

## **IMPLEMENTACION DE UN CENTRO DE DEMOSTRACION DE ENERGÍAS RENOVABLES**

**Peña, J.<sup>1</sup>, Horn, M.<sup>2</sup>, Reategui, M.<sup>3</sup> y Zanabria, P.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Jimmy Peña, e-mail: [jicope\\_ca@yahoo.com](mailto:jicope_ca@yahoo.com)

<sup>2</sup> Manfred Horn, e-mail: [mhorn@uni.edu.pe](mailto:mhorn@uni.edu.pe)

<sup>3</sup> Miguel Reátegui, e-mail: [reateguimiguel@hotmail.com](mailto:reateguimiguel@hotmail.com)

<sup>4</sup> Pedro Zanabria, email: [pzanabria@terra.com](mailto:pzanabria@terra.com)

1 y 2: Universidad Nacional de Ingeniería, Lima

3: Sunrise Energy, Lima

4: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Cusco

### **RESUMEN**

En el “Centro de Capacitación para el Desarrollo”, CECADE (ver [www.cuscosolar.org](http://www.cuscosolar.org)) en Yaurisque, provincia Paruro, Cusco, se ha implementado un “Centro de demostración de energías renovables”. Este centro incluye, como generadores de electricidad, 400 Wp de paneles fotovoltaicos, 2 aerogeneradores de 100 W cada uno y una picoturbina de 400 W. La electricidad generada es almacenada en una “central de carga” conformada por un banco de baterías de 12 V DC, 500 Ah, y como cargas se tiene diversos equipos a 220 VAC (usando un inversor de 1000 W), tal como luminarias y una bomba de agua de 400W. Con ello se quiere hacer conocer a la población rural de la región las posibilidades reales de usar estas tecnologías para satisfacer necesidades energéticas. Se presenta una descripción de las características técnicas de los diversos equipos y se discute sus ventajas y desventajas.

### **INTRODUCCIÓN**

El Centro de Capacitación para el Desarrollo “Qosqo Yachay Wasi” (CECADE) es una Asociación Civil sin fines de lucro formado por profesionales e investigadores de la región y del país, con amplia experiencia en el manejo de proyectos sustentables de desarrollo, transferencia de tecnología, conservación del medio ambiente y el empleo de tecnologías que utilizan energías limpias y renovables.

Las actividades del CECADE están orientadas fundamentalmente a promover el desarrollo de la persona humana, en especial de jóvenes, familias de comunidades campesinas, consolidando sus valores éticos y morales, respetando su identidad y cultura, dotándoles de conocimiento científico y tecnológico como una opción para desterrar la pobreza y mejorar el bienestar y calidad de vida.

Particular énfasis se ha dado a la implementación de un centro demostrativo de las diferentes energías renovables, para que los pobladores de la región puedan apreciar directamente las posibilidades, sus ventajas y limitaciones de la energía renovable solar, eólica e hidráulica. La Fig. 1 demuestra el esquema de los diferentes equipos conectados a una “central de carga”. Independiente de esto se tiene postes de luz

autónomos con paneles fotovoltaicos y aerogeneradores, cocinas solares y cocinas mejoradas de leña, calentadores de agua e invernaderos.

