

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA AUSTRAL  
UNIDAD ACADÉMICA RIO GALLEGOS



ENERGÍAS RENOVABLES

2015

INFORME FINAL

ENERGÍA EÓLICA Y SOLAR FOTOVOLTAICA

Profesores a cargo:  
LESCANO, JORGE  
OLIVA, RAFAEL



Alumna:  
PETIT, CAMILA



## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	2
ENERGÍAS RENOVABLES .....	2
OBJETIVO .....	2
MEMORIA DESCRIPTIVA .....	3
EMPRESA Y LOCALIZACIÓN .....	3
ACTIVIDADES Y CARACTERÍSTICAS.....	3
MEMORIA DE CÁLCULO .....	4
RECURSOS ENERGÉTICOS .....	4
VELOCIDAD DEL VIENTO PROMEDIO MENSUAL (m/s) .....	4
RADIACIÓN DIARIA PROMEDIO MENSUAL (kwh/m <sup>2</sup> /día).....	4
DIESEL OIL .....	4
CONSUMO ENERGÉTICO.....	5
PERFIL DIARIO DE DEMANDA ENERGÉTICA .....	5
TEMPORADA ALTA.....	5
TEMPORADA BAJA .....	6
EQUIPAMIENTO .....	6
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....	6
GRUPO ELECTRÓGENO .....	6
INVERSOR.....	8
PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO.....	9
BATERIA .....	11
AEROGENERADOR .....	12
CÁLCULOS .....	13
CÁLCULO: SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO .....	13
CÁLCULO: SISTEMA EÓLICO .....	14
SIMULACIÓN HOMER .....	15
OPTIMIZACIÓN DE RESULTADOS .....	16
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD .....	18
CONSIDERACIONES FINALES.....	23

## INTRODUCCIÓN

### ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables o energías del futuro son aquellas que producen electricidad a partir del sol, el viento y el agua. A diferencia de las energías primarias (petróleo, carbón y gas natural), no renovables, las energías alternativas son fuentes inagotables. Otra forma de referirse a las mismas es mediante el término “energía verde”, el cual describe la energía generada a partir de fuentes de energía primaria respetuosas con el medio ambiente. Las energías verdes son energías renovables que no contaminan, dado que el uso no emite subproductos que puedan incidir negativamente.

La energía eólica, por un lado, comprende la energía obtenida de la fuerza del viento, es decir, a partir de la energía cinética generada por las corrientes de aire. Se obtiene mediante unas turbinas eólicas que convierten tal energía cinética del viento en energía eléctrica por medio de hélices que hacen girar un eje central conectado, a través de una serie engranajes a un generador eléctrico.

Otro tipo de energía renovable es la energía solar. La radiación solar aporta a la Tierra una energía equivalente a varios miles de veces la cantidad de energía que consume el ser humano. Captando la radiación solar de manera adecuada, ésta puede transformarse en otras formas de energía como energía térmica o energía eléctrica utilizando paneles solares.

Además, mediante colectores solares la energía solar puede transformarse en energía térmica, y utilizando paneles fotovoltaicos la energía lumínica puede transformarse en energía eléctrica.

En el presente informe, haremos hincapié en estos dos tipos de energías renovables.

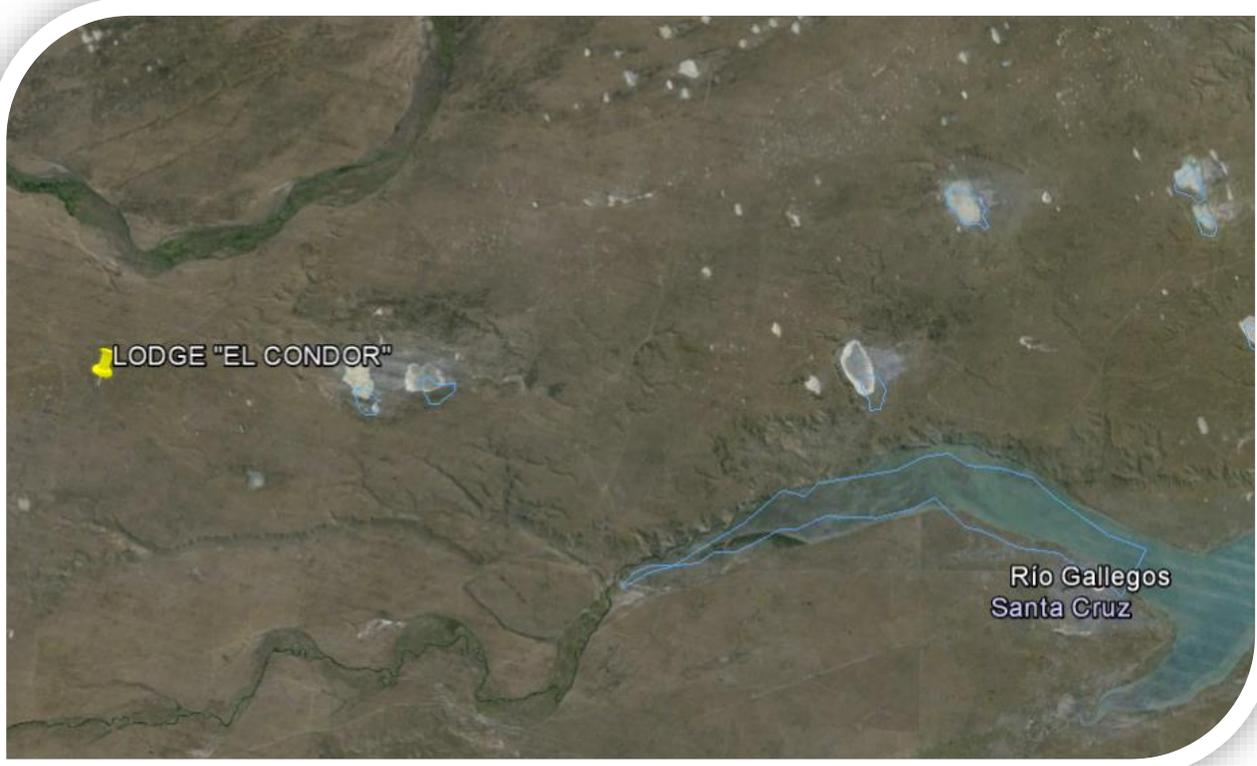
### OBJETIVO

El presente trabajo tiene como objetivo principal determinar el equipamiento necesario para abastecer, con energía solar fotovoltaica y eólica, el consumo energético de un emprendimiento localizado en cercanías de la ciudad de Río Gallegos durante todos los meses del año, optimizando los resultados con la simulación del software HOMER y efectuando un análisis de sensibilidad.

## MEMORIA DESCRIPTIVA

### EMPRENDIMIENTO Y LOCACIÓN

El emprendimiento se trata de un lodge de pesca llamado “El Cóndor”. El mismo se encuentra ubicado a los 51°32'09,75"S y 70°03'18,93"O, en cercanías de la localidad de Río Gallegos, a unos 60 kilómetros de la boca del río.



### ACTIVIDADES Y CARACTERÍSTICAS

El río Gallegos posee casi 300 kilómetros de longitud, con su origen en los Andes del Sur y de él surgen dos brazos, el Penitente y el Ruebens. Se describe como un río relativamente poco profundo, lo que facilita el vadeo y crea un ambiente de pesca ideal.

Dicha locación estratégica ofrece a los pescadores la oportunidad de desafiar sus habilidades y conseguir la captura del Reo de la Patagonia.

El Reo, trucha marrón migratoria o trucha común (*Salmo trutta*) es la trucha más común de la familia de los salmónidos. La variedad anádroma nace en el río, a determinada edad migra hacia

el mar para alimentarse y crecer, a lo largo de su adaptación cambian su coloración a plateada, y en diferentes estadios vuelven al río, generalmente para reproducirse.

Acertadamente, la época de desove coincide con la temporada de pesca. La misma abarca de noviembre a abril, momento durante el cual el interés turístico se ve intensificado.

