

**SISTEMAS DE ENERGIA  
RENOVABLE EN LA  
REGION AMAZONICA PERUANA**

**EXPEDIENTE TÉCNICO**

**SISTEMAS HÍBRIDOS PILOTO DE INDIANA Y  
PADRE COCHA**

**Junio 1998**

# **SISTEMAS DE ENERGIA RENOVABLE EN LA REGION AMAZONICA DEL PERU**

## **SISTEMAS HÍBRIDOS PILOTO DE INDIANA Y PADRE COCHA**

### **INDICE**

1. MEMORIA DESCRIPTIVA
  - 1.1. INTRODUCCIÓN
  - 1.2. UBICACIÓN
  - 1.3. DESCRIPCIÓN
  - 1.4. ALCANCE
  
2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPAMIENTO
  - 2.1. MODULO INTEGRADO RPS-150
    - 2.1.1. CONFIGURACIÓN
    - 2.1.2. BATERIAS
    - 2.1.3. CONTROL ELECTRÓNICO DE POTENCIA CARGADOR/ INVERSOR
    - 2.1.4. RECTIFICADOR CARGADOR DE BATERIAS
    - 2.1.5. INVERSOR
    - 2.1.6. MODULO SISTEMA DE MANDO
    - 2.1.7. SISTEMA FOTOVOLTAICO
    - 2.1.8. SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO
    - 2.1.9. SISTEMA DE CONTROL INTEGRADOR
  - 2.2. ESTRUCTURA DE PLANTA ELECTRICA
    - 2.2.1. CONFIGURACIÓN



#### **4. ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS RAPS**

##### **4.1. OPERACIÓN DEL SISTEMA RAPS**

##### **4.2. CONSUMO – COSTOS DEL COMBUSTIBLE**

##### **4.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL GENERADOR**

##### **4.4. MANTENIMIENTO DE COMPONENTES DEL SISTEMA RAPS**

##### **4.5. CICLO DE VIDA Y REEMPLAZO DE BATERIAS**

##### **4.6. PLAN DE RECICLAJE**

###### **4.6.1. RECICLAJE DE BATERIAS**

###### **4.6.2. RECICLAJE DE ACEITES LUBRICANTES**

##### **4.7. CONTROL ADMINISTRATIVO Y COBRANZA**

#### **5. CALCULOS Y ANÁLISIS DE EMISIONES**

##### **5.1. INTRODUCCION**

##### **5.2. REDUCCIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO**

##### **5.3. CALCULO DE EMISIONES**

##### **5.4. IMPACTO AMBIENTAL Y MITIGACIONES**

#### **6. GERENCIAMIENTO DE LA DEMANDA**

##### **6.1. INTRODUCCIÓN**

##### **6.2. CARGAS DOMICILIARIAS**

##### **6.3. CARGAS COMERCIALES**

##### **6.4. CARGAS PARA USOS PRODUCTIVOS**

##### **6.5. CARGAS INSTITUCIONALES**

##### **6.6. ESTIMADOS DE CRECIMIENTO DE CARGAS**

## 6.7. PLAN DE MONITOREO DE LA DEMANDA

## 7. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

### 7.1. GENERALIDADES

### 7.2. COSTO DE LOS EQUIPOS

### 7.3. COSTOS NO RELACIONADOS CON EL EQUIPAMIENTO

### 7.4. INSTALACIONES LOCALES

### 7.5. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

#### 7.5.1. COSTO BASICO SISTEMA RAPS – PADRECOCHA

#### 7.5.2. COSTO BASICO SISTEMA RAPS - INDIANA

## 8. EVALUACIÓN ECONOMICA

### 8.1. INTRODUCCIÓN

### 8.2. METODO FLUJO ECONOMICO DIRECTO

#### 8.2.1. ANÁLISIS ECONOMICO PADRECOCHA

#### 8.2.2. ANÁLISIS ECONOMICO INDIANA

## **ANEXOS:**

**ANEXO 1 - PLANOS Y DIAGRAMAS**

**ANEXO 2 - ANÁLISIS DE EMISIONES**

**ANEXO 3 – FLUJO ECONOMICO PADRE COCHA E INDIANA**

**ANEXO 4 – MAPA DE RADIACIÓN SOLAR**

# SISTEMAS DE ENERGIA RENOVABLE EN LA REGION AMAZONICA DEL PERU

SISTEMAS HÍBRIDOS PILOTO DE INDIANA Y PADRE COCHA

## EXPEDIENTE TÉCNICO

### 1. MEMORIA DESCRIPTIVA

#### 1.1. INTRODUCCIÓN

El presente expediente comprende el estudio final de la implementación de los sistemas híbridos pilotos que serán instalados en las localidades de Padre Cocha e Indiana, el mismo que ha sido desarrollado luego de los estudios previos:

- “Preliminary Desing Analysis: Engineering Feasibility Study to Assess RAPS Potential in the Amazón Region in Peru” (**Análisis preliminar de diseño: Estudio de factibilidad técnica para determinar el potencial de los RAPS en la región amazónica de Perú**), que se terminó en enero de 1998.
- Estudio denominado: “Evaluation for Loreto Province, Peru Remote Aerea Power Supplies (RAPS)” (**Evaluación socioeconómica de las fuentes de energía eléctrica remotas (RAPS) para la provincia de Loreto-Perú**) concluido en abril de 1998.

En este expediente se especifican de forma pormenorizada el diseño técnico, la gestión, la operación y mantenimiento del sistema y los costo del proyecto piloto.

#### 1.2. UBICACIÓN

Para determinar la ubicación del proyecto piloto se realizó una evaluación cuyo informe titulado: “Socio-Economic Evaluation for Loreto Province, Peru Remote Area Power Supplies (RAPS)” **Evaluación socioeconómica de las fuentes de energía eléctrica remotas (RAPS)** para la provincia de Loreto (Perú), determino la ubicación final del proyecto piloto.

El estudio abarcó nueve localidades de la provincia de Loreto, que fueron evaluadas teniendo en cuenta el liderazgo, la ubicación geográfica (localidades centralizadas o dispersas), la tasa de rendimiento financiero y el potencial para usos productivos, así como el estado de las redes de energía actuales, la capacidad gerencial de las autoridades de la localidad y las oportunidades para poner en marcha un plan de electrificación. La localidades recomendadas fueron las siguientes:

- El caserío Padre Cocha, localidad de 250 consumidores situada a poca distancia de Iquitos, ubicada en una zona alta de las riberas del río Nanay, cuyos límites presentan varios kilómetros de terrenos pantanosos e inundables hasta el río Momon, su acceso se realiza por vía fluvial. Este centro poblado no cuenta con servicio eléctrico y deberá instalarse previamente redes primaria en 22.9 kV., y redes secundarias nuevas; también requiere la instalación de un generador diesel de 100 kW. Coordenadas UTM: 702,003 – 9'596,270.
- Indiana, localidad ubicada a orillas del río Amazonas, con 380 consumidores y un gran potencial para usos productivos, tiene actualmente servicio eléctrico restringido promedio de 5 horas diarias (dependiente del abastecimiento diario de combustible), cuenta con redes eléctricas definitivas desde 1986, y un grupo generador de 220 kW., instalado en 1995. Coord. UTM: 717,878 – 9'613,855.

### 1.3. DESCRIPCION

El módulo básico componente del Sistema Híbrido RAPS es el RPS-150 cuya capacidad es de 150 kWh/día.

#### Padre Cocha

Previamente se gestionará la instalación de un generador diesel de 100 kW, así como un redes primarias en 22.9 kV., redes secundarias de 380/220 V., y conexiones domiciliarias nuevas. Se prevé que la demanda inicial en Padre Cocha será de 300 kWh por día, con un máximo de 60 a 80 kW.

En la figura se representa el perfil de carga previsto que se atenderá con el sistema RAPS a Padre Cocha.

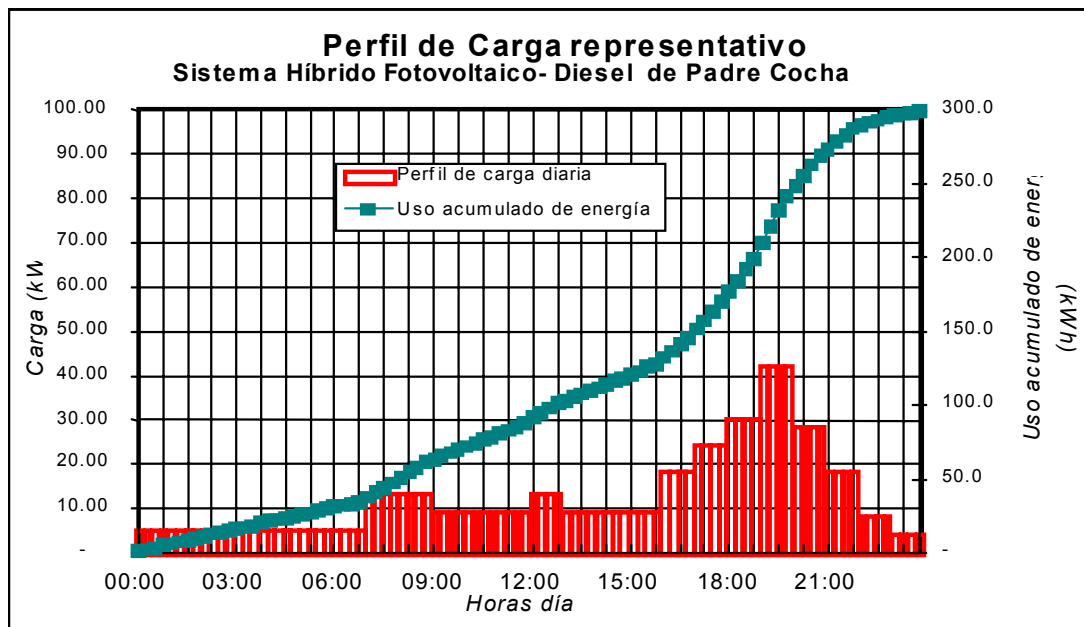


Figura 1 – Perfil de Carga de Padre Cocha

Para cubrir esta demanda prevista se instalarán dos modulo RPS-150, que completan 300 kWh/día de energía de acuerdo al perfil indicado en la figura 1.

### **Indiana**

En Indiana funciona un generador diesel de 200 kW, existen redes de distribución primaria de 10kV., y redes de distribución de baja tensión 380/220 voltios, se deberá gestionar el mantenimiento correctivo y preventivo de este sistema.

Se calcula que la producción de energía se sitúa entre 500 y 550 kWh según el consumo de combustible notificado, que asciende a 65 galones de petróleo por noche.

