

2 Aspecto económico

2.1 Costo de equipos

En el Perú son muy pocas las empresas dedicadas a la comercialización de suministros de energía solar; sin embargo, los precios son similares.

Mencionaremos los costos de los equipos fotovoltaicos en los tres casos realizados:

Caso A:

Tabla 3.13 Equipos Caso A

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Especificaciones</i>	<i>Costo Unitario (US\$)</i>	<i>Costo total (US\$)</i>
Panel	1	50 W	390.00	390.00
Batería	1	120 Ah, 12 V	250.00	250.00
Controlador	1	10 ^a	90.00	90.00
Lámparas	2	12W	20.00	40.00
Otros (10% total)				77.00
TOTAL				847.00

Caso B:

Tabla 3.14 Equipos Caso B

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Especificaciones</i>	<i>Costo Unitario (US\$)</i>	<i>Costo total (US\$)</i>
Panel	1	100 W	780.00	780.00
Batería	2	120 Ah, 12 V	250.00	500.00
Controlador	1	10 ^a	90.00	90.00
Lámparas	2	12W	20.00	40.00
Otros (10% total)				141.00
TOTAL				1551.00

Caso C:

Tabla 3.15 Equipos Caso C

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Especificaciones</i>	<i>Costo Unitario (US\$)</i>	<i>Costo total (US\$)</i>
Panel	3	100 W	780.00	2340.00
Batería	6	120 Ah, 12 V	250.00	1500.00
Controlador	1	20 ^a	110.00	110.00
Lamparas	3	12W	20.00	60.00
Otros (10% total)				401.00
TOTAL				4411.00

Nota importante:

- Los costos de equipos y accesorios incluyen el IGV.
- En otros esta incluido la instalación.
- En los tres casos no se ha calculado el costo de transporte de los equipos, esto será muy particular en cada región o localidad.

2.2 Costo de mantenimiento

En este caso va ser muy importante que el usuario del sistema sea conciente del costo y valor que tiene la conservación de los equipos. El responsable del sistema se preocupará de velar por su buen funcionamiento y mantenimiento. El usuario debe tener conocimientos básicos del sistema y de surgir problemas mayores deberá informar al responsable de la instalación, de manera que la revisión técnica lo realizará un técnico o especialista.

Los componentes del Sistema Fotovoltaico serán reemplazados de acuerdo a su tiempo de vida útil o algún desperfecto de aquellos. En el caso de la batería, estas pueden ser de libre mantenimiento o automotrices y su cambio dependerá del uso y características de diseño. En el siguiente cuadro se muestra el costo y el tiempo de vida de cada componente.

Tabla 3.16 Costo y tiempo de vida

Componente	Costo (US \$)	Tiempo de vida (años)
Panel fotovoltaico(50Wp)	390	20
Batería (ciclo profundo)	250	5 a 8
Batería (automotriz)	130	2 a 3
Controlador	110	10
Lámpara (12W)	20	3

2.3 Costo de Tarifa

Comparar con suministros convencionales en este caso como es la energía eléctrica y el diesel es difícil, ya que el rendimiento de energía de los sistemas fotovoltaicos es pequeño y limitado. Pero debemos considerar que debe haber un pago mensual por el servicio, considerando que habrá reposición de los componentes del sistema de acuerdo al cuadro anterior. Los usuarios del SFD no serán propietarios del sistema, estos serán administrados por entidades públicas designadas por el Gobierno o empresas privadas. El pago mensual se ha determinado por dos aspectos; en función de los costos de operación/mantenimiento y a la capacidad de pago del usuario. Los ejemplos de fijación de tarifas se mostrarán a continuación una forma practica el tipo de pago a realizar por los usuarios. Las cantidades son diferentes por los gastos de determinados componentes.

A.- Costo de Operación y Mantenimiento (reemplazo de componentes)

Algunos componentes del SFD se deben sustituir cada cierto tiempo. La siguiente tabla muestra el costo estimado de sustitución de los componentes del sistema dentro de 10 años. La vida útil de una batería automotriz es de aproximadamente de 3 años, la vida útil de una lámpara fluorescente es de unas 6000 horas (con un uso de 5 horas diarias), siendo 3 años su vida útil. El controlador tiene una vida útil de 10 años y la del Panel solar es de 20 años.

En este caso el pago mínimo mensual es de S/. 15.0, podemos ver los cálculos en la siguiente tabla.

Tabla 3.17 Costo de reemplazo de los componentes del SFD

	Costo (USD)	Costo (S/.)	Reemplazo en 10 años	Costo Total (S/.)
Batería (100 Ah)	130.00	377.00	3	1131.00
Luminarias (DC 12 V x 2)	40.00	116.00	3	348.00
Controlador	110.00	319.00	1	319.00
			TOTAL	1798.00

* 1USD = S/.2.9 (Feb,2008)

10 años = S/. 1798.00

1 Mes = S/. 14.98

El siguiente cuadro muestra el caso donde se instala un SFD con baterías de ciclo profundo. La vida útil de una batería de ciclo profundo es de 5 años. Veremos la diferencia comparativa de costos, por concepto de reemplazo de componentes.

Tabla 3.18 Costo de reemplazo de los componentes del SFD

	Costo (USD)	Costo (S/.)	Reemplazo en 10 años	Costo Total (S/.)
Batería (100 Ah)	250.00	725.00	2	1450.00
Luminarias (DC 12 V x 2)	40.00	116.00	3	348.00
Controlador	110.00	319.00	1	319.00
			TOTAL	2117.00

* 1USD = S/.2.9 (Feb,2008)

10 años = S/. 2117.00

1 Mes = S/. 17.64

B.- Capacidad de pago de energía

La finalidad de introducir el SFD es no incrementar los costos familiares por concepto de energía. Por el contrario, se desea que el usuario reemplace el uso de velas, kerosene y pilas por una fuente de energía limpia. Es una alternativa importante en zonas rurales de nuestro país.

El pago de la tarifa de energía de un SFD se hará para asegurar el reemplazo de componentes y por el servicio. Es por esta razón, que existe la necesidad de realizar previamente un estudio socio económico, para evaluar las condiciones de pago del usuario.

Tabla 3.19 Consumo de Energía convencional

Tipo de energía	Gastos Mensuales (S/.)
Kerosene y velas	15
Pilas	8
TOTAL	23

* Encuesta realizada a 45 familias de San Juan de Antauta – Puno, realizado por el JICA

Los estudios realizados por el JICA demuestran que la capacidad de gasto mensual de la familia rural es aproximadamente de S/. 20.00 por concepto de kerosene, velas y pilas.

Reemplazando por el SFD, el poblador rural estaría en capacidad de pagar tarifas de energía entre S/. 15.00 y S/. 23.00. El pago de S/.15.00, demandará un costo adicional de operación y mantenimiento.

S/. 15.00 < tarifas de energía del SFD < S/. 23.00.

2.4 Comparación con las energías convencionales

(1) Modelo de demanda

La tarifa de energía del SFD es difícil de compararse con la línea de energía (red) y a los sistemas aislados de generación con diesel (micro centrales térmicas)

En los siguientes cuadros comparativos podemos diferenciar el consumo de energía que pueden ser utilizadas en zonas aisladas.

a.- Consumo pequeño de energía: 4.5 kWh/mes

Tabla 3.20 Consumo de energía mensual 4.5 (kWh/mes)

	Potencia (W)	Horas (hora/día)	Consumo (Wh/día)
Luminaria	12	5	60
Radio	30	3	90
			150

b.- Consumo mediano de energía: 9.0 kWh/mes

Tabla 3.21 Consumo de energía mensual 9.0 (kWh/mes)

	Potencia (W)	Horas (hora/día)	Consumo (Wh/día)
Luminaria (1)	12	7.5	90
Luminaria (2)	12	5	60
Radio	30	3	90
Televisor (B/N)	20	3	60
			300

El pago mensual de la tarifa de suministro de energía eléctrica es por ejemplo alrededor de 0.8 a 0.9 S/.kWh y en el sistema diesel de generación aislada es de 1.5 S/.kWh.