## MEMORIA DE CÁLCULO

### RECURSOS ENERGÉTICOS

#### VELOCIDAD DEL VIENTO PROMEDIO MENSUAL (M/S)

Lat -51.32 Lon -70.03	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
10-year Average	8.36	8.02	7.88	7.82	7.05	6.94	7.25	7.79	7.97	8.07	8.76	8.36	7.85

Datos obtenidos a partir de la página oficial de la NASA (<https://eosweb.larc.nasa.gov/>)

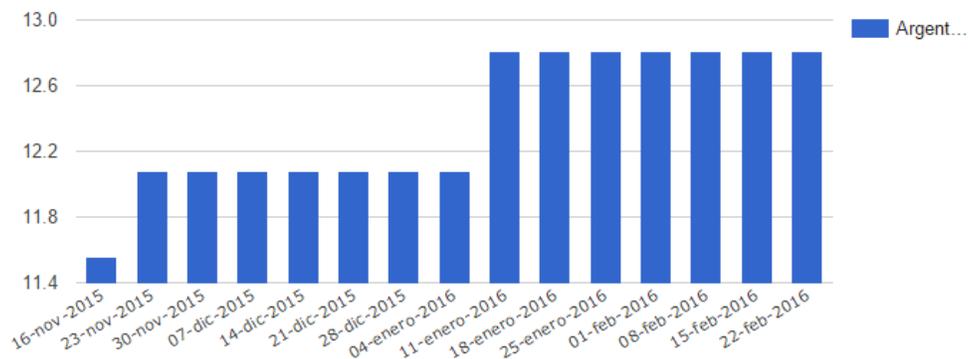
#### RADIACIÓN DIARIA PROMEDIO MENSUAL (KWH/M<sup>2</sup>/DÍA)

Lat -51.32 Lon -70.03	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
22-year Average	5.45	4.59	3.23	1.93	1.06	0.66	0.77	1.46	2.67	4.23	5.38	5.76

Datos obtenidos a partir de la página oficial de la NASA (<https://eosweb.larc.nasa.gov/>)

#### DIESEL OIL

En Argentina, el valor medio del litro de diésel es de \$12,39 con un mínimo de \$11,56 y un máximo de \$12,81. El precio promedio del diésel en el mundo es de \$15,22.



Información obtenida de [http://es.globalpetrolprices.com/Argentina/diesel\\_prices/](http://es.globalpetrolprices.com/Argentina/diesel_prices/)

## CONSUMO ENERGÉTICO

Resulta importante destacar que el lodge de pesca se encuentra activo durante todo el año, dado que los dueños del establecimiento viven allí y, además de la pesca como principal atracción turística, también existen otras actividades que pueden realizarse en los alrededores como cabalgatas, trekking o simplemente descanso.

De todas formas, la temporada de pesca es considerada la temporada alta, dado que la actividad se ve mayormente acentuada; mientras que los meses restantes (de Mayo a Octubre) corresponden a la temporada baja.

Con respecto a la demanda energética, el lugar está conformado por diez habitaciones, cada una con una lámpara de techo (15W) y un velador (11W); cinco baños con lámpara de techo (15W); un comedor que cuenta con dos heladeras (180W), una cafetera (900W), un microondas (1200W), una batidora (200W), tres lámparas de techo (15W) y la luz de la barra (120W); un living con tres lámparas de techo (15W), un TV LCD 40' (150W), un DVD (40W), dos computadoras (100W), un router (30W), un equipo transmisor de radio (15W); treinta tomacorrientes en todo el interior (7W); y en el exterior, una bomba de agua (200W) y cuatro lámparas (20W).

---

### PERFIL DIARIO DE DEMANDA ENERGÉTICA

---

#### TEMPORADA ALTA



- DEMANDA ENERGÉTICA DIARIA PROMEDIO [KWh/día]: 6,80

---

## TEMPORADA BAJA



- DEMANDA ENERGÉTICA DIARIA PROMEDIO [KWh/día]: 4,48

## EQUIPAMIENTO

---

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

---

#### GRUPO ELECTRÓGENO



El generador EU65 marca HONDA posee las siguientes especificaciones:

Motor	
Tipo de Motor	GX390 - OHV 4 Tiempos - Refrigerado por aire
Cilindrada	389 cm <sup>3</sup>
Potencia Neta	13 HP (8,2 Kw) a 3600 rpm
Encendido	Transistorizado
Arranque	Eléctrico / Manual

Generador	
Frecuencia C.A.	50 Hz.
Voltaje C.A.	220 V
Potencia Máxima C.A.	6,5 KVA
Potencia Nominal C.A.	5,5 KVA
Salida de C.C.	No
Uso Continuo	12 hs* - 5 hs (*con Eco Throttle)
Nivel de ruido	73 db(A)

Dimensiones	
Ancho	670 mm
Largo	850 mm
Alto	698 mm
Peso en seco	115 Kg

Otras Especificaciones	
Capacidad de combustible	17 lts.
Consumo Especifico de Combustible	3,62 lts./hs a 3600 rpm
Capacidad de aceite	1,1 lts.
Eco Throttle	Si
Indicador Nivel de Combustible	Si
Alerta de Aceite	Si
Salida C.C.	No
Regulador de voltaje	Inverter
Voltmetro	No
Interruptor térmico C.A.	Si
Interruptor térmico C.C.	Si

## INVERSOR

El inversor PIP4048-MSX presenta las siguientes especificaciones:

ELECTRICAL SPECIFICATIONS							
Continuous Output	1.2KW	800W	1.6KW	2.4KW	2.4KW	3.2KW	4.0KW
Surge Rating	5 seconds max, 2X						
Input Power Factor	0.8						
Input Voltage Range	90~280VAC (Appliance mode), 170~280VAC (UPS mode)						
Input/Output Frequency	50Hz / 60Hz						
Output Voltage	230VAC±5%						
Output Waveform	Pure Sine Wave						
Output Regulation	< 3% RMS for battery voltage range						
Peak Efficiency	93%	91%	93%				
Nominal DC Voltage	12V	24V				48V	
Max DC Voltage	16V	31V				60V	
Transfer Time (2 Modes)	<10ms (UPS mode), <20ms (Appliance mode)**						
Charging Mode	3-stage						
Boost Voltage (Flooded, MF)	14.6V/14.1V	29.2V/28.2V				58.4V/56.4V	
Float Voltage	13.5V	27.0V				54.0V	
Max AC Charging Current	60A	10-20A	20-30A			60A	
No Load Power Consumption	<25W					<50W	
Power Saving Consumption	<10W					<15W	
Solar Charger							
Max PV Input / Output	500W	600W			1500W	3000W	
Max Charging Current	40A	25A			60A		
Max PV Input Voc, MPPT Range	100V, 18~80V	75V, 30~66V			145V, 30~115V	145V, 60~115V	
Algorithm	MPPT						
ENVIRONMENTAL / MECHANICAL SPECIFICATIONS							
Certification	CE						
Operating/Storage Temp.	0°C ~ 55°C / -15°C~ 60°C						
Operating Humidity	5~90%RH Non-Condensing						
Dimension	355*272*100mm				479*295*140mm	468*295*140mm	
Net Weight	7.0Kg	7.0Kg	7.1Kg	7.5Kg	11.8Kg	11.5Kg	11.5Kg

## PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO

### Mechanical Characteristics

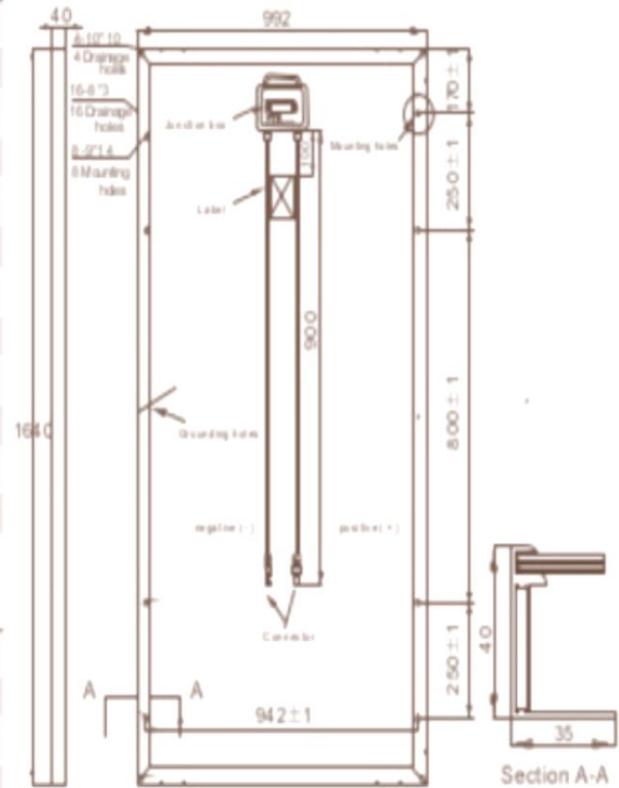
Solar Cell	Mono-crystalline silicon 156 x 156 mm (6 inches)
No. of Cells	60 (6 x 10)
Dimensions	1640 x 992 x 40mm
Weight	20.0 kgs
Front	Glass 3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
Junction Box	IP67 rated (3 bypass diodes)
Output Cables	TÜV (2Pfg 1169:2007), UL 4703, 4.0 mm <sup>2</sup> , symmetrical length (-) 900mm and (+) 900mm
Connectors	MC 4 compatible
Mechanical load test	5400Pa
Resistance	277g steel ball falls down from 1m height and 60m/s wind

### Temperature Characteristics

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45 ± 2°C
Temperature Coefficient of P <sub>max</sub>	-0.44 %/°C
Temperature Coefficient of V <sub>oc</sub>	-0.33 %/°C
Temperature Coefficient of I <sub>sc</sub>	0.055 %/°C

### Packing Configuration

Container	20' GP	40' GP
Pieces per pallet	26	26
Pallets per container	12	28
Pieces per container	312	728



LUXEN designs, manufactures and delivers high-quality solar panel 1W - 320W, for both on-grid and off-grid systems. OEM/ODM services also can be offered by providing customized design and best cost-effective / proven-performance solar products.

The ISO 9001 management system and a comprehensive range of tests and quality control procedures established according to IEC 61215 / 61730 requisites are implemented in LUXEN's manufacturing facilities, only for one goal: We deliver RELIABLE solar products.

STC	LNSE-250M
Optimum Operating Voltage (Vmp)	30.4 V
Optimum Operating Current (Imp)	8.22 A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.5 V
Short Circuit Current (Isc)	8.74 A
Maximum Power at STC (Pmax)	250 W
Cell Efficiency	17.70%
Operating Module Temperature	-40 °C to +85 °C
Maximum System Voltage	1000 V DC (IEC) / 600V DC (UL)
Maximum Series Fuse Rating	15 A
Power Tolerance	0/+5W

STC: Irradiance 1000 W/m<sup>2</sup>, module temperature 25 °C, AM=1.5,  
 Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

NOCT	LNSE-250M
Maximum Power at NOCT (Pmax)	180W
Optimum Operating Voltage (Vmp)	27.7V
Optimum Operating Current (Imp)	6.51A
Open Circuit Voltage (Voc)	34.4V
Short Circuit Current (Isc)	7.08A

NOCT: Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, ambient temperature 20 °C, AM=1.5, wind speed 1 m/s,  
 Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%



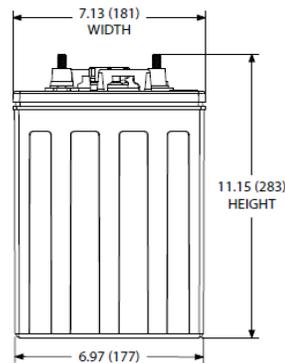
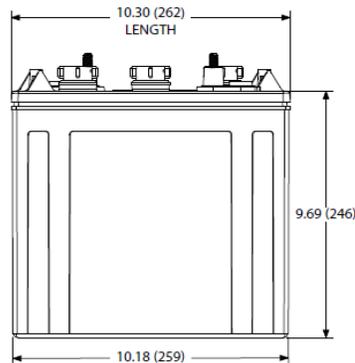
## BATERIA



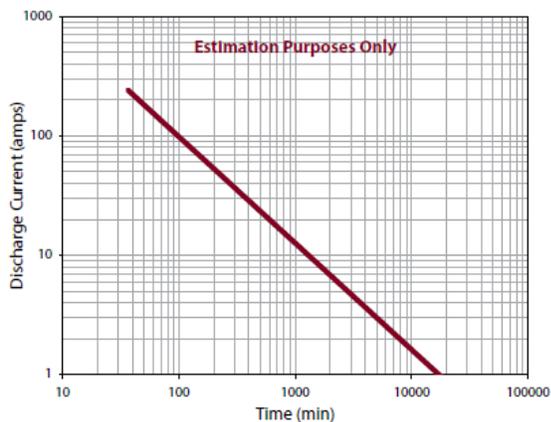
**MODEL:** T-105 with Bayonet Cap  
**VOLTAGE:** 6  
**DIMENSIONS:** Inches (mm)  
**BATTERY:** Flooded/wet lead-acid battery  
**COLOR:** Maroon (case/cover)  
**MATERIAL:** Polypropylene  
**WATERING SYSTEM:** HydroLink™ Watering System



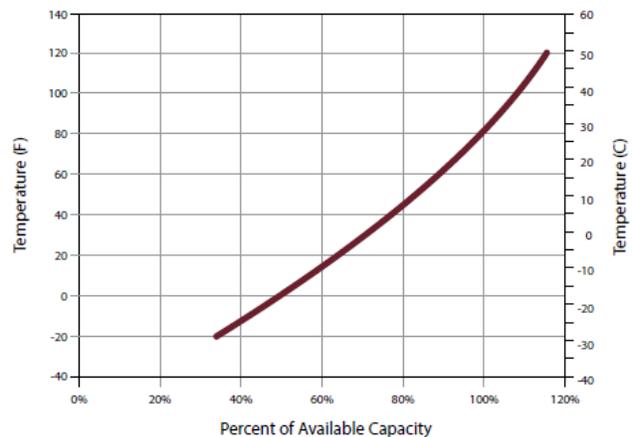
BCI GROUP SIZE	TYPE	CAPACITY <sup>A</sup> Minutes		CAPACITY <sup>B</sup> Amp-Hours (AH)				ENERGY (kWh)	TERMINAL Type <sup>E</sup>	DIMENSIONS <sup>C</sup> Inches (mm)			WEIGHT lbs. (kg)
		@25 Amps	@75 Amps	5-Hr Rate	10-Hr Rate	20-Hr Rate	100-Hr Rate			100-Hr Rate	Length	Width	
<b>6 VOLT DEEP CYCLE BATTERY - WITH T2 TECHNOLOGY™</b>													
GC2	T-105	447	115	185	207	225	250	1.50	1, 2, 3, 4	10.30 (262)	7.13 (181)	11.15 (283)	62 (28)



### TROJAN T-105 PERFORMANCE



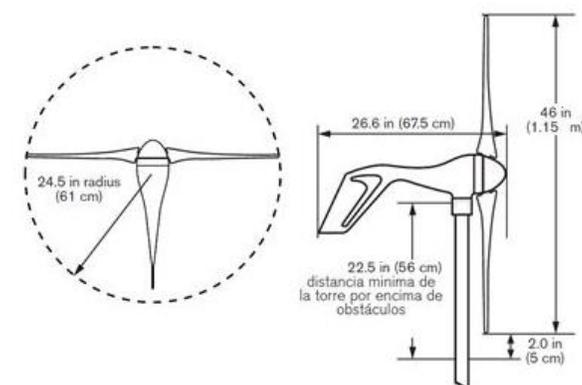
### PERCENT CAPACITY VS. TEMPERATURE



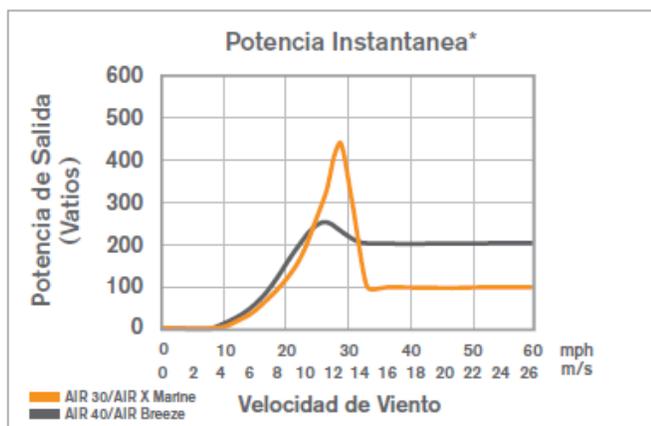
## AEROGENERADOR

El aerogenerador Air30 48V 400W presenta las siguientes especificaciones:

