UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología



CENTRALES ELÉCTRICAS

TRABAJO PRÁCTICO Nº 8

ENERGÍAS RENOVABLES

ALUMNO:

AÑO 2022

INTRODUCCIÓN

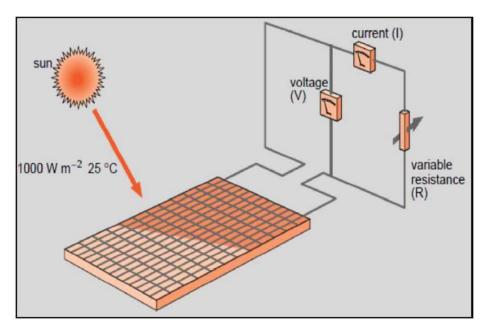
La energía renovable se define generalmente como aquella que proviene de recursos que se regeneran continuamente considerando una escala de tiempo humana como ser, la luz solar, el viento, las lluvias, las mareas, las olas o el calor geotérmico.

Los orígenes o fuentes de todos los tipos mencionados pueden resumirse en tres categorías:

- La desintegración de elementos radioactivos, los cuales producen el calor interno de la tierra.
- Las fuerzas de atracción gravitacional entre la tierra y la luna las cuales son las causales de las mareas.
- El calor irradiado por el sol que alcanza la superficie terrestre genera en forma indirecta, el viento, las precipitaciones y las olas.

ENERGÍA SOLAR

Una de las formas de aprovechamiento de la irradiación solar directa es la conversión de esa energía a través de paneles solares. Los paneles consisten en un arreglo de módulos fotovoltaicos conectados eléctricamente y montados de forma tal que constituyan una placa la cual, al ser expuesta a la luz solar entrega energía eléctrica.

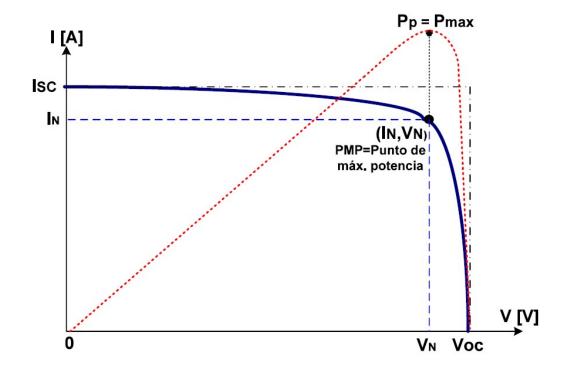


2022

Performance de los módulos:

La performance del módulo se encuentra indicada generalmente bajo ciertas condiciones establecidas en un test estándar (STC) las cuales son:

Irradiancia: 1.000 W/m2
Masa de Aire espectral: 1,5
Temperatura del módulo: 25 ºC



Bajo estas condiciones se evalúan los distintos valores de tensión y corriente para diferentes cargas obteniéndose el Punto de Máxima Potencia (PMP).

Es posible también determinar el rendimiento de conversión del módulo bajo las condiciones citadas utilizando la siguiente fórmula:

$$\eta_{conversión} = \frac{P_{el\acute{e}ctrica\ en\ PMP}}{P_{Radiaci\acute{o}n\ Solar}} = \frac{V_N[V] \times I_N[A]}{G\left[\frac{W}{m^2}\right] \times A\ [m]}$$

Esta ecuación puede simplificarse de la siguiente manera:

$$\eta_{conversi\'on} = \frac{V_{OC}[V] \times I_{SC}[A] \times FF}{G\left[\frac{W}{m^2}\right] \times A\left[m\right]}$$

Siendo:

Voc: Tensión de circuito abierto [V] Isc: Corriente de Cortocircuito [A]