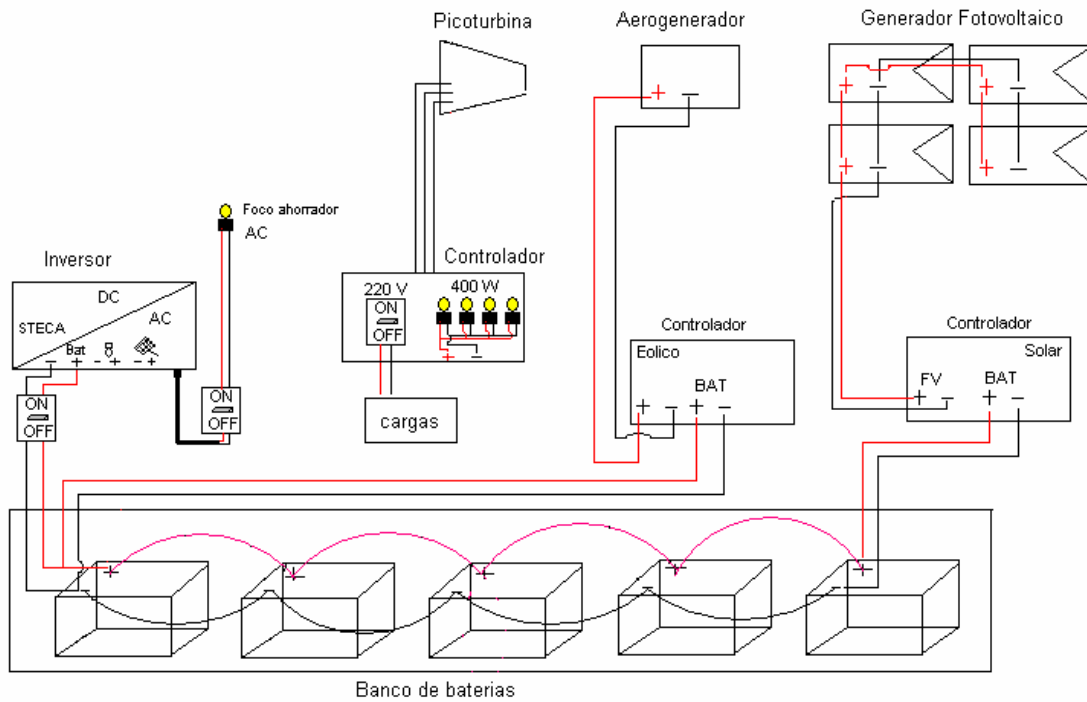


Fig.1 central de carga

## INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS EN CECADE-YAURISQUE

### I. POSTE SOLAR AUTÓNOMO Diseño y Medidas

En las siguientes Fig.2 y 3, y los Fotos 1 y 2 se demuestra el poste solar autónomo.

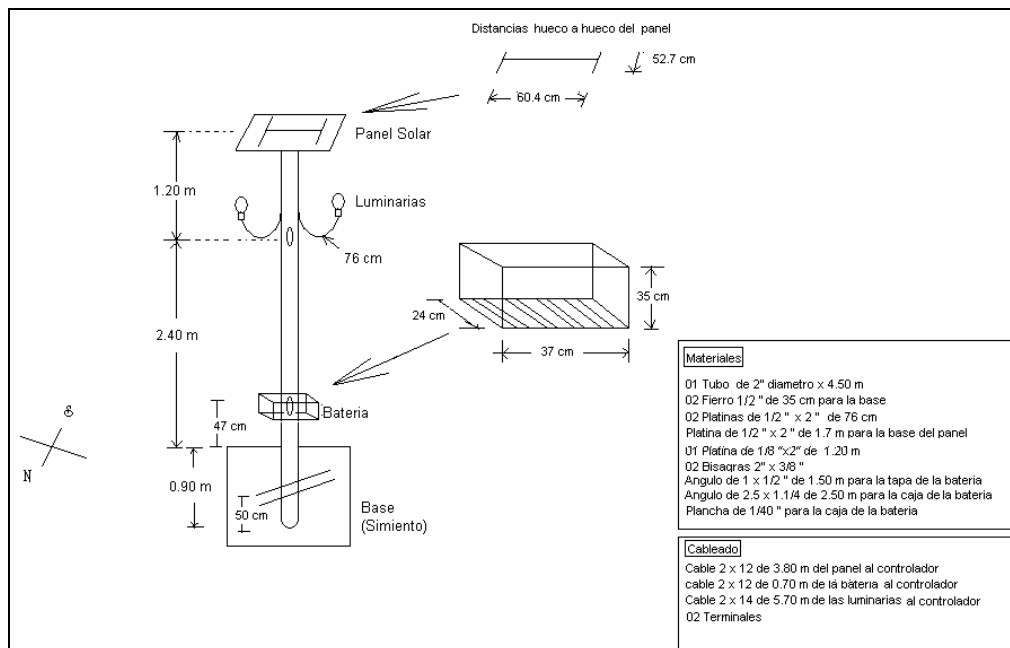
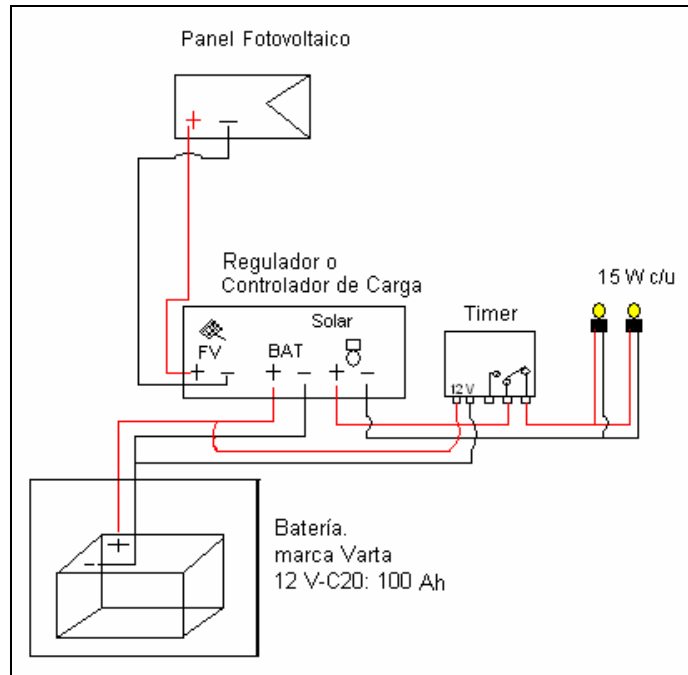


