



INSTITUTO TECNOLÓGICO
DE TUXTLA GUTIÉRREZ



**SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**

**INFORME TÉCNICO
DE RESIDENCIA PROFESIONAL**

INGENIERÍA ELÉCTRICA

PRESENTA:

Emilio Pérez Pérez

NOMBRE DEL PROYECTO:

“Diseño De Un Sistema Híbrido Eólico-Fotovoltaico De Interconexión,
En El Colegio De Ingenieros Mecánicos Y Electricistas Del Estado De
Chiapas A.C.”

PERIODO DE REALIZACIÓN:

AGOSTO-DICIEMBRE 2015

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; Diciembre de 2015.

Índice

Índice de Figuras	3
Índice de Tablas	4
Diseño de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico de interconexión, en el Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas del estado de Chiapas a.c. .	5
1. Introducción	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Estado del arte	5
1.3 Justificación.....	6
1.4 Objetivo General	7
1.5 Metodología	7
2. Fundamento Teórico.....	9
2.1 Energía Eólica.....	10
2.2 Aerogeneradores de tipo “Vertical”	14
2.3 Celdas Fotovoltaicas	17
2.4 Sistema Híbrido.....	19
3. Desarrollo	21
3.1 Caracterización del CIME Chiapas.....	21
3.2 Potencial del recurso eólico en Tuxtla Gutiérrez y en CIME Chiapas	29
3.3 Diseño de Generación de Energía Eléctrica Eólico-Fotovoltaico Interconectado.	39
4. Resultados y Conclusiones.....	44
4.1 Diagrama de unifilar Fotovoltaico-Eólico Interconectado	44
4.2 Estimación de costos y presupuestos mediante el Método de Hand	48
4.3 Estudio del Ahorro de Energía	49
4.4 Conclusión	51
Referencias Bibliográficas	53
Anexos.....	53
Anexo A: Artículo 694 de la NOM 001-2012, Sobre generador eólico pequeña	53
Anexo B: Artículo 705 de la NOM 001-2012, Sobre generador híbrida interconectada.....	67
Anexo C: Plano Arquitectónico del CIME	75
Anexo D: Ficha Técnica del Aerogenerador Vertical Aeolos-V 5kw	76
Anexo E: Ficha Técnica de los Módulos Fotovoltaicos SW-250	81

Anexo F: Ficha Técnica del XANTREX-XW-MPPT-HV80.....	84
Anexo G: Ficha Técnica de Medidor bidireccional SENTINEL.....	87

Índice de Figuras

Figura 1.1 Diagrama a Bloques hardware	
Figura 2.1 Circulación atmósfera general	
Figura 2.2 Efecto de la fuerza de Coriolis en la circulación atmósfera general	
Figura 2.3 Brisa marina (mediodía y tarde)	
Figura 2.4 Brisa marina (noche y amanecer)	
Figura 2.5 Flujo de aire entre dos zonas montañosas	
Figura 2.6 Flujo de aire en el caso de un obstáculo montañoso	
Figura 2.7 Gráfica relación velocidad tangencial vs coeficiente de potencia	
Figura 2.8 Tecnología Solar	
Figura 3.1 Mapa Tuxtla Gutiérrez, vista Street view, en Google earth	
Figura 3.2 Fachada del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas del Estado de Chiapas, A. C. Vista Street View con edificios, en Google earth	
Figura 3.3 Gráfica De Velocidad y dirección del viento, Fuente: CONAGUA	
Figura 3.4 Gráfica de Temperatura del aire, Fuente: CONAGUA	
Figura 3.5 Gráfica de la rosa de vientos, en Tuxtla Gutiérrez.	
Figura 3.6 Gráfica de barras de vientos, en Tuxtla Gutiérrez	
Figura 3.7 Gráfica de Distribución y frecuencias del viento, en Tuxtla Gutiérrez	
Figura 3.8 Gráfica hacia donde se dirige el viento, referenciado en google earth	
Figura 3.9 Gráfica proveniente del viento, en google earth	
Figura 3.10 Mapa del continente de América para velocidades del viento	
Figura 3.11 Código de colores según las velocidades del viento	
Figura 3.12 Mapa comparativo de velocidades de viento en Tuxtla GTZ y Arriaga	
Figura 3.13 Medición del viento con anemómetro digital, en el CIME	
Figura 3.14 Curva de Potencia del Aerogenerador Aeolos 5kw	
Figura 3.15 Programa de cálculo de Potencia del aerogenerador	
Figura 3.16 Resultados de la Simulación de cálculo de potencias del viento en el aerogenerador	
Figura 3.17 Curva de densidad de Potencia; Fuente: Asociación Danesa de la Industria Eólica	
Figura 4.1 Pasos para trámites de CFE para interconexión	
Figura 4.2 Diagrama básico de Interconexión	
Figura 4.3 Diagrama Unifilar del Sistema híbrido-interconectado	
Figura 4.4 Vista isométrico del diagrama unifilar sistema híbrido interconectado	