FF: Factor de llenado de la curva característica U-I

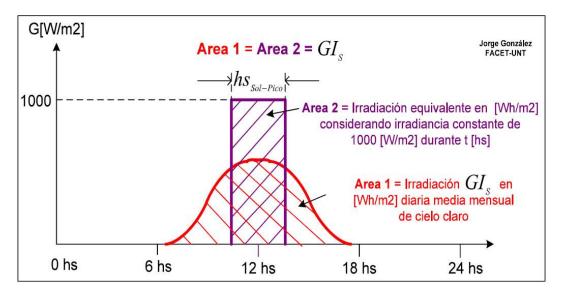
G: Irradiancia [W/m₂]

A: Área útil del módulo [m2]

Variación en función de la irradiación diaria

La irradiación solar sobre un área específica sufre variaciones en función a la posición del sol a lo largo del día y a la época del año.

No obstante, es posible construir una curva diaria media en base a todos los valores registrados la cual se muestra en el siguiente gráfico en color rojo:



El área encerrada por la curva representa la energía media diaria irradiada sobre un m₂ de superficie, valor que también puede ser representado por la cantidad de horas equivalentes h₅ con una irradiación constante de 1000 [W/m2] (curva violeta).

ENERGÍA EÓLICA

Consiste en el aprovechamiento de la energía cinética de una masa de aire en movimiento para la generación de trabajo.

El total de la energía fluyendo a través de una superficie imaginaria A durante un período determinado de tiempo t puede calcularse de la siguiente manera:

$$E = \frac{1}{2} \times m \times v^2 = \frac{1}{2} \times (A \times v \times t \times \rho) \times v^2 = \frac{1}{2} \times A \times \rho \times v^3 \times t$$

Donde:

A: área imaginaria por donde atraviesa la masa de aire [m]

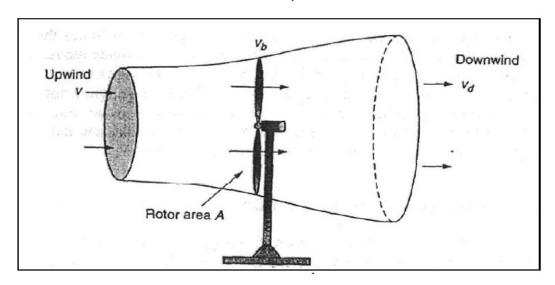
p: densidad del aire [kg/m₃]

v: velocidad del viento en [m/s]

De esta ecuación se puede derivar que la potencia aprovechable por unidad de área es:

$$P_{viento} \left[\frac{W}{m^2} \right] = \frac{1}{2} \times \rho \times v^3$$

Para poder obtener la cantidad de potencia que puede extraerse al viento, a la última expresión debe incorporarse un factor denominado Cp. El mismo representa el rendimiento de extracción de potencia de la turbina el cual tiene como límite 59,3% en base a la ley de Betz.



$$P_{rotor} \left[\frac{W}{m^2} \right] = \frac{1}{2} \times \rho \times v^3 \times C_p$$

$$k = \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{3} \rightarrow C_{p-M\acute{a}x} = \eta_{BETZ} = \frac{16}{27} = 59,3\% \rightarrow P_{Rotor-M\acute{a}x} = P_{Viento} \times \eta_{BETZ}$$

Los valores más altos de Cp en la práctica se encuentran en el orden del 45% al 50%.

PROBLEMA 1

Se proyecta instalar un Parque Fotovoltaico en la localidad de Cafayate.

El mismo estará compuesto por 7.680 paneles cuya hoja de datos técnicos se adjunta.

Considerar un rendimiento general del 84 % para el resto de la instalación (conductores, inversores, transformadores, etc.)

