./m}^3$ , necesitaríamos aproximadamente unos  $1.200.000:6.000 = 200 \text{ m}^3$  de bio-gas.

## PRODUCCION DE METANO

Para calcular la producción de metano que obtendríamos de la instalación sería: 1 ton. de estiércol produce unos  $50 \text{ m}^3$  de gas.

Como disponemos de aproximadamente 237 toneladas de estiércol, tendremos una producción de  $237 \times 50 = 11.850 \text{ m}^3$  de bio-gas/al año. Que al día supondrían unos  $30 \text{ m}^3$ .



Esto representa un poder calorífico disponible de  $30 \text{ m}^3 \times 6.000 \text{ Kcal.} = 180.000 \text{ kcal./día}$

Traducidos a kilowatios o a fuerza nos daría  $180.000 \text{ Kcal.:}860 = 207 \text{ Kw día}$   
 $207 \text{ Kw}:0,76 = 272 \text{ CV de fuerza diarios}$

Para hacernos una mejor idea, si utilizáramos un motor Totem, ya comercializado por la firma FIAT, podríamos obtener en rendimiento energético del gas del orden del 90 %. En nuestro caso este sistema nos facilitaría diariamente:

Energía eléctrica:

$40 \% \simeq 108 \text{ CV} \simeq 80 \text{ Kw}$

Energía calorífica:

$50 \% \simeq 136 \text{ CV} \simeq 86.000 \text{ Kcal. (agua caliente)}$

Suponemos las necesidades de agua caliente de una casa en unos 150 litros diarios, que con un incremento ( $\Delta T$ ) de temperatura de  $40^\circ\text{C}$  en pleno invierno nos daría unas necesidades medidas en calor de:

$$Q = 150 \times 40 = 6.000 \text{ Kcal./día}$$

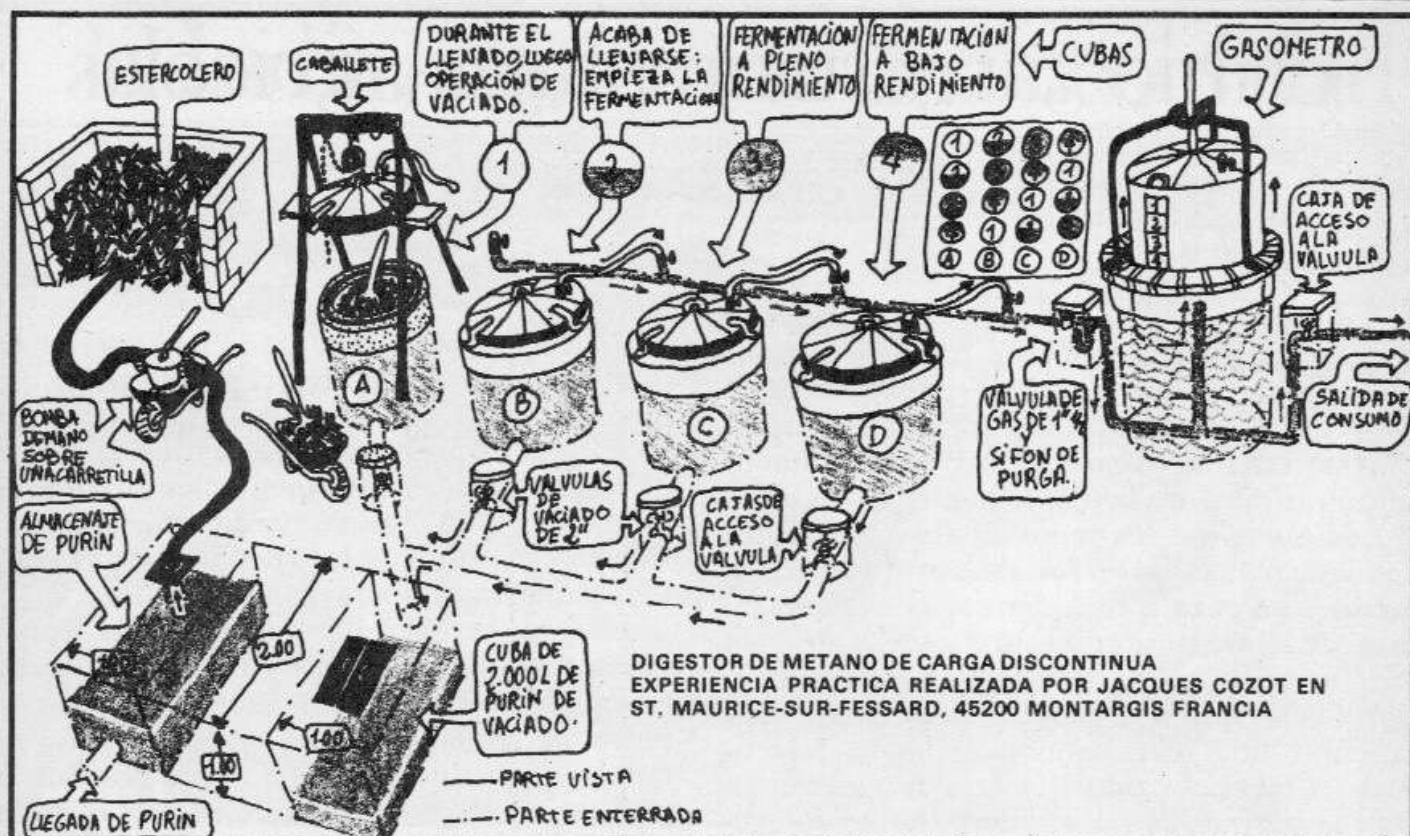
Lo cual significa que nos quedan  $71.000 \text{ Kcal.}$  para la calefacción de la casa u otros usos.

## GASOMETRO O ALMACEN DE GAS

Consta de dos cilindros, uno dentro del otro, el interior flota sobre una masa de agua. Ello nos permite depurar el gas y comprobar la cantidad de la que podemos disponer.

La capacidad del gasómetro ha de ser superior al volumen diario de gas que nos produce la instalación (lógicamente menos el consumo), ya que por regla general en verano la producción es más alta. En nuestro caso habrá que disponer de un gasómetro de al menos  $20 \text{ m}^3$  de capacidad.





# ATENCION

al inminente número especial, extra y doble de TRANSICION dedicado a:

ALTERNATIVAS (posibles)  
SUEÑOS (reales)  
UTOPIAS (necesarias, ya)

Con colaboraciones de:

R. Bahro, M. Bosquet/André Gorz, Comité de delegados de Lucas, M. Gaviria, A. Baigorri, M. Cooley, M. George, M. Pérez Ledesma, I. Fdez. de Castro, y muchos otros que molan menos pero igual de buenos...

Sobre temas como:

Ecología y alternativa socialista, Por una sociedad dualista, Ambiente de trabajo y calidad de la vida, Autoconstrucción, Vida en el campo, Basuras: recurso del futuro, Ciencia de, por, para el pueblo, Energías y tecnologías alternativas, Otra forma de vivir la ciudad, etc.

Reserve su ejemplar antes de que se agote!

