

## **EVALUACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES PARA SU UTILIZACIÓN A NIVEL PRODUCTIVO EN LA PROVINCIA DE TIERRA DEL FUEGO / XII REGION (CHILE) - AVANCES**

H. Vidal (\*), R. Oliva (\*\*), M. R. Gallardo (\*), J. Fiorentine(\*\*\*)

(\*) Centro de Estudios de Recursos Energéticos (CERE) - Universidad de Magallanes, Punta Arenas (Chile)

(\*\*) Area Energías Alternativas, Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA)

- 9400 Río Gallegos - Santa Cruz TE 02966 442317/19 int 21, email: [micro-en@unpa.edu.ar](mailto:micro-en@unpa.edu.ar)

(\*\*\*) Arizona State University (ASU), Phoenix, AZ - EE.UU.

*Recibido 11/08/13, aceptado 21/09/13*

**RESUMEN:** Se busca con el presente trabajo mostrar los avances en un Proyecto FIC (Fondo de Innovación para la Competitividad) desarrollado por el CERE en Magallanes, Chile, que involucra el montaje de un ensayo y medidas comparativas de dos sistemas de bombeo: uno de ellos impulsado por fuente eólica (aerogenerador) y otro por una fuente solar (paneles fotovoltaicos). Se busca realizar la comparación en condiciones similares (pozos de agua, bombas y cañerías de similares características) durante un período de tiempo suficiente para obtener conclusiones técnicas relevantes, en una zona (Porvenir) caracterizada por un clima relativamente extremo (Tierra del Fuego /Sur Patagónico de Chile).

Se busca evaluar asimismo aspectos técnico-económicos y de confiabilidad, así como su adaptación a aplicaciones productivas. De manera paralela se pretende evaluar el recurso eólico y solar, lo que permitirá -con los datos registrados durante la ejecución del proyecto- tener una mejor referencia de ambos recursos en la zona y además realizar un mapa eólico a microescala de los alrededores de Porvenir, combinando los datos con los de varias estaciones meteorológicas automáticas que administra el CERE, principalmente una ubicada a 100km al NE del emplazamiento.

Se ha observado un interés especial en las conclusiones de este estudio comparativo en personas ligadas a la agricultura, ganadería, y particularmente habitantes que se encuentran en zonas remotas las cuales se encuentran alejadas de la red de energía eléctrica. Asimismo, resulta relevante la comparación y diferencias de estos sistemas con motogeneradores convencionales en cuanto a su operatividad y confiabilidad (junto con los costos de la implementación).

### **Palabras clave:**

Energía eólica, bombeo de agua, energía solar fotovoltaica

### **INTRODUCCION**

En zonas rurales de la Patagonia Austral, tanto argentina como chilena, la tecnología tradicional para el bombeo de agua es el sistema eólico mecánico, utilizando molinos multipala de viento que generan la fuerza motriz para el bombeo. Esta alternativa presenta problemas de mantenimiento, complicados aún más por la ubicación dispersa de los usuarios. Una opción es el uso de bombas eléctricas donde la electricidad se genera a partir de energías renovables. Existen varias alternativas tecnológicas para aprovechar estas energías en zonas rurales, entre otras: generadores eólicos, sistemas fotovoltaicos, microturbinas hidráulicas y electricidad a partir de la biomasa.

Las mismas limitaciones — dispersión y distancia de las zonas urbanas— que exacerban problemas de mantenimiento de los molinos tradicionales, también hacen difícil una evaluación rigurosa de los sistemas alternativos mediante el monitoreo. Por ello, se propuso a través del Proyecto FIC-Porvenir realizar una evaluación comparativa y con registro automatizado de dos sistemas (eólico en carga de baterías y fotovoltaico). Esto permitirá conocer el funcionamiento de ambos sistemas de bombeo, obtener series de tiempo de parámetros clave y detectar fallas en forma mucho más regular y económica.

Existen antecedentes en desarrollos técnicos para evaluación de máquinas eólicas y sistemas de bombeo electro-eólico y fotovoltaico [Wyatt, 1994] [Vick y Neal, 2012]. Dichas implementaciones son de tipo específico y adaptadas tanto a las características del lugar y máquinas a ensayar, como a los recursos de que dispone la institución. Estudios exhaustivos [Vick y Clark, 1996] se han realizado en la estación experimental del USDA (US Department of Agriculture) en Bushland, Texas, en los cuales se han ensayado sistemas eólicos, y sistemas combinados eólicos-fotovoltaicos orientados al suministro de agua para ganado. Además hay ensayos importantes realizados para provisión de agua en comunidades en varias partes del mundo [Muljadi y otros, 1995], [Clark, 1994], [Bergey, 1998]. Por otro lado, es importante la experiencia latinoamericana realizada con cooperación de entes internacionales como el GTZ (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit) alemán, según se muestra en el norte chileno con experiencias fotovoltaicas [Schmidt y otros, 1999].

