

ALEJANDRO
MONTECINOS
LARROSA

Hacia la cultura solar

Selección de artículos



editorial 
cubasolar

**Hacia
la cultura
solar**

**ALEJANDRO
MONTECINOS
LARROSA**

Hacia la cultura solar

Selección de artículos



editorial 
cubasolar

EDICIÓN: Lourdes Tagle Rodríguez

DISEÑO : Alejandro Montecinos Larrosa

CORRECCIÓN: Jorge Santamarina Guerra

ILUSTRACIONES

DE CUBIERTA

Y PORTADA: Roberto Manzano Díaz

DISEÑO

DE PERFIL: Alexis Rodríguez Diezcabezas de Armada

Primera edición, 2004

Segunda edición, 2006 (ampliada)

© Alejandro Montecinos Larrosa, 2004

© Sobre la presente edición:

Editorial CUBASOLAR, 2006

ISBN 959-7113-30-9

EDITORIAL

CUBASOLAR Calle 20 No. 4113, esq. a 47, Miramar, Playa,
Ciudad de La Habana, Cuba.

Tel.: (537) 2059949.

e-mail: editora@cubasolar.cu

<http://www.cubasolar.cu>

A Laura, mi hija.
A Nancy, mi madre.
A Madelaine, mi esposa.

AGRADECIMIENTOS

*A la Sociedad Cubana para la Promoción
de las Fuentes Renovables de Energía
y el Respeto Ambiental (CUBASOLAR),
en especial a su presidente Luis Bérriz.
A los trabajadores del Centro Integrado
de Tecnología Apropiable (CITA)
y a su director Leopoldo Gallardo.
A los amigos Gabriela y Enrico Turrini,
humanistas siempre.
A los poetas Roberto Manzano
y Jorge Santamarina.*

Índice

LA ELECCIÓN DEL SOL	11
HACIA LA CULTURA SOLAR	13
NATURALEZA Y HOMBRE	21
Vengo del Sol y al Sol voy	23
El telurismo martiano	25
Las aguas del Sol	27
Las aguas de Albear	31
La sinergia de Roberto Manzano	37
El recurso del método	42
La energía de una ciudad	50
CETER: energías renovables y eficiencia energética	56
INSTRUMENTOS	65
La bomba de sogá	67
Los secretos del ariete hidráulico	86
La bomba vaquera	103
Sifón	110
Condensador solar	113
Destilador solar	115
Brújula solar	119
Cachumbambé hidráulico	122
Juegos acuosos	134
Agua y salud	137

SOCIEDAD	141
Hacia el compartimiento holístico	143
Lejanía vs. cercanía	146
Mortalidad del petróleo	149
S.O.S. Malecón	151
La sociedad de la información y las fuentes renovables de energía	153
GLOSARIO	159
NOTA BIBLIOGRÁFICA	175

La elección del Sol

Esta selección de artículos, publicados en el boletín *Germinal* y la revista *Energía y tú*, nos estimula a estudiar con inteligencia y corazón abierto la historia de la humanidad. Al mirar así los descubrimientos, progresos y derroches del hombre, Alejandro Montecinos nos ayuda a comprender que sólo con una visión holística de la vida, es decir, alejados del egoísmo, con amor, como partes integrantes de la naturaleza y en continuo intercambio de gérmenes vitales, se puede asegurar el futuro de nuestro planeta. Con sus palabras, al mismo tiempo portadoras de sentido técnico, filosófico y político, nos indica que el Sol es el maestro de ese tipo de elección. Se trata, entonces, de una clara invitación a iniciarnos hacia la cultura solar que está desarrollándose con fuerza en Cuba, la isleta que vive desde hace más de cuarenta y cinco años una revolución de amor. A Montecinos le agradecemos sus palabras de todo corazón.

ENRICO TURRINI

Pensador y científico nacido en Italia.

*Autor de los libros El camino del Sol
y Energía y democracia.*

*¡Arpa soy, salterio soy
Donde vibra el Universo:
Vengo del sol, y al sol voy:
Soy el amor: soy el verso!*

JOSÉ MARTÍ

Hacia la cultura solar

El futuro –la herencia que aportemos a nuestros hijos– depende directamente de las decisiones que ahora tomemos en relación con las tecnologías energéticas. Contamos con varias alternativas, pero al optar por una u otra estamos obligados a considerar no sólo las implicaciones técnicas, sino también –primariamente– las éticas, morales, sociales, medioambientales y políticas.

Si convenimos en que la historia humana puede definirse por la tecnología predominante –los instrumentos–, su pertenencia social y su contenido ideológico y productivo, podemos descubrir la orientación autodestructiva del actual esquema energético mundial.

La tecnología contemporánea –y los portadores energéticos que la sustentan– produce un incremento casi incuestionable en las estadísticas del consumo (aunque otro mundo describen las estadísticas sociales). El andamiaje económico de la llamada sociedad de la información descansa sobre la filosofía –y la práctica– de la propiedad privada. La humanidad parece llegar a un escenario donde sólo se producen objetos –y sujetos– para la compra-venta (nada tiene valor si carece de precio).

Nuestro tiempo y cultura se diluyen en las imágenes de la publicidad primermundista.

El petróleo y la fisión y fusión nucleares aparecieron en la cotidianidad del hombre como los elementos que propiciarían la solución eterna de los problemas humanos en cuanto a sus necesidades energéticas, pero al final demuestran su ineficacia y peligrosidad para sostener la vida en el planeta. Ni siquiera podrán asegurar la sustentabilidad, entendida como la capacidad de un sistema para desarrollarse con los recursos propios, de manera tal que su funcionamiento no dependa de fuentes externas, aunque se consideren.

El andamiaje económico y el comercio actuales se sustentan sobre el abuso intensivo del petróleo y los combustibles nucleares; y variar el esquema exige tiempo, recursos –de todo tipo– y voluntad política, porque la sustentabilidad contemporánea afecta –ya pocos lo dudan– la sostenibilidad de la vida terrestre, asumida como el uso de la biosfera por las generaciones actuales, al tiempo que se mantienen sus rendimientos potenciales para las generaciones futuras.

VECTORES DE LA CULTURA SOLAR

El aforismo martiano de que «ser cultos es el único modo de ser libres» y la prédica de Fidel Castro e intelectuales y humanistas de todos los tiempos, señalan que no hay libertad ni desarrollo sin educación y cultura.

Ya en 1992, en la Cumbre de Río, el propio Fidel alertaba sobre la previsible desaparición de la especie humana si continuaba, entre otras causas, el actual sistema energético mundial, basado en el uso irracional de las fuen-

tes fósiles y nucleares de energía. Ese esquema puede superarse y debe sustituirse por una cultura energética sostenible, como uno de los fundamentos de la cultura solar que asegure la definitiva libertad de la sociedad humana y la consecución de un desarrollo sostenible.

Por desarrollo sostenible entendemos el proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, mediante el cual se procura el crecimiento económico y social, con respeto pleno a la integridad étnica y cultural (local, nacional y regional), y el fortalecimiento de la participación democrática de la sociedad, en convivencia pacífica y en armonía con la naturaleza, de modo tal que se satisfagan las necesidades de las generaciones actuales, sin poner en riesgo la satisfacción de las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras.

En otras palabras, cualquier obra humana puede ser sustentable, pero no significa necesariamente que sea sostenible. Un ejemplo: la actual estructura energética mundial, basada en el uso intensivo de los hidrocarburos y la energía nuclear, puede ser sustentable por un período determinado para los países desarrollados, por el acceso a los recursos financieros y tecnológicos para su extracción y explotación (la tierra todavía guarda petróleo y uranio en sus entrañas, suficientes para quemarlo o fisiónarlo durante décadas). Pero sucede que esa sustentabilidad de las industrias petrolera, carbonera y nuclear no permite la sostenibilidad de la vida en el planeta. Todavía muchos discuten cuándo se acabarán las reservas de petróleo, y en realidad lo que nos debe preocupar –y ocupar– es cuándo desapareceremos como especie si continúa el actual sistema energé-

tico mundial (con preferencia para la combustión de los combustibles fósiles y la fusión y fisión del átomo).

Por eso surge una cultura energética sostenible, basada en el uso de las fuentes renovables de energía, la eficiencia energética, el ahorro de energía, la explotación racional de los recursos, el reciclaje y la educación energética y ambiental, integral y sostenida, en todos los niveles de enseñanza, de manera tal que en el proceso de adquisición de conocimientos y el desarrollo de hábitos, habilidades y actitudes se armonicen las relaciones de los hombres entre sí y con la naturaleza, para orientar los procesos de desarrollo hacia la sostenibilidad.

La cultura energética sostenible constituye un elemento inalienable de la cultura solar a la que aspiramos, para redimir al ser humano de su actual enajenación y permitir el desarrollo de todas sus potencialidades.

Necesitamos una nueva cultura solar, como alternativa ante el antropocentrismo petulante de hoy y el despiadado holocausto que provoca el imperio neoliberal. Sus vectores principales son:

1. El progresivo e inevitable cambio de la estructura energética mundial, desde los hidrocarburos y los combustibles fósiles hacia la energía solar, directa e indirecta (cultura energética sostenible).
2. El acceso a la educación con iguales oportunidades para todos, desde la herencia humanista y hacia el enriquecimiento espiritual e intelectual del hombre.
3. La seguridad alimentaria de todas las personas, con énfasis en la agricultura ecológica y los alimentos naturales.
4. La asunción de un sistema de salud preventivo que incorpore la sabiduría ancestral.

5. El aseguramiento de una vida plena y armónica con los procesos de la naturaleza, como soporte ideológico para preservar nuestro hábitat y las imprescindibles biodiversidad y sociodiversidad.
6. El fortalecimiento de las relaciones interpersonales y entre los pueblos, sobre la base de la ética y el amor, en paz y con la brújula de la solidaridad.

¿QUÉ HACER?

Alguien –tan anónimo como la propia naturaleza– dijo que no existe nada nuevo bajo el Sol. Valdría añadir que él –el Sol– dicta y sostiene la biografía terráquea, con todos sus elementos y seres auestas.

El conocimiento llega a la utilidad social, humana y medioambiental cuando lo asumimos como patrimonio activo, para el bien de todos. Y ya sabemos que el Sol ofrece generoso –con gratuidad– su energía y enseñanza: compartir.

El conocimiento –dentro de una cultura energética sostenible– deberá dotarnos del combustible social que despoje de la geografía humana el camino energético duro, derrochador y centralizador.

Al juego de la política y la defensa a ultranza de un statu quo burgués, anteponer la ética martiana y la solidaridad más diáfana. Ante el empeño ingenuo de la sustentabilidad personal o nacional, blandir los preceptos de la sostenibilidad universal, para todos los tiempos y espacios.

Estas ideas huelen a utopía, y lo son; sólo que los ideogramas imperiales le tienden un velo gris. Habría que arriesgar los credos más íntimos y pensar en el prójimo, en su dimensión singular y su esencia social.

Habría que reencontrar nuestro destino en una nueva cosmogonía: «Dos madres tiene el hombre: la naturaleza y las circunstancias», nos redescubrió Martí.

IDEOGRAMAS Y VIGILIAS

El guajiro cubano siempre previó, antes de partir para la faena, poner un recipiente con agua al Sol, porque de esta forma al regresar tendría –incluso en nuestro invierno tropical– agua tibia para el baño vespertino. Cualquier prospecto de la postmodernidad le aconsejaría recurrir a un calentador eléctrico –bello y eficiente (aunque su eficiencia pase por la conversión de la energía solar a la química del petróleo, y de ésta a la energía «termoeléctrica» que se distribuye por kilómetros de conductores hasta el calentador doméstico).

Algunos argumentan contra los aerogeneradores porque violentan el verde de los paisajes, sin alzar la voz contra las torres transmisoras de electricidad que acercan los electrones activos hasta sus neveras y campos de golf. Habría que preguntarse si esos tendidos eléctricos añaden majestuosidad o sencillez a la naturaleza. Los kilómetros de cables que enlazan las termoeléctricas y centrales atómicas con los consumidores de la energía eléctrica, bastarían para rediseñar el servicio eléctrico si esa energía se produjera de forma descentralizada con las tecnologías que utilizan la energía solar.

Lo trascendente –nuevo y útil– de la estrategia de la agroindustria cubana actual no radica –principalmente– en la reducción de los terrenos destinados a la caña de azúcar o en la insistencia para alcanzar la eficiencia industrial –principio elemental de cualquier proceso fabril–, sino en la autogestión energética y el destino eficaz de los

recursos –las fuerzas productivas–, que prescinden del monocultivo (caña de azúcar), el monoproducto (azúcar) y el monocombustible (petróleo). El monocultivo prefigura el hambre, el monoproducto restringe la capacidad de intercambio comercial, y el monocombustible coarta las libertades política y socioeconómica.

Con un desenfreno renovado algunos intentan redescubrir la solución en los biocombustibles: cubrir tierras fértiles con especies vegetales para la automoción. ¿Dónde radica la estafa? Resulta que el programa de producción de etanol que enarbola la administración de Bush, descansa en la producción masiva y extensiva del maíz (a cualquier costo ecológico). Y para colmo, nos quieren hacer creer que tienen una proyección ecologista, con su etanol «limpio y solar». Preguntémosle la prioridad a los hambrientos del mundo: ¿semillas de girasol (o granos de maíz) para accionar los motores de los abundantes autos del Norte, o para saciar los famélicos estómagos del Sur? La pródiga diversidad botánica que nos lega la naturaleza –desde los gérmenes ancestrales– debe sustituir la dictadura contemporánea del *fast food*.

«Todo parece idílico», comentan algunos; y muchos cuestionan la viabilidad o capacidad de las fuentes renovables de energía para satisfacer la demanda energética actual. Digámoslo claro: la humanidad ya dispone de todos los recursos, tecnológicos y cognitivos, para asegurar el desarrollo sostenible por la vía solar, incluso, de quienes contarán la historia de nuestros hijos. Digamos más: En los últimos veinte años, las fuentes no renovables (fósiles y nucleares) reciben anualmente ciento veinte veces más subsidios públicos que las renovables (solares). Los fariseos de nuestra contemporanei-

dad lo saben y lo sustentan (y nos espolean con los tentáculos de la guerra).

Esos mismos fariseos se asustan ante la inminente crisis petrolera, y con frenesí reinician la búsqueda de su salvación en el átomo. La energía nuclear en sí, como todo lo humano, no tiene un signo malsano, pero la proyectan en sus potencialidades para la industria bélica y la centralización de la energía, y desde allí hacia el poder político con una ascendiente hegemonía y dictatorial.

PETRODÓLAR VS. CULTURA SOLAR

¿Qué hacer? Ante la avalancha consumista y neoliberal, anteponer la práctica humanista y solidaria. Cuba –urgida siempre– reacomoda sus realidades y necesidades a partir de algunos principios inalienables: la eficiencia energética, el uso de las fuentes nacionales de energía –en defensa de su soberanía–, el ahorro, la incorporación creciente de las fuentes renovables de energía, la agricultura ecológica, el respeto ambiental y el amor: desde el antropocentrismo hacia el compartimiento holístico, «con todos y para el bien de todos».

No importan los tentáculos del poder imperial –y fascizante–, ni los lindes que impone a la conciencia mundial el siglo de la hegemonía del petrodólar; el hombre redescubrirá su libertad y felicidad, en armonía con la naturaleza: la cultura –y civilización– solar.

Naturaleza y hombre

*El hombre asciende a su plena beldad
en el silencio de la naturaleza.*

JOSÉ MARTÍ

Vengo del Sol y al Sol voy

«Los hombres no pueden ser más perfectos que el sol», y de ahí dice venir, con el ansia y el verbo hirsutos, el que nació entre las palmas.

«El sol quema con la misma luz con que calienta», proclama quien prevé la voluntad de todos hacia una república moral, con un sentido holístico que le desborda.

Siempre se pegó la hidalguía en la andadura: «Era sol: caballero en un potro...», para recurrir en su pasión: «Y a tal punto el amor transfigura / Que la atónita tierra no sabe / Si aquel astro que vuela es ave / O humana criatura»: a imagen y semejanza del vuelo, de la luz.

«El sol tiene manchas. Los desagradecidos no hablan más que de las manchas. Los agradecidos hablan de la luz». He aquí casi toda su estatura: el exégeta, el telúrico, el solar: el hombre nuevo en patria gananciosa y viril.

Sí, el exégeta convida: «Hay sol bueno y mar de espuma...». El telúrico, sin reservas, aporta la señal: «el hombre natural labra al sol que lo curte». El solar conoce la sinfonía de su espíritu: «Denle al vano el oro tierno / Que arde y brilla en el crisol: / A mí denme el bosque eterno / Cuando rompe en él el sol».

Alguna sustancia profética, o energía, acompaña al genio: le carga al verbo lo que la vida labra y conjuga: «No me pongan en lo oscuro / A morir como un traidor: / ¡Yo soy bueno, y como bueno / Moriré de cara al sol!». Lo supo desde el cuenco materno, y por decisión inalienable: «Cuando nací, sin sol, mi madre dijo: / Flor de mi seno, Homagno generoso / (...) Este es un yugo: quien lo acepta, goza. / (...) Esta, que alumbra y mata, es una estrella. / (...) –Dame el yugo, oh mi madre, de manera / Que puesto en él de pie, luzca en mi frente / Mejor la estrella que ilumina y mata».

Aquel que proclamó ser hombre sincero se descubre ante sí y para el bregar cotidiano, hacia la insondable inquietud de redención humana: «¡Arpa soy, salterio soy / Donde vibra el Universo: / Vengo del sol y al sol voy: / Soy el amor: soy el verso!».

*(Publicado en Energía y tú,
No. 20, octubre-diciembre de 2002)*

El telurismo martiano

Martí lloró cuando el fracaso de La Fernandina; resiste la traición junto a la Bahía de Samaná («Me echo a la playa, a sujetar bribones, a domarlos, a traerles a la mano el sombrero triunfador. Lo logro»); se estremece, lacónico en las palabras, cuando narra el instante añorado, en una «playa de piedras»: «Me quedo en el bote el último, vaciándolo. Salto. Dicha grande».

Hacen bien al fusionar, en una sola sinfonía de dos tiempos, los cuadernos que Martí convierte en poesía cotidiana, de Monte Cristi a Cabo Haitiano, y de ahí a Dos Ríos: los *Diarios de campaña*.

Una lectura holística puede alertar tres ejes en el texto: el hombre, la naturaleza y la revolución.

El cronista, con ojos y verbo, se emociona cuando cala a un hombre de «limpio color negro»: «De la paz del alma viene la total hermosura a su cuerpo ágil y majestuoso». Como pocos, descubre el justo equilibrio entre la humanidad y su entorno: «Subir lomas hermana hombres».

Difícil hilvanar tanta esencia de árboles, tanta fascinación por lo telúrico patrio: «Veo allí el ateje, de copa alta y menuda, de parásitas y curujeyes; el caguairán, ‘el palo más fuerte de Cuba’, el grueso júcaro, el almácigo,

de piel de seda, la jagua de hoja ancha, la preñada güira, el jigüe duro, de negro corazón para bastones, y cáscara de curtir, el jubabán, de fronda leve, cuyas hojas, capa a capa, 'vuelven raso al tabaco', la caoba, de corteza brusca, la quiebrahacha de tronco estriado, y abierto en ramos recios, cerca de las raíces; (el caimitillo y el cupey y la picapica) y la yamagua, que estanca la sangre».

La guerra le llega hasta el sacrificio: «¿cómo no me inspira horror, la sangre que vi en el camino?». Define el ímpetu ante el deber: «El verso caliente me salta a la pluma. Lo que refreno, desborda (...). A la patria ¡más que palabras!».

Los *Diarios*... tributan, ya como obra pública, aquella misma maestría desnuda de la sencillez que irradia uno de sus cuartetos definitorios: «Yo soy un hombre sincero» (breve y profunda autobiografía), «De donde crece la palma» (patria es humanidad y naturaleza erguida) «Y antes de morirme quiero» (la vida convoca a ser fieles con los sueños y las vigiliass) «Echar mis versos del alma» (la luz interior compartida).

(Publicado en *Germinal*,
No. 6, enero de 2003)

Las aguas del Sol

La sangre es símbolo fuerte en cualquier cultura o civilización, aunque su representación icónica sea débil. Es como el agua del cuerpo, que siempre latió, que fluye, ofreciéndose generosa para los procesos vitales. El agua, a su vez, fluye como la sangre que desde la Creación acompaña a la materia en todos sus intersticios. También resulta frágil su representación pictográfica. Y al mismo tiempo, cuando un niño quiere expresar la sangre o el agua dibuja una gota. La diferencia sólo radica en el color.

«En el principio creó Dios el cielo y la tierra». ¿Y el agua? Según el canon cristiano todo tiene un Creador único, omnipresente, omnisciente y omnipotente. La invitación bíblica, desde la aprehensión de las parábolas, es precisa: todo llega por la Gracia del Señor. Sin embargo, llama la atención que el momento del nacimiento del agua no aparece explícito: «Y la tierra estaba desordenada y vacía, y las tinieblas estaban sobre la faz del abismo, y el espíritu de Dios se movía sobre la faz de las aguas»: En el caos que precedió a la Creación ya existía el agua, como el barro divino para modelar la vida. Cuando las saetas homínidas apuntaban hacia la perdición,

envió Dios el diluvio para la purificación, hacia la que siempre vamos, ateos y creyentes, con el corazón o la racionalidad.

En su *Poema del cuarto elemento*, Jorge Luis Borges enfatizaba: «Fue, en las cosmogonías, el origen secreto / de la tierra que nutre, del fuego que devora, / de los dioses que rigen el poniente y la aurora. / (Así lo afirman Séneca y Tales de Mileto)».

En otra referencia cultural, en la pirámide egipcia de Gizeh, Alejandro Magno descubrió una tablilla que revela, según la leyenda, la esencia constitutiva de todas las cosas: «Su padre es el Sol y su madre, la Luna; el viento la lleva en su regazo; la tierra la nutre. De ella provienen todas las maravillas del mundo. Su poder es perfecto. Separa con suavidad la tierra del fuego, lo sutil de lo denso. Lentamente asciende de la tierra a los cielos y vuelve a descender a la tierra reuniendo en sí misma la fuerza de las cosas superiores y de las inferiores». Otra vez el agua dictando la génesis y la continuidad.

El agua recurre siempre en cada salto ancestral o en cualquier asunto del espíritu: en el horóscopo con sus azares, en la práctica homeopática y sus pócimas, en el bautismo como pertenencia primaria del cristiano, en el diluvio universal como fuerza purificadora, en la asunción de la terapia floral que sucede al diagnóstico energético, en la cara lavada del hijo, en el rocío tenue. Por doquier persisten y pululan los dioses, los cultos y las fiestas del agua.

El hombre aprendió a utilizar el fuego; y nunca se ha planteado, en serio, producir agua, y siempre la usó. Quizá el primer instrumento no fue el palo para alcanzar la fruta, sino que inicialmente utilizamos la palma de las

manos para beber, y después el recipiente para transportar y almacenar el agua. ¿Fue el agua el móvil que decisivamente contribuyó al desarrollo de las manos y, desde ellas y para ellas, a la humanización del cerebro?

Resulta casi irrefutable la idea de que para ganarse cada salto histórico dentro de la ciencia, la técnica, la tecnología y ¿el arte?, el hombre haya tenido que recurrir al agua (cocción de alimentos, alquimia, vapor, electricidad, fisión nuclear). En un museo de historia de la tecnología del agua puede aparecer la evidencia.

El agua corre, pertinaz, por los noventa y seis mil kilómetros de venas y arterias de cualquier hombre, fluye por los resquicios del mineral más compacto, y constituye la exigencia más inmediata para la civilización que narrará nuestra historia.

El hombre, que suele ser chovinista por su desarrollo cerebral con relación a otras especies, es simplemente agua en casi las dos terceras partes de su volumen. El cerebro, su maquinaria directriz y sensorial, está constituido por 74,5 % de agua; y el corazón, el móvil metafórico de sus pasiones, tiene 79,3 %.

Muy poco sabemos del agua, aunque le busquemos ya en la galaxia nuestra, como previendo el encuentro necesario y añorado con alguna coordenada extraterrestre.

«Nadie puede bañarse dos veces en un mismo río», aseguran muchos destacando el sentido de fluidez cambiante del caudal, sin colegir que por la capacidad de mutación y renuevo del agua y sus cauces todos nos bañamos en el mismo río.

El agua es el barro del Sol, la savia divina, la memoria energética, el quinto punto cardinal (0°), la diversidad

viva (hielo, agua, vapor), el mineral universal, la cantidad y la calidad del ser, la pureza insensorial y la inmaculada impureza, el principio y el fin: a ella llevan todos los caminos. Este puede asumirse como el decálogo del agua, aunque se intuya alguna otra definición.

El agua bendita que le negaron a Juana de Arco, o la que movía algunos molinos de La Mancha en los tiempos de Sancho Panza, o la que bebió Tut Anj Amón, es la misma de la fisión nuclear contemporánea, o la que calma la sed cotidiana de nuestros hijos. Es la misma, renovada y múltiple, solar.

*(Publicado en Energía y tú,
No. 23, julio-septiembre de 2003)*

Las aguas de Albear

*Cuando la obra llega, con sus designios
fructíferos, impulsa la búsqueda
de las señales inmanentes de sus artífices.
Las huellas de Albear, sus aportes humanos
y profesionales, instan a reconocerle
la grandeza de su herencia.*

Los ancestros siempre previeron vivir cerca del agua. Para acercarse a la sangre de la naturaleza, como le llamó Da Vinci al agua, el hombre ha invertido grandes cantidades de su tiempo personal e histórico.

Los precursores de San Cristóbal de La Habana también salieron a buscarla en todos los parajes, con ingenio y audacia, para traerla a una ciudad que desbordó sus murallas, y en 1858, cinco años antes de la caída de las piedras legendarias, un patricio ilustre, don Francisco de Albear y Fernández de Lara, inició la más célebre de sus obras: el mundialmente conocido Acueducto de Albear.

LA SANGRE DE LA NATURALEZA

El río Casiguaguas, hoy Almendares, le pareció mejor que el sureño río Mayabeque a los fundadores de la villa. La cercana bahía se mostró desde siempre como el punto cardinal imprescindible para que la savia americana ofreciera su linaje a la península ibérica.

A buscar el agua fueron los primeros moradores al río Almendares. Entonces la llevaban desde La Chorrera en embarcaciones o sobre el lomo de bestias. Otras versiones indican que se abastecían de una cisterna situada

en la desembocadura del río Luyanó, o mediante una noria instalada en una poza abierta en el Campo de Marte, hoy Parque de la Fraternidad, o por las bondades de aljibes y pozos que llegaron a contar miles en el siglo XIX.

LAS RAÍCES

En 1544 se inician las gestiones para la construcción de la Zanja Real, primera obra destinada al abasto de agua de la ciudad, y único acueducto con que contó durante más de doscientos cuarenta años.