# el bio-gas y sus ventajas agrícolas

CIPRIANO MARIN



La agricultura moderna no tiene actualmente en cuenta el valor biológico de la tierra, la mayoría de las "mejoras" agrícolas se centran esencialmente en la alimentación química de la planta con el único objetivo de aumentar los rendimientos. Con la introducción masiva de los abonos químicos el campo comienza a considerarse como una fábrica de alimentos, como una cadena de producción y no como algo vivo. Pero la industrialización química del campo, lejos de representar una revolución tecnológica beneficiosa, se ha convertido en causa de agotamiento de las tierras, de nuevos despilfarros energéticos y en fuente de contaminaciones incontrolables.

Cuando el conjunto de las producciones agrícolas de una región se consumen en el mismo sitio, los elementos minerales que la planta ha arrebatado en el curso de su crecimiento pueden ser restituídas a la tierra por medio de los excrementos humanos y animales, además de los residuos orgánicos dispersados por los campos. Por el contrario, cuando los productos agrícolas se comercializan a largas distancias, se rompe definitivamente el reciclaje de la materia, y la exportación definitiva de los elementos materiales conduce al agotamiento de la tierra. Esta es otra de las causas, además del criterio productivista, que conducen al abuso de los abonos minerales. Sin embargo, lo que no logran impedir los abonos químicos es la continua disminución de la tasa orgánica de la tierra.

¿Cuál es la importancia de una restitución orgánica para la fertilidad de las tierras? La materia orgánica descompuesta por diversos microorganismos conduce a la síntesis del humus. Este proceso determina la porosidad del suelo y por tanto, la capacidad de agua que puede almacenar. Además, de igual manera, la restitución de materia orgánica es un factor fundamental que garantiza la cohesión y la mayor resistencia de las tierras frente a la erosión.

Bien es verdad que tradicionalmente han existido multitud de técnicas de reciclaje orgánico de desechos y excrementos, pero también ocurre que a veces presentan problemas de higiene y que la fermentación al aire libre (aeróbica) lleva consigo pérdidas de elementos minerales considerables (casi un 50 por ciento de Nitrógeno aproximadamente).

La gran ventaja del metano como tecnología apropiada y alternativa no radica solamente en la producción de energía. En la mayor parte de las experiencias realizadas, los agricultores y granjeros comienzan a dar más importancia a la producción de **abonos orgánicos** que a la de bio-gas. Los residuos obtenidos tras la fermentación anaeróbica (sin aire) han demostrado ser fertilizantes orgánicos de una calidad muy superior al resto de las técnicas convencionales. Son fertilizantes orgánicos compuestos por una parte considerable de humus durable y que por añadidura contienen una proporción mayor de abonos minerales en comparación con otras técnicas de preparación de fertilizantes.

Las ventajas tecnológicas, económicas y energéticas de los digestores hay que considerarlas en su totalidad, prescindiendo de los absurdos cálculos económicos que tratan diferenciadamente el coste energético, la conservación ambiental y la calidad de las tierras. La tecnología del metano se adapta perfectamente a una concepción de desarrollo integral de las zonas agrícolas; no es una tecnología sofisticada, ni admite grandes inversiones; es fácil de enseñar; en vez de contaminar y erosionar enriquece la tierra y por añadidura proporciona un combustible estrictamente no poluyente y de alto valor calorífico.

El desarrollo del bio-gas sólo puede tener como enemigos a las multinacionales químicas, a las eléctricas y a todos aquellos que piensan que un plan de desarrollo rural se basa en dar beneficios a las contratas para que canalicen la suciedad.



# la India, el metano una necesidad



La utilización del bio-gas en la India nos proporciona un ejemplo ideal de cómo las desventajas del subdesarrollo pueden ser remontadas con la utilización de una tecnología apropiada. Lo que no es capaz de solucionar la tecnología del capital, con toda su palabrería tercermundista, se revela como una dificultad razonable en el marco de una estrategia de eco-desarrollo.

Hasta 1930, la madera era la principal fuente de energía doméstica en un país donde la población rural representa el 80 por ciento del total. Esto unido al continuo aumento de la población y a la extensión de las superficies cultivadas ha originado una brutal extinción de los bosques. A partir de este momento, para poder asegurar un mínimo de supervivencia energética, el campesino indio recurre a la utilización masiva de los excrementos de vaca secos como base de la energía doméstica. Según recientes estimaciones, esta fuente de energía representa, sólo en la India, el equivalente a 131 millones de toneladas de carbón.

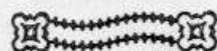
Las dificultades derivadas de la utilización de los excrementos secos son múltiples, desde las higiénicas hasta las puramente ecológicas; ya que se disminuye notablemente la restitución de materia orgánica al suelo, con las consiguientes dificultades de erosión y retención de aguas, y, por otro lado, se pierden cientos de miles de toneladas de nitrógeno y fósforo que deberán ser adquiridos a las multinacionales en forma de abonos químicos. Se planteaba pues, la necesidad de una tecnología apropiada que combinara la producción de abonos con la energía.

Cuando la necesidad aprieta, la supervivencia hace aguzar el ingenio, y así en la década de los sesenta la Khadi and Village Industries Commission desarrolla un programa que culmina con la construcción de 6.000 instalaciones de biogas.

En la actualidad, las 25.000 plantas productoras de metano han adquirido un interés considerable. Por un lado han demostrado poder garantizar las necesidades energéticas en pueblos aún no electrifica-

dos, mientras que paralelamente ocasionan una mejora en la fertilidad de las tierras y permiten economizar abonos. Todo ello permitirá luchar eficazmente contra la deforestación y la baja tasa de humus en los suelos cultivados, dos fenómenos que en este país han significado, pura y simplemente, hambre.

Las repercusiones económicas debidas a la utilización del bio-metano pueden resumirse en la gráfica descripción del físico indio A. Reddy: con el equivalente de una gran térmica o de una fábrica de abonos, se han podido construir en la India unos 25.000 generadores, creando 131.000 puestos de trabajo frente a los mil que hubieran creado estas industrias.



## Fuentes

- Paolo Cella - *L'energia alternativa*, Ed. Longanesi 1979.
- Jean Jacques Devron - *Ecodeveloppement et industrialisation*, Cahier de l'ecodeveloppement n° 9.

# China, la sensatez

CIPRIANO MARÍN

Los chinos han sido tradicionalmente grandes maestros en el reciclaje de todo tipo de materia orgánica. Antes del siglo XIII, bajo la dinastía Yuan, ya se utilizaban los excrementos humanos y animales, el compost, el limo de los ríos, el barro de los estanques e incluso las plumas de aves para fertilizar la tierra. Un estudio realizado en la Universidad de Nanking en 1929, ponía de manifiesto que los agricultores utilizaban una media de siete toneladas por hectárea y año, de cenizas de excrementos humanos combinados. Esta mezcla se realizaba con granos oleaginosos, granos de soja, abonos naturales, limo de estanques y ríos, productos óseos y cenizas de algas.