En la figura se representa el perfil de carga previsto que se atenderá con el sistema RAPS en Indiana.

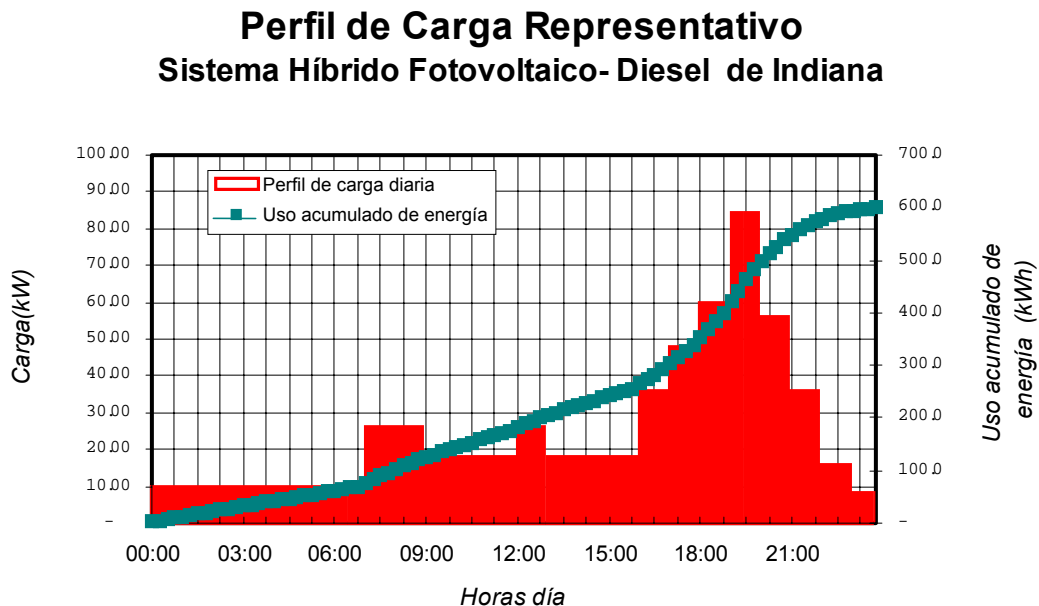


Figura 2 – Perfil de Carga de Indiana

Se instalarán cuatro módulos RPS-150, entregando 600 kWh/día de energía, que cubre el requerimiento de acuerdo al perfil indicado en la figura 2.

### **Clasificación de cargas**

Las cargas para ambas localidades se clasifican en las siguientes categorías principales:

- Residencial: Consiste generalmente en varias luces de poca intensidad, más televisor, radio y diversas cargas electrónicas pequeñas, como ventiladores.
- Comercial: Similar a una carga residencial, pero puede haber mas iluminación y en muchos comercios hay un refrigerador para alimentos y bebidas.

- Usos productivos: gama muy amplia que abarca desde escuelas privadas hasta establecimientos industriales pequeños como: molinos, pequeños reaserraderos y carpinterías, fabricas de hielo, hosterías pequeñas, restaurantes e instalaciones de ecoturismo.
- Institucional: Las cargas principales consisten en alumbrado público, bombas de agua y purificadores de agua, incluyen también centros de salud, centros comunitarios, comisaría, sistemas de telecomunicaciones y escuelas públicas.

Los valores de Radiación solar evaluados por latitud (-6.58) y longitud (-76.32), registrados, para la región amazónica, presenta mínimos de 4.26 y máximos de 5.04, con un promedio de 4.52, esto garantizará la permanente carga de electricidad por los paneles fotovoltaicos de diseño, aún en días sombríos. En anexo 4 se presenta mapa de radiación solar.

#### **1.4. ALCANCE**

Los Sistemas Híbridos RAPS que serán instaladas en estas localidades ribereñas conforman el proyecto pilotos y se indican a continuación:

- Un sistema RAPS de 300 kWh por día para Padre Cocha. Esta unidad consistirá en dos módulos RPS-150 de 150 kWh y dos sistemas fotovoltaicos de 15 kWp integrados con un generador diesel de 100 kW y las redes de distribución eléctricas nuevas.
- Un sistema RAPS de 600 kWh por día para Indiana. Este sistema consistirá en cuatro módulos RPS-150 de 150 kWh por día y cuatro sistemas fotovoltaicos de 15 kWp integrados con el generador diesel existente de 220 kW y la red de distribución de electricidad actual. El sistema eléctrico convencional actual contará con mantenimiento correctivo.

Para la protección del sistema se debe instalar un sistema enmallado de puesta a tierra en el área de ubicación de los módulos para protección de baterías, control electrónico y paneles solares, se debe garantizar valores menores a  $5 \Omega$ . Asimismo se diseñará la instalación de pararrayos tipo ionizante para protección por efectos atmosféricos en la casa de fuerza y de cada uno de los componentes de los sistemas de Indiana y Padre Cocha.

## **2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPAMIENTO**

### **2.1. MODULO INTEGRADO RPS-150**

El Sistema RAPS incluye un Módulo RPS-150 diseñado para proporcionar cargas de 150 kWh por día, utilizando un sistema de baterías, elementos electrónicos cargador-inversor integrados, instalados en un contenedor ISO de 6 metros.

En condiciones de operación normal la carga provendrá de la batería, en tanto que el sistema fotovoltaico las recargará con la energía disponible en el día y el generador diesel las recargará cuando sea necesario.

Estos módulos han sido diseñados para funcionar en paralelo. Los sistemas del proyecto usan dos de estos módulos para una carga de 300 kWh/día en Padre Cocha y cuatro de estos módulos para una carga de 600 kWh/día en Indiana.

#### **2.1.1. CONFIGURACIÓN**

El módulo, RPS-150 consiste en:

- Sistema de baterías instalados en serie en contenedor ISO de 6 metros herméticamente sellado.
- Sistema electrónico de alta potencia y controles integrados, instalados en un contenedor ISO de 6 metros.

Esta unidad estará conectada a un sistema fotovoltaico y al generador diesel actual. Se tendrá para todos los componentes RPS-150 que constituyen el sistema RAPS, una garantía de fábrica de cuanto menos 5 años.

Especificaciones de los módulos:

- Banco de baterías 750 Ah, 240 V CC ( o el equivalente), que consiste en dos cadenas paralelas de 375 Ah.
- Sist. conversión de energía eléctrica: Inversor bidireccional de 40 kW con salida sinusoidal. Unidades en paralelo con otros inversores y un generador diesel. Frecuencia de 60 Hz.
- Sistema de control y monitoreo Sistema electrónico de control del voltaje de la batería, la corriente de batería. La temperatura, el voltaje y la corriente del sistema fotovoltaico. La temperatura ambiental y otros parámetros del sistema, a fin de determinar el estado de carga de la batería y los pedidos de recarga.

### **2.1.2. BATERIAS**

Las baterías son la parte central de los sistemas RAPS para Indiana y Padre Cocha. La selección, control de carga y mantenimiento de las baterías son muy importantes, por ello se cumplen las siguientes características:

- Alta capacidad cíclica (con un moderado ciclo de descarga profunda por día)
- Bajo mantenimiento (por escasez de operadores capacitados en las zonas)
- Alta eficiencia
- Alta confiabilidad
- Flexibilidad de instalación
- Largo período de vida
- Costo reducido
- Reciclable (Para la región medio ambiental sensible amazónica)

El banco de baterías consiste en dos cadenas paralelas de elementos de batería tipo SunGel VRLA de 375 Ah, con un requerimiento total de 750 Ah a 240 V CC.

Es una batería de electrolitos gelificada, diseñada específicamente para usos con energía renovable de ciclado fuerte.

Según las especificaciones, es una batería de 2.500 ciclos con una intensidad de la descarga del 50%, lo cual se traduce en unos ocho o más años de vida útil de la batería.

Cada módulo usará 240 celdas - dos cadenas a 240 V (120 celdas). Cada cadena tendrá un sensor de corriente, un fusible limitador y un interruptor de estado sólido para posibles control de desconexión. El conector negativo de la batería estará conectado a tierra.

Un rectificador será necesario para las dos cadenas de baterías, consiguiendo un apropiado aislamiento eléctrico para obtener compensación óptima.

Las baterías se instalarán en estantes dentro del contenedor, como se muestra en los planos D003209 y D001019. Los apoyos verticales del estante se soldarán a la estructura del contenedor, y las baterías se alojarán en las filas de estantería correspondientes.

La batería incluirá un sistema supervisor intensivo de temperatura y voltaje, para cada bloque de seis células.

El diseño contempla dejar previsto estantes para una cadena adicional de baterías, que serán agregados para expansión futura.

### **2.1.3. CONTROL ELECTRÓNICO DE POTENCIA CARGADOR/ INVERSOR**

El sistema propuesto requiere un moderno sistema integrado de electrónica de corrientes fuertes para suministrar electricidad a la localidad. Este sistema de acondicionamiento de energía servirá tanto de cargador de batería como de

inversor. Podrá funcionar en paralelo tanto con unidades similares como con un generador diesel y regulado por la corriente o en forma autónoma.

Se instalará un sistema de acondicionamiento de energía en cada módulo de energía eléctrica RPS-150. Cada uno de estos sistemas estará conectado a la batería y a la barra colectora de salida.

Las especificaciones generales para el sistema de acondicionamiento de energía son las siguientes:

- Régimen nominal - 40 kW/50 kVA
- Sobre corriente momentánea - 200% durante 5 segundos
- Entrada de la batería - 240 V CC
- Salida de CA - 3Ø, 240/415 V, 60 Hz.
- Calidad de la energía - Onda sinusoidal de calidad similar a la del servicio público (5% de distorsión armónica total, etc.)
- Eficiencia - Más del 90%,
- Las unidades podrán sincronizarse y funcionar en paralelo con una o más unidades similares.
- La unidad podrá sincronizarse y funcionar en paralelo con un generador diesel.
- La unidad podrá funcionar como cargador de batería (en modalidad de flujo de inversión de potencia) en paralelo con un generador diesel.
- La unidad tendrá una barra colectora en serie para datos, que se usará para la transferencia de datos y las entradas de dispositivos de control.