(2) La comparación de costo de cada mes

En la siguiente tabla se muestra los costos de energía eléctrica por suministro, generación con diesel y de SFD, los costos que se generarían por el consumo en una pequeña y mediana demanda mensual.

Tabla 3.22 Costo de Servicio por Energía

	Energía Mensual (kWh/mes.)	Tarifa en Energía Eléctrica (Soles/mes)	Tarifa en Generadores Diesel (Soles/mes.)	SFD (Sistema Fotovoltaico Domiciliario) ³ (Soles/mes)
Pequeño ¹	4.5	4.1	6.8	18.0
Mediano ²	9	8.1	13.5	36.0

¹ Para un sistema SFD -50 W.

² Para un sistema SFD -100 W.

³ Información de Proyecto GEF - PNUD

(3) La comparación de costo de Proyecto (Línea y SFD)

En la siguiente tabla se muestra el ejemplo de costos de instalación entre el tendido de línea primaria, red primaria, red secundaria y el costo del proyecto de SFD. Con referencia al costo inicial de proyecto de energía convencional, se debe tener en cuenta dos parámetros: distancia y número de usuarios. Para un SFD se usa un solo parámetro: usuario.

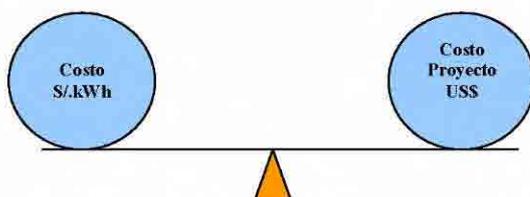
Tabla 3.23 Ejemplo de parámetros de estimación de costos

Descripción	Costos (US\$)	Unidad
Línea primaria	8000.00	US\$/km
red primaria	200.00	US\$/usuario
red secundaria	500.00	US\$/usuario
SFD (50Wp)	836.00	US\$/usuario

(4) Selección del Sistema Óptimo

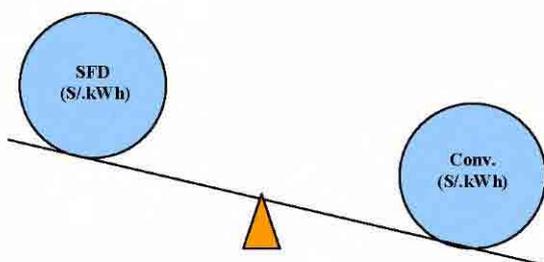
Para seleccionar un sistema óptimo se debe considerar dos puntos muy importantes: el costo inicial del proyecto (US\$) y el costo de la tarifa de energía (S/.kWh) .

La implementación de un sistema a otro dependerá mucho de las características que afronte el proyecto. En zonas poco accesibles y alejadas, se recomendará la instalación de sistemas aislados de SFD, realizándose un estudio previo que justifique el costo de tarifa a pagar. Por otro lado, mientras el tendido de red eléctrica signifique tramos cortos, será la alternativa mas recomendable.



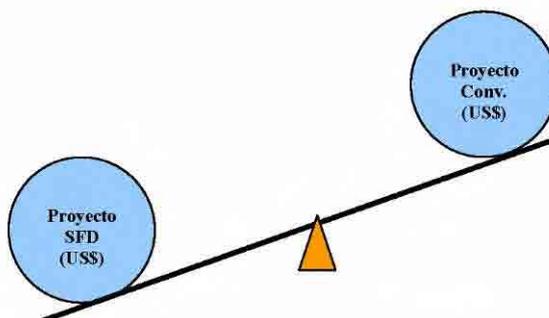
Gráfica a: Criterio de selección del sistema óptimo

En la grafica siguiente podemos observar que actualmente los costos de la tarifa de un sistema fotovoltaico (S/.kWh) son mayores en comparación con las energías convencionales (línea y diesel).



Gráfica b: Costo por tarifa

En el grafico c podemos observar que un proyecto de electrificación con energía convencional al tener una mayor distancia de tendido (por ejemplo de 80 km), es mucho más caro que un proyecto SFD.



Gráfica c: Costo inicial del proyecto

B. Estación de Carga de Batería (ECB)

1 Plan e Instalación

1.1 La estimación de la demanda de energía

El cálculo de la demanda será igual que la de un SFD, en este caso la carga se realizará en baterías automotrices. La Estación de Carga de Batería (ECB) debe estar en un lugar cercano y accesible a los usuarios ha este servicio.

1.2 Dimensionamiento de una ECB

En este caso se tomará un diseño sencillo la cual nos dará confiabilidad y seguridad en la carga de las baterías de la zona.

El procedimiento y cálculos se muestran en las siguientes tablas.

Diseño de una ECB

La demanda de este sistema de corriente continua (DC), tiene una tensión de trabajo de 12 V, es estimada para 2 luminarias y una radio. La demanda total es de 75 Wh/día, con una batería de 70 Ah de capacidad.

Tabla 3.24 Calculo de Demanda

Equipo	Potencia (W)	Horas (h)	Consumo de energía diaria (Wh)
Lámpara 1	12	3	36
Lámpara 2	12	2	24
Radio	10	1.5	15
TOTAL			75

$$I_c = 6.25 \text{ (Ah)}$$

Parámetros para cálculo de la ECB

Horas de sol (H): 4.5 h

Profundidad descarga máxima (PDmax): 40%

Pérdidas de diseño (K):

$$K = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 = 0.79$$

$$K_1 = 1 - (C - S) \times (T_p - 25) = 1.08$$

K1:	Coef. corrección de temperatura	10°C	1.08
K2:	Factor del panel	Normalmente 0.9 - 0.95	0.90
K3:	Perdida (Panel a Batería)	Normalmente 0.95	0.95
K4:	Controlador		0.95
K5:	Carga / descarga de Batería		0.90
C-Si	Cristal – Silicio		0.005

Carga eléctrica diaria total de la batería en DC (I_{dc})

$$I_{dc} = C_b \times PD_{max} = 28 \text{ Ah}$$

Capacidad de la batería (C_b): 70 Ah

Profundidad descarga máxima (PD_{max}): 40%

Corriente requerida diaria para la carga de batería (I_{cb})

$$I_{cb} = I_{dc} / K = 35.6 \text{ Ah}$$

Corriente diaria total por panel (I_{pm})

$$I_{pm} = I_m \times H$$

Tabla 3.25 Corriente nominal de panel (I_m)

Panel Fotovoltaico (Wp)	I _m (A)
50	3.0
80	4.6
130	7.4

$$I_{pm} (50Wp) = 13.5 \text{ (Ah)}$$

$$I_{pm} (80Wp) = 20.7 \text{ (Ah)}$$

$$I_{pm} (130Wp) = 33.3 \text{ (Ah)}$$

Número de paneles (Nm)

$$Nm = lcb/lpm$$

$$\begin{aligned} lpm (50Wp) &= 2.6 = 3 \text{ Paneles} \\ lpm (80Wp) &= 1.7 = 2 \text{ Paneles} \\ lpm (130Wp) &= 1.1 = 2 \text{ Paneles} \end{aligned}$$

En la tabla siguiente se muestran 3 arreglos fotovoltaicos con diferentes capacidades y costos, para una carga de batería (70 Ah). Para un arreglo fotovoltaico con paneles de 50 Wp necesitaremos 3 paneles, para el arreglo fotovoltaico con paneles de 80 Wp serán 2 paneles y para un arreglo fotovoltaico con paneles de 130 Wp serán 2 paneles. Recomendando al usuario el arreglo fotovoltaico de 80 Wp, por ser menos costoso y utilizar menos paneles.