Con la inauguración de la Presa del Husillo y la Zanja Real, en 1592, se añadía una razón más para que San Cristóbal de La Habana fuera declarada oficialmente, quince años más tarde, capital del Archipiélago.

Sobre el vino, el jabón y la carne, entre otros productos de importación, se aplicaron impuestos para las obras de la zanja. Hasta el Callejón del Chorro, en la Plaza de la Catedral, llegaban las aguas. Se afirma que éste constituye el primer acueducto construido por España en el Nuevo Mundo.

A principios del siglo XIX la ciudad no saciaba su sed y por decreto regio se aprobaron las obras del Acueducto de Fernando VII, que partía del río Almendares, por Ciénaga, el Cerro y la Calzada de Jesús del Monte, hasta la Puerta de Tierra, en Monserrate y Muralla, y de ahí a la población de intramuros. Pero ni la Zanja Real ni el Acueducto de Fernando VII satisfacieron la avidez de los habaneros por un agua potable y abundante.

LA HERENCIA RECURRENTE

El ingenio insular mostró su hidalguía cuando el ingeniero don Francisco de Albear y Fernández de

Lara presentó su informe titulado *Proyecto de conducción a La Habana de las aguas de los manantiales de Vento*, que resultó premiado con medalla de oro en la Exposición de París de 1878 por la excelencia del proyecto, digno de elogio hasta en sus detalles.

Justamente tres siglos después de la Zanja Real, en 1893 se terminaron las obras del Acueducto de Albear, que suministra en la actualidad el diecinueve por ciento del agua que abastece a la capital cubana.

En esta obra todo es singular: la precisión técnica, la belleza de sus construcciones civiles, la garantía de un agua sana y la seguridad de su funcionamiento, que no necesita combustible y sólo requiere desinfección mediante cloración.

EL HOMBRE:

SUS VIGILIAS Y SUEÑOS

La Habana recibe a Francisco de Albear y Lara el 11 de enero de 1816. Allí también se le despide del bregar físico el 23 de octubre de 1887.

El cubano ilustre que adelantó la ingeniería insular hasta un punto de reconocimiento internacional, exhibió esbeltez en su verbo e ideas, y un estilo castizo en sus escritos. Las circunstancias llevaron a Albear a recorrer varios países europeos, pero su pasión y pensamientos lo fusionan a La Habana, la ciudad de sus hazañas técnicas y sociales.

El principal artífice del acueducto realizó múltiples proyectos de viales, alcantarillados, telégrafos, líneas férreas, faros, muelles y almacenes; dirigió las reparaciones del Convento de San Agustín; y participó activamente en muchas obras públicas cubanas de su tiempo,

proyectándolas, dirigiendo su ejecución o emitiendo informes técnicos sobre ellas.

Hijo del Gobernador del Morro de La Habana, aportó sabiduría e ímpetu, su fibra de inventor. Como militar obtuvo el grado de Teniente Coronel de Infantería, y por su talento fue miembro, vicepresidente y presidente por sustitución de la Real Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana.

En la historia de la ingeniería antillana se inscribe la ejecutoria de Albear por las ganancias de su singularidad y su pensamiento proteico y fundador.

GUARISMOS Y FORMAS

El acueducto de Albear, que entrega sus aguas exclusivamente por gravedad, comprende las obras de captación en los manantiales de Vento, el túnel por debajo del río Almendares, el Canal de Vento, los depósitos de Palatino y el sistema de distribución de agua a la ciudad de intramuros.

El margen izquierdo del río Almendares aporta diariamente unos ciento cincuenta mil metros cúbicos, provenientes de más de cuatrocientos manantiales de Vento y recogidos en una gran taza de cantería provista de sus correspondientes aliviaderos y compuertas. Un alto muro de contención, que a su vez es uno de los lados de la taza colectora, impide la penetración del río durante las crecidas.

Por debajo del lecho del río se encuentra un túnel, que puede visitarse, con dos conductoras de hierro fundido de un metro de diámetro, las que conectan la taza con un canal de aproximadamente diez kilómetros, hasta los tanques de distribución de Palatino.

El Canal de Vento posee veinticuatro torres cilíndricas para el registro e inspección de la obra y la debida circulación del aire en el conducto, por medio de rejillas ventiladoras que coronan la cúpula de cada torre.

Los tanques de Palatino se construyeron con el propósito de almacenar la cantidad de agua necesaria para el consumo de un día, sin interrupción del servicio. Cada lado tiene su aliviadero a la zanja de desagüe y todas esas operaciones se efectúan por medio de compuertas. La altura normal del agua a su llegada a los depósitos es de treinta y cuatro metros sobre el nivel del mar. Albear hizo sus propios cálculos en cuanto a la capacidad mínima necesaria de los tanques: cincuenta litros per cápita por cinco días para doscientos cincuenta mil habitantes.

Los terrenos que rodean los depósitos de Palatino fueron convertidos en artísticos jardines en 1926. En una sección de los jardines se ubicaron cuatro esculturas que representan las estaciones del año.

A partir de los tanques se realiza la distribución del agua a la ciudad. Desde aquí comienza a entretenerse un laberinto útil de conductoras, de las más disímiles dimensiones, oculto en el trazado urbanístico de la ciudad. Por debajo de los muros, la arcilla, el adoquín o el asfalto fluye la vida a borbotones.

DESDE EL ABRA

A Albear se le recuerda por su acueducto; habría que recordar también su actitud cívica y voluntad férrea que le permitieron acercar el agua a una ciudad que desbordó su vida y su desvelo. Hombres como él adelantan la fusión de la ciencia, la tecnología, la técnica, la literatura y el arte.

La otrora villa de San Cristóbal de La Habana sigue con su mar y su horizonte. Nuevas urgencias la conminan. Como los ancestros, sus moradores necesitan la sangre de la naturaleza. Irán a buscarla a todos los parajes; pero siempre encontrarán en la herencia el punto de apoyo para la vigilia y el sueño.

Las aguas de Albear, las que nos enseñó a buscar, siguen corriendo por las arterias invisibles de la ciudad, como los inyectores de la sangre de una urbe múltiple y auténtica, fiel y noble.

*(Publicado en Energía y tú,
No. 13, enero-marzo de 2001,
y en la revista Aguas de La Habana,
No. 1, abril-junio, de 2001,
en colaboración con Alberto Sauri)*

La sinergia de Roberto Manzano

Cuando el poeta canta con voz gustosa, el objeto de su canto adquiere una vibración que enamora. Eso sostiene con su obra Roberto Manzano Díaz, «soldado de una milicia invisible» que, según él, no desertará jamás.

Al poeta lo hemos tenido entre nosotros, con las herramientas de la edición para impulsar *Eco Solar* (revista científica electrónica), con la paciencia –y sabiduría– para engrandecer algunos libros de divulgación científico-popular, con los dibujos suyos que enaltecen *Germinal* (publicación de educación alimentaria), con sus textos diseminados en la diversa producción de la Editorial CUBASOLAR...

Al poeta le conocemos su sinceridad creadora, el cariño para compartir saberes, la provocación útil de su verbo. Él sabe que nuestra suerte discurre por los vasos comunicantes entre la poesía y la ciencia, entre el rocío y la tecnología, entre el amor y la técnica. Juntos, todos, sostenemos la vida. Y el hombre, juntador por vocación y destino, crece cuando encamina.

Crece y junta Roberto Manzano en su silencio creador, y ya se le reconoce su andadura: recientemente

obtuvo el Premio Nicolás Guillén de Poesía 2005, «el concurso de mayor significación en el sistema literario cubano entre los dedicados a reconocer un libro de este género», dicen los organizadores del certamen. La Editorial CUBASOLAR saluda con orgullo al poeta, quien colaboró (y aún lo hace) con su trabajo.

De *Synergos*, el poemario premiado, *Energía y tú* reproduce un texto que alerta y aúpa con sus interrogantes (responsables todos de las respuestas).

A Manzano agradecemos esta cosmogonía del hombre, desde el prístino caos de las esdrújulas hacia la diafanidad de las noticias enviadas, desde el vitoreo de los «cánticos adánicos» hacia los mensajes que adelantan el «estrellerío insomne».

(5)

Así a dónde vamos a ir, si necesitamos tanto? Si todo se gasta un jolongo de algo, un tranvía de eso y de aquello, un triste diapasón de utensilios;

porque no hay manera, no basta con las manos,
no basta con añadir los pies, las rodillas, los codos,
los hombros, la cabeza;

no basta: siempre urge una prolongación, un
abarque mayor o menor, una hendidura más larga,
una extensión casi planetaria;

en cuanto se viene desnudos y desnudos
nos marchamos, debíamos tener una desnudez
intermedia, pero no es posible;

nos vamos entretejiendo, envolviéndonos,
esposándonos, hilándonos y deshilándonos,
oh Penélope;

y nos vamos alargando, demorando, sucediéndonos
repletos de botones, bocinas, barrenas, oh Odiseo;

grandes son las alforjas de nuestro destino,
crecen como los gajos de un milagro, pues vivimos
de adminículos;

dependemos de los artesanos que se especializan,
de las industrias que se especializan, de los países
que se especializan;

toda nuestra libertad radica en el aceite, la sal,
la tinta, el petróleo, el papel, el fósforo, el antibiótico;

toda nuestra existencia pasa como un hilo
por el que trae el ajo, el distribuidor hidráulico,
el mecánico de las imágenes y los dientes;

oh Edison, cómo es posible? hacia dónde vamos
a ir si ya necesitamos de este modo? hacia dónde,
si somos tantos, y demandamos tanto?;

cuántas cucharitas de diversos tipos, cuántos
cuchillitos para los pies, los panes, los pescados;

cuántos espejos y cremas, cuántas tenazas
y esmeriles, cuántos títulos y expedientes, cuántos
galones y planillas;

cuántas sogas y diademas, detectores y lentes,
armas y bebidas, aviones y peinetas, espátulas
y misiles;

y hemos olvidado los matices simbólicos del cielo,
el sabor del rocío o de la yerba macerada
bajo las caderas del amor;

a qué olían las costas de los ríos vírgenes,
los langostinos de los arroyuelos, las manos
de la amada dentro de las hojas del sasafrás solemne?;

fíjate bien, Tersites, que todo es agotable,
insostenible, deleznable, expulsable, pero goza
de un acabado perfecto;

fíjate que todo fosforece en líneas puras,
pero es para un sólo golpe de boca
o para el paréntesis fugitivo del mes;

qué se fizieron los ebanistas que levantaban
aquellos muebles sólidos, aquellas mesas
que atravesaban como barcos las aguas
de los siglos?;

qué se fizieron los artefactos solos,
que no formaban cadenas de cadenas, que eran
inderivables unos de otros como zafados eslabones?;

oh Plutón, vivir para tantas cosas grandes
y chiquitas, urgentes y bellas, frágiles
y mancomunadas, terminables y extensas;

con cuántos racimos vive el hombre,
dentro de qué férulas, árbol que nunca acaba
de gajear hacia la totalidad del viento.

*(Publicado en Energía y tú,
No. 30, abril-junio de 2005)*

El recurso del método

Desde 1994, a Cuba acuden hombres y mujeres que creen en la opción de las fuentes renovables de energía y comparten con científicos, especialistas y estudiantes cubanos la ascendencia y ventura de los talleres internacionales de CUBASOLAR, como un espacio para la solidaridad y el desarrollo.

ANTECEDENTES

La crisis energética de 1973 exigió al mundo buscar nuevas alternativas que permitieran un desarrollo sostenible. En la última década del siglo xx, en Cuba se requirió un reacomodo de las estrategias macroeconómicas para superar el descalabro de la economía nacional, precedido por los cataclismos de la Europa socialista. El Primer Congreso del PCC aporta las directivas para que surja en La Habana, en 1975, el Grupo de Investigaciones de Energía Solar (genSOL), que logra inaugurar el Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES), en Santiago de Cuba, en 1984. El país, ya previsor, crea la Comisión Nacional de Energía, que redime la elección de las fuentes energéticas renovables; y luego funda la Sociedad Cubana para la Promoción de las

Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental (CUBASOLAR), junto a la empresa EcoSol, como los instrumentos que facilitan la vía asumida. Surge una realidad nueva con raíces antiguas.

La nueva Sociedad asume el desafío de promover el uso intensivo de la energía solar y la disminución del consumo de portadores energéticos convencionales, para contribuir a la difusión de una conciencia energética y de respeto ambiental.

LOS ESCENARIOS

El Palacio de Convenciones de La Habana acogió por primera vez a especialistas nacionales y extranjeros en el Taller Solar 1994, a partir del cual se suceden esos encuentros con una frecuencia bienal.

Algunas provincias ya han exhibido el linaje de anfitriones de estos talleres internacionales. El oriente cubano primero sedujo (Santiago de Cuba, Guantánamo y Granma), para luego ceder el orgullo al occidente (Pinar del Río): cinco ediciones, si se incluye el encuentro de 1994, y una misma defensa común de intereses comunes.

Cada escenario provoca el intercambio entre científicos y especialistas, sin convencionalismos o permanencias prolongadas en salas, sino junto al verde de alguna arboleda o el azul del mar Caribe o el susurro de ríos y riachuelos. En los talleres siempre convergen los debates abiertos de temas específicos, con amplia participación de los expertos y los usufructuarios de las instalaciones solares; los carteles y explicaciones en prototipos e instalaciones experimentales; las conferencias magistrales; las visitas a centros de investigaciones, universi-

dades, industrias e instalaciones de aprovechamiento de las fuentes renovables de energía; y las exposiciones técnico-comerciales, que permiten promocionar los productos y servicios.

Siempre, en los talleres, Cuba reencuentra en el Sol la fuerza para vencer el bloqueo.

1996

Santiago de Cuba y Guantánamo: Del 3 al 7 de junio. Un debate abierto sin marcos convencionales.

Las instalaciones del Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES) y los bellos paisajes del balneario Daiquirí acogieron a los primeros participantes, que luego recurren por la imitación conceptual y vivencial de estos encuentros.

1998

Santiago de Cuba y Guantánamo: Del 13 al 17 de abril. Energía, desarrollo y solidaridad.

Junto al Caribe hirsuto, en la Sierra Maestra y la Sierra de Cristal se reeditó el vigor del taller fundacional. En la árida franja de San Antonio del Sur se discutió el programa contra la desertificación. El recorrido por el poblado de Santa María del Loreto, con el mayor sistema solar fotovoltaico centralizado de Cuba, estimuló el credo hacia la viabilidad de la electrificación solar de pequeñas comunidades.

Los debates ahondaron en los temas de las fuentes renovables de energía y la energización rural, la agricultura y la agroindustria con energía solar, las soluciones de la arquitectura bioclimática y el turismo ecológico, la cultura y la conciencia energética, y el estado del arte de

las investigaciones, las tecnologías y la producción de equipamientos para aprovechar las fuentes alternativas de energía.

2000

Granma: Del 23 al 29 de abril. Un encuentro para discutir problemas energéticos, ecológicos, sociales y de cooperación internacional.

Esta vez convocaron la exuberancia de la Sierra Maestra; el orgullo de la ciudad de Bayamo, capital de la provincia Granma; y el renuevo de la Ciudad Escolar Camilo Cienfuegos, donde se fusionan las virtudes del pensamiento educacional cubano con la arquitectura bioclimática y el uso de otras aplicaciones solares.

Los participantes visitaron la minihidroeléctrica Río Zaza, de Bartolomé Masó; el preuniversitario Vocacional de Ciencias Exactas Silverio Álvarez Aroche; la Escuela Secundaria El Jigüe, totalmente electrificada con energía solar fotovoltaica; y la Fábrica de molinos de viento 26 de Julio, del Ministerio de la Agricultura.

La avidez por asumir la gesta solidaria les llevó a la playa Las Coloradas, en el municipio Niquero; el centro histórico de Bayamo; el sitio histórico La Demajagua, en Manzanillo; y el Jardín Botánico Cupainicú, de Guisa.

Las cifras se elevaron: más de 140 delegados cubanos y 48 extranjeros de Alemania, Argentina, Brasil, España, Estados Unidos, Francia, Haití, Italia, Irlanda, Suiza y Venezuela.

Las discusiones otorgaron prioridad a la electrificación de escuelas, consultorios médicos y círculos sociales; la lucha contra la desertificación; el ordenamiento de cuencas hidrográficas; la construcción de acueductos

por gravedad; y el aprovechamiento de la energía solar, con un claro enfoque de sostenibilidad.

2002

Pinar del Río: Del 1 al 6 de abril. El acento en la cultura solar.

La catedral natural de Cuba mostró a los participantes mucho más que sus ofrendas ancestrales (Soroa, el tabaco, Viñales y la floresta): se ofreció en toda su bondad y magnificencia.

El acto inaugural reveló la sabiduría del científico y pensador Enrico Turrini, y las reflexiones de Ismael Clark, presidente de la Academia de Ciencias de Cuba, que precedieron las 83 ponencias expuestas, una mesa redonda y 44 trabajos en carteles, en los que participaron más de 950 personas.

Los guarismos señalan la participación de aproximadamente trescientos delegados e invitados, incluidos 96 extranjeros, de quince países: Alemania, Argentina, Austria, Brasil, Canadá, Chile, Ecuador, España, Estados Unidos, Francia, Italia, México, Panamá, República Dominicana y Suiza.

El debate científico se encausó en quince comisiones con los temas de desarrollo sostenible, ecología y clima, educación ambiental y energética, energía solar térmica y fotovoltaica, energía eólica e hidráulica, biomasa y biocombustibles, gestión de los recursos energéticos e interacción entre la energía, la flora y la fauna. Estas comisiones sesionaron en la Universidad de Pinar del Río, la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, la Facultad de Agronomía de Montaña y la Estación Experimental Forestal de Viñales.

La exposición del Taller atrajo la curiosidad y el diálogo. En el Museo de Historia Natural Tranquilino Sandalio de Noda se inauguró una sala de energía solar, única en el país, que incluye una pequeña planta solar fotovoltaica conectada a la red electroenergética nacional y al nodo energético de la provincia de Pinar del Río, como primer paso para conformar la red nacional de interconectividad.

Los participantes recorrieron la comunidad rural de Los Tumbos, donde concurre un grupo de soluciones de carácter social; el polígono de fuentes renovables de energía de la Facultad de Agronomía de Montaña; la Finca Ecológica; los círculos infantiles de San Andrés, donde se aplican con éxito diversas fuentes renovables de energía; y las salas de televisión y las escuelas primarias electrificadas con paneles solares que posibilitan el uso de la televisión, vídeo y computación para el desarrollo del programa audiovisual en las zonas rurales, llanas o montañosas.

La ganancia conceptual más visible del evento es la necesidad de asumir una cultura solar, definida como una concienciación de nuestro futuro, de nuestras alternativas de vida y de la salud planetaria.

Durante el Taller sesionó la Asamblea Nacional de CUBASOLAR, donde se aprobó, con el voto unánime, designar a la Organización de Pioneros José Martí (OPJM) y a la Unión de Jóvenes Comunistas (UJC) miembros de honor de CUBASOLAR, por su destacada labor en la formación de una conciencia energética y de respeto ambiental en el desarrollo de la energía solar; y se acordó celebrar el Taller Internacional CUBASOLAR 2004, en abril de dicho año, en la provincia de Guantánamo.

2004

Guantánamo: Del 12 al 16 de abril. Globalizamos el desarrollo sostenible.

Nuevamente la capital solar de Cuba insta al recuento y al impulso. Los guantanameros se preparan con todos sus ardides y recursos: el gobierno local otorga prioridad a la cita. Para el año 2004 el país habrá expuesto (y alcanzado) lo mejor de sus aspiraciones de justicia y cultura.

Esta edición del Taller, desde ya, desborda cualquier predicción. La naturaleza aportará su exuberancia y diversidad; los cubanos, su ímpetu y sabiduría; los visitantes, su experiencia y aliento.

EN EL VISOR

Martí confió en la utilidad de la virtud, y virtuosos se vuelven los hombres que fundan y persisten. Desde el Taller fundacional hasta las proyecciones en el nuevo milenio se intenta sistematizar la convocatoria a este encuentro bienal, útil por la siega y audaz por lo que provoca.

Los beneficiarios tienen voz, y comparten, y agradecen, y excitan al brío. Los anfitriones abren las puertas para que se expanda el olor de los manjares y todos merodeen por sus estancias, limpias y fogosas.

Los forasteros desechan los pasaportes para favorecer una comunión de intereses comunes, hacia el hombre, como sujeto de una solidaridad holística. Las estructuras estatales y partidistas ofrecen sus soportes con probidad y gusto. A las horas se les exprimen los minutos, diurnos y nocturnos, para que el día se rinda gustoso. La naturaleza asiste al diálogo, con protagonismo y seducción. Todo es aquí una fiesta innominable.

En los talleres internacionales de CUBASOLAR las expectativas, superadas siempre, alientan nuevos impulsos. El método, como recurso de la eficacia, augura una asunción ecológica y ascendente de las fuentes renovables de energía en Cuba, y desde el archipiélago al mundo.

*(Publicado en Energía y tú,
No. 18, abril-junio de 2002)*

La energía de una ciudad

*A propósito de la inauguración
del Centro de Estudios Solares.*

Nunca olvidaremos el último 3 de septiembre cuando Gabriela y Enrico Turrini asumieron el corte de la cinta que dejaría inaugurado el Centro de Estudios Solares en la Ciudad Escolar Camilo Cienfuegos. El espíritu supo el goce; el cuerpo provechoso participó en el regocijo. Mucha luz nos rodeó, y eso basta para que la memoria guarde la gratitud y la añoranza.

DESDE EL SUEÑO Y LA VIGILIA

Un hombre, con hirsutas cerdas blancas que alguna vez tuvieron otro pigmento para ganarse el mote de Barba Negra, se reserva sus mejores anécdotas para cuando su Comandante decida revelar la historia plena.

—¿Fidel estuvo por aquí, donde está la actual Ciudad Escolar Camilo Cienfuegos?

—Sí, en Las Vegas de San Lorenzo, aquí en Las Mercedes, y en el combate de Cerro Pelado, donde se forjaron las brigadas de combatientes.

—¿Y quién propuso hacer la escuela aquí?

—Él decidió este lugar.

—¿Porque había un caserío?

—No, hombre, sólo había potreros, fincas, cuatro casas regadas, y entonces él dijo que cuando ganáramos la guerra construiríamos una ciudad escolar en el Caney de las Mercedes, en la que estudiarían miles de niños, especialmente de la Sierra Maestra, y construida por el Ejército Rebelde.

—¿Qué participación tuviste?

—Como fue una orden vine para aquí, y aquí estoy desde 1959. Los combatientes construyeron la escuela, dando pico y pala; lo hicimos porque cuando nuestro Jefe da una orden, la cumplimos.

—¿Y aquí echaste raíces?

—Nosotros teníamos una finca y, ya usted sabe, no sabíamos leer ni escribir, pero sí sabíamos enamorar; tuve una hija y después me casé, y tuve dos hijos más y después otros; jamás en la vida he negado un hijo mío, porque negar un hijo es negarse a sí mismo.

—¿Y los nietos?

—Ya suman 27, sin contar los biznietos.

Una señora interviene en el diálogo para afirmar: «Este es Barba Negra: Celestino Sánchez Santos».

—Celestino, frente a tu casa se inaugura el Centro de Estudios Solares. ¿Cuál es su historia?

—Cuando los esposos Turrini llegaron, no sé quien los invitó a conversar conmigo y me confesaron su deseo de vivir junto a nosotros en la Ciudad Escolar. Ellos nos ayudan y aportan todos sus conocimientos y recursos, en Bartolomé Masó y en muchos lugares de Cuba. Óigame, a este matrimonio hay que quererlo y ayudarlo mucho, por su cooperación desinteresada. Algunas personas hacen trabajos, y hablan, pero con un interés enorme. Ellos, en cambio, todo lo entregan por solidaridad y au-

téntico amor por la Revolución Cubana y su pueblo. Imagínate la alegría que sentimos cuando ellos decidieron vivir frente a mi casa, en el Centro de Estudios Solares: seremos vecinos. Ese matrimonio, que no tiene necesidad de venir aquí, decidió vivir en Cuba, para ayudar a remozar la Ciudad Escolar, junto a los niños. Esto para nosotros es una satisfacción, y estoy seguro de que cuando el Comandante en Jefe lo sepa los va a venir a visitar, porque nuestro Comandante es un hombre muy analítico: cuando él ve a una persona, sin interés por nada material, y cuando nosotros le brindamos amor, cariño y respeto, comprende que se lo han ganado.

IDEA Y OBRA

CUBASOLAR expone cada año, entre sus directivas de trabajo, el compromiso de contribuir a la formación de una cultura energética sostenible, con la participación consciente de nuestros niños y adolescentes. Y el Centro de Estudios Solares crece, en idea y obra, como espacio para el compartimiento y la alegría, hacia una cultura solar.

El Centro de Estudios Solares tiene unas coordenadas singulares: junto a la Villa del Educador, que funciona desde hace cinco años en la Ciudad Escolar Camilo Cienfuegos, primera obra educacional construida por la Revolución y donde el Che predicó por primera vez el trabajo voluntario, en el municipio granmense de Bartolomé Masó.

La casona, con un diseño bioclimático y clara reminiscencia colonial en su concepción arquitectónica, se sitúa en un entorno boscoso, que crecerá con las especies vegetales que Martí mencionó en su último *Diario de*

campaña, desde Playitas de Cajobabo a Dos Ríos. Y sabrán los sinsontes y bijiritas, los grillos y lagartijas, y hasta los caballos y perros, dónde merodear y aposentarse, junto al respeto y cuidado de los pioneros.

La luz solar entra en las habitaciones de la casona con derecho propio y sin cortapisas, como invitando al viento para que calme la canícula tropical.

Proliferarán, como los árboles robustos y las yemas delicadas, las tecnologías y equipos para el uso de las fuentes renovables de energía: sistemas fotovoltaicos, calentadores y secadores solares, molinos de viento, turbinas hidráulicas para generar electricidad, bombas de sogá, bombas y destiladores de agua solares, arietes hidráulicos, cocinas eficientes de biomasa, digestores de biogás y relojes solares.

Los estudiantes, profesores y visitantes dispondrán de computadoras con correo electrónico y acceso a Internet. Amplios salones y los portales permitirán conversar e impartir conferencias; y en un local especializado aumentará el fondo bibliográfico y las colecciones de materiales multimediáticos y audiovisuales.

Muchas personas e instituciones aunaron voluntades para erigir esta realidad: las direcciones municipal y provincial de Educación, los masoenses, los esposos Turrini y el apoyo y exigencia del Partido y el Gobierno en sus instancias municipal y provincial, al decir de Amado Calzadilla, presidente de la Delegación de CUBASOLAR en Granma.