Cuando se utiliza la opción eolo-eléctrica para el bombeo, hay variantes posibles en cuanto a la generación [Gipe, 1994]. En la alternativa con baterías, primero se genera la energía eléctrica que se almacena en acumuladores (típicamente de plomo ácido, tipo estacionario), la cual puede ser utilizada tanto para el bombeo como para otros fines. Una segunda variante es la utilización de generación directa, es decir sin acumulación, para accionamiento de bombas eléctricas. Esta combinación tiene un enorme potencial en cuanto a reducción de costos, pero a la fecha hay pocas alternativas comerciales. Sin embargo, existen múltiples sistemas fotovoltaicos directos para bombeo a escala industrial, y esta es la combinación que se ensaya en el FIC Porvenir.

Dentro de los potenciales interesados en este estudio están los usuarios ligados a la agricultura, ganadería y habitantes de zonas remotas, alejadas de la red de energía eléctrica. En aplicaciones rurales el bombeo fomenta la utilización de regadíos en praderas al convertirse en una alternativa económica para sustentarlos, y en ambos casos permite a los habitantes mejorar su calidad de vida.

Por otra parte, en la región sur patagónica, no se han determinado con exactitud las diferencias en cuanto a su operatividad y confiabilidad (junto con los costos de la implementación), de un equipo que utilice energía renovable vs. un equipo que trabaje con combustibles convencionales, en las condiciones climáticas particulares que posee Tierra del Fuego. Finalmente, se podría evaluar este tipo de energía como alternativa para el reemplazo de combustibles como gas natural, diesel ó cualquier otro combustible fósil.

## DESCRIPCION Y OBJETIVOS DEL PROYECTO

El presente Proyecto involucra el montaje de un ensayo y medidas comparativas de dos sistemas de bombeo: uno de ellos impulsado por fuente eólica (aerogenerador) y otro por una fuente solar (paneles fotovoltaicos). Se busca realizar la comparación en condiciones similares (pozos de agua, bombas y cañerías de similares características) durante un período de tiempo suficiente para obtener conclusiones técnicas relevantes, en una zona (Porvenir, Figura 1-izq.) caracterizada por un clima relativamente extremo (Tierra del Fuego / Sur Patagónico de Chile). Para ello se contó con la cooperación de una familia de productores rurales de Porvenir dispuestos a realizar la experiencia de reemplazo de un sistema de bombeo tradicional por una combinación de sistema eólico con baterías, y fotovoltaico directo, bombeando a un único tanque elevado. Por otro lado, el Centro de Estudios de Recursos Energéticos (CERE) de la Universidad de Magallanes, en Punta Arenas, Chile (Figura 1. der.) cuenta con una amplia experiencia en relevamientos de recursos renovables, mapeo eólico a mesoescala, constituyéndose en uno de los referentes en la temática de energías renovables en Chile.

Se busca evaluar asimismo aspectos técnico-económicos y de confiabilidad, así como su adaptación a aplicaciones productivas. De manera paralela se pretende evaluar el recurso eólico y solar, lo que permitirá -con los datos registrados durante la ejecución del proyecto- tener una mejor referencia de ambos recursos en la zona y además realizar un mapa eólico a microescala de los alrededores de Porvenir. Debido a lo anterior, es que en este proyecto se incorporó la adquisición de una estación NOMAD 2, que consiste en un data logger, con sensores de velocidad de viento (anemómetro), sensor de dirección (veleta), sensor de radiación (piranómetro), sensor de temperatura y humedad, tarjeta de almacenamiento de datos y cables. Este equipo se instala en el terreno perteneciente a la familia de productores de Porvenir, ubicado cerca de donde será instalada la torre del aerogenerador eólico, en un lugar que resulta adecuado para la localización de dicha estación por encontrarse a pocos metros del emplazamiento del ensayo.



Figura 1- Ubicación del emplazamiento en cercanías de Porvenir(XII Region, Chile),y vista de CERE en Universidad de Magallanes, Punta Arenas

Como objetivo principal del Proyecto, se busca generar las bases para futuros emprendimientos innovadores en cuanto a la utilización de las energías renovables, por medio de realización de prospección del recurso eólico y fotovoltaico y la instalación de tecnologías más confiables, verificando a través de un registro automatizado sus rendimientos y costos de generación de electricidad para riego y otras actividades productivas. Como objetivos secundarios pueden señalarse:

- a) fomentar y potenciar el estudio, análisis y aplicación de las energías renovables como medio de obtención de energía, para lo cual se realizarán talleres orientados a usuarios del área agroindustrial.
- b) Realizar prospección del recurso eólico y fotovoltaico durante la ejecución del proyecto.
- c) Evaluar, utilizando los datos generados, la operatividad y confiabilidad de los equipos eólicos y fotovoltaicos durante el periodo de prueba.