También es cierto que antes de 1950 la utilización de fertilizantes humanos favorecía la propagación de enfermedades. Su empleo masivo en agricultura presentaba inconvenientes como la propagación de infecciones intestinales. Experiencias posteriores demostraron que la fermentación anaeróbica, en el espacio de tres o cuatro semanas, destruía completamente la posibilidad de que estas enfermedades se retrans-

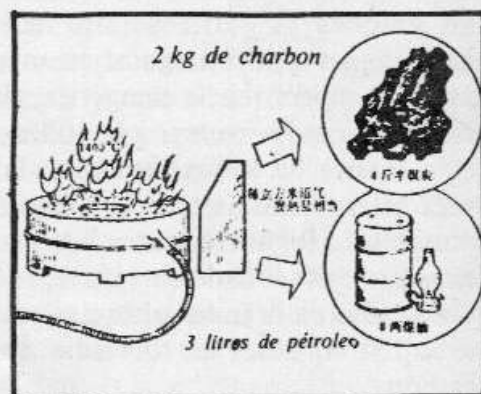


mitieran. Este tiempo coincide perfectamente con el necesario para la producción de metano. De esta manera, la secular tradición del compostaje chino, la increíble capacidad de reciclaje, se combinan para dar origen a una auténtica explosión tecnológica del metano en la China actual.

Aunque los primeros ensayos datan del período del Grand Bond, sólo comenzaron a instalarse los primeros fermentadores a partir del invierno de 1970. En este caso la lógica de las cifras nos obliga a pensar seriamente en las enormes posibilidades del metano y su aceptación entre el campesinado chino: de 800 unidades operacionales instaladas a finales de 1972 se saltó a 2,8 millones de digestores a mediados de 1976. El programa de desarrollo del metano está apoyado por la Acade-

mia de Ciencias y por 100.000 técnicos formados en Setchouan por el Ministerio de Agricultura. Aunque todas las experiencias se concentran prácticamente en el sur, los cálculos arrojan resultados asombrosos. Las estimaciones realizadas para las provincias del sur de Huang Ho preveen que en un corto espacio de tiempo la producción de bio-gas podrá acercarse a un límite potencial de 60.000 millones de  $m^3$  año, es decir, unos 50 millones de TEC. Conque sólo lleguen a alcanzarse la mitad de las posibilidades se estarán ahorrando unos 20 mil millones de litros de gasolina (\*). Por supuesto que no estamos incluyendo la energía ahorrada en la producción de abonos químicos y la ganancia obtenida con el enriquecimiento de las tierras. Por lo menos en lo que respecta a la producción de gas y abonos, el campesino chino utiliza una contabilidad mucho más realista que la empleada para justificar nuestro complejo sistema agro-industrial.

(\*) 1  $m^3$  de metano equivale a 6000 Kcal ó 0,8 litros de gasolina.





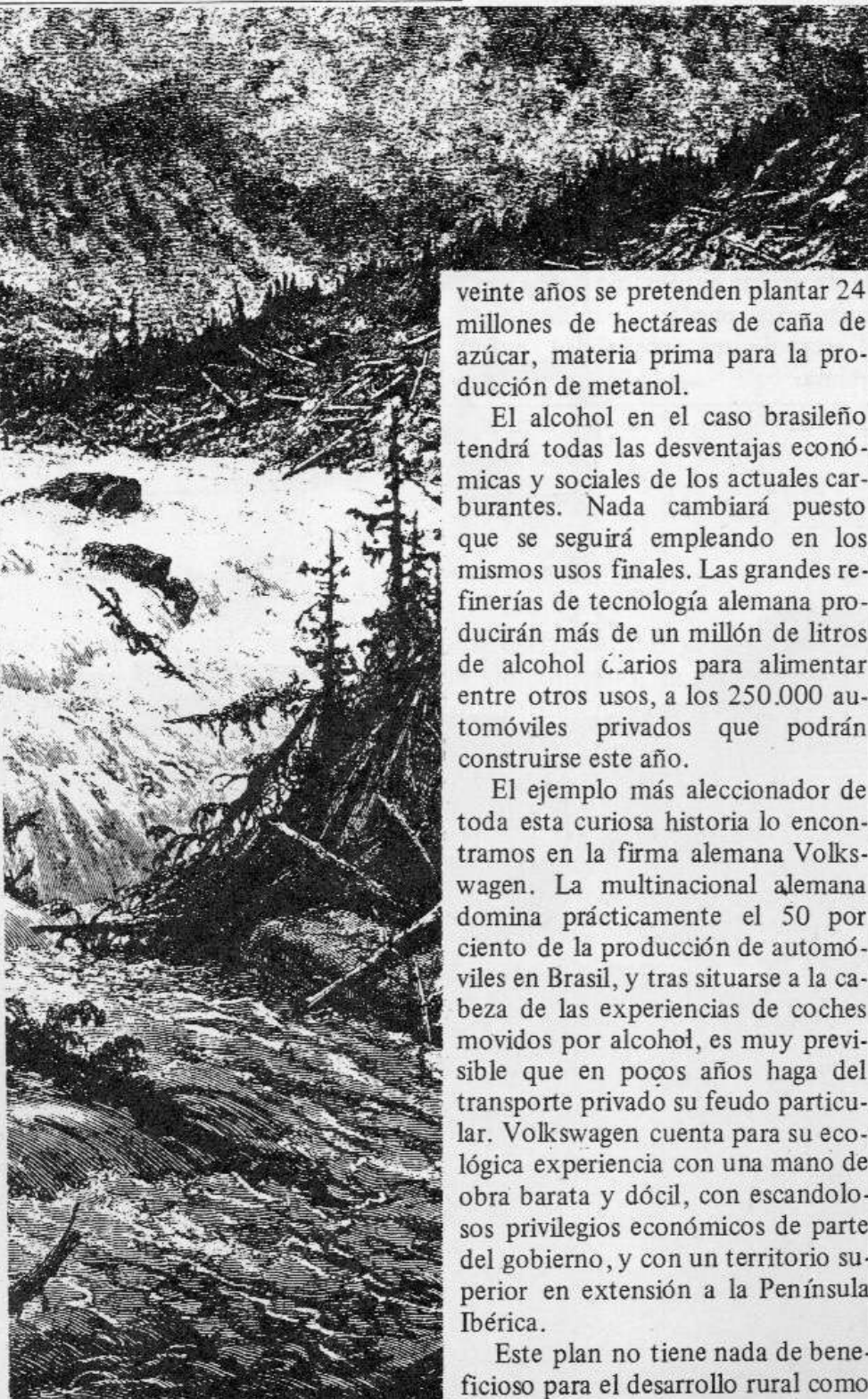
# BRASIL, los peligros de un combustible ecológico

CIPRIANO MARIN

Toda alternativa energética tiene su cara oculta. El uso de las nuevas fuentes de energía puede constituir un elemento de liberación para los hombres, o bien, como en nuestro caso puede convertirse en arma de una sofisticada opresión.

El caso es que el gobierno brasileño ha decidido impulsar un plan energético aparentemente innovador. A partir de este año, Brasil sustituirá el 20 por ciento de sus importaciones petrolíferas por etanol (alcohol etílico) producido en su territorio. Este plan ha sido elogiado internacionalmente como un ejemplo de autonomía energética y de sano criterio ecológico. Aún así, parece existir una ligera contradicción con el desproporcionado programa nuclear que la dictadura militar ha cedido a las multinacionales alemanas; máxime cuando dicho programa tiene fines abiertamente militares y expansionistas.