Irma González Mejías, presidenta de la Asamblea Municipal del Poder Popular, camina por los barrios y las escuelas, y comparte con todos la alegría por la nueva obra: «Este Centro aportará mucho desarrollo al munici-

pio, nos permitirá investigar sobre la energía solar y propiciar una sólida cultura en las nuevas generaciones. El Centro será utilizado por los círculos infantiles y las escuelas, en jornadas científicas y en eventos de investigación sobre todas las esferas de la vida, en lo social y lo económico».

Este septiembre reivindicó la certeza de que cualquier mes puede augurar regocijo y esperanzas, después de los tristes acontecimientos del 11 de septiembre de 2001: en la Ciudad Escolar Camilo Cienfuegos este 1ro. de septiembre miles de niños acudieron a sus aulas con mochilas dispuestas para el riego y la siega, y dos días más tarde la voluntad y el bregar de muchos les cedieron en herencia el Centro de Estudios Solares.

«Ustedes –les dice Enrico Turrini a los estudiantes– están empezando un nuevo ciclo de la vida. Nosotros, Gabriela y yo, por el contrario, estamos terminando otro porque nos jubilamos. Pero el final de un ciclo es también el inicio de uno nuevo, que en este caso nos llena de alegría porque en el futuro tendremos la oportunidad de estar mucho más tiempo aquí compartiendo la vida con ustedes. ¿Qué significa un nuevo curso escolar? Significa realizar un paso adelante en la vida, aprender siempre más a vivir juntos, nunca aislados, a ayudarse uno al otro. Significa hacerse más cultos para comprender el sentido profundo de los valores más grandes, como la justicia, la solidaridad, el altruismo y el amor, para traducirlos en vida. La Ciudad Escolar Camilo Cienfuegos cada año se hace más hermosa y les ofrece algo nuevo. Es normal que sea así, porque esta ciudad es símbolo de vuestra Revolución; ya antes de su triunfo estaba en el pensamiento de Fidel».

PENSAMIENTO Y CREDO

La luz solar cedía espacio al resplandor lunar cuando José Antonio Leiva, presidente de la Asamblea Provincial del Poder Popular en Granma, llegó a la Villa del Educador: un beso a Gabriela, un abrazo a Enrico, un saludo a los constructores y especialistas... Después de breves diálogos, provoqué:

—Presidente, el compañero Luis Bériz, uno de los artífices de esta obra, insiste en afirmar que este Centro no es ni de los masoenses ni de los granmenses, sino de Cuba hacia el mundo y del mundo para sí.

—Le doy toda la razón: tenemos que pensar así porque ese es un pensamiento internacionalista, y los cubanos somos internacionalistas.

*(Publicado en Energía y tú,
No. 24, octubre-diciembre de 2003)*

CETER: energías renovables y eficiencia energética

El Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER) aporta diez años de eficaz trabajo en la promoción y el uso de las fuentes renovables de energía y la eficiencia energética.

El CETER comenzó su andadura cuando Cuba buscaba para sí un reacomodo de sus basamentos macroestructurales, después del desplome de un sistema socioeconómico que contribuía al equilibrio mundial. En ese contexto el CETER aparece como herramienta y solución.

LA VÍSPERA

La inusitada escasez de petróleo indicó con crudeza, recién comenzada la última década del pasado siglo, la presencia de la crisis económica anunciada y definida como Período Especial.

La dirección del país concibió una nueva estrategia energética. Después de un intenso proceso de estudios y consultas, con la participación de varios organismos de la Administración Central del Estado, la Comisión Nacional de Energía, la Junta Central de Planificación y la Academia de Ciencias de Cuba, la Asamblea Nacional del Poder Popular aprueba en 1993 el Programa de Desarrollo de las Fuentes Nacionales de Energía.

En particular, el Fórum Nacional de Ciencia y Técnica estimula el ingenio popular e institucional para definir alternativas a la problemática energética, y en su sépti-

ma edición, en 1992, se constituye oficialmente el CETER como institución docente-investigativa del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (ISPJAE), con el propósito de contribuir al desarrollo sostenible de la sociedad cubana, mediante su encargo social relacionado con las fuentes renovables de energía, la eficiencia energética y su interrelación con el medio ambiente.

ANTECEDENTES

Cuba se incorpora en 1981 al Programa de Energía Solar del Consejo de Ayuda Mutua Económica, representada por la Academia de Ciencias de Cuba, y en 1983 crea su Comisión Nacional de Energía. Con posterioridad se gestan grupos de desarrollo de las fuentes renovables de energía, fundamentalmente la eólica, la hidráulica, la solar térmica y la biomasa, y se crea el Centro de Investigaciones de Energía Solar, en Santiago de Cuba.

En el ISPJAE comienzan a trabajar el Grupo de Energía Renovable y el Área de Investigación y Desarrollo en Emulsiones y Tensioactivos. A partir de la fusión de los recursos humanos disponibles, que asumían desde la modelación matemática teórica hasta la ejecución práctica de soluciones propuestas, se funda el CETER, que debía convertirse, según la visión del comandante Pedro Miret Prieto, en el Centro «que desempeñe un papel coordinador, impulsor y promotor de las investigaciones energéticas de las universidades, en coordinación con otras instituciones territoriales y nacionales».

PRIMEROS AÑOS

Desde su fundación el CETER asumió tres líneas fundamentales de trabajo científico-investigativo:

las fuentes renovables de energía, el uso racional de la energía y la eficiencia energética en instalaciones tanto de fuerza y calor como de refrigeración y climatización, y la protección del medio ambiente en relación con los impactos provenientes de la producción y uso de la energía.

Los fundadores del Centro inciden en la eficiencia energética de industrias y en los polos científicos del país, y participan en la recuperación y evaluación de compresores. En 1995 el Centro contaba con los grupos de energía renovable, biomasa, ingeniería y tecnología ambiental, motores de combustión interna, emulsiones y tensioactivos y eficiencia energética, y en ese mismo año se incorpora el claustro de profesores del Departamento de Termoenergética de la Facultad de Mecánica, por necesidades del Programa del Perfeccionamiento Científico en el Sistema de Educación Superior.

INVESTIGACIÓN Y DOCENCIA

El Dr. Conrado Moreno Figueredo enfatiza las singularidades del Centro que dirige en la actualidad: «Las energías renovables y la eficiencia energética continúan siendo los dos pilares de la fortaleza del CETER para insertarse con eficiencia y eficacia en el dinamismo de la sociedad cubana, conjuntamente con nuestros aportes a la educación y formación de recursos humanos en el campo energético. Esa dualidad convierte al CETER en un centro muy atractivo y diferente a otros. A la actividad de ciencia e innovación tecnológica se vinculan todos los profesores, investigadores y técnicos, y la participación estudiantil tiene un carácter masivo y de gran fuerza».

Los profesionales del Centro asumen la docencia de pregrado y posgrado en sus tres líneas de trabajo y diri-

gen, dentro de la carrera de Ingeniería Mecánica, la disciplina de Máquinas, Aparatos e Instalaciones Térmicas.

Actualmente, el CETER cuenta con treinta profesionales (veintiséis docentes y cuatro investigadores), entre los que se significan quince doctores en ciencias, diez profesores titulares y un académico titular.

El uso de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación ocupa un lugar importante en todas las actividades del CETER; la educación posgraduada logra superar más de medio millar de profesionales que cada año pasan por sus aulas, y se imparte una maestría con varios perfiles energéticos terminales, entre ellos el de las fuentes renovables de energía.

COOPERACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL

El Centro trabaja vinculado a siete proyectos nacionales y ocho internacionales en la rama energética; mantiene relaciones internacionales estables con instituciones españolas, alemanas, suecas, belgas, británicas y danesas, entre otras; participa permanentemente en eventos internacionales de prestigio y es miembro de varias organizaciones cubanas y extranjeras, como el Frente de Energías Renovables, el Instituto Internacional del Frío, la Asociación Americana de Ingenieros para la Refrigeración, Aire Acondicionado y Calefacción, y la Asociación Mundial de Energía Eólica. Varios de sus miembros pertenecen a organismos e instituciones de prestigio internacional.

Al CETER lo visitan anualmente más de cuarenta especialistas extranjeros para establecer contactos y proyectos de colaboración. Más de diez miembros del Centro igualmente cada año visitan universidades e instituciones científicas y académicas en el extranjero y cada dos

años realiza la Conferencia Internacional de Energías Renovables, Ahorro de Energía y Educación Energética (CIER), que contribuye a afianzar las relaciones internacionales y con el resto de las universidades del país. Cada miembro del CETER tiene como propósito anual la publicación de dos artículos en revistas y la participación en dos eventos científicos, tanto nacionales como internacionales.

Con énfasis especial mantiene relaciones de colaboración con todas las universidades y centros de estudio e investigación nacionales donde se atiende el perfil energético. El CETER es un miembro activo de la red de centros que auspicia la Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental, CUBASOLAR.

RECONOCIMIENTOS Y PROYECCIONES

Al celebrar su décimo aniversario, el CETER obtuvo resultados que lo sitúan entre los centros de investigación líderes de las instituciones universitarias del país.

El CETER y varios de sus miembros ostentan la condición de vanguardias provinciales y nacionales por el Sindicato de Trabajadores de la Ciencia; además, en los años 2001 y 2002 ocupó el primer lugar entre los centros del ISPJAE.

Desde su creación ha obtenido doce premios nacionales en diferentes ediciones del Fórum de Ciencia y Técnica, un Premio Nacional de la Academia de Ciencias de Cuba, uno de sus miembros posee la Orden Carlos J. Finlay y dos la Orden Frank País.

El sistemático ascenso de su incidencia nacional e internacional en las investigaciones, la innovación tec-

nológica y la formación de profesionales lo sitúan en condiciones óptimas para enfrentar, con su potencial humano y científico, los problemas energéticos contemporáneos de la sociedad cubana.

La crisis energética mundial le exige al CETER nuevas tareas, el compromiso de elevar la eficiencia económica y perfeccionar los mecanismos investigativos, tecnológicos y docentes.

ANEXOS

RESOLUCIÓN RECTORAL No. 170/92

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría

POR CUANTO: Las universidades, siguiendo las orientaciones de nuestro Comandante en Jefe, Fidel Castro Ruz, realizan un serio esfuerzo por transformarse en importantes centros del desarrollo científico de nuestro país.

POR CUANTO: Las serias limitantes con la disponibilidad de petróleo y sus derivados que afectan el desarrollo económico de la nación, exigen acelerar los trabajos dirigidos al ahorro energético y a la utilización de fuentes renovables de energía.

POR CUANTO: El Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría dispone de especialistas de alto nivel científico y de gran experiencia en diferentes ramas del conocimiento que mediante el trabajo multidisciplinario y en estrecha cooperación con otras instituciones del país pueden contribuir a acelerar la búsqueda, aplicación y generalización de soluciones científico-técnicas a los problemas que se presentan en el campo de la energía.

POR CUANTO: El Consejo de Dirección del Ministerio de Educación Superior (MES) acordó la creación de un Cen-

tro de Estudio que coordinara los trabajos científico-técnicos de los diferentes centros de Educación Superior, recogidos en el Programa de Investigaciones sobre Energía que desarrolla el propio Ministerio.

POR CUANTO: El mejor marco para la inauguración de dicho Centro de Estudio lo constituye el VII Fórum Nacional de Piezas de Repuesto, Equipos y Tecnologías de Avanzada, movimiento de masas que ha desempeñado un papel fundamental en la búsqueda y aplicación de las soluciones a los problemas energéticos que presenta el país.

POR TANTO: En el uso de las facultades que me están conferidas,

RESUELVO:

PRIMERO: Crear el Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER), adscrito al Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, que tendrá como funciones el desarrollo de las investigaciones científico-técnicas energéticas del propio Instituto, la coordinación del Programa de Energía del MES y el establecimiento de la cooperación con otros centros científicos y laborales que contribuyan a la búsqueda, aplicación y generalización de soluciones a los problemas energéticos del país.

SEGUNDO: Establecer que para cumplir con las funciones que se señalan en el Resuelto anterior, el estilo de trabajo que debe predominar en el Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables es el de servir al país por encima de cualquier criterio sectorial, regional y mercantilista, el dinamismo en la solución a los problemas que se presenten, la consagración al trabajo del personal que en él labore, la integración y cooperación con todos los que deseen y estén dispuestos a aportar soluciones, la ética profesional en el respeto y reconocimiento al trabajo de

todas las instituciones y autores que independientemente de su procedencia y categoría laboral participen en la cooperación, la calidad, rigor y competitividad de los resultados que se obtengan y la consideración de que un resultado sólo se dará como terminado cuando esté aplicado y generalizado.

TERCERO: Que el Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER) sea inaugurado en el marco del VII Fórum Nacional de Piezas de Repuesto, Equipos y Tecnologías de Avanzada, en presencia de los delegados e invitados que participarán en la Comisión No. 4 de Energía, de este importante evento, el día 13 de diciembre del presente año.

Archívese por la Asesoría Jurídica.

Dado en la Ciudad Universitaria José Antonio Echeverría, a los diez días del mes de diciembre de mil novecientos noventa y dos. Año 34 de la Revolución.

Dr. Antonio Romillo Tarke
Rector

PRODUCTOS Y SERVICIOS

Cursos de superación y posgrado. Modalidades docentes que asume el CETER: pregrado, pasantías, posgrado, entrenamientos, especialidades, maestrías, cursos, diplomados y doctorados.

Asesorías y consultorías. Los servicios y productos relacionados con las asesorías y consultorías pueden agruparse en diez áreas de trabajo: energía eólica, energía solar, biomasa, biogás, sistemas integrados, refrigeración no convencional, motores térmicos, uso eficiente de la energía, ingeniería y tecnología ambiental, y emulsiones y tensioactivos.

Evaluación de equipos e instalaciones energéticas. Los servicios relacionados con la evaluación de equipos e instalaciones energéticas son amplios y diversos.

MISIÓN Y ESTRUCTURA

Misión. Contribuir al desarrollo sostenible de la sociedad cubana mediante su encargo social relacionado con las fuentes renovables de energía, la eficiencia energética y su interrelación con el medio ambiente, por medio de la formación integral y continuada de profesionales, la actividad científico-técnica y la extensión universitaria. Contribuir de forma significativa al desarrollo sostenible del país en el campo de la energía, con un trabajo dirigido tanto al mejoramiento de la eficiencia energética de las instalaciones ya existentes, como las que se proyecten para el sector industrial o de servicio, así como el desarrollo de las fuentes renovables de energía y su diversificación en el sector energético cubano, en la energización rural y en los objetivos conectados al sistema electroenergético nacional. Alcanzar reconocimiento nacional e internacional con ideas innovadoras y alta calidad de los productos y servicios al cliente.

Estructura. El CETER está organizado en seis grupos de investigación-desarrollo, que a la vez imparten docencia de pregrado y posgrado: Grupo de energías renovables, Grupo de biomasa, Grupo de ingeniería y tecnología ambiental, Grupo de emulsiones y tensioactivos, Grupo de eficiencia energética y Grupo de motores de combustión interna.

(Publicado en *Energía y tú*,
No. 21, enero-marzo de 2003)

Instrumentos

*No hay batalla entre la civilización y la barbarie,
sino entre la falsa erudición y la naturaleza.*

JOSÉ MARTÍ

La bomba de sogá

La sabiduría popular logró conformar, con ingenio y una simple sogá, un equipo que supera en eficiencia y sustentabilidad a todos los mecanismos conocidos para el bombeo manual de agua.

Una sogá, un cubo y una roldana pudieran parecer los ingredientes que permiten al hombre un menor gasto energético para elevar agua manualmente, en volúmenes significativos, desde un pozo. Difícil imaginar un dispositivo que logre satisfacer con tanta sencillez y eficacia esta vital necesidad; pero apareció la bomba de sogá, que desafía cualquier intento de cristalizar el conocimiento técnico y tecnológico en función del abastecimiento de agua manual. La bomba de sogá no reconoce derecho de autor, porque los pueblos le añaden su propia astucia y sapiencia. Nunca llega a la perfección, porque se renueva en cada proyecto. Siempre seduce y logra acercarnos al agua con alta eficiencia y respeto hacia la naturaleza.

¿QUÉ ES LA BOMBA DE SOGA?

Es una bomba manual para la extracción de agua desde un pozo u otra fuente hasta la superficie o nivel deseado, con un mínimo de esfuerzo físico.

Constituye una tecnología apropiada para Cuba y los países del Sur por su bajo costo, sencillez, eficiencia y, sobre todo, porque su fabricación, instalación, manteni-

miento y explotación pueden ser asumidos por las comunidades mediante sus propios recursos.

El equipo se utiliza para el abasto de agua a la población y la ganadería, y para el riego a pequeña escala, fundamentalmente en zonas rurales y periurbanas, aunque también se utiliza en las ciudades con deficiente suministro de agua. La bomba de sogá sustituye la energía convencional, protege el medio ambiente y contribuye a lograr un desarrollo sostenible.

Esta tecnología se conoce, según las traducciones en los diferentes idiomas occidentales, como *bomba de cuerda*, *rope pump*, *pompe à corde*. En América Latina se adoptó la palabra *cuerda* según las tradiciones locales: *bomba de mecate*, en Nicaragua; *bomba de lazo*, en Guatemala; *bomba de sogá*, en Perú y Cuba. Las tecnologías precursoras de la bomba de sogá son, en el sentido cronológico, el *cigoñal* o *shaduf*, la *noria*, la *noria con cadena* y la *bomba de cadena* (Fig. 1).

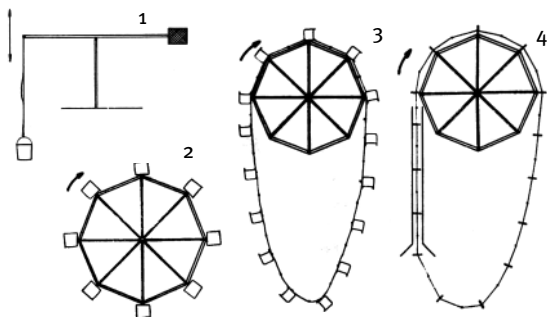


Fig. 1. Tecnologías precursoras de la bomba de sogá: shaduf (1), noria (2), noria con cadena (3) y bomba de cadena (4).

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La bomba de sogá constituye un circuito cerrado entre la fuente de agua y la superficie o nivel deseado, mediante una sogá sinfín en la que se disponen pistones de goma u otro material, a intervalos determinados (Fig. 2).

La sogá (1) asciende por el tubo de subida (5), pasa por una polea motriz (3) y baja libre hasta la fuente de agua (7). En la parte inferior se coloca una guía (4) que facilita la entrada de la sogá y los pistones (2) en el tubo de subida.

Entre los pistones y el diámetro interior del tubo de subida, generalmente de PVC, existe una holgura mínima para disminuir el desgaste de los pistones y el interior del tubo, el cual es irregular en dimensiones y rugosidad superficial.

Los pistones se mueven en una sola dirección y, cuando llegan arriba, el agua bombeada se desvía hacia el usuario a través del tubo de entrega (6).

Al accionar la polea motriz, los pistones que ascienden por dentro de la tubería empujan la columna de agua hacia arriba por su parte superior, y succionan otra columna de agua por debajo.

Existen diferentes modelos de bombas de sogá, pero todos tienen el mismo principio de funcionamiento.

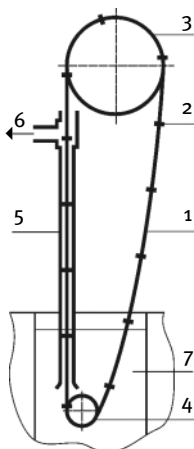


Fig. 2. Principio de funcionamiento de la bomba de sogá.

COMPONENTES DE LA BOMBA

La bomba de sogas ha experimentado transformaciones en cada país, por su inherente capacidad de adaptarse a las posibilidades tecnológicas y la capacidad productiva de cada lugar. En particular, prevemos un diseño que integre la fusión de piezas estandarizadas por la industria y el comercio contemporáneos, con elementos concebidos en las comunidades a partir de los procesos de soldadura, fundición y otros, que permitan disminuir los costos y facilitar la intercambiabilidad de sus componentes. No obstante, a continuación se describen las sugerencias más aceptadas en la práctica nacional e internacional.

Estructura. Soporte que permite la colocación de la polea motriz con su eje y manivela, de forma tal que ésta quede sobre el pozo. La estructura puede ser construida de madera o de perfiles metálicos, como platinas, angulares, cabillas, etc. El diseño varía en dependencia de las características constructivas del pozo.

Polea. Puede ser construida de madera o de metal, revestida de goma, o utilizar las pestañas de neumáticos deteriorados. Esta última es la forma más usual. Las pestañas se unen de forma invertida mediante grapas, a las que se van fijando los rayos, de alambIÓN o cabilla, y los rayos se fijan al centro de la polea.

Bujes o cojinetes. Permiten la rotación de la polea, accionada por el usuario mediante la manivela. Pueden ser simples tubos fijos a la estructura o sistemas más complejos, como los cojinetes industriales. Para mejorar la fricción se recomiendan bujes de bronce, metal-metal y teflón. Este último es un polímero ligero, resiste la corrosión y el impacto, funciona como aislante eléctrico

y, adicionalmente, es fácil de maquinar, características que le confieren prioridad a su uso cuando se decide realizar una producción seriada.

Manivela. De madera o metal, se fija al centro de la polea y a la estructura mediante bujes o cojinetes que permiten la rotación. Las manivelas pueden ser simples o dobles, en dependencia del esfuerzo que hay que realizar, y siempre en sus extremos deben estar provistas de manillas, para no dañar al usuario.

Tubería. El tubo de subida debe ser de PVC o manguera plástica. El diámetro que se debe usar depende de la profundidad del pozo, y en su ensamblaje deben cumplirse algunos requerimientos básicos. El extremo inferior del tubo de subida debe tener forma de campana que permita el paso fluido de la soga y los pistones, sin daño para estos últimos. En caso de utilizar tubos, el empalme de la columna debe hacerse por emboquillado, fijando cada empalme mediante ligas de cámara de autos, o con una goma especial. Se recomienda emplear dos ligas estiradas longitudinalmente, para mantener la unión comprimida. En el extremo superior de la tubería de subida debe acoplarse un diámetro mayor, provisto de la conexión (Tee), que permite el desvío del agua hasta el recipiente. Con esto también se logra la estabilidad en el flujo de agua que se recibe y se evitan pérdidas por la parte superior. El tubo guía, utilizado sólo en pozos tubulares de pequeños diámetros, siempre debe tener mayor diámetro que el de subida, pues su objetivo es guiar la soga y proteger los pistones de las irregularidades de la pared del pozo.

Pistones. Los más recomendables son los de goma, pero se utilizan también de madera dura, plástico y otros

materiales. Su diámetro se determina en dependencia del diámetro interior de la tubería de subida, de forma tal que exista una holgura entre ellos para evitar el atasco total (Fig. 3). La durabilidad de este elemento depende de la calidad del material y de su correcto uso. La distancia a que van colocados se determina a partir de la holgura mencionada, es decir, mientras mayor sea la holgura, menor será la distancia entre los pistones. Sin embargo, la distancia entre pistones será mayor en la medida en que aumenta la profundidad del pozo. En ocasiones, los pistones contruidos de goma o plástico tienen forma de campana, con su periferia flexible y un centro rígido. La distancia entre pistones varía de 0,5 a 5 m; pero comúnmente es de 2 m.

Guías. Se construyen de metal, madera dura y cerámica esmaltada; esta última es la más recomendable para alargar la vida de la soga y los pistones. La forma de la guía puede ser variada. Guías de profundidad: su función básica es guiar la soga y los pistones al girar hacia arriba, además de permitir la entrada fluida a la tubería de subida. De esta guía pende el contrapeso. Guía superior: generalmente se utilizan rodillos de cerámica esmaltada o aisladores eléctricos y su función es, en el caso de

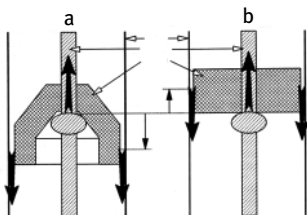


Fig. 3. Fuerzas ejercidas sobre pistones de diferentes formas:
a) Fuerza de fricción del tubo sobre el pistón hacia abajo.
b) Fuerza impulsora de la soga sobre el pistón hacia arriba.

pozos tubulares, guiar la soga y los pistones hacia la entrada del pozo, para eliminar fricciones.

Contrapeso. Su función principal es mantener la tubería en una posición lo más perpendicular posible, y puede ser una piedra, un bloque, algún pedazo de metal u otro cuerpo pesado.

Soga. Preferiblemente de nailon y su diámetro oscila entre 5 y 10 mm, en dependencia del diámetro del tubo de subida. En la práctica su vida útil es de dos años, aproximadamente.

Sistema de bloqueo o freno. Este elemento se incorpora para impedir el retroceso de la polea en sentido contrario al convenido, o accionar la polea en sentido opuesto. Así se evitan roturas en el equipo.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

El equipo tiene un alto rendimiento y bombea grandes caudales (Tabla 1): desde 2 L/s a una profundidad de 5 m, hasta 0,2 L/s a 40 m. La bomba permite su utilización de forma intensiva.

Mientras mayor sea el diámetro interior del tubo de subida y la velocidad de los pistones aumente, mayor será la eficiencia de la bomba. Otro elemento que influye

Tabla 1. Algunos parámetros de diseño e instalación

Diámetro del tubo de subida (pulgada)	1/2-3/4	3/4	1-2
Profundidad de bombeo (m)	15-40	5-15	<5
Distancia máxima entre pistones (m)	3	2	1,5
Caudal estimado de bombeo (L/s)	0,2-0,7	0,2-1	1-2

en la eficiencia de la bomba de sogas es la holgura entre el diámetro de los pistones y el diámetro interior del tubo de subida.

Además de su fácil construcción, operación y mantenimiento, la bomba de sogas se caracteriza por su gran adaptabilidad, porque puede instalarse en pozos con profundidades mayores de 40 m, permite bombear agua más arriba del nivel del suelo, y puede ser accionada manualmente, por un malacate (tracción animal), un motor (energía eléctrica convencional), un molino de viento (energía eólica) o por celdas fotovoltaicas (energía solar).

La eficiencia de la bomba de sogas alcanza más de 80 % (prácticamente más del doble de otras bombas manuales) y su costo es de dos a tres veces menor que las de émbolo.

El mantenimiento y la reparación son sencillos, basados fundamentalmente en el cambio de la soga, los pistones y pintura, como mínimo a los dos años de explotación (Tabla 2).

Tabla 2. Vida útil promedio de las principales piezas

Pistones	Aproximadamente 18 meses
Soga	Aproximadamente 24 meses
Tuberías	Más de 48 meses
Guías	Más de 48 meses
Polea motriz	Más de 48 meses
Estructura	Más de 48 meses

INSTALACIÓN

Antes de realizar cualesquiera operaciones se debe comprobar la limpieza del pozo, de modo que esté libre de raíces o suciedades que puedan obstruir el funcionamiento de la bomba. Con posterioridad se debe

determinar el nivel del espejo de agua y la profundidad total del pozo.