## DIMENSIONAMIENTO DE LA PARTE FOTOVOLTAICA

En el emplazamiento de la prueba en las afueras de Porvenir, el agua para riego se obtiene mediante una bomba de desplazamiento positivo (tipo émbolo-pistón), accionada mecánicamente por un molino multipala (windmill) ubicado sobre un humedal al pie de una colina. Un tanque preexistente de 5 m<sup>3</sup> (1.321 gal - Figura 3-izq.) se ubica en la parte superior de la colina. Se plantea reemplazar la provisión a través del bombeador con dos sistemas eléctricos, accionados por energía renovable (solar y eólica) La capacidad del tanque resulta suficiente para compensar dos días nublados o sin sol.



Figura 2- Medición de las características del pozo en Porvenir con bombeo forzado (10-2012)

En [Fiorentine y Vidal, 2012] se midieron las características del pozo, y su tasa de recuperación (aprox. 7 cm/hora, en primavera) a través de bombeo forzado (Figura 2). El tanque de almacenamiento se encuentra en la parte superior de la colina a 125 m (410 ft) de la bomba y 15 m (49 ft) de alto en elevación (Figura 3). Las líneas de riego individuales están situadas a variadas distancias del tanque y dado a que las líneas de riego serán accionadas por gravedad, las ubicaciones y elevaciones no son consideradas en el diseño de la bomba y del arreglo. Se determinó un volumen diario de extracción de 2280 litros (600 GPD), para permitir la recuperación del pozo.

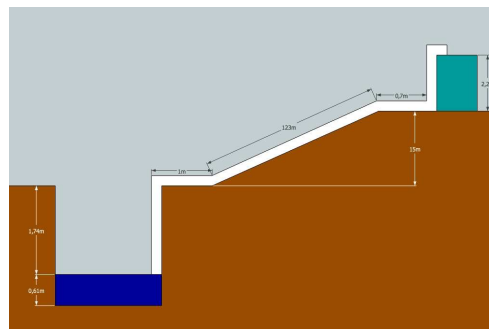


Figura 3- Verificación de alturas cerca del TK, y diagrama mecánico de tubería previsto para Porvenir (09-2012)-Nota: algunas medidas se han modificado respecto a los diagramas

A efectos de dimensionar el sistema fotovoltaico, se consideraron los valores promedio de irradiación solar medidos en plano horizontal en Punta Arenas, desde 1978 a 2002, y agrupados en un estudio realizado por la Universidad de Magallanes [Oyarzun y Silva, 2006]. Para maximizar la luz incidente en la primavera y en el otoño, el arreglo FV se inclinará un ángulo igual a la latitud del lugar (53°) mas un adicional ajustable de hasta 20° máximo. El valor del incremento dado por el cambio en inclinación es determinado por aproximaciones satelitales (usando el software PVWatts, [NREL, 2012]) para los datos de Punta Arenas. La diferencia entonces fue aplicada a los valores que se encuentran en el estudio de Oyarzun et al, según se muestra en la Figura 4, y en la Tabla 1.

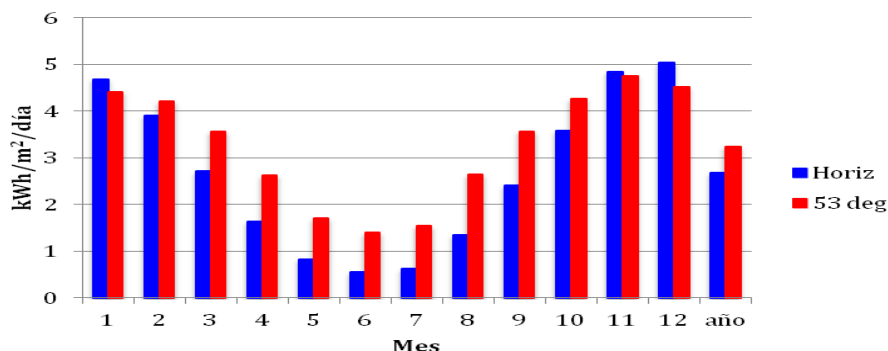


Figura 4- Valores promedio de irradiación diaria [Oyarzun y Mansilla, 2006]y ajuste a latitud

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Pro
Horiz	4.69	3.9	2.71	1.64	0.83	0.55	0.62	1.35	2.41	3.58	4.85	5.04	2.68
53°	4.42	4.21	3.57	2.63	1.7	1.4	1.54	2.65	3.57	4.27	4.76	4.52	3.24

Tabla 1- Valores promedio de irradiación diaria

El mes de diseño se consideró como el de la irradiación solar más baja durante la estación de riego (Abril, 2,63 kWh/m<sup>2</sup>/día) exceptuando los meses de mayo, junio, y julio (por tener valores demasiado bajos). Esto permite asegurar que el sistema bombeará suficiente agua en la primavera, el verano, y el otoño. El esquema propuesto se muestra en la Figura 5.