El plan de alcoholización brasileño es una elegante manera de combinar el átomo y la biomasa. Los mismos criterios mercantiles y los mismos usos industriales son aplicados en uno y otro caso. La lógica del gigantismo multinacional priva por encima de las necesidades y de un desarrollo equilibrado: en sólo



veinte años se pretenden plantar 24 millones de hectáreas de caña de azúcar, materia prima para la producción de metanol.

El alcohol en el caso brasileño tendrá todas las desventajas económicas y sociales de los actuales carburantes. Nada cambiará puesto que se seguirá empleando en los mismos usos finales. Las grandes refinerías de tecnología alemana producirán más de un millón de litros de alcohol diarios para alimentar entre otros usos, a los 250.000 automóviles privados que podrán construirse este año.

El ejemplo más aleccionador de toda esta curiosa historia lo encontramos en la firma alemana Volkswagen. La multinacional alemana domina prácticamente el 50 por ciento de la producción de automóviles en Brasil, y tras situarse a la cabeza de las experiencias de coches movidos por alcohol, es muy previsible que en pocos años haga del transporte privado su feudo particular. Volkswagen cuenta para su ecológica experiencia con una mano de obra barata y dócil, con escandalosos privilegios económicos de parte del gobierno, y con un territorio superior en extensión a la Península Ibérica.

Este plan no tiene nada de beneficioso para el desarrollo rural como



cínicamente apuntan los mercaderes del tercer mundo. La economía de escala de las multinacionales pondrá más bien en peligro la supervivencia de extensas zonas agrícolas. A un ritmo de dos cosechas anuales de caña de azúcar, en régimen de monocultivo y con el empleo masivo de abonos químicos, estas inmensas extensiones de tierra quedarán agotadas y desertificadas en un plazo de veinte años. El programa no tiene en cuenta para nada las posibilidades de desarrollo rural que estas experiencias ocasionarían si se tratara de una producción diversificada y para otros usos. La caña de azúcar es sólo uno de los productos que pueden ser utilizados y el etanol una posibilidad entre treinta.

La escala tecnológica que se pretende emplear hace curiosamente del alcohol una industria peligrosa. Si se pretendieran utilizar inteligentemente los residuos de la destilación como abonos, el tamaño de las destilerías no debería superar los 40.000 litros de alcohol diarios. Por cada litro de alcohol producido se encuentra un subproducto de 12 litros de vinaza ( ) que podría ser utilizada como abono en la zona de la destilería. Sin embargo, las refinerías previstas sobrepasan en mucho esta capacidad, con lo que los residuos no podrán ser absorbidos por las zonas circundantes y constituirán una nueva fuente de contaminación. La talla de la industria ocasiona que los transportes se alarguen y que económicamente llegue

a resultar irrentable el uso de este abono. En estas condiciones, contabilizamos todos los gastos energéticos (abonos, transporte etc.) y todos los despilfarros, la eficiencia energética del alcohol producido deja mucho que desear.

Cuando los criterios empleados son el beneficio frente a la diversidad, la centralización frente a la autonomía, una fuente de energía alternativa puede convertirse en una carga social y en causa de nuevos desequilibrios.

— Le soleil de l'an 2.000 - Michel Bosquet - Que Choisir?

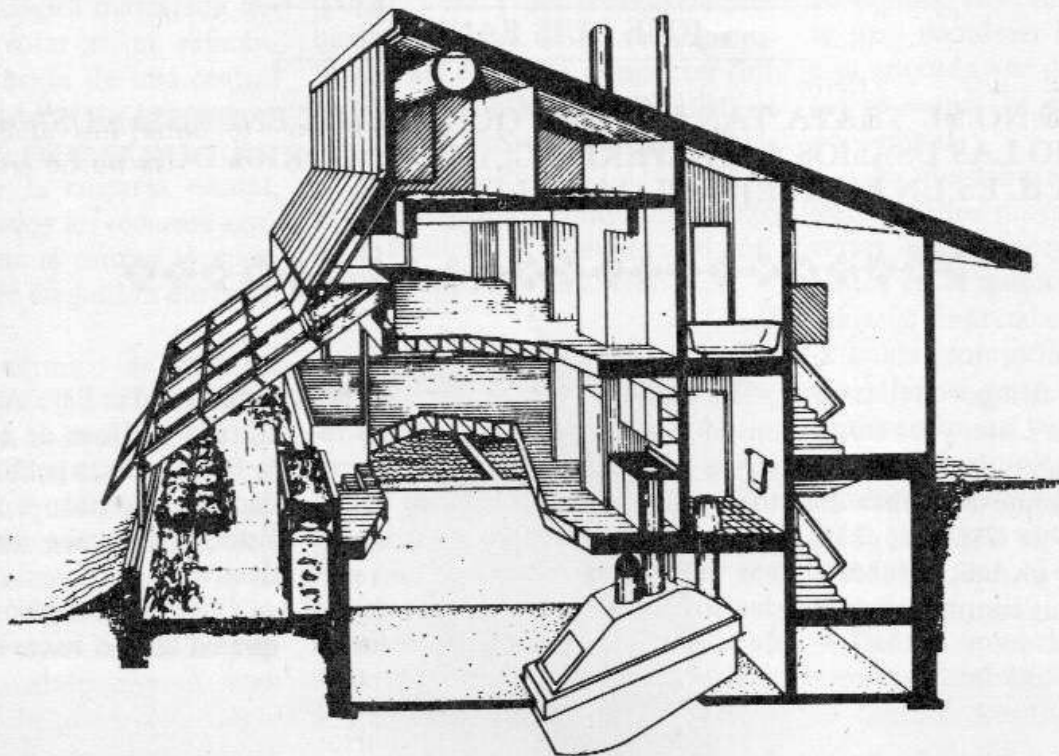
— Les trusts de la biomasse - Christophe Chelton - Le Sauvage.