Para la instalación de la bomba de sogá, independientemente del modelo, se deben realizar las acciones siguientes:

- Fijar la tubería de descarga a la parte superior de la tubería de subida.
- Fijar la guía de profundidad a la parte inferior de la tubería de subida, mediante ligas, teniendo en cuenta que la parte libre es opuesta a la descarga y se necesita colocar o conformar una campana de entrada.
- Fijar los pistones a la sogá, a la distancia necesaria, mediante nudos. Cuando los pistones no tienen el mismo diámetro, se crea un «vacío».
- Pasar la sogá con pistones por dentro de la tubería de descarga y a través de la guía de profundidad, para amarrar los extremos en la parte superior. Tener cuidado para no colocar los pistones al revés.
- Poner el contrapeso al final del tubo de subida.
- Colocar la estructura en la parte superior del pozo.
- Introducir en el pozo la columna de tubos y fijarla a la estructura.
- Pasar la sogá por la polea, calcular su tensión y hacer el amarre final.
- Comenzar el accionamiento para el bombeo.

MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

Las operaciones de mantenimiento son sencillas:

- En las primeras semanas de uso puede ser necesario tensar la sogá, ya que tiende a alargarse. Para realizar esta operación se deben soltar las puntas y

unirlas después, cuando se haya obtenido la tensión necesaria para que la sogá no patine sobre la polea.

- Con cualquier tipo de aceite se deben engrasar periódicamente los bujes o cojinetes del eje de la polea y la manivela.
- Es aconsejable revisar con periodicidad la fijación de la polea a la manivela y a la estructura.
- Se debe limpiar y pintar la bomba cada año para evitar la corrosión.

Las reparaciones más frecuentes son el cambio de los pistones y la sogá.

- Es aconsejable cambiar la sogá cuando se detecte un desgaste pronunciado. Esta operación se realiza uniendo la sogá vieja a otra nueva (similar, pero sin pistones). Con esa sogá de apoyo se puede introducir otra nueva con pistones.
- Cuando la sogá se rompe, antes de quitar la tubería del pozo se deja bajar una sogá de apoyo con algún peso amarrado en uno de sus extremos. Después se quita la tubería del pozo y se introduce la sogá nueva con pistones, con ayuda de la sogá de apoyo.
- Si el problema radica en la obstrucción de la tubería por las suciedades del pozo, se debe sacar e intentar su limpieza, o sustituirla total o parcialmente.

BOMBA DE SOGÁ DE TORRE

Esta variante de la bomba de sogá permite solucionar el problema de elevar el agua, de forma manual, hacia un nivel superior a la superficie del pozo o fuente de abasto (Fig. 4).

El principio de funcionamiento es el mismo, con la diferencia de que en una torre o poste se sostiene una

polea superior, el tubo de subida y la tubería de descarga. La fuerza motriz ya no se aplica en el punto más alto, sino a la altura del pozo con la polea motriz. La soga sube por dentro del tubo de subida hasta la parte superior de la torre, da la vuelta en la polea superior, que gira libremente, y desciende para envolver la polea motriz en aproximadamente 270° antes de ser conducida por la guía superior hasta el tubo guía para entrar en el pozo.

Como torre o poste puede utilizarse cualquier material que soporte el peso de los componentes y la fuerza ejercida para mover la soga.

La altura de bombeo comprende la suma de las alturas desde la superficie del suelo hasta el nivel en que se

coloca la guía de profundidad dentro del pozo y desde la superficie del suelo hasta la tubería de descarga que tributa al tanque elevado, donde se almacena el agua bombeada que después se utiliza por gravedad. Como esta altura suele ser mayor que la habitual, en la polea se colocan dos manivelas para ser accionadas por dos personas y de esa forma aumentar la potencia de bombeo, como en la *bomba de soga para grandes caudales*, que adicionalmente tiene las características de mayor diámetro del tubo de subida, menores alturas de bombeo y, por lo tanto, pistones de mayor diámetro. Con este último modelo

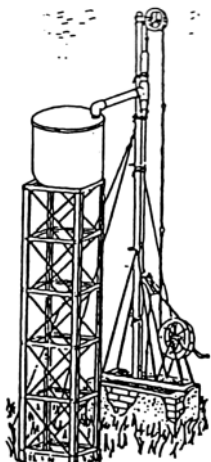


Fig. 4. Bomba de soga de torre.

pueden alcanzarse 2 L/s a 10 m de desnivel de bombeo, con la acción de dos hombres.

BOMBA DE SOGA PARA EL BOMBEO NO VERTICAL

No siempre la fuente de abasto es un pozo. En ocasiones se requiere bombear agua desde un río, presa, canal o acequia (Fig. 5), y en esos casos la bomba de sogá se presenta como un equipo difícilmente superable por la facilidad y el bajo costo con que se soluciona el problema. Basta inclinar, en el ángulo necesario, el tubo de subida. Por las condiciones de trabajo, casi siempre se requiere añadir el tubo guía para facilitar el recorrido deseado de la sogá con los pistones.

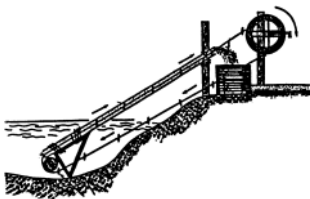


Fig. 5. Bomba de sogá para el bombeo no vertical.

El resto de las especificaciones técnicas se comportan como en la bomba de sogá para el bombeo desde un pozo.

BICIBOMBA

La bicibomba consiste en una bomba de sogá de torre acoplada a una bicicleta, de forma tal que se pueda bombear agua hacia un recipiente elevado a partir de la energía del hombre al pedalear (Fig. 6).

El equipo es sencillo y puede ser utilizado para el abastecimiento de agua en bases de campismo, centros turísticos, zonas rurales y zonas periurbanas. Es viable

su empleo para el abasto de agua potable, para el uso doméstico, el riego a pequeñas parcelas y el abasto a la ganadería, de forma limitada.

La bicibomba funciona de igual forma que una bomba de soga de torre, con la diferencia de que la fuerza motriz no se ejerce con los brazos, sino con las piernas del hombre al pedalear y poner en movimiento la llanta. El caudal de agua bombeada depende de la relación de transmisión que se instale, el diámetro del tubo de subida, la altura de bombeo y el diámetro de la llanta. Teniendo en cuenta que el hombre desarrolla más potencia en las piernas que en los brazos (75 W), el accionar de la bicibomba implica menor agotamiento físico y mayor productividad.

Como elemento de referencia puede tenerse en cuenta que a una altura total de bombeo de 6 m, una relación de transmisión de $44/18$, una llanta de 26 pulgadas y un tubo de subida de $\frac{3}{4}$ pulgada, es posible bombear aproximadamente 2 L/s, con sólo 52 W de potencia requerida.

Si se pedalea durante media hora con los parámetros referidos, con la bicibomba se pueden almacenar 3 600 L (aproximadamente $3,5 \text{ m}^3$) en un tanque ubicado a 3 m de altura, si la fuente de agua se encuentra a 3 m de profundidad.

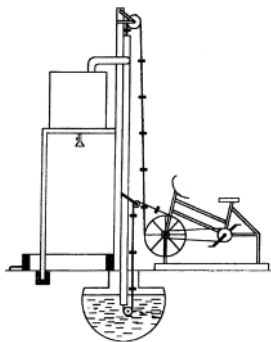


Fig. 6. Bicibomba.

Como para las vacas lecheras la norma de consumo es de 140 L/día, con las condiciones descritas es posible satisfacer en ese tiempo las necesidades de agua a una vaquería de veinticinco animales.

Inicialmente se deben tener las mismas precauciones que para la instalación de la bomba de sogá. El mantenimiento y la reparación de la bicibomba son similares al de la bomba de sogá, con la única diferencia de que debe lubricarse con periodicidad el mecanismo de transmisión de la bicicleta.

BOMBA DE SOGA CON MOTOR

Bajo esta denominación se incluyen los equipos accionados por motores de combustión interna o eléctricos, conectados a los sistemas convencionales de generación de electricidad.

Esta propuesta no ha tenido mucho auge por incluir en su diseño elementos industriales que elevan el precio de los equipos y exigen el uso de combustibles fósiles. No obstante, amplían el uso de la bomba de sogá de accionamiento manual cuando se requieren potencias mayores a la desarrollada por el hombre, fundamentalmente en profundidades de bombeo mayores de 40 m, y donde se necesitan grandes caudales en períodos prolongados.

El principio de funcionamiento es idéntico, pero la polea se acciona por el motor. Algunas experiencias señalan que con un motor de 2,5 kW pueden bombearse 12 m³/h desde 12 m de profundidad; o 4,5 m³/h, desde 40 m.

Se recomienda este modelo de bomba con fines experimentales, o bajo el seguimiento del fabricante o un centro de investigación.

BOMBA DE SOGA CON MOLINO DE VIENTO

La energía eólica puede, perfectamente, sustituir la energía humana como fuente motriz de la bomba de sogas.

Como la potencia requerida no es grande, deben usarse molinos pequeños y sencillos que logren captar vientos de velocidades inferiores a los 4 m/s y que permitan usar la bomba de forma manual en zonas de regímenes inestables de viento.

La mayoría de los modelos utilizados en Centroamérica tienen el inconveniente de que no permiten la rotación del molino a 360°.

Esta limitación quedó superada con el diseño propuesto por el Grupo de Energía Solar (genSOL), basado en las experiencias del Centro Integrado de Tecnología Apropriada (CITA).

En este modelo, la polea o rueda motriz se mueve por un juego de poleas multiplicadoras que reciben el movimiento por una rueda de fricción que está en contacto con el disco de un rotor eólico de eje vertical. El tubo de subida, el rotor eólico y los mecanismos de transmisión están soportados por un tubo o estructura que puede tener la altura deseada para aprovechar mejor la energía eólica y bombear a mayor altura.

Aunque este tipo de modelo exige la instrumentación de procesos productivos y tecnológicos más complejos con relación a la versión manual de la bomba de sogas, presenta como ventajas más visibles su alta eficiencia, gran confiabilidad, bombeo de grandes caudales y a grandes profundidades, y, sobre todo, bajos costos y más fácil construcción, montaje, operación y mantenimiento, con relación a los sistemas eólicos tradicionales.

BOMBA SOLAR

Los sistemas eléctricos alimentados por paneles fotovoltaicos pueden facilitar el abasto de agua mediante su conexión directa a bombas de corriente continua, o por medio de un inversor (DC/AC) a bombas de corriente alterna. El punto de rentabilidad de este sistema de bombeo se encuentra situado en función del costo de otro tipo de energía (líneas eléctricas, costo de operación, costo del combustible, etc.), donde se suma no sólo el costo de la inversión inicial, sino también el costo de mantenimiento de la instalación, que es ínfimo.

La bomba solar es una tecnología apropiada para aquellos lugares en los cuales no exista servicio eléctrico. El equipo fusiona dos tecnologías aparentemente contradictorias: los paneles solares fotovoltaicos, junto a una tecnología popular (bomba de soga), pero de alta eficiencia. Esto permite aprovechar al máximo la energía disponible.

Las bombas solares que se han instalado en el país están compuestas por dos paneles solares de 30 W a 12 V conectados en paralelo, un regulador de voltaje, un banco de baterías con capacidad de 150 Ah, un convertidor de 250 W (12 V DC / 110 V AC) que energiza un motor eléctrico de 121 W a 110 V, acoplado a un reductor con una relación de transmisión igual a 30, y a una bomba de soga de torre. Este diseño puede trabajar en zonas remotas donde no se disponga de un suministro constante de electricidad o de combustible, eleva el agua a más de 5 m de altura y asegura un caudal definido en unidad de tiempo, pues tiene el respaldo de las baterías, aunque su autonomía depende de la cantidad de horas diarias de bombeo.

La bomba solar puede ser utilizada en consultorios y casas del médico de la familia, escuelas rurales, campis-mos, centros turísticos, instalaciones sociales y objetivos económicos. Generalmente se realiza la electrificación de la instalación, y la bomba solar puede formar parte del equipamiento para garantizar el suministro de agua potable y el riego a pequeñas parcelas.

PERSPECTIVAS

La bomba de sogá ya comenzó su andadura en nuestro archipiélago. El mejor síntoma de su apropiación lo constituye el sentido de pertenencia que adquieren con respecto a ella las comunidades donde se instala.

En los años difíciles de la crisis económica cubana de finales del siglo xx, muchas bombas de sogá instaladas, incluso en repartos urbanos, se convirtieron en puntos de convergencia de los pobladores, quienes cuidan celosamente la integridad de sus componentes y realizan su mantenimiento.

Los modelos descritos de la bomba de sogá con molino de viento y de la bomba solar cumplen todos los requisitos de fiabilidad, eficiencia y sustentabilidad, para asumirse como alternativas realistas en dos programas con prioridad actual en el país: el abasto de agua potable a las comunidades de menos de trescientos habitantes que no poseen acueducto, y la electrificación de las más de cien mil viviendas (aproximadamente 4 % de la población) que no tienen servicio eléctrico desde el Sistema Electroenergético Nacional.

Adicionalmente, con la bomba solar y un mínimo de inversión puede solucionarse el abasto de agua estable

en escuelas, consultorios y casas del médico de la familia, círculos sociales, salas de vídeo y policlínicas rurales energizadas con sistemas fotovoltaicos.

¿CÓMO SABER MÁS?

Las palabras no logran transmitir la sencillez, utilidad y versatilidad de la bomba de sogá, porque existen diferentes modelos en dependencia del tipo de pozo donde se instale y su uso.

La bomba de sogá llega a Cuba en 1992, por iniciativa del CITA, ubicado en la ciudad de Camagüey. Con anterioridad se reportaba su empleo en Centroamérica, fundamentalmente en Nicaragua, El Salvador y Guatemala. Bastaron algunos talleres y seminarios para que en los centros provinciales de perforación y construcción del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), las delegaciones provinciales de la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP), fundamentalmente la de Holguín, y la Fábrica de Implementos Agrícolas 26 de Julio, de Bayamo, entre otras entidades, se apropiaran de esta tecnología y posibilitaran su uso en todo el país, aunque con mayor impacto en la región oriental, donde ya funcionan más de tres mil bombas de sogá, con el total beneplácito de la población beneficiada. Es útil insistir en que, por su fácil diseño, la bomba de sogá permite su construcción por los propios usuarios, como lo demostraron diversos colectivos y personas de las provincias de Guantánamo, Holguín y Granma.

EN EL CAMINO DEL SOL

Si convenimos en que una tecnología apropiada es aquella que mejor se adapta a las condiciones

de una situación dada, y cuya aplicación es compatible con los recursos humanos, financieros, materiales y medioambientales con que se dispone, entonces es indudable que la bomba de sogas supera el confuso mecanismo de la transferencia de tecnología Norte-Sur, para erguirse como un desafío de la tecnología popular, con todas las credenciales de una tecnología apropiada para el Norte y el Sur.

El hombre siempre buscó el agua y estableció sus asientos cerca de ella, porque todos los caminos llevan al agua; pero los caminos han de ser también sostenibles y permitirnos llegar a todas las aguas bajo el influjo del Sol. Y para eso urge concebir y utilizar tecnologías ecológicas nobles, como la bomba de sogas.

*(Publicado en Energía y tú,
No. 19, julio-septiembre de 2002)*

Los secretos del ariete hidráulico

*Un simple salto en el curso de un río
y un ariete hidráulico permiten elevar el agua
a una altura varias veces superior al desnivel
del cauce, sin recurrir a portadores
energéticos fósiles o nucleares.*

Frente a los castillos medievales recurría la soldadesca de infantería con una viga larga y pesada que reforzaban en un extremo con una pieza labrada de hierro o bronce, comúnmente en forma de cabeza de carnero. ¡Ariete a la vista!, vociferaban los defensores desde los recintos amurallados. Los asaltantes arremetían con ímpetu contra las puertas o baluartes vulnerables para inferir una brecha hacia los aposentos de la fortificación. El servil y estratégico ariete podía decidir el color de la bandera que ondearía en el mástil cardinal de la fortaleza asediada.

Con los siglos, las catapultas y los arietes cedieron su linaje a la pólvora y el cañón. El Imperio actual recurre a los misiles desde un bunker informatizado. Pareciera que el vocablo *ariete* caería en el saco de las palabras reservadas sólo para las contiendas del Medioevo.

VENTURAS Y DESVENTURAS DEL ARIETE HIDRÁULICO

El ariete hidráulico irrumpe en la historia al principio de la era de los grandes inventos y alcanzó la adultez paralelamente a las máquinas de vapor y el motor de combustión interna.

En una cervecería del condado inglés de Cheshire, John Whitehurst fermentó su ingenio para construir un aparato con un principio de funcionamiento novedoso: accionaba manualmente un grifo en una tubería conectada a un tanque de abasto, en un nivel superior, para provocar el fenómeno físico conocido como golpe de ariete, que permitía elevar el líquido a un tanque de almacenamiento colocado a una altura mayor (Fig. 1). Un niño se ocupaba de accionar el artefacto, que funcionó desde 1772 hasta 1800.

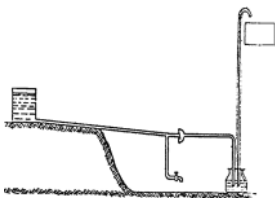


Fig. 1. Ariete de Whitehurst.

La sagacidad humana añadió elementos al invento cervecero, y Joseph Montgolfier, seis años antes de que junto a su hermano Étienne inventara el globo aerostático, concibió un ariete automático, en principio similar a los actuales, aunque entonces lo denominó *le belier hydraulique* (Fig. 2). La novedad, reconocida en 1776, libró a los infantes (y adultos) de la servidumbre humana como fuerza motriz. Después de la muerte del ilustre francés otros se ocuparon de añadir bondades al equipo e investigaron los secretos de su aparente magia.

Los adeptos a la invención concibieron diseños que combinaron el ariete con un sifón o una bomba de succión, lo utilizaron como compresor de aire, lo acoplaron con una válvula de impulso



Fig. 2. Ariete de Montgolfier.

operada mecánicamente, lo adaptaron a un motor o un pozo artesiano, lo revirtieron de concreto reforzado o lo adaptaron para utilizar la energía de las mareas.

Las innovaciones nos legaron un aparato que durante más de un siglo figuró entre las máquinas hidráulicas más apreciadas y experimentadas.

La tentación por lo desconocido provocó que algunos formularan hipótesis sobre la aparente simplicidad de los procesos que ocurren en el fluir del agua a través del ariete: Eytelwein (1805), d'Aubuisson (1840) y Morin (1863) aportaron deducciones empíricas que aún persisten en trabajos de referencia ingenieril, aunque Walker Fyfe (1922), quien realizó muchas instalaciones en Inglaterra, declaró la inutilidad de sus fórmulas.

Los partidarios de las formulaciones teóricas se empeñaron en determinar el índice del cambio de la velocidad variable de la columna de agua durante cada período en el ciclo de trabajo del equipo, para finalmente intentar predecir el volumen de agua que pudiera bombearse mediante los modelos concretos, el índice de mayor utilidad práctica.

La asunción del método exclusivamente teórico regatea con la quimera: las variables del proceso desbordan las exigencias de las fórmulas matemáticas si no se recurre al instrumental del experimento. Habría que incluir el comportamiento de las pérdidas de carga por fricción o turbulencia, la longitud del recorrido de la válvula de impulso, el peso que actúa sobre la válvula de impulso, la resiliencia debida a la elasticidad del agua y el material de la tubería de impulso, y la duración del período durante el cual la válvula de impulso cierra, entre otros elementos.

La fusión de la teoría y la práctica debería aportar las claves cognitivas: desde Harza (1908), con el diseño de un equipo experimental accionado por un motor externo para determinar el caudal inestable durante el período de aceleración; O'Brien y Gosline (1933), quienes aportaron una primera explicación satisfactoria para el funcionamiento del ariete; Lansford y Dugan (1941), que obtuvieron informaciones atendibles; Krol (1952), quien formuló conceptos útiles; o el modelo de Iversen (1975); hasta recientes indagaciones, como las realizadas por Schiller y Kahangire en la Universidad de Ottawa, el belga Jan Haemhouts (1989-1998) e investigadores cubanos, fundamentalmente en el CITA, desde la década de los noventa del pasado siglo.

El ariete hidráulico, en su versión convencional, es un equipo pesado, voluminoso y relativamente costoso en comparación con otros, como la combinación de una bomba centrífuga con un motor eléctrico o de combustión interna. Además, su utilización queda limitada a condiciones específicas; o sea, debemos disponer de un caudal de agua constante y un desnivel suficiente para lograr la potencia deseada.

La potencia en sí tiene sus límites en el ariete hidráulico convencional, por elementos constructivos, como los diámetros mayores del tubo de impulso y por consiguiente de la válvula de impulso. Estas limitaciones fueron superadas a partir de la concepción y diseño del ariete hidráulico multipulsor.

Con la consolidación de los criterios de la industria moderna disminuyó el uso del ariete hidráulico convencional, hasta casi desaparecer en el contexto tecnológico contemporáneo.

Lo que más se recuerda de la era victoriosa de los arietes convencionales es el escaso mantenimiento que requerían y su vida útil, lo que hubiera permitido satisfacer ciertos mercados por varias décadas (en Ameya, Nicaragua, se encuentra un ariete funcionando desde 1884). Este argumento tampoco favorece el desarrollo de esta tecnología en el mundo mercantilista, donde el buen negocio consiste fundamentalmente en seguir vendiendo, aunque sea sobre la base de la manipulación de las necesidades reales del cliente.

El concepto convencional del ariete hidráulico se mantuvo en la memoria de los planificadores y diseñadores como una de las cosas simpáticas del pasado, y su aplicación quedó restringida a casos particulares.

¿QUÉ ES EL GOLPE DE ARIETE?

La física reconoce el fenómeno denominado *golpe de ariete* o *choque hidráulico*, que ocurre cuando varía bruscamente la presión de un fluido dentro de una tubería, motivado por el cierre o abertura de una llave, grifo o válvula; también puede producirse por la puesta en marcha o detención de un motor o bomba hidráulica. Durante la fluctuación brusca de la presión, el líquido fluye a lo largo de la tubería a una velocidad, definida como de propagación de la onda de choque.

El cambio de presión provoca deformaciones elásticas en el líquido y en las paredes de la tubería. Este fenómeno se considera indeseable porque causa frecuentes roturas en las redes hidráulicas de las ciudades y en las instalaciones intradomiciliarias, y también es causante de los sonidos característicos que escuchamos en las tuberías cuando abrimos o cerramos un grifo brusca-

mente en nuestras casas. Por tal razón, para evitar esos efectos, con frecuencia se diseñan válvulas de efecto retardado o se instalan dispositivos de seguridad.

El científico ruso N. Zhukovski estudió este fenómeno por primera vez en su obra *Sobre el choque hidráulico*, como parte de sus indagaciones hidroaeromecánicas, que constituyeron la base teórica para la ulterior comprensión del funcionamiento de la bomba de golpe de ariete o ariete hidráulico, lo que demuestra que los fenómenos físicos (y los naturales en general) no deben asumirse a priori como negativos o positivos, sino como leyes que debemos incorporar a nuestro arsenal cognitivo hacia una armónica actuación del hombre en la naturaleza y hacia la plenitud creadora del ser humano.

¿QUÉ ES EL ARIETE HIDRÁULICO?

La bomba de golpe de ariete o ariete hidráulico es un motor hidráulico que utiliza la energía de una cantidad de líquido (comúnmente agua) situada a una altura mayor (el desnivel de un río, presa, acequia u otro depósito o caudal), con el objetivo de elevar una porción de esa cantidad de líquido hasta una altura mayor que la inicial, mediante el empleo del fenómeno físico conocido como golpe de ariete (Fig. 3).

El equipo bombea un flujo continuo y funciona ininterrumpidamente sin necesidad de otra fuente de energía. El ariete hidráulico también puede compararse con un transformador eléctrico, ya que éste recibe una tensión baja (en volt) con una corriente eléctrica relativamente alta (en ampere) y obtiene un régimen de mayor tensión y menor amperaje; en el caso del ariete ocurre un proceso similar a nivel hidráulico: recibe un gran caudal

($Q + q$) con una baja carga (H) y obtiene un régimen de mayor presión (h) con un menor caudal (q).

El agua procedente de una fuente de alimentación (1) desciende por gravedad por la tubería de alimentación o impulso (2) bajo la acción del desnivel en relación con el ariete hidráulico (H), con un caudal determinado ($Q + q$), y se derrama al exterior del cuerpo o caja de válvulas (3) del ariete en una cantidad (Q), hasta adquirir una velocidad suficiente para que la presión dinámica cierre la válvula de impulso o ímpetu (4). El cierre brusco de esta válvula produce el efecto conocido como golpe de ariete, lo cual origina una sobrepresión en la tubería de alimentación que provoca la apertura de la válvula de retención (5) que permite el paso del agua hacia el interior de la cámara de aire (6), provoca la compresión del aire existente y cierta cantidad de agua (q) asciende por la tubería de bombeo o descarga (7). En ese instante se produce una ligera succión en el cuerpo o caja de válvulas, que provoca una disminución de la presión, la apertura de la válvula de

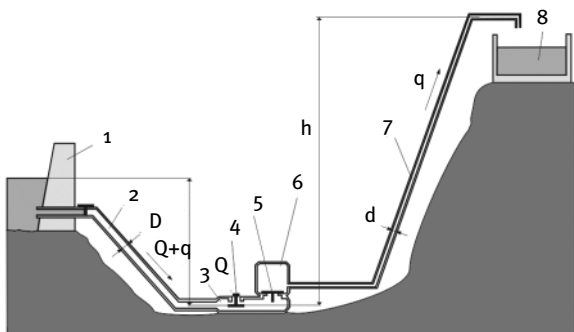


Fig. 3. Esquema de instalación del ariete hidráulico.

impulso y el cierre de la válvula de retención. De esta forma se crean las condiciones para que el proceso se convierta en cíclico, con el consiguiente ascenso de una columna estable de agua hacia el tanque elevado (8), mediante la tubería de bombeo.

VENTURAS Y AVENTURAS

DEL ARIETE HIDRÁULICO MULTIPULSOR

La fecha de adopción del ariete hidráulico en Cuba se pierde entre los documentos y la memoria de algunos campesinos que aún esperan por una indagación más acuciosa.

Modelos contruidos e instalados en el siglo XIX todavía resisten la prueba del tiempo y con un mínimo mantenimiento pudieran reiniciar su rítmico accionar. Muchos recuerdan el equipo que abastecía de agua a más de setecientas reses en Canapú, Birán, en el municipio holguinero de Cueto, desde hace más de ochenta años.

En la penúltima década del pasado siglo algunos investigadores y técnicos construyeron arietes hidráulicos convencionales en la Empresa de Minihidroeléctricas de Mayarí, la Fábrica de Válvulas de Guantánamo y el Instituto Superior Minero-Metalúrgico de Moa, entre otras entidades.