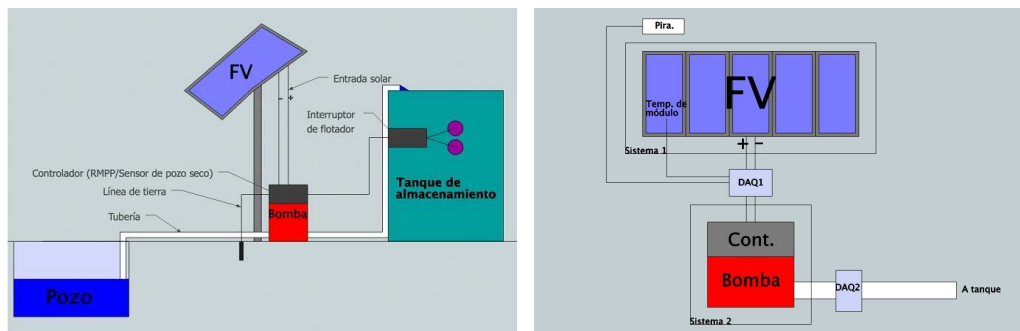


Figura 5- Configuración propuesta para el sistema fotovoltaico directo, y (der.) propuesta de medición inicial

Considerando el volumen diario de 600 GPD, el ritmo de extracción para el mes de diseño resulta de 3,8 GPM ó 14.4 litros/min (redondeado a 4 GPM). Se determinó en primera instancia en base a la longitud y tipo de tubería prevista (PVC 1.5") una Carga Estática (CE) de 18.94 m (62.14 ft) y en base a las pérdidas previstas en 5 codos a 90° y 2 codos a 45°, una Carga Dinámica (CD) de 9.91 m (32,5 ft) con lo cual la Carga Dinámica Total resulta de aproximadamente 30m (100ft). Mediciones posteriores dejaron la estimación de CDT en 27 m (82ft), sobre lo cual se trabajó en la selección de la bomba, controlador y paneles.

Considerando una operación en el mes de diseño, lo cual significan 2.63 HSP (Horas Solar Pico) promedio calculadas, para evitar la sobrecarga en abatimiento del pozo, se seleccionó en dicho trabajo una bomba SunPumps SJT05-90BL, adaptada para uso con panel solar directo, asociada a un controlador PCC-120BLS-M2 (Figura 6). Dicha bomba admite succión hasta 6.5 m (20 ft) y de 7.5 a 72 litros/min (2 a 19 GPM) dependiendo del CDT. Aunque en un primer diseño se trabajó con 5 paneles de 85W, resultó insuficiente y la selección final fue de 3 paneles fotovoltaicos Canadian Solar de 240Wp cada uno, dando una potencia de 720W pico.



Figura 6- Bomba Sun Pumps SJT05-90-BL y Controlador adquiridos para Porvenir (recibidas 03-2013)

## DIMENSIONAMIENTO DE LA PARTE EOLICA

En esta parte del trabajo se trata el dimensionamiento de la parte eólica y en la integración de ambos sistemas con un sistema de medición y control elemental. Se toma como insumo el trabajo de diseño de bombeo para el pozo tipo descrito en [Fiorentine y Vidal, 2012] (A), que concluye en los siguientes parámetros básicos:

- Caudal de diseño 4 GPM (galones por minuto) = 15.5litros/minuto
- Carga dinámica total (TDH) = 82ft (aprox.27m)
- Volumen tanque a llenar = 5m<sup>3</sup> = 5000litros

Para el diseño del subsistema de bombeo eólico, se partió de los siguientes insumos:

- Requerimientos de potencia y energía esbozados en (A), considerando un pozo gemelo con similares características.
- Mediciones de viento realizadas por el CERE en zona cercana (100km al NE) del Porvenir – Figura 7.
- Conjunto de sistemas eólicos de baja potencia disponibles en la región, a través de importadores.

Para el dimensionamiento de la bomba a utilizar, se partió de lo indicado en (A), y dada la posibilidad de evitar una cadena de rendimientos <1 y costos adicionales (invertir para conversión a 220V), se seleccionó una bomba para trabajo en 24VCC,



(SCB8-40P/24, del mismo proveedor SunPumps) con una capacidad levemente superior a la nominal del sistema FV (6.5 a 8GPM a 82ft de TDH, para tensiones de 24 a 26VCC y una potencia máxima de 400W).

Dentro de la oferta de aerogeneradores de tipo comercial disponibles se consideraron en análisis los de Tabla 2, con modelos para bancos de 24V. Para la asignación de Clase de Viento, se realizó un relevamiento de las velocidades de operación y supervivencia indicadas en las hojas de datos comerciales de los equipos. Esta asignación puede resultar un tanto arbitraria, dada que la misma proviene de aerogeneradores comerciales de clase MW y no se encuentra aún definida para pequeños cargadores de baterías, aunque resulta útil para una clasificación inicial.