Fig. 2



**Fig. 3**

**Fotos del poste solar autónomo al término de la instalación eléctrica.**



**Foto 1**



**Foto 2**

## CARACTERIZACIÓN DEL PANEL FOTOVOLTAICO DEL POSTE SOLAR AUTONOMO.

El módulo fotovoltaico a caracterizar es del tipo silicio monocristalino.

Marca: Shell Solar  
 Número de serie: 019771 N 628037998  
 Procedencia: USA  
 Corriente de corto circuito: 4.9 A  
 Voltaje de circuito abierto: 21.4 V  
 Potencia máxima: 80 W



Foto 3

## CALCULOS Y RESULTADOS

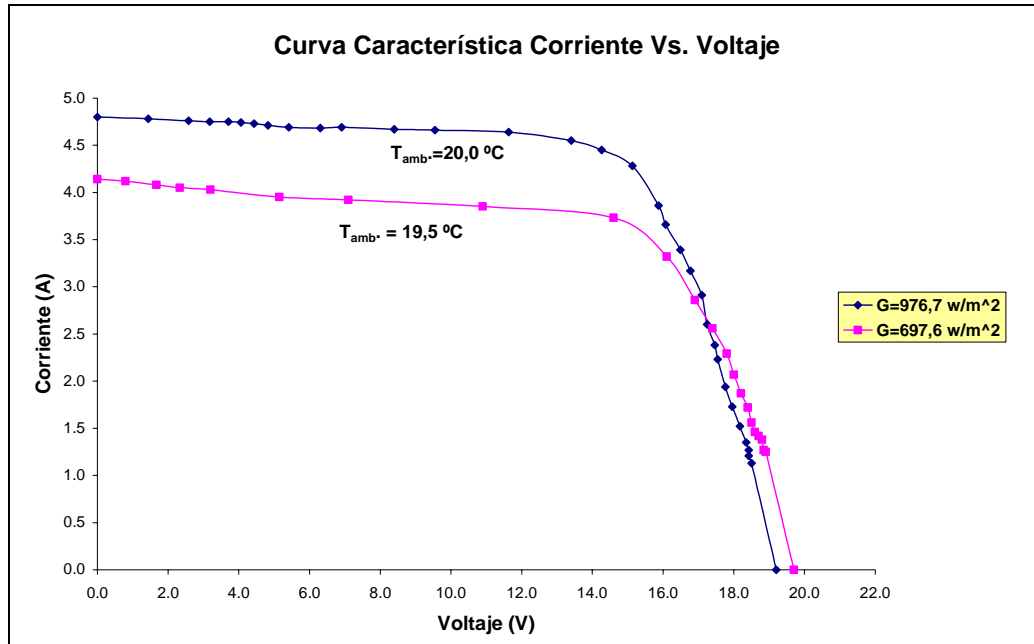


Fig. 4

Radiación	Potencia
697.6 W/m <sup>2</sup>	54.5 W
976.7 W/m <sup>2</sup>	64.8 W

## II. GENERADOR FOTOVOLTAICO

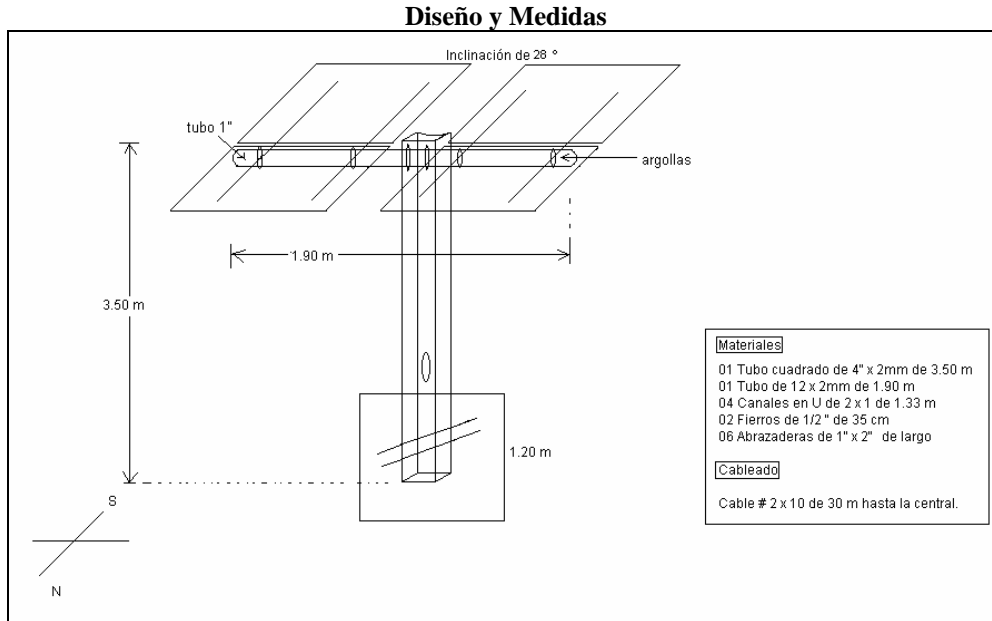
El generador fotovoltaico está compuesto por 4 paneles fotovoltaicos colocadas en paralelo.

Primer panel fotovoltaico Vca: 21.1 V, Icc: 5.1 A, potencia 80,0 W

Segundo panel fotovoltaico Vca: 20.8 V; Icc: 5.4 A; potencia 81.1 W

Tercer panel fotovoltaico Vca: 21.1 V, Icc: 5.4 A potencia 81.7 W