El malogrado ingeniero belga Jan Haemhouts inició en Nicaragua, después de peregrinar por Haití y otras coordenadas, un indiviso proceso de superación de las principales limitaciones del concepto convencional del ariete y adecuó esta tecnología a los requerimientos modernos de un proceso industrial.

El primer paso consistió en confirmar en la práctica el contenido de la memoria descriptiva de su patente rela-

cionada con el ariete hidráulico multipulsor. En Cuba redescubrió el aliento hacia la plenitud creadora, con colegas entusiastas de la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP), en 1990, y en Camagüey, en el Centro Integrado de Tecnología Apropriada (CITA), del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), donde logró el salto, cualitativo y cuantitativo, que añoraba.

En el CITA crecía un proyecto singular, debajo de tres grandes mangos, a los que se añadieron una palma y una ceiba el 19 de mayo de 1995, el mismo día en que Martí había ofrecido su sangre generosa, cien años antes.

Las prédicas de Jan y la nueva saeta que asumió el Estado cubano en relación con las fuentes nacionales de energía (incluidas las renovables), permitieron sacar al ariete hidráulico del letargo impuesto por la política, la industria y el mercado contemporáneos, que exaltan las prestaciones del motor de combustión interna, el motor eléctrico y otros artefactos afines. Con un sentido holístico, desde una sinergia provechosa, el ariete reanudó su peregrinar por la perseverancia de un equipo multidisciplinario de especialistas y técnicos del CITA, integrado por Leopoldo Gallardo, Pedro Luis Pérez, Fernando Puente, Juan Manuel Piñero, Nilo Sosa y Amado Cepero, entre otros.

Desde el artefacto de Whitehurst y la inventiva de Montgolfier, el ariete hidráulico experimentó cambios constructivos notables, pero ninguno tan trascendental como el nuevo concepto multipulsor, porque superaba las limitaciones relacionadas con los grandes volúmenes y pesos del equipo, y su potencia relativamente baja; o sea, el factor determinante no radicaba en el potencial de energía hidráulica disponible en una situación deter-

minada, sino en la propia capacidad de admisión del flujo hidráulico en el aparato.

La esencia del nuevo concepto radica en la sustitución de la única válvula de impulso de los arietes convencionales por un conjunto adecuado de válvulas en posiciones óptimas, en dependencia de determinadas condiciones de producción e instalación, para aprovechar mejor los caudales disponibles y aumentar la potencia y los rendimientos. Esto permite una baja relación entre la velocidad máxima del agua en el sistema y la velocidad del agua al momento del cierre de las válvulas, con un mínimo de contraimpulso para su abertura automática, lo que permite reducir el largo y el diámetro del tubo de impulso. También aporta la ventaja de la reducida necesidad de amortiguación en la magnitud de inyección de agua en la cámara de aire, por lo que puede reducirse su volumen. Por último, aparece la posibilidad de utilizar un solo tubo de impulso con una gran cantidad de unidades multipulsoras, lo que permite aumentar la potencia con unidades livianas estandarizadas y producidas en serie a bajo costo, mientras que con los arietes convencionales se necesita diseñar un aparato en función de un diámetro dado, de gran volumen y peso, y por consiguiente de un alto costo.

Durante más de una década, en el CITA se han diseñado, investigado e instalado disímiles modelos. En las cercanías del poblado camagüeyano de Minas se experimentó la versión más avanzada hasta entonces del ariete hidráulico multipulsor, con un tubo de impulso de catorce pulgadas, equipado con ciento cuarenta y cuatro válvulas de impulso y una carga de entrada de menos de treinta centímetros.

La construcción del banco de pruebas para arietes hidráulicos en la presa Jimaguayú, a diecisiete kilómetros de Vertientes, en Camagüey, potenció las investigaciones que se realizan en el CITA, con diámetros de entrada de dos pulgadas en adelante. En el propio centro camagüeyano se concibió un banco de pruebas de mini-prototipos, con posibilidad de evaluar cargas de entrada de 0,5 a 3 m de altura y flujos de derrame que oscilan entre 0 y 1 L/s. Paralelo a estas indagaciones teórico-experimentales se asume la realización de protocolos de investigación, asistidos por computadoras para el diseño y el cálculo de las uniones en los arietes hidráulicos y en su instalación.

EN LOS ALBORES DEL SIGLO XXI

Cuba reacomoda su economía y en particular el concepto de su desarrollo energético sostenible. En ese escenario el uso de los arietes hidráulicos (junto a otras tecnologías que utilizan las fuentes renovables de energía) puede y debe acercar el agua a los cubanos que aún no disponen del servicio de acueducto, allí donde un simple salto de agua en un río, presa o acequia permita la instalación de estos equipos.

El abasto de agua a la ganadería y el riego de pequeñas parcelas se presentan como actividades que potencialmente pueden satisfacerse con el accionar de los arietes hidráulicos, con una probada eficiencia y rentabilidad.

El ahorro de combustibles fósiles que implica el uso de los arietes hidráulicos y el insignificante costo de su mantenimiento le confieren a esta tecnología una competitividad singular a la hora de decidir la solución del bombeo de agua en zonas rurales y de difícil acceso.

Con el concurso de los especialistas del CITA y el movimiento del Fórum de Ciencia y Técnica, y con la cooperación de la ONG Ayuda Popular Noruega (APN) y CUBASOLAR, en Cuba se impulsa un proyecto de instalaciones de arietes hidráulicos que ya cuenta con más de cien nuevos equipos instalados: sesenta en Holguín, veinticinco en Granma, trece en Santiago de Cuba, cuatro en Guantánamo, tres en Cienfuegos, dos en Camagüey y uno en Villa Clara, sin incluir más de treinta arietes convencionales reportados.

El ariete hidráulico no revela aún todos sus secretos a los teóricos: mientras, los campesinos cubanos redescubren la magia de su bondad. En la nueva centuria, cuando el petróleo y el átomo conquistan inusitadas disparidades y abismos, renace con brío el artefacto que llaman *carnero* en el Oriente cubano, quizá como reminiscencia trópica de las figuras zoomorfas que se incrustaban en los extremos de los arietes medievales, dispuestos al golpe contra los portones de las atalayas y castillos.

Ahora, los arietes hidráulicos arremeten, con sus rítmicos y útiles golpes, contra la cultura energética del petrodólar: hacia la cultura solar.

ANEXOS

DEL MANNEKEN-PIS AL AGUA SOLIDARIA

Cuentan que un niño salvó del fuego a su ciudad con su orina. Desde entonces los belgas enaltecen las fuentes con los *Manneken-Pis* que les sirven de símbolo nacional.

Un hombre, nacido en Bélgica, llegó a Cuba en 1990 y nos trajo el fuego de su espíritu y una pasión desbor-

dante por acercarnos el agua. Al decir de un colega argentino, tuvo un nombre simple y musical, Jan, y un apellido impronunciable, Haemhouts.

Jan dedicó su vida profesional al agua, no para apagar el fuego de las ciudades, sino para traérnosla junto a una tecnología limpia.

Murió en 1998, en La Habana, a la edad de 45 años, sin acercarse a la fama; sólo buscó darse como hombre, como investigador, como artífice de una actitud solidaria. Jan había dejado la vieja Europa; se fue a Haití, Nicaragua, Cuba; trajo consigo el ímpetu que le permitía hurgar en la experiencia humana para solucionar el problema del abasto de agua a partir de tecnologías alternativas y participativas, fundamentalmente en las zonas rurales y periurbanas: muchas comunidades cubanas tienen agua potable o para el riego porque se apropiaron de los arietes hidráulicos, las bombas de sogas y otros equipos que Jan nos enseñó a innovar.

Nunca reclamó autoría; su economía doméstica apenas alcanzaba para sostener a sus dos hijos y esposa nicaragüenses, para aunar voluntades en la fusión de la ciencia y la técnica con participación comunitaria. Ninguna academia tiene su nombre en una tarja, pero en muchas casas todavía le esperan para que traiga el agua y la luz.

Llegó a La Habana, con una salud precaria, cargando con un enorme tubo y varios motores y equipos en su equipaje personal. Era su último invento: una bomba hidroneumática para la aireación de los estanques destinados a la acuicultura y el saneamiento ambiental de los ríos.

Llegó con su pasión por las utopías. Le dejamos ir sólo para que la leyenda del *Mannequen-Pis* de sus ances-

tros siga nutriendo la savia latinoamericana que se incorporó en el bregar cotidiano, para decirnos, humilde y solidario, que todos los caminos llevan al agua, y que los caminos han de ser sostenibles, han de permitirnos llegar a todas las aguas bajo el Sol.

CRÓNICA DE UN ARIETE ANUNCIADO

Para los visitantes constituyó un espectáculo la disciplina del burro Pancho. Sin chistar llegaba hasta el único pozo de La Lata, esperaba que le llenaran con agua los cuatro tanques plásticos acomodados sobre su lomo, y después, él solo, los llevaba hasta un bohío.

Dicen que los burros son testarudos, y Pancho lo es; sólo que nadie se queja de su invariable adicción a transportar los tanques con agua desde el pozo hasta algunas de las casas ubicadas en el poblado donde estuvo la comandancia del III Frente Oriental.

Otra historia protagonizan muchos pobladores que cargan sobre sus hombros los cubos que colocan en los extremos de una vara o tolete, como le dicen. El agua discurre abundante en un río tempestuoso sobre su lecho de piedras, pero su cauce tiene un nivel topográfico inferior al caserío.

Por eso llegaron los visitantes, con bríos, convocados para solucionar el abastecimiento de agua, no con poderosas bombas (porque hasta allí, ¡increíble!, llega el Sistema Electroenergético Nacional), sino con un bondadoso ariete hidráulico, para que la naturaleza fuera la fuerza motriz.

Cuando suba a La Lata, el forastero siempre encontrará a Titina dispuesta para el diálogo y la entrega, como

cuando llegaron por vez primera los barbudos al mando del Comandante Juan Almeida. Entonces, esta negra de la estirpe de Mariana le narra, con sazón criolla, las hazañas de los hombres y mujeres que revolucionaron esa comarca hace cuatro décadas y media.

Arriba, en lo más alto, el visitante no puede dejar de admirar la ingeniosa arquitectura, con materiales locales, de las instalaciones que conforman un singular campamento de pioneros exploradores. Hasta allí, a casi cien metros de altura, necesitaban bombear el agua.

El Comandante que instó a no rendirse en Alegría de Pío perseveró en su idea de buscar el agua mediante un *carnero*, como le llaman al ariete en la zona oriental del país. Se instalaron algunos, pero la altura era muy grande y las cargas de trabajo resultaron excesivas para los arietes convencionales. Hasta que el Comandante visitó un centro de investigación dedicado a las tecnologías alternativas para el abasto de agua y el saneamiento ambiental, e indagó, aunó, comprometió.

Basta que el reto sea útil para que el ingenio aflore: en una mañana de abril llegó el agua, portentosa y fluida, hasta los tanques del campamento pioneril, en lo alto, en la mayor elevación de la zona: entre los primeros en utilizar el agua se encontraban los niños al abrir los grifos de las duchas, que dejaron su letargo.

Pancho no se ha enterado. No sabe que su vida deberá cambiar muy pronto. Alguien sugirió llevarlo a conocer el ariete hidráulico que mueve sus válvulas con una rítmica testarudez, mayor aún que la del burro. También alguien ocultó en su bohío su escepticismo: no creyó que desde hacía meses se forjaba, con sabiduría y pasión, la crónica de un ariete anunciado.

ARIETE HIDRÁULICO MULTIPULSOR AHM CITA 6-L3V

Diámetro de la tubería de impulso: 6 pulgadas.

Diámetro de la tubería de descarga: 2 pulgadas.

Cantidad de válvulas: 3 en línea.

Válvula de retención: de diafragma.

Peso: 168 kg.

Fabricado en el CITA, en Camagüey.

Nota: Construido con componentes y accesorios estandarizados de acero galvanizado. La inversión de la instalación se recupera en menos de un año, y puede beneficiar una comunidad de entre cien y mil habitantes, o utilizarse para el riego de pequeñas parcelas y el abasto de granjas ganaderas. Con este modelo se pueden elevar 50 m³ de agua diariamente a 100 m, con una carga de impulso de 5 m.

ARIETE HIDRÁULICO MULTIPULSOR AHM CITA 3-L3V-AG

Diámetro de la tubería de impulso: 3 pulgadas.

Diámetro de la tubería de descarga: 1,5 pulgadas.

Cantidad de válvulas: 3 en línea.

Válvula de retención: de diafragma.

Peso: 26 kg.

Fabricado en el CITA, en Camagüey.

Nota: Construido con componentes y accesorios de acero galvanizado estandarizados. Puede bombear 0,5 L/s de agua bajo determinadas condiciones. Cada equipo logra ahorrar 3,1 toneladas de petróleo anuales. Puede emplearse para el abastecimiento de agua en pequeñas comunidades, la ganadería y el riego en parcelas agropecuarias.

ARIETE HIDRÁULICO MULTIPULSOR AH-4 (IMPAG)

Diámetro de la tubería de impulso: 4 pulgadas.

Diámetro de la tubería de descarga: 2 pulgadas.

Cantidad de válvulas: 10.

Válvula de retención: de ímpetu o impulso.

Peso: 45 kg.

Fabricado en la Empresa de Equipos Agrícolas Héroes del 26 de Julio, en Holguín.

Nota: La empresa produce pequeñas series de este modelo. Puede bombear 1 L/s de agua bajo determinadas condiciones.

ARIETE HIDRÁULICO MULTIPULSOR DANÉS 2

Diámetro de la tubería de impulso: 2 pulgadas.

Diámetro de la tubería de descarga: 1 pulgada.

Cantidad de válvulas: 2, de compuerta con articulación libre.

Válvula de retención: de diafragma.

Peso: 16 kg.

Fabricado en el CITA, en Camagüey.

Nota: Logra funcionar establemente con una carga de impulso de 2,75 m. Puede entregar un caudal de 0,8 L/s, bajo condiciones específicas. Su frecuencia de golpe oscila entre veintiocho y cincuenta golpes por minuto.

*(Publicado en Energía y tú,
No. 25, enero-marzo de 2004,
en colaboración con Leopoldo Gallardo)*

La bomba vaquera

*Singular equipo para abreviar el ganado,
con el concurso de los propios animales.*

¿Bomba vaquera? A cualquiera le asalta la duda o recurre a una indagación perspicaz en relación con esta denominación. El asunto se complica si se visita el Centro Integrado de Tecnología Apropriada (CITA), de Camagüey, donde con la mayor naturalidad se refieren a los más diversos equipos para el abastecimiento de agua alternativo, entre ellos las bombas de sogá (de cuerda o mecate) y la vaquera.

Sin profundizar en los asuntos etimológicos, la palabra bomba generalmente se asocia con enfrentamientos bélicos (o en los últimos tiempos con acciones terroristas en cualquier coordenada terrestre), pero en este caso el término se vincula, según la sapiencia de la Real Academia Española, con la máquina o artefacto para elevar el agua u otro líquido y darle impulso en una dirección determinada.

Al final, la perspicacia de los cubanos motiva que casi todos formulen la misma pregunta cuando alguien explica el principio de funcionamiento de la bomba vaquera: «¿Cómo las vacas adivinan que deben empujar con la nariz la palanca o balancín del equipo? Los especialistas responden con mejor gracejo: Ya se implementa un cur-

so de postgrado para los toros, que a su vez enseñarán a las vacas y sus crías» .

DEL CATAURO DE BOMBAS

Los ingenieros les complican la vida a los lingüistas con sus artefactos y su pertinaz tendencia a la clasificación («con fines científicos y comunicacionales», aseguran).

Según el ruso Nekrasov, las bombas son «máquinas para crear un flujo (corriente) energizado de un medio líquido», y especifica que se entiende como tal el líquido de gotas que puede contener fases sólida y gaseosa. Por su parte un cubano, el Dr. Pérez Franco, las denomina como «equipos mecánicos que sirven para elevar los líquidos y conducirlos de un lugar a otro, o lo que es lo mismo, comunicarles cierta cantidad de energía (carga) que les permita vencer la resistencia de las tuberías a la circulación, así como la carga que representa la diferencia de nivel entre el lugar de donde se toma el líquido y el lugar a donde se pretende llevar».

En dependencia de las características del accionamiento sobre el líquido, las bombas se clasifican en dos grandes grupos: dinámicas y volumétricas. En las primeras, la cámara de trabajo se comunica constantemente con la entrada y la salida de la bomba; en las segundas, la cámara de trabajo cambia periódicamente su volumen, alternando su comunicación con la entrada y la salida de la bomba.

Dentro de las bombas dinámicas se incluyen las de paletas (centrífugas y axiales), las electromagnéticas y las de rozamiento (de tornillo sin fin, de discos, de chorro, etc.). Y las bombas cuyo órgano impulsor realiza un

movimiento rectilíneo alternativo (de pistón, de diafragma, etc.), las de aletas y las rotatorias se consideran volumétricas.

Otra clasificación las agrupa en bombas de desplazamiento positivo, de desplazamiento no positivo (o rotodinámicas) y de fluido impelente.

En la bomba vaquera se recurre a la bomba de diafragma por ser la adecuada para gastos relativamente elevados de líquidos limpios o que contengan sólidos en suspensión y, sobre todo, porque su instalación no tiene que realizarse justo encima de la fuente de abasto, aunque esta no debe estar a mucha profundidad (teóricamente inferior a 5 m). Por lo tanto, la fuente de abasto puede ser un tranque, un río, un lago, un canal o acequia, o un pozo, sin necesidad del empleo de petróleo o de la energía eléctrica generada por el Sistema Electroenergético Nacional (SEN). La bomba tampoco exige acciones complejas o costosas de mantenimiento, ya que solo se requiere protección contra la corrosión (pintura) y el engrase de la bisagra de la palanca.

Esta bomba se considera volumétrica porque su cámara de trabajo cambia periódicamente de volumen, alternando su comunicación con la entrada y la salida del líquido mediante válvulas. Su órgano impulsor, el diafragma, realiza un movimiento rectilíneo alternativo (reciprocante), y a una velocidad determinada la descarga (gasto o caudal) es fija (constante).

¿CÓMO FUNCIONA LA BOMBA VAQUERA?

En principio, la bomba vaquera o bomba de nariz (*nose pump*, en inglés) es una bomba de diafragma para abreviar el ganado, accionada por la fuerza de

empuje que ejerce el animal con su nariz sobre una palanca cuando bebe de la escudilla o bebedero que posee (Fig. 1).

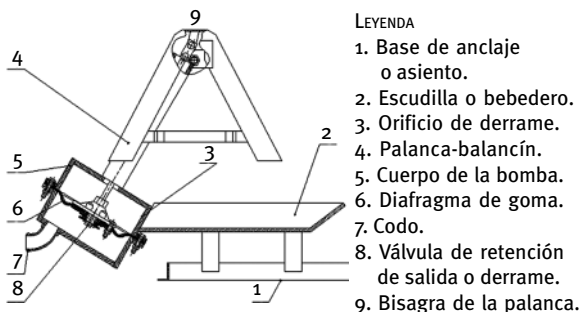


Fig. 1. Corte longitudinal de la bomba vaquera.

La bomba se instala mediante su base de anclaje o asiento (1) y la conexión al codo (7) de una tubería o manguera con su correspondiente válvula de retención del cheque, que se ubica en la fuente de abasto (no se representa en la figura).

Inicialmente se llena la escudilla o bebedero (2) con agua para que funcione como cebo para los animales. El animal al beber esa agua acciona la palanca (4) con su nariz, hasta que lo permita la deformación elástica del diafragma de goma (6), tirado por la varilla que se une a la palanca (4) mediante una bisagra (9), lo que provoca la apertura de la válvula de retención o derrame (8), ubicada dentro del cuerpo de la bomba (5), y el cierre de la válvula de retención del cheque. Esto provoca que pase agua hacia la parte superior de la bomba, que a su vez se derrama en la escudilla a través del orificio de derrame (3).

Cuando el animal deja de accionar con la nariz, la palanca (4) regresa a su lugar de origen y provoca el cierre de la válvula de retención de la bomba (8) y la apertura de la válvula del cheque en la fuente de abasto, lo que permite la continuidad del ciclo.

BOMBA VAQUERA CUBANA

Desde hace varios años especialistas del CITA diseñan y desarrollan un modelo de bomba vaquera, que se obtuvo por ingeniería inversa a partir de dos modelos de producción extranjera. Actualmente se valida y determinan los valores límites de la longitud de la tubería y la altura de succión, como parámetros fundamentales que caracterizan la carga de la bomba y definen su campo de explotación. También se trabaja en la obtención de modelos adaptados a nuestras posibilidades tecnológicas de fabricación (Fig. 2).

La práctica nacional e internacional avala como satisfactorio el empleo de este tipo de bomba para el abrevadero del ganado vacuno y caballar, y cada equipo, con una vida útil entre dos y cinco años, logra satisfacer el abasto de veinte a treinta animales.

Siempre se cuestiona la asunción de esta tecnología por la demora en el aprendizaje del ganado, pero la posición inclinada del fondo de la escudilla o bebedero del

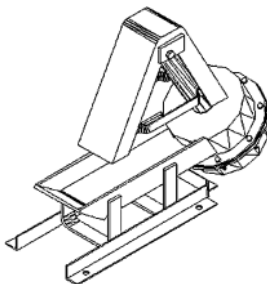


Fig. 2. Modelo de bomba vaquera cubana.

equipo obliga al animal sediento a accionar la palanca o balancín, ayudado por el personal de pastoreo. Algunos refieren que en pocas semanas los animales ya utilizan sus narices con destreza como herramientas para el bombeo. Otros aseguran que las vacas ponen su nariz en el medio de la escudilla y con empujones cortos en la palanca logran una alimentación continua del agua, que brota cuando beben.

Al final, las vacas suelen menear el rabo junto a las bombas vaqueras, satisfechas por el consumo de agua y orgullosas por su capacidad para apropiarse de los más elementales principios de la hidráulica, incluso sin recurrir a los toros, que ya se superan en los institutos pecuarios del país o en fincas como la de un agroecólogo que vive a pocos kilómetros de Taguasco, en Sancti Spíritus, donde todos se alfabetizan, sin distinción de raza y sexo.

LA PASIÓN DE CASIMIRO

No le pregunté si padecía sed cuando soñó con tener un pozo encima de una loma. Sediento sigue José Antonio Casimiro, con la vigilia puesta en su Finca del Medio, a escasos metros de la Autopista Nacional, muy cerca del kilómetro 350. Allí, con su tribu buena, acumula sabiduría para defender su tierra y su agua.

Remendó un molino de viento y desde el Centro Integrado de Tecnología Apropiaada (CITA) le llegó uno nuevo; y con tenacidad salva de la sequía un estanque que en los temporales puede acumular cincuenta mil metros cúbicos, para elevar el agua, con ayuda de dos arietes hidráulicos, hasta la lomita donde crece con su familia, tan apasionada como él, cómplice en la tenaci-

dad y la búsqueda. Con esos arreos tecnológicos pretende, este guajiro de pensamiento lúcido, llevar todo el agua posible junto al bohío, hacia otro estanque que cava, para desde ahí, por gravedad, nutrir los sembradíos que mima.

No quiso seguir la batalla convencional del campesino contra la mala hierba o las adversidades meteorológicas, con el azadón sempiterno o los tractores y turbinas golosas de hidrocarburos. Se inventó un equipo multiuso para que el sudor de la faena diaria le fuera más llevadero y eficaz. Desde hace años le concedió crédito a su instinto y a unos viejos que le ganaron hacia las bondades de la agroecología.

Allí sigue, aupando a todos con su credo y su trabajo. Cuida con celo su patrimonio: la familia, la tierra y el agua. Y no le basta con el pozo, y un nuevo estanque, encima de su loma, porque desde hace meses puso a sus vacas, terneros y bueyes a buscarse el agua con ayuda de una bomba vaquera, que ya les resulta imprescindible y familiar.

Hasta donde sé, en el Archipiélago nuestro nadie demuestra como Casimiro las bondades de la bomba vaquera; y en el siglo que ya nos envuelve este hombre se significa por su pasión por la vida.

*(Publicado en Energía y tú,
No. 34, abril-junio de 2006)*

Sifón

Técnica sencilla de la que se auxilian tanto los hidráulicos, como los choferes y piscicultores.

A nadie se le ocurre pedir una bomba eléctrica para sacar gasolina desde el tanque de un auto. Casi siempre recurrimos a una simple manguerita, con la que succionamos el líquido contenido en el interior del tanque hacia otro recipiente ubicado en el exterior, en un nivel inferior. En ese proceder radica el secreto de los sifones.

Imaginemos que necesitamos sacar el agua contenida en una pecera incrustada en una pared y que el albañil olvidó hacer un orificio en el fondo de la pecera y no dejó mucho espacio entre su parte superior y la pared, de manera tal que pudiéramos introducir un recipiente pequeño para vaciarla poco a poco. En este caso bastará introducir en el agua uno de los extremos de una manguerita y succionar desde el otro extremo, con la precaución de hacerlo desde una cota inferior al nivel superior del agua en la pecera. Inmediatamente comenzará a vaciarse, hasta quedar totalmente vacía si el extremo de la manguerita se encuentra por debajo del fondo de la pecera (Fig. 1).

Esto es posible porque el peso del agua dentro del tramo de la manguera entre el fondo y la parte superior de la pecera (bloque ligero) es menor que el peso del

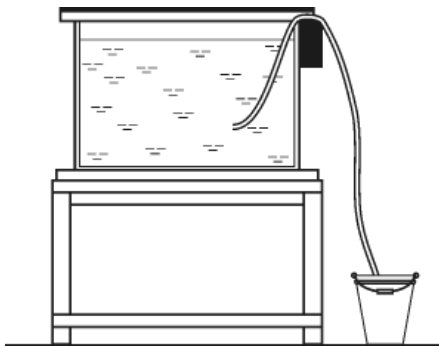


Fig. 1. Para sacar el agua de una pecera podemos recurrir a la técnica del sifón.

agua dentro del tramo desde la parte superior de la pecera y el recipiente exterior (bloque pesado). Este esquema puede asumirse como la acción del bloque pesado sobre el ligero mediante una cuerda a través de una roldana o polea (parte superior de la pecera), si se entiende como cuerda a las fuerzas de las moléculas de agua. En esencia, la acción de los sifones se produce por las fuerzas de atracción entre las moléculas de agua y la gravedad terrestre. Por tanto, en todo momento se debe velar porque no penetre aire al sistema, pues se interrumpiría la acción de las fuerzas moleculares del agua.

Debido a que el sifón funciona por la diferencia de pesos de las columnas de agua, el proceso de vaciado del agua de la pecera será más rápido en la medida en que sea mayor la distancia entre el borde superior de la pecera y el recipiente exterior, tanto en el eje vertical como en el horizontal.

