

## **Montaje, medición y seguimiento del funcionamiento de Paneles Fotovoltaicos en combinación a un sistema de generación eólico de baja potencia instalados en un invernadero**

*Ing. Rafael B. Oliva, <rafael.beltran.oliva@gmail.com>  
Ing. José F. González, <jfgp58@yahoo.com.ar>  
Gustavo Fernando Cárdenas, <gustavo.fernandoc@gmail.com>  
Universidad Nacional de la Patagonia Austral  
Unidad Académica San Julián  
Puerto San Julián, 29 febrero de 2016*

**Resumen:** Este Proyecto consiste en el monitoreo de un sistema de energía eólica de baja potencia combinado con paneles fotovoltaicos que se encuentran acoplados a un invernáculo con el fin de suministrar energía eléctrica para las funciones de iluminación y control del mismo.

La intención es mejorar la experiencia del Grupo de Energías Alternativas de la Universidad en registro, procesamiento y elaboración de informes sobre producción de equipos de ésta índole en la región, como así también en la medición de recursos de energía renovable y preparación de redes de instrumental para implementar organizadamente las mediciones y procesamiento de los resultados.

**Palabras Claves:** Energías alternativas; Sistemas híbridos; Sistemas fotovoltaicos; Paneles fotovoltaicos; mediciones; Patagonia Sur.

## **Mounting and performance measurements of a PV array addition to an existing small wind-power installation for greenhouse electric supply in Patagonia**

*Mg. Ing. Rafael B. Oliva, <rafael.beltran.oliva@gmail.com>  
Ing. José F. González, <jfjp58@yahoo.com.ar>  
Gustavo Fernando Cárdenas, <gustavo.fernandoc@gmail.com>  
Universidad Nacional de la Patagonia Austral  
Unidad Académica San Julián  
Puerto San Julián, 29 febrero de 2016*

**Abstract:** A small wind-power system intended for electric supply of a research greenhouse at the local University facilities in San Julian region incorporates a photovoltaic (PV) array and regulator, which is described in this report together with its data-acquisition system. The main application is control and lighting. The Alternative Energy Group at the University seeks through this project to acquire knowledge and practical experience in the combination of renewable energy sources for optimal electrical supply of isolated systems, their associated measurements and processing of resulting data.

**Keywords:** Renewable Energy; Photovoltaic systems; small wind-power; hybrid isolated systems; measurement and data acquisition; South Patagonia.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente se cuenta con el sistema eólico de 1 kW y 24 V adquirido por la Unidad Académica San Julián y el shelter para tableros, equipos de control, adquisición de datos y transmisión funcionando con el sistema eólico en el predio de la Chacra de la Universidad.

Se propone por medio de este proyecto diseñar y posterior realización del montaje de los paneles fotovoltaicos al banco de acumuladores, para reforzar a la generación eólica.

La presente propuesta vincula la temática del sistema de generación eólica en combinación con un sistema de generación con otras tecnologías como paneles fotovoltaicos, evaluando así las cuestiones técnicas y económicas en lo relativo a su aplicabilidad como alternativa limpia de producción de energía eléctrica.

Se pretende utilizar para ello la infraestructura existente, tomando como base el equipo aerogenerador de baja potencia en el predio en las afueras de Puerto San Julián y extender la evaluación de desempeño de estos equipos a través de un sistema de adquisición de datos.

## 1. MARCOS DE REFERENCIAS

### 1.1 Marco histórico

En la actualidad hay una significativa y creciente difusión de sistemas de energía renovable para zonas aisladas, tanto en países desarrollados cubriendo los aspectos técnicos de los sistemas [Engler 2001], [Devine/Baring-Gould, 2003] como a nivel local en lo relativo a los ensayos sobre equipos de fabricación nacional [Martin y otros, 2012]. Existen antecedentes de experiencias llevadas a cabo en varias provincias como Neuquén y Chubut [Mattio, 1999], [EPEN, 1999], en algunos casos con combinación de sistemas eólicos y fotovoltaicos, y también en sistemas de medición implementados en Santa Cruz y sur de Chile (Oliva y Albornoz, 2003). Se cuenta con una importante experiencia del Grupo de Energías Alternativas de la Universidad en registro, procesamiento y elaboración de informes sobre producción de equipos de ésta índole en la región, como así también en la medición de recursos de energía renovable y preparación de redes de instrumental para implementar organizadamente las mediciones y procesar los resultados.

### 1.2 Marco conceptual

Energías alternativas | Sistemas híbridos | Sistemas fotovoltaicos | Paneles fotovoltaicos | mediciones | Patagonia Sur

### 1.3 Marco teórico

El funcionamiento individual de un tipo de generación renovable y no convencional, depende de factores de estacionalidad y disponibilidad del recurso. En los casos en que se pudiere requerir de un suministro energético constante, se debe recurrir a sistemas mixtos, en donde puedan combinarse dos o más tipos de generadores.

## 2. HIPÓTESIS DE TRABAJO: DESCRIPCIÓN, RECURSO Y ANÁLISIS PARCIALES

Se realizará el diseño de la instalación de los paneles fotovoltaicos vinculándolo al sistema eólico de baja potencia, para luego realizar el montaje del mismo y su ensamblado al tablero de medición y transferencia, y por último se realizaran las mediciones de los parámetros respectivos sobre su funcionamiento.

Para la presente propuesta se utilizará un Generador Eólico de 1 kW y 24 V adquirido por la Unidad Académica San Julián, con su conjunto baterías / inversor a 220VCA / regulador. El

equipo en cuestión cuenta con un sistema de adquisición de datos con almacenamiento en formato de tarjetas Flash / SD para registrar los datos de producción y documentar el funcionamiento midiendo parámetro como la tensión de batería, corriente de carga del aerogenerador, RPM del rotor, tensión y corriente alterna de salida del inversor, etc. Se realizan actividades de monitoreo y descarga de datos de los equipos, así como su supervisión general para reducir las necesidades de mantenimiento.