Se solicita:

- a) Determinar la potencia máxima por panel.
- b) Determinar el Factor de llenado del panel.
- c) Verificar el rendimiento de conversión declarado.
- d) Determinar el ángulo de inclinación N-S recomendado para los paneles.
- e) Determinar la extensión del emprendimiento considerando que los paneles se agrupan en 6 inversores con un arreglo de 32 columnas y 40 filas con orientación N-S. Con una distancia entre columnas de 5,5 m (para evitar sombreado) y caminos internos de mantenimiento de 12 m de ancho.
- f) Calcular la cantidad de recurso solar disponible (MWh) en un mes de 30 de días, en todo el predio, si se tiene un promedio de 5,02 horas diarias equivalentes.
- g) Si en el año se producen 5,27 GWh de energía, ¿qué factor de utilización tiene la instalación?
- h) Determinar la cantidad de TN de CO2 economizadas al año con esta generación según el último factor de emisión publicado por la Secretaría de Energía (SE).

PROBLEMA 2

Se prevé incrementar la potencia instalada en el Parque Eólico Arauco en aproximadamente 50 MW. Para ello se instalarán 15 turbinas marca Gammesa, modelo G132-3.465 cuya hoja de datos se adjunta. con las siguientes características: Dhélices = 132 m y Cp=48%

En la zona se cuenta con una distribución de velocidades que responde en forma aproximada a una distribución de Weibull con parámetros alfa = 2 y beta = 7. Considerar una densidad del aire constante de 1,225 kg/m3

Se solicita:

- a) Indagar información de carácter técnico sobre el emprendimiento existente.
- b) Determinar la Potencia aprovechable para unas velocidades de viento de 5, 8 y 10 m/s en función al rendimiento de extracción de potencia Cp de la turbina.
- c) Utilizando la curva de potencia del fabricante, determinar el rendimiento del conjunto.
- d) Modelar la distribución de velocidades según los parámetros indicados y determinar las horas anuales correspondientes a vientos desde 0 a 15 m/seg.
- e) Calcular la cantidad de energía producida en un año.
- f) Determinar el Factor de utilización de la Central.
- g) En función al índice encontrado en el problema anterior, determinar la cantidad de CO2 economizada por el parque.
- h) Determinar la extensión del emprendimiento considerando una distribución de los aerogeneradores en filas bajo el siguiente esquema: 1ra fila: 7 unidades 2da fila: 8 unidades
- i) Comparar la cantidad de energía generada por m2 entre esta central y la fotovoltaica del problema 1.

YGE 72 CELL SERIES 2 HSF SMART



18.5% CELL EFFICIENCY

10 YEAR

PRODUCT WARRANTY

O-5WPOWER TOLERANCE

25 Years Linear Warranty





PROVEN PERFORMANCE AND VERSATILITY

The circuit design of YGE series modules developed by Yingli has been optimized. Each of its cell has been improved by bypass design so that they can be used in more shadowy and complex areas. Meanwhile, in land scarcity areas, the distance between modules has been shortened to increase the installed capacity and thus further improve power generating capacity in a systematic way.



Hot spot free

Every piece of cells parallels a diode, when a cell is covered by shade or occurs an exception, the paralleled diode can bypass this cell, thus avoid hot spot, and can retain the maximum power output.



Lower temperature

When the module gets shielded, its operating temperature will be no higher than 85°C. It ensures the security of the system, increases the power output of the low-temperature module, and lengthens its service life.



High Power

Compared with conventional modules, the use of smart hot spot free module for anti-shielding can increase the system power generating capacity by 1% with the same installation spacing and save land by 25% with the same amount of generated electricity.



PID Resistant

Tested in accordance to the standard IEC 62804, our PV modules have demonstrated resistance against PID (Potential Induced Degradation), which translates to security for your investment.

Yingli Green Energy

Yingli Green Energy Holding Company Limited (NYSE: YGE), known as "Yingli Solar," is one of the world's leading solar panel manufacturers with the mission to provide affordable green energy for all. Yingli Solar makes solar power possible for communities everywhere by using our global manufacturing and logistics expertise to address unique local challenges.