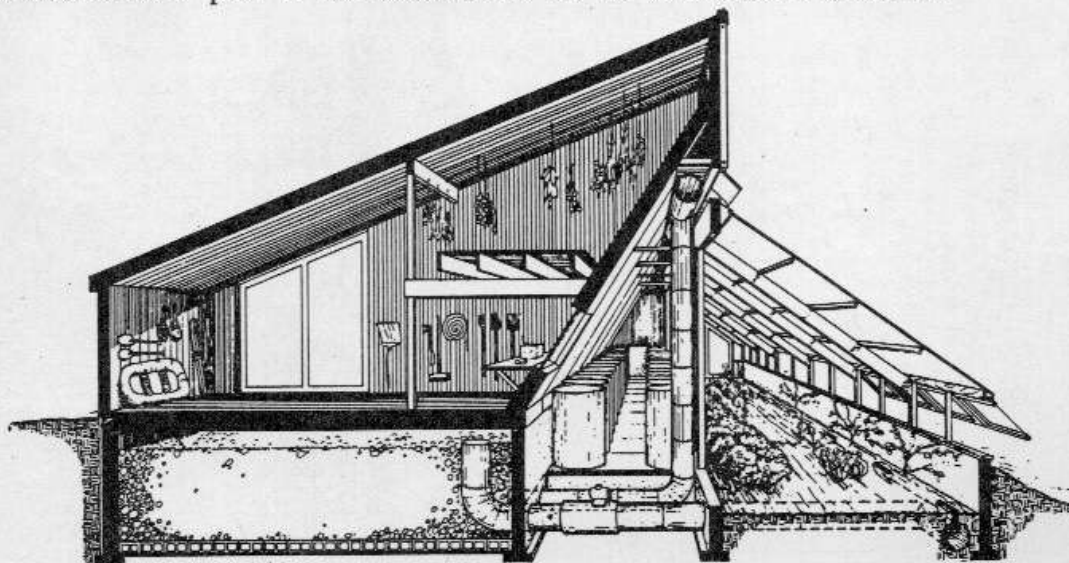
# el ARCA

Una de las experiencias más avanzadas en el campo de las alternativas solares es la desarrollada por el NEW ALCHEMY INSTITUTE. Las energías alternativas se encuentran integradas como un todo en el diseño del hábitat.



La vivienda y el espacio habitable se convierten en una estructura orgánica, algo parecido a un ser viviente. En esta estructura, la utilización del metano, la energía solar, el viento, los cultivos, la acuicultura, se complementan con una manera de vivir y habitar totalmente diferentes.

Se trata de un auténtico compromiso entre el diseño y el consumo de energía. En palabras de uno de los cofundadores del Instituto: las envolturas bio-climáticas (bio-shelters) son un intento de reconciliación entre la energía y todas aquellas actividades que antes se mezclaban (industria, agricultura, hábitat) y que más tarde han sido separadas dramáticamente por el advenimiento de la sociedad industrial.



# Otra manera de usar el carbón

JOSE LUIS FANDOS

A VECES NO SE TRATA TAN SOLO DE QUE TIPO DE ENERGÍAS USAMOS, SINO COMO LAS USAMOS. LA EXPERIENCIA DE ANDORRA DURANTE LA GUERRA CIVIL ES UN BUEN EJEMPLO DE ELLO.

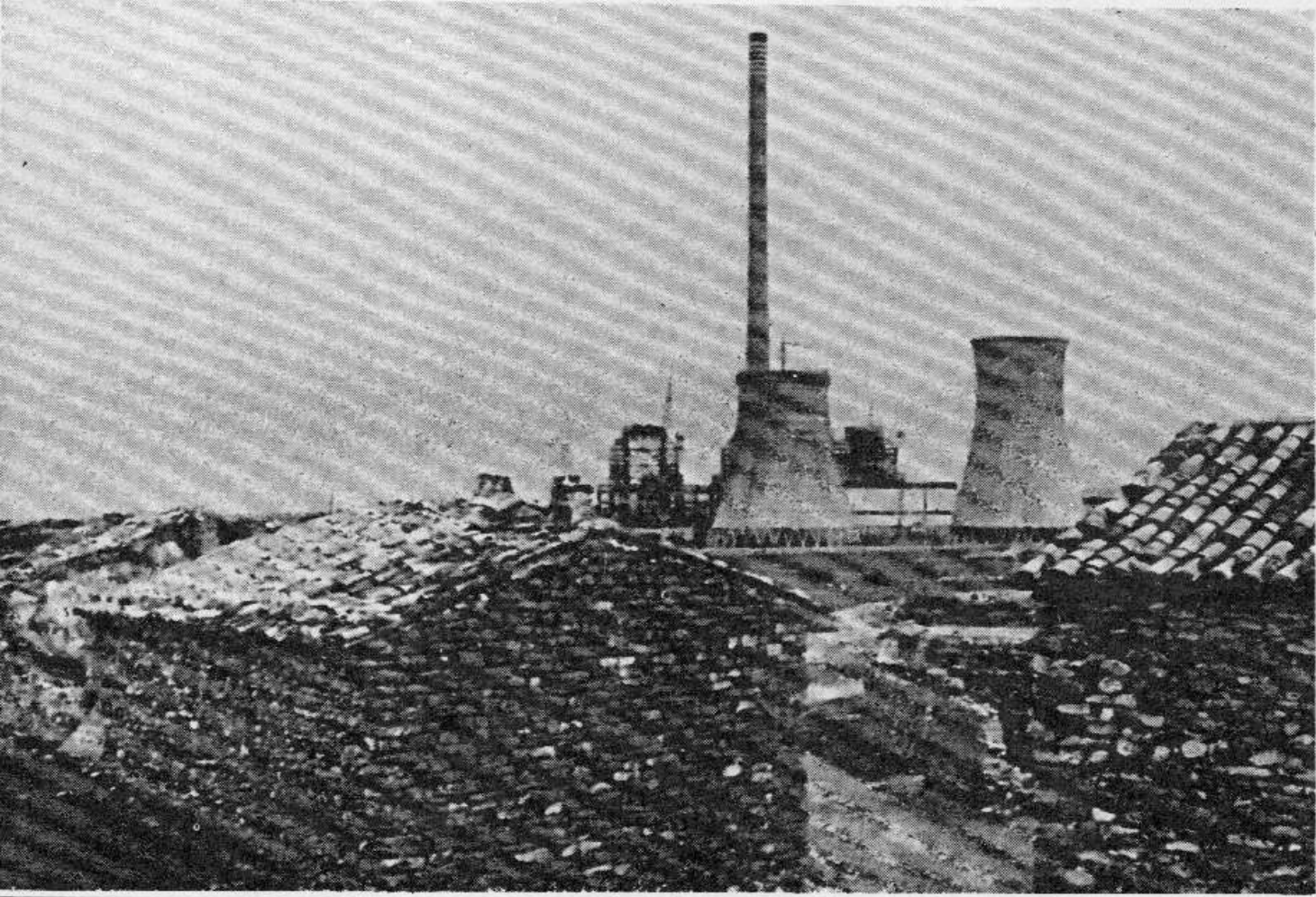


**A**l mismo tiempo que las columnas de Lister y las tropas confederales de la CNT se retiraban de Belchite a la línea del Ebro a la altura de Gandesa, el Estado caía como un buitre sobre el Bajo Aragón y sus enormes reservas energéticas.

El Bajo Aragón acapara en sus entrañas el 45 por ciento de las reservas de lignito existentes en territorio peninsular. El balance de 40 años de gestión estatal de estos activos energéticos no puede ser más desastroso. El expolio sistemático de uno de los principales recursos

naturales del Bajo Aragón ha constituido su línea de actuación hasta la fecha, aumentando la irracionalidad de la gestión a medida que el Estado alcanzaba nuevas cotas de desarrollo.

Quemar el carbón es lo único que ha sabido hacer el cerebro esta-



tal. La  
propie  
presa p  
capital  
jo Ara  
a la ve  
extrem  
pueblo  
mocrát  
dum  
nuclea  
como  
prepar  
una ve  
colas  
es insp  
ca.