#### **2.1.4. RECTIFICADOR CARGADOR DE BATERIAS**

Los cargadores rectificadores de batería serán proporcionados por la Orion Energy Corporation tendrá las siguientes especificaciones:

- Modelo - RBC-40/240C
- Potencia nominal - 40 kW
- Entrada - 220/380 V, 60 Hz trifásico CA
- Salida - 240 VDC nominal 200-320 VDC
- Tecnología - Control de alta Frecuencia IGBTs
- Eficiencia - 90-96% carga mayor a 25%
- Enfriamiento - Por Aire Forzado
- Medio ambiente - -20 a +45°C, 0-100% humedad

- Controles - Microprocesador controlador con acceso de RS485 de supervisión a modos de operación

### 2.1.5. INVERSOR

Los Inversores también serán proporcionados por Orion Energy Corporation, tendrá las especificaciones siguientes:

- Modelo - BlueStar 503/240C
- Potencia nominal - 40 kW / 50 kVA
- Salida - 220/380 V, 60 Hz., trifásico CA
- Entrada - 240 VDC nominal 200-320 VDC
- Tecnología - Control de alta Frecuencia IGBTs
- Eficiencia - 90-96% a mas de 25% de carga
- Enfriamiento - por Aire Forzado
- Paquete - NEMA 4 con calor externos e interior fresco
- Transformador de aislamiento Externo
- Medio Ambiente - -20 a +45°C, 0-100% humedad
- Control - Microprocesador controlador con acceso de RS485 de supervisión a modos de operación
- Controles - Control maestro inversor paralelo vinculado con fibra-óptica
- Cada control de inversor puede configurarse como principal o secundario.

### 2.1.6. MODULO SISTEMA DE MANDO

El sistema de mando del módulo tendrá las siguientes especificaciones:

- Tablero modular de Mando - NGC3188A Microprocesador Director con despliegue local, RS485 control de interconexión y RS232/485 conector de Comunicaciones Externo.
- Módulo conexión DC - NGC2010A Microprocesador Director con 2 entradas de voltaje de DC y 2 entradas de temperatura. control de apertura para PV.
- Modulo de conexión de batería - NGC2010A Microprocesador Director con 3 salidas 3Ø DC entrada voltaje actual y dos entradas de temperatura. Control de apertura de PV y control de aislamiento de batería.
- RS485 es la interfase de los inversores y cargadores de batería

### **2.1.7. SISTEMA FOTOVOLTAICO**

El sistema fotovoltaico para el módulo básico tiene capacidad suficiente para suministrar alrededor de 40% de la energía anual para la carga. La capacidad nominal del sistema es 15.3 kW.

Como se usarán baterías de 240 V CC nominales y un sistema de 18 módulos en serie (a unos 17.0 V en el punto de potencia máxima) suministrará suficiente tensión para cargar este sistema.

El sistema propuesto para el sistema básico consistirá en:

- Modulo PV - SX80
- Numero de series - 18
- Número de paralelos - 10
- Potencia neta - 15 kWp

(Nota: Si se usan módulos diferentes, el régimen nominal del sistema permanecerá invariable, con un cambio solamente en la cantidad de cadenas paralelas. Asimismo, si se usa una batería de tensión más alta, habrá mas módulos en serie en cada cadena y menos en paralelo.)

El sistema estará montado en una estructura de placa plana fija, por lo menos a un metro del suelo para dar cabida a los arbustos. El sistema tendrá una inclinación de alrededor de 15 grados, mirando al ecuador. Los detalles se muestran en los planos 003016 y D003218,

### **2.1.8. SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO**

Habrá un sistema de control distribuido jerárquico, con distintos elementos encargados de tareas especializadas. La configuración característica de cada módulo RPS-150 incluirá:

- Un controlador del sistema de acondicionamiento de energía.
- Un monitor de batería,
- Un controlador de carga fotovoltaica y
- Un controlador de módulos.

Estos dispositivos de control estarán conectados por medio de una red industrial de comunicaciones en serie RS485.

Cada sistema comunitario de energía eléctrica tendrá un solo generador diesel, con su propio controlador de encendido automático, tendrá asimismo un solo controlador supervisor que servirá de controlador de transferencia de mando para el sistema y permitirá el registro de datos en un solo punto, así como la instalación de una interfaz para el monitoreo a distancia.

### **2.1.9. SISTEMA DE CONTROL INTEGRADOR**

El equipo del sistema RPS-150 estará instalado en un contenedor ISO de 6 metros (dimensiones externas; 6 m x 2.6 m x 2.6 m, con puerta en uno de los dos extremos).

En el contenedor habrá dos cadenas de baterías, un sistema de acondicionamiento de energía y los dispositivos electrónicos de control apropiados.

Un módulo maestro por sistema tendrá también la barra colectora del sistema para la interconexión del generador diesel, y un circuito conmutador de salida de carga, así como el sistema de control supervisor y monitoreo.

El generador diesel estará instalado en la estructura actual.

Los sistemas fotovoltaicos se instalarán en campo separado y se conectará por medio de cables hasta el módulo correspondiente.

El sistema será ensamblado y sometido a pruebas antes del envío. Vendrá instalado en una caja que deberá simplemente instalarse en una plataforma de hormigón. Las estructuras de soporte del sistema basadas en pilares, reducirán el mínimo el uso de hormigón.

## **2.2. ESTRUCTURA DE PLANTA ELECTRICA**

### **2.2.1. CONFIGURACIÓN**

Cada sistema comunitario de energía eléctrica RAPS estará formado por los siguientes subsistemas:

- Uno o más módulos de energía eléctrica RPS-150
- Interfaz con el generador diesel / conmutador para el generador diesel actual
- Controlador supervisor / barra colectora principal
- Sistema de monitoreo o distancia

En las secciones siguientes se describen los demás subsistemas.

### **2.2.2. INTERFASE CON EL GENERADOR**

Este subsistema está formado por los dispositivos de control y conmutadores necesarios para las siguientes funciones:

- Poner en marcha el generador diesel automáticamente

- Monitorear el generador con el propósito de detectar fallas
- Monitorear la salida del generador a fin de que el sistema de acondicionamiento de energía pueda sincronizar al generador.
- Proveer un conmutador para transferencia de fuerza y protección contra sobre corriente para el generador.

### **2.2.3. SISTEMA DE CONTROL SUPERVISOR**

El sistema de control supervisor consiste en un controlador del sistema con acceso a cada uno de los controladores de los subsistemas. Este sistema monitoreará todas las unidades de energía eléctrica RPS-150 instaladas por medio de sus controladores de subsistemas y se comunicará con el controlador del generador diesel descrito anteriormente.

El controlador supervisor efectuará el bucle de control primario y se encargará de llevar un registro de todos los datos necesarios para el sistema.

El controlador supervisor también servirá de interfaz única de comunicación entre el sistema y el mundo exterior, por medio de un panel de interfaz con el usuario local y el sistema de monitoreo a distancia que se describe a continuación.

La barra colectora principal permitirá la conexión de los módulos RPS-150 y el generador diesel con el alimentador comunitario principal. El sistema podrá ampliarse mas adelante, conectándole mas módulos de energía eléctrica RPS y generadores mas grandes.

Los controladores internos son los siguientes:

- Controlador de mandos de interconexión DC
- Controlador de mandos de interconexión de batería
- Controlador de mando supervisor de Baterías
- Controlador de circuitos de interconexión de CA
- Controlador de arranque generador Diesel
- Controlador de mando principal de supervisión

### **2.2.4. SISTEMA DE MONITOREO A DISTANCIA**

El sistema de monitoreo a distancia consistirá en un enlace por satélite entre cada uno de los sistemas comunitarios remotos de energía eléctrica y una o más computadoras centrales. Los sistemas remotos recopilarán datos en el curso de un día de operación normal. La computadora principal recibirá estos datos automáticamente todas las noches y los procesará a fin de que puedan aprovecharse al máximo.

El sistema preparará un informe diario resumido, con datos de cada sistema. Si ese necesita más información, el operador del sistema tendrá acceso a los registros de datos de 15 minutos de cada sistema.

El operador también podrá llamar a cada sistema y enterarse de su estado operativo real. Además, podrá cambiar los valores prescritos del sistema y forzar la realización de ciertas funciones (como el arranque del generador) a fin de realizar pruebas del sistema, el esquema básico en el plano 003101.

El Controlador Principal supervisará permanentemente los sistemas de energía, y enviara los datos todos los días a una computadora central remota para su procesamiento. Estos datos se evaluarán y se utilizarán para el mantenimiento y propósitos de análisis del sistema. Los datos transferidos serán 36 KB por día para Padre Cocha y 64 KB por día para Indiana utilizando de 2 a 4 minutos de tiempo del satélite continuo a 2400 bt. Aproximadamente un tercio de estos datos serán del supervisor de batería.

Una alternativa es el espacio para transferencia en el satélite INMARSAT Mini-M el acceso por Teléfono Satelital, pero si resultara lento y/o caro se evaluarán otras opciones para integrarlos con mas velocidad y mejor capacidad de acceso vía Internet

### **2.3. EQUIPOS EN PLANTA CENTRAL – PADRECOCHA**

El sistema de energía eléctrica de Padre Cocha, cuyo detalle se muestra en el plano 003125, estará formado por los siguientes subsistemas:

- Un contenedor incluye:
  - 2 módulos de energía eléctrica RPS-150
  - Interfaz con el generador diesel / conmutador para el generador de 100 kW
  - Controlador supervisor / barra colectora principal
  - Sistema de monitoreo a distancia.
- Dos contenedores c/u con series de 240 baterías
- Cuatro arreglos con sistemas fotovoltaicos (18 series y 10 paralelos)
- Casa de fuerza para alojar el generador de 100 kW.

### **2.4. EQUIPOS EN PLANTA CENTRAL – INDIANA**

El sistema de energía eléctrica de Indiana cuyo detalle se muestra en el plano 003126, estará formado por los siguientes subsistemas:

- Un contenedor incluye:
  - 4 módulos de energía eléctrica RPS-150
  - Interfaz con el generador diesel / conmutador para el generador de 200 kW

- Controlador supervisor / barra colectora principal
- Sistema de monitoreo a distancia.
- Cuatro contenedores c/u con series de 240 baterías
- Ocho arreglos con sistemas fotovoltaicos (18 series y 10 paralelos)
- Casa de fuerza para alojar el generador de 200 kW.

## **2.5. SISTEMA DE PROTECCIÓN DE PLANTA**

Se diseñará para cada localidad un sistema apropiado de puestas a tierra, se recomienda el tipo enmallado para la protección de los sistema RAPS (contenedores de los equipos), cuyas estructuras metálicas estarán conectadas a esta. Se debe garantizar valores menores a  $5 \Omega$ .

Asimismo se diseñara apropiadamente la instalación de pararrayos de preferencia tipo ionizante para la protección atmosférica de equipos de la casa de fuerza y componentes electrónicos del sistema.