Instalación actual del sistema eólico:



Fig.1: Foto de sala de instrumentos de control y medición

Ubicación geográfica del proyecto:

El lugar de locación tiene las siguientes coordenadas establecidas:

Longitud: -67.7768'

Latitud: -49°29'

Altitud: 62 msnm

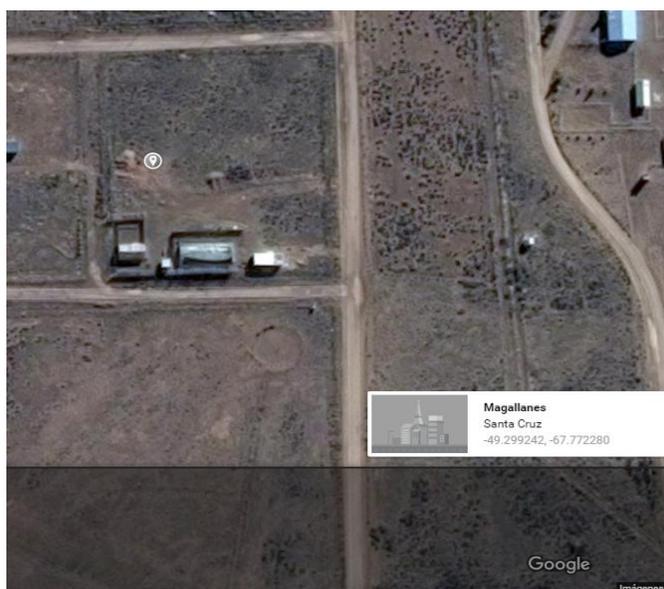


Fig.2: Foto satelital de emplazamiento zona chacra, San Julián.

## 2.1 Descripción del proyecto y el recurso

Inicialmente se desarrolla un estudio simulado, del comportamiento teórico que tendría un sistema solar fotovoltaico a lo largo de un período de tiempo previsto para las máximas demandas del año.

Las instalaciones solares fotovoltaicas, tienen como objetivo la producción de electricidad de forma directa, sin necesidad de emplear ningún ciclo de potencia.

Las principales ventajas de estas instalaciones son:

- Es renovable, ya que la edad del Sol se estima en 5.000 millones de años, con unas pérdidas de su masa de 4,5 t/s, por lo que se estima una duración de al menos 6.000 millones de años para reducir su masa el 10%.
- Es sostenible, porque es una fuente energética que no contribuye al calentamiento terrestre al recibirse diariamente y es abundante, en el sentido de que la energía diaria incidente es del orden de 10.000 veces el consumo energético de la humanidad.
- Es dispersa, es decir, se encuentra en mayor o menor cantidad en todos los lugares de la Tierra, incluso es más abundante en los lugares más desfavorecidos.
- Como desventaja principal, se destaca que el recurso no está presente las 24 horas del día, por lo que deben ser complementadas con otras fuentes energéticas (eólica, biomasa, gas, etc.) si se quiere asegurar una producción determinada.

## 2.2 Datos del recurso solar

En el caso de la energía solar, la información disponible para el lugar de aprovechamiento debe ser lo más fiable posible, debido a que un W/m<sup>2</sup> de diferencia influye directamente en la eficiencia de la instalación.

El conocimiento de la radiación solar que se produce en el lugar donde se va a realizar la instalación es determinante, tanto para conocer la energía disponible, como para analizar el comportamiento de los componentes del sistema.

Para ello se utilizarán los datos registrados en aeropuerto Puerto San Julián el cual se encuentra a 3 km aproximadamente de la chacra.



Fig. 3: Foto satelital de distancias desde zona de proyecto a ubicación de datos meteorológicos

País - Región	Argentina		Ver mapa	NASA	
Provin./Estado	n/d				
Ubicación de datos meteorológicos	San Julian Airport				
Latitud	°N	-49,3			
Longitud	°E	-67,8			
Elevación	m	62	Fuente	Suelo	
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	-3,1	Fuente	Suelo	
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C	25,5	Fuente	Suelo	
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	10,2	Fuente	NASA	

Mes	Temperatura del aire	Humedad relativa	Radiación solar diaria horizontal	Presión atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura del suelo	Días-grado de calentamiento 18 °C	Días-grado de enfriamiento 10 °C
	°C	%	kWh/m <sup>2</sup> /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Enero	15,9	52,5	6,25	99,5	8,7	16,5	65	183
Febrero	15,2	58,8	5,39	99,8	8,2	15,9	78	146
Marzo	13,0	59,8	3,90	99,8	7,5	13,2	155	93
Abril	10,2	63,2	2,38	99,7	7,4	9,5	234	6
Mayo	6,4	69,8	1,38	99,9	7,1	6,5	360	0
Junio	3,2	76,5	0,97	99,8	7,0	4,4	444	0
Julio	3,1	73,4	1,13	99,9	7,7	3,9	462	0
Agosto	5,1	69,2	2,00	100,0	7,6	4,6	400	0
Setiembre	7,3	64,8	3,29	100,1	7,9	6,5	321	0
Octubre	10,2	59,1	4,87	99,8	8,4	9,7	242	6
Noviembre	12,8	53,9	5,95	99,6	8,6	12,7	156	84
Diciembre	14,7	53,8	6,40	99,5	8,7	14,7	102	146
<b>Anual</b>	<b>9,7</b>	<b>62,9</b>	<b>3,65</b>	<b>99,8</b>	<b>7,9</b>	<b>9,8</b>	<b>3.019</b>	<b>663</b>
Fuente	Suelo	Suelo	NASA	NASA	Suelo	NASA	Suelo	Suelo
Medido a			m	10	0			

Tabla 1: Datos meteorológicos obtenidos de software de gestión de energías limpias RETScreen Para el diseño de instalaciones fotovoltaicas, y con el fin de poder evaluar la energía que puede producir la instalación en cada mes de año, se define el concepto de horas picos solares (HPS) del lugar en cuestión, y que representa las horas de sol disponible a una hipotética irradiación solar constante de 1000 W/m.

Recurso solar:

IRRADACION MEDIA DIARIA			HORAS PICO SOLARES	
	Ht [MJ/m <sup>2</sup> ]	Ht [KWh/m <sup>2</sup> ]		HPS [h]
ENERO	22,50	6,25	ENERO	6,25
FEBRERO	19,40	5,39	FEBRERO	5,39
MARZO	14,04	3,90	MARZO	3,90
ABRIL	8,57	2,38	ABRIL	2,38
MAYO	4,97	1,38	MAYO	1,38
JUNIO	3,49	0,97	JUNIO	0,97
JULIO	4,07	1,13	JULIO	1,13
AGOSTO	7,20	2,00	AGOSTO	2,00
SEPTIEMBRE	11,84	3,29	SEPTIEMBRE	3,29
OCTUBRE	17,53	4,87	OCTUBRE	4,87
NOVIEMBRE	21,42	5,95	NOVIEMBRE	5,95
DICIEMBRE	23,04	6,40	DICIEMBRE	6,40

Tabla 2: Tabla de evaluación de recurso

### 2.3 Descripción del sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que concurren en captar la energía solar disponible y transformarla en utilizable como energía eléctrica.