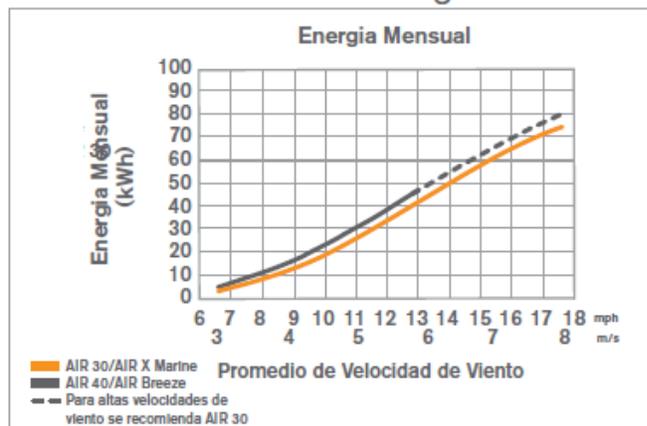
AIR 30/AIR40/AIR Breeze/AIR X Marine	
<b>Energía</b>	<b>AIR 40/AIR Breeze:</b> Approx. 40 kWh/mo at 5.5 m/s (12 mph) <b>AIR 30/AIR X Marine:</b> Approx. 30 kWh/mo at 5.5 m/s (12 mph)
<b>Ambiente de Operación Óptimo</b>	<b>AIR 40/AIR Breeze:</b> Funcionamiento silencioso en baja a moderada regímenes de viento. <b>AIR 30/AIR X Marine:</b> Aplicaciones Industriales de viento moderado a altos regines.
<b>Área barrida</b>	1.07 m <sup>2</sup> (11.5 ft <sup>2</sup> )
<b>Diametro del Rotor</b>	1.17 m (46 in)
<b>Peso</b>	5.9 kg (13 lb)
<b>Dimensiones</b>	686 x 318 x 229 mm (27 x 12.5 x 9 in) 7.7 kg (17 lb)
<b>Velocidad de Arranque</b>	<b>AIR 40/AIR Breeze:</b> 3.13 m/s (7 mph) <b>AIR 30/AIR X Marine:</b> 3.58 m/s (8 mph)
<b>Voltaje</b>	12, 24 and 48 VDC
<b>Controlador</b>	Mircoprocessor controlado inteligente
<b>Cuerpo</b>	Aluminio fundido ( <b>AIR BREEZE/AIR X MARINE:</b> Pintura resistente a la corrosión)
<b>Alabes</b>	(3) Compuesto moldeado por inyección
<b>Alternador</b>	Imán permanente sin escobillas
<b>Protección por sobre velocidad</b>	Control electrónico de torsión
<b>Velocidad de Sobrevivencia</b>	49.2 m/s (110 mph)
<b>Montaje</b>	1.5 pulg. Fijas 40 tubo 48 mm (1.9 pulg.)
<b>Garantía</b>	5 Años de garantía limitada



### Curva de Potencia



### Curva de Energía



## CÁLCULOS

Para establecer las cantidades y dimensiones de los distintos componentes del sistema, se llevaron a cabo en primera instancia los cálculos iniciales aproximados utilizando las planillas brindadas por la cátedra.

Los mismos fueron realizados teniendo en cuenta que el sistema eólico abastecerá el 50% de la demanda, mientras el sistema fotovoltaico se encargará del otro 50%. Además, sólo se tuvo en cuenta los resultados de la temporada alta dado que es la de mayor consumo.

---

### CÁLCULO: SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Considerando los datos expresados debajo, junto con las horas pico solares obtenidas a partir del programa de complemento de Microsoft Office Excel (SOLVER) y el consumo estimado para cada mes del año, permiten determinar la cantidad de paneles solares y baterías que el sistema solar fotovoltaico necesitaría para abastecer la demanda energética equivalente al 50%.

Eficiencia del sistema	0,684
ER = Eficiencia del Regulador	0,95
EB = Eficiencia de las Baterías	0,80
EC = Eficiencia del Convertidor	0,90
FS = Factor de seguridad	1,15

Panel	
PPP = Potencia Pico del Panel [W]	250
Batería	
CAP = Capacidad [Ah]	225
VOLT = Tensión de la Batería [V]	6
ND = Nivel de Descarga	40%
T = Número de días sin generación	2

MES	Nº DIAS	HPS (sobre plano inclinado óptimo)	CE= PM* $TU$	NUMERO DE PANELES	NUMERO DE BATERÍAS
ENERO	31	5,27877853	3398,38	4,33	13,99
FEBRERO	28	4,84568435	3398,38	4,72	13,99
MARZO	31	3,97666629	3398,38	5,75	13,99
ABRIL	30	3,02141834	3398,38	7,56	13,99
MAYO	31	2,7060862	2235,63	5,56	9,20
JUNIO	30	2,11697645	2235,63	7,10	9,20
JULIO	31	2,19508847	2235,63	6,85	9,20
AGOSTO	31	2,9469134	2235,63	5,10	9,20
SEPTIEMBRE	30	3,6660026	2235,63	4,10	9,20
OCTUBRE	31	4,24812729	2235,63	3,54	9,20
NOVIEMBRE	30	5,35131785	3398,38	4,27	13,99
DICIEMBRE	31	5,47677753	3398,38	4,17	13,99

La tabla muestra que el número de paneles de 250W debe ser siete y el número de baterías de 225Ah y 6V debe ser catorce.

#### CÁLCULO: SISTEMA EÓLICO

Teniendo en cuenta una energía diaria demandada de 3398,38 Wh, a continuación se presenta un cuadro en donde se expresa que harían falta 16 baterías de 225 Ah y 6V; 2 aerogeneradores de 1550W y 48V; y un inversor con una potencia nominal de 2000W y una potencia pico de 4000W

Energía Diaria Demandada	3398,38	Wh
Tensión de Trabajo Sistema CC:	48,00	Volts
Nº de Baterías Requerido:	16	Unidades
Cantidad de Aerogeneradores 48V 1550W	2	Unidades
Distancia en Metros de Aerog. a Tablero:	50	metros
Inversor: Cantidad en Circuitos Separados	1	Unidades
Inversor: Potencia Nominal Requerida	2000,00	W
Inversor: Potencia Pico Requerida	4000,00	W