Cuarto panel fotovoltaico Vca: 21.1 V, Icc: 5.1 A potencia 80.0 W



**Fig. 5**

El **esquema** esta representada en la Fig.1 de la central de carga.

### Fotos al término de la instalación



**Foto 4**

## CARACTERIZACIÓN DEL GENERADOR FOTOVOLTAICO.

En nuestro caso tenemos 2 pares iguales de paneles fotovoltaicos de las mismas características, que tienen muy pequeñas diferencias en los valores de sus parámetros entre estos pares de paneles fotovoltaicos. Para ello se ha adoptado caracterizar el generador fotovoltaico empleando el siguiente circuito

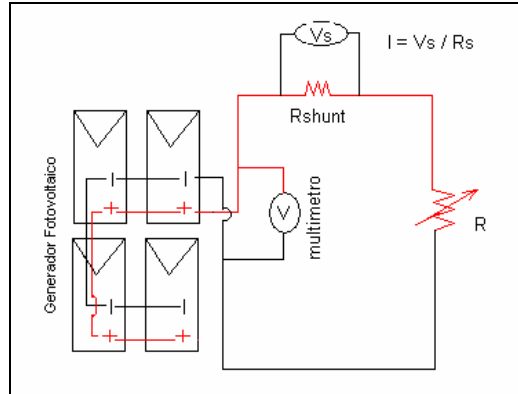


Fig. 6

### Materiales e Instrumentos.

- 01 resistencia de shunt de valor:  $6.5 \text{ m}\Omega$
- 01 resistencia variable (potenciómetro) de  $16 \Omega$
- 01 sensor de radiación calibrado KIPP CM11-871667 cuya constante es de  $5.017 \mu\text{V}/\text{Wm}^2$
- 01 termómetro analógico para medir la temperatura ambiente (TLV).
- 02 Multímetros para medir el voltaje (V) y voltaje de shunt (V) del GFV.