Estos sistemas independientemente de su utilización y del tamaño de potencia, se pueden clasificar como:

1. Sistemas aislados.
2. Sistemas conectados a red.
3. Sistemas híbridos.

Diseño inicial y elementos constituyentes del sistema:



- Módulos fotovoltaicos
- Regulador de carga
- Sistema de acumulación
- Inversor
- Consumos
- Sistema de monitorización
- Cableado, elementos de protección del sistema

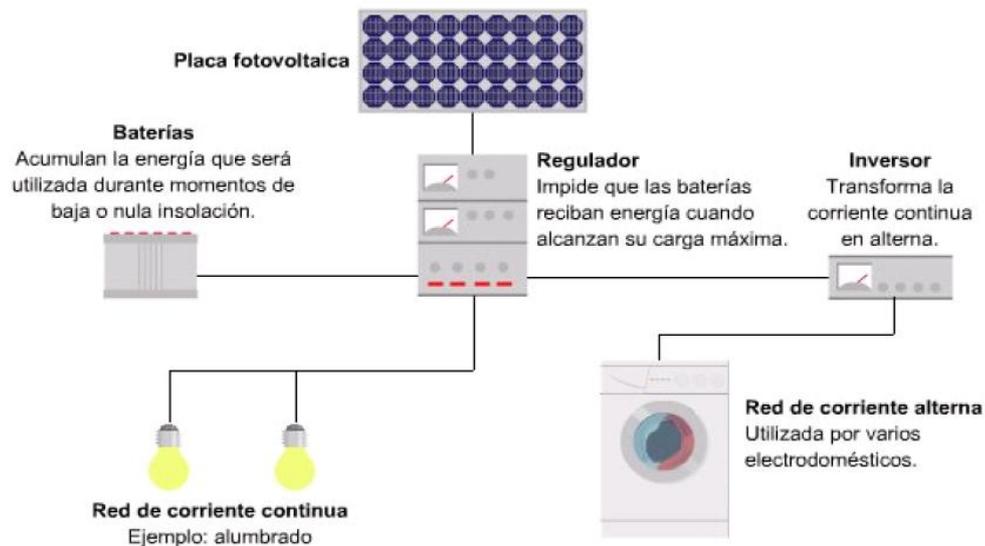


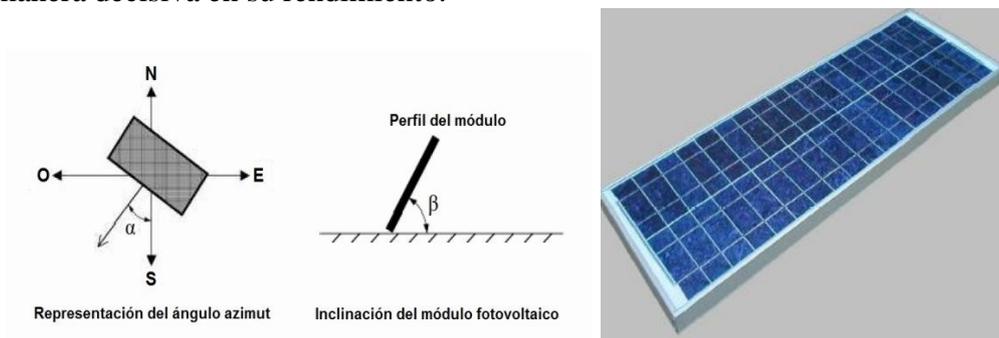
Fig. 4: Descripción básica de componentes de sistema fotovoltaico

Nuestro diseño entra dentro de la tercera categoría conocida como híbrida dado que el generador FV se acopla al generador de Eólica existente.

Estas combinaciones se usan para aprovechar algún recurso energético localizado cerca de la instalación o para tener mayor fiabilidad en el suministro de energía.

#### • MÓDULOS FOTOVOLTAICOS (FV)

La disposición de los módulos fotovoltaicos, definido por su orientación e inclinación, repercute de manera decisiva en su rendimiento.



Lo ideal es emplear módulos con seguidor que permiten en todo momento orientar los paneles FV hacia el sol lo que garantiza el máximo uso de la radiación solar.

### Datos Técnicos

Modelo	KS25T	KS50T	KS75T	KS100T
Potencia Nominal (+/- 10%)	25 W	50 W	75 W	100 W
Tensión en trabajo	18,3 V	18,3 V	18,3 V	18,3 V
Corriente en trabajo	1,36 A	2,73 A	4,1 A	5,46 A
Tensión en circuito abierto	22,1 V	22,1 V	22,1 V	22,1 V
Corriente en corto circuito	1,46 A	2,93 A	4,40 A	5,86 A
Largo en mm	520	1028	1478	1028
Ancho en mm	352	343	343	668
Alto en mm	22	36	36	36
Peso	2,21 kg	4,5 kg	6,5 kg	8 kg

**Nota:** Los datos técnicos fueron elaborados bajo las siguientes condiciones: Incidencia solar de 100 mW/cm<sup>2</sup>, Densidad de la atmósfera de 1,5 y Temperatura de celdas de 25 ° C.  
 SOLARTEC S.A. se reserva el derecho de efectuar modificaciones técnicas sin previo aviso.

Tabla 3: Tabla de datos Solartec KS100T

No obstante se consultó a diferentes empresas encontrando a Solartec como única capaz de proveer de módulos solares fijos, muchos más económicos y simples de instalar, para lo cual habrá que definir su orientación e inclinación para que resulten lo más eficiente posible. También existe la posibilidad de solicitar a las metalurgias en localidad, la disponibilidad y el costo de soportes diseñados para tal fin.