Marca	Modelo	Potencia [W]	Origen	Clase de Viento
Proven/Kingspan	KW3	2.5/3kW	UK	I (h/70m/s)
Giacobone	Eolux	1kW	ARG	II
Bergey	XL.1	1kW	USA	I (54m/s)
Kestrel	E220	0.8kW	Sudáfrica	II

Tabla 2- Modelos de Aerogeneradores evaluados

Como insumo se utilizó un promedio de vientos extrapolado a 20m de altura a través del software WindPro, de una estación anemométrica ubicada 100km al NE del Porvenir. En la Figura 7 se aprecia el fuerte recurso disponible de viento que excluye equipos que queden por debajo de Clase I ( $V_{prom} = 10\text{m/s}$  a altura de rotor), salvo que estén dotados de algún automatismo de freno.

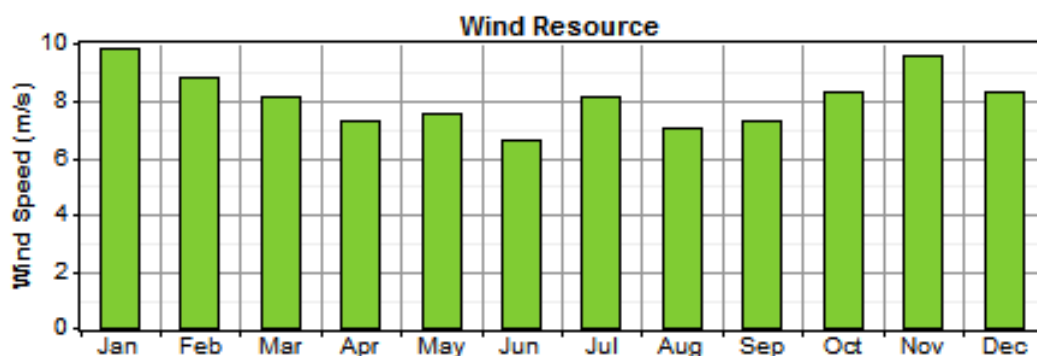


Figura 7 – Datos de Viento a 20m de altura, promedios extrapolados de mediciones a 100km de Porvenir, CERE/UMAG

Tomando en cuenta esta consideración, se focalizó en los equipos Bergey XL.1 y Kingspan KW3, excluyéndose finalmente este último por una cuestión de costo y tamaño sobredimensionado para la aplicación. Dado el escaso tiempo de operación previsto, se seleccionó un banco de baterías de capacidad mínima (220Ah) utilizando baterías de ciclo profundo tipo Trojan T105 /6V, que tiene varios fabricantes alternativos y un costo moderado con buena performance. El modelo de batería finalmente adjudicado por costo es una Sun Xtender, modelo PVX-2240T de la firma Concorde, de 224Ah y 6V (4 unidades). Finalmente, la selección de componentes se muestra en el diagrama de la Figura 8.

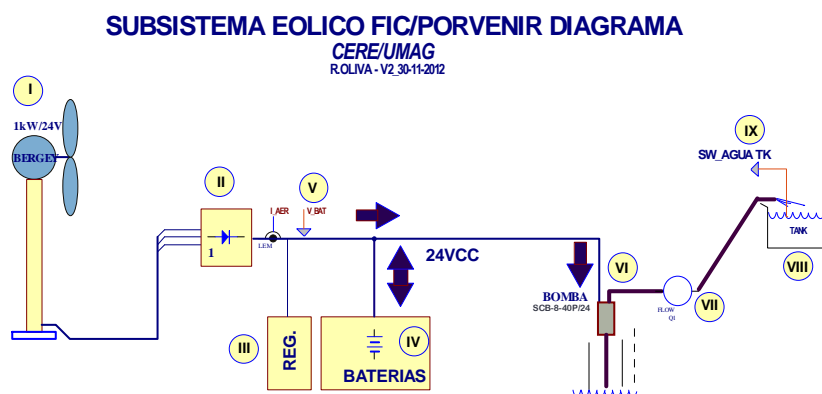


Figura 8 – Selección de componentes - Subsistema Eólico Porvenir

En dicho diagrama se muestran los siguientes componentes:

- I) Aerogenerador Bergey XL.1, de 1kW/24V, montado en torre de 18m (el modelo recibido es el nuevo Excel 1).
- II) Rectificador (en caja de control MidNite Solar)
- III) Regulador. Este equipo controla la corriente enviada a las baterías. Cuenta con un botón de frenado para el equipo. En el modelo nuevo recibido (03-2013) se incluye un regulador inteligente MidNite Solar Classic, de tensión de batería seleccionable.
- IV) Banco de 4 baterías Concorde PVX2240 (deep cycle) de 6V/220Ah en serie, para 24Vcc.
- V) Medición de tensión y corriente del aerogenerador.
- VI) Bomba de corriente continua SCB8-40P/24 SunPumps – Posible regulador requerido (a confirmar por fabricante).
- VII) Caudalímetro para medición de agua entregada.

- VIII) Tanque elevado de 5000 -litros.  
IX) Switch de nivel para indicar estado de tanque lleno.