Tabla 3.26 Costo total del arreglo fotovoltaico de una ECB de diferentes capacidades

Capacidad (Wp)	Costo Unitario (US\$)^	Número de paneles necesarios	Costo total del Arreglo Fotovoltaico (US\$)
50	320	3	960
80	480	2	960
130	600	2	1200

[^] Costos del mercado internacional

El sistema ECB diseñado es para satisfacer aproximadamente a 80 familias, cada configuración contará de 5 kits, compuesto de dos paneles de 80 Wp y un controlador de 20 A. Además cada kits será utilizado por 16 usuarios.

Para el usuario domestico utilizará los siguientes componentes necesarios: Batería, lámparas fluorescentes, radio, conversor DC/DC y un medidor de tensión para ver el suministro de la batería. Adicionalmente cable e interruptores serán necesarios en la instalación.

Tabla 3.27 Componentes del usuario

Componentes	Característica	N° de equipos
Batería	70 Ah	1
Lámpara fluorescente	12 W	2
Radio	10 W	1
Convertor DC/DC	12 V	1
Medidor de Tensión	12 V DC	1

2 Aspecto Económico

2.1 Costo de la instalación

Los costos serán por los paneles solares, controladores y accesorios del sistema (se incluye la instalación). Cabe mencionar que el transporte de los equipos no se incluyen.

Tabla 3.28 Costo del Sistema ECB

Componentes	Característica	N° de equipos	Costo Unitario (US\$)	Costo Total (US\$)
Panel Solar	80 Wp	10	960	9600
Controlador	10 A	5	100	500
Accesorios	20%	1	222	220
TOTAL				10320

Cada usuario contará en su hogar con una batería de 70 Ah, 2 lámparas fluorescentes 12W, un convertor 12V DC/DC y un medidor de tensión de 12V DC.

Tabla 3.29 Costo del sistema domestico para la utilización del ECB

Componentes	Característica	N° de equipos	Costo Unitario (US\$)	Costo Total (US\$)
Batería	70 Ah	1	75	75
Lámpara fluorescente	12 W	2	20	40
Convertor DC/DC	12 V	1	15	15
Medidor de Tensión	12 V DC	1	10	10
Accesorios	20%	1	24	24
TOTAL				164

2.2 Costo de operación y mantenimiento

En la siguiente tabla se observa el costo de los componentes que serán reemplazados en un periodo de 10 años. cada usuario contará con 2 luminarias, un convertor y un medidor de tensión. El ECB utilizará un controlador por cada 4 familias, el costo del controlador es de US\$ 110.0, fraccionándose en 16 partes de US\$ 6.87 por usuario. El costo de batería no se incluye porque cada usuario adquirirá una nueva de acuerdo a su uso. El pago mensual de reemplazo de los componentes por el usuario será de S/.3.7.

Tabla 3.30 Costo de reemplazo de los componentes del ECB

	Costo (USD)	Costo (S/.)	Reemplazo en 10 años	Costo Total (S/.)
Controlador (16 Familias)	6.87	19.93	1	19.9
Luminarias (DC 12 V x 2)	40	116	3	348
Convertor DC/DC - 12V	15	43.5	1	43.5
Medidor de tensión - 12V	10	29	1	29
TOTAL				440.4

10 años = S/. 440.4

1 Mes = S/. 3.7

La vida útil de la batería automotriz es aproximadamente 3 años siendo la responsabilidad del usuario la reposición de la batería cada 3 años durante un periodo de 10 años. El pago de reposición mensual de las baterías será de S/. 5.4, no siendo cobrada por alguna identidad administradora del sistema, sino que el usuario tendrá que ahorrar dicho dinero.

Tabla 3.31 Costo de cambio de batería del usuario del ECB

	Costo (USD)	Costo (S/.)	Reemplazo en 10 años	Costo Total (S/.)
Batería (70 Ah)	75	217.5	3	652.5
TOTAL				652.5

10 años = S/. 652.5

1 Mes = S/. 5.4

2.3 Pago por el uso del sistema

El pago de la tarifa de energía de la ECB será por la sustitución de los componentes que por el servicio en si, de manera que se realizara un estudio socio económico para ver las condiciones de dicha localidad. Adicionalmente el usuario deberá ahorrar S/5.4 por mes para reponer una nueva batería. Por eso el costo máximo será: el costo de energía convencional de S/. 23 menos el costo de reposición de la batería de S/. 5.4. Siendo el costo máximo de pago S/. 17.6 por mes.

Tabla 3.32 Consumo de Energía convencional

Tipo de energía	Gastos Mensuales (S/.)
Kerosene y velas	15.0
Pilas	8.0
Batería*	-5.4
TOTAL	17.6

* Batería debe ser cambiada por el usuario.

La tarifa mensual por la carga de baterías de la ECB será entre S/. 3.9 y S/. 17.6. El pago de S/. 3.9, demandará un costo adicional de operación y mantenimiento.

Tabla 3.33 Costos de cada mes

	Mensualmente (Soles/mes)
Costo de energía convencional.	17.6
Costo por cambio de componentes.	3.9

La carga de baterías en una ECB será cada 4 días, por eso en un mes se hará 7 a 8 veces la carga. Para la carga de cada batería es de un día.

El costo de carga de la batería ha realizar una vez cada 4 días será entre S/. 0.5 (no incluye mantenimiento) y S/. 2.3.

Tabla 3.34 Costos de cada carga de batería

	Costo cada carga (S/.x carga)
Costo de energía convencional	2.3
Costo por cambio de componentes	0.5

S/. 0.50 < Costo por carga de batería: ECB < S/. 2.30

2.4 Comparación con energía convencional

La carga de batería en una estación convencional los precios dependen del costo de los insumos (como el agua destilada y la electricidad). También dependerá de las tarifas que maneje la competencia. Mencionaremos los precios del mercado al realizar una carga convencional.

- Carga de una batería : S/. 5.00 en Iquitos
- : S/. 3.00 en Puno

Para la ECB de la localidad, los usuarios no realizarán un pago de transporte al encontrarse cerca. Adicionalmente el transporte se realizará a usuarios que se encuentren fuera de la localidad, aumentando el costo total. Por ejemplo el transporte de una ciudad o poblado mas cercano es de S/.2.00 (ida y vuelta). De manera que el costo total de carga de batería en Iquitos será de S/. 7.00 y para Puno de S/. 5.00. En el siguiente cuadro se ha realizado los cálculos de transporte adicionándole S/.2, S/.4, S/.6, S/.8 y S/.10. aumentando así el costo total.

Tabla 3.35 Costo de carga de batería incluyendo el transporte

Localidad	Costo por la carga de batería (S/.)	Costo adicional de transporte a una ECB (S/.)				
		2	4	6	8	10
Iquitos	5.00	7.00	9.00	11.00	13.00	15.00
Puno	3.00	5.00	7.00	9.00	11.00	13.00

C. Sector Público Rural

1 Diseño de una escuela rural

1.1 Demanda de energía

**Tabla 3.36 Demanda de energía de una escuela rural
(4 salones de clase + 1 dormitorio del profesor)**

Componentes	Potencia (W)	Cantidad (N°)	Horas (h)	Consumo de energía diaria (Wh)
Lámpara	12	20	5	1200
Computador	300	3	3	2700
Impresora	300	1	1	300
Televisor a color	60	1	4	210
DVD	40	1	1	40
Funcionamiento del inversor	7.5	1	10	75
				4555

Eficiencia del inversor	90%	
Demanda de energía	5028	Wh
<hr/>		
Voltaje del sistema	48	V
<hr/>		
Carga eléctrica diaria total	104.7	Ah

1.2 Estimación de la energía de salida

La tabla siguiente se estima mensualmente el consumo de energía de una escuela rural. Para el diseño del SF, el consumo de energía se estima en base de la irradiación del mes de menos incidencia solar. Los meses que no se realicen labores escolares habrá un excedente, es posible el uso de algunas máquinas de producción según sea el caso.