### CÁLCULOS Y RESULTADOS

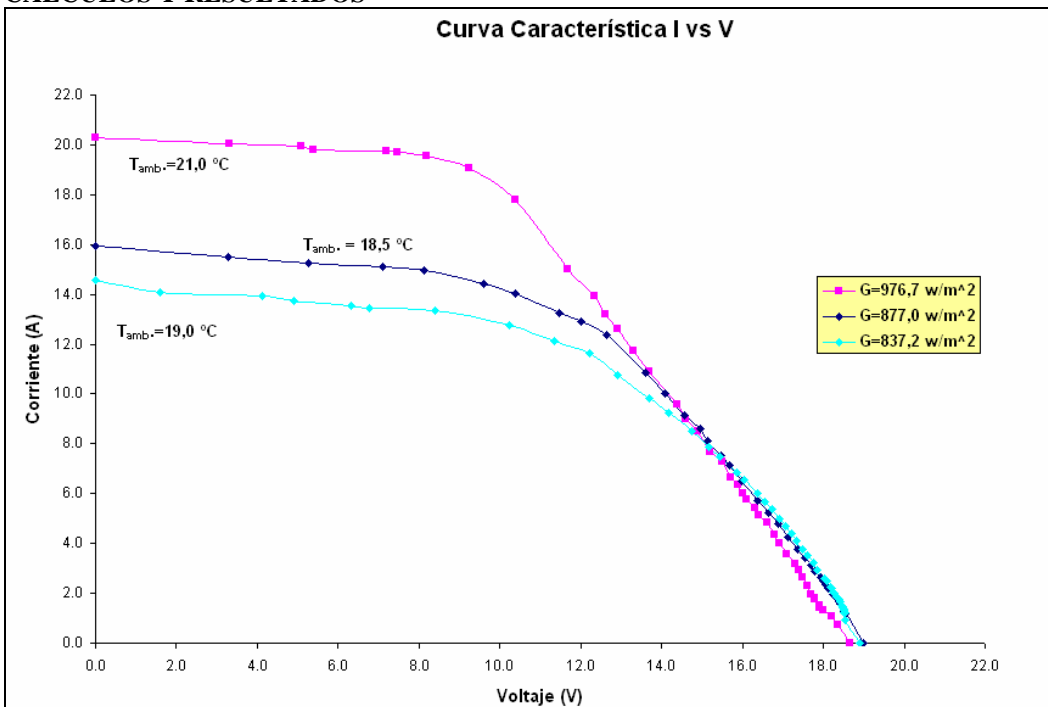


Fig. 7

Radiación ( $\text{W}/\text{m}^2$ )	Potencia (W)
837.2	141.8
877.0	156.5
976.7	184.9

### III. POSTE EOLICO AUTONOMO (AEROGENERADOR)

Un aerogenerador es un generador eléctrico movido por la acción del viento. En este caso, la energía eólica, en realidad la energía cinética del aire en movimiento, mueve la hélice y, a través de un sistema mecánico, hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador trifásico, que convierte la energía mecánica rotacional en energía eléctrica. La energía eléctrica se almacena en la central de carga.

Las características principales del sistema de aerogeneración es: Un rotor tripala de 1.7m de diámetro de perfil aerodinámico NACA 4412, generador sincrónico trifásico con imanes permanentes de ferrita y diodos rectificadores, cuya potencia nominal es de 100 W.

El aerogenerador funciona en el rango de 4m/s a 15 m/s, para luego salir del viento si las velocidades son superiores. En yaurisque se han registrado velocidades de vientos no superiores a los 10 m/s.

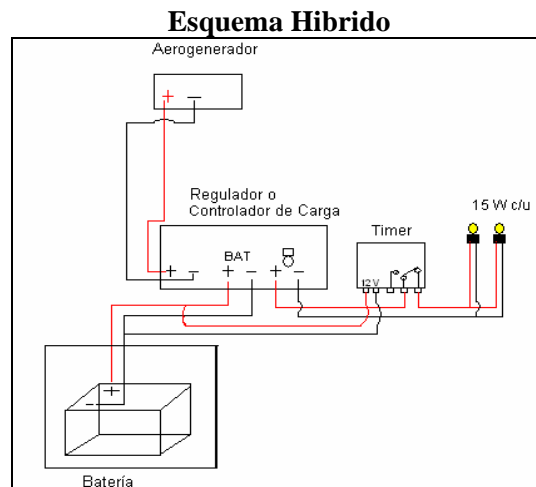
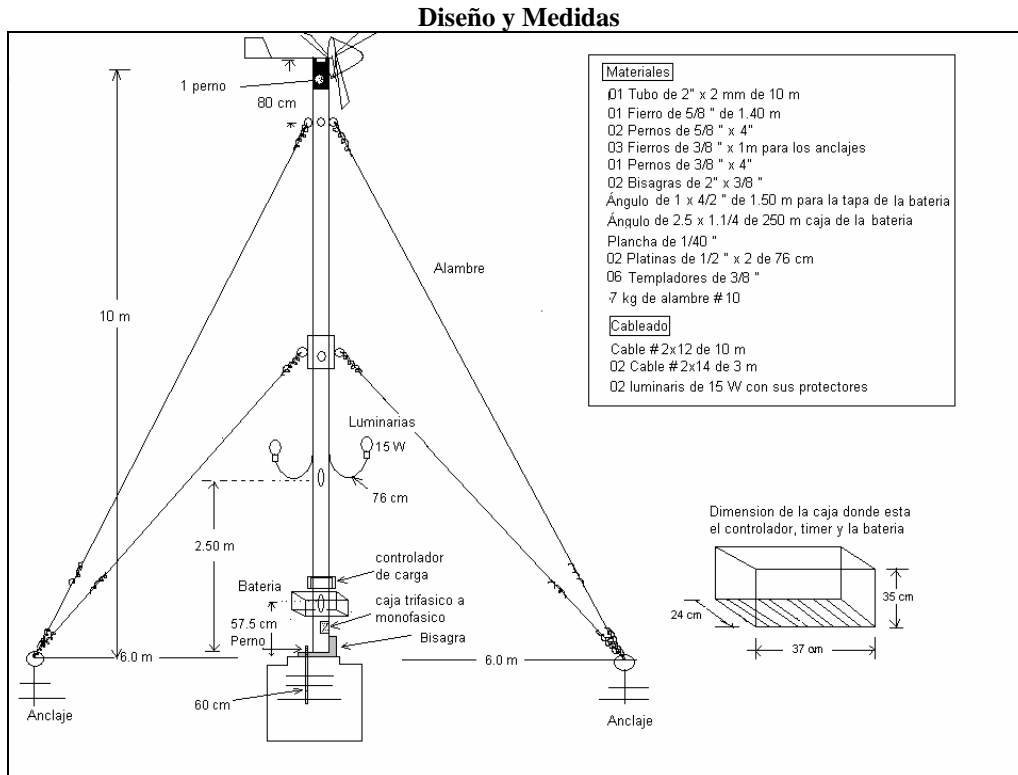