El diseño e instalación estará a cargo del subcontratista de montaje, que también diseñará apropiadamente en coordinación con el Ingeniero residente de Orion Energy, la interconexión de las baterías, los paneles fotovoltaicos y el generador a los componentes electrónicos de control y monitoreo.

### **3. ESPECIFICACIONES DE MONTAJE**

#### **3.1. CONSIDERACIONES GENERALES**

Para que el proyecto sea bien ejecutado se necesitará una buena organización con una estructura jerárquica clara. La dirección del proyecto estará a cargo de ILZRO RAPS PERU, que se encargará de la gerencia del proyecto, así como integrar los representantes de las entidades que contribuirán a la ejecución de este proyecto piloto. La supervisión estará a cargo del gerente del proyecto.

El contratista principal será Orion Energy Corporation, habilitado para diseñar, fabricar e instalar el sistemas RAPS, asimismo se encargará de todos los aspectos técnicos del proyecto. La garantía de los equipos será de cuanto menos 2 años.

El contratista principal seleccionará subcontratistas apropiados para diversas tareas, especialmente las que se realicen en Loreto. Se tiene muy buenas referencias de dos entidades locales que son ORVISA y SIMAI, con quienes se debe realizar coordinaciones a fin de seleccionarlos.

#### **3.2. EJECUCIÓN DEL PROYECTO CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS**

La gerencia técnica del proyecto estará a cargo de ORION ENERGY CORPORATION, que se encargará de lo siguiente:

- Diseño del sistema
- Establecimiento y cumplimiento del cronograma del proyecto
- Compra de los componentes y mantenimiento del flujo de caja
- Gerencia de todo los subcontratos
- Preparación de informes sobre la marcha del proyecto y coordinación con el gerente del proyecto

Los trabajos locales será realizado por los subcontratistas en Perú, incluirán las siguientes tareas:

- Levantamiento topográfico del sitio y diseño de los sistemas de protección
- Montaje y pruebas de los módulos de energía eléctrica RPS-150
- Preparación del sitio e instalación de los sistemas fotovoltaicos
- Diseño de interconexión, Instalación y puesta en servicio de los sistemas
- Operación y mantenimiento de los sistemas

El contratista principal tendrá un Ingeniero del proyecto a tiempo completo durante todo el periodo de ejecución del proyecto y recurrirá también a servicios técnicos internos, diseño asistido por computadora y servicios de elaboración de software. Se encargará también de supervisar las tareas de montaje e instalación en Perú, en coordinación con los subcontratistas locales.

### **3.3. INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS HÍBRIDOS EN PADRE COCHA E INDIANA**

La ejecución del proyecto llevará alrededor de once (11) meses y cubrirá cuatro etapas principales:

- Diseño técnico y preparación de la localidad
- Montaje y pruebas del sistema de energía eléctrica inicial en Estados Unidos
- Montaje y pruebas de los sistemas piloto de energía en Perú
- Instalación y puesta en servicio de los sistemas.

Aunque el diseño inicial y la fabricación del primer sistema se realizarán en Estados Unidos, la mayor parte del trabajo relacionado con este proyecto, desde el levantamiento topográfico hasta la fabricación de la mayoría de componentes de los sistemas, se realizará en Perú.

En los capítulos siguientes se presentan con detalle, las tareas que se llevarán a cabo en el marco del proyecto.

Las principales tareas de cada una de estas etapas se describen en las subsecciones siguientes

#### **3.3.1. FASE I.- Diseño técnico y preparación de la localidad**

- 1) Preparación del diseño técnico definitivo (énfasis en el contenido local)
- 2) Preparación de las especificaciones definitivas para el software (dispositivos de control y controlador principal/ monitoreo)
- 3) Preparación de un proyecto de plan de operación y facturación
- 4) Conclusión del diseño del enlace por satélite
- 5) Obtención de compromisos firmes de todos los proveedores que incluyan el precio y la entrega
- 6) Preparación de los acuerdos de subcontratación y tareas para Perú

- 7) Examen del diseño de los componentes principales. (De esta forma se podrán encargar los componentes principales a tiempo y acelerar la producción del prototipo. Los componentes principales son la batería, los dispositivos electrónicos de control y la electrónica de corrientes fuertes).
- 8) Identificación y pedido de componentes con mayor plazo de entrega
- 9) Levantamiento topográfico finales y preparación de planos detallados de los sitios
- 10) Estudio energético formal en cada sitio
- 11) Seminarios comunitarios para informar a la población local y establecer normas (prohibición del uso de cocinas eléctricas, etc.)
- 12) Terminación del examen del diseño en Perú.
- 13) Coordinación con otras entidades
- 14) Envío de materiales de Perú a Estados Unidos por las dos primeras unidades
- 15) Preparación del plan de manejo energético.

### **3.3.2. FASE II .- Montaje y pruebas del sistema de energía eléctrica inicial en Estados Unidos**

- 1) Pedido de materiales, indicando si deben enviarse a Perú o Estados Unidos
- 2) Fabricación de la Unidad 1, pruebas, terminación de la documentación de la unidad "tal como ha sido construida" y envío a Perú.
- 3) Preparación de un plan de control de calidad para los sistemas que se construirán en Perú
- 4) Pruebas y procedimientos para la puesta en servicio
- 5) Preparación del taller en Perú para la construcción de las unidades
- 6) Comienzo de los preparativos en todos los sitios
- 7) Inicio de las pruebas de un enlace de datos por satélite

### **3.3.3. FASE III.- Montaje y pruebas de los sistemas de energía eléctrica en Perú**

- 1) Construcción final de las 2 unidades y pruebas conforme al plan de control de calidad

- 2) Continuación de los preparativos en los sitios
- 3) Comienzo de la ejecución del plan de manejo energético
- 4) Comienzo de la capacitación del contratista de tareas de mantenimiento

#### **3.3.4. FASE IV.- Instalación y puesta en servicio de los sistemas.**

- 1) Instalación del sistema fotovoltaico en el sitio 1
- 2) Instalación de dos unidades RPS-150 en el primer sitio (recomendable que se instale inicialmente en Padre Cocha)
- 3) Conexión del sistemas de protección, conexión con el generador diesel y realización de pruebas para la puesta en servicio
- 4) Instalación del sistema de monitoreo por satélite e inicio de la puesta en servicio del sistema de monitoreo a distancia.
- 5) Instalación del sistema fotovoltaico en el sitio 2
- 6) Instalación del sistema en el sitio 2
- 7) Conexión del sistemas de protección, conexión con el generador diesel y ejecución de las pruebas para la puesta en servicio

En las secciones siguientes se describen las tareas a llevarse a cabo .

#### **3.4. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO**

Una de las tareas mas importantes de la primera etapa será un estudio del lugar, que consistirá en un levantamiento topográfico del sitio donde se propone instalar el sistema de energía eléctrica y un estudio mas detallado de las cargas que se propone conectar al sistema.

Los sitios que se seleccionen para la instalación de los sistemas de energía eléctrica deben tener suficiente terreno adicional par ampliar los sistemas fotovoltaicos y agregar mas módulos en ampliaciones futuras del sistema.

Habrá que tener en cuenta también la ubicación de los generadores diesel actuales, que servirá para el diseño de la interconexión de los componentes del sistema baterías, paneles fotovoltaicos, generador al módulo de sistemas electrónicos.

También es muy importante que en esta etapa se señalen las cargas primarias de los sistemas de energía eléctrica, especialmente las institucionales, que posiblemente se hayan pasado por alto hasta este momento.

Esta información se usará para coordinar el plan de conservación de energía, uno de los componentes decisivos de este proyecto.

### **3.5. PREPARACIÓN DEL MONTAJE**

El diseño de los sistemas RAPS para este proyecto en forma de módulos de energía eléctrica facilitan el traslado y su instalación en los distintos sitios así como para ampliación futura.

Como todas las tareas de mantenimiento de estos sistemas se realizarán en Perú, es indispensable que los participantes locales intervengan tanto en la fabricación como en la instalación de los sistemas. Sin embargo, como gran parte de la tecnología es estadounidense, es necesario mantener un alto grado de participación del contratista principal e integrador del sistema.

Por este motivo, el diseño, la fabricación y las pruebas de la primera unidad se realizarán en Estados Unidos. De esta forma se podrá garantizar que el sistema funcione de la forma especificada en condiciones rigurosas de fabricación y prueba.

Posteriormente, el módulo de energía eléctrica se enviará a Perú, donde se habrá construido una instalación en la cual se fabricarán las réplicas de los módulos para los demás sistemas comunitarios de energía eléctrica. Evidentemente, para eso se necesitará una buena coordinación entre el contratista principal e integrador del sistema y el subcontratista local que se ocupe de la fabricación.

La coordinación del proyecto será la función primordial del gerente del proyecto, que se encargará de la preparación del plan de producción y control de calidad y planes para pruebas en fábrica.

Durante la fase de instalación (véase a continuación), el Ingeniero del proyecto se encargará de la supervisión general de las cuadrillas (por medio del subcontratista), preparando los cronogramas de instalación y los planes de pruebas para la puesta en servicio.

### **3.6. MONTAJE Y PUESTA EN SERVICIO**

La fase de instalación en cada localidad abarca cuatro tareas:

- 1) Preparación del lugar
- 2) Instalación de los módulos de energía
- 3) Instalación del sistema fotovoltaico
- 4) Puesta en servicio del sistema

De conformidad con el programa del proyecto, la preparación del lugar y la instalación del sistema en la primera localidad se puede realizar mientras se fabrican

o ensamblan los módulos de energía eléctrica de la segunda localidad. Se podrá instalar y poner en servicio el sistema en el primer sitio, mientras se termina de ensamblar los módulos para el segundo sitio.

En esta etapa se diseñará el plan de capacitación a los operadores.

### **3.6.1. NIVELACION DEL TERRENO Y TRABAJOS PRELIMINARES**

Se realizarán el desmonte y nivelado general del terreno donde se instalarán los sistemas Híbridos RAPS. En el levantamiento topográfico inicial se ubicará el lugar donde se instalarán los módulos contenedores y el sistema fotovoltaico.

Para los módulos se necesitan cimientos sencillos de hormigón; los módulos no son particularmente sensibles a la nivelación del terreno. Las estructuras de montaje del sistema fotovoltaico requiere un mínimo de materiales importantes (especialmente hormigón y vigas estructurales de metal), sin la resistencia necesaria para que el sistema pueda funcionar aunque se produzcan vientos fuertes.

Aunque no es necesario que el campo donde se vaya a instalar el sistema fotovoltaico esté completamente nivelado, las estructuras deberá estar razonablemente nivelado de este a oeste y con pendiente descendiente hacia el norte, con un orientación norte-sur. Plano D003218.