La potencia necesaria del arreglo fotovoltaico es;

$$C_p = D_e / K / H = 1489 \text{ (W)}$$

$$D_e = 5028 \text{ (Wh)}$$

$$H = 4.5 \text{ (h)}$$

$$K = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5 \times K_6 = 0.75$$

K1:	Coef. corrección de temperatura	10°C	1.08
K2:	Factor del panel	Normalmente 0.9 - 0.95	0.90
K3:	Perdida (Panel a Batería)	Normalmente 0.95	0.95
K4:	Controlador		0.95
K5:	Carga / descarga de Batería		0.90
K6:	Perdida (demanda en Batería)		0.95
C-Si	Cristal - Silicio		0.005

La potencia del arreglo fotovoltaico será mayor que 1489 W. En este caso el arreglo fotovoltaico seleccionado es de 1.5 kW.

$$\text{Carga eléctrica diaria de salida (I}_s) = H \times C_{p1.5kW} \times K / V$$

$$= \underline{105 \text{ (Ah)}}$$

$$\text{Voltaje del sistema: } 48 \text{ V}$$

$$\text{Potencia del arreglo fotovoltaico: } 1.5 \text{ kW}$$

1.3 Capacidad de batería

$$C_b = (\text{Autonomía} + 1) \times (\text{Carga eléctrica diaria total}) / \text{PD max}$$

$$= 791 \text{ Ah}$$

Autonomía: 2 días

Profundidad de descarga (PD max) :40%

Carga eléctrica diaria total: 107 Ah

La capacidad de la batería será mayor que 791 Ah. En este caso la estación de batería será de 800 Ah.

Controlador: 60 A

Inversor: 2500 W

1.4 Componentes del Sistema

Arreglo fotovoltaico:	1.5 kW
Controlador:	DC48V, 60A
Batería:	48V, 800Ah (800Ah, 2V×24)
Inversor:	2500W
Lámpara:	12W ×20
Computadora:	300W ×3
Impresora:	300W×1
Televisor a color:	60W ×3
DVD:	40W×1

Tabla 3.37 Ejemplo de costo de Sistema

Equipos	No.	Costo unidad (US\$)	Costo total (US\$)
Arreglo fotovoltaico: 1.5 kW	1	7,200	7,200
Controlador: (48V) 60 A	1	500	500
Batería: (2V) 800 Ah	24	320	7,680
Inversor: 2500 W	1	2,000	2,000
Lámpara (AC) 12 W	15	7	105
Computadora 300 W	3	540	1,620
Impresora 300 W	1	100	100
Televisor a color: 60 W	1	180	180
DVD: 40 W	1	60	60
Materiales para puesta a tierra 100 Ω	1	600	600
Accesorios: 8 %			1,604
Instalación y transporte 10 %			2,005
Total			23,653

2 Diseño de una posta medica

2.1 Demanda de energía

En la demanda de energía de una posta medica rural usara dos tipos de corriente, DC y AC. La refrigeradora de vacunas utiliza corriente DC del sistema Fotovoltaico, están desarrollados y utilizados en países en desarrollo por medio del Organismo Mundial de la Salud (OMS). La operación del refrigerador por AC, en el Sistema Fotovoltaico no es adecuado debido a la interrupción del motor cada cierto tiempo de funcionamiento. Además, la comunicación se puede realizar por DC. Los otros equipos que conforman la posta medica pueden operar con energía AC.

Tabla 3.38 Demanda de energía (DC)

Componentes	Potencia (W)	Cantidad (N°)	Horas (h)	Consumo de energía diaria (Wh)
Refrigerador de vacunas	60	1	12	720
Radio de comunicaciones: stand-by	2	1	12	24
Transmisión	30	1	1	30
				774

Tabla 3.39 Demanda de energía (AC)

Componentes	Potencia (W)	Cantidad (N°)	Horas (h)	Consumo de energía diaria (Wh)
Lámpara	12	8	5	480
Computadora	300	1	4	1200
Impresora	300	1	1	300
Televisor a color	60	1	5	300
DVD	40	1	1	40
Funcionamiento inversor	7.5	1	8	60
				2320

AC		
Eficiencia del inversor	90%	
Demanda total	2578	Wh
<hr/>		
DC		
Demanda total	774	Wh
<hr/>		
Demanda total diaria (DC+AC)	3352	Wh
<hr/>		
Voltaje del sistema	48	V
<hr/>		
Carga eléctrica diaria total	69.8	Ah
<hr/>		

2.2 Estimación de la potencia de salida

La potencia necesaria del panel fotovoltaico es:

$$C_p = D_e / K / H = 993(W)$$

$$\begin{aligned} D_e &= 3352 \text{ (Wh)} \\ H &= 4.5 \text{ (h)} \\ K &= 0.75 \end{aligned}$$

La potencia del arreglo fotovoltaico será mayor que 993 W. En este caso el arreglo fotovoltaico seleccionado será de 1.0 kW.

$$\text{Carga eléctrica diaria de salida (I}_s) = H \times C_{p1kW} \times K / V$$

$$= \underline{70.3 \text{ (Ah)}}$$

$$\begin{aligned} \text{Voltaje del sistema:} & 48 \text{ V} \\ \text{Potencia del arreglo fotovoltaico:} & 1.0 \text{ kW} \end{aligned}$$

2.3 Capacidad de batería

$$\begin{aligned} C_b &= (\text{Autonomía} + 1) \times (\text{Carga eléctrica diaria total}) / \text{PD max} \\ &= 524 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Autonomía: 2 días
Profundidad de descarga (PD max): 40%
Carga eléctrica diaria total: 69.8 Ah

La capacidad de la batería deberá ser mayor que 524 (Ah). En este caso la estación de batería seleccionada será de 600 (Ah).

Controlador: 60A

Inversor: 1000 W

2.4 Componentes del sistema

Arreglo Fotovoltaico:	1.0 kW
Controlador:	DC48V, 60A
Batería:	48V, 600Ah (600Ah, 2V×24)
Inversor:	1000W
Lámpara:	12W ×8
Computadora:	300W ×1
Impresora:	300W×1
Televisor a color:	60W ×1
DVD:	40W×1
Refrigerador de vacunas:	600W ×1 (DC12V)
Radio de comunicación:	30W (DC12V)

Tabla 3.40 Costo del sistema

Equipos	No.	Costo unidad (US\$)	Costo total (US\$)
Arreglo fotovoltaico	1 kW	1	5,400
Controlador: (48V)	60 A	1	500
Batería: (2V)	600 Ah	24	300
Inversor	1000 W	1	1,000
Lámpara:	12 W	8	7
Computadora:	300 W	1	540
Impresora	300 W	1	100
Televisor a color:	60 W	1	180
DVD:	40 W	1	60
Refrigerador de vacunas	600 W	1	2,500
Radio de comunicaciones	30 W	1	2,000
Materiales para puesta a tierra	100 Ω	1	600
Accesorios	8 %		1,611
Instalación y transporte	10 %		2,014
Total			23,760

3 Bombeo de agua

3.1 Demanda de agua

Las dos principales aplicaciones del bombeo fotovoltaico son el bombeo para riego agrícola y el bombeo de agua para el abastecimiento en zonas rurales, incluyendo el consumo humano y del ganado.

La tabla 3.41 demuestra la demanda de agua para la agricultura y la tabla 3.42 muestra la demanda de agua para los animales domésticos.

Las necesidades de agua para riego, aunque varían ampliamente en función del tipo de cultivo, suelen ir asociadas a las variaciones estacionales de insolación que provocan mayor o menor nivel de evapotranspiración en las plantas. Estas necesidades oscilan entre 0 en la estación húmeda, hasta los valores de 100 m³/(Ha.día) en los meses secos. Son habituales dosis de riego por hectárea que varían entre 1 y 5 l/s con alturas de bombeo superiores a 7 metros.

El abastecimiento de agua para zonas rurales suele presentarse con una demanda uniforme a lo largo del año. las necesidades de agua para ganado varían entre 40 a 50 l/día de un caballo hasta 0,1 litro/día de un ave de corral y en cuanto al consumo humano, las necesidades dependen sobre todo de la forma de vida aunque se puede considerar que unos 40 l/día son suficientes para satisfacer las necesidades básicas. Para suministrar estos 40 l/día solo serían necesarios 0,3 vatios durante 8 horas considerando una altura de elevación de 20 m.

