

BATERÍAS

Hay muchos sistemas a pequeña-escala que sirven para generar electricidad. Sin embargo, la electricidad se obtiene de manera intermitente. Para poder acceder a ella de manera ininterrumpida, es necesario utilizar algún tipo de sistema de almacenamiento o batería.

Existe una amplia variedad de baterías, por lo que el objetivo de este Informe Técnico será servir como introducción a las ventajas y desventajas que presentan cada una de ellas. El punto de partida es el hecho de que no existe una batería universal que cumpla con las necesidades de todas las aplicaciones posibles. En el capítulo 7 de *'Rural Lighting'*, ITDG Publishing, podrás encontrar en mayor profundidad los siguientes temas: (i) la descripción de cómo funciona una batería, (ii) términos y definiciones utilizadas a la hora de hablar sobre baterías recargables, y (iii) detalles sobre cómo cargar un sistema de almacenamiento/batería.

Los tipos de baterías se dividen en los siguientes grupos:

Celdas primarias o Baterías secas

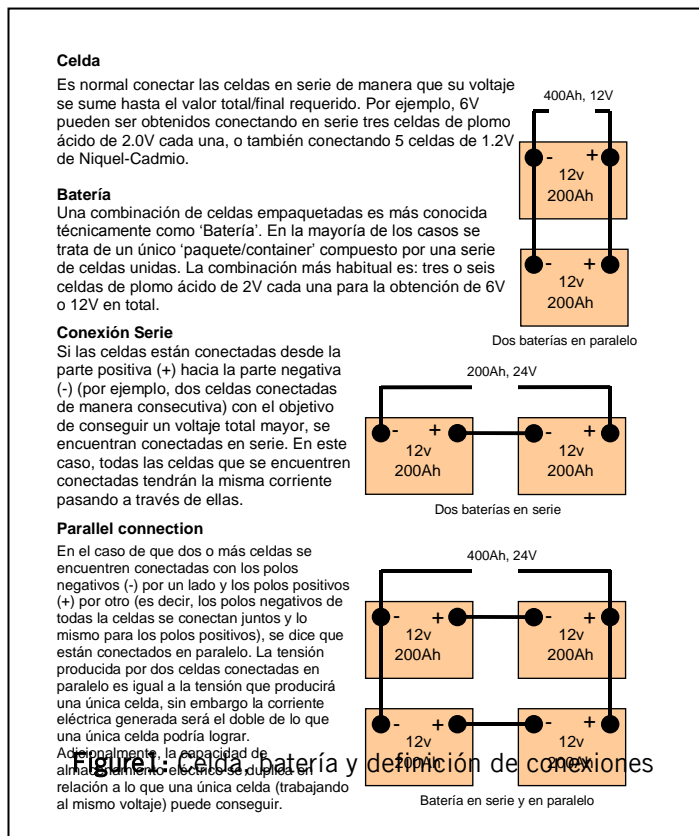
- Estándares Zinc-Carbono
- Alcalinas o de carga pesada

Celdas secundarias o Baterías recargables

- Baterías de plomo ácido
 - Ventiladas de plomo ácido
 - Automoción (coches)
 - Descarga-profunda o tracción
 - Estacionaria
 - Batería solar baja en antimonio
 - Sellada o con válvula de regulación

Baterías de Nickel- Cadmio

- Ventiladas
- Selladas



Celdas primarias - Baterías secas:

La conocida como batería de linterna es probablemente la batería más utilizada, principalmente en el Sur. Este tipo de baterías vienen en tamaños estándares de AAA, AA, C y D.

Aunque el coste inicial de compra o adquisición de este tipo de celdas secas es relativamente bajo, es una de las fuentes de generación de energía menos rentables en relación al coste por unidad de energía útil generada. De hecho, sólo es posible obtener una cantidad limitada de energía antes de que sea desechable. Las baterías secas son utilizadas en grandes cantidades por gente pobre, principalmente debido a su asequibilidad. Debido a su alto coste, son adecuadas únicamente para alimentar pequeños electrodomésticos durante periodos cortos o de emergencia.