El  
(una c  
un pa  
la em  
de las  
bo el l  
pañol  
cialm  
desest  
tonel  
ment  
de ex  
de ex  
años  
la ala  
de 30  
100.0  
qued  
del S  
sorbe  
20.00  
trans  
P  
do a  
en la  
pecie  
de p  
com  
dorr  
algu  
vida  
cont  
núm  
cuy  
fácil  
U  
lleva



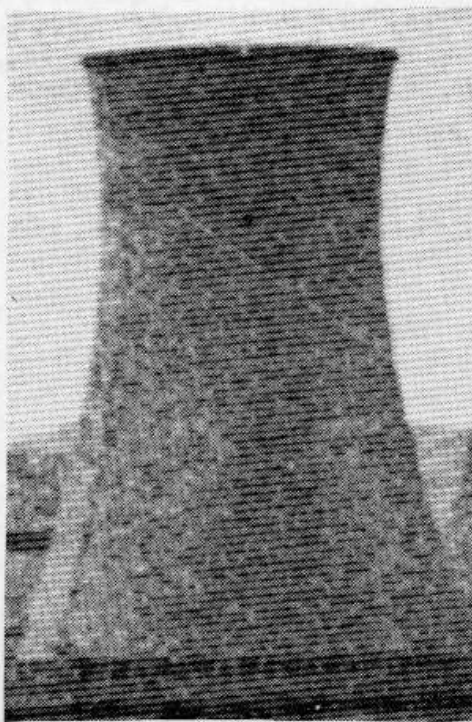
tal. La central térmica de Escatron, propiedad a partes iguales de la empresa pública (Endesa, Enher) y del capital privado, la primera en el Bajo Aragón, ha quemado los lignitos a la vez que las tierras, llegando al extremo de obligar a los vecinos del pueblo a una trágica mascarada democrática de votar en un referéndum la aceptación de una central nuclear o el harakiri de desaparecer como colectivo. El chantaje nuclear preparado por la empresa estatal, una vez arruinados los recursos agrícolas y obsoleta la central térmica, es insuperable de su gestión energética.

El gigante térmico de Andorra (una central de 1.050 MW) significa un paso más en la irracionalidad de la empresa pública (1) y el colmo de las chapuzas que ha llevado a cabo el INI en territorios del Estado español (2). El nuevo proyecto, parcialmente en funcionamiento, ha desestimado decenas de millones de toneladas de carbón con el argumento de que la nueva tecnología de extracción requiere coeficientes de explotación diferentes a los de años anteriores y está sembrando la alarma en los agricultores de más de 30 pueblos que dominan más de 100.000 hectáreas y que pueden quedar arruinadas por los efectos del SO<sub>2</sub>, pretendiendo además, absorber el agua necesaria para más de 20.000 hás. de regadío, proceso de transformación ya iniciado.

Por otro lado, el dinero invertido a lo largo de 40 años por el INI en la gestión del lignito, y muy especialmente los 40.000 millones de pesetas que se ha gastado en el complejo minero-eléctrico de Andorra, no han contribuido en modo alguno a mejorar las condiciones de vida de los bajoaragoneses. Muy al contrario, ha provocado un elevado número de desajustes comarcales cuya solución se presenta muy difícil actualmente.

Un salto atrás en la historia nos lleva a los momentos anteriores a la

presencia del Estado en el Bajo Aragón, al paréntesis histórico que supuso la gestión del lignito bajoaragonés por la colectividad libertaria de Andorra, que implicaba fundamentalmente, una concepción distinta de la relación del hombre con la naturaleza y del sentido de propiedad colectiva de los recursos naturales así como de su carácter finito. Aunque un tanto incompleta se ha podido reconstruir parte de la "anécdota histórica" de Andorra gracias a las entrevistas con vecinos de la localidad y miembros del antiguo Comité Revolucionario.



El establecimiento de la colectividad de Andorra tuvo lugar en los meses de agosto y septiembre tras un acuerdo negociado entre CNT-FAI y UGT, por la que ésta aceptaba la organización social del territorio municipal y sus habitantes según la concepción anarcosindicalista de la primera. El Comité Revolucionario de la colectividad, elegido por la Asamblea y revocable en cualquier momento se componía de 5 miembros, 3 de CNT-FAI y 2 de UGT. El Comité coordinaba toda la vida de la colectividad y sus miembros debían de trabajar 8 días de cada mes en cualquiera de los tajos o seccio-

nes de los sectores de los que eran responsables. La colectividad se reunía una vez por mes en Asamblea, el órgano con mayor poder e incidencia en la vida social, política y económica. Por su parte, los delegados de cada sección o sector económico se reunían semanalmente para coordinar la producción. Y a su vez cada uno de los dos sindicatos se reunía en asamblea una vez por semana.

Con el establecimiento de la colectividad los propietarios de las diversas explotaciones mineras existentes en el municipio cerraron sus minas y emprendieron el camino de la huida acompañados de los técnicos y buena parte de los medios de explotación. La colectividad, con la ayuda de los medios que abandonaron los propietarios en su huida, decidió abrir una nueva mina a la que se bautizó con el nombre de "porvenir".

Dada la ausencia de técnicos y a propuesta del Director de Trabajo, el Comité Revolucionario, previa ratificación de la Asamblea, designó a un minero experto, conocido por el Tío Sardina, como director técnico de la explotación. De esta forma comenzaron los trabajos. Los mineros estaban organizados en dos turnos de 8 horas, la actitud ante el trabajo se dejaba a criterio personal y responsable de cada trabajador, evitando en todo momento la designación de capataces o el establecimiento de cualquier tipo de jerarquía.

La colectividad proporcionaba el pico y la pala, que constituían la tecnología base en la explotación, así como la ropa de trabajo y el jabón y el agua para lavarse una vez finalizado el trabajo (hay que tener en cuenta que hasta 1975 los actuales mineros de Endesa tuvieron conflictos con la empresa por razones de higiene a la salida de la mina, ya que ésta les escamoteaba el jabón).

En todo el tiempo que la colectividad gestionó la mina "Porvenir"

no se produjo un solo accidente de trabajo. Cuando algunas tareas de la explotación requerían mayor esfuerzo por la dureza del terreno o por trabajar en posiciones forzadas, y dada la supresión del papel moneda en la colectividad, los mineros que realizaban aquellos trabajos recibían ración doble diaria de comida y vino durante el tiempo que duraba la faena.