Tabla 3.41 Demanda de agua para agricultura

Cultivo	m ³ al día/Ha
Arroz	100
Cereales	45
Caña de azúcar	66
Algodón	55
alfalfa	50

Tabla 3.42 Consumo de agua para animales

animal	l/día
Caballo	50
Vaca	50
Toro	50
Cébu	20
Puerco	20
Oveja	5
Cabra	5
Gallina	0.2
Conejo	0.2
Cuy	0.2

Ejemplo: Se tiene en una granja 10 vacas, 10 ovejas, 10 puercos, 100 gallinas, 50 cuyes y dos perros que cuidan la finca, se considera una familia conformada por 5 personas y se sabe que cada persona utiliza un promedio de 80 l/día. Por ejemplo la demanda de agua se muestra en la tabla 3.43.

Tabla 3.43 Ejemplo de demanda de agua

Animal	Cantidad	(l)	Consumo total (l/día)
vaca	10	10	100
ovejas	10	5	50
Puercos	10	20	200
gallinas	100	0.2	20
cuyes	50	0.2	10
perro	2	3	6
personas	5	80	400

La suma de todas estas cantidades da como resultado 784 l/día, este resultado debemos expresarlo en m³, es dividir entre 1000 para obtener en m³, se obtiene 0.784 m³/día.

3.2 Estimación de la potencia de salida

La siguiente figura muestra sumergida una bomba centrífuga detallando sus componentes. Esta configuración del sistema es probablemente el tipo más común de bomba solar usados por comunidades para el abastecimiento de agua. La ventaja de esta configuración es su fácil instalación, a menudo se ponen tuberías flexibles y el motor de la bomba. Los sistemas de bombeo solar utilizan tanto corriente continua (DC) como corriente alterna (AC), aunque en sistemas de AC es necesario utilizar un inversor. Los motores DC utilizan escobillas (carbones), la cual el equipo será desmontado para reemplazar las escobillas aproximadamente cada dos años. En motores DC las escobillas requieren de una conmutación electrónica. El sistema comúnmente empleado consiste en una bomba de AC y el inversor con el panel fotovoltaico de menos de 1500Wp.

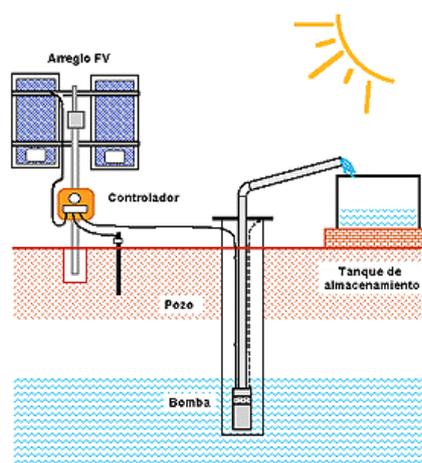


Figura 3.3 Componentes de un sistema de bombeo solar

El rendimiento de sistema de bombeo solar depende de la profundidad del pozo, la capacidad del arreglo fotovoltaico y la cantidad de demanda de agua. El ejemplo de rendimiento se muestra en la figura 3.4.

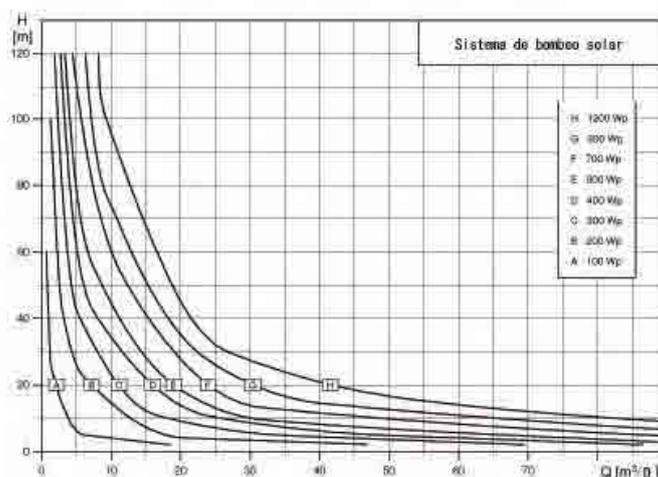


Figure 3.4 Curva de rendimiento del Sistema de Bombeo Solar.
(Fuente: Grundfos Ltd., SQ-Flex)

El dimensionamiento del sistema de bombeo solar se calcula mediante la siguiente fórmula:

La energía hidráulica requerida (kWh/día)

$$= \text{Volumen requerido (m}^3\text{/día)} \times \text{Altura (m)} \times \text{Densidad del agua} \\ \times \text{Gravedad} / (3.6 \times 10^3) \\ = 0.002725 \times \text{Volumen (m}^3\text{/día)} \times \text{Altura (m)}$$

Potencia del arreglo fotovoltaico (kW)

$$= \frac{\text{Energía hidráulica requerida (kWh/día)}}{H (F \times E)}$$

Donde F: Factor de arreglo = 0.85 en promedio
E: Eficiencia diaria del sistema = 0.25 – 0.40 normalmente
H: Horas sol (h)

3.3 Componentes del sistema

Un sistema fotovoltaico de bombeo, por ejemplo para bombear 25 m³/día a través de 20 metros de altura requiere un arreglo solar de aproximadamente 800Wp, con una irradiación de 5 kWh/m² día. El costo del sistema de bombeo solar es de aproximadamente US\$ 6 000 como se mostrará en la siguiente tabla a continuación.

El rango de precios es variante, el costo total del sistema comprende paneles solares, bomba, motor, tuberías, cableado, sistema de control y estructura de soporte. Los arreglos grandes (FV) suelen tener un costo menor por W. El costo del motor del bombeo solar varía de acuerdo a las diversas aplicaciones y funciones. Las bombas de baja succión pueden costar menos de US\$ 800, mientras para bombas sumergibles el costo es de US\$ 1500 a más.

Tabla 3.44 Costo del bombeo solar

	Salida (m ³ /día)	Altura (m)	Arreglo Solar (Wp)	Precio del sistema (US\$)
Motor de bomba sumergible (1)	40	20	1200	7000 - 8000
Motor de bomba sumergible (2)	25	20	800	6000 - 7000
Superficie del motor/ bomba sumergible	60	7	840	5000 - 6000
Bomba de desplazamiento positivo	6	100	1200	7500 - 9000
Motor flotante / bomba (1)	100	3	530	4000
Motor flotante / bomba (2)	10	3	85	2000
Superficie de succión de la bomba	40	4	350	3000

(Fuente: ITDG)

En el caso de San Juan de Antaute en Puno, la tarifa de agua puede ser 3.5 soles/mes por cada usuario. Un total de 60 familias serían beneficiadas con el sistema de bombeo solar. Habrá un técnico operador para el control del sistema, monitoreo por la noche como limpieza de los paneles cada 15 días.

Capítulo 4 Operación y Mantenimiento de un Sistema Fotovoltaico Domiciliario

Las instalaciones fotovoltaicas realizadas en las áreas rurales deberán contar con un comité técnico responsable del sistema, encargado del funcionamiento y mantenimiento. Las personas que conforman los comités técnicos siempre estarán en continua capacitación para brindar un servicio eficiente en su comunidad.

1 Funcionamiento del panel fotovoltaico

El panel solar es conjunto de celdas, que generan electricidad en corriente continua. Para su mejor aprovechamiento se busca orientarlas teniendo en cuenta su ubicación y latitud, con el fin de obtener un mayor rendimiento. El panel se encarga de captar la radiación solar la cual es transformada en energía eléctrica.

1.1 Mantenimiento diario

- 1.- Realizar una inspección ocular del panel sin ningún objeto que lo pueda cubrir.
- 2.- Limpieza de los paneles una vez a la semana.