Foto al término de la instalación



Foto 5

#### IV. AEROGENERADOR

Este aerogenerador cuya energía queda almacenada en la central de carga, es del mismo modelo y fabricaron que el instalado para el poste eólico autónomo.

Diseño y Medidas

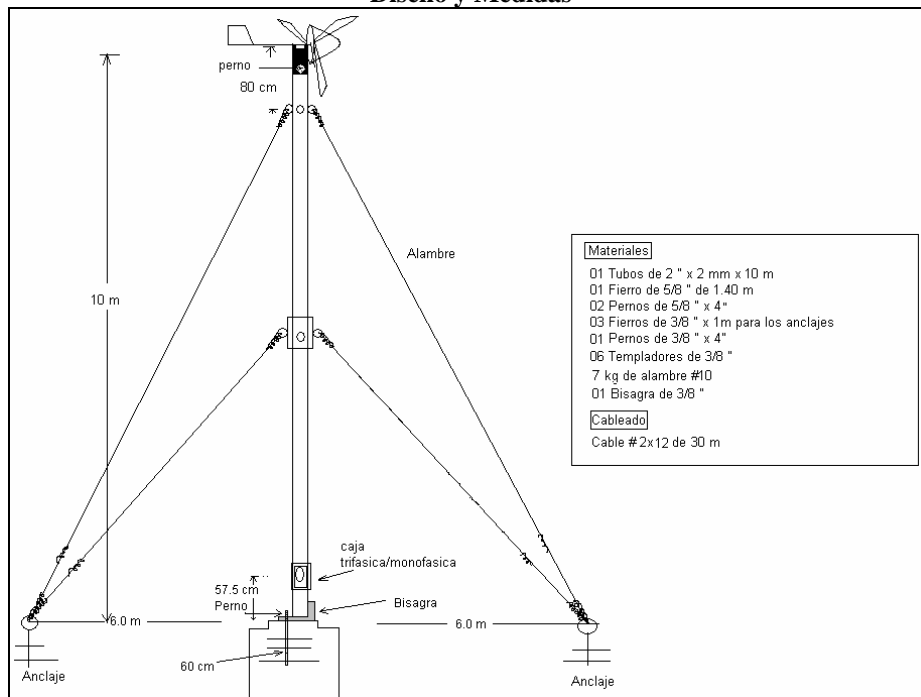


Fig. 10

El esquema híbrido es mostrada en la fig. 1 de la central de carga.



Foto al término de la instalación



Foto 6

### CARACTERIZACIÓN DEL AEROGENERADOR

#### Materiales e Instrumentos.

01 anemómetro analógico alcance: 0 m/s a 35 m/s, resolución: 1 m/s (se subdivido la división de escala en 4 partes iguales para una mejor aproximación).