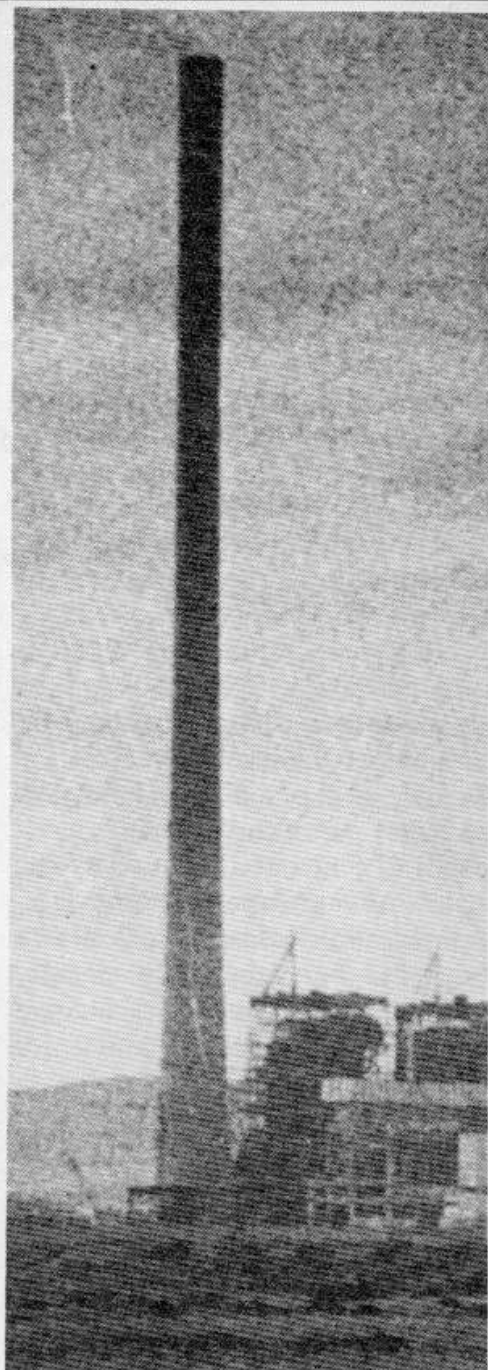
Una vez extraído el carbón y contabilizada la producción, la parte más triturada era repartida entre la colectividad para fines domésticos y el sobrante se utilizaba para el trueque de bienes o servicios con las colectividades vecinas. Así por ejemplo, el alumbrado inicial interior de la mina fue a base de carburo, hasta que se consiguió un acuerdo con la colectividad de Albalate del Arzobispo, que disponía de un pequeño salto hidroeléctrico en el río Martín, y la mina pasó a ser alumbrada por electricidad. El resto del carbón, aproximadamente el 50 por ciento de la producción, se transportaba en carros de mulas hasta la estación de ferrocarril de la Puebla de Híjar —a unos 30 km. de Andorra—, una parte era embarcada y transportada al frente de Belchite y otra, la más importante, iba dirigida a la fábrica CROSS de Barcelona, también colectivizada, a cambio de fertilizantes, semillas y maquinaria agrícola.

De esta forma la colectividad de Andorra se convirtió en una de las más fuertes y prósperas. En el año 1937, la colectividad de Andorra cosechó 30.000 Qm. de trigo (producción que sólo recientemente se ha superado), a ello contribuía la buena organización de este sector agrícola, organizado a partir de unidades básicas de producción llamadas "granjas", dotadas de un determinado número de superficie agrícola —en función de las variables naturales del terreno— gestionadas casi siempre por sus antiguos pro-

pietarios. Las granjas estaban dotadas de una pequeña cabaña ganadera que reciclaba los desechos agrícolas y los pastos comunales. Y se coordinaban directamente con el Comité Revolucionario a través de un delegado elegido por los componentes de cada una de ellas.

La colectividad disponía a su vez de una fábrica de aceite, guarnicionería, herrería, carpintería y comercios, ubicados estos últimos en la Iglesia, convertida en almacén general. No había bares ni otros centros de características similares, sólo existían dos grandes centros recreativos pertenecientes a cada uno de los dos sindicatos obreros, que disponían de biblioteca, baile, salón de juegos y bar en el que las bebidas se servían gratis.

El principio del placer orientó toda la vida de la colectividad, que consiguió logros importantísimos en otros aspectos que no es posible detallar aquí. Una orden del Comité Revolucionario permitía a los jubilados cometer cuantos excesos quisieran en justa recompensa a los servicios prestados a la colectividad. Así mismo, la práctica del amor libre, sin censura siquiera por parte del Comité Revolucionario era corriente en la colectividad, sobre todo entre la juventud, en la que incidían fuertemente las Juventudes Libertarias.



# andalán

La primera vez que se escribió en este país contra las centrales nucleares, fue en ANDALAN. Semana a semana, continuamos en la defensa del territorio y los recursos de Aragón. Suscríbete.

Apdo. 600 - ZARAGOZA



# nuevas energías para una nueva sociedad

CIPRIANO MARIN

Para aquellos que consideran que los espectaculares avances tecnológicos son la razón de existir de una sociedad moderna, y que la noción de progreso se mide por cantidad de cosas producidas o por el volumen de energía consumido, les resultará extremadamente chocante que las alternativas energéticas propuestas sean los sustitutos idóneos para mantener sus sueños de barbarie tecnificada. Es evidente que hasta la puesta a punto del gigantismo solar o eólico, tal y como proponen los chamanes de la tecnología americana tipo Glaser o Haeromus, han de pasar demasiados años.

Mientras tanto, los tímidos intentos de un mercado solar estarán en manos de arrogantes aprendices de brujo que tratarán de competir como tenderos para vender enlatada una tecnología que hoy se encuentra en la encrucijada. En muy pocos años el Sol podrá medirse en kilowatios, rizando el rizo de convertir en mercancía hasta el último rincón de la galaxia.



Las multinacionales se reservan el pastel y permiten, por ahora, que un puñado de pequeñas empresas creen una imagen de la solar que en el futuro pueda ser retomada a precios competitivos.

Sin embargo, la estrategia solar enciende una lucecita en todos aquellos que creen que no toda actividad puede medirse por una economía extraña, casi marciana, que rinde culto a una eficiencia inexistente.

Ciertamente que la tecnología alternativa no podrá mover, por ahora, los enormes complejos de aluminio, ni nuestros megalómanos cinturones industriales, ni siquiera podrá hacerse cargo del desproporcionado consumo electrificado propuesto para los próximos años.

Para la mayoría de los defensores de las tecnologías alternativas, lo importante no es que un generador accionado por el viento o placa solar, pueda llegar a sustituir un servicio público drásticamente obsoleto. El molino, el digestor o la pequeña granja solar pueden ser los símbolos tecnológicos del renacimiento de un derecho hasta ahora sistemáticamente negado por la propia naturaleza de la sociedad tecnocrática. Las tecnologías alternativas demuestran la posibilidad tangible de recuperar la **autogestión** con toda su inmensa riqueza de matices. Y aquí radica el interés de que cientos de grupos, pequeñas comunidades experimentales y usuarios, desde el bricolage hasta el pequeño taller de investigación, hagan suya una tecnología a despecho y al margen de un totalitarismo tecnológico omnipresente.

Para la mayoría de los defensores de la estrategia solar, las nuevas energías no son meros sustitutos técnicos de la irracionalidad energética del capital. Por vez primera, propuestas tecnológicas concretas conllevan el proyecto de una sociedad diferente.

Se trata de librar una desproporcionada batalla contra la asimilación del poder, recupe-

rando el poder de la tecnología para los propios usuarios.

Los proyectos alternativos llevan implícita la defensa de la descentralización frente a la dictadura de la concentración. Concentrar la energía es concentrar la producción y de esta manera condenar las autonomías locales frente a los grandes centros de decisión.