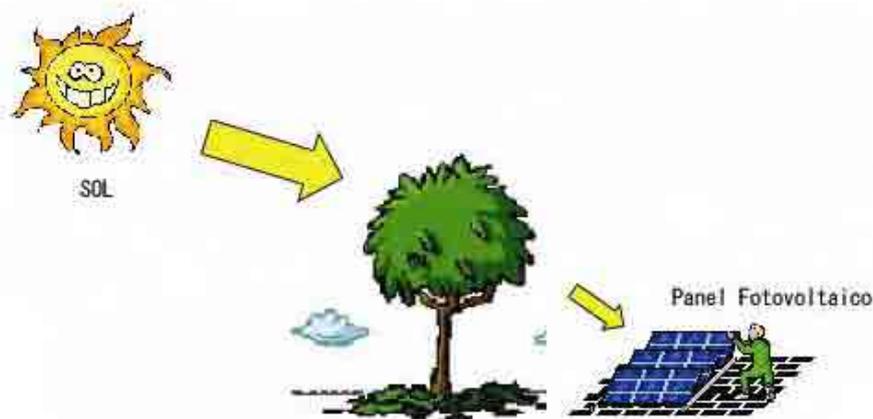


1.2 Mantenimiento mensual

- 1.- Revisión del panel físicamente.
- 2.- Lavado de la parte superior y parte inferior del panel.
- 3.- Inspección ocular del estado del cableado del panel sujeto en el poste.

1.3 Mantenimiento anual

- 1.- Inspección de los cables conectados del panel hacia el controlador.
- 2.- Procurar que alrededor del panel no se presenten siembras o alguna construcción, lo cual provocaría sombra ocasionando una baja eficiencia en el sistema.



1.4 Recomendaciones

- 1.- Colocar los paneles en postes mayores a 4 metros para poder evitar golpes ocasionados intencionalmente.
- 2.- Se recomienda en algunos casos que el cableado del panel hacia la casa este cubierto por canaletas para una mayor seguridad y conservación del cable.
- 3.- Procurar que el cableado no tenga grandes longitudes, se recomienda 10 metros, de la ubicación del panel a la casa.
- 4.- Los paneles deben ser protegidos contra daños y ha eventuales robos.
- 5.- Los paneles no deben colocarse cerca de fuentes contaminantes como chimeneas, cocinas, entre otras (acumulacion de hollin en los paneles).
- 6.- La estructura de soporte de metal o palo debe ser robusta para soportar el peso de los paneles y sujeta adecuadamente.
- 7.- verificar que no haya terminales flojos ni rotos, que las conexiones estén bien apretadas y que los conductores se hallen en buenas condiciones.

2 Funcionamiento del controlador

Tiene como función proteger a la batería contra las sobrecargas y contra las descargas. Además se emplea para proteger a las cargas en condiciones extremas de operación y para proporcionar información al usuario. El controlador tiene otras funciones que son:

- Dirige la energía generada de los paneles fotovoltaicos hacia su uso final.
- En algunos controladores indican el funcionamiento del sistema fotovoltaico y el estado de carga.

2.1 Mantenimiento diario

- 1.- Revisión permanente de los indicadores luminosos del controlador. En la actualidad en el mercado nacional también existen controladores con indicadores digitales resultándole fácil al usuario su control.
- 2.- Algunos controladores cuentan con un fusible de seguridad, por lo cual se recomienda su revisión.



(Fuente: Isofoton)

2.2 Mantenimiento mensual

- 1.- Mantener el controlador colocado en una posición correcta, lugar limpio, seco y protegido de los rayos solares.
- 2.- Verificar la integridad física, las conexiones y la sujeción en la pared.
- 3.- Verificar que las conexiones estén en buen estado y bien apretadas.

2.3 Mantenimiento anual

- 1.- Revisión integral del regulador con la utilización de un equipo de medición.
- 2.- Revisión de la caja de seguridad del controlador

2.4 Recomendaciones

- 1.- No hacer conexiones indebidas, lo cual provocaría un mal funcionamiento del sistema.
- 2.- Revisar el funcionamiento correcto del controlador. Si detecta ruidos anormales, contacte con el personal especializado o el técnico local.
- 3.- En caso que el controlador no funcione, contacte con el personal especializado.
- 4.- Cuando el fusible se quema, el único autorizado para realizar el cambio es el personal especializado.



3 Funcionamiento de la batería

Es la encargada de transformar la energía eléctrica que se genera en el panel solar y acumularla en energía química y luego realizar el proceso inverso para que esta energía pueda ser usada por los equipos consumidores.

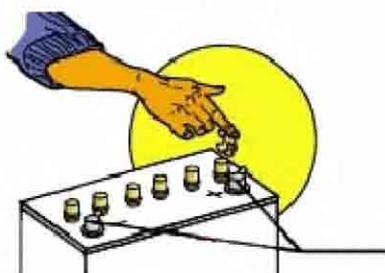
3.1 Mantenimiento diario

- 1.- Se debe realizar una revisión de las borneras, manteniéndose firmes y sujetas.
- 2.- Realizar una limpieza superficial de la batería para que el electrolito no absorba el polvo.



3.2 Mantenimiento mensual

1.- Realizar una limpieza de los bornes y abrazaderas de los terminales con lija o con una escobilla de metal. Luego limpiar con un trapo, en los bornes colocar grasa antioxidante para evitar la sulfatación.



2.- En algunas baterías plomo-acido se realiza la inspección del nivel del electrolito retirando los tapones de la batería, en algunos casos si el nivel no se encuentra en lo deseado, se agregará agua destilada.

3.- Se debe realizar la verificación de las conexiones.

4.- Verificar que el uso de la batería sea el adecuado y que su estructura de soporte este segura y en buen estado.

3.3 Mantenimiento anual:

1.- Realizar una limpieza de los bornes y abrazaderas.

2.- Realizar una inspección general de los cables como también de las conexiones.

3.4 Recomendaciones

1.- La batería debe encontrarse bajo una madera para disminuir la descarga de energía.

2.- La caja de seguridad debe encontrarse en un lugar ventilado.

3.- Para evitar cortocircuito, no dejar objetos de metal lo cual puede ser conectados de forma intencional en algún Terminal positivo o negativo lo que provocaría un colapso del sistema.

4.- Evite hacer chispas y no fume o haga soldaduras cerca de una batería.

5.- Las baterías contienen ácido que son dañino para la piel, ojos y para la ropa.

6.- Si el electrolito hace contacto con los ojos se debe enjuagar inmediatamente con abundante agua durante 1 minuto, manteniendo los ojos abiertos.

7.- Use herramientas con mangos aislados eléctricamente.

4 Lámparas ahorradoras

Dado que la aplicación más común de un sistema FV es la iluminación, la reducción de este consumo eléctrico, empleando la fuente luminosa más eficiente, trae consigo la reducción del costo total del sistema. El foco de iluminación más ineficiente es el tipo incandescente, ya que el 90% de la energía eléctrica consumida por el mismo se emplea en calentar un filamento. Su vida útil es de unas 1.000 horas y la intensidad luminosa decrece un 20 % por debajo de su nivel original cuando llega al final de la misma. Las luces fluorescentes para bajo voltaje de CC usan un balastro electrónico, el que introduce una pérdida de alrededor del 10% de la energía eléctrica aplicada, con un 90% de la misma convertida en energía luminosa. Su vida útil es de unas 10.000 horas de uso. Es por ello que, para un mismo grado de iluminación ambiental, el consumo de estas luces es sensiblemente menor. Existe una gran variedad de modelos, con consumos desde 8 a 80W. Las unidades pueden tener uno o dos tubos fluorescentes. Unidades de un solo tubo pueden tener forma cilíndrica o redonda.