YGE 72 CELL SERIES 2 HSF SMART

ELECTRICAL PERFORMANCE

Module type			YLxxxPD-35b (xxx=P _{max})							
Power output	P _{max}	W	330	325	320	315	310	305		
Power output tolerances	ΔP_{max}	W			0/	+ 5				
Module efficiency	η _m	%	16.6	16.4	16.1	15.9	15.6	15.4		
Voltage at P _{max}	V _{mpp}	V	37.4	37.3	37.0	36.8	36.3	36.1		
Current at P _{max}	I _{mpp}	Α	8.84	8.72	8.64	8.56	8.53	8.45		
Open-circuit voltage	V _{oc}	V	46.4	46.3	46.0	45.7	45.6	45.4		
Short-circuit current	l _{sc}	Α	9.29	9.24	9.18	9.12	8.99	8.93		

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C module temperature, AM1.5g spectrum according to EN 60904-3.

Average relative	e efficiency reduction	n of 3.3% at 200W/m	n ² according to E	N 60904-1.

Power output	P _{max}	W	240.7	237.1	233.4	229.8	226.1	222.5
Voltage at P _{max}	V _{mpp}	V	34.0	34.0	33.8	33.6	33.1	32.9
Current at P _{max}	l _{mpp}	Α	7.07	6.98	6.91	6.85	6.82	6.76
Open-circuit voltage	V _{oc}	V	42.8	42.8	42.5	42.2	42.1	41.9
Short-circuit current	I _{sc}	Α	7.51	7.47	7.42	7.37	7.27	7.22

 $NOCT: open-circuit\ module\ operation\ temperature\ at\ 800W/m^2\ irradiance,\ 20^{o}C\ ambient\ temperature,\ 1m/s\ wind\ speed.$

THERMAL CHARACTERISTICS

Nominal operating cell temperature	NOCT	°C	46 +/- 2
Temperature coefficient of P _{max}	Υ	%/°C	-0.42
Temperature coefficient of V_{oc}	β _{Voc}	%/°C	-0.32
Temperature coefficient of I _{sc}	α _{lsc}	%/°C	0.05

OPERATING CONDITIONS

Max. system voltage	1000V _{DC}
Max. series fuse rating	15A
Limiting reverse current	15A
Operating temperature range	-40°C to 85°C
Max. static load, front (e.g., snow)	5400Pa
Max. static load, back (e.g., wind)	2400Pa
Max. hailstone impact (diameter / velocity)	25mm / 23m/s

CONSTRUCTION MATERIALS

Front cover (material / thickness)	low-iron tempered glass / 3.2mm				
Cell (quantity / material / dimensions / number of busbars)	72 / multicrystalline silicon / 156.75mm x 156.75mm (+/-0.25) / 4 or 5				
Frame (material)	anodized aluminum alloy				
Junction box (protection degree)	≥ IP67				
Cable (length / cross-sectional area)	1100mm / 4mm²				
Plug connector (type / protection degree)	MC4 / IP68 or PV-ZH202 / IP68				

- Due to continuous innovation, research and product improvement, the specifications in this product information sheet are subject to change without prior notice. The specifications may deviate slightly and are not guaranteed.
- The data do not refer to a single module and they are not part of the offer, they only serve for comparison to different module types.

QUALIFICATIONS & CERTIFICATES

IEC 61215, IEC 61730, CE, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, BS OHSAS 18001:2007, PV Cycle, SA 8000











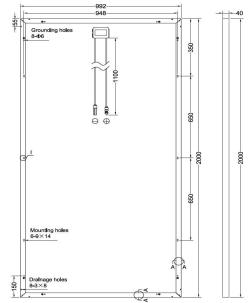
GENERAL CHARACTERISTICS

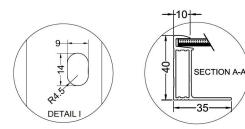
Dimensions (L / W / H)	2000mm/992mm/40mm
Weight	26kg

PACKAGING SPECIFICATIONS

Number of modules per pallet	26
Number of pallets per 40' container	24
Packaging box dimensions (L/W/H)	2035mm / 1145mm / 1170mm
Box weight	720kg

Unit: mm







Warning: Read the Installation and User Manual in its entirety before handling, installing and operating Yingli Solar modules.