Este tipo de baterías están basadas en una reacción electroquímica irreversible, y por lo tanto, no puede ser alcanzada. En el momento en que los químicos contenidos en la batería son consumidos, la batería deja de ser útil y debe ser desechada. Sin embargo, en los últimos años este tipo de baterías ha sufrido una gran mejora y actualmente existen dos tipos de calidades (disponibles en cualquier tamaño): Zinc-carbono estándar, y alcalino (conocidos también como ‘reforzadas’ o baterías de ‘larga duración’).

Celdas de Zinc-carbono

Este tipo de celda es la más comúnmente utilizada y la más barata dentro de las baterías secas. El voltaje de cualquier celda de Zinc-carbono es de entre 1.3V hasta 1.5V cuando los químicos aún están frescos. El tamaño de la celda sólo influye en la corriente (y por lo tanto en la potencia) que puede llegar a producirse.

Celdas Alcalinas

Las celdas alcalinas son más sofisticadas en diseño en comparación con las de Zinc-carbono, y tienen una mayor capacidad eléctrica. Estas celdas también son conocidas como celdas de dióxido de manganeso, o también celdas de ‘reforzadas’ o baterías de ‘larga duración’. El voltaje de salida es de 1.5V cuando los químicos aún están frescos.

Cómo Funciona

Cuando una celda se descarga, su voltaje cae. Una celda fresca de Zinc-carbono en principio parte con un voltaje de salida de 1.5V, pero hacia el final de su vida útil dicho voltaje cae hasta un valor entorno a los 0.8V-0.9V.

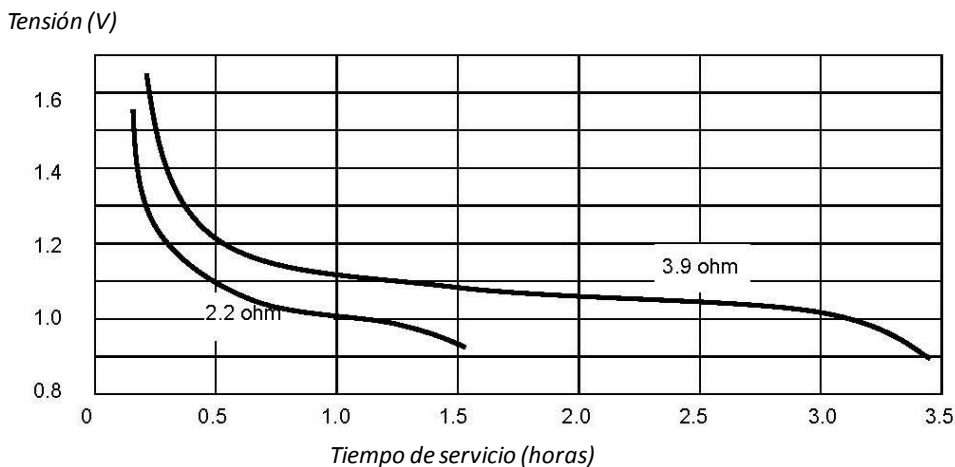


Figura2: Ratio de descarga continua para una celda de Zinc-carbono de tamaño C

La capacidad eléctrica de una celda es la cantidad total de electricidad que sea capaz de generar. Las celdas frescas del mismo tipo y tamaño tienen la misma capacidad eléctrica.

La capacidad eléctrica real, sin embargo, no es fija. Esta depende de muchos factores como: el tamaño de la celda, el tipo de celda, el ratio de descarga, la temperatura y el modo/condiciones de uso.