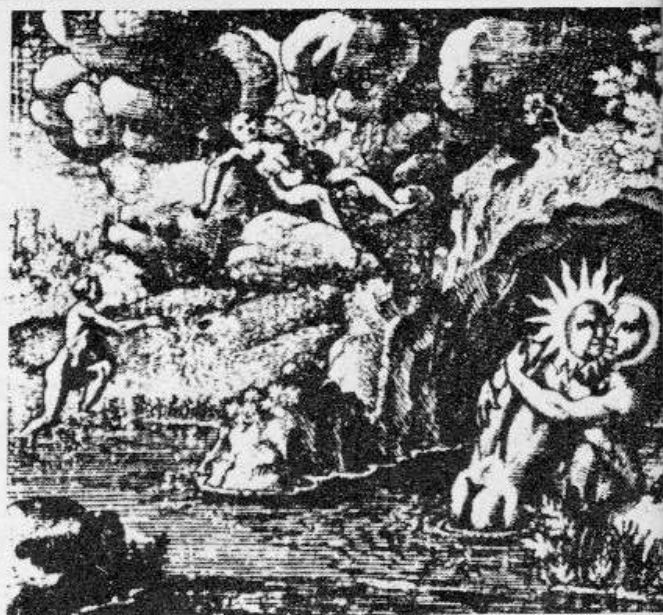
Una nueva manera de producir, consumir y trabajar no podrá sustentarse más que sobre unas fuentes de energía y unas tecnologías que permitan realizar este proyecto. Junto a ello los criterios ecológicos de diversidad, respecto al medio y autosuficiencia encuentran el encaje perfecto en el desarrollo de las nuevas energías.

Las propuestas energéticas son excluyentes a todos los niveles económicos, ecológicos y políticos, de manera que podemos concebir dos tipos de sistemas energéticos que llamaremos duros o blandos a falta de términos más exactos. La mayor parte de los sistemas contemporáneos son duros en el sentido de que:

- se basan en fuentes de energía no renovables (carbón, gas, petróleo, uranio).
- la producción de energía está centralizada (minas, refinerías, centrales).
- producción y conversión de la energía por estos sistemas constituyen una fuente de polución (química, radiactiva y térmica) junto a importantes pérdidas de energía.
- su puesta en funcionamiento implica la inversión de sumas exorbitantes en detrimento de otros sectores que con menores sumas crearán trabajos más agradables y útiles.
- se basan en una tecnología lejana y controlada por las multinacionales.
- enfrentan las pequeñas colectividades en favor de los grandes centros burocráticos-industriales.
- son la base de un poder político-energético sin precedentes.

Frente a ello, los sistemas energéticos blandos o alternativos se caracterizan por:

- utilizar energías renovables (solar, viento...)
- su diversificación; fundados en gran parte sobre captaciones locales que aligeran las tareas las tareas de distribución y conversión de la energía
- su impacto ecológico es limitado y concierne sobre todo a la fase de fabricación de los aparatos de captación
- su adaptabilidad, por su escala y distribu-



ción geográfica, a los usos finales de la energía. Además de fundarse sobre una distribución gratuita de la mayor parte de los flujos naturales de energía

- la ausencia de sofisticación tecnológica (excepto en determinados casos) que permite una mayor autosuficiencia y control de la colectividad sobre sus recursos
- diversidad tecnológica y flexibilidad de los usos finales, ya que pueden ser adaptados a un número mayor de tareas en comparación con los rígidos sistemas convencionales.

Aún así, no basta con establecer esta diferencia. Una futura sociedad tecnofascista pudiera estar sustentada, en parte, sobre criterios conservacionistas. Como bien afirma Valentina Borremans: *"Los descubrimientos científicos pueden ser utilizados al menos de dos formas. La primera conduce a la especialización de las funciones, a la institucionalización de los valores, a la centralización del poder y transforma a las personas en accesorios de las burocracias o de las máquinas. La segunda extiende la esfera de la competencia, de la soberanía y de la iniciativa personal, limitada sólo por el derecho de las otras personas a una esfera igual de soberanía y de poder"*. \*

La batalla solar no se librará en el estricto marco de los profesionales, los técnicos y las instituciones; en manos de movimientos ciudadanos podrá convertirse en un objetivo político de primer orden, capaz de arrebatarse al poder una de sus bases coercitivas más importantes.

\* Valentina Borremans. Referende Guide to con-vival Tools.



## PROXIMAS PRODUCCIONES DE LA EDITORIAL ECOTOPIA

### Monografías bimensuales

#### — CONTRA EL MITO DE LA AGRICULTURA INDUSTRIAL

*El drama agrícola de los últimos años.— Los engaños derivados de las técnicas agrícolas emanadas del poder.— La importancia del regadío y la gestión de las aguas.— La vuelta al campo y las innovaciones rurales.—*

### Colección de libros ECOTOPIA

#### — EOLICAS

*Manual práctico sobre la energía del viento.*

*Toda la información inicial sobre la energía eólica al alcance de la mano: principios, técnicas, experiencias, modelos realizados.*

#### — ESTRATEGIAS DEL ECODESARROLLO

Ignacy Sachs.

#### — MANUAL PRACTICO DEL BIOGAS EN CHINA

*Manual sobre las largamente experimentadas técnicas de producción de metano en China. País donde actualmente se calcula que existen en funcionamiento más de dos millones de plantas de bio-gas.*

#### — TECNICAS DE AUTOCONSTRUCCION

Claude Micmacher.

*Técnicas básicas para la construcción del propio hábitat.*

#### — EL HABITAT AUTOSUFICIENTE

Robert Chareyre.

*El hábitat entendido como un ente vivo y autosuficiente.*

#### — Guía de la CONVIVENCIALIDAD

Valentina Borremans.

Nombre .....

Domicilio .....

Población ..... Distrito Postal .....

Provincia ..... Teléfono .....

- |                          |                                       |             |
|--------------------------|---------------------------------------|-------------|
| <input type="checkbox"/> | 2 números ECOTOPIA - monografía ..... | 400 ptas.   |
| <input type="checkbox"/> | 3 números ECOTOPIA - monografía ..... | 600 ptas.   |
| <input type="checkbox"/> | 6 números ECOTOPIA - monografía ..... | 1.200 ptas. |
| <input type="checkbox"/> | 2 colecciones fichas .....            | 300 ptas.   |
| <input type="checkbox"/> | 3 colecciones fichas .....            | 400 ptas.   |
| <input type="checkbox"/> | 6 colecciones fichas .....            | 700 ptas.   |

#### Forma de pago:

- |                          |   |                |
|--------------------------|---|----------------|
| <input type="checkbox"/> | Talón adjunto n.º   |                |
| <input type="checkbox"/> | Giro postal n.º   | Enviado el día |
| <input type="checkbox"/> | Trueque: aceptamos el intercambio de cualquier producto, servicio, etc. |                |
| <input type="checkbox"/> | Reembolso   |                |

**EXTRANJERO.** 6 números de Ecotopía 1.300 ptas.  
6 números ficha 1.000 ptas.