5 Recomendaciones generales del sistema fotovoltaico

- Marcar con una serie todos los componentes del sistema fotovoltaico con la fecha de instalación (nuevos y reemplazados), para tener un control de duración de los equipos.
- Apunte en un cuaderno de registros fallas o anomalías de los equipos del Sistema Fotovoltaico Domiciliario.
- El usuario está en la capacidad de realizar un mantenimiento básico, pero al producirse una falla mayor del sistema está obligado de llamar a los técnicos locales o personas especializadas.

6 Gestión de la Demanda

En términos generales; la Gestión de Demanda (Demand Side Management), se lleva a cabo en el área urbana, para ajustar el equilibrio entre la oferta y la demanda de energía. En ese sentido, la Gestión de la Demanda también será importante aplicarlo en el sistema aislado de generación de energías renovables para el área rural, donde se quiere satisfacer su demanda básica. Debido a que la potencia de salida del sistema de generación de energía renovable no es estable, ello se dará en función de las condiciones naturales. El Panel Solar no puede generar electricidad durante la noche, influyendo en la potencia de salida. Por otra parte, es importante consumir la energía cuando la batería esté totalmente cargada durante todo el día, el controlador de carga desconecta

automáticamente el suministro de energía cuando la batería esta cargada, siendo muy importante una adecuada capacitación para un uso eficiente del sistema.

Importante:

- Los sistemas FV están diseñados en base al potencial de radiación solar mínimo. Así, existe un excedente de energía salvo en el mes de mínima radiación.
- Durante las vacaciones de las escuelas y postas médicas rurales, la energía generada puede utilizarse para otros fines como cortadoras de lana o servicios de recarga de baterías.
- En controladores de señales luminosas indicará carga total de la batería, permitiendo el uso de la energía.
- Los usuarios deben ser capacitados para el uso eficiente de los Sistemas Fotovoltaicos Aislados.

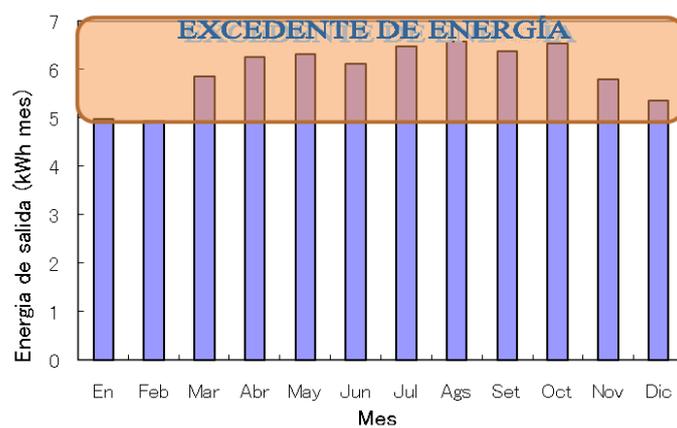


Figura 5.1 Gestión de la Demanda

Capítulo 5 Aspecto medioambiental

1 Batería

1.1 Situación actual

Para la difusión de los sistemas fotovoltaicos, es necesario considerar el establecimiento de centros de almacenamiento y reciclaje de baterías usadas o sistemas de tratamiento para prevenir efectos ambientales. Las baterías usadas por el sector industrial en el Perú, son acopiadas y tratadas por empresas registradas y autorizadas. El Estado peruano emite una certificación de tratamiento; sin embargo, en la mayoría de los casos el tratamiento para baterías de carro usadas, se realizan usando métodos inapropiados. La figura de abajo muestra la manera usual de tratamiento de las baterías usadas. En las localidades los usuarios venden las baterías usadas a las tiendas, aunque haya problema de tratamiento con el plomo y el ácido diluido. También existen empresas encargadas de fabricar barras de plomo, para venderlo dentro del país o expórtalo al exterior.

La fábrica de reciclado de batería, vuelve a refabricar las barras de plomo, extraído de baterías usadas o las compran de fábricas de reciclado, para la fabricación de baterías. Sin embargo, los problemas medioambientales no son tomados en cuenta por las fabricas. Ello muestra que los trabajos se realizan en condiciones inapropiadas. Es necesario brindar información sobre el impacto ambiental por el uso de batería usada a las empresas relacionadas con este aspecto, con el fin de que sean concientes del cuidado medioambiental.

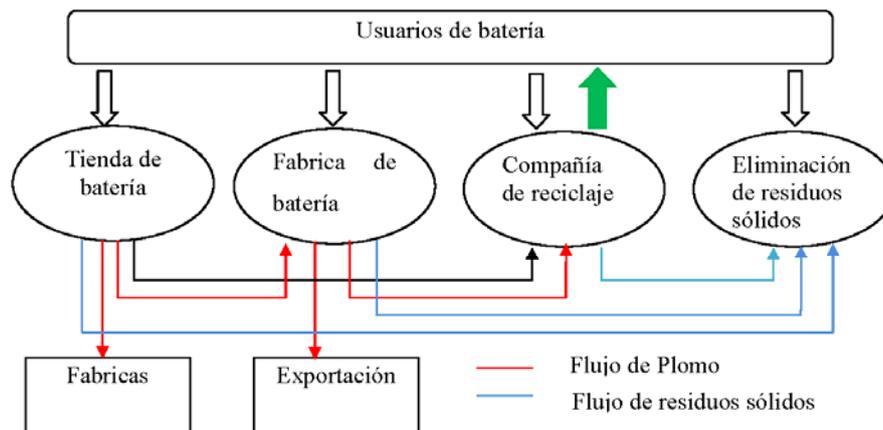


Figura 5.1 Flujo de baterías usadas

1.1.1 Reciclaje de batería en provincias

Especialmente en las comunidades rurales, muchas baterías automotrices usadas están siendo tratadas inadecuadamente. La figura 5.2., muestra una tienda local de reciclaje de batería. La empresa extrae el plomo de baterías usadas y las convierte en barras de plomo, como se observa en la figura 5.3. Las tiendas vende el plomo extraído a la fábrica de reciclaje o a otros clientes privados. Adicionalmente, el líquido de las baterías usadas no es tratado como un elemento que afecta al medioambiente. Por ejemplo, se observa que el ácido sulfúrico diluido (extraído de las baterías usadas), es vertido en los inodoros de las tiendas dedicadas a este negocio.



Figura 5.2 Empresa local de reciclaje de batería



Figura 5.3 Plomo extraído de baterías usadas

1.1.2 Empresa fabricante de barras de plomo de batería usada

En Lima existen algunas empresas fabricantes de barras de plomo, que provienen de baterías de carro usadas. Por ejemplo, una compañía fabricante de barras de plomo exporta al exterior. Además, algunas barras de plomo recicladas son vendidas a las fábricas de batería. La figura 5.4. muestra los insumos de una fabrica y en la figura 5.5. muestra las barras de plomo que fabrica esta empresa.



Figura 5.4 Fabrica de plomo de baterías usadas



Figura 5.5 Barra de plomo para exportación

1.1.3 Empresa de reciclaje de baterías

Existen algunas empresas dedicadas a la fabricación de baterías, usando el plomo reciclado de baterías usadas. Las placas de plomo son instalados en una nueva cajas de batería, para ser vendida como batería reciclada. Las empresas están estudiando la forma de tratar el ácido sulfúrico diluido (produciendo yeso para la construcción); sin embargo, aun tendrán que mejorar la seguridad para los trabajadores. Las baterías recicladas se están vendiendo actualmente en el Mercado. En la figura 5.6. se muestra el proceso de fabricación de una batería con una placa de plomo reciclado. En la figura 5.7 se muestra una nueva batería fabricada con placas de plomo reciclada.



Figura 5.6 Haciendo placas de plomo para batería reciclada



Figura 5.7 Batería reciclada

1.2 Sistema de tratamiento y reciclaje de la batería

Es necesario crear un sistema de tratamiento y reciclaje de batería en el proyecto de electrificación con paneles solares, porque una gran cantidad de baterías serán eliminadas después de un tiempo. Para evitar el impacto medioambiental causada por las baterías que han cumplido su periodo de vida útil, debe considerarse un óptimo régimen de tratamiento. No será recomendable vender baterías usadas a las tiendas locales, para evitar problemas medioambientales alrededor del área.