#### 1. Zona de emplazamiento

Los módulos que constituyen el generador FV se emplazarán a aproximadamente 50 m del cuarto de monitoreo, siendo esta una zona libre de sombras y accesible para mantenimiento. Se deberán realizar los pilotes para fijación de los soportes



Fig. 5: Foto actual de zona de emplazamiento de paneles fotovoltaicos

Sistema eléctrico de potencia del caso propuesto		
Sistema eléctrico de potencia de carga base		
Tecnología	Fotovoltaico	
Tipo de análisis	<input type="radio"/> Método 1 <input checked="" type="radio"/> Método 2	
Evaluación de recursos		
Modo de rastreo solar	Fijado	
Inclinación	-60,0	
Azimut	0,0	
<input checked="" type="checkbox"/> Mostrar datos		
Mes	Radiación solar diaria - horizontal kWh/m <sup>2</sup> /d	Radiación solar diaria - inclinado kWh/m <sup>2</sup> /d
Enero	6,25	5,14
Febrero	5,39	5,15
Marzo	3,90	4,62
Abril	2,38	3,83
Mayo	1,38	2,95
Junio	0,97	2,53
Julio	1,13	2,66
Agosto	2,00	3,73
Setiembre	3,29	4,34
Octubre	4,67	4,98
Noviembre	5,95	5,07
Diciembre	6,40	5,07
Anual	3,65	4,17
Radiación solar anual - horizontal	MWh/m <sup>2</sup>	1,33
Radiación solar anual - inclinado	MWh/m <sup>2</sup>	1,52

Tabla 4a: Computo ángulo óptimo con software abierto RETSCREEN

En búsqueda de optimizar el ángulo de inclinación se realizó una simulación por medio del software RETSCREEN el cual arroja como mejor ángulo fijo de inclinación a 60° en beneficio de una mayor captación durante el invierno. En la mayoría de los casos este ángulo coincide con la latitud del lugar de la instalación siendo normal tomar un ángulo mayor o menor, aproximadamente 15°, en beneficio de una mayor captación por lo que se analizara variar por ajustes estacionales para conseguir algunas mejoras.

En resumen, la disposición final de los módulos será la que se indica en la siguiente tabla:

Orientación Norte (Azimut, $\alpha$ ): 0°	Inclinación ( $\beta$ ): 60°
---	------------------------------

Tabla 4b: Orientación en inclinación de los módulos solares.

- REGULADOR DE CARGA (RC)

Un regulador de carga, cuyo emplazamiento se indica con la letra b en la figura adjunta, es el equipo encargado de controlar y regular el paso de corriente eléctrica desde los módulos fotovoltaicos hacia las baterías.

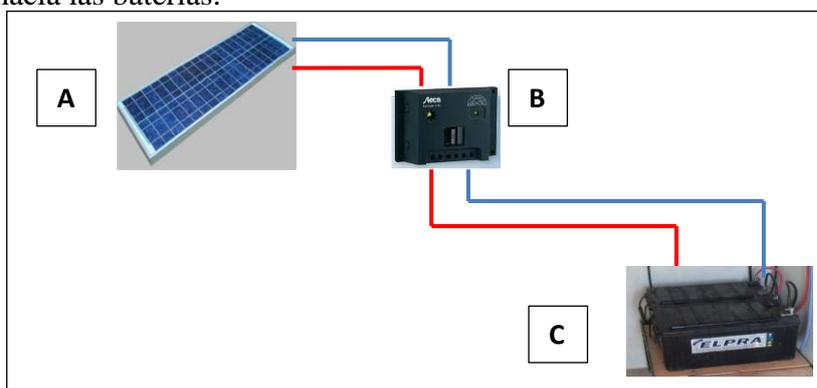


Ilustración 1: esquemático de ubicación de RC respecto a FV y BA

De este modo, un regulador de carga se encarga de controlar la forma de realizar la carga de las baterías cuando los paneles solares están recibiendo radiación solar evitando que se produzcan cargas excesivas. Y a la inversa, durante el proceso de descarga destinado al consumo de electricidad, el regulador evita igualmente que se produzca descargas excesivas que puedan dañar la vida de las baterías.

En lo referido al regulador se tuvo en cuenta los amperios horas de los paneles en este caso un string de 2 paneles en serie de 100 W/ 24 V tiene 4,16 A. Si la instalación es a 24 V necesitamos un regulador (4,16A x 2 string de paneles) uno de 8,33 A.

Por lo que inicialmente se consultó por un regulador Steca de 10x10 el cual estaría muy en el límite con 10 A, ya que los paneles van a trabajar en días de verano muy cerca o pasando los 100 W. Por ello se ha recomendado la compra de uno de 20 A.



Fig. 6: Foto de regulador de carga analizado Steca

### Datos Técnicos (Solsum ...)

	5.0	8.0	6.6	8.8	10.10
Tensión nominal	12 V - 24 V				
Amperaje máx. Módulo Fotovoltaico	5 A	8 A	6 A	8 A	10 A
Amperaje máximo de consumo	5 A	8 A	6 A	8 A	10 A
Consumo propio	4 mA				
Rango de temperatura	- 25 +50°C				
Tensión final de carga (float)	13,7 V 27,4 V				
Tensión de carga reforzada	14,4 V / (28,8 V) 2:00 h				
Carga compensación	-				
Tensión de reconexión (LVR)	No posee		12,6 V (25,2 V)		
Protección contra descarga profunda	No posee		11,1 V (22,2 V)		
Dimensiones en mm	130 x 88 x 39				
Peso aproximado	165 g				
Pin de conexión	2,5 mm <sup>2</sup> / 4 mm <sup>2</sup>				

Tabla 5: Tabla de datos técnicos reguladores Solsum Steca

#### • SISTEMA DE ACUMULACIÓN (BA)

La acumulación es necesaria, porque el sistema foto-voltaico depende de la insolación captada durante el día, y a menudo la demanda de energía por parte del usuario se concentra en las horas de la tarde y nocturnas.

Es necesario dimensionar la instalación de manera que durante el periodo de insolación permita la carga de la batería y a su vez sea capaz de alimentar las cargas conectadas al sistema. Dentro del sistema ya se posee un string de baterías de 220 Ah con un conexionado para trabajar a 24 V



Fig. 7: Foto de banco de acumuladores EL PRA

#### • INVERSOR

El inversor va conectado a las baterías y es un dispositivo de potencia encargado de la transformación de la energía continua producida por los módulos solares en energía alterna para consumo, éste debe poseer ciertas características técnicas que eviten inconvenientes de funcionamiento e incompatibilidad con el sistema, debe estar dimensionado y ser capaz de

alimentar directamente los consumos que pretendan conectarse al sistema. Para nuestro estudio el mismo ya se encuentra dimensionado e instalado.