Para un tipo de celda dado, a mayor tamaño, mayor será la capacidad eléctrica. Cuanto mayor es la corriente eléctrica, a mayor velocidad se consume la celda. Una linterna, por ejemplo, obtiene entre 0.3A y 0.5A con una celda tipo D (el 50% de su capacidad). Si se utiliza de manera continua, la situación es aún peor; la celda de tipo D probablemente sólo sea capaz de generar el 25% de su capacidad.

Es habitual el uso de este tipo de baterías secas en radios y radio-casetes hasta que su voltaje cae (la mayoría de los aparatos electrónicos necesitan un mínimo de voltaje para poder funcionar), y por lo tanto estas celdas se acaban de usar en linternas, donde la batería con bajo voltaje se traduce en luz escasa y amarilla.

Factores que Afectan la Vida Útil:

La capacidad de las celdas secas, como la mayoría del resto de baterías, aumenta a temperaturas altas. La capacidad se mide/da habitualmente a 20°C; por encima de esta temperatura la capacidad aumentará y por debajo de ella disminuirá, por lo que el calentamiento de las baterías previo uso resultará en un incremento de potencia obtenida.

Las celdas primarias son estables en términos de auto-descarga. Algunas de las celdas de tipo alcalinas reforzadas pueden mantenerse durante años sin mayor pérdida que un pequeño porcentaje de su capacidad eléctrica.

Características de celdas primarias en comparación con celdas secundarias miniaturizadas						
Tipo de celda	Tamaño de celda	Número de ciclos	Capacidad Nominal ah	Energía Útil ¹ Wh	Coste de celda US\$	Coste Unitario ² US\$/kWh
Zn-C	D	1	5.5	2.2	1.0	450.0
Alcalina	D	1	16.0	14.0	2.0	140.0
Ni-Cd	D	100	4.0	400.0	8.5	21.0
	D	200	4.0	800.0	8.5	10.6
	D	500	4.0	2000.0	8.5	4.25

¹ La Energía Útil (Wh) ha sido obtenida a partir de las curvas características para celdas secas y de las curvas de carga para una aplicación de iluminación pequeña (por ejemplo una linterna: ratio de descarga 0.5^o; dos celdas en serie para una bombilla de 1.2W/2.5V)

² El Coste Unitario (US \$) indica el coste de la batería por unidad de generación. Para el caso de las baterías recargables, la necesidad de una fuente de alimentación añade un coste extra de una cantidad variable que dependerá del tipo de cargador. Obviamente el cargador durará muchos ciclos más que una celda individual de Ni-Cd. Se dan ejemplos para ciclos de 100, 200 y 500 ciclos para celdas de Ni-Cd.

El tipo de celda Zn-C más barata se deteriora de manera más rápida, pero a pesar de esto mantienen su capacidad mejor que cualquier otro tipo de fuente de energía portátil. El ratio de auto-descarga es afectado de manera negativa por las altas temperaturas, por lo que el almacenamiento de dichas celdas requiere el mantenimiento de la temperatura en torno a los 10°C-25°C y la humedad relativa menor a al 65%.

Coste

El coste de la electricidad obtenida a través de celdas primarias varía mucho, van desde US\$140 hasta US\$1300 por kWh; además, la electricidad es desde 700 hasta 6500 veces más cara que la que se obtiene a través de la línea eléctrica (a coste US\$0.2/kWh). El coste inicial de las baterías primarias es barato, pero el coste unitario es extremadamente elevado. Sin embargo, y a pesar de lo dicho, el uso de este tipo de baterías es común: por un lado, debido a que el coste se reparte en un periodo de tiempo, por otro debido a que son convenientes, pero principalmente, porque en muchos casos es la única fuente de alimentación disponible (en concreto en áreas rurales).

Celdas Secundarias: Baterías y Celdas Recargables

Existen dos tipos de celdas secundarias principales de uso general: plomo ácido y Níquel-Cadmio (Ni-Cd).

