

**PROYECTO PER/98/G31  
ELECTRIFICACIÓN RURAL A BASE DE ENERGÍA  
FOTOVOLTAICA EN EL PERÚ**

**EVALUACIÓN TÉCNICA DE LOS SISTEMAS  
FOTOVOLTAICOS DOMICILIARES –SFD–  
INSTALADOS EN LOS DEPARTAMENTOS DE  
UCAYALI, LORETO, MADRE DE DIOS, PUNO,  
AYACUCHO Y HUÁNUCO**

**Resumen Ejecutivo**

*Carlos Cervantes Rodríguez*

**Enero, 2004**

## Resumen Ejecutivo

La Dirección Ejecutiva de Proyectos del Ministerio de Energía y Minas- DEP/MEM, instaló en el período 1997-2000, 1535 SFDs, como un adelanto de la contraparte peruana en el Proyecto PER/98/G31: “Electrificación Rural a base de Energía Fotovoltaica en el Perú”, suscrito entre el Gobierno Peruano y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD. Dado que una de las premisas básicas del Proyecto reside en “*asegurar la sostenibilidad de los sistemas que se instalen, independientemente de su número*”, como parte de las acciones emprendidas por la DEP/MEM, fue encargado el presente trabajo de consultoría, que comprendió la evaluación técnica *in situ* de sistemas fotovoltaicos domiciliarios –SFDs– con el objetivo de determinar el estado de funcionamiento de sus componentes y operación del sistema como un todo.

Las localidades objetivo indicadas por la DEP, constan en la tabla RE.1.

**Tabla RE.1** Localidades objetivo para evaluación de SFDs.

Nº	LOCALIDAD / Número de SFD	DEPARTAMENTO
1	C.P. Isla del Tigre / 34	Loreto
2	C.P Rondiña Zona I / 96	
3	Libertad de Cuiparillo / 68	
4	Puerto Progreso / 27	
5	Caserío de Gloria / 47	
6	C.N. San Francisco / 114	Ucayali
7	C.N. Sta. Clara Yarinacocha / 21	
8	C.N. Callería / 38	
9	C.N. Ega / 43	
10	C.N. Roca Fuerte / 21	
11	C.N. San Rafael / 27	Madre de Dios
12	Palotoa / 25	
13	Palca / 30	Ayacucho
14	Quishuarcancha / 41	Huánuco
15	Codo del Pozuso / 50	
16	San Juan de Yanacachi / 40	Pasco
17	Los Andes Pucará / 31	

La DEP/MEM, luego de coordinar con la Empresa de Administración de Infraestructura Eléctrica – ADINELSA, consideró conveniente dejar sin efecto la evaluación de SFDs en las localidades de Palca (Ayacucho), San Juan de Yanacachi y Andes de Pucará

(ambos en Pasco), debido a que, recientemente, personal técnico de ADINELSA había realizado la evaluación de los SFDs en dichas localidades. En su lugar, y manteniendo los mismos criterios de selección, la DEP/MEM identificó las localidades de Isla de los Uros (Puno), Huancho-Lima (Puno) y caseríos vecinos a Puerto Maldonado (Madre de Dios), para ser evaluadas.

La visita técnica de los SFDs en la isla de los Uros –los sistemas se encuentran, principalmente, distribuidos en 18 sectores o islas pequeñas– se vio imposibilitada debido a la poca colaboración y recelo de los pobladores con respecto a la revisión de los equipos. Existe la creencia generalizada de que los SFDs son una donación del gobierno anterior y es alentada por la desinformación que brinda el presidente del comité de pro-electricación de esta localidad; es por ello que la visita técnica no pudo concretarse ya que fue percibida por la población como una amenaza, a pesar de, continuamente, ser explicados los beneficios que ésta trae consigo.

Este estudio busca ser un instrumento que auxilie a los órganos implementadores, colaboradores y responsables del programa de electrificación rural basado en la tecnología solar fotovoltaica en el país, proporcionando elementos técnicos y opiniones a partir del análisis de la experiencia de campo. Este estudio contó con el financiamiento del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y sus principales resultados son indicados a continuación.