A efectos de evaluar preliminarmente el comportamiento del equipo y del conjunto, se realizó una simulación del sistema utilizando el programa Homer v2.81 ([www.homerenergy.com](http://www.homerenergy.com)), cuyo diseño general se muestra en la Figura 9. En la misma, se ha ingresado el recurso de viento de la Figura 7 y los componentes básicos del sistema. Dicho programa toma como base dichas velocidades promedio y genera valores aleatorios de 1hora, resolviendo las ecuaciones de energía y potencia e indicando la viabilidad técnico-económica del sistema.

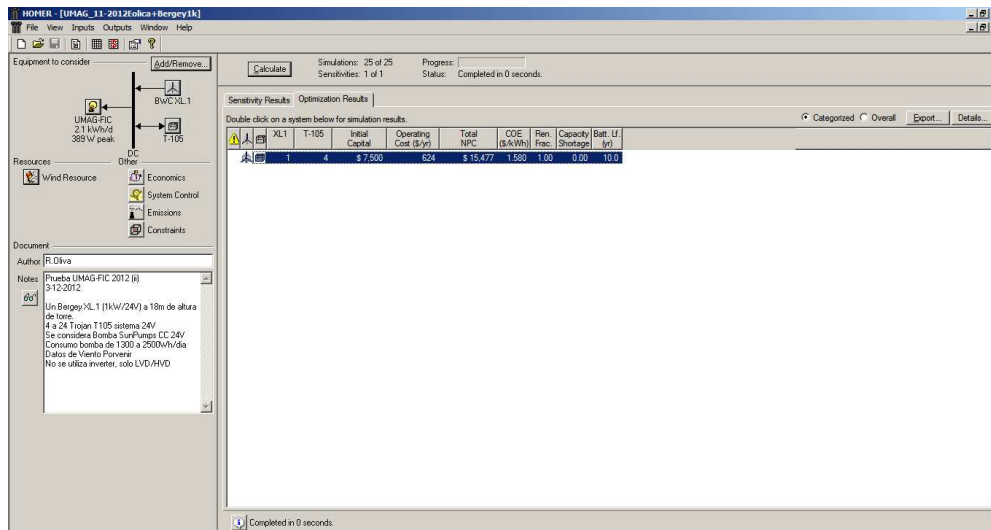


Figura 9 – Simulación del sistema en Homer v2.81

Como régimen de carga, se ha supuesto la indicada en la Figura 10-izq, que considera una potencia promedio de 220W pero 3 periodos diarios de 3horas, en forma uniforme a lo largo del año.

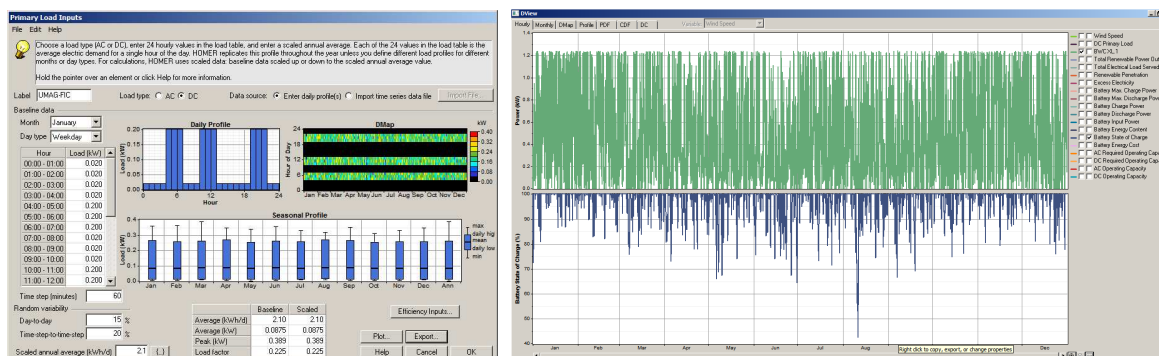


Figura 10 – Régimen de carga – tres periodos diarios y serie de tiempo anual resultante

Este modelo de carga cumple satisfactoriamente con los requerimientos del sistema y produce un sistema levemente sobredimensionado, que debería cubrir con cierta holgura la carga demandada. En la serie de tiempo simulada (Figura 10-der) se observa que el sistema eólico sostiene las baterías en nivel de carga superior al 50% en todos los meses salvo en agosto, en que se da una posible reducción mayor pero no limitante, con una autonomía de 43 horas.

## SISTEMA DE REGISTRO AUTOMÁTICO

Como elemento complementario al sistema eólico y fotovoltaico de bombeo, se ha seleccionado un equipo de adquisición de datos que asuma algunas funciones de control sobre todo en lo relativo a nivel de pozo, tanque y períodos de funcionamiento. Para esta función se ha adquirido una unidad Campbell Scientific CR850 (Figura 11), junto con la unidad de fuente/cargador PS100 y una licencia del software LoggerNet de CS, que facilita tanto la programación del equipo como el procesamiento posterior de los datos obtenidos. El esquema con sistema de registro puede verse en la Figura 12.