El sistema fotovoltaico está configurado en forma de varios subsistemas y cadenas mas pequeños, de manera tal que la configuración física exacta del sistema pueda adaptarse al lugar con bastante flexibilidad. Como el sitio está bastante cerca del ecuador, la sombra proyectada por las hileras no influirá mucho y se necesitará un campo de sistemas fotovoltaicos mas pequeños que en un lugar situado a una latitud mas alta.

En esta etapa se replantearán también el cableado subterráneo y la canalización, tanto para el cableado del sistema fotovoltaico como para el cableado entre el módulo de energía eléctrica RAPS y el generador diesel.

### **3.6.2. INSTALACIÓN DE LOS MODULOS**

Los módulos contenedores serán colocados en sitio utilizando helicóptero u otro medio que garantice una correcta ubicación en las losas de posición. Tanto los contenedores de las series de baterías y modulo contenedor de los sistemas electrónicos se habrán ensamblado y sometido a pruebas completas antes de la instalación. Este proceso llevará solamente un par de días después que lleguen los módulos al lugar.

Los módulos del sistema de control electrónico deberán estar conectados a los siguientes componentes:

- Los subsistemas fotovoltaicos

- Los módulos de baterías
- El generador diesel
- La red de distribución local

Durante esta etapa habrá que reacondicionar el arranque automático y los dispositivos de monitoreo en los generadores actuales. Los planes de instalación y puesta en servicio incluirán pruebas pormenorizadas que deberán realizarse en cada etapa de la instalación.

### **3.6.3. INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Las estructuras del sistema fotovoltaico se montará sobre los pilares, con grupos de módulos cableados en cadenas de 18 módulos en serie y una cantidad de 10 cadenas paralelas. El campo del sistema fotovoltaico contará con dispositivos de puesta a tierra de las estructuras, así como pararrayos y protección electromagnética.

Antes del montaje se revisará el cableado de cada panel y se realizarán pruebas preliminares a fin de reducir al mínimo los errores durante la instalación. Se dispondrá de puntos de control de la tensión y la corriente con fines de diagnóstico para cada cadena, subsistema parcial y subsistema.

Cada cadena en serie estará dotada de fusibles, aislante y conectada al sistema de puesta a tierra como protección contra crestas de corriente.

### **3.6.4. PROTECCIÓN, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO**

Se instalará los pararrayos de tipo ionizante y la malla de puestas a tierra, se conectará las partes metálicas y las que sean necesarias de los componentes. Una vez instalados los módulos de energía y conectados al generador diesel actual, se realizarán pruebas del sistema, primero individualmente (el sistema fotovoltaico y el generador diesel por separado) y después en total coordinación.

Durante las últimas etapas de esta tarea, es posible que la generación de energía eléctrica en la localidad sea intermitente durante el día, puesto que el generador no estará funcionando normalmente. Estos periodos de prueba se usarán para evaluar el funcionamiento completo del sistema frente a las cargas previstas, etc.

Cuando los dispositivos de control del sistema estén funcionando de forma confiable, el sistema podrá operar en forma totalmente automática durante periodos de duración creciente y mas tarde se podrá realizar una prueba de puesta en servicio del sistema con carga completa que durará aproximadamente una semana.

La capacitación del contratista de mantenimiento se realizará durante la etapa de instalación y puesta en servicio. Una vez realizada la prueba con carga completa se entregará el sistema.

## **4. ESPECIFICACIONES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS RAPS**

### **4.1. OPERACIÓN DEL SISTEMA RAPS**

Cada sistema comunitario de energía eléctrica suministrará electricidad de calidad similar al servicio público para las cargas de la localidad durante las 24 horas. El sistema funciona principalmente con la batería de día y de noche. Cuando se dispone de energía del sistema fotovoltaico, se usa para compensar la carga y recargar la batería.

De noche, el generador diesel funcionará a plena carga para suministrar electricidad durante las horas de mayor demanda. La energía excedente se usará para recargar la batería. El funcionamiento típico del generador, según diseño, se limitará a dos o tres horas por día, a partir de las 18:00 ó 19:00 horas

Se suministrará energía eléctrica a la localidad por medio de la red de distribución trifásica. Cada usuario tendrá medidores y en cargas tales como el alumbrado público se recomienda el uso de temporizadores para limitar su uso (veáse la sección sobre manejo de la energía).

El costo de operación principal corresponde al funcionamiento del generador diesel. Como la cantidad de energía proveniente del sistema solar es fija (limitada), el generador debe suministrar la electricidad adicional que se use e la localidad. Si la carga es mayor que la nominal, el excedente se obtendrá haciendo funcionar el generador durante un periodo mas largo cada noche. En cambio, si el consumo de electricidad en la localidad es menor que el nominal, el generador se usará proporcionalmente menos.

Los gastos de funcionamiento del generador diesel pueden desglosarse en dos categorías: combustibles y mantenimiento. Además del costo de operación del generador, el sistema necesitará ciertas tareas de mantenimiento normales, principalmente para las baterías. Las funciones de mantenimiento del sistema se encomendarán a un subcontratista.

Las baterías tienen una vida útil prevista de ocho años, de modo que el depósito en custodia para el reemplazo de la batería puede considerarse como un gasto de operación. Por último, habrá gastos de administración del sistema

### **4.2. CONSUMO Y COSTOS DE COMBUSTIBLE DIESEL**

Un sistema comunitario de energía eléctrica que produce 300 kWh por día consume unos 8,200 galones de combustible por año. El sistema que produce 600 kWh por día consume el doble, o sea 16,400 galones por año. El consumo diario de combustible será de unos 23 galones, en promedio, en la localidad Padre Cocha y de 46 galones en Indiana.

El combustible generalmente se entrega en barriles de 50 galones, de modo que la en Padre Cocha de usaría alrededor de 14 barriles por mes (1/2 barril por día), mientras que en Indiana necesitaría 28 barriles por mes (casi un barril por día).

El costo del combustible varía considerablemente según el costo del combustible bruto y el costo de entrega (transporte), de modo que el costo de combustible entregado, es US \$1.21 (4.2 soles) por galón. (tipo de cambio US \$ 1 = 3.40 soles)

#### **4.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL GENERADOR**

La principal tarea de mantenimiento que necesita el generador es el cambio de aceite, que debe hacerse cada 250 horas. Como el motor funciona menos de tres horas por día, el generador necesitará solamente cuatro cambios de aceite por año.

Cada 2.000 ó 3.000 horas se debe reacondicionar la parte superior del motor (descarbonizado). Como estos motores funcionan con cargas grandes, eso no constituirá un gran problema, de modo que se usa la cifra mayor. Eso se traduce en un reacondicionamiento de este tipo cada tres años.

Se necesita un reacondicionamiento completo a intervalos de 6.000 a 10.000 horas. También en este caso, como los motores funcionan con carga completa, la cifra mas alta es la mas apropiada, de modo que se necesitará un reacondicionamiento completo cada diez años. La vida útil de un generador diesel es de 20.000 a 40.000 horas, de modo que el generador durará fácilmente toda la vida útil del sistema, debido a que trabajará menos horas.

Según la experiencia de Loreto, los gastos de mantenimiento del generador ascienden por lo general a US \$1.50 por hora de operación, aproximadamente, de modo que el costo total es de alrededor de US \$1.500 para cada sistema. Esta cifra incluye mano de obra y piezas de repuesto pequeñas (filtro de aire y de combustible, baterías de arranque nuevas, etc).

El generador de 100 kW., del sistema mas pequeño usa alrededor de 15 litros de aceite lubricante en cada cambio de aceite. Con cuatro cambios de aceite por año a US\$1.50 el litro, el costo del aceite será US\$90 por año. La capacidad del cárter de aceite del generador de 200 Kw es el doble, de modo que el costo para ese sistema será alrededor de US\$180 al año.

#### **4.4. MANTENIMIENTO DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA RAPS**

Las tareas de mantenimiento de las baterías o sistemas fotovoltaicos pueden realizarse cada tres meses aprovechando cuando se cambia el aceite. Consisten principalmente en examinar las conexiones y realizar lecturas de cada elemento del sistema de baterías. El costo depende más de la cantidad de visitas que de la cantidad de equipo. Esta tarea se puede realizar aprovechando las visitas para el mantenimiento regular del generador.

Otra aspecto del mantenimiento del sistema es la revisión de la malla de puesta a tierra cada 3 años por lo menos. Se preverá el desbroce de arbustos del campo donde esté instalado el sistema fotovoltaico, eso se debe hacer regularmente para que no proyecten sombra sobre el sistema fotovoltaico. Esta tarea puede encomendarse a un subcontratista local.

Se calcula que el costo asciende a US \$500 por año para cualquiera de los dos sistemas, incluidas las piezas de repuesto y la mano de obra.

#### **4.5. CICLO DE VIDA Y REEMPLAZO DE BATERIAS**

Las baterías de los módulos de energía eléctrica RPS-150 deben cambiarse cada ocho años, aproximadamente. A fin de que se disponga de fondos para hacerlo, se debe abrir una cuenta en custodia y depositar cada año un octavo del costo del reemplazo de las baterías. Este dinero se puede depositar en una cuenta separada y devengar intereses durante el periodo de custodia. Cuando llegue el momento de reemplazar las baterías, se retirará los fondos y se usarán para comprar las baterías nuevas.

Evidentemente, a los administradores del sistema les conviene prolongar al máximo la vida útil de la batería, ya que un cambio en el tiempo que transcurra hasta que se reemplace la batería tendrá importantes repercusiones financieras. Por ejemplo, si las baterías se pueden usar un año mas, un sistema de 300 kWh por día con una batería que cuesta US \$85.000 y un depósito en custodia de US \$10.000 por año con un interés del 5% devengaría mas de US \$14.000 en la cuenta bancaria al cabo de nueve años

El depósito en custodia para las baterías debe basarse en un porcentaje de los ingresos, en vez de una cantidad fija. De esta forma, si hay que reemplazar las baterías antes debido a la disminución del ciclado (debido a un aumento de la carga), ya se dispondrá de los fondos necesarios como consecuencia del aumento de los ingresos. Asimismo, si se logra que las baterías duren más, como se dispondrá de mas fondos se podría comprar una batería un poco más grande.

#### **4.6. PLAN DE RECICLAJE**

El sistema RAPS tiene dos componentes principales que se deben reciclar para no ocasionar perjuicios al medio ambiente: las baterías y el aceite lubricante usado.

##### **4.6.1. RECICLAJE DE BATERIAS**

Las baterías están hechas principalmente de plomo, de modo que es fundamental que se desechen correctamente a fin de no ocasionar perjuicios al medio ambiente cuando se compren a instalen baterías nuevas.