Fig. 8: Foto Inversor Qmax

Especificaciones Eléctricas	Modelos Inversores/Cargadores Serie SP 12V / 24V							
	QM-3324SP-C	QM-2024SP-C	QM-1724SP-C	QM-1024SP-C	QM-2512SP-C	QM-2012SP-C	QM-1512SP-C	QM-1012SP-C
Tensión de Entrada AC Nominal	220 Vac							
Rango de Tensión de Entrada AC	180 – 250 Vac							
Corriente de Entrada AC	40A Max. (20A Max. Cargador + 20A Max. Paso)				30A Max. (15A Max. Cargador + 15A Max. Paso)			
Rango de Frecuencia de Entrada	35 – 65 Hz							
Potencia de Salida Nominal @25°C	3300VA	2000VA	1700VA	1000VA	2500VA	2000 VA	1500 VA	1000 VA
Corriente de Salida AC Nominal @25°C	15 A	9,1 A	7,8 A	4,6 A	11,4 A	9,1 A	6,8 A	4,6 A
Eficiencia Pico en Modo Inversor	95%	92%	95%	92%	95%	92%	95%	95%
Tensión de Salida AC RMS	220 Vac							
Regulación de Tensión de Salida AC	+/- 3%							
Coseno φ soportado	0,1 - 1							
Forma de Onda	Senoidal Pura							
Frecuencia de Salida Nominal Inversor	50 Hz +/- 0,01%							
Consumo en modo Inversor sin carga	< 10W							
Consumo en modo de búsqueda	< 2W							
Tensión de Entrada DC Nominal	24 Vdc				12 Vdc			
Rango de Tensión de Entrada DC	18 - 30 Vdc				9 - 15 Vdc			
Autoprotección por Batería Baja (ajustable)	19 - 22 Vdc				9,5 - 11 Vdc			
Corriente de Entrada DC Nominal @25°C	162 A	98 A	83 A	49 A	245 A	196 A	147 A	98 A
Nivel de carga mínima en Modo Búsqueda	0 – 100 Watts							
Refrigeración por Aire Forzado	Turbina de velocidad variable							
Cargador de Tres Estados	Corriente Constante - Tensión Constante - Tensión Flotante							
Tiempo de transferencia	< 20ms							
Régimen de Carga (ajustable)	4 - 80 A	3,5 - 70 A	2 - 40 A	2 - 35 A	4 - 80 A	3,5 - 70 A	2 - 40 A	2 - 35 A
Control Remoto	Incluido con el Equipo							
Régimen de Temperatura Nominal	0°C - 25°C							
Funcionamiento	0°C - 50°C							
Montaje	Sobre Pared							

Tabla 6: Tabla especificaciones eléctricas de inversores Qmax

● SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

Muestra los datos más relevantes de su funcionamiento en un display digital (+ info-led). Se deberá consultar con empresas especializadas los sistemas de monitoreo disponibles para la monitorización del funcionamiento de la instalación solar fotovoltaica.

De esta forma, se podrá adquirir los datos necesarios: Sobre los Wh producidos, Tensión de red, Potencia generada, Corriente introducida a la red, Tensión del generador, Corriente en DC, Generación de datos históricos.

● CONSUMOS

Planillas de cálculos:

Se evalúa el sistema para satisfacer un consumo energético básico del predio

	ARTEFACTO	POTENCIA [W]	CANTIDAD	PM POTENCIA TOTAL [W]	TU HORAS DE USO [h]	CE CONSUMO ENERGETICO [Wh]
<b>CONSUMO ENERGETICO DIARIO</b> CE = PM x TU						
	Total	25	3	75	6	450
PM = Potencia media						
TU = Tiempo de uso						

<b>EFICIENCIA DEL SISTEMA</b>		ER	0,95			
<b>ES= ER x EB x EC</b>		EB	0,80			
		EC	0,92			
ER = Eficiencia del Regulador		<b>ES</b>	<b>0,70</b>			
EB = Eficiencia de las Baterías						
EC = Eficiencia del Convertidor						
<u>Nota:</u> Si no se utiliza alguno de los componentes, su eficiencia debe considerarse unitaria (E=1) para el cálculo de la ES.						
<b>ENERGÍA DIARIA ÚTIL GENERADA POR CADA PANEL</b>						
<b>EG = PPP x HSP x ES</b>			<b>PPP</b>	<b>HPS</b>	<b>ES</b>	<b>EG</b>
		ENERO	100	6,25	0,68	425,00
		FEBRERO	100	5,39	0,68	366,52
PPP = Potencia Pico del Panel		MARZO	100	3,90	0,68	265,20
HSP = Horas Pico Solares		ABRIL	100	2,38	0,68	161,84
ES = Eficiencia del Sistema		MAYO	100	1,38	0,68	93,84
		JUNIO	100	0,97	0,68	65,96
		JULIO	100	1,13	0,68	76,84
		AGOSTO	100	2,00	0,68	136,00
		SEPTIEMBRE	100	3,29	0,68	223,72
		OCTUBRE	100	4,87	0,68	331,16
		NOVIEMBRE	100	5,95	0,68	404,60
		DICIEMBRE	100	6,40	0,68	435,20
<b>ENERGÍA TOTAL GENERADA</b>						
<b>ETG = N x PPP x HSP x ES</b>			<b>CE</b>	<b>EG</b>	<b>FS</b>	<b>NP</b>
		ENERO	450	425,00	1,15	1,22
		FEBRERO	450	366,52	1,15	1,41
		MARZO	450	265,20	1,15	1,95
<b>NP = <math>\frac{CE \times FS}{PPP \times HSP \times ES}</math></b>		ABRIL	450	161,84	1,15	3,20
NP = Número de paneles necesarios		MAYO	450	93,84	1,15	5,51
FS = Factor de seguridad		JUNIO	450	65,96	1,15	7,85
		JULIO	450	76,84	1,15	6,73
		AGOSTO	450	136,00	1,15	3,81
<u>Nota:</u> Para este cálculo se considera que los paneles se encuentran montados horizontalmente. Esto puede mejorarse inclinando apropiadamente los mismos.		SEPTIEMBRE	450	223,72	1,15	2,31
		OCTUBRE	450	331,16	1,15	1,56
		NOVIEMBRE	450	404,60	1,15	1,28
		DICIEMBRE	450	435,20	1,15	1,19

Se ha considerado que los paneles se posicionan con un ángulo fijo respecto a la horizontal igual al óptimo que será aquel que permita maximizar la energía anual colectada: desde Octubre a Abril donde se genera el mayor consumo del año.