Los siguientes problemas mostrados, demandan la creación de un sistema ideal, para el tratamiento y reciclaje de baterías usadas.

Tratamiento de batería

- A. Las baterías usadas deberán ser acopiadas en la zona del proyecto de electrificación con paneles solares. Las baterías tendrán que ser acopiadas en un almacén, hasta tener una cantidad suficiente para ser vendidas.
- B. Las baterías acopiadas podrán ser vendidas o enviadas a las empresas de reciclaje, que estén debidamente autorizadas por el Estado, para el tratamiento de residuos sólidos y reciclaje de baterías usadas.

Aspecto medioambiental

- A. Es necesario informar a los usuarios, que el líquido de batería es ácido sulfúrico diluido y que es muy peligroso para la salud humana.
- B. El líquido de batería será un problema para las tuberías de desagüe, ríos y océanos, si las tiendas locales siguen depositando este líquido en los inodoros.
- C. Evitar derrame de líquido de batería en el suelo

Facilidad

- A. Es recomendable hacer un contrato con una compañía recicladora de batería.
- B. Si las instalaciones existentes no tienen capacidad suficiente para la cantidad de baterías a ser recicladas, solicite a las compañías para que incremente su capacidad.

En el siguiente esquema se muestra el diagrama con el flujo ideal, para el ciclo de tratamiento de baterías usadas. El punto mas importante en este diagrama de flujos es que

las baterías usadas tienen que ser acopiadas por el proyecto de paneles solares, en lugar de ser vendidas a las tiendas locales de baterías usadas. Adicionalmente, es posible usar baterías recicladas en el proyecto, tomando en consideración el aspecto medioambiental.

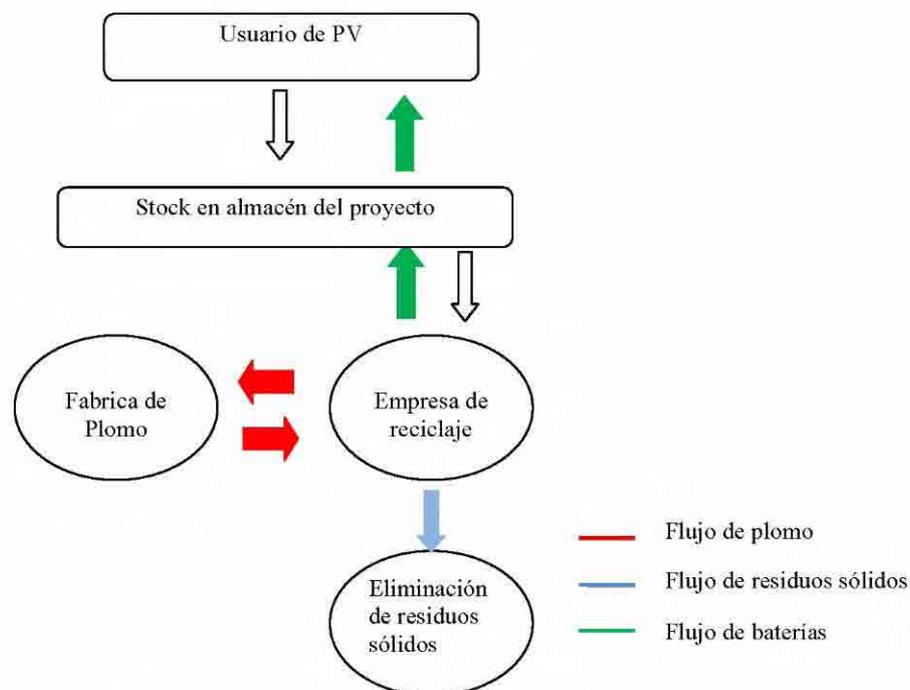


Figura 5.8 Sistema de tratamiento y reciclaje de la batería

La energía solar fotovoltaica ocasiona impactos en el ambiente no relevantes en la fase operacional, mientras que en las fases de construcción pueden ser significativos. No obstante, se deberá evitar la disposición final de los componentes fotovoltaicos en rellenos sanitarios comunes (botaderos), a menos que estos sean los denominados rellenos de seguridad, con dos capas impermeables para evitar cualquier tipo de lixiviado. Se recomienda devolver para reciclar el módulo fotovoltaico, la batería, el controlador de carga y el convertidor de tensión CC/CC al proveedor, luego que haya sufrido un deterioro y requiera ser cambiado. Se espera que en el futuro, a medida que se incrementen las instalaciones fotovoltaicas, con la consecuente mayor generación de residuos, se produzca un desarrollo de empresas dedicadas al reciclaje de los componentes principales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) "Generacion de electricidad a pequena escala con Energia Solar Fotovoltaica. Programa Teorico de Entrenamiento", Ing. Carlos Orbegozo, Ing. Bob Schulte, Ing. Gert Hoognstrijd. Editado SENATI, CENERGIA, ECOFYS. Utrech/Lima. 1999.
- (2) "Generacion de electricidad a pequena escala con Energia Solar Fotovoltaica. Programa Practico de Entrenamiento", Autores Ing. Carlos Orbegozo, Ing. Bob Schulte, Ing. Gert Hoognstrijd. Editado SENATI, CENERGIA, ECOFYS. Utrech/Lima. 1999.
- (3) "ATLAS DE ENERGIA SOLAR DEL PERU", MEM-DEP, UNDP, SENAMHI, 2003.
- (4) "Uso y Ahorro de la Energia: Implicaciones Ambientales", J. Gonzalez Labajo, G. Lopez Rodriguez, A. Barrero Romero de la Osa. Editado Universidad de Huelva – Espana. 2004.
- (5) "Energias Renovables para el Desarrollo" Autor: Jose Maria De Juan Sardon. Editorial Paraninfo – Espana. 2002.
- (6) "Norma Tecnica Peruana, Sistemas Fotovoltaicos hasta 500 Wp", Configuracion y Metodo para la Determinacion de la Eficiencia Energetica del Sistema. Editado: CONCYTEC - Lima. 2003
- (7) "Norma Tecnica Universal para Sistemas Fotovoltaicos Domesticos", Thermie B: SUP – 995 – 96 – EC – DGXVII. Comunidad Europea. 1998.
- (8) "Energia Solar I", Autor: Anibal Valera P. Editado Universidad Nacional de Ingenieria – Lima, 1993.
- (9) "Memoria del IX Simposio Peruano de Energia Solar", Editado Universidad Nacional San Agustin – Arequipa. 2001.
- (10) "Manual Teorico y Practico de la Conversion de la Luz Solar en Energia Electrica", Hector L. Gasquet. Mexico. 2004.
- (11) "Energia Solar Fotovoltaica, una Alternativa de Ahorro Energetico para la Universidad ICESI", Catalina Barrera Sanabria, Johanna Fitzgerald Fernandez. Editado Universidad de ICESI – Colombia. 2006.

Ministerio de Energía y Minas
Dirección de Proyectos (DPR)
AV. LAS ARTES SUR 260 – SAN BORJA
LIMA 41-PERU
Teléfono: +51 - 1 - 4750056
Fax: +51 - 1 - 4759460

Agencia de Cooperación Internacional del Japón
AV. ANGAMOS OESTE 1381, SANTA CRUZ
MIRAFLORES, LIMA, PERU
Teléfono: +51 - 1 - 2212433
Fax: +51 - 1 - 4416979

AGRADECIMIENTOS;

Ministerio de Energía y Minas; Dirección de Proyectos

Ing. Jorge Suárez

Ing. Miguel Ramos

Ing. Ivo Salazar

Equipo de Estudio JICA

Ing. Jorge Alfaro Calderón

Ing. Tsutomu DEI

Derechos Reservados

Prohibida la reproducción total o parcial

AGENCIA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL DEL JAPÓN- JICA



Un mañana mejor para todos.
Agencia de Cooperación Internacional del Japon