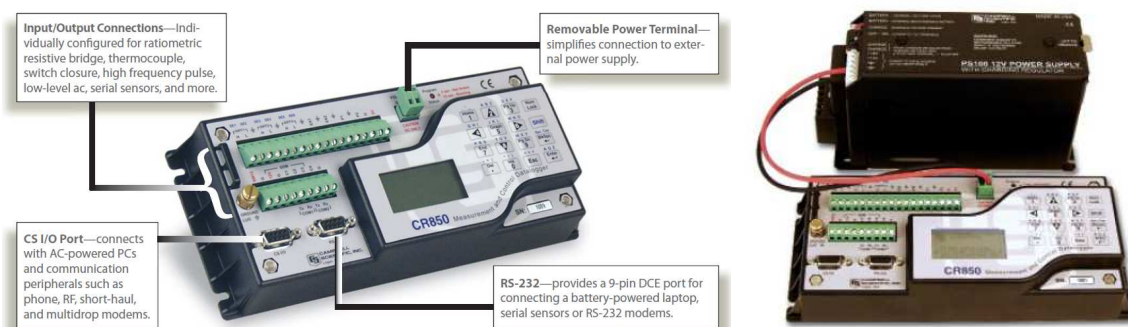


Figura 11 – Unidad de Adquisición de datos / Control Campbell Scientific CR850 y Fuente PS-100

A través del CR850 se definirá un lazo de medición, programando funciones a ejecutar en dicho lazo. Utiliza un lenguaje similar al BASIC y es posible ensayar dicho programa previamente en una PC, y luego descargarlo al Logger. El lazo previsto contendrá el barrido de los canales analógicos (medidas de Tensión, corriente) y de contadores de pulsos (caudalímetros 1, 2). En cada lazo incluirá la lectura de entradas digitales (switches de nivel de agua bajo/alto) y el manejo de una o mas salidas digitales. Cada lazo incluirá asimismo operaciones estadísticas (media, máximo, mínimo y desvío estándar) sobre las medidas de cada canal, y establecerá un período en el cual dichos valores se almacenen (ej cada 10 minutos), en la memoria no volátil y a través del módulo SC115 en un medio de memoria extraíble (Compact Flash). El consumo intrínseco de este equipo es muy bajo, y operará partir de una unidad reguladora/cargadora PS100 (Figura 11-der.) con una batería de 12V/7Ah. La recarga de esta batería será a través del banco principal del equipo eólico conectado directamente al PS100.

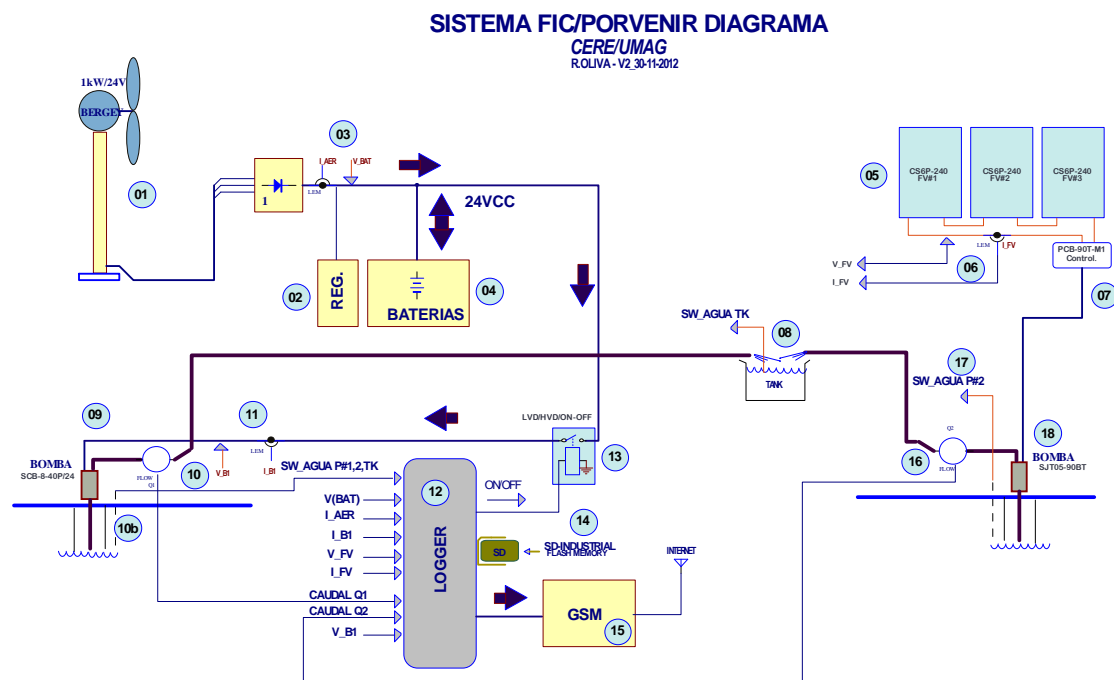


Figura 12 – Diagrama general del sistema incluyendo el registro automático. Los ítems numerados son similares a los de la Figura 8, con el agregado de los caudalímetros (10,16), Switches de nivel (10b,08,17), control LVD (13), medición de tensión y corriente (03,11). En 14 se utilizará una tarjeta CF en lugar de SD. Los modelos finales adquiridos para la bomba (18)FV son SJT-05-90BL y para su controlador (07) el PCC-120BLS-M2