La ingeniería hidráulica se auxilia de los sifones para transportar agua por encima de una elevación o colina, y en los laboratorios de química también se recurre a estos aparatos, de vidrio, metal o goma, para «bombear» líquidos de un recipiente a otro. Los sifones pueden ser tan diminutos como podamos imaginar, hasta verdaderas obras ingenieriles, siempre que en el caso del agua la altura entre la fuente y la parte más elevada del sifón no supere los diez metros, porque la presión atmosférica no puede mantener el peso de una columna de agua a esa altura.

Como parte de un parque hidráulico infantil pueden concebirse los más disímiles sifones para que los niños experimenten con las bondades de esta tecnología de bombeo de agua, sin necesidad de recurrir a bombas de agua conectadas al Sistema Electroenergético Nacional o a motores de combustión interna.

Un ejercicio práctico, y al mismo tiempo lúdico y experimental, podría ser el diseño de dos recipientes iguales sobre soportes móviles en el eje vertical. Uno de ellos, ubicado en un nivel superior, se llena con agua para que pueda ser vaciado en el otro. El recipiente llenado se eleva y el vacío se baja para repetir el proceso. A fin de despertar el interés, se debe variar la altura entre los recipientes y medir el tiempo de bombeo correspondiente a cada una de las alturas que se fijen. De este modo los niños podrán sacar sus propias conclusiones y comprender algunos principios de la hidráulica.

*(Publicado en Energía y tú,
No. 29, enero-marzo de 2005)*

Condensador solar

Los kazajos tienen un axioma: «donde hay arena, hay agua». Y tienen razón, porque la arena caliente del desierto también constituye una fuente de agua.

Como la arena nunca está absolutamente seca, su humedad puede ser extraída con ayuda del Sol, una fina película de plástico transparente y un poco de ingenio, mediante el denominado condensador solar (Fig. 1).

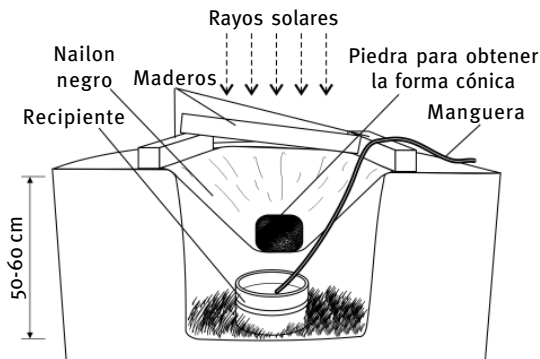


Fig. 1. Corte transversal del esquema de un condensador solar rudimentario.

El principio de funcionamiento es sencillo: con el plástico se cubre un orificio a una altura entre 50 y 60 cm. Sus extremos se sujetan con arena o tierra para obtener mayor hermeticidad. Los rayos solares, al pasar por la membrana transparente, absorben la humedad del suelo, la cual se evapora y se condensa en la superficie interior de la película. La forma cónica se obtiene colocando un pequeño peso en el centro para que las gotas caigan en el recipiente. Sin deshacer la instalación, el agua se puede obtener con ayuda de alguna manguerita.

Cada día este condensador solar puede aportar hasta un litro y medio de agua. Para aumentar su productividad, el orificio debe rellenarse hasta la mitad con ramas frescas y retoños.

*(Publicado en Energía y tú,
No. 26, abril-junio de 2004)*

Destilador solar

Antes de iniciar cualquier experimento doméstico con el destilador solar que se describe a continuación, deberíamos contar con agua potable, preferiblemente hervida, y sal común, azúcar o jugo de cualquier fruta. Esto garantiza que el producto de la destilación sea invariablemente agua potable (sin contaminación). Después podremos experimentar con otras mezclas.

El proceso de destilación consiste en el calentamiento de un líquido hasta que sus componentes más volátiles pasen a la fase de vapor, y el posterior enfriamiento de ese vapor para obtener los componentes separados en forma líquida por medio de la condensación, por lo que la finalidad de la destilación es separar los componentes de una mezcla aprovechando sus diferentes volatilidades, o separar los materiales volátiles de los que no lo son.

Esto se evidencia en dos ejemplos muy sencillos. Cuando obtenemos agua potable a partir del agua de mar (proceso denominado desalinización) ocurre que sólo se evapora el agua y quedan las sales que estaban disueltas (si nuestra finalidad es obtener esas sales, en-

tonces el proceso se denomina secado). Y cuando el Sol evapora las aguas superficiales (del mar, un charco o un simple vaso con agua sucia), que luego se condensan en las nubes y se precipitan en forma de lluvia, estamos en presencia de un continuo y natural proceso de destilación. El peligro radica en que las aguas se contaminen a tal punto que la naturaleza no sea capaz de purificar (destilar) en breve tiempo toda la contaminación acumulada en el agua de la Tierra, cuya cantidad es constante.

Para continuar habría que definir, de forma simplificada, tres conceptos básicos. Por evaporación debemos entender el proceso de conversión de un líquido en vapor; por condensación, el fenómeno físico de transformación de un vapor en líquido o sólido; y por secado, la eliminación o reducción de la humedad contenida en un cuerpo mediante el aire o el calor que se le aplique.

Todos estos procesos pueden verificarse en una sencilla instalación que utiliza la energía solar para su funcionamiento.

La estructura de nuestro destilador se construye con los más diversos materiales. Basta conformar dos aros de alambre galvanizado de 2 mm de grosor (también pueden ser de aluminio u otro material inoxidable, o aplicarle pintura anticorrosiva). El aro mayor debe tener aproximadamente 30 cm de diámetro y unirse con el más pequeño mediante tres alambres de 25 cm de largo, de igual material. Esta estructura se cubre con un plástico fino transparente, que debe quedar holgado para que al colocar un pequeño peso en el centro del aro superior se forme un cono hacia abajo. Antes habría que fijar el plástico al aro inferior, con el procedimiento que seamos capaces de concebir y realizar. Las arrugas que pueden aparecer en

el plástico no afectan sustancialmente el funcionamiento del equipo. La instalación se completa con la ubicación de esta estructura en un plato o recipiente de color negro en su interior (Fig. 1).

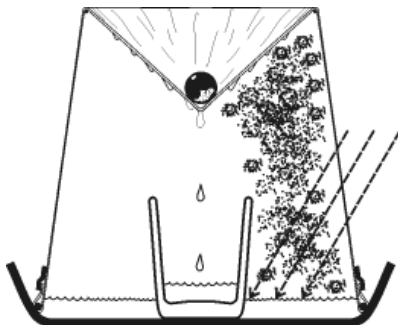


Fig. 1. Con este destilador se puede obtener un vaso con agua potable en el transcurso de un día soleado.

El principio de funcionamiento nos asombra por su sencillez. El plato o recipiente se llena con el agua o líquido que deseamos destilar (purificar), se coloca un vaso pequeño de vidrio transparente en el centro del plato (en el plato se verterá el mismo volumen de agua que puede almacenar el vaso) y finalmente se cubre el plato con la estructura cubierta con el plástico, en cuyo centro hemos colocado un peso (una canica o piedra redonda). Cuando el Sol comienza a incidir sobre el equipo, aumenta la temperatura en el interior por el principio de efecto invernadero, lo que provoca la evaporación del líquido del plato, que al chocar con las paredes interiores del plástico se condensa por la diferencia de temperatu-

ra y posteriormente se precipita en forma de gotas dentro del vaso al deslizarse por la superficie cónica. Como hemos vertido en el plato el volumen de agua que puede contener el vaso, al final podremos conocer la pérdida de líquido durante el proceso de destilación.

Con este sencillo artefacto se destila el agua potable que anteriormente previmos mezclar con sal común, azúcar o el jugo de alguna fruta. Resulta doblemente interesante comprobar lo que ocurre si la mezcla empleada para destilar tiene algún color, o si en lugar de colocar una canica o bolita en el centro del plástico obtenemos la forma cónica al verter agua, de manera tal que el cono exterior se llene. Y resulta triplemente atrayente si competimos entre varios amigos para determinar quién propone la mayor diversidad de experimentos y logra explicar satisfactoriamente los resultados, quizá con la ayuda de los maestros de física, química u otra asignatura.

*(Publicado en Energía y tú,
No. 28, octubre-diciembre de 2004)*

Brújula solar

Desde los primeros años estudiantiles nos alertan sobre la inclinación del globo terráqueo en su incesante giro alrededor de su eje, que motiva la necesidad de comprender dos conceptos: el polo geográfico (o polo real) y el polo magnético. El primero alude a los dos extremos del eje de rotación de la Tierra; el segundo, a los dos puntos específicos del campo magnético terrestre, cuyas posiciones varían lentamente dentro de cada una de las regiones polares correspondientes.

Estos conceptos tienen un sentido práctico inmediato para orientarnos cuando viajamos o para instalar correctamente algunos dispositivos, como el reloj, el calentador y el secador solares.

El polo norte magnético, de utilidad para los que vivimos en el hemisferio norte, puede ser determinado con ayuda de una brújula magnética convencional; y para determinar el polo norte geográfico los marinos recurren al girocompás, que no resulta afectado por el magnetismo terrestre y consiste en uno o varios giróscopos.

Cuando no se dispone de alguno de estos instrumentos, los que vivimos en el hemisferio norte nos orientamos en el horario diurno por el lugar de aparición del

Sol (aproximadamente por el Este, un poco inclinado hacia el Noroeste en verano y hacia el Suroeste en invierno), o por la ubicación de la estrella polar, en las noches diáfanas, que se deja ver cercana al eje norte de la Tierra.

Y existe otro simple procedimiento para determinar el polo norte geográfico en los días soleados, al que denominamos brújula solar, cuyo principio fue enunciado por el arquitecto e ingeniero romano Marco Vitrubio Polión (c. 70 a.C.-c. 25 a.C.): Basta clavar un palo, verificar su perpendicularidad (mediante una plomada) y marcar por la mañana un punto que coincida con el extremo de la sombra que proyecte el palo. Con ayuda de un cordel trazamos una circunferencia con centro en el palo y con un radio desde éste hasta el punto marcado. Después debemos esperar a que en la tarde la sombra del palo vuelva a coincidir con algún punto de la circunferencia. Lo que resta es trazar la bisectriz desde los puntos marcados para definir el polo norte geográfico.

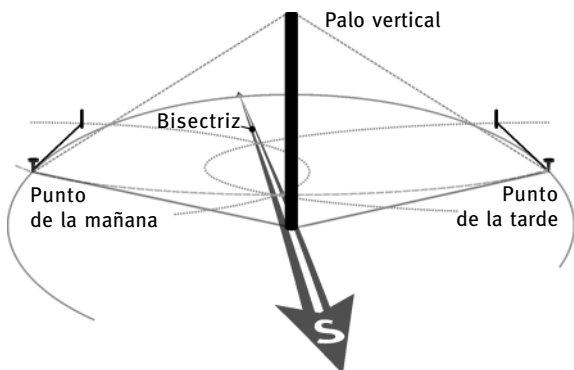


Fig. 1. Esquema para la construcción de la brújula solar.

Para determinar el polo norte magnético sólo debemos conocer el ángulo formado entre el meridiano magnético y el meridiano verdadero, también llamado variación magnética.

*(Publicado en Energía y tú,
No. 27, julio-septiembre de 2004)*

Cachumbambé hidráulico

Jugar y bombear agua pueden convertirse en verbos que provoquen un acercamiento de los niños a los principios de la hidráulica y la cultura energética y ambiental.

Los sociólogos y psicólogos conceden al juego una incidencia básica e inalienable en la formación de la personalidad y en el proceso cognitivo de los niños y niñas. El juego provoca una aprehensión creciente del mundo, con deleite. Muchos adultos –léase padres– pretenden que los niños nos iluminen con precocidades, pero en ocasiones descuidan una condición: los niños deberían ser libres de expresar sus energías para desarrollar sus talentos individuales, en un ambiente no restrictivo.

La fusión dialéctica de la educación familiar, los aportes de las escuelas y la actividad lúdica, en cada una de las etapas del proceso, facilita el desarrollo armónico de los niños, por lo que deben buscarse alternativas que satisfagan ese propósito.

PARQUE HIDRÁULICO INFANTIL

El parque hidráulico infantil se concibe como un espacio donde los niños puedan ejercer su más vital actividad, el juego, de forma tal que con la motivación lúdica interactúe la apropiación de los principios de la hidráulica y el conocimiento del uso de las energías alternativas, además de contribuir a conformar criterios

sobre la necesidad de una cultura ecológica. El proyecto formula la creación de un parque de diversiones para los niños, en el que a los aparatos convencionales (tio vivo, cachumbambé, columpio, etc.) se le adaptan equipos para el bombeo o suministro de agua.

Algunos conocimientos hidráulicos y mecánicos pueden provocar la imaginación para proyectar y ejecutar los más disímiles artefactos o equipos para el parque, desde una bicibomba, unos pedales especiales (hidropaso) acoplados a bombas de diafragma y un tio vivo conectado a un malacate de cartabón, hasta un cachumbambé que bombee agua.

La bicibomba consiste en una bomba de sogá de torre acoplada a una bicicleta, de forma tal que al pedalear se eleva el agua hasta un recipiente al que puede instalarse una ducha, un lavamanos e incluso otros elementos, como una escultura o fuente, o un sistema de regadío.

El hidropaso permite bombear agua con el peso que ejerce una persona al caminar por unos pedales o pasos que accionan las bombas de diafragma correspondientes, conectadas con la fuente de abasto.

Resulta muy sencillo adecuar el principio de funcionamiento de un malacate de cartabón a un tio vivo, porque este equipo incorpora una transmisión por engranaje y un mecanismo de excéntrica o manivelas triangulares, que convierten el movimiento de rotación del eje del tio vivo en movimiento rectilíneo alternativo de la varilla del cilindro de la bomba que se le incorpore.

Y el cachumbambé hidráulico resulta tan sencillo y seductor como el regocijo de los niños al verificar que, por cada vez que suben y bajan en el tradicional aparato, un chorro de agua se eleva por encima de ellos.

Especialistas del Centro Integrado de Tecnología Apropriada (CITA), del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), en Camagüey, lograron concebir una primera versión de este parque en el mayor recinto ferial de la Isla, EXPOCUBA, a finales de la última década del pasado siglo, y su aceptación superó las expectativas, como ocurrirá cada vez que se asuma un proyecto análogo.

¿CACHUMBAMBÉ HIDRÁULICO?

Difícil imaginar un cubano que desconozca las bondades del cachumbambé. Casi todos podemos referir alguna anécdota relacionada con este omnipresente equipo en los parques infantiles.

La novedad radica en su versión hidráulica, que en principio constituye un aparato mecánico al que se instalan aditamentos y una bomba de agua con sus respectivos conductos y accesorios, para bombear agua a partir del movimiento alternativo producido por el accionar del peso de los niños al columpiarse. Es susceptible de ubicación en parques y lugares de esparcimiento infantil, siempre que existan condiciones para las instalaciones hidráulicas y el abastecimiento de agua.

La utilización del peso del niño como fuente energética provoca en él la curiosidad, propiciatoria de su acercamiento a los elementos esenciales del bombeo y de las leyes más generales de la hidráulica.

A la intención didáctica se le incorpora la utilización del movimiento alternativo del cachumbambé hidráulico para bombear agua hacia un tanque colector u otros usos sociales, productivos, recreativos o artísticos, en las escuelas, círculos infantiles, campamentos pioneriles y comunidades.

DISEÑO

El equipo fusiona dos elementos esenciales: el cachumbambé y la bomba de agua (Fig. 1).

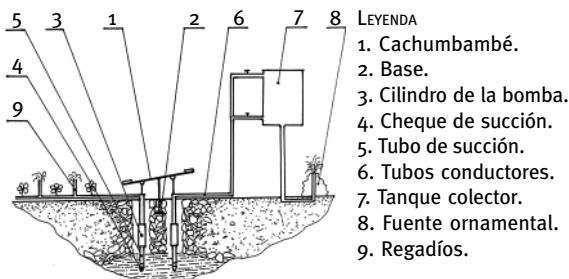


Fig. 1. Esquema general del cachumbambé hidráulico.

El diseño del cachumbambé es convencional, similar a muchos instalados en el país. Lo novedoso es la incorporación de elementos que permiten acoplarlo al cilindro de una bomba de agua, igualmente convencional.

Las bombas son las máquinas elevadoras de agua más comunes usadas en la práctica del riego o el bombeo en general. Estos equipos proporcionan diversos caudales de agua, en dependencia de sus parámetros constructivos y operacionales. Por las características del movimiento del cachumbambé, se debe optar por una bomba de desplazamiento positivo, que impulsa el agua mediante el movimiento alternativo del émbolo o pistón en el interior de un cilindro colocado en posición vertical. La selección de este tipo de bomba para conectar en el cachumbambé obedece a una serie de ventajas, entre las que sobresalen su flexibilidad, facilidad de conservación, robustez y moderado costo inicial.

Esta bomba puede emplearse en pozos de cualquier profundidad. Cuando el descenso del nivel del agua es menor de 5 m, el cilindro suele instalarse fuera del pozo. En cambio, cuando el nivel hidrostático es superior a 5 m, el cilindro se conecta a una tubería de bajada y se instala dentro del pozo.

El caudal de la bomba instalada al cachumbambé está limitado por la fuerza que pueden ejercer uno o varios niños con sus propios pesos. En consecuencia, mientras mayor sea la profundidad de la que se extrae el agua, mayor es el esfuerzo y por tanto menor el caudal obtenido: Un hombre puede bombear 35 litros por minuto, aproximadamente, con una bomba instalada a 6 m de profundidad, y 6 litros por minuto con la misma bomba situada a una profundidad de 30 m.

Como el componente energético, en el caso del cachumbambé hidráulico, es el peso corporal de los niños, incluso muy pequeños, entonces es necesario instalar la bomba en lugares donde el nivel del agua esté lo más cercano a la base del aparato.

Las bombas instaladas de esta manera, cuando sufren mucho desgaste, tienen que cebarse para empezar a funcionar, o sea, la tubería de succión debe llenarse con agua tomada de un depósito exterior, a fin de eliminar el aire, aunque esto no es una limitante significativa.

Según el esquema propuesto (ver Fig. 1), también pueden utilizarse las bombas alternativas de doble efecto o las bombas de diafragma. La primera basa su funcionamiento en el mismo principio que las de simple efecto, con la diferencia de que los dos movimientos son activos. Si bien aumenta el caudal de agua que se bombea en igual período, es mucho más costosa su fabricación.

Por su parte, las bombas de diafragma son sencillas y de fácil fabricación, pero tienen muy poca capacidad de succión, por lo que pueden ser empleadas sólo para bombear desde cisternas o pozos con el nivel del agua cercano a la superficie del terreno.

El otro elemento importante del equipo, el cachumbambé, tiene un diseño convencional, con cuatro capacidades. La decisión de usar tubos de dos pulgadas para la estructura fundamental del cachumbambé se debe a la experiencia negativa en EXPOCUBA, donde el aparato instalado sufrió algunas roturas porque los tubos empleados eran de una pulgada y media de diámetro y no soportaron el peso de los adolescentes.

Inicialmente estaba previsto que el cachumbambé hidráulico lo utilizaran exclusivamente niños, pero su ubicación en un espacio público impide tal restricción. Por otro lado, la participación de adolescentes y adultos en el juego con los niños puede enriquecer el intercambio comunicacional y educativo. De ahí la necesidad de reforzar los elementos constitutivos de su estructura.

FUNCIONAMIENTO

La presión atmosférica es suficiente para sostener una columna de 760 mm de mercurio, al nivel del mar. Debido a que el agua es 13,6 veces menos pesada que el mercurio a igualdad de volumen, cabe suponer que la presión atmosférica puede mantener levantada una columna de agua de altura 13,6 veces mayor que la de mercurio. Por tanto, teóricamente la presión atmosférica al nivel del mar basta para elevar una columna de agua de 10,3 m en una tubería vertical en la que se ha hecho el vacío perfecto. Las condiciones en que suele

hacerse el bombeo distan bastante de las ideales, por las imperfecciones de las bombas, las fugas de aire, la presencia de aire disuelto en el agua, etc.; por tanto, en la práctica, la altura de aspiración, es decir, la distancia vertical entre el cilindro de la bomba y el nivel del agua, no debe ser nunca superior a 5 o 6 m.

A partir del principio formulado se explica el funcionamiento de este tipo de equipos, que se divide en dos períodos que actúan simultáneamente (Fig. 2). En el primer período, que puede llamarse de acción o carrera ascendente, al moverse el pistón (2) en el sentido indicado por la flecha, aumenta el espacio vacío en la parte inferior del cilindro (1b). La presión que se ejerce sobre la cara superior del pistón mantiene cerrada la válvula (3), y el peso del aire o presión atmosférica que se ejerce sobre el nivel del agua obliga a ésta a subir por el tubo de succión (4), levanta las válvulas inferiores (5 y 6), y penetra en el cuerpo de la bomba para llenar el lugar ocupado antes por el aire en la parte inferior del cilindro (1b). En este momento, cuando el émbolo llega al final de

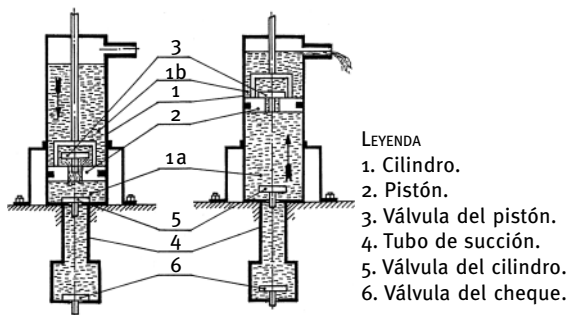


Fig. 2. Funcionamiento de una bomba alternativa.

su carrera, se tienen la parte inferior del cilindro llena de agua y las válvulas (3, 5 y 6) cerradas. En esta posición se inicia el segundo movimiento. La válvula de retención o cheque (6) cumple la función de mantener con agua el tubo de succión (4).

En el segundo período, llamado también de presión o carrera descendente, el pistón se mueve hacia abajo, obligando al agua contenida en la parte inferior del cilindro (1b) a pasar a la superior (1a), a través de la válvula (3), que se abre impulsada por la presión de la misma agua, mientras que las válvulas inferiores (5 y 6) permanecen cerradas. El pistón llega así hasta la parte inferior del cilindro. A continuación, el pistón vuelve a subir y se llena nuevamente la parte inferior del cilindro (2b), e impulsa hacia arriba el agua de la parte superior (2a), obligándola a subir por el tubo de salida, ya que la válvula (3) se cierra.

Si en lugar de tener un simple tubo de descarga, la bomba tiene agregado un conducto de elevación, el agua será elevada hasta el recipiente colocado a la altura que se desee.

Considerada en su forma elemental, una máquina de esta naturaleza es un recipiente cilíndrico que se llena y vacía alternativamente, un número determinado de veces en un tiempo dado. De aquí se deduce que la ecuación fundamental para el cálculo de estas bombas es la misma que se emplea para determinar la capacidad de un cilindro. Donde y es esta capacidad; h , el recorrido del pistón; y d , el diámetro del cilindro. Así, se tiene que $y = d^2h/4 = 0,7854 d^2h$.

En el tipo de bomba descrito, el émbolo en su primer movimiento cumple totalmente su función activa, pues

absorbe el agua por la parte inferior y origina así la resistencia activa necesaria para vencer la diferencia de nivel existente entre las superficies del líquido en las partes inferior y superior del cilindro. En el segundo tiempo, al volver el pistón hacia abajo, la resistencia es teóricamente igual a cero, sin considerar las resistencias pasivas, es decir, en estas bombas la función activa solamente se ejerce en el movimiento del émbolo hacia arriba.

Al vincular la bomba con el cachumbambé se asegura la fuente energética por la acción del peso de los niños o adultos que jueguen sobre el aparato.

En el esquema desarrollado, en el cachumbambé se acoplan las varillas de dos pistones, para propiciar el bombeo en cada uno de los movimientos alternativos del equipo (Fig. 3).

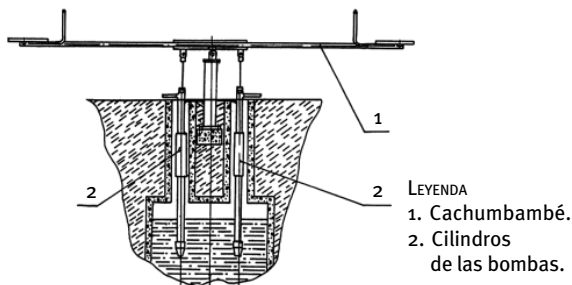


Fig. 3. Esquema del cachumbambé hidráulico.

ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS

El diseño, los materiales y las tecnologías de elaboración y ensamblaje dependerán de las posibilidades financieras, técnicas y tecnológicas que existan

en cada lugar. Las soluciones deben ser locales, con un sentido de apropiación y enriquecimiento de las que aquí se ofrecen.

La construcción del cachumbambé no debe convertirse en un problema técnico significativo. Los materiales pueden ser los más diversos, en dependencia del diseño concreto que se asuma, y la construcción de los elementos puede ser, desde el punto de vista tecnológico, mediante soldadura, sujeción mecánica o la combinación de ambos procedimientos.

La bomba es el elemento que mayores dificultades ofrece para su adquisición o fabricación; no obstante, puede emprenderse con éxito.

Para evitar problemas de corrosión, los materiales para la construcción de las bombas deben ser inoxidables, y especialmente el cilindro tendrá una superficie interior lo más pulida posible y un diámetro uniforme. Suelen hacerse de bronce, latón, hierro esmaltado o plástico. Las zapatillas del émbolo por lo general son de cuero, aunque si el émbolo es de plástico, habrá que usar zapatillas flexibles (gomas especiales) para evitar ralladuras en el cilindro a causa del accionar de las partículas arenosas durante el movimiento alternativo del émbolo.

INSTALACIÓN

Para la instalación del cachumbambé hidráulico también se deben tener en cuenta las características de cada lugar, desde el punto de vista social, urbanístico y económico, y en dependencia de las condiciones hidráulicas existentes.

Siempre resulta útil fundir un dado de hormigón al que se fija la base del cachumbambé, de forma tal que al

poner las bombas en las agarraderas, los tubos conductores o de descarga (o la parte inferior de la Tee) se sitúan al mismo nivel de la superficie de la tierra, arena o césped.

Las variantes para el acondicionamiento del lugar donde se instale el cachumbambé hidráulico serán diversas. Sólo se deben tener en cuenta la altura del cachumbambé (en posición horizontal) con respecto a la superficie del suelo, y las distancias desde el eje de rotación hasta los extremos del cachumbambé y hasta los soportes de las varillas de la bomba. Estos parámetros son los que determinan el recorrido real del émbolo de la bomba, que debe ser menor que el recorrido potencial del émbolo dentro del cilindro seleccionado.

Si el cilindro tiene un recorrido potencial de 230 mm y recorre 158 mm, por cada movimiento completo del cachumbambé se podrá bombear 0,67 litros. Entonces, si los niños realizan diez movimientos completos en un minuto se obtendrán 6,7 litros por minuto. Por movimiento completo se entiende el desplazamiento de un extremo del cachumbambé desde la posición inferior hasta la posición superior, y como el cachumbambé tiene dos extremos y posee acopladas dos bombas de agua, se obtiene que al mismo tiempo se realizan dos movimientos completos y, por tanto, se obtendrán 13,4 litros por minuto.