Los paneles fotovoltaicos evaluados presentan un soporte fijo el cual permite 3 puntos de inclinación, por lo que es necesario evaluar si existe mejora llevando a uno de estos puntos en 30°, 45° o 60°:

DATOS	
Panel	
PPP = Potencia Pico del Panel [W]	100
Batería	
CAP = Capacidad [Ah]	220
VOLT = Tensión de la Batería [V]	24
ND = Nivel de Descarga	80%
T = Numero de días sin generación	3
Eficiencia del sistema	0,6992
ER = Eficiencia del Regulador	0,95
EB = Eficiencia de las Baterías	0,80
EC = Eficiencia del Convertidor	0,92
FS = Factor de seguridad	1,15

Los datos se cargan en las celdas pintadas

MES	Nº DIAS	H (MJ/m <sup>2</sup> )	K 60°	H CORREGIDO = k . H (MJ /m <sup>2</sup> ) a 60°	HPS (H/3,6)	HPS (H/3,6) a 60°	CE= PM* <sup>2</sup> TU	ES	NP=CE*FS / (PPP*HPS*ES) a 60°	NB
ENERO	31	22,50	0,87	19,58	6,25	5,44	450	0,68	1,36	0,35
FEBRERO	28	19,40	1,02	19,79	5,39	5,50	450	0,68	1,35	0,35
MARZO	31	14,04	1,26	17,69	3,90	4,91	450	0,68	1,51	0,35
ABRIL	30	8,57	1,55	13,28	2,38	3,69	450	0,68	2,01	0,35
MAYO	31	4,97	1,75	8,69	1,38	2,42	450	0,68	3,06	0,35
JUNIO	30	3,49	1,71	5,97	0,97	1,66	450	0,68	4,46	0,35
JULIO	31	4,07	1,54	6,26	1,13	1,74	450	0,68	4,25	0,35
AGOSTO	31	7,20	1,38	9,94	2,00	2,76	450	0,68	2,68	0,35
SEPTIEMBRE	30	11,84	1,18	13,98	3,29	3,88	450	0,68	1,91	0,35
OCTUBRE	31	17,53	1,00	17,53	4,87	4,87	450	0,68	1,52	0,35
NOVIEMBRE	30	21,42	0,86	18,42	5,95	5,12	450	0,68	1,45	0,35
DICIEMBRE	31	23,04	0,82	18,89	6,40	5,25	450	0,68	1,41	0,35

MES	Nº DIAS	H (MJ/m <sup>2</sup> )	K 30°	H CORREGIDO = k . H (MJ /m <sup>2</sup> ) a 30°	HPS (H/3,6)	HPS (H/3,6) a 30°	CE= PM* <sup>2</sup> TU	ES	NP=CE*FS / (PPP*HPS*ES) a 30°	NB
ENERO	31	22,50	1,07	24,08	6,25	6,69	450	0,68	1,11	0,35
FEBRERO	28	19,40	1,15	22,31	5,39	6,20	450	0,68	1,19	0,35
MARZO	31	14,04	1,28	17,97	3,90	4,99	450	0,68	1,48	0,35
ABRIL	30	8,57	1,44	12,34	2,38	3,43	450	0,68	2,16	0,35
MAYO	31	4,97	1,55	7,70	1,38	2,14	450	0,68	3,46	0,35
JUNIO	30	3,49	1,52	5,31	0,97	1,47	450	0,68	5,02	0,35
JULIO	31	4,07	1,42	5,78	1,13	1,60	450	0,68	4,61	0,35
AGOSTO	31	7,20	1,33	9,58	2,00	2,66	450	0,68	2,78	0,35
SEPTIEMBRE	30	11,84	1,23	14,57	3,29	4,05	450	0,68	1,83	0,35
OCTUBRE	31	17,53	1,13	19,81	4,87	5,50	450	0,68	1,34	0,35
NOVIEMBRE	30	21,42	1,06	22,71	5,95	6,31	450	0,68	1,17	0,35
DICIEMBRE	31	23,04	1,04	23,96	6,40	6,66	450	0,68	1,11	0,35

MES	Nº DIAS	H (MJ/m <sup>2</sup> )	K 45°	H CORREGIDO = k . H (MJ /m <sup>2</sup> ) a 45°	HPS (H/3,6)	HPS (H/3,6) a 45°	CE= PM* <sup>2</sup> TU	ES	NP=CE*FS / (PPP*HPS*ES) a 45°	NB
ENERO	31	22,50	1,00	22,50	6,25	6,25	450	0,68	1,18	0,35
FEBRERO	28	19,40	1,12	21,73	5,39	6,04	450	0,68	1,23	0,35
MARZO	31	14,04	1,31	18,39	3,90	5,11	450	0,68	1,45	0,35
ABRIL	30	8,57	1,54	13,19	2,38	3,67	450	0,68	2,02	0,35
MAYO	31	4,97	1,70	8,45	1,38	2,35	450	0,68	3,15	0,35
JUNIO	30	3,49	1,66	5,80	0,97	1,61	450	0,68	4,60	0,35
JULIO	31	4,07	1,52	6,18	1,13	1,72	450	0,68	4,31	0,35
AGOSTO	31	7,20	1,39	10,01	2,00	2,78	450	0,68	2,66	0,35
SEPTIEMBRE	30	11,84	1,25	14,81	3,29	4,11	450	0,68	1,80	0,35
OCTUBRE	31	17,53	1,10	19,29	4,87	5,36	450	0,68	1,38	0,35
NOVIEMBRE	30	21,42	0,99	21,21	5,95	5,89	450	0,68	1,26	0,35
DICIEMBRE	31	23,04	0,96	22,12	6,40	6,14	450	0,68	1,20	0,35

• CABLEADO, ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DEL SISTEMA Y SOPORTES

- Soportes

Los módulos fotovoltaicos que integran un generador solar se montan sobre estructuras soporte; su diseño les permiten que el generador solar soporte las mas variadas condiciones meteorológicas: viento, lluvia, granizo y nieve. Estas estructuras son metálicas, y según los casos se fabrican en base a perfiles de hierro galvanizado o de aluminio anodizado.



Los módulos se vinculan a las estructuras por medio de bulones o remaches. SOLARTEC tiene normalizadas las estructuras para fijar al suelo.

La óptima orientación de los paneles solares incide directamente en su capacidad de producción. Las estructuras regulables STR de Techno Sun permiten buscar el mejor ajuste azimutal de inclinación gracias a sus patas regulables entre 30 y 60 grados (opcional 15/30 grados) y su situación en superficies planas irregulares.