Baterías de Níquel-Cadmio

La principal alternativa para la batería de plomo ácido es la de Níquel-Cadmio o batería Ni-Cd. Las baterías de Ni-Cd están disponibles ventiladas o selladas, como las baterías de plomo ácido. Las Ni-Cd ventiladas están diseñadas para aplicaciones en las que se requiere un almacenamiento de energía robusto con largos periodos de funcionamiento y un mantenimiento mínimo. Las baterías de Ni-Cd selladas y normalmente de pequeño tamaño (por ej. Tamaño AAA, AA o D) se utilizan como un recambio económico de las celdas secas.

La tensión nominal de una celda de Ni-Cd es de 1.2V, por lo que un sistema de 12V nominales requerirá de 10 celdas. Las celdas de Ni-Cd suelen soportar mayores descargas que las baterías de plomo ácido, por lo que con una menor capacidad puede cubrirse la misma carga de trabajo. Además, la duración en el tiempo de las mismas es mayor, entre 10 y 20 años más larga que el resto. Las celdas de Ni-Cd también son menos sensibles a la sobre-descarga y la sobre-carga, lo que hace que el sistema de control utilizado para la fuente de recarga sea más sencilla y barata, compensando el precio unitario extra. Respecto a la temperatura, tienen mejor tolerancia a los cambios de temperatura extremos en comparación con las baterías de plomo ácido, y pueden trabajar en temperaturas por debajo de 0°C.

Aunque las baterías de plomo ácido son robustas y fiables, tienen algunas desventajas que pueden provocar algunos problemas. Una de las principales desventajas es que la inversión de la polaridad a la hora de realizar la recarga de este tipo de baterías lleva a la total destrucción de la misma. Sin embargo, esto puede ocurrir también cuando una de las celdas que compone la batería es más débil que el resto. En ciertas circunstancias, puede ocurrir que el resto de celdas inviertan la polaridad de la celda más débil, llegando a destruirla. Esta es una buena razón para no llevar a cabo prácticas en las que celdas viejas y nuevas se mezclen para la recarga o el uso conjunto de todas ellas.

Características principales de baterías varias						
Tipo	Profundidad de descarga	Auto-descarga (capacidad mensual)	Nº de ciclos	Vida de la celda	Coste aproximado (<100Ah)	Coste aproximado (>100Ah)
	%	%		years	US\$/kWh	US\$/kWh
Plomo ácido						
Automoción	20	30	300-600	1-3	100-150	80
	80		20			
Tracción	80	5-7	1500	4-6	200-400	200
Estacionaria	50	3	3000	5-10	300-4000	250
	80		1200			
Solar	50	1-3	3000	5-10	250-350	200
Baja en antimonio	80	3	1200			
Sellada	20	2-6	400-1500	4-8	150-500	200
Ni-Cd						
Sellada	100	5-30	100-10000	3-5	600-1000	N/A
Sin-Sellar	100	3-5	1000-2000	20	5000	350

Nota: el coste en US\$/kWh se calcula de la siguiente manera: el precio de la batería dividido entre el ratio de capacidad.

Otra característica típica de las baterías de Ni-Cd es su tendencia a la auto-descarga, mayor que el de las baterías plomo ácido y mucho mayor que el de las celdas primarias. Por lo tanto, las celdas de Ni-Cd que sustituyen a las celdas primarias necesitan ser cargadas de manera regular; y son menos útiles para los casos de uso esporádico, que para los que soportan cargas de manera regular. Estas son especialmente adecuadas para pequeñas aplicaciones fotovoltaicas donde son recargadas a diario mediante la luz solar.