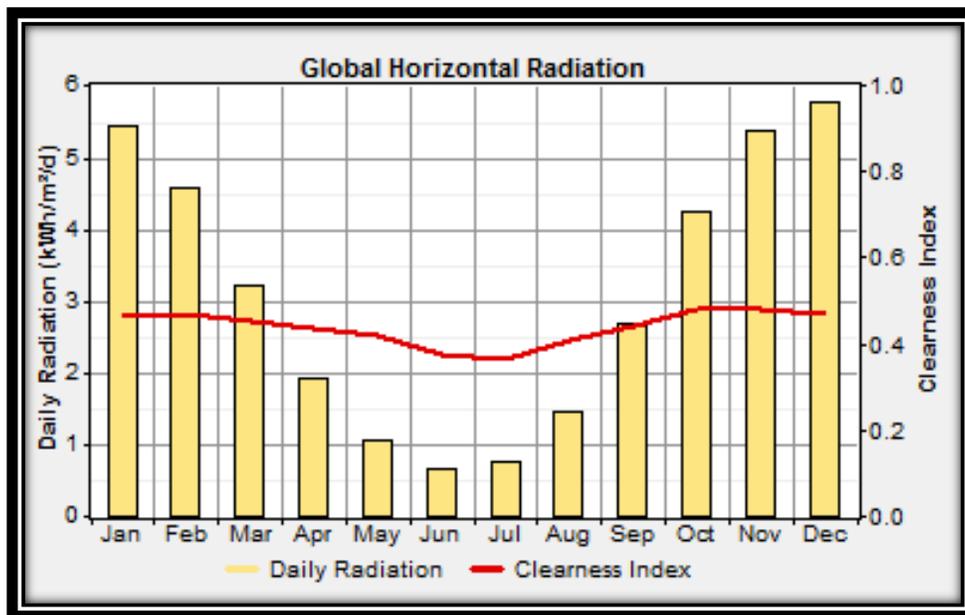
---

## SIMULACIÓN HOMER

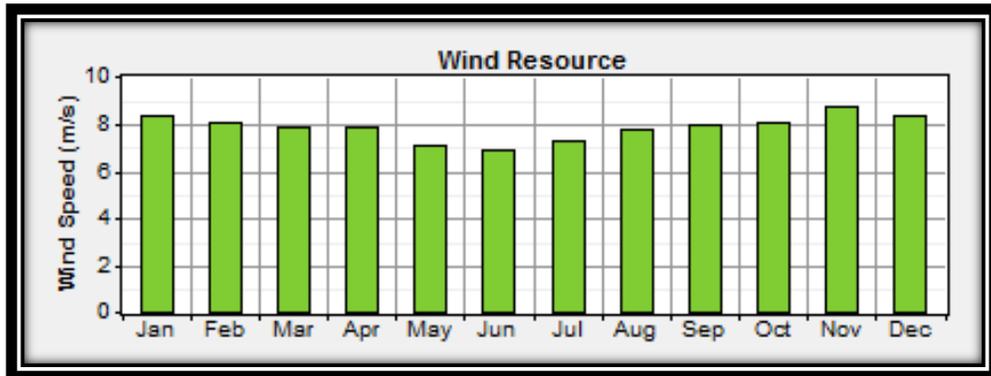
HOMER es un software que simula el funcionamiento de un sistema haciendo cálculos de balance energético para cada una de las horas del año y para cada configuración de sistema que se desee considerar. Determina si la misma puede abastecer la demanda de energía bajo las condiciones dada y estima el costo de instalación y funcionamiento durante la vida útil del proyecto (en este caso, 25 años).

La información técnica y económica de los componentes, como así también la relativa a los recursos renovables y no renovables (diesel oil) fue empleada para el cálculo con el simulador Homer.

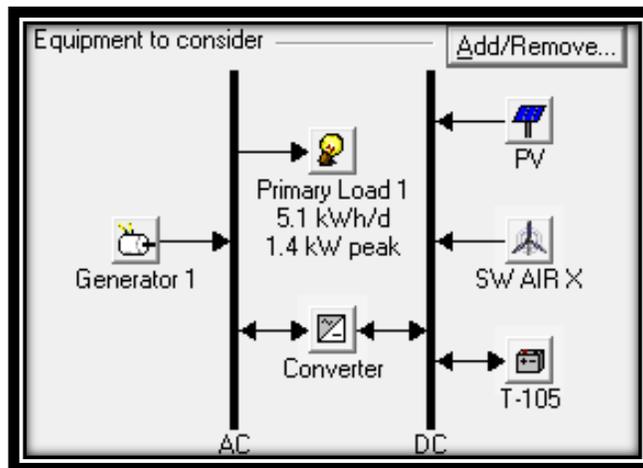
En el siguiente gráfico se aprecia la radiación diaria ( $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{día}$ ) a lo largo del año, disminuyendo claramente durante los meses de invierno.



En el caso de la velocidad del viento, ésta es parcialmente constante a lo largo del año, disminuyendo levemente durante el invierno.



Este software fue aplicado para refinar el cálculo realizado con anterioridad. Se realizaron simulaciones diagramando un esquema que incluye aerogeneradores, paneles fotovoltaicos, generador diésel y baterías; se estableció una tensión del banco de baterías de 48V y se agregó un conversor para abastecer una parte de la demanda en corriente alterna.



Posteriormente se llevó a cabo un análisis de sensibilidad con las variables “velocidad del viento” y “precio del diésel oil”.

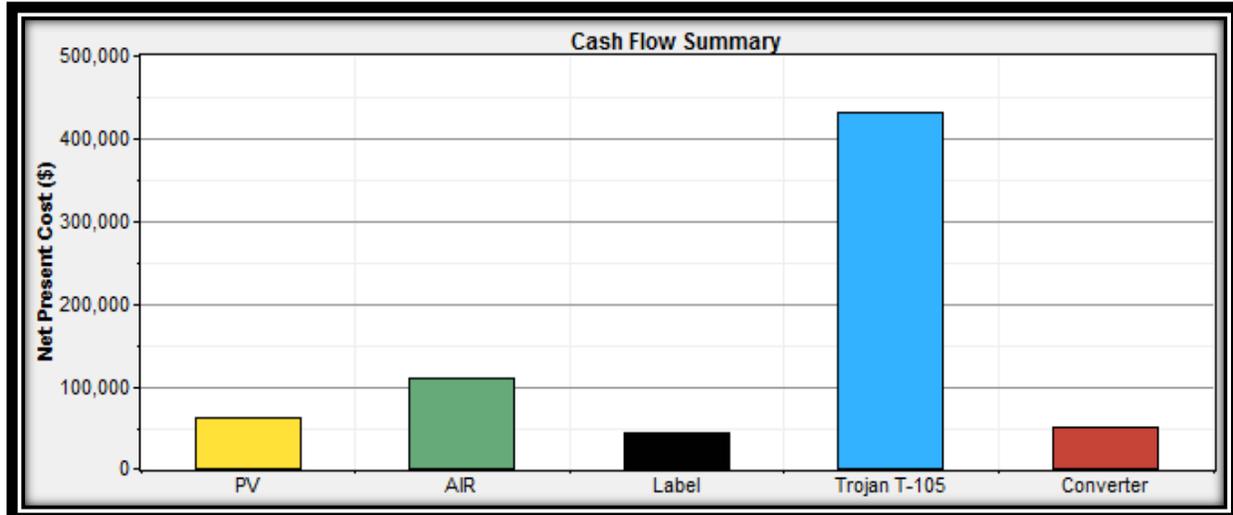
#### OPTIMIZACIÓN DE RESULTADOS

Luego de ingresar los detalles de los componentes y de simular las configuraciones factibles del sistema, HOMER determina que la siguiente es la opción más viable:

PV (kW)	AIR	Label (kW)	T-105	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Label (hrs)	Batt. Lf. (yr)
2.0	3	6.5	64	4	\$ 373,500	25,167	\$ 695,221	29.045	0.81	188	108	10.0

La velocidad promedio anual del viento arrojada por el Homer es de 7,85 m/s. Teniendo en cuenta este valor, y el precio actual del diésel oil (\$12,30), se establece que el sistema óptimo económicamente deberá estar conformado por 8 paneles solares de 250W, 3 aerogeneradores de 0,4KW, 1 generador de 6,5KW, 64 baterías de 6V y 225Ah, y 1 convertor de 4000W.

Por otro lado, la inversión inicial estimada equivale a \$373500, de los cuales el principal gasto corresponde a las baterías (53,37%). La rentabilidad de la configuración del sistema se determina a partir del costo neto presente, correspondiente a \$695221.