- Protecciones

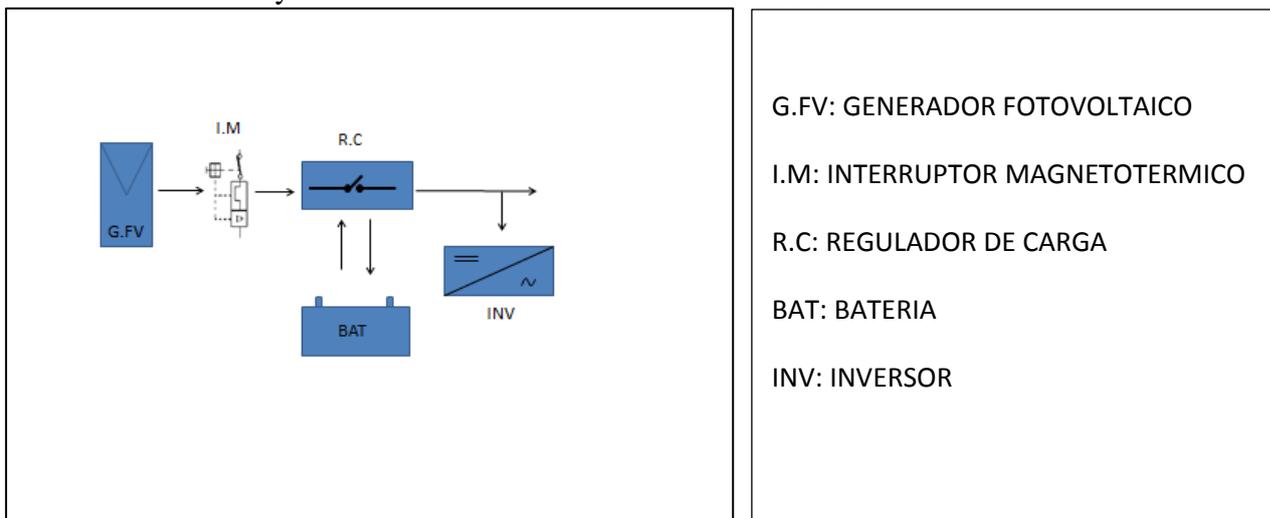
Se tratan de las protecciones necesarias para instalar en la parte continua, situadas antes del inversor, con objeto de poder detectar y eliminar cualquier incidente en la instalación, garantizando así la protección de los equipos conectados y de las personas.

Además de las protecciones integradas en el inversor, habrá que incluir los dispositivos de protección necesarios que realicen las siguientes labores de protecciones eléctricas:

Protección contra cortocircuitos y sobreintensidades en la línea entre el generador solar y el regulador

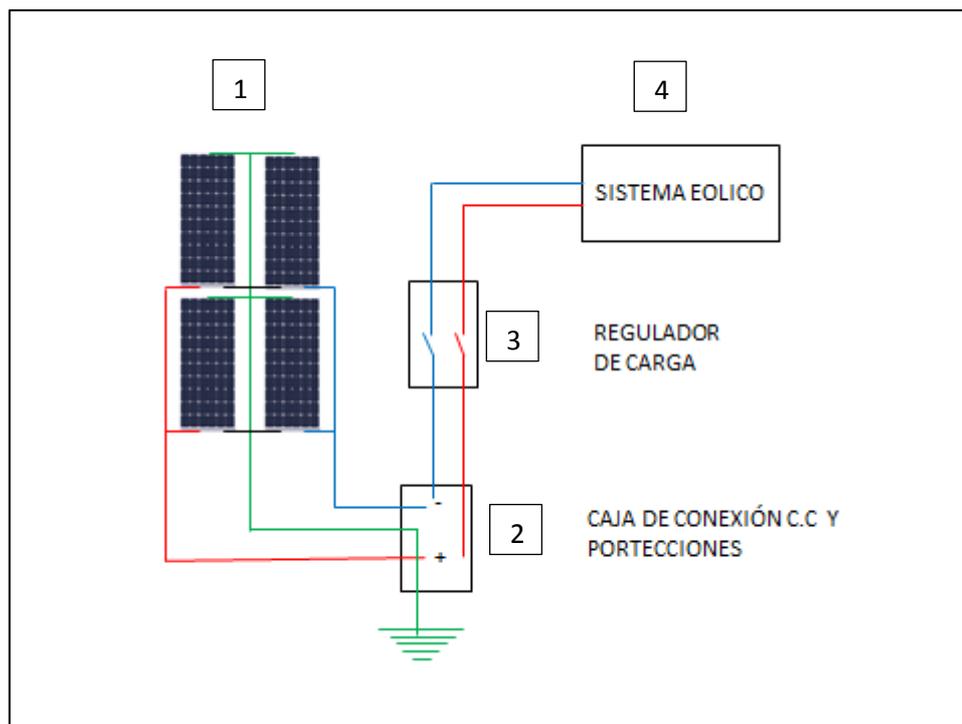
- ESQUEMATICO DE CONEXIÓN

El sistema diseñado y el cual se realiza esta evaluación se ilustra:



Esquemático 1: Esquema descriptivo de diseño evaluado

Los 2 string de paneles fotovoltaicos (1) se conectan en paralelo sobre el soporte exterior, en una caja de conexiones. El cable de bajada (2) más la protección (llave térmica) se conectan a un regulador fotovoltaico (3) Stecca Solsum (10/20 A máximo). Dicho regulador se conecta a través de otra llave térmica al banco de baterías ELPRA perteneciente al sistema eólico (dos unidades tubulares de 12 V/220 Ah, conectadas en serie para obtener 24 V) (4).



Esquemático 2: Esquema descriptivo de conexión eléctrica.

### 3. CONCLUSIONES PARCIALES DEL MODELAJE

Como se puede observar que durante el periodo en el cual se maximiza la recolección de irradiación, se estaría requiriendo para satisfacer esta demanda básica 2 string de 2 paneles fotovoltaicos de 100 Wp. En busca de seguir optimizando los paneles se evaluaron con varias inclinaciones, siendo la que arroja mejor resultado a 60° de inclinación reduciéndose a 30 paneles para satisfacer la demanda en falta de este recurso durante un periodo máximo de 3 días.

Debido a que el sistema se adecua a la instalación provista para el sistema eólico de baja potencia, va a convenir trabajar con paneles de 24 V para poder utilizar cables más chicos, y utilizar paneles de mayor potencia como de 145 Wp que se encuentran en el mercado.