La limitante para aumentar la capacidad de bombeo del cachumbambé hidráulico radica en que las fuerzas motrices del sistema son el peso y la fuerza que ejercen los niños sobre el cachumbambé.

Es importante señalar que debe preverse la ulterior utilización del agua bombeada, para que el sistema sea

útil en sí y para hacer más efectiva la intención didáctica y formativa del equipo. En ese sentido las soluciones también pueden ser las más diversas. El destino del agua que se bombea dependerá de la creatividad con que se asuma el proyecto.

Si sólo se le otorga al cachumbambé una finalidad didáctica, por razones objetivas que impidan otra utilidad, la propia agua bombeada puede regresar a la fuente. Ese es el caso cuando no exista pozo u otra fuente de abasto. Entonces pueden instalarse las bombas en estanques u otros espacios creados especialmente que suministren el agua necesaria para el bombeo en un circuito cerrado.

La existencia de una bomba alternativa (defectuosa o no) y un cachumbambé ya instalado, pueden ser los ingredientes primarios para iniciar el montaje de un cachumbambé hidráulico, que en un círculo infantil permite a los niños regar un pequeño huerto o en una escuela facilita el abasto de agua al comedor, o en un parque para que brote agua en una fuente ornamental.

A JUGAR

Los adultos –padres o abuelos casi todos– podemos ya desenterrar de la memoria nuestras experiencias con uno de los protagonistas en los juegos infantiles, el simple cachumbambé, y contribuir a la formación de una cultura energética y ambiental sostenible, de forma amena y potencialmente útil.

*(Publicado en Energía y tú,
No. 28, octubre-diciembre de 2004)*

Juegos acuosos

«El juego ha de ser juego, no pesadumbre», dicen los abuelos con razón, y en un «parque hidráulico infantil» todo debe disponerse para el goce y la experiencia. Casi siempre pensamos en equipos mecánicos cuando nos mencionan la palabra «parque», pero para subvertir la tradición, he aquí algunos juegos tan antiguos como simpáticos, en los que el agua se erige en protagonista.

XILÓFONO ACUOSO

Selecciona varios vasos iguales de cristal fino. Llénalos con diferentes cantidades de agua. Con una o dos cucharas golpea el borde de los vasos en el orden que desees. Intenten componer las más diversas melodías, como si fuera un xilófono. Se permite ejecutar desde un vals hasta una rumba.

¿MAGIA O REALIDAD?

Clava cuatro clavos en una semilla de mango, dispuestos a 90°, de forma tal que puedas colocarlos sobre un vaso con agua. Cualquiera juraría que la semilla aumenta de tamaño. ¿Los clavos son mágicos o

existe otra explicación para ese aparente aumento? Recurran al maestro de Física.

LA LLUVIA EN GRÁFICO

Varios amigos deben coger vasos iguales y graduarlos con las mismas medidas. Cada uno pondrá su vaso en el patio de su casa. Durante un tiempo determinado anotarán en un papel la cantidad de agua caída cada día a la misma hora. Después harán un gráfico que compararán entre sí en la fecha acordada. ¿Obtendrán gráficos iguales?

AGUA PELUQUERA

Diluye azúcar en un recipiente con agua. Moja tus cabellos con esa *aguazúcar* y péinalos, dándole la forma que desees. Lograrás los peinados que seas capaz de imaginar. Una observación: lávate bien la cabeza después.

AGUA VOLADORA

En un recipiente con agua diluyan detergente o jabón. Con un alambre, provisto de un aro en uno de sus extremos, batan la solución. Después soplen con cuidado sobre el aro y verán aparecer pequeñas pompas de jabón que cuando caigan al suelo dejarán un círculo húmedo. ¿Quién produce más pompas, o las hace volar más alto, o le salen con más colores?

HIELO COLOREADO

Hierve un litro de agua y distribúyela en varios vasos en los que añades algunas gotas de sirope o jarabe de naranja, menta, piña, fresa y otros sabores.

Con cada una de las combinaciones llena un cubito de la bandeja para hielo y guárdalos en el congelador, hasta que se solidifiquen. Cuando se congelen podrás hacer malabares con cubos de hielo de diversos colores. ¿Quién pierde? El que deje caer al suelo más cubos, podrá saborear menos.

En cualquier caso, siempre podremos dar un premio especial a quien logre aportar explicaciones más convincentes en relación con todo lo que observemos en los juegos, y a quien pierda en alguno de ellos debemos levantarle el ánimo con otro refrán, esta vez de las abuelas: «La mala suerte en el juego le presagia buena en amor».

*(Publicado en Energía y tú,
No. 30, abril-junio de 2005)*

Agua y salud

Un parque hidráulico infantil debería, según nuestro criterio, permitir jugar y bombear agua para provocar un acercamiento de los niños a los principios de la hidráulica y la cultura energética y ambiental. Y como el agua es fuente de vida, y de su cantidad y cualidad depende la calidad de la vida, en este tipo de parque también debería enseñarse la relación entre el agua y la salud.

Las enfermedades de origen hídrico, como las diarreas, ocasionan la muerte de millones de niños cada año, lo que las convierten, junto a las infecciones agudas de las vías respiratorias, en la primera causa de mortalidad infantil.

Para desarrollarse con buena salud el hombre necesita agua potable, porque la calidad del agua también es un factor primario para la vida.

Las enfermedades que se pueden transmitir a través del agua pueden clasificarse en cuatro grupos:

GRUPO 1. *Enfermedades propagadas por el agua.* Los organismos patógenos que producen enfermedades como la fiebre tifoidea, la hepatitis viral, la amebiasis, el cólera, la disentería bacilar, la leptospirosis, la giardia-

sis, la gastroenteritis, las diarreas virales y otras, utilizan como medio de transporte el agua. Aquí el agua actúa como un vehículo pasivo para el agente infeccioso, sobre todo cuando existe un saneamiento deficiente. Las medidas básicas de prevención deben ser el mejoramiento de la calidad del agua y evitar el uso de otras fuentes no tratadas.

GRUPO 2. *Enfermedades basadas en el agua.* La esquistosomiasis (provocada por gusanos planos o duelas) y otras enfermedades son producidas por organismos patógenos que desarrollan su ciclo de vida en animales acuáticos. Por eso se deben reducir los contactos innecesarios con el agua, controlar la cantidad de caracoles y mejorar la calidad del agua.

GRUPO 3. *Enfermedades por escasez de agua.* La escabiosis (sarna), la parasitosis intestinal y la pediculosis (piojos), la sepsis de la piel y úlcera, la lepra, la tracoma (infección contagiosa de los ojos), la disentería bacilar y amebiana, entre otras, son enfermedades producidas por la falta de agua e higiene personal. En estos casos se debe aumentar la cantidad de agua y hacerla más accesible para mejorar la higiene.

GRUPO 4. *Vehículos de contagio relacionados con el agua.* La fiebre amarilla, el dengue, el dengue hemorrágico, la malaria, la encefalitis y otras enfermedades son transmitidas por insectos que se reproducen en el agua. Las principales acciones que deben realizarse son el mejoramiento del agua superficial, la destrucción de los criaderos de insectos y la reducción de la exposición prolongada cerca de los criaderos.

Muchos y variados son los proyectos de instituciones nacionales e internacionales que intentan mejorar el ac-

ceso al agua potable, con programas de educación sanitaria dirigidos a mejorar los hábitos de higiene personal y doméstica.

No obstante, a muchos lugares del mundo no llega la cantidad de agua necesaria; tampoco la calidad del agua es la mínima indispensable para combatir el holocausto silencioso que provoca la desigual distribución de las riquezas hídricas. Y no es precisamente el fuego el que devora a las víctimas de este holocausto.

HERVIDO DEL AGUA

Quizá el método más universal y sencillo para desinfectar pequeñas cantidades de agua sea el hervido. También es, quizá, el método menos práctico para grandes cantidades de agua por su alto consumo energético. No obstante, hervir el agua seguirá siendo un procedimiento seguro para proveerse de agua potable. Basta llenar un recipiente con agua, ponerlo a la candela o una hornilla hasta que ebulle durante 5-10 minutos, aproximadamente. Si el agua es muy turbia, debe filtrarse con un paño o tela tupida antes de hervirla. Es vital almacenar el agua hervida en recipientes limpios y con tapa.

CONSEJOS PARA AHORRAR AGUA

- Repare los salideros y filtraciones (¡Elemental, Watson!).
- Cierre los grifos que no utilice.
- Tome duchas más cortas y cierre el grifo mientras se enjabona.
- Prescinda de llenar la bañera, pues el gasto de agua es excesivo.

- Cuando cepille los dientes, lave las manos, friegue, lave el auto, rasure la barba y lave las verduras y frutas, ¡no deje el grifo abierto!
- No arroje colillas de cigarro a las tasas sanitarias. Al descargar consumirá varios litros de agua inútilmente.
- Riegue su jardín bien temprano por la mañana o al finalizar la tarde, para que el Sol no evapore tan rápido el agua y sus plantas tengan una mejor alimentación.
- Utilice preferentemente la fuerza de gravedad para el riego.
- No limpie su auto con manguera; utilice un cubo y un paño.
- Acumule la mayor cantidad de ropa posible para aprovechar mejor la capacidad de su lavadora.
- No utilice los motores o turbinas eléctricas para el bombeo de agua en los horarios de seis a diez de la noche.
- Si acostumbra a lavarse los dientes utilizando un vaso, el consumo de agua disminuirá notablemente.

*(Publicado en Energía y tú,
No. 32, octubre-diciembre de 2005)*

Sociedad

*Del mismo germen
son la miel, la luz y el beso.*

JOSÉ MARTÍ

Hacia el compartimiento holístico

La eterna humildad de la ola besa la costa, la luz agradece cualquier intersticio para danzar y la tierra aguarda los brotes como a dioses: todo es grandioso bajo el Sol. Todos claman ola, luz y brotes, porque late fuerte el deseo de amar.

«Todo es hermoso y constante», supo el Maestro de los cubanos. Y dijo más: «todo, como el diamante, antes que luz es carbón».

El hombre descubrió el petróleo para sí, con un arrebatado casi ingenuo, y en los dos siglos precedentes miramos demasiado hacia las entrañas de la Tierra, en las grutas que ocultan el negro combustible de las industrias contemporáneas.

Sin embargo, llega la hora de buscar respuestas en los ancestros, ocupados desde siempre en descubrir los designios de las estrellas.

Después del petróleo intentamos venerar el átomo como solución energética, pero nadie olvida los hongos de Hiroshima y Nagasaki o las radiaciones de Chernóbil. Por suerte, la vida nos exige regresar a una consulta con el Sol, porque el átomo y los hidrocarburos comienzan a mostrar sus aristas indeseables.

Estrenamos un milenio que intenta discutir en los diarios y los televisores el flagelo del terrorismo. Tendríamos que añadir otros asuntos universales a la discusión, como los derechos elementales del hombre, que aspira a su definitiva dignidad en armonía con su contexto.

Tantas voces no deben equivocarse si el diálogo justo y útil preside el coro. Importa acercarnos las manos para asumir un nuevo credo, con la brújula dispuesta hacia la totalidad del ser y el universo.

Del oscurantismo medieval saltamos a un reencuentro del hombre en el cosmos; y de ahí, a la necesidad del compartimiento holístico. A medio camino de cualquier equilibrio de la humanidad con la naturaleza, urge cuestionar si la cultura del *ser* sobre el *tener* será siempre una utopía sin llegar a la cotidianidad. Para bien, ya muchos levantan la voz e indican que un mundo mejor es posible.

En todos y en cada uno yace la energía vital, que puede fundar el acceso a otra humanidad gananciosa y feliz.

La humildad de la ola podría acusar cualquier intento de jerarquizar o perpetuar el antropocentrismo petulante de hoy, la velocidad de la luz debería recordarnos que nuestros autos nos conducen a una danza contaminante y la tierra exige brotes para una mejor siega.

La asunción del camino del Sol, el de la vida, propone una actitud revolucionaria en sus esencias, desde las connotaciones éticas hasta las pragmáticas, y constituye un salto histórico tan trascendental como el renacimiento posterior a la Edad Media.

La filosofía del camino del Sol, que aúna el pensamiento humanista y el uso de las fuentes renovables de

energía, puede hacer renacer la esperanza en un mundo de hombres libres y solidarios.

*(Publicado en Energía y tú,
No. 17, enero-marzo de 2002)*

Lejanía vs. cercanía

Desde que Einstein aseguró que la estación ferroviaria también se acerca al tren, en virtud de la relatividad más diáfana, se transgredió definitivamente la simplicidad ante el análisis. ¿Quién puede asegurar que el concepto tiempo puede atraparse entre las manecillas de un reloj, o que el mar Caribe incubó a los más connotados piratas y corsarios de todas las épocas, o que la sociedad es la suma aritmética de las individualidades?

El inventor de la rueda pudo desconocer la majestuosidad de la pirámide. Quien silbó por vez primera una canción, seguro nunca tañó una cuerda. A cada paso añadimos ruedas y sonidos hasta llegar a tiempos de intensidades y contenciones, de impurezas casi inéditas y luces como los nacimientos.

Una bomba cae detrás de otra, y la expectativa de los televidentes, en reputadas coordenadas terrestres, se acerca al desenlace que proponen las telenovelas. Los camarógrafos se arriesgan a la intemperie y con la censura. Con buena estrella logran estremecernos ante el holocausto bélico. Después, regresamos a la rutina de la paz aparente, muy lejos de las detonaciones. Un viejo,

con el linaje de su sabiduría, confirma que el calor del nuevo siglo supera los registros que observó en los termómetros de su juventud; los campesinos nonagenarios se quejan por no poder predecir las lluvias; y las ballenas, emperatrices del océano, recurren al suicidio masivo ante la avalancha de contrastes ambientales.

Los noticieros mundiales nos muestran la ejecución de un condenado en la silla eléctrica, y se consume el hecho ante nuestros ojos incrédulos e irritados. Más conmovedor aún, un matrimonio anuncia llegar a la categoría civil de padres mediante la clonación, acción que proyectan realizar en Sudamérica para evitar las prohibiciones norteadas con relación a estos experimentos.

¿Quién puede asegurar, con la certeza de un sabio o de un demente, que cada caos local (o universal) no roza su puerta? ¿Quién osa sentir inmunidad, hoy, ante los desbordes del despilfarro energético, de las trifulcas (incluso pequeñas) entre las transnacionales, de la cotidiana violencia por el hambre y la sed al Sur del mundo? ¿Quién, ungido de saciedad para sus apetitos terrenales, puede sentir lejana la inmundicia del mercado unipolar?

El comarcano que mira con anteojos de pocas leguas anuncia su miopía. En actitud dispar, algunos metropolitanos divisan sólo las cúspides. Y el poeta sabe que de una espiga de trigo se alimenta el mundo, y el mundo pende sobre la fragilidad de un grano.

Habría que asumir el mundo en su unidad y en sus irradiaciones diversas, acercarnos con gusto a la solidaridad solar, aprehender las señales –y quejidos– del entorno que profanamos, y que aún, porfiado, conserva el vigor para una andadura que comparta con todos.

Las señales pueden llegar lejanas o cercanas; basta alfabetizar la conciencia, prever la energía que salva y procurar una ecología social y holística.

Una señal nos provoca desde muy cerca y puede subvertir la desidia que abunda en la lejanía: a una escuela de guano y paredes con lechadas de cal, en las serranías del oriente cubano, acude solícito un maestro a mezclar las mieles y las letras junto a un único discípulo de apenas diez años. La escena se repite en más de una veintena de escuelas. Y en todos estos espacios la luz engendra nuevas apetencias, desde el Sol hasta cualquier hallazgo, a un mismo tiempo, mediante paneles fotovoltaicos que ya fusionan metáfora y ciencia, que ya se incorporan al paisaje con armonía inusual, que acercan la nueva luz a la cotidianidad, y con ella, y por ella, lo rural se expande fecundo.

*(Publicado en Energía y tú,
No. 18, abril-junio de 2002)*

Mortalidad del petróleo

Muchos alejan de los medios de comunicación su condición de campesinos; y otros esconden *ex profeso* la masacre cotidiana de los matarifes. Un puñado de bípedos se ocupa sólo de sus crías cuando planifican nuevas plusvalías. Estados civilizados ejercitan el trueque para calmar su avidez y conciencia, casi con los mismos rituales de las civilizaciones prealfarearas: condicionan la ayuda humanitaria a las cuotas petroleras después que concluyen las guerras en los estados que poseen petróleo. Al Santo Pontífice obligan cargar la cruz neoliberal: los gobernantes cristianos de gobiernos apostólicos y romanos se desentienden de sus sermones pacifistas. ¿Y el SIDA, a quién asusta ya, cuando la droga mediática nos condena a espectadores de los bombardeos inteligentes en ciudades de indígenas forzados?

¿Quién recuerda la euforia de los brasileños por las promesas de Lula contra el hambre, si el apetito bélico de los nortños no se sacia y engulle a los hambrientos en las latitudes de la guerra? Ya sabemos que a Chávez y los bolivarianos les construyen una historia a imagen y semejanza de las recetas imperiales.

Seres transicionales y cartesianos, no descubrimos aún nuestra esencia mortal y renovable. Creemos, como ciegos aduladores de la inmortalidad, que en una vida personal de 75 años se resume el mundo. En la era de los botones olvidamos la palanca. Pobres mortales que no adivinamos la presencia efímera del petróleo en la historia universal: sólo tres siglos bastarán para deshacerse de la riqueza petrolífera que la naturaleza incubó durante millones de años.

Malaventuradas criaturas somos: quemamos la riqueza negra de las entrañas terrestres, con un desenfreno insólito. Ya rezaremos un *petróleo nuestro de cada día* cuando descubramos que incineramos nuestro futuro.

Entre los dedos se nos diluye la esperanza de la sustentabilidad. Habrá que alzar la voz, sin sordina, en cada plaza y en cada esquina del planeta. Los pueblos lo intuyen. Sólo nos permitiremos el derroche del clamor común para que un mundo mejor sea posible, para que el petróleo perdure como riqueza compartida y no como el instrumento que los fariseos contemporáneos quieren esgrimir contra nuestra especie.

El petróleo muere en cada escena de rapiña, en cada combustión cotidiana, en cada argucia del imperio. Por fortuna, el Sol yérguese generoso y solidario. Él sabe compartir: le imitaremos.

(Publicado en *Energía y tú*,
No. 21, enero-marzo de 2003)

S.O.S. Malecón

¿El nivel del mar es buen punto de referencia?

Cualquiera podría cuestionar a los geógrafos por variar la altura de la mayor elevación del archipiélago cubano, el pico Turquino. ¿Por qué decrece?

Las alturas de las montañas se fijan a partir del nivel del mar, porque la esfericidad de la Tierra, la ley de gravitación universal y la ley de los vasos comunicantes, entre otras razones terrenales y celestiales, determinan que el nivel de los océanos sea el mismo en cualquier punto cardinal del planeta; pero esto no significa que sea constante históricamente.

Por la acción antropogénica, las concentraciones atmosféricas de los principales gases de efecto invernadero alcanzan niveles casi insostenibles, lo que provoca inusitadas transformaciones en el equilibrio natural del planeta y, a su vez, un amplio repliegue de los glaciales. Esto induce a cuestionar el actual sistema energético mundial –basado en fuentes fósiles y nucleares– y a alarmarnos por el probable incremento del nivel medio global del mar entre 0,09 y 0,88 m, desde 1990 hasta 2100, según asegura el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, aunque otros especialistas tienen una proyección más apocalíptica.

Hoy no sólo es inexacto el nivel del mar como punto de referencia, sino que podríamos estar ante el inicio de un nuevo diluvio (sin lluvia), para purgar el octavo pecado capital: pretender ser dueños irresponsables de la naturaleza.

¡Ojalá no decrezca mucho el Turquino!, porque la península de Hicacos, soporte de la playa Varadero, podría desaparecer bajo las aguas del Mar Caribe, al igual que el litoral habanero, con malecón y todo.

*(Publicado en Energía y tú,
No. 33, enero-marzo de 2006)*

La sociedad de la información y las fuentes renovables de energía

Cuando el hombre tuvo necesidad de comunicar sus ideas y se apropió de los medios para la interacción social, estaba engendrando una cualidad desconocida de la naturaleza: su humanidad.

Marcando las alturas y vigiliando el proceso humano aparecen los instrumentos. Cada época puede ser definida por la tecnología, su pertenencia social y su contenido ideológico y productivo. Por eso, al fabricar la matriz para fundir tipos, Gutenberg creó el instrumento que atraparía la edad moderna bajo el accionar de una prensa de imprimir.

Al desarrollo de la cibernética, la teoría de sistemas, la biología molecular, la biotecnología, la genética, la clonación y las nuevas tecnologías de la información y la comunicación se le llama indistintamente revolución científico-técnica, sociedad informatizada, post-industrial o de la información. La humanidad aparece afectada en su conjunto y estamos obligados a reevaluar estrategias y objetivos.

Sin los cambios provocados por los nuevos avances tecnológicos de la información y la comunicación, no podremos continuar el desarrollo ascendente de la econo-

mía, la ciencia y la tecnología. Nos encontramos en el epicentro del movimiento telúrico de la información. La importancia de los nuevos procesos no reside solamente en las posibilidades técnicas de transmisión, sino sobre todo en la transformación fundamental que imponen a la sociedad.

En el mundo contemporáneo el control de la información constituye un poder tan efectivo como el económico o militar, y la potencia de las naciones ya no se mide sólo en industrias, reservas monetarias o armamentos: cada vez importa más la capacidad de producir, procesar y diseminar información.

Las nuevas tecnologías nos llevan a un mundo donde la información impondrá nueva mentalidad y nuevas contradicciones.

Las computadoras, las interfaces especiales, la inteligencia artificial, los sistemas expertos, el almacenamiento y la recuperación electrónica de documentos, la holografía, la telemática, las estaciones de satélites, el Internet y los más diversos software entran en la escuela, las casas, los servicios, la industria, la agricultura y en toda la actividad del hombre de la época donde el átomo, los genes, el petróleo y la información están en el podio, descifrando promesas y abismos.

Todas estas nuevas tecnologías se presentan como el material genético portador del signo y el mito de las sociedades actuales. Y el mundo de hoy no es precisamente una panacea.

El hombre enajenado aparece como un fenómeno de la prehistoria de la humanidad, ésta que aún vive. Anda con su ropaje desde los días iniciales en que el fuego tuvo dueño. La cultura icónica y de poder se viene for-

mando desde los primeros balbuceos humanos, y los medios masivos de comunicación y su tecnología devienen reproductores eficaces y democratizantes de imágenes, con la eficiencia y la democracia que permiten y exigen las actuales relaciones de producción.

El lenguaje audiovisual y multimediático, con su asombrosa ubicuidad, impone un acondicionamiento de la conducta. El pensamiento abstracto es atacado por iconos que nos instan a la contemplación y al conformismo. El lenguaje de los medios pretende denotar más que conformar: tiene la intención de elevar el culto a representaciones preconcebidas, con una perspicacia que envidiarían los santones del Medioevo.

Los medios y su tecnología están ahí; es más, los necesitamos para cualquier proyecto filantrópico local o universal. El hombre, entre otras cosas, debe aprender a manejar esos instrumentos para su definitiva libertad: su más cara ocupación y la más eterna.

Ante la presencia del flujo tecnológico, sobre la humanidad flota una nube de interrogantes que exigen el empleo de la sabiduría y la cordura del hombre: ¿Pueden la cibernética y la genética trascender la frontera de lo controlable y arremeter contra sus creadores? ¿La niebla electrónica puede convertirse en una contaminación irreversible? ¿La computadora y el robot podrán minar nuestras libertades personales: invadir nuestra intimidad?

Estas y otras preguntas pesan sobre nuestras conciencias, y no se trata de nuestros sueños, sino de fomentar nuestras vigiliass.

La tecnología es cada vez más ciencia, y la ciencia es cada vez más tecnología. ¿Descubriremos los vasos co-

municantes entre la ciencia, el arte y la literatura? ¿Cómo descubrirnos en la naturaleza sin esgrimir un antropocentrismo petulante?

Desde hace décadas la humanidad incuba un salto tecnológico sin precedentes, pero importa constatar que el uso de la tecnología imperante es nocivo. Estamos destruyendo la naturaleza, la sociedad, sus valores culturales: la interioridad del ser humano.

No obstante, la tecnología tiene un contenido social que la desborda, una función básica: humanizar la vida humana: lograr una interacción más eficaz y útil del hombre con la naturaleza. La inteligencia artificial es un instrumento tan imprescindible como lo fue el hacha pétrea de los cavernícolas, y el microchip no difiere en esencia del ábaco.

Otra arista del problema, también inmediata y omnipresente, aparece al indagar en el gasto energético para cada salto histórico. Los ancestros siempre previeron, y multiplicaron, sus fuentes motrices: los científicos contemporáneos ya calculan el despilfarro de esos recursos. Sin argucias efectistas muchos demuestran que la inteligencia artificial no alcanzará su plenitud de utilidad si continuamos con el desenfreno consumista del petróleo, porque el medio ambiente sólo podrá ofrecerle algunas hachas a los sobrevivientes del holocausto cotidiano de la sociedad de la información.

Nos falta humildad para imitar la solidaridad del Sol, la mágica sincronización de un hormiguero, el ajetreo fértil de las abejas. Nos falta valor para el diálogo. Tememos la comunión y la fe. No sabemos hacia dónde lleva el trillo de la infancia. ¿Qué necesitamos en nuestras casas: computadoras o paneles solares?: habría que in-

tentar sistemas digitales energizados con tecnologías solares.

El futuro de la sociedad depende de las decisiones que ahora tomemos respecto al desarrollo de las tecnologías informáticas y energéticas. Siempre existen varias alternativas, y el optar por una u otra no sólo es un problema técnico, sino también moral, ético y político. Es preciso estar alertas, porque el renacimiento europeo de siglos atrás, apreciado como el ideal que se debe imitar, incubó una ideología que hoy languidece, y propuso una estafa singular: se apropió de la cultura grecolatina sin hurgar en sus esencias: el rastreo original e inteligente de las leyes de la naturaleza y las proporciones del hombre dentro de ella (descubrió las medidas a partir de las observaciones de otros, sin comunión con la fuente, y sacralizó al hombre como el ombligo del universo, ajeno a la humildad de una flor y la solidaridad del Sol).

A la tecnología, que es la que al final multiplicará panes y peces junto a una actitud ecológica hacia el hombre y la naturaleza, no se debe llevar a la silla eléctrica. Si ayer empleamos el papiro y la imprenta de Maguncia, hoy necesitamos de los medios audiovisuales. Son simples instrumentos, pero estamos obligados a conocer sus implicaciones sociales; y recordar que con las habilidades de ayer sólo alcanzaremos a movernos torpemente y con muletas.