Efecto de Memoria en las Baterías de Ni-Cd

El efecto de memoria es la tendencia que tiene la batería para el ajuste de sus propiedades eléctricas en un cierto ciclo de trabajo al cual ha sido asignado para un cierto periodo de tiempo. Las baterías ventiladas de placa de bolsillo no desarrollan esta capacidad/efecto, pero en cambio las celdas selladas de tamaños AAA, AA, C y D sí lo hacen. La forma de remediar este problema es haciendo que las baterías estén totalmente ‘despiertas’. La carga y descarga completa de la batería durante tres o cuatro ciclos hace que la memoria de la batería se ‘estire’ lo suficiente para hacerla capaz de soportar una carga completa de la misma.

Costes

Las pequeñas baterías de Ni-Cd tienen un coste inicial mayor en comparación a las celdas primarias, sin embargo trabajan de manera mucho más barata a largo plazo debido a que pueden ser recargadas y reutilizadas desde 100 hasta 1000 veces antes de que pierdan su capacidad y requieran ser sustituidas. Obviamente, es necesario un cargador adecuado para la recarga de dichas celdas; el cargador puede ser especial de bajo-voltaje alimentado por el suministro eléctrico o por un set de generación, así como por solar fotovoltaica. Las baterías grandes de Ni-Cd también pueden ser competitivas en coste frente a las grandes (>100Ah) baterías de plomo ácido, ya que son 100% descargables mientras que las baterías de plomo ácido normalmente deberían estar limitadas en un 50-70% de descarga de su capacidad total.

Plomo ácido

La opción más barata para cualquier medida de almacenamiento de electricidad es la batería de plomo ácido. Estas baterías tienen un voltaje nominal de carga total de 2V por celda, por lo que una batería típica de 12V estará compuesta por seis celdas conectadas en serie. Además solo son capaces de soportar un número de ciclos determinado de carga-descarga antes de que dejen ser funcionales y su reemplazo sea necesario. A mayor profundidad de descarga (mayor es la ‘plenitud’ obtenida en la batería) menor el número de ciclos que aguantará/sobrevivirá. Por ejemplo, una batería que habitualmente es descargada al 80% de su capacidad total, durará aproximadamente 800 ciclos; sin embargo, si se descarga únicamente el 20% podrá durar 6000 ciclos. Si la batería se descargara al 20% en lugar del

80%, el ratio de capacidad debería de ser cuatro veces superior para generar la misma cantidad de energía, eso sí, con una duración de vida cuatro veces mayor. El tamaño de la batería es, por tanto, una decisión entre hacerla grande pero cara, o pequeña y asequible económicamente, aunque fácilmente descargable y por tanto de corta vida útil.

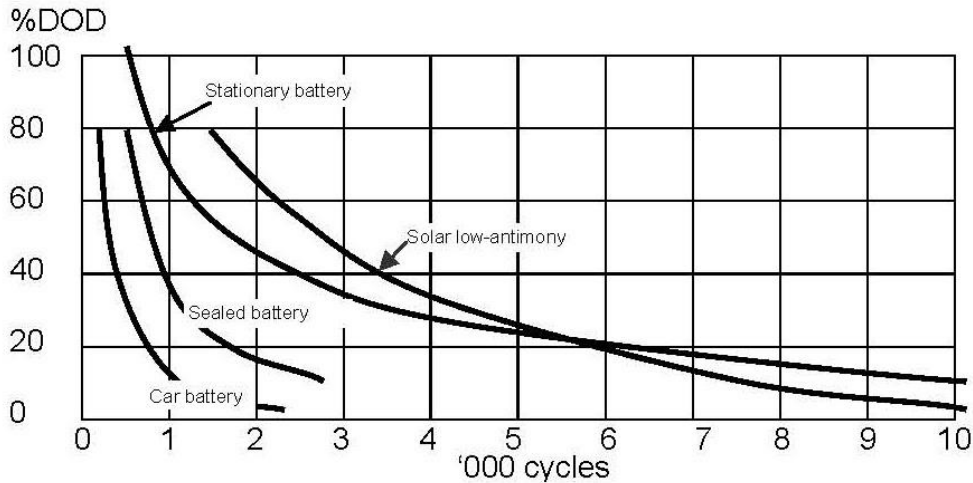


Figura 3: Ciclo de vida vs profundidad de descarga de varios tipos de baterías de plomo ácido