Por otro lado, si se usa un banco de acumuladores previsto y la capacidad de carga de un aerogenerador o de los paneles permitirán, mantener la carga del banco, y no vamos a depender de un cargador externo para que no se degrade.

En el dimensionado del sistema, para evitar problemas en el funcionamiento de la instalación, debido a las posibles descargas que presentan las baterías, será estrictamente necesario que el grupo fotovoltaico de paneles solares o aerogenerador instalados a sistema suministre una corriente igual o superior al 10 %, del valor obtenido en el cálculo de las baterías de la instalación.

Probablemente va a ser conveniente dimensionar para menos días de almacenamiento.

### 3.1 Costos:

CANTIDAD	DESCRIPCION	Precio Unitario	Precio Total	IVA 21%	\$arg A PAGAR c/IVA incl.
4	PANELES FOTOVOLTAICOS KS 100	\$ 3.954,75	\$ 15.819,00	\$ 3.321,99	\$ 19.140,99
4	SOOPORTES DE MODULOS FIJOS	\$ 1.200,00	\$ 4.800,00	\$ 1.008,00	\$ 5.808,00
4	MONTAJES-CABLES-BASES	\$ 500,00	\$ 2.000,00	\$ 420,00	\$ 2.420,00
60	MTS biales CABLE BIPOLAR SUBT. 2X 6MM	\$ 54,80	\$ 3.288,00	\$ 690,48	\$ 3.978,48
1	REGULADOR DE CARGA MMPT 20a	\$ 2.205,00	\$ 2.205,00	\$ 463,05	\$ 2.668,05
1	ACC: BORNERAS TERMINALES; CONEC. PASA CABLE	\$ 2.800,00	\$ 2.800,00	\$ 588,00	\$ 3.388,00
1	FLETES, INSTALACION Y GASTOS ADMIN.	\$ 4.000,00	\$ 4.000,00	\$ 840,00	\$ 4.840,00
<b>TOTAL CON IMPUESTOS</b>					<b>\$ 42.243,52</b>

Es importante aclarar que los costos pueden estar desactualizados debido a que muchos son de importación, con lo que se debería tal vez agregarle un 50% más para nacionalización, fletes e impuestos. Además de no encontrarse respuestas en algunas de las empresas consultadas.

### RECOMENDACIONES

En el desarrollo de este proyecto se han tenido en cuenta las normativas y los aspectos técnicos necesarios para el dimensionado de una instalación híbrida y se deberá asegurar de que:

Se instalarán los elementos necesarios para la desconexión automática del sistema.

Se asegurara toda la estructura soporte y los marcos de los paneles fotovoltaicos conectando todo el sistema a la tierra común de la instalación. Se incluirá toda la longitud de cables necesaria para cada aplicación, con el fin de evitar esfuerzos sobre los elementos de la instalación.

Se preverá que el cableado utilizado en la instalación sea el indicado para instalaciones fotovoltaicas, posee doble aislamiento, es adecuado para su uso en intemperie, y estará enterrado bajo tierra, para evitar su manipulación por personas o elementos externos.

La entrada y la salida del cableado a los elementos de la instalación y en los diferentes puntos de conexión, será estanco y se sujetará para evitar el deterioro de los conductores.

Los elementos escogidos para el exterior, deberán tener un buen nivel de protección, para evitar que entren en contacto con agua o polvo y especialmente con la humedad del entorno.

Para aseguramos de que la línea conductora no sufre deterioros ni es manipulado por personal no idóneo, el cableado proveniente del grupo generador se conducirá por un tubo que irá enterrado a una profundidad de 0.50 m bajo tierra.

La línea estará protegida con interruptor de potencia y mando, para posibilitar la desconexión total del sistema aerogenerador en caso de avería o de ser necesario hacer mantenimiento.

Los inversores, las baterías y los reguladores de corriente, se ubicaron dentro de la sala, que disponga de una puerta de acceso y ventanas, para facilitar la circulación de aire.

Los conductores utilizados para la vinculación tienen las mismas características que el resto del sistema y en sus terminaciones están protegidos con interruptores magneto térmicos.

### AGRADECIMIENTOS

Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Unidad Académica San Julián.

Empresas consultadas: ENERTIK- INFOECOSOLAR- FIASA- LV energy.

## APÉNDICE

- En la tabla 2: se usa cálculos de conversión con los datos meteorológicos de RetScreen
- En tablas de consumos se utilizan planillas Excel realizadas durante cursada de cátedra de Energías alternativas.

## REFERENCIAS

- DEVINE, M., BARING-GOULD, I.y PETRIE, B;(2003);“*Analysis of Loads and Wind Energy Potential for Remote Power Stations in Alaska*”; University of Massachusetts Amherst+ National Renewable Energy Laboratory, Alaska Village Electric Cooperative.
- EMPRESA PROVINCIAL de ENERGÍA de NEUQUEN (EPEN); (1999); “*Microemprendimientos Energéticos Rurales, la Experiencia Neuquina*”; Workshop Internacional “Microemprendimientos energeticos aplicados a la poblacion rural aislada”; UNPA.
- ENGLER, A., HARDT, Ch. STRAUSS, Ph. and VANDENBERGH, M; (2001); “*Parallel Operation of Generators for Stand-Alone Single-Phase Hybrid Systems – First Implementation of a new control Technology*”; Proceedings of the 17th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition; Munich, Germany.
- GOOGLE EARTH;(2015); (versión estable 7.1.5.1557), s.f. ; Fotos de satélite de Puerto San Julián; <http://earth.google.com>
- MARTÍN, G., DUZDEVICH, J. y OLIVA, R.; (2012); “*Instalación y avances en plataforma de ensayo para pequeños aerogeneradores*”. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 16, 2012. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.
- MATTIO , H.y FRANCO,D;(1999); “*Microemprendimientos Energéticos Rurales, la Experiencia Chubutense*”; Workshop Internacional “Microemprendimientos energeticos aplicados a la población rural aislada”; UNPA.
- MINISTER of NATURAL RESOURCES CANADA; (2013); RETScreen Software Suite, RETScreen 4; <http://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465>.
- OLIVA, R.y ALBORNOZ, C; (2003); “*Operation and Two-year production data report of a wind-powered rural school in South Patagonia*”; Proceedings of 2nd World Wind Energy Congress, Cape Town, S.A.