02 multímetros para medir la corriente y voltaje en la salida del aerogenerador.

Tabla de velocidades y potencias

<b>Potencia (W)</b>	7.7	14.2	23.3	36.4	47.9	61.0	67.5	75.9	83.3	92.3	109.5	127.3	157.5
<b>Velocidad (m/s)</b>	4.00	4.25	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00	7.25	7.50	8.00	8.50	9.00

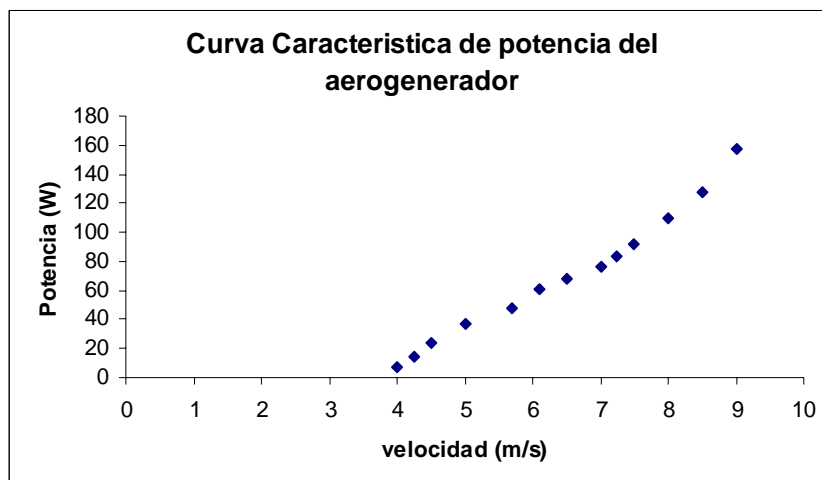


Fig. 10

## V. PICOTURBINA

La denominación de picocentrales hidroeléctricas y consecuentemente de picoturbinas, apenas tiene una década. Por ello, ha surgido una división adicional a los rangos ya existentes de las centrales hidroeléctricas, estableciendo el rango de picocentrales, cuya potencia esta por debajo de los 10 kW. Sin embargo aun no se ha incluido las normas internacionales respectivas, por tanto, consideramos como picoturbinas aquellas por debajo de 10 kW.

Las picoturbinas son diseñadas para aprovechar los recursos hidráulicos existentes en quebradas muy pequeñas, en manantiales u otra fuente donde existes algunos litros de agua y alguna pequeña caída que pueda transformar la energía mecánica o eléctrica según sea la demanda particular.

Las turbinas hidráulicas extraen la energía de un salto de agua, transformándola en energía mecánica de rotación, y las que acopladas con el eje de un alternador le imprimen el movimiento de giro necesario para generar electricidad.

La picoturbina instalada en CECADE es del tipo pelton adquirida de ITDG.

Modelo: IT-PE-P110

Diámetro de rodete: 110 mm

Potencia máxima (W): 400 W trifásico con salida a 220 V AC.