Esta tarea se efectuará retirando los módulos contenedores utilizados completos, los mismos que serán llevados íntegramente y sellados hasta el centro de

reciclaje ubicado en la Oroya, en la planta de la Doe Run Perú, principal exportador del plomo del país

El incentivo financiero para reciclar consiste en que las baterías usadas tiene un valor de recuperación considerable. El administrador del sistema efectuará arreglos para usar una parte o la totalidad del valor de recuperación para pagar el transporte y la instalación de las baterías nuevas y el transporte de las baterías viejas hasta el centro de reciclaje. Este arreglo generalmente se hace con el distribuidor de las baterías cuando se compran las baterías nuevas.

#### **4.6.2. RECICLAJE DE ACEITES LUBRICANTES**

El desechar el aceite lubricante usado de generadores diesel siempre ha sido un problema con los generadores remotos. Se saca aceite usado cada vez que se cambia el aceite, o sea 35 veces por año en un generador diesel que funciona continuamente. De un generador de 200 kW con un cárter de aceite de 30 litros se sacan anualmente 1.000 litros de aceite usado, o sea cinco barriles llenos.

Debido a la drástica reducción de las horas de funcionamiento en un Sistema Híbrido, el aceite se cambia solamente cuatro veces por año. La producción total de aceite usado es de 60 litros por año en la localidad donde se generan 300 kWh por día y 120 litros por año en la localidad más grande.

El aceite usado normalmente se desecha con uno de los tres métodos siguientes:

- Transportándose a un centro de reciclaje.
- Dejándolo caer gota a gota en el combustible del generador para que se queme.
- Vertiéndolo en el suelo.

Evidentemente, el último método es totalmente inaceptable por razones ambientales. El segundo también es inaceptable debido a que aumenta las emisiones del generador, de modo que la única opción razonable es recoger el aceite y llevarlo a un centro de reciclaje (en Iquitos). Como se produce poco aceite, eso se puede hacer fácilmente una vez por año, durante una de la visitas para entregar aceite o para tareas de mantenimiento.

El administrador del sistema debe contar con un procedimiento por escrito para los subcontratos que se encarguen del mantenimiento con una lista de control para cerciorarse de que se recicle el aceite de esta forma. Junto con el reciclaje del aceite, se debería exigir también que los subcontratos que entreguen el aceite o realicen tareas de mantenimiento se lleven todos los barriles de combustibles usados cada vez que vayan al lugar.

#### **4.7. CONTROL ADMINISTRATIVO Y COBRANZA**

Aunque no se necesita un operador del sistema a tiempo completo, ciertas tareas, como conexiones, recaudaciones y administración general, deben realizarse

regularmente. Esta función puede combinarse con el monitoreo del sistema y el aviso a las autoridades pertinentes por si hubiera algún problema.

La administración podría estar a cargo de un microempresa local. Cada localidad podría tener su propia microempresa o podría haber una empresa regional que se encargue de un grupo pequeño de sistemas. Esta empresa podría ser una entidad sin fines de lucro, una empresa con fines de lucro o una cooperativa.

La administración del sistema abarca las siguientes tareas:

- Recaudaciones: Se efectuara por medio de un plan de cobranzas a un tarifa adecuada y autorizada por la entidad reguladora nacional, en forma periódica mensual.
- Administración de conexiones: conexiones nuevas y desconexiones de usuarios, reparación de conexiones, etc.
- Gerencia de la entrega de combustible y del subcontratista a cargo de las tareas de mantenimiento.
- Administración del depósito en custodia y reemplazo de la batería al cabo de ocho años
- Planificación física y financiera de ampliaciones futuras para responder al aumento de la demanda

## **5. CALCULOS Y ANÁLISIS DE EMISIONES**

### **5.1. INTRODUCCION**

Evaluaremos los enormes beneficios medioambientales que hacen muy atractiva la instalación de los Sistemas híbrido RAPS en las comunidades rurales. Uno de los mayores objetivos, y de hecho, uno de los factores económicos que hacen apropiado el sistema RAPS que se esta proyectando instalar, es el mínimo tiempo de uso de los generadores diesel en la comunidad brindando 24 horas continuas de electricidad. Este menor tiempo de uso significará la drástica reducción de emisiones de gases contaminantes que emite el funcionamiento del generador diesel.

Los gase contaminantes son: el Anhídrido Carbónico, Óxidos de Nitrógeno, Compuestos Orgánicos de Hidrocarburos, monóxido de carbono, humo y partículas, y óxidos de azufre.

Como sabemos estos contaminantes provocan letales consecuencias a la salud humanas, así como presentan efectos nocivos en el medioambiente. También, los generadores diesel incurrn en el derramamiento de aceite deteriorando los elementos circundantes, este riesgo esta presente durante el transporte de combustible diesel y los aceites lubricantes.

Estos factores son importantes, especialmente en la cuenca del río Amazonas que presenta áreas medioambientales sensibles y con un frágil ecosistema, que es nuestra misión proteger.

### **5.2. REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

Las emisiones diesel contienen grandes cantidades de anhídrido carbónico. El anhídrido carbónico es el que tiene mayor efecto invernadero y que contribuye peligrosamente al calentamiento global.

El Calentamiento global es uno de los mayores problemas atmosféricos que afecta a la humanidad y todos los gobiernos del mundo están de acuerdo en conseguir el equilibrio con la finalidad de evitar sus evidentes efectos climáticos.

En 1997 con la firma del Protocolo de Kyoto todos los países incluido el Perú estuvieron de acuerdo en su efecto al cambio del clima y se plantearon como objetivo desarrollar alternativas con la finalidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y por consiguiente, el impacto de estos gases en el cambio del clima.

Entre las acciones acordadas a ser realizadas por los países firmantes fueron las de tomar las medidas políticas determinantes de acuerdo con sus condiciones nacionales, realizando acciones como la Promoción, investigación y desarrollo y uso de nuevas tecnologías renovables, nuevas formas de energía, de tecnologías de eliminación del anhídrido carbónico y avanzadas e innovadoras tecnologías medioambientales limpias.

La tecnología RAPS cumplen estos requisitos. Por consiguiente, la reducción de gas de efecto invernadero es uno de los mayores beneficios de los sistemas RAPS.

En la región de Loreto, donde se instalaran los sistemas piloto tenemos información de 3,000 comunidades rurales sin el acceso a electricidad. Unas 146 localidades cuentan con pequeños generadores diesel que proporciona electricidad por períodos limitados de tiempo (algunas horas de la noche). En todo el Perú existen 70,000 comunidades similares.

Con los datos proporcionados por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), el consumo de combustible para el generador diesel de 200 kW en Indiana que opera durante 5 horas por día es 42 litros por hora.

El generador diesel de 100 kW en Padre Cocha consumirá la mitad de esta cantidad. Así, el consumo de combustible será aproximadamente 210 litros por día en Indiana y 105 litros por día en Padre Cocha. En períodos de 20 años el consumo de combustible total para ambos lugares bajo estas condiciones será de 2'299,500 litros.

Asumiendo un servicio de 24 horas de electricidad solo con un generador diesel, el consumo de combustible sería 8'070,900 litros.

Las emisiones asociadas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se calcula que usan 2.716 kg. de CO<sub>2</sub> por litro y 99% oxidación de derivados de petróleo. Estos factores se tomaron de la tabla A1 y 3.1, respectivamente, en el libro "Workbook for Calculating Greenhouse Gas Reductions from Projects Using Renewable Energy", publicado por la "Australian International Greenhouse Partnership" para calcular las reducciones de gas de efecto Invernadero .

### **5.3. CALCULO DE EMISIONES**

Estableceremos dos escenarios suponiendo una operación de 24 horas día.

El primer escenario sería el generador operando 24 horas por día.

El segundo escenario es operando los sistemas híbridos RAPS, es decir el generador opera solo durante 2.75 horas, proporcionando 24 horas de electricidad.

Los resultados son los siguientes:

- Escenario 1            21,701 t de CO<sub>2</sub>
- Escenario 2            5,289 t de CO<sub>2</sub>

El ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> de los sistemas RAPS será de:

- 16,412 t. de CO<sub>2</sub> durante los siguientes 20 años.

El objetivo del proyecto piloto RAPS es proporcionar 24 horas de electricidad de manera confiable a los poblados de la Región de la Amazonía del Perú. Como es el caso en los centros poblados que por su ubicación solo se puede acceder por vía

lacustre, no encontrando medio práctico para que puedan ser conectados al sistema de red nacional.

En Loreto los generadores que operan en centros poblados se han identificado 146 con potencias menores de 500 kW., funcionan 5 horas por día y con cargas de 50 a 75%. Esta información proporcionada por E. Ferreyros S.A. que es el distribuidor peruano de los productos Caterpillar y Solarex.

Utilizando datos de dos proveedores de generadores diesel Caterpillar y Detroit Diesel, se ha calculado que los rangos de consumo de combustible es de 3.25 a 3.95 kW por el litro a 100% carga, es decir el consumo promedio de combustible es 3.6 kW por litro.

Con este factor, realizamos el calculo del consumo de combustible específico de cada uno de los 146 generadores diesel identificados. El consumo de combustible total resultante al 100% de la carga es 3,766.5 litros por hora. Sin embargo los generadores operan solo entre 50 a 75% de la carga. Con los datos del fabricante, se ha determinado que el consumo promedio de combustible de los 146 generadores diesel operando con 50% - 75% de carga serían entonces 2,410.5 kg de CO<sub>2</sub> por litros por hora. Tomamos este valor para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> de los generadores usando el factor de 2.716 kg CO<sub>2</sub> por litro y 99% oxidaciones de residuos de combustible.

Planteamos dos escenarios:

Escenario 1: situación actual, 5 horas por día de electricidad, solo generador:

- Emisiones de CO<sub>2</sub> = 236,573 t

Escenario 2: 24 horas por día de electricidad, solo generador:

- Emisiones de CO<sub>2</sub> = 1,135,550 t

Sistema RAPS propuesto: 24 horas por día de electricidad (100% de carga)

- Emisiones de CO<sub>2</sub> = 203,307 t

Por consiguiente, los ahorros en las emisiones de CO<sub>2</sub> serían aproximadamente 33,266 t de CO<sub>2</sub> en la hipótesis 1. Sin embargo, considerando 24 horas de electricidad (hipótesis 2) caso mas probable por la demanda creciente para una permanente entrega de electricidad, el ahorro de CO<sub>2</sub> sería 932,243 t CO<sub>2</sub>.