## **Ucayali**

La tabla RE.2 resume la situación actual de los SFDs pertenecientes a 6 localidades seleccionadas en el Departamento de Ucayali.. El monto de la inversión requerida para la repotenciación de los SFDs en dichas localidades está contenido en la tabla RE.3, indicándose el número de sistemas que pueden ser repotenciados y el componente de la inversión por suministro y por almacenaje, transporte, supervisión y capacitación. Debe señalarse que el calificativo de sistema “operativo” indica no que el sistema opera en condiciones óptimas, mas si que, aún con limitaciones, el usuario lo usa en su día a día.

**Tabla RE.2** Principales resultados de la evaluación en campo de los SFDs en Ucayali.

<b>Localidad Situación</b>	<b>San Francisco y Anexos</b>	<b>Santa Clara</b>	<b>Ega</b>	<b>Roca Fuerte</b>	<b>San Rafael</b>	<b>Callería</b>
<b>Total SFDs instalados según relación de la DEP.</b>	114	21	43	21	27	38
<b>Operativos en campo.</b>	67	18	31	5	16	38
<b>Inoperantes por falta de batería.</b>	28	1	2	7	5	0
<b>Sin evaluar, usuario ausente.</b>	4	0	2	0	6	0
<b>Robados.</b>	4	1	4	2	0	0
<b>Trasladados.</b>	8	0	4	5	0	0
<b>Vendidos, empeñados.</b>	0	1	0	2	0	0
<b>Equipos en custodia del comité.</b>	3	0	0	0	0	0

**Tabla RE.3** Inversión requerida para repotenciación de SFDs en Ucayali.

<b>Localidad Situación</b>	<b>San Francisco y Anexos</b>	<b>Santa Clara</b>	<b>Ega</b>	<b>Roca Fuerte</b>	<b>San Rafael</b>	<b>Callería</b>
<b>Total SFDs instalados según relación de la DEP.</b>	114	21	43	21	27	38
<b>% SFDs que estaban operando durante la visita técnica.</b>	59%	86%	72%	24%	59%	100%
<b>Total de SFDs que podrían ser repotenciados.</b>	102(*)	19	35	12	27	38
<b>Inversión requerida (US\$) en suministros.</b>	26.159,20	4.827,90	8.893,50	3.049,20	6.860,70	9.655,80
<b>Inversión requerida (US\$) en almacenaje, transporte, supervisión y capacitación</b>	10.422,97	1.941,53	3.576,51	1.226,23	2.759,02	3.883,07
<b>Inversión total requerida (US\$).</b>	36.582,17	6.769,43	12.470,01	4.275,43	9.619,72	13.538,87
<b>Total de inversión requerida en Ucayali</b>					<b>US\$ 83.255,64</b>	

Notas: (\*) Incluye los tres paneles en poder del comité y el reemplazo de un módulo cuya cara frontal se encuentra quebrada por uno nuevo.

## Loreto

La visita técnica comprendió la evaluación de SFDs pertenecientes a 5 localidades en el Departamento de Loreto. La situación actual de los SFDs, % de operatividad y montantes de inversión para posibilitar la repotenciación de los mismos son mostrados en las tablas RE.4 y RE.5, respectivamente.

**Tabla RE.4** Principales resultados de la evaluación en campo de los SFDs en Loreto.

<b>Localidad Situación</b>	<b>Isla del Tigre</b>	<b>Rondiña Zona I</b>	<b>Puerto Progreso</b>	<b>Libertad de Cuiparillo</b>	<b>Gloria</b>
<b>Total SFDs instalados según relación de la DEP.</b>	34	96	27	68	47
<b>Operativos en campo.</b>	2	12	21	61	40
<b>Inoperantes por falta de batería.</b>	16	56	6	7	6
<b>Incompletos, en poder del comité.</b>	0	9	0	0	0
<b>Robados, vendidos, trasladados.</b>	16	19	0	0	1