Production	kWh/yr	%
PV array	1,137	41
Wind turbines	1,089	40
Generator 1	529	19
Total	2,755	100

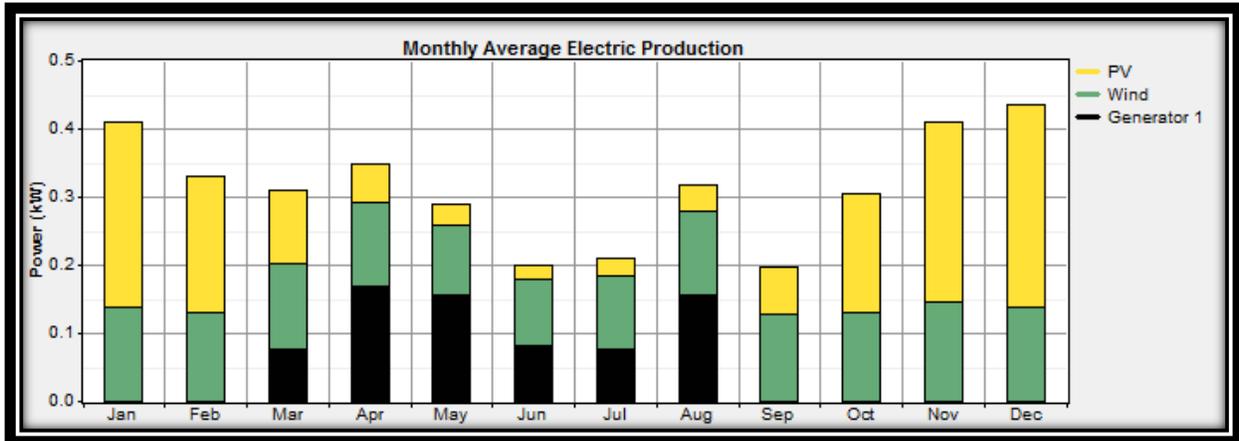
La producción total anual de energía es de 2755KWh.

Con la configuración propuesta, los paneles fotovoltaicos producirían el 41% de la energía (1137KWh), los aerogeneradores un 40% (1089KWh), mientras que el grupo electrógeno el 20% restante (529KWh).

Quantity	kWh/yr	%
Excess electricity	429	15.6
Unmet electric load	0.00000521	0.0
Capacity shortage	0.00	0.0

El exceso de energía comprende un 15,6%.

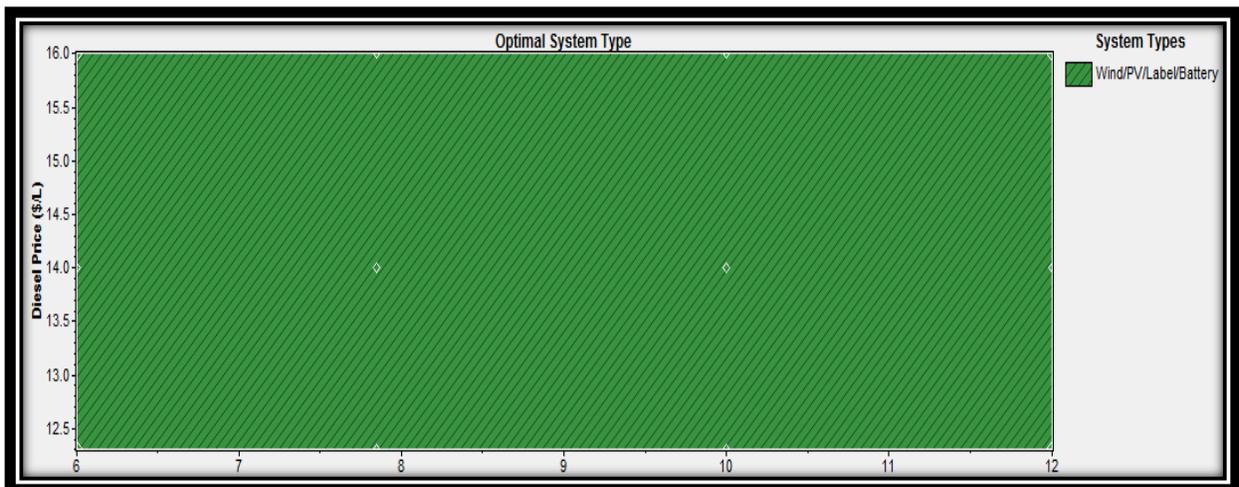
El siguiente gráfico representa la producción eléctrica promedio mensual (KW) de los paneles fotovoltaicos, del viento y del generador eléctrico.



Resulta posible mencionar que durante los meses de la temporada alta (verano), los paneles solares son que generan mayor energía, reduciéndose en los meses de invierno, a diferencia del generador que incrementa su producción eléctrica durante los meses de otoño e invierno (temporada baja). Con respecto a los aerogeneradores, se observa que su contribución es constante durante todo el año.

### ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad permite examinar de qué manera las variaciones en las variables asignadas (velocidad promedio anual del viento y el precio del combustible diésel) afectan el diseño óptimo del sistema.



En el gráfico Tipo de Sistema Óptimo (OST) se pueden ver simultáneamente todos los resultados para todas las velocidades de viento (6, 10 y 12 m/s) y precio de combustible (\$14 y \$16) que fueron ingresados.

Aquí se aprecia que el diseño de sistema propuesto es óptimo para todos los valores de ambas variables.

Cabe señalar que si la velocidad promedio del viento fuera de 12m/s, manteniendo el precio del combustible, el costo neto presente sería de \$654394. Es decir, representaría una suma de \$40827 menos que con la velocidad promedio del viento calculada.

Por otra parte, la cantidad de paneles fotovoltaicos necesarios se reduciría a 4 unidades (1KW).

	PV (kW)	AIR (kW)	Label (kW)	T-105 (kW)	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Label (hrs)	Batt. Lf. (yr)
1	1.0	3	6.5	64	4	\$ 345,500	24,164	\$ 654,394	27.339	0.86	125	72	10.0

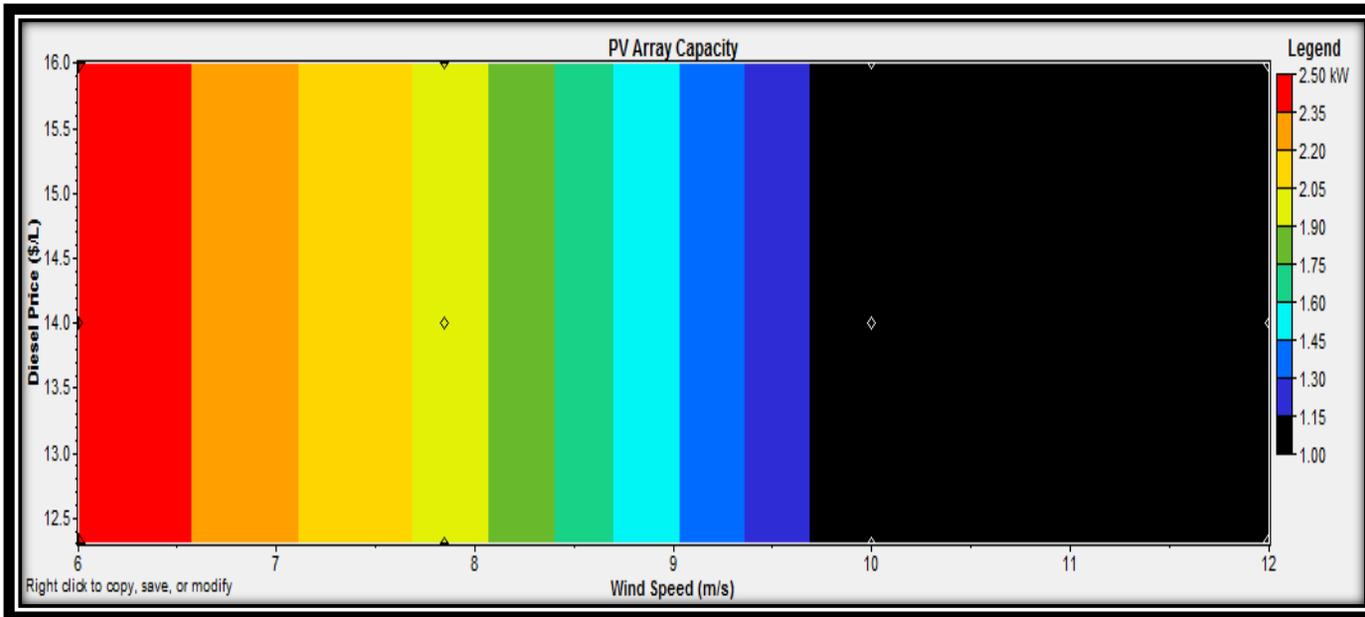
Lo contrario sucedería, como puede deducirse, con una velocidad promedio de 6m/s. En este caso, el costo neto presente sería dramáticamente superior, equivalente a \$1609559.