La capacidad de las baterías plomo ácido suelen ser especificadas para temperaturas de trabajo de 25°C. La capacidad suele reducirse 1% por cada 1°C que disminuye la temperatura; mientras que aumenta en torno a un 1% por cada 1°C que aumenta la temperatura (entre 25°C y 40°C). El problema es que la vida útil de la batería disminuye con el aumento de dicha temperatura, por lo que en un clima tropical las baterías deben mantenerse cuando sea posible en un lugar/espacio fresco y ventilado.

Hay muchos sistemas en pequeña-escala que sirven para generar electricidad. Sin embargo, la electricidad se obtiene de manera intermitente. Para poder acceder a ella de manera ininterrumpida, es necesario utilizar algún tipo de sistema de almacenamiento o batería. Las baterías plomo ácido se dividen en 5 categorías (de las cuales las cuatro primeras son selladas):

- Automoción.
- Tracción o descarga profunda .
- Estacionaria.
- Batería solar baja en antimonio.
- Sellada o con válvula de regulación.

Baterías de Automoción

Las baterías de automoción tienen poca capacidad para el tamaño que tienen, así como una vida útil muy corta. Una batería típica de este tipo aguantará alrededor de 20 ciclos de descarga-profunda antes de quedar inservible. Las baterías de los coches se dañan fácilmente si se mantienen descargadas durante un periodo de tiempo. El diseño de estas celdas está optimizado para proporcionar grandes corrientes de intensidad, y por lo tanto no son adecuadas para el abastecimiento de pequeñas corriente de intensidad durante muchas horas sin ser recargadas.

Sin embargo, las baterías de coches son habitualmente las más baratas en lo que a ratio de capacidad se refiere. Suelen ser producidas a nivel local, y hay amplia disponibilidad y capacidad de reparación.

ficha técnica

Baterías de Descarga Profunda o de Tracción

Las baterías de descarga profunda pueden tolerar descargas de hasta el 80% de su ratio capacidad, siendo entre 1000-1500 ciclos profundos (ciclo de vida). Tienen a perder agua a mayor velocidad que el resto de baterías plomo ácido, lo que requiere un mantenimiento constante. Son comúnmente utilizadas en vehículos eléctricos y se conocen también como baterías tractoras. Su ratio de descarga es alto también, son relativamente caras, requieren de mucho mantenimiento y, en muchas ocasiones, no están disponibles a nivel local.

Baterías Estacionarias

Estas baterías se conocen habitualmente como autónoma o baterías reposo, y han sido diseñadas para abastecer de energía cuando hay un fallo en la red eléctrica. En la mayoría de las aplicaciones las baterías se mantienen totalmente cargadas mediante el suministro principal, de manera que están siempre listas para cubrir la carga cuando se necesite. Son extremadamente fiables, tienen un bajo ratio de auto-descarga y una larga vida útil con ciclos superficiales, de más de 10 años. Este tipo de baterías suelen sobre-dimensionarse cuando su aplicación es la de autónoma, asegurando así su funcionamiento mediante ciclos superficiales y una larga durabilidad.

Baterías Solares Bajas en Antimonio

Estas baterías se parecen a las estacionarias, pero han sido diseñadas para sistemas fotovoltaicos. El ratio de auto-descarga y el consumo de agua destilada son bajos. El rango de ciclos ronda los 1200-3000, dependiendo de los ratios de descarga. Estas baterías son realmente caras y están disponibles sólo para su uso con sistemas de distribución fotovoltaica.