## CONCLUSIONES

Se han presentado los avances de un proyecto de relevamiento simultáneo de sistemas independientes de bombeo de tipo eólico y fotovoltaico, en proceso de instalación en la comuna de Porvenir en Tierra del Fuego, XII Región de Magallanes en Chile. Se presentan los criterios de diseño y avances en cuanto a la adquisición de los equipos y sistema de registro. Se espera en un tiempo reducido poder contar con los primeros datos de funcionamiento e informes de operación que permitan extraer conclusiones mas precisas sobre las ventajas y problemas de este tipo de aplicación.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a las autoridades de la Universidad de Magallanes (UMAG) y de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA), como así también a los propietarios de la parcela en Porvenir (lugar de emplazamiento de la prueba), y al director de la Unidad Académica Porvenir de la UMAG, Sr. Alejandro Nuñez.

## REFERENCIAS

- Vick, V.D., Clark, R.N. (1996) "Performance of Wind Electric and Solar-PV Water Pumping systems for watering Livestock", Transactions of the ASME, vol 118, pp.212-216, Nov. 1996.
- Vick, B.D., Neal B. A. (2012) "Analysis of off-grid hybrid wind turbine/solar PV water pumping systems" USDA, Agricultural Research Service, Bushland, TX 79012, EE.UU, revista Solar Energy 86 (2012) 1197–1207
- NREL, PVWatts software (2012) <http://www.nrel.gov/rredc/pvwatts/>
- Bergey, M. (1998) "Wind Electric Pumping Systems for Communities", First International Symposium of Safe Drinking Water in Small Systems, Washington DC, Mayo 1998.
- Schmidt, R., Torres, A., Escobar, A. (1999) "Bombeo Fotovoltaico para Aplicaciones de Riego Tecnificado en Zonas Desérticas", Simposio Internacional de Energías Renovables, Agua e Infraestructura Afín, Universidad de Tarapacá y Universität Oldenburg, Arica, Chile, Nov. 1999.
- Oliva, R., Gonzalez, L. (1999) "Development and Applications of a Data Acquisition System for Low Power Wind and PV Generators", Simposio Internacional de Energías Renovables, Agua e Infraestructura Afín, Universidad de Tarapacá y Universität Oldenburg, Arica, Chile, Nov. 1999.
- Oliva, R., Luna Pont, C.A. (2000), "Development and first results of a data acquisition system for low power wind-diesel generators in South Patagonia" Wind Power for the 21st Century-EWEA Special Topic Conference and Exhibition, Kassel, Alemania, Set. 2000
- Gipe, Paul, (1994) "Wind Power for Home and Business" Chelsea Green Publishing, ISBN 0-930031-64-4, Vermont, EE.UU., 1994.
- Wyatt, Alan (1998) "Wind Electric Pumping Systems: Sizing and Cost Estimation" Publ. por American Wind Energy Association, EE.UU. 1998.
- Clark, R. N. (1994) Performance of small wind-electric systems for water pumping. Proc. Windpower '94. Am. Wind Energy Assoc. pp. 627-634, 1994.
- Muljadi E., Flowers L., Green J., Bergey M., (1995) "Electric Design of Wind-electric Water Pumping systems" Proc. of 14th ASME ETCE Wind Energy Symposium, W.D. Musial (ed), Houston Tx. pp. 35-43 -Jan. 1995
- E. Oyarzun y R. Silva (2006), Aplicaciones de las energías renovables en la región de Magallanes, Tesis Ingeniería Civil Eléctrica, Universidad de Magallanes.
- J. Fiorentine y H. Vidal (2012), Informe de dimensionamiento de un sistema de bombeo Eólico/Fotovoltaico, Centro de Estudio de los Recursos Energéticos, CERE, Universidad de Magallanes.

## ABSTRACT

This work presents the advances of a research project to evaluate the performance of two renewable energy water-pumping systems, one of them based on photovoltaic operating in direct drive mode, the other one based on wind power, operating as battery charger with the pump driven from a 24V battery bank. Both systems are to be evaluated simultaneously in an extreme weather location in Porvenir, Tierra del Fuego in South Chile, and operation data will be recorded for both systems using a high quality data logger. Data is expected to provide a technical and economic evaluation to promote replacement of traditional combustion engine water pumping with cleaner alternatives.

**Keywords:** wind energy, water pumping, solar photovoltaic, measurements.