Con respecto al número de paneles, éste debería ser superior, dando un total de 10 unidades (2,5KW).

	PV (kW)	AIR (kW)	Label (kW)	T-105 (kW)	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Label (hrs)	Batt. Lf. (yr)
1	2.5	4	6.5	192	4	\$ 808,600	62,656	\$ 1,609,559	67.244	0.81	188	107	10.0

En cuanto a los cambios en el precio del combustible, se desprende que al aumentar (\$16) no genera cambios en la cantidad establecida de los componentes y el costo neto presente aumenta de manera poco significativa (\$5914).

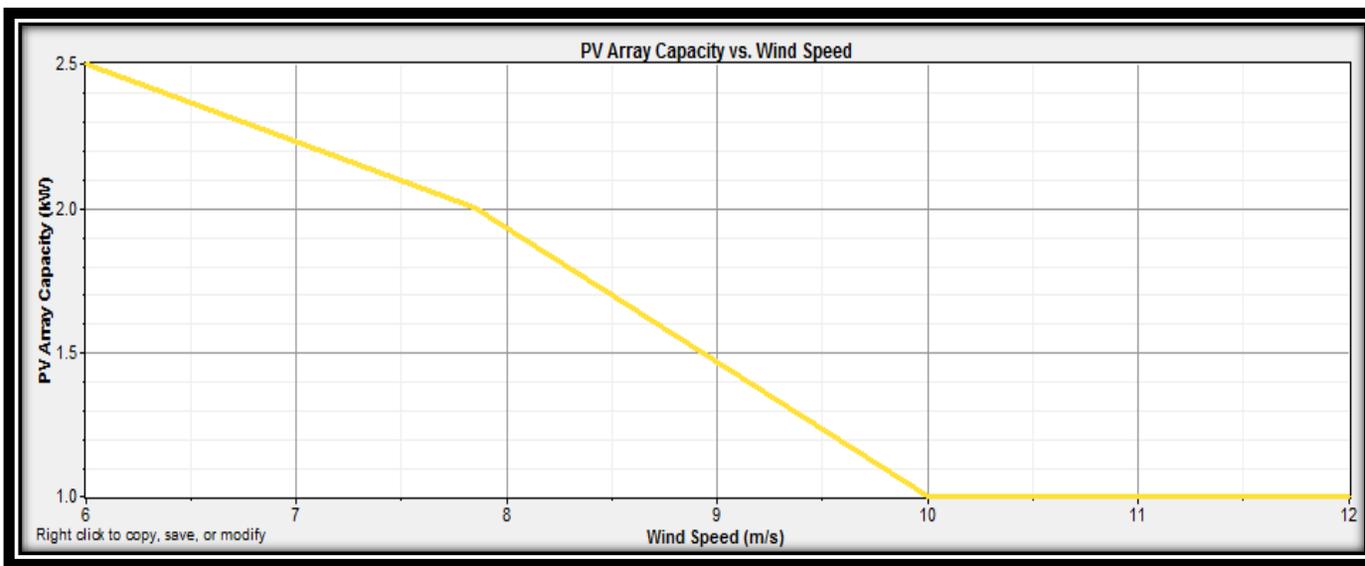
	PV (kW)	AIR (kW)	Label (kW)	T-105 (kW)	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Label (hrs)	Batt. Lf. (yr)
1	2.0	3	6.5	64	4	\$ 373,500	25,865	\$ 704,135	29.417	0.81	188	108	10.0

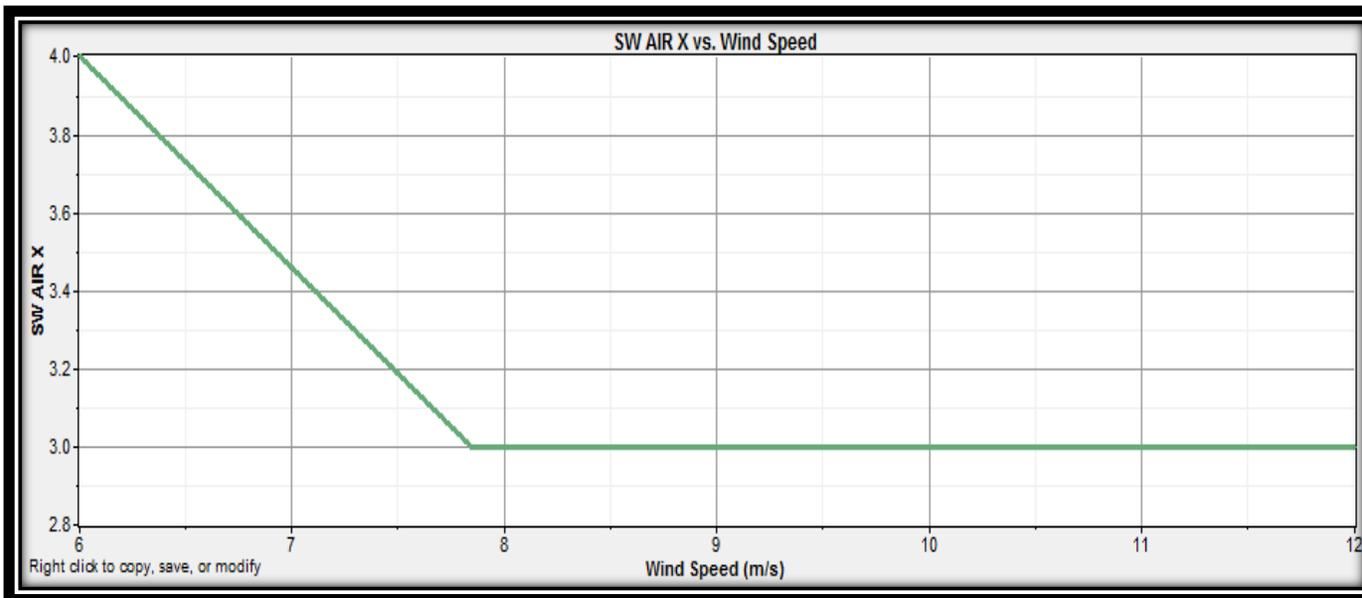
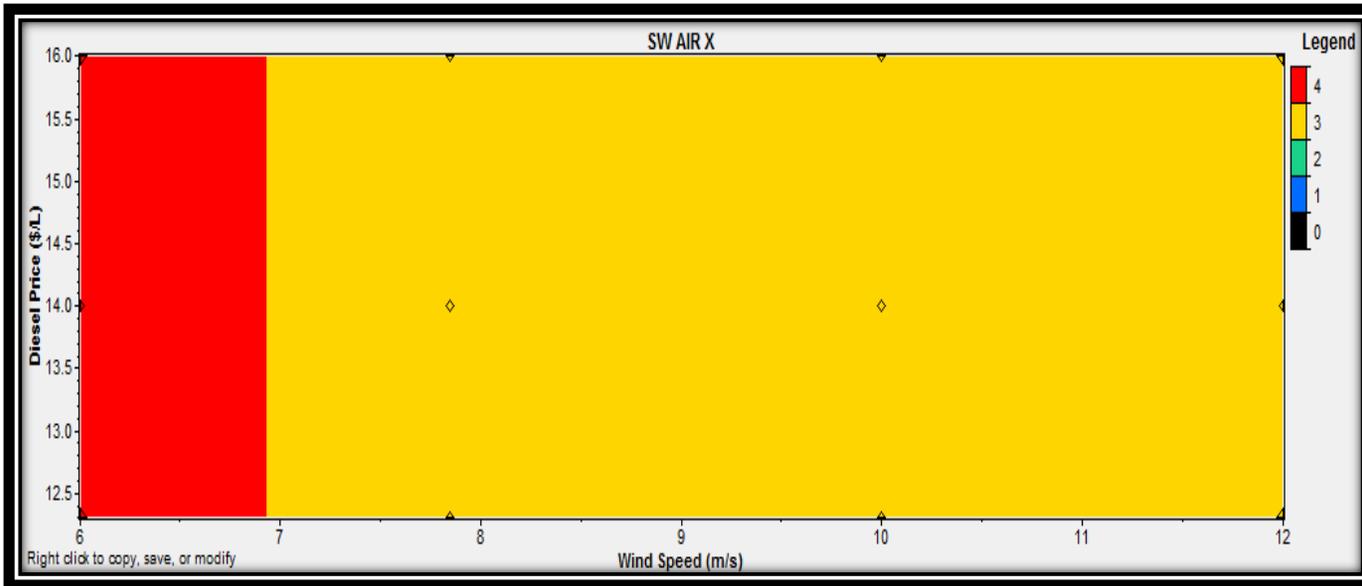


## GRÁFICO DE CAPACIDAD: PANELES FOTOVOLTAICOS

A continuación, se ilustra que a medida que la velocidad promedio del viento aumenta, disminuye la capacidad de los paneles solares fotovoltaicos.