Resultados similares obtuvieron utilizando información de fabricantes de generadores Detroit Diesel y de la Agencia de Protección del ambiente americana.

Asumiendo que 150 comunidades en Perú para instalar sistemas replica, de 70,000 comunidades rurales en Perú, las emisiones CO<sub>2</sub> ahorradas durante 20 años serían casi 1 millón de toneladas.

Utilizando las mismas premisas anteriores, calculamos los ahorros de veinte años de emisiones contaminante siguientes:

▪ Óxidos Nitrosos (NOx)	21'072,106 kg
▪ Partículas en Suspensión (humo)	806,237 kg
▪ Hidrocarburos (HC)	2,795,710 kg
▪ Dióxido de Azufre (SO2)	1,044,444 kg
▪ Monóxido de Carbono (CO)	29,757479 kg

Por consiguiente, utilizando una diversas formulas de calculo, con datos de la región de Loreto, hemos establecido que se obtienen enormes ahorros en las emisiones de gases de efecto invernadero y otros gases contaminantes nocivos, con la utilización de los sistemas híbridos RAPS una vez instalados y operando en las áreas rurales de Perú.

#### **5.4. IMPACTO AMBIENTAL Y MITIGACION**

Por lo descrito anteriormente, el Impacto Ambiental desarrollado por el proyecto es altamente favorable, por la reducción en más del 75.6% de emisiones de gases contaminantes al medio ambiente, asimismo la total reducción de los derrames de combustibles, lubricantes y/o carburantes por la aplicación del plan de reciclaje, durante la etapa de funcionamiento.

Los impactos negativos tendrán medidas de control para evitar la mitigación neutralizando sus efectos, cumpliendo el Código de medio Ambiente y Recursos Naturales, la flora y fauna no se verán afectados, todo residuo será adecuadamente reciclado. Para el efecto se prepararán planes ante cualquier contingencia a fin de evitar riesgos ambientales.

La fortaleza del proyecto es esta mitigación del impacto ambiental pues no existirá riesgo a la integridad física de las personas ni influenciará sobre el ecosistema en su área de instalación.

## **6. GERENCIAMIENTO DE LA DEMANDA**

### **6.1. INTRODUCCIÓN**

Una de las diferencias fundamentales de los sistemas que usan generador diesel y los que usan energía renovable es que los primeros generalmente han estado limitados por factores relacionados con la carga de las redes, mientras que los segundos están limitados por factores relacionados con el consumo diario de electricidad. Este efecto se intensifica debido a que los generadores diesel son sumamente no lineales en lo que atañe a la relación entre precio y potencia.

El generador diesel, una vez instalado, se beneficia desde el punto de vista de funcionamiento con una carga alta de motor. Aunque esta carga elevada lleva a un consumo mayor de combustible, reduce drásticamente la carbonización en el cilindro y las cabezas de válvula, prolongando en general el tiempo de vida de los generadores.

Este efecto tecnológico, sumado a la tendencia de instalar generadores demasiado grandes que al poco tiempo de funcionamiento, tienden a propiciar el derroche de energía durante las horas de operación, a fin de reducir al mínimo la carbonización hace necesario el consiguiente aumento de las tareas de mantenimiento del motor.

En los sistemas basadas en energía eléctrica renovables (centrales eléctricas que funcionan con fuentes híbridas renovables), el énfasis pasa del uso de electricidad al uso de energía, de modo que es importante concentrarse en aumentar al máximo el suministro del servicio con la menor cantidad posible de energía o sea conservar energía.

En las secciones siguientes se examina el principio de conservación de energía en relación con los principales tipos de cargas en un sistema híbrido y en relación con el aumento futuro de la carga. Esta sección concluye con un recomendaciones de manejo energético para los sistemas híbridos de Loreto (Perú)

### **6.2. CARGAS DOMICILIARIAS**

Las cargas domiciliarias en los sistemas remotos pueden dividirse en tres categorías generales:

- 1) carga de iluminación
- 2) Cargas eléctricas diversas (televisores, radios, ventiladores, aparatos electrodomésticos pequeños, etc.)
- 3) Cargas de aparatos electrodomésticos de cocina con calefacción resistiva (como cocinas eléctricas, ollas eléctricas arroceras, sartenes eléctricas, etc.)

La mejor manera de abordar las cargas de iluminación es usar focos ahorradores o luces fluorescentes, que producen una cantidad de luz varias veces superior por cada kWh de electricidad consumido. Sin embargo, las lámparas fluorescentes

compactas o los focos ahorradores aún son todavía mas caras que las lámparas incandescentes.

La segunda categoría abarca las cargas varias, principalmente para entretenimiento (televisores y radios), confort (ventiladores pequeños) y conveniencia (aparatos electrodomésticos pequeños que no se usan para cocinar). En esta categoría, la mejor técnica para ahorrar energía consiste simplemente en limitar el consumo utilizando lo justo, o sea por ejemplo no dejar el televisor encendido cuando nadie lo está mirando, es decir propiciar el ahorro de la energía.

El tercer grupo de carga (aparatos electrodomésticos resistivos como cocinas) no son compatibles con sistemas de potencia limitada basados en energía renovable. Estos aparatos generalmente se usan por la mañana temprano (desayuno) o a la hora de la cena. Como son resistivos, crean picos muy altos en la demanda de electricidad que son muy difíciles de satisfacer con un sistema aislado basado en energía renovable, por lo que no deben ser utilizados. La mejor forma de limitar el uso de esta clase de aparatos electrodomésticos es instalar limitadores en el punto de entrada del servicio.

Una forma de abordar todas las preocupaciones indicadas es instalar en cada domicilio un dispositivo que actúe no solo como limitador de potencia (como el interruptor automático que suele instalarse a la entrada de las viviendas en Estados Unidos), sino también como limitador de energía. Sería recomendable el uso de medidores electrónicos tipo pre-pago que tengan esa función. El usuario pagaría una cantidad fija de energía y tendría que decidir cómo usarla.

Por ejemplo, si se le asignan 250 Wh por día y usa cuatro lámparas incandescentes de 60 W, tendrá alrededor de una hora de luz por noche. Sin embargo, si usa lámparas fluorescentes o focos ahorradores de 11 W, podría tener cuatro lámparas encendidas durante cuatro horas por noche y le quedaría suficiente energía para un televisor o una radio. Asimismo. Si conserva energía con la iluminación, posiblemente le queda suficiente energía para usar una radio o un ventilador, o ambos al día siguiente.

### **6.3. CARGAS COMERCIALES**

Las cargas comerciales pequeñas (como las de comercios menores como bodegas) presentan muchas de las limitaciones de las cargas residenciales, excepto que a menudo se necesitan también refrigerados durante el día estos usuarios podrían usar los mismos tipos de medidores tipo pre-pago, limitadores de energía que los usuarios residenciales, pero con cantidades de energía algo mayores.

### **6.4. CARGAS PARA USOS PRODUCTIVOS**

Estas cargas son las que se debe propiciar, porque es el sentido del proyecto, como actividades que proveerán fuentes de trabajo e ingresos a la comunidad, dentro de estas se encontrarán pequeños molinos (molienda de granos para alimentación de

aves, porcinos, etc), carpinterías o reaserraderos (trabajo de la madera), fabricas de hielo (los pescadores para mantener su pesca requieren de refrigeración y llevar estos productos a los grandes centros de venta), entre otras que favorecerán al desarrollo de la comunidad. Estos también utilizarán los medidores pre-pago para establecer la carga requerida con valores adecuados a la necesidad de la actividad desarrollaran.

## **6.5. CARGAS INSTITUCIONALES**

Las cargas institucionales se clasifican en tres categorías principales:

- 1) Cargas de infraestructura como alumbrado público y bombas de agua
- 2) Cargas sociales como centros comunitarios
- 3) Carga públicas como escuelas públicas, centros de salud y comisarías.

Lo mas importante en este campo será el manejo del alumbrado público, reemplazado las lámparas que se usa actualmente con lámparas fluorescentes de alto rendimiento e instalado en lo posible temporizadores en las luces de la calle para que gran parte de ellas se enciendan solamente en las horas en que mas se necesitan (las primeras de la noche).

Las escuelas, postas médicas, los centros comunitarios y otros usuarios similares tendrán que encarar la conservación de energía de forma bastante similar como los usuarios residenciales.

Se les asignará un presupuesto energético razonable y decidirá si pueden operar dentro de los límites del presupuesto con el equipo actual o si deben instalar lámparas de bajo vatiaje pero de alto rendimiento, etc., a fin de que puedan operar sus instalaciones durante periodos mas prolongados.

## **6.6. ESTIMADOS DE CRECIMIENTO DE CARGA**

El crecimiento de la carga es una consecuencia inevitable del suministro de electricidad en cualquier caso. En un sistema comunitario de energía eléctrica hay tres motivos principales de crecimiento de la carga:

- Aumento de la carga domiciliaria o comercial media
- Aumento de los usuarios domiciliarios y comerciales
- Aumento de los usuarios industriales y productivos

El sistema híbrido RAPS puede dar cabida a un crecimiento de hasta 50% por encima de la carga nominal mediante la instalación de equipo adicional y atender un crecimiento prácticamente ilimitado adicionando mas módulos de energía eléctrica.

Si la carga crece con el sistema actual, el generador diesel deberá funcionar durante más tiempo todas las noches para producir los kilovoltios-hora adicionales. Sin

embargo, mas allá de un cierto punto, eso crea una carga excesiva para las baterías y el tiempo de funcionamiento del generador resultando inconveniente.

La primera opción consiste en agregar componentes fotovoltaicos a los módulos. Luego es agregar más módulos de energía eléctrica, que podrían ser mas módulos RPS-150 completos con batería, inversor y sistemas fotovoltaicos o módulos de generadores de carga fundamental. La decisión se basaría en los aspectos económicos del sistema que se esté usando en ese momento.

Sin embargo, sabiendo que para ampliar el sistema se necesita mucho capital , es importante tratar de limitar el crecimiento de la carga residencial de manera que con los ingresos propios del sistema se pueda invertir en mas equipo o aumentar los gastos de operación.

Se debe fomentar el crecimiento de la carga para usos productivos, pero resulta importante evaluar que exista una estructura tarifaria con la cual este segmento pague el valor real de la electricidad que usa (a diferencia de un valor subsidiado para los usuarios domiciliarios).

Los ingresos adicionales que se obtengan con la adición de usuarios productivos (como escuelas privadas, instalaciones de ecoturismo, fábricas de hielo u otros servicios públicos locales pequeños) deben ser suficientes para ampliar el sistema de energía eléctrica a fin de dar cabida al crecimiento de la carga a largo plazo.