**Tabla RE.5** Inversión requerida para repotenciación de SFDs en Loreto.

<b>Localidad Situación</b>	<b>Isla del Tigre</b>	<b>Rondiña Zona I</b>	<b>Puerto Progreso</b>	<b>Libertad de Cuiparillo</b>	<b>Gloria</b>
<b>Total SFDs instalados según relación de la DEP.</b>	34	96	27	68	47
<b>% SFDs que estaban operando durante la visita técnica.</b>	6%	13%	78%	90%	85%
<b>Total de SFDs que podrían ser repotenciados.</b>	18	77	27	68	46
<b>Inversión requerida (US\$) en suministros</b>	4.814,80 (*)	19.565,70 (**)	6.860,70	17.278,80	11.688,60
<b>Inversión requerida (US\$) en almacenaje, transporte, supervisión y capacitación</b>	1.893,35	8.099,32	2.840,02	7.152,65	4.838,56
<b>Inversión total requerida (US\$).</b>	6.708,15	27.665,02	9.700,72	24.431,45	16.527,16
<b>Total de inversión requerida en Loreto</b>				<b>US\$ 85.032,50</b>	

Notas: (\*) Incluye el reemplazo de un módulo malogrado en Isla del Tigre.

(\*\*) Considera que los 9 paneles en poder del panel serán completados con los componentes faltantes para constituir un SFD.

## Madre de Dios

La visita técnica comprendió la evaluación de SFDs pertenecientes a 7 localidades en el Departamento de Madre de Dios. La situación actual de los SFDs, % de operatividad y montantes de inversión para posibilitar la repotenciación de los mismos son mostrados en las tablas RE.6 y RE.7, respectivamente.

**Tabla RE.6** Principales resultados de la evaluación en campo de los SFDs en Madre de Dios.

<b>Localidad Situación</b>	<b>Palotoa</b>	<b>Centro Cachuela</b>	<b>Tres Islas</b>	<b>Loero</b>	<b>Bajo Tambop.</b>	<b>Rompe Olas</b>	<b>Otilia</b>
<b>Total SFDs evaluados en campo</b>	23	10	7	5	10	6	4
<b>Operativos en campo.</b>	21	10	1	3	6	3	4
<b>Inoperantes por falta de batería.</b>	0	0	3	0	0	1	0
<b>Incompletos, en poder del comité.</b>	0	0	1	0	0	2	0
<b>Robados, vendidos, trasladados.</b>	2	0	2	2	4	0	0

**Tabla RE.7** Inversión requerida para repotenciación de SFDs en Madre de Dios.

<b>Localidad Situación</b>	<b>Palotoa</b>	<b>Centro Cachuela</b>	<b>Tres Islas</b>	<b>Loero</b>	<b>Bajo Tambop.</b>	<b>Rompe Olas</b>	<b>Otilia</b>
<b>Total SFDs evaluados en campo</b>	23	10	7	5	10	6	4
<b>% SFDs que estaban operando durante la visita técnica.</b>	91%	100%	14%	60%	60%	50%	100%
<b>Total de SFDs que podrían ser repotenciados.</b>	23	10	5	3	6	6	4
<b>Inversión requerida (US\$) en suministros(*)</b>	5.844,30	2.541,00	1.270,50	762,30	1.524,60	1.524,60	1.016,40
<b>Inversión requerida (US\$) en almacenaje, transporte, supervisión y capacitación</b>	2.396,28	1.041,86	520,93	312,56	625,12	625,12	416,74
<b>Inversión total requerida (US\$).</b>	8.240,58	3.582,86	1.791,43	1.074,86	2.149,72	2.149,72	1.433,14
<b>Total de inversión requerida en Madre de Dios</b>						<b>US\$ 20.422,30</b>	

## Puno, Ayacucho y Huánuco

Análogamente, para los departamentos de Puno, Ayacucho y Huánuco la situación actual de los SFDs, % de operatividad y montantes de inversión para posibilitar la repotenciación de los mismos son mostrados en las tablas RE.8 y RE.9, respectivamente.

**Tabla RE.8** Principales resultados de la evaluación en campo de los SFDs en las localidades seleccionadas de Puno, Ayacucho y Huanuco.