1657 rpm



Foto 7

### Esquematzación de la pico hidroeléctrica

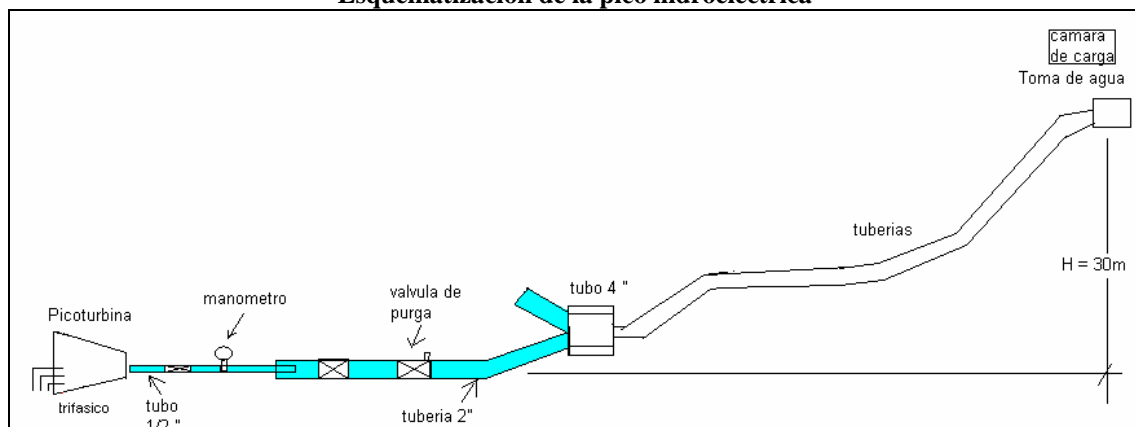


Fig. 11

## Esquema

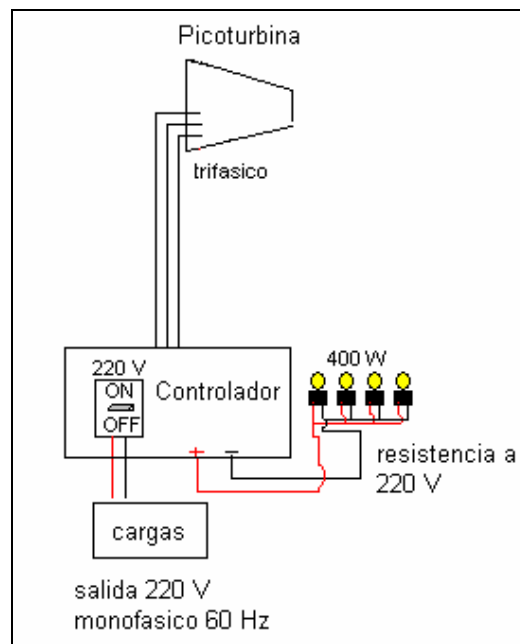


Fig. 12

## Foto al final de la instalación



Foto 8

La energía eléctrica entregada por la picoturbina en trifásica es llevada a la central de carga donde se encuentra su controlador lo cual la convierte a monofásica 220 V AC, 60 Hz.

## CALCULOS Y RESULTADOS

Caudal del flujo del agua: 1,2 l/s

Presión estática: 1,4 kg/cm<sup>2</sup>

Presión dinámica: 0,6 kg/cm<sup>2</sup>

Altura de caída: 30 m

Con estos datos hallados y teniendo en cuenta la eficiencia mecánica/eléctrica (0.6) obtenemos una potencia teórica de **0.21kW**.

## CONCLUSIONES

La energía almacenada en la batería del poste solar autónomo nos mantiene encendida dos luminarias de 15 W de CC desde 7:00 PM a 4:00 AM del día siguiente, la radiación que hay en Yaurisque es optima para la vida útil de la batería, porque se mantiene cargada antes del encendido de las luminarias. Sabemos que la batería descargada acorta la vida útil de esta.

La curva Fig. 7 del generador fotovoltaico para la radiación de  $976 \text{ W/m}^2$  tiene una caída muy brusca en comparación con las demás curvas a otras radiaciones, generando así una potencia (184.9 W).

La carga de la batería en el poste eólico autónomo (aerogenerador) se da lentamente pues los vientos no son constantes por un espacio largo, sino al contrario. En los meses de septiembre a noviembre se registró mas viento constante entre el rango de 3m/s hasta superando los 10 m/s.

Los aerogeneradores (giran) generan potencia a partir de una velocidad de viento de 4 m/s. generando así potencia de unos 8 W hasta un máximo de 160 W aproximadamente.

La potencia teórica obtenida en la picoturbina es de 0.21 kW. Esto se debe a que puede haber aire en las tuberías, por eso que el caudal es poco y la presión estática es baja.

Toda la energía eléctrica acumulada en la central de carga se emplea para la iluminación de CECADE mediante postes instalados alrededor del centro, así también para el sistema de bombeo.

CECADE se compromete a capacitar y hacer conocer a los pobladores de las comunidades y personas interesadas en el empleo de las energías renovables para satisfacer sus necesidades energéticas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Electricidad Solar .Ingeniería de los sistemas fotovoltaicos, E. Lorenzo y otros del instituto de energía solar –universidad politécnica de España, primera edición, 1994, Sevilla España.
- [2] Energía Eólica Práctica, Paul Gipe, primera edición en lengua española, noviembre 2000. España.
- [3] Renewable Energy Course (Trainre) Win Energy, by J.W.M. Dekker, J.T.G. Pierik, L.W.M.M. Rademakers. University Oldenburg, second version, December 1996.European Commission.
- [4] Microcentrales Hidroeléctricas: una alternativa para el desarrollo rural/ITDG programa de estructura y servicios básicos. Lima-Perú ITDG 2004.
- [5] Picoturbinas pelton: una alternativa para el desarrollo rural / ITDG programa de energia de estructuras y servicios básicos. Lima – Perú.
- [6] X Simposio Peruano de Energía Solar, Cusco del 17 al 22 de noviembre de 2003. Edición diciembre 2004 Lima-Perú.