Cuando la velocidad es de 6m/s, la capacidad del PV es de 2,5KW. Cuando la velocidad supera los 10m/s, la capacidad del PV se reduce más del 50%, llegando a 1KW.





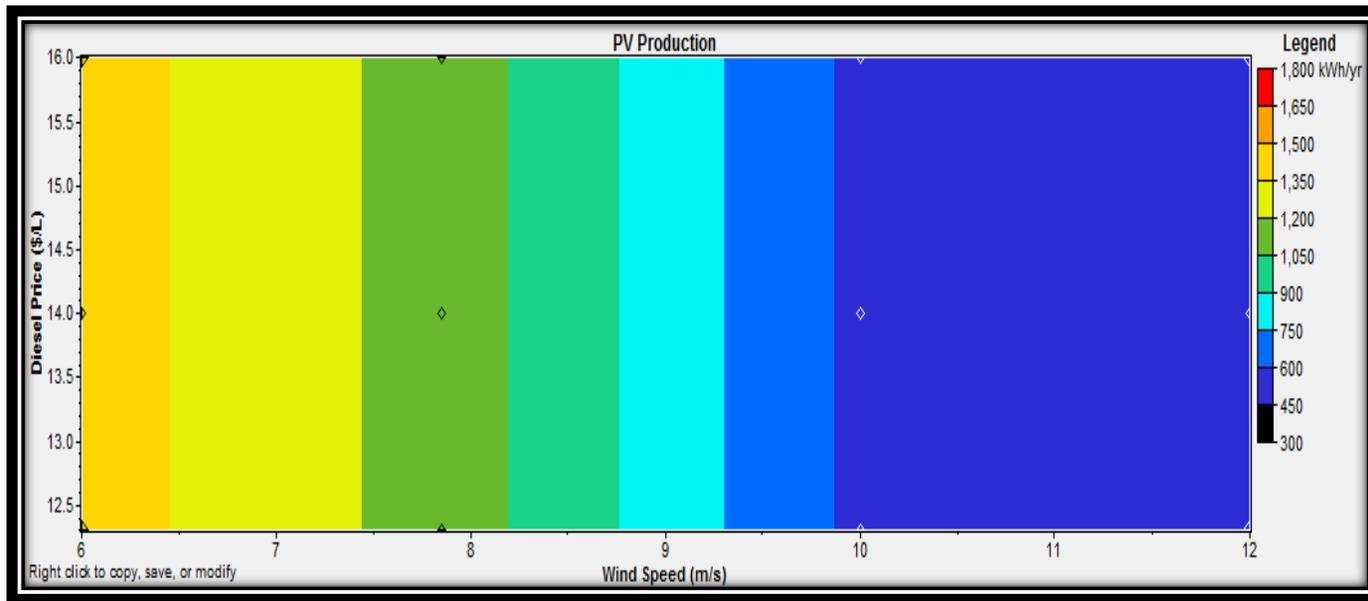
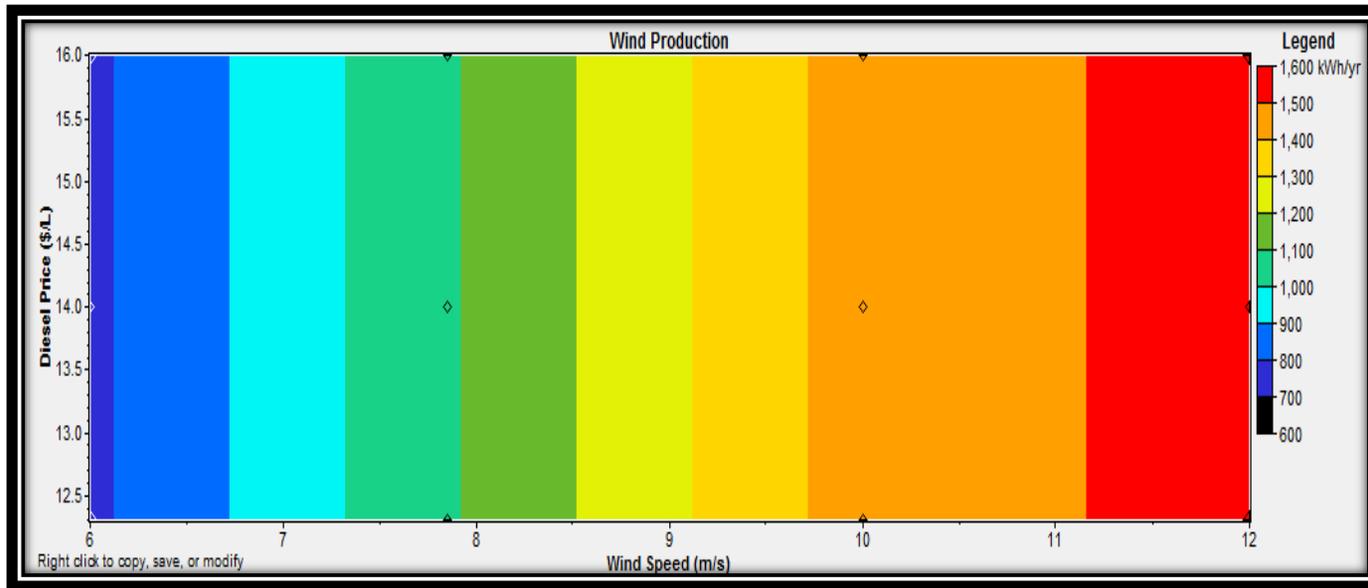
## GRÁFICOS DE CAPACIDAD: AEROGENERADORES

También se desglosa que si la velocidad del viento aumenta, se requieren menos aerogeneradores.

La capacidad de los tres aerogeneradores es suficiente cuando la velocidad es superior a 7 m/s aproximadamente.

Si la velocidad del viento fuera inferior a 7m/s, sería conveniente la instalación de una unidad adicional.

Recordar: Los aerogeneradores son de 400W.



## GRÁFICOS DE PRODUCCIÓN

Desde el punto de vista de producción de energía (KWh/año), está claro que cuanto mayor sea la velocidad del viento, mayor será la energía brindada a partir de los aerogeneradores. Lo contrario se expresa en el gráfico debajo. A medida que aumenta la velocidad del viento, disminuye la energía que los paneles fotovoltaicos son capaces de alcanzar. Con una velocidad superior de 10 m/s, se observa una cantidad mínima y constante de energía producida.

## CONSIDERACIONES FINALES

Finalmente, puede decirse que la configuración del sistema diésel/batería/panel/aerogenerador que el software arrojó como factible fue una sola. Las diferencias principales con el cálculo estimado de manera preliminar fueron la presencia de un aerogenerador más y un total de 64 baterías. Dicha cantidad permite un exceso de energía aceptable (15,6%) pero a la vez conlleva un costo neto presente algo elevado, el cual no deja de ser recomendable dada la envergadura del emprendimiento ante las necesidades que pretenden ser cubiertas y la distancia a la que se encuentra de la red eléctrica.