<b>Localidad Situación</b>	<b>Huancho-Lima (Puno)</b>	<b>Quishuarcancha (Ayacucho)</b>	<b>Codo del Pozuso (Huanuco)</b>
<b>Total SFDs instalados según relación de la DEP</b>	30	41	50
<b>Operativos en campo.</b>	22(*)	34(*)	45
<b>Inoperantes por falta de batería.</b>	6	3	2
<b>Sin evaluar, usuario ausente</b>	1	4	3
<b>Incompletos, en poder del comité.</b>	0	0	0
<b>Robados, vendidos, trasladados.</b>	1	0	0

Nota: (\*) Si bien las instalaciones están aún operativas, es importante señalar que, tanto para Huancho-Lima y Quishuarcancha, las baterías, en su gran mayoría, se encuentran ya “técnicamente” muertas, siendo necesario su reposición.

**Tabla RE.9** Inversión requerida para repotenciación de SFDs en Puno, Ayacucho y Huanuco.

<b>Localidad Situación</b>	<b>Huancho-Lima</b>	<b>Quishuarcancha</b>	<b>Codo del Pozuso</b>
<b>Total SFDs instalados según relación de la DEP</b>	30	41	50
<b>% SFDs que estaban operando durante la visita técnica.</b>	73%	83%	90%
<b>Total de SFDs que podrían ser repotenciados.</b>	29	41	7
<b>Inversión requerida (US\$) en suministros</b>	5.589,20	10.418,10	691,06
<b>Inversión requerida (US\$) en almacenaje, transporte, supervisión y capacitación</b>	2.963,39	3.943,63	543,80
<b>Inversión total requerida (US\$).</b>	<b>8.552,59</b>	<b>14.361,73</b>	<b>1.234,86</b>

La tabla RE.10, resume la inversión total requerida por Departamento para la repotenciación de SFDs en las localidades objetivos seleccionadas por la DEP/MEM. La determinación de los costos unitarios de rehabilitación de SFDs varían por departamento y localidad específica, según sus requerimientos de baterías (que es el componente que afecta, principalmente, al rubro transporte).

**Tabla RE.10** Inversión requerida por departamento para repotenciación de SFDs evaluados durante la visita técnica.

<b>Localidad Situación</b>	<b>Ucayali</b>	<b>Loreto</b>	<b>Madre de Dios</b>	<b>Puno</b>	<b>Ayacucho</b>	<b>Huánuco</b>	<b>Total</b>
<b>Total SFDs evaluados en campo</b>	264	272	67	30	41	50	<b>724</b>
<b>% SFDs que estaban operando durante la visita técnica.</b>	66%	50%	74%	73%	83%	90%	<b>64%</b>
<b>Total de SFDs que podrían ser repotenciados.</b>	233	236	57	29	41	7	<b>603</b>
<b>Inversión requerida (US\$) en suministros(*)</b>	59.446,3	60.208,6	14.483,7	5.589,20	10.418,10	691,06	<b>150.836,96</b>
<b>Inversión requerida (US\$) en almacenaje, transporte, supervisión y capacitación</b>	23.809,33	24.823,9	5.938,61	2.963,39	3.943,63	543,80	<b>62.022,66</b>
<b>Inversión total requerida (US\$).</b>	<b>83.255,63</b>	<b>85.032,5</b>	<b>20.422,31</b>	<b>8.552,59</b>	<b>14.361,73</b>	<b>1.234,86</b>	<b>212.859,62</b>

De los resultados de la visita técnica, fue evidente que el componente solar (módulo fotovoltaico) no presentó prácticamente fallas y si los componentes complementarios que constituyen el SFD, razón por la cual se recomienda la reposición de estos equipos, principalmente baterías, controladores de carga y luminarias, en aras de posibilitar el correcto funcionamiento y la sostenibilidad del servicio que brindan. Es oportuno mencionar que la reposición de componentes de los SFDs, como única medida a adoptar, no garantiza *per se* la sostenibilidad de éstos en el tiempo. Será necesario contrastar esta acción y el monto que exige, con la realidad socio-económica de las localidades donde se encuentran los SFDs, complementándola con la adopción de nuevos sistemas de gestión –en los casos necesarios– labores orientadas a la capacitación y fortalecimiento de comités locales y monitoreo sistemático de los sistemas. Para la rehabilitación recomendada deberá tomarse en consideración la evaluación de *Gestión y Administración*, producto de una consultoría paralela y coordinarse con ADINELSA, entidad encargada de la administración de los SFDs instalados por el MEM.