Baterías Selladas con válvula de regulación

El hidrógeno producido por este tipo de baterías es absorbido por los químicos de los que se componen; estas contienen además electrolito suficiente para que dure a lo largo de la vida útil de la batería. Es por esto que son habitualmente denominadas por 'sin-mantenimiento'. Tienen una vida útil corta cuando se trata de ciclos profundos y tienen un bajo ratio de auto-descarga, aunque es necesario recargarlas de inmediato para evitar daños permanentes.

Generalmente una batería sellada se espera que dure menos que una batería no-sellada con buen mantenimiento, considerando que ambas tienen la misma cantidad de aleación. Cierto que también durará más que una batería no-sellada y malamente mantenida.

La principal desventaja de las baterías plomo ácido selladas es su necesidad de ser recargadas de manera constante para evitar que el sulfato se acumule. Las baterías almacenadas tendrán que ser recargadas aproximadamente una vez cada tres meses, y con mayor frecuencia en el caso de países con temperaturas de ambiente elevadas, donde el efecto de auto-descarga ocurrirá de manera acelerada.

Seguridad y peligros medioambientales de las baterías de plomo ácido

Baterías Ventiladas: Hay que extremar las precauciones, ya que el ácido de la batería es muy corrosivo y se forma gas hidrógeno (el cual es especialmente inflamable y potencialmente explosivo cuando se mezcla con aire). Por lo tanto, es importante poner especial cuidado en evitar llamas o chispas cerca de la envoltura de la batería, más aún cuando la batería se encuentra confinada en un espacio cerrado. Nunca debe revisarse el nivel de los electrolitos con una lámpara (llama) o vela de keroseno. Por la misma razón, las zonas donde se almacenan las baterías deben estar bien ventiladas.

Baterías Selladas: estas baterías mantienen el electrolito en forma 'seca' para evitar que los electrolitos se separen entre ellos, y minimizando así su peligrosidad. Aún así, hay que tener especial cuidado en no estropear el contenedor.

Reciclaje: ambos tipos de baterías deben ser desechados de manera segura. Donde sea posible, es una buena idea el dar las baterías plomo ácido a los fabricantes locales de baterías para que se recicle el plomo y el plástico del contenedor de la batería.

Las baterías Ni-Cd deben ser depositadas con cuidado para evitar la contaminación con el Cadmio.

Referencias y más Lecturas

- [Rural Lighting: A Guide for Development Workers](#), Jean-Paul Louineau, Modibo Dicko, Peter Fraenkel, Roy Barlow and Varis Bokalders, ISBN 1 85339 200 6, ITDG Publishing, 1994.
- *Batter Charging in Colombia* MHPG Mini Hydro Facts
- *Fuel Cells* by Teodoro Sanchez Practical Action Latin America

Este informe técnico fue originariamente escrito por la revista *Appropriate Technology*, Volumen 21/Número 2 Septiembre 1994 ATBrief No 9,

Para más información sobre *Appropriate Technology* contactar:

Research Information Ltd.

222 Maylands Avenue

Hemel Hempstead, Herts.

HP2 7TD

United Kingdom

Tel: +44 (0)20 8328 2470

Fax: +44 (0)1442 259395

E-mail: info@researchinformation.co.uk

Website: www.appropriatechnology.com

Website: <http://www.researchinformation.co.uk>

Practical Action

The Schumacher Centre for Technology and Development

Bourton-on-Dunsmore

Rugby, Warwickshire, CV23 9QZ

United Kingdom

Tel: +44 (0)1926 634400

Fax: +44 (0)1926 634401

E-mail: inforserv@practicalaction.org.uk

Website: <http://practicalaction.org/practicalanswers/>

Practical Action es un desarrollo de caridad con una diferencia. Sabemos que las ideas más simples pueden tener los mayores efectos para cambiar la vida de la gente pobre a través del mundo. Durante 40 años, hemos estado trabajando cerca de alguna de la gente más pobre del mundo – usando tecnología sencilla para luchar contra la pobreza y transformar sus vidas a mejor. Actualmente trabajamos en 15 países en África, el sur de Asia y América Latina.