## **6.7. PLAN DE MONITOREO DE LA DEMANDA**

A fin de que este proyecto tenga un verdadero éxito, se necesitará un plan de manejo energético para abordar los asuntos antedichos de conservación de energía y crecimiento de la carga.

Este plan debe prepararse en cooperación con los participantes de las localidades y organismos peruanos que hayan llevado a cabo actividades de manejo energético similares. Habrá que tomar muchas decisiones difíciles, de modo que es importante que se escuche a los participantes en cada nivel del proyecto.

Recomendamos que el Consejo de Administración del Proyecto trabaje con las autoridades gubernamentales pertinentes para garantizar que se realice esta tarea indispensable.

## 7. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

### 7.1. GENERALIDADES

Hay tres categorías principales de costos relacionados con la instalación de RAPS en localidades distintas:

- ❖ Costo de equipo
- ❖ Costos de proyecto que no están relacionados con el equipo
- ❖ Montaje e instalación locales

A continuación se examina cada una de estas categorías.

### 7.2. COSTO DE LOS EQUIPOS

El costo de equipo dependerá de la cantidad que se provea, en el caso piloto resultará elevado por su condición de tal. Pero si se efectúan instalación de varias unidades los costos se verán bastante reducidos.

El sistema incluye los módulos fotovoltaicos estructuras, baterías, componentes electrónicos de corrientes fuertes, dispositivos electrónicos de control, conmutadores, contenedores adecuados para el equipo y aparatos para seguimiento a distancia.

Cada sistema comunitario de energía eléctrica está integrado por uno o más módulos de energía eléctrica RPS-150, una interfaz con el generador, un controlador supervisor y un sistema de monitoreo a distancia.

Los tres últimos componentes básicamente se proveen a un costo fijo por sistema, independientemente de la cantidad de módulos de energía eléctrica RPS-150 que se usen, de modo que para calcular el costo del sistema se suman estos gastos fijos al costo de la cantidad de módulos de energía eléctrica que se instalen.

En el cuadro siguiente se desglosa el costo de los sistemas requeridos para replicar el proyecto piloto híbrido RAPS de energía eléctrica:

<u>Componente</u>	<u>Padre Cocha</u> <u>300 kWh/d</u>	<u>Indiana</u> <u>600 kWh/d</u>
1 Baterías	\$57,600	\$115,200
2 PCS / Inversor - 50 kVA	\$80,000	\$160,000
3 PV Serie + estructura	\$128,333	\$256,667
4 Controles / Conmutador	\$42,667	\$85,333
5 Casetas & Accesos	\$23,333	\$46,667
<b>Totales</b>	<b>\$331,935</b>	<b>\$663,867</b>

### **7.3. COSTOS NO RELACIONADOS CON EL EQUIPAMIENTO**

Estos costos abarcan los siguientes aspectos:

- ❖ Gerencia del proyecto – contratista principal
- ❖ Gastos técnicos no recurrentes (incluye la programación de dispositivos de control)
- ❖ Gastos de envío (internacionales y locales)

Estos costos están relacionados además con la introducción de nuevas tecnologías. Asimismo debemos indicar como un aspecto importante relacionado con los costos en este capítulo que los costos variables de mano de obra para sistemas adicionales serán relativamente menores, de modo que un proyecto en gran escala es mucho más rentable que un proyecto piloto. Asimismo después del proyecto piloto, muchos de los gastos técnicos no recurrentes se reducen a un mínimo bajando considerablemente el costo por sistema.

Los gastos de envío varían según la cantidad y el tamaño de los sistemas que se instalen. Estos gastos incluyen el envío de los principales componentes y los módulos contenedores para el equipo, así como el transporte local de los sistemas terminados hasta el lugar donde vayan a instalarse.

### **7.4. INSTALACIONES LOCALES**

Los costos de montaje, pruebas e instalación varían según la cantidad y el tamaño de los sistemas que se instalen. Estos costos consisten principalmente en mano de obra, incluyen también la construcción de losas y cimientos para los contenedores de los equipos.

El montaje de los módulos RPS-150 para Padre Cocha e Indiana, se realizarán en Perú (excepto una primera unidad de cada componente), tarea para la cual será necesario los servicios de subcontratista especializados de la región, sugiriendo para este proyecto piloto a ORVISA y el SIMAI.

Esta tarea, que se realizará bajo la supervisión del gerente del proyecto por parte de Orion Energy Cop., en coordinación con un sub-contratista supervisor, incluirá también las pruebas de la unidad en el lugar del montaje en Iquitos

La instalación y puesta en servicio de los sistemas de energía eléctrica abarca cuatro tareas básicas:

- ❖ Construcción de los cimientos para los módulos contenedores y estructura del sistema fotovoltaico, montaje y cableado del sistema fotovoltaico.

- ❖ Transporte de los módulos de energía eléctrica RPS-150 al lugar donde serán instalados.
- ❖ Conexión de los módulos electrónicos de energía al módulo de baterías, al sistema fotovoltaico, al generador diesel y a la red de distribución de la energía.
- ❖ Puesta en servicio del sistema híbrido RAPS.

#### 7.4.1. COSTO BASICO SISTEMA RAPS - PADRE COCHA

Los costos del Sistema RAPS de energía eléctrica para Padre Cocha (300 kWh/día), con 2 Módulos RPS-150 son los siguientes:

<u>Componente</u>	<u>300 kWh/d</u>
1 Baterías	\$57,600
2 PCS / Inversor - 50 KVA	\$80,000
3 PV Serie + estructura	\$128,333
4 Controles / Conmutador	\$42,667
5 Casetas & Accesos	<u>\$23,333</u>
Total equipamiento	\$331,935
Costos de proyecto (25%)	<u>\$82,984</u>
<b>Costos Totales</b>	<b>\$414,919</b>

#### 7.4.2. COSTO BASICO SISTEMA RAPS - INDIANA

Los costos del Sistema RAPS de energía eléctrica para Indiana (600 kWh/día), con 4 Módulos RPS-150 son los siguientes:

<u>Componente</u>	<u>600 kWh/d</u>
1 Baterías	\$115,200
2 PCS / Inversor - 50 KVA	\$160,000
3 PV Serie + estructura	\$256,667
4 Controles / Conmutador	\$85,333
5 Casetas & Accesos	<u>\$46,667</u>
Total equipamiento	\$663,871
Costos de proyecto (25%)	<u>\$165,968</u>
<b>Costos Totales</b>	<b>\$892,838</b>

## 8. EVALUACIÓN ECONOMICA

### 8.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se efectuará el análisis para calcular los aspectos económicos de los sistemas híbridos RAPS piloto, el cual tendrá en cuenta como factor importante el costo de la energía durante la vida útil del sistema, los gastos de capital, los costos de combustible, gastos de mantenimiento, crecimiento del sistema, gastos no lineales, etc.

### 8.2. METODO FLUJO ECONOMICO DIRECTO

A continuación se presenta el flujo económico por separado para Padre Cocha e Indiana, disgregando los precios para cada sistema.

#### 8.2.1. ANÁLISIS ECONOMICO PADRECOCHA

Para el flujo de evaluación económica de Padre Cocha se tomaron las consideraciones siguientes:

Costo del sistema instalado (incl. generador diesel)	US \$589.065
Uso inicial anual de combustible	4.959 galones
Costo anual de combustible	US \$5.043
Horas diesel por año	1.004
Gastos anuales de mantenimiento	US \$2.008
Costo anual reemplazo de batería	US \$6.400
Perdidas de energía en distribución	2 %
Factor de demanda	0.3

Número de clientes inicial:

Residencial – Bajo	150
Residencial – Mediano	75
Residencial – Grande	5
Comercial – Mediano	6
Comercial – Grande	3
Uso productivo – Mediano	2
Uso productivo – Grande	3
Uso Industrial	1

Los flujos se muestra en el anexo 3

#### 8.2.2. ANÁLISIS ECONOMICO INDIANA

Para el flujo de evaluación económica de Indiana se tomaron las consideraciones siguientes:

Costo del sistema instalado (incl. generador diesel)		US \$1,170.000
Uso inicial anual de combustible		7.739 galones
Costo anual de combustible		US \$7.870
Horas diesel por año		1.004
Gastos anuales de mantenimiento		US \$2.008
Costo anual reemplazo de batería		US \$12.800
Perdidas de energía en distribución		2 %
Factor de demanda		0.3
Número de clientes inicial:		
Residencial – Bajo	232	
Residencial – Mediano	118	
Residencial – Grande	7	
Comercial – Mediano	9	
Comercial – Grande	4	
Uso productivo – Mediano	4	
Uso productivo – Grande	4	
Uso Industrial	2	

Los flujos se muestra en el anexo 3

Se observa que el proyecto tiene flujos favorables por lo que se garantiza su rentabilidad para ambas localidades. Se ha considerado una tarifa de 0.4340 c.US\$/kWh, Esto supone la necesidad de desarrollar una evaluación socio-económica con mayor profundidad para determinar la tarifa final que tendrá el servicio en coordinación con los aspectos normativos y las entes reguladoras del sector.

## Relación de Planos y detalles

1. 003125 Ubicación de equipos en Planta de Padre Cocha
2. 003126 Ubicación de equipos en Planta de Indiana
3. 003209 Detalle de ubicación de las baterías en los contenedores
4. 003017 Ubicación de componentes sistema básico RPS-150
5. 003147 Ubicación contenedor de sistemas electrónicos
6. 003122 Ubicación contenedor de componentes de sistemas electrónicos
7. 003148 Detalle celda principal DC
8. 003016 Detalle estructuras para sistema fotovoltaico
9. 003012 Detalle arreglos sistema fotovoltaico
- 10.003013 Características arreglos sistema fotovoltaico Padre Cocha
- 11.003014 Características arreglos sistema fotovoltaico Indiana
- 12.D003218 Detalle de ubicación estructuras y componentes
- 13.D001019 Diagrama eléctrico sistema 240 v.
- 14.003151 Esquema eléctrico celda principal
- 15.003155 Esquema eléctrico celda de baterías
- 16.003135 Esquema eléctrico RAPS-150
- 17.003128 Esquema eléctrico básico RPS-150 (150 kWh/día)
- 18.003150 Esquema eléctrico inversor y celda del generador
- 19.003124 Diagrama dispositivo RAPS 300 kWh/día
- 20.003134 Diagrama dispositivo RAPS 600 kWh/día
- 21.003101 Esquema básico sistema de monitoreo
- 22.003137 Esquema sistema controlador 300 kWh/día
- 23.003136 Esquema sistema controlador 600 kWh/día