El hombre es consustancialmente un ser innovador y al mismo tiempo un engendro conservador. La incomunicación aflora cuando no se tienen nuevas alternativas, cuando el *engendro conservador* se impone al *ser innovador*, cuando algunos se abogan el derecho de indicarnos los puntos cardinales y el resto aplaude o acata. La

ecología social y la ecología hacia el interior del sentimiento humano deben ganar adeptos. Habría que imitar al Sol en su capacidad de dar: un compartimiento solidario, sin distinción de razas, ideologías y nivel de información o de consumo energético.

El punto de partida para cualquier análisis futurista debe evidenciar que la libertad de expresión y acción del nuevo milenio es, en la práctica, la libertad de los ricos o de quienes sustentan el poder (valga el eufemismo). Y de eso se trata, de abolir la libertad de los ricos para construir otra libertad común. En este empeño, que urge, el libro, los medios masivos de comunicación, las computadoras y las fuentes renovables de energía son instrumentos irrenunciables.

Cuba, como elemento singular dentro de la vorágine tecnológica que fluye, y desbordada de utopías en un mundo que proclama el fin de la historia, está ante el imperativo universal de salvarse mediante su herencia humanista, ancestral y latente; está impuesta de una búsqueda con todos, desde su propia fisonomía histórica, económica y social.

*(Publicado en Germinal,
No. 10, julio de 2003-enero de 2004)*

Glosario

ABIÓTICO, A. adj. Referido a los componentes del medio ambiente carentes de vida.

ACUEDUCTO. m. Conducto artificial por donde fluye el agua hacia un lugar determinado, especialmente para el abastecimiento de agua a las poblaciones.

ACUEDUCTO POR GRAVEDAD. loc. Conducto artificial por donde fluye el agua por la acción única de la fuerza de gravedad de la Tierra.

AEROGENERADOR. m. Máquina que utiliza la energía cinética del viento para mover las palas de un rotor y producir energía eléctrica.

AGENDA 21. loc. Programa de acción para el desarrollo sostenible a escala mundial, adoptado por más de 172 gobiernos en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Cumbre de la Tierra), celebrada en Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992.

AGRICULTURA ALTERNATIVA. loc. Sistema de técnicas agrícolas, distinto al usado normalmente en la actualidad, con el que se pretende lograr mejores resultados en la producción agrícola y la preservación del ecosistema asociado.

AGRICULTURA ECOLÓGICA. loc. Conjunto de técnicas y métodos no químicos de atención al suelo y la crianza de animales que tiene por fin la preservación de las cualidades agrícolas, la conservación de los recursos naturales y el establecimiento del equilibrio entre la naturaleza y las necesidades del hombre.

AGRICULTURA ORGÁNICA. loc. Sistema de cultivo que se propone evitar el uso de agroquímicos a través de la aplicación de la rotación de cultivos, la adición de subproductos agrícolas y el control biológico de plagas.

AGRICULTURA SOSTENIBLE. loc. Sistema de producción agropecuaria que permite obtener producciones estables de forma económicamente viable y socialmente justo, en armonía con el medio ambiente y sin comprometer las potencialidades presentes y futuras del recurso suelo.

AGRICULTURA SUSTENTABLE. loc. Sistema de producción agropecuaria que permite mantener la productividad y utilidad social a largo plazo, sin afectar el abastecimiento adecuado de alimentos a precios razonables, además de ser suficientemente rentable para competir con la agricultura convencional.

AGROECOLOGÍA. f. Rama de la ecología que emplea conceptos y principios ecológicos en el estudio, diseño y control de los sistemas agrícolas, como la producción diversificada, el control de plagas, el aprovechamiento de residuos orgánicos y la rotación de cultivos.

AGROECOSISTEMA. m. Ecosistema correspondiente al uso agropecuario del espacio.

AGUA POTABLE. loc. Aquella que es apta para el consumo humano y cuya ingestión no tiene efectos nocivos para la salud. En cada país las autoridades estable-

cen las especificaciones que debe cumplir este tipo de agua. La Organización Mundial de la Salud también hace periódicamente recomendaciones al respecto.

AHORRO DE ENERGÍA. loc. Reducción de los índices de consumo de energía mediante el aumento de la eficiencia de los sistemas consumidores y/o el empleo de las cantidades necesarias de energía en todas las esferas productivas y de los servicios.

AMBIENTE. m. Región, alrededores y circunstancias en las que se encuentra un ser u objeto. El ambiente de un individuo comprende dos tipos de constituyentes: el medio puramente físico o abiótico en el cual él existe (aire, agua), y el componente biótico, que comprende la materia orgánica no viviente y todos los organismos, plantas y animales de la región, incluida la población específica a la que pertenece el organismo.

AMBIENTE HUMANO. loc. Entorno natural que ha sido alterado artificialmente por el hombre y su cultura. Está constituido por tres factores básicos: lo abiótico (tierra, atmósfera, aire, sonido, clima, olores, sabores), lo biótico (animales domésticos, plantas, bacterias, virus) y los factores antropogénicos (higiene, estética, cultura, religión, deporte, política). Este ambiente es considerado como un ecosistema subordinado de la biosfera y afecta la estabilidad de los sistemas naturales vecinos.

AMBIENTE NATURAL. loc. Conjunto de áreas naturales y sus elementos constitutivos dedicados a usos no urbanos ni agropecuarios del suelo, que incluyen como rasgo fisonómico dominante la presencia de bosques, estepas, pastizales, bañados, vegas, turberas, lagos

y lagunas, ríos, arroyos, litorales y masas de agua marina, y cualquier otro tipo de formación ecológica sin explotar o escasamente explotada.

AMBIENTE URBANO. loc. Conjunto de áreas construidas o sin construir y sus elementos constitutivos cuando muestran una cierta unidad y continuidad fisonómica, con servicios públicos esenciales.

ANTRÓPICO, A. adj. Referido al efecto ambiental provocado por la acción del hombre.

ANTROPIZACIÓN. f. Acción que realiza el hombre sobre el medio ambiente.

ANTROPOCENTRISMO. m. Teoría filosófica que sitúa al hombre como centro del universo.

ARIETE HIDRÁULICO. loc. Motor hidráulico que utiliza la energía de una cantidad de líquido (comúnmente agua) situada a una altura mayor (el desnivel de un río, presa, acequia u otro depósito o caudal), con el objetivo de elevar una porción de esa cantidad de líquido hasta una altura mayor que la inicial, mediante el fenómeno físico conocido como golpe de ariete.

ARIETE HIDRÁULICO MULTIPULSOR. loc. Aquel que posee más de una válvula de impulso, con el objetivo de superar las limitaciones de potencia en los arietes hidráulicos convencionales.

ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA. loc. Conjunto de soluciones arquitectónicas que optimiza las relaciones hombre-clima y hombre-naturaleza.

BICIBOMBA. f. Bomba de sogas accionada mediante los pedales de una estructura similar a la de las bicicletas.

BIODIVERSIDAD. f. V. DIVERSIDAD BIOLÓGICA.

BIOENERGÉTICA. m. Estudio de los procesos que permiten a las células vivas utilizar, almacenar y liberar energía.

- BIOGÁS.** m. Conjunto de gases provenientes de la digestión anaerobia de residuos orgánicos, compuesto por metano, dióxido de carbono y otros gases de elevado poder calorífico.
- BIOMASA.** f. Masa de organismos en cualquier nivel trófico de un ecosistema, expresada en peso por unidad de área o de volumen, que puede ser utilizada para producir energía, mediante la combustión, u otras sustancias de interés industrial, mediante procesos de fermentación.
- BIOSFERA.** f. Espacio terrestre donde se desarrollan los seres vivos.
- BIOTA.** f. Conjunto de la flora y la fauna de un ecosistema.
- BIÓTICO,** A. adj. Perteneciente o relativo a la biota.
- BOMBA DE SOGA.** loc. Bomba de agua manual que constituye un circuito cerrado entre la fuente de agua y la superficie o nivel deseado, mediante una sogá sinfín en la que se disponen pistones de goma u otro material, a intervalos determinados.
- BOMBA SOLAR.** loc. Bomba de sogá accionada por la energía eléctrica producida mediante paneles solares fotovoltaicos.
- CALIDAD AMBIENTAL.** loc. Indicador del grado de adecuación del medio ambiente con las necesidades de vida de los organismos, en especial del hombre.
- CALIDAD DE VIDA.** loc. Criterio de bienestar humano considerado integralmente.
- CALOR.** m. Forma de la energía asociada al movimiento desordenado de las moléculas, y que al pasar de un cuerpo a otro provoca que se equilibren sus temperaturas.
- CELDA DE COMBUSTIBLE.** loc. Mecanismo electroquímico en el que la energía de una reacción química, en la que

intervienen comúnmente el hidrógeno y el oxígeno, se convierte directamente en energía eléctrica, que puede ser almacenada.

CELDA SOLAR FOTOVOLTAICA. loc. Dispositivo o elemento semiconductor que utiliza el efecto fotovoltaico para convertir la radiación solar directamente en energía eléctrica.

CENTRAL HIDROELÉCTRICA. loc. Conjunto de instalaciones que transforman la energía potencial de gravedad del agua en energía eléctrica, mediante generadores accionados por turbinas hidráulicas.

CENTRAL NUCLEAR. loc. Conjunto de instalaciones que transforman la energía liberada a partir de reacciones nucleares en energía eléctrica.

CENTRAL TÉRMICA. loc. V. CENTRAL TERMOELÉCTRICA.

CENTRAL TERMOELÉCTRICA. loc. Conjunto de instalaciones que transforman la energía térmica en energía eléctrica, mediante la combustión de combustibles fósiles.

COGENERACIÓN. f. Producción combinada de energía eléctrica y energía térmica aprovechable (calor), que permite mayor eficiencia energética.

COMBUSTIBLE LIMPIO. loc. Fuente de energía que no produce contaminación.

COMBUSTIBLE NUCLEAR. loc. Material capaz de producir energía mediante un proceso de fusión o fisión nucleares.

COMBUSTIBLES FÓSILES. loc. Sustancias provenientes de la descomposición lenta de materiales orgánicos, procesadas de forma natural a través del tiempo geológico y constituidas por carbono o diferentes combinaciones de carbono e hidrógeno, como el carbón, el petróleo y el gas natural. Constituyen fuentes agotables (no renovables) de energía.

COMBUSTIÓN. f. Reacción exotérmica (con producción de calor) bastante rápida, en la cual el oxígeno se combina con elementos combustibles.

CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD. loc. Gestión de las interrelaciones humanas con los genes, las especies y los ecosistemas con el objetivo de producir los mayores beneficios para la generación actual y mantener sus posibilidades de satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras.

DESARROLLO SOSTENIBLE. loc. Proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, mediante el cual se procura el crecimiento económico y social en una relación armónica con la protección del medio ambiente, con respeto pleno a la integridad étnica y cultural regional, nacional y local, el fortalecimiento de la participación democrática de la sociedad, en convivencia pacífica y en armonía con la naturaleza, de modo tal que se satisfagan las necesidades de las generaciones actuales, sin poner en riesgo la satisfacción de las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras.

DIVERSIDAD BIOLÓGICA. loc. Variedad de organismos vivos dentro de cada especie, entre las especies y entre los ecosistemas.

ECOLOGÍA. f. Ciencia que estudia las relaciones de los organismos entre sí y su medio ambiente. En dependencia del contexto, la ecología puede subdividirse en diversas especialidades, como la ecología humana, vegetal y animal, entre otras.

ECOSISTEMA. f. Sistema complejo con una determinada extensión territorial, dentro del cual existen interacciones de los seres vivos entre sí y de estos con el medio

físico o químico. Unidad estructural, funcional y de organización que incluye a todos los organismos y las variables ambientales bióticas y abióticas que interactúan en un área determinada.

ECOSISTEMA CONSTRUIDO. loc. Ecosistema dominado por edificaciones, rutas, aeropuertos, puertos, minas y otras construcciones antrópicas.

ECOSISTEMA CULTIVADO. loc. Ecosistema en el que el impacto humano es mayor que el de cualquier otra especie y cuya mayoría de componentes estructurales son culturales.

ECOSISTEMA DEGRADADO. loc. Ecosistema cuya diversidad y productividad han sido tan reducidas que será improbable conseguir su restauración sin adoptar medidas de rehabilitación o recuperación.

ECOSISTEMA INDUSTRIAL. loc. Complejos de producción (industrias) interconectados de manera tal que los residuos o subproductos de unos sirven como materia prima para otros.

ECOSISTEMA NATURAL. loc. Ecosistema en el que cada especie realiza su actividad independiente pero se interrelaciona con otras actividades de otras especies, y mantienen el equilibrio de las condiciones físico-químicas y biológicas necesarias para reproducirse.

ECOTURISMO. m. Modalidad de turismo basada en la explotación de la naturaleza y sus valores como motivación turística.

EDUCACIÓN AMBIENTAL. loc. Modelo teórico, metodológico y práctico que trasciende el sistema educativo tradicional, como un proceso continuo y permanente que constituye una dimensión de la educación integral de todos los ciudadanos, orientada a que en el pro-

ceso de adquisición de conocimientos, desarrollo de hábitos, habilidades y actitudes se armonicen las relaciones de los hombres entre sí y con la naturaleza, para orientar los procesos de desarrollo hacia la sostenibilidad.

EFFECTO INVERNADERO. loc. Fenómeno de absorción selectiva de los rayos solares con respecto a sus longitudes de onda por parte de la atmósfera terrestre o de otros objetivos materiales, que produce un aumento de la temperatura de la Tierra debido al incremento de las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono y otros gases.

EFICIENCIA ENERGÉTICA. loc. Gestión que permite conservar y disponer de los recursos energéticos mediante el ahorro de energía, el cambio de estilos de vida, la adecuación de las formas de producción de bienes y servicios, y el uso eficaz de los recursos disponibles.

ENERGÍA. f. Capacidad de la materia para transformarse e intercambiar sus propiedades. La equivalencia masa-energía se expresa en la ecuación einsteniana $E = mc^2$, donde E es la energía, m la masa y c la velocidad de la luz en el vacío.

ENERGÍA EÓLICA. loc. Energía cinética del viento que puede transformarse y utilizarse en otras formas de energía aprovechables, como la eléctrica (aerogeneración) y la mecánica (navegación a vela, bombeo de agua y moler granos).

ENERGÍA GEOTÉRMICA. loc. Energía calorífica que puede obtenerse a partir de materiales terrestres (agua, rocas) anormalmente calientes, y se trasfiere a la superficie por difusión, movimientos de convección en el magma (roca fundida) y circulación de agua en las profun-

tidades, para su utilización en la generación de energía eléctrica, en la calefacción o en procesos de secado industrial. En general, la temperatura de los materiales terrestres aumenta con la profundidad de forma regular (gradiente geotérmico), pero pueden existir anomalías locales dependientes de la geología del terreno.

ENERGÍA HIDRÁULICA. loc. Energía potencial gravitatoria de una masa de agua que puede ser transformada en otras formas de energía, como la eléctrica (centrales hidroeléctricas) y la mecánica (ruedas, molinos, arietes hidráulicos).

ENERGÍA LIMPIA. loc. Energía cuya utilización no implica riesgos potenciales añadidos y supone un nulo o escaso impacto ambiental.

ENERGÍA POTENCIAL. loc. Energía almacenada que posee un sistema como resultado de las cualidades o posiciones relativas de sus componentes.

ENERGÍA PRIMARIA. loc. Energía contenida en recursos naturales (carbón, petróleo crudo, luz solar, uranio) que no han sido objeto de ninguna conversión o transformación antropogénica.

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA. loc. Energía eléctrica obtenida a partir de la luz solar mediante celdas solares fotovoltaicas que responden a la energía luminosa liberando electrones.

ENERGÍA SOLAR. loc. Energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión, cuya disponibilidad en la superficie terrestre depende del día del año, la hora, la latitud y la orientación del dispositivo receptor. Mediante la radiación de su energía electromagnética, el Sol aporta directa o indirectamente

toda la energía necesaria para mantener la vida en la Tierra y para satisfacer las necesidades energéticas de la humanidad.

ENERGÍAS RENOVABLES. loc. V. FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.

ESTRATEGIA AMBIENTAL NACIONAL. loc. Expresión de la política ambiental de un país, en la cual se plasman sus proyecciones y directrices principales.

FUENTES CONVENCIONALES DE ENERGÍA. loc. Fuentes de energía o portadores energéticos no renovables, como el petróleo, el gas natural, el carbón y la gasolina, causantes de una parte importante de los impactos ambientales más significativos.

FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA. loc. Las fuentes de energía disponibles, sostenibles e inagotables, en cantidades no necesariamente constantes, que se renuevan de manera natural, no implican impactos ambientales significativos y proceden directa (rayos solares) o indirectamente de la energía solar (agua, viento, biomasa).

GASES DE EFECTO DE INVERNADERO. loc. Gases que se producen de forma natural o como resultado de la acción antrópica y que contribuyen a producir el calentamiento atmosférico, como el dióxido de carbono, el óxido nitroso, el metano, el ozono de la troposfera y los clorofluorocarbonos.

GASOLINA. f. Mezcla de hidrocarburos líquidos ligeros, utilizada como combustible en los motores de combustión interna.

GESTIÓN AMBIENTAL. loc. Conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales mediante la conservación, mejoramiento, rehabilitación y monitoreo del medio ambiente, y el con-

trol de la actividad del hombre en esta esfera; aplica la política ambiental establecida mediante un enfoque multidisciplinario, y tiene en cuenta el acervo cultural, la experiencia nacional acumulada y la participación ciudadana.

GOLPE DE ARIETE. loc. Fenómeno físico que ocurre cuando varía bruscamente la presión de un fluido dentro de una tubería, motivado por el cierre o abertura de una llave, grifo o válvula.

HÁBITAT. m. Lugar de condiciones apropiadas para que viva un organismo, especie o comunidad animal o vegetal.

HIDROCARBUROS. m. pl. Compuestos resultantes de la combinación del carbono con el hidrógeno, que se encuentran presentes en los productos derivados del petróleo y el gas natural.

HOLISMO. m. Doctrina que propugna la concepción de cada realidad como un todo distinto de la suma de las partes que la componen.

IMPACTO AMBIENTAL. loc. Alteración del medio ambiente provocada por la actividad humana en un área determinada.

MEDIO AMBIENTE. loc. Sistema de elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos con que interactúa el hombre, a la vez que se adapta a este, lo transforma y lo utiliza para satisfacer sus necesidades en el proceso histórico-social.

MOLINO DE VIENTO. loc. Máquina que utiliza la energía cinética del viento para mover sus aspas y producir energía mecánica y/o eléctrica, principalmente para bombear agua o moler granos.

PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO. loc. Panel con una serie de celdas o superficies solares fotovoltaicas, normalmente con marco y placa de montaje.

PARQUE EÓLICO. loc. Instalación para producir energía eléctrica a partir de la energía cinética del viento, mediante aerogeneradores generalmente conectados a la red de distribución eléctrica.

PETRÓLEO. m. Mezcla líquida de hidrocarburos de origen natural que se encuentra en yacimientos limitados por rocas impermeables, de la cual se obtienen, mediante procesos de destilación y refinado, distintos productos energéticos o industriales, como la gasolina, el gasóleo, el queroseno y la nafta.

POLÍTICA AMBIENTAL. loc. Estrategia trazada por una entidad científica, gubernamental o de otro tipo para regular las intervenciones en el medio ambiente.

POLÍTICA AMBIENTAL INTERNACIONAL. loc. Actividades intergubernamentales que se establecen entre dos o más países, mediante acuerdos, tratados, conferencias, declaraciones y proyectos conjuntos, tendientes a la preservación, conservación, explotación racional de los recursos naturales de la biosfera y la lucha contra la contaminación.

PRODUCCIÓN LIMPIA. loc. Práctica de aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, producciones y servicios para incrementar su eficiencia, reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente, y lograr la sostenibilidad del desarrollo económico.

PROGRAMA AMBIENTAL. loc. Planificación de las actividades y de los objetivos específicos de una entidad para asegurar la protección del medio ambiente, que comprende las medidas adoptadas o previstas para alcanzar sus objetivos y, en caso necesario, los fijados para la aplicación de tales medidas.

PROGRAMA NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO. loc. Programa aprobado por el Gobierno cubano, a finales de 1993, que representa la adecuación nacional a los objetivos y metas propuestos en la Agenda 21 y la proyección concreta de la política ambiental de Cuba, que contiene lineamientos para la acción de los que intervienen en la protección del medio ambiente y para el logro del desarrollo sostenible.

RECURSO. m. Materia o energía que sirve directa o indirectamente para el logro del bienestar humano.

RECURSOS AGROPECUARIOS. loc. Plantaciones permanentes y sistemáticas de especies vegetales, las masas de las distintas clases de ganado y las instalaciones destinadas a la protección, desarrollo y producción agropecuaria.

RECURSOS BIÓTICOS. loc. Componentes de la diversidad biológica que directa, indirecta o potencialmente utiliza la humanidad.

RECURSOS ENERGÉTICOS. loc. Conjunto de la energía o vectores de energía existentes en la naturaleza que pueden ser aprovechados mediante procedimientos técnicos.

RECURSOS FAUNÍSTICOS. loc. Conjunto de especies animales utilizables por el hombre.

RECURSOS FITOGENÉTICOS. loc. Conjunto de componentes del material genético de las especies vegetales utilizables por el hombre.

RECURSOS FLORÍSTICOS. loc. Conjunto de especies vegetales utilizables por el hombre.

RECURSOS FORESTALES. loc. Conjunto de especies forestales utilizables por el hombre.

RECURSOS GENÉTICOS. loc. Conjunto de dotaciones genéticas de la biota portadoras de la herencia que implica recursos.

- RECURSOS HÍDRICOS. loc.** Volúmenes de agua dulce contenidos en la superficie terrestre o en acuíferos subterráneos que están disponibles para su uso como agua potable, regadío, agente energético, etcétera.
- RECURSOS MARINOS. loc.** Conjunto de seres vivos, fondos marinos y aguas de los mares que resultan útiles al hombre.
- RECURSOS MINERALES. loc.** Minerales sólidos, líquidos o gaseosos que existen en forma de yacimientos susceptibles de ser aprovechados por el hombre.
- RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES. loc.** Recursos que no pueden ser reemplazados, regenerados o llevados de nuevo a su estado original una vez que se han extraído, como los combustibles fósiles y los minerales.
- RECURSOS NATURALES RENOVABLES. loc.** Recursos que son capaces de regenerarse de forma natural al provenir de fuentes inagotables (como la energía solar), de importantes ciclos físicos (como el hidrológico) o de sistemas biológicos cíclicos (como el agroforestal).
- RECURSOS NATURALES. loc.** Conjunto de materiales, ecosistemas o segmentos de la naturaleza, tanto biótica como abiótica, susceptibles de ser aprovechados por el hombre.
- RECURSOS PAISAJÍSTICOS. loc.** Espacios geográficos, de origen natural o antrópico, cuyos valores estéticos, simbólicos o históricos les confieren especial valor para el hombre.
- RECURSOS PESQUEROS. loc.** Recursos naturales renovables, animales o vegetales, que viven en el agua y cuya capacidad de renovación es limitada por la estructura genética de las especies y por la dinámica de los ecosistemas.
- RECURSOS TURÍSTICOS. loc.** Elementos naturales o artificiales aprovechables para las actividades recreativas y turísticas.

SINERGIA. f. Acción de dos o más causas cuyo efecto es superior y distinto a la suma de los efectos individuales.

SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO. loc. Sistema que transforman la energía solar en energía eléctrica y puede almacenarla, constituido básicamente por una celda, un módulo o varios paneles solares fotovoltaicos; un controlador de carga de baterías de acumulación, una o varias baterías de acumulación, y un inversor o convertidor de corriente directa en corriente alterna (opcional).

SOSTENIBILIDAD. f. Uso de la biosfera por las generaciones actuales, al tiempo que se mantienen sus rendimientos potenciales para las generaciones futuras.

SUSTENTABILIDAD. f. Capacidad de un sistema para desarrollarse con los recursos propios, de manera tal que su funcionamiento no dependa de fuentes externas, sin que signifique que éstas no se consideren.

TELURISMO. m. Influencia del suelo de una comarca sobre sus habitantes.

TRÓFICO, A. adj. Perteneciente o relativo a la nutrición.

TURISMO ECOLÓGICO. loc. Modalidad de turismo que consiste en la visita a lugares con especiales valores naturales o seminaturales.

USO SOSTENIBLE. loc. Utilización que se hace de un organismo, ecosistema u otro recurso renovable dentro de los límites de su capacidad de renovación.

Nota bibliográfica

Los materiales publicados en este libro fueron escritos por el autor entre abril de 2002 y abril de 2006, excepto el artículo referido al acueducto de Albear, y reproducidos en las publicaciones seriadas *Energía y tú*, *Germinal* y *Aguas de La Habana*.

ENERGÍA Y TÚ

Revista científico-popular trimestral de la Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental, CUBASOLAR, publicada desde octubre de 1997. El autor dirige, edita y diseña esta publicación desde abril de 2002.

GERMINAL

Boletín de educación alimentaria para la sostenibilidad, del Jardín Botánico Nacional y CUBASOLAR. El autor edita y diseña esta publicación desde su creación en agosto de 2002.

AGUAS DE LA HABANA

Revista de la Sociedad Concesionaria para la Gestión y Fomento de los Servicios de Acueducto, Alcantarillado, Saneamiento y Drenaje Pluvial, Aguas de La Habana. El autor editó y diseñó esta publicación desde su creación en abril de 2001, hasta diciembre del mismo año.

Este libro ha sido impreso
por la Editorial CUBASOLAR.
Se terminó de imprimir en La Habana,
en abril de 2006.
«Año de la Revolución Energética en Cuba».

Esta selección de artículos nos estimula a estudiar con inteligencia y corazón abierto la historia de la humanidad. Al mirar así los descubrimientos, progresos y derroches del hombre, Alejandro Montecinos nos ayuda a comprender que sólo con una visión holística de la vida, es decir, alejados del egoísmo, con amor, como partes integrantes de la naturaleza y en continuo intercambio de gérmenes vitales, se puede asegurar el futuro de nuestro planeta. Con sus palabras, al mismo tiempo portadoras de sentido técnico, filosófico y político, nos indica que el Sol es el maestro de ese tipo de elección.

ALEJANDRO MONTECINOS LARROSA (La Habana, 1964). Escritor y periodista. Ingeniero Mecánico y Máster en Ciencias. Autor del libro *Matrimonio solar*. Director de la Editorial CUBASOLAR; director, editor y diseñador de la revista científico-popular *Energía y tú*; editor-jefe de la revista científica electrónica *Eco Solar*; y editor y diseñador del boletín *Germinal*, de educación alimentaria para la sostenibilidad.

ISBN 959-7113-30-9



Ejemplar firmado y numerado por el autor.