Índice de Tablas

- Tabla 1. Clasificación de aerogeneradores
- Tabla 2. Simbología Eléctrica de cargas en el CIME
- Tabla 3. Cargas instalados en el CIME
- Tabla 4. Medición del viento en el Edificio del CIME Chiapas
- Tabla 5. Producción anual de energía de turbinas eólicas
- Tabla 6. Respuesta del Sistema de Interconexión con Voltajes Anormales
- Tabla 7. Costos y Presupuestos de los materiales



Diseño de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico de interconexión, en el Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas del estado de Chiapas a.c.

Emilio Pérez Pérez (*usuario9vo@gmail.com*)

1. Introducción

1.1 Antecedentes

En los últimos años, la contaminación y el cambio climático se han convertido en una de las principales preocupaciones de la población mundial. Una gran parte de los contaminantes provienen del proceso de generación de la energía eléctrica, siendo las centrales eléctricas convencionales que utilizan combustibles no renovables; las cuales emiten calor y residuos industriales al medio ambiente.

La demanda energética de la población en México, ha crecido de manera considerable a través de los últimos años, debido al crecimiento de los equipos electrodomésticos, teléfonos inteligentes, tabletas electrónicas; que han hecho que la vida humana sea de alguna forma más fácil en el ámbito laboral y de la comunicación. Debido a tal estilo de vida, el suministro eficiente de la energía eléctrica en cada hogar es indispensable.

En este contexto es importante mencionar que el petróleo, gas y carbón siguen siendo los combustibles más recurridos por su bajo costo. Sin embargo, el impacto ambiental de estas fuentes de energía, sumando con el crecimiento de la población en el planeta y su demanda energética, ha traigo consigo nocivos efectos al medio ambiente. Es por ello la importancia de crear una forma de generación de energía limpia sin contaminaciones.

El potencial de la energía solar y eólica es enorme que equivale aproximadamente el doble de toda la energía producida por otras fuentes de energía no renovables. Aún con estas ventajas que se tiene en México, la energía eólica se enfrenta por los cambios climatológicos en las estaciones del año, ya que la velocidad y la dirección del viento es de suma importancia para generar energía eléctrica de manera continua, como también ocurre con los paneles fotovoltaicos.

Un sistema de generación de energía interactivo aislado, resulta ser muy costoso por el banco de baterías que se requieren. Además con las posibilidades de quedarse sin energía cuando alguno de los generadores estén en condiciones de nula producción de energía por algún período. Por ello, la solución es interconectar a la red eléctrica. De esta manera el consumidor tendrá un suministro de energía eléctrica eficiente, además de poder inyectar a red los excedentes de producción.

1.2 Estado del arte



Departamento de Eléctrica y Computación, de la Universidad americana de Beirut. Realizaron un estudio del dimensionamiento de unidad y control de los sistemas de energía híbrido eólica-solar. El análisis propuesto emplea técnicas de programación lineal para minimizar el costo promedio de producción de electricidad, mientras cumple con los requisitos de la carga de manera fiable, tomando en cuenta los factores ambientales, tanto en las fases de diseño y operación (Rahman, 2012).

Laboratorio de Energía Renovable, Golden, Colorado EE. UU. Realizaron una investigación de los impactos de la participación eólica interconectado a la red, en respuesta a frecuencia. En la cual, plantean que la frecuencia de una interconexión debe ser mantenido muy cerca de su nivel nominal en todo momento. El trabajo de simulación presentada en ese trabajo se evalúa el impacto de la provisión de generación eólica en las estrategias de control de potencia (Gevorgian & Ela, Julio, 2015).

Departamento de Ing. Eléctrica y Electrónica de Kandakur, India. Realizaron un control difuso ZN PID, a nivel distribución, interconectado a la red. El objetivo del proyecto es proporcionar un nuevo método en el que el compensador monitorea continuamente los parámetros de líneas como la tensión, corrientes, armónicos y potencia reactiva para mantener los valores deseados en la línea de distribución (Kasa & Ramanathan, 2015).

Proyecto FSE, México; es un instrumento creado por el Gobierno de México para impulsar la investigación científica y tecnológica aplicada. Se está desarrollando un nuevo material para los paneles solares, llamadas celdas cuánticas. El objetivo de las celdas solares cuánticas es aumentar el número de fotones absorbidos a longitudes de onda más cortas, de forma análoga a una celda tandem con dos uniones p-n, ofrece simplificación en su fabricación (Energética, 2015).

ABIMAEL GONZÁLEZ JIMÉNEZ, Residente del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, México. Realizó el diseño para aplicación de celdas fotovoltaicas en el edificio del CIME Chiapas. Su objetivo principal fue disminuir