Yingli Green Energy Holding Co., Ltd.

service@yingli.com Tel: +86-312-2188055

YINGLISOLAR.COM





GENERAL CHARACTERISTICS MANUAL

Code: GD287602-en	

Date: 15/06/17

Page. 4 of 9

Rev: 01

Title:

G132-3.465MW POWER CURVE

3 DESCRIPTION

The power curve of the G132-3.465 MW has been calculated on the basis of Gamesa infusion blade.

Unless specified otherwise, the parameters used in the calculation are those in table 1.

Rated Power	3.465 MW
Rotor Diameter	132 m
Hub height	84m; 97m; 101.5m; 114m; 134m; 154m; 165m
Frequency	50-60 Hz
Rotor Speed	Variable speed
Blade tip angle	Pitch control regulation
Turbulence intensity	10 %

Table 1 Parameter values for the power curve calculation of the G132-3.465 MW wind turbine.

All power curve and annual energy production values in this document are subject to the validity ranges presented in Table 2.

Wind Shear (10min average)	≤ 0.3				
Turbulence intensity TI [%] for bin i	$5\% \frac{(0.75v_i + 5.6)}{v_i} < Tl_i < 12\% \frac{(0.75v_i + 5.6)}{v_i}$				
Terrain	Not complex according to IEC 61400-12-1				
Upflow β [º]	-2° ≤ β ≤ +2°				
Grid frequency [Hz]	± 0.5 Hz				

Table 2. Validity ranges of Power Curves for the G132-3.465MW wind turbine power curve.







GENERAL CHARACTERISTICS MANUAL

Code: GD287602-en

Rev: 01

Date: 15/06/17

Page. 5 of 9

Title:

G132-3.465MW POWER CURVE

4 RESULTS

4.1POWER CURVE

Table 3 shows the electrical power [kW] as a function of the wind speed [m/s] horizontal referred to the hub height, averaged in ten minutes, for different air densities [kg/m³]. The power curve does not include losses in the transformer and high voltage cables. The power curve is for the standard version of the turbine.

P [kW]				Air D	ensity	[kg/m3	7		
Ws [m/s]		i (1)		<i>An D</i> .		[Ng/mo		**	
	1.225	1.06	1.09	1.12	1.15	1.18	1.21	1.24	1.27
3	37	29	30	32	33	35	36	38	39
4	169	139	144	150	155	161	167	172	178
5	434	363	376	389	402	415	428	441	454
6	816	697	719	740	762	784	805	826	848
7	1327	1142	1176	1209	1243	1277	1311	1344	1378
8	1994	1724	1774	1823	1873	1922	1970	2019	2067
9	2718	2410	2471	2530	2586	2641	2693	2742	2789
10	3208	3004	3050	3092	3129	3164	3194	3222	3247
11	3402	3321	3341	3359	3373	3386	3397	3406	3414
12	3452	3430	3436	3441	3445	3448	3451	3453	3455
13	3463	3458	3459	3460	3461	3462	3462	3463	3463
14	3465	3464	3464	3464	3464	3464	3465	3465	3465
15	3465	3465	3465	3465	3465	3465	3465	3465	3465
16	3465	3465	3465	3465	3465	3465	3465	3465	3465
17	3463	3463	3463	3463	3463	3463	3463	3463	3463
18	3452	3452	3452	3452	3452	3452	3452	3452	3452
19	3413	3413	3413	3413	3413	3413	3413	3413	3413
20	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325	3325
21	3176	3176	3176	3176	3176	3176	3176	3176	3176
22	2982	2982	2982	2982	2982	2982	2982	2982	2982
23	2771	2771	2771	2771	2771	2771	2771	2771	2771
24	2576	2576	2576	2576	2576	2576	2576	2576	2576
25	2418	2418	2418	2418	2418	2418	2418	2418	2418

Table 3 Power curve for G132-3.465 MW wind turbine as a function of wind speed for STD FULL POWER at different air densities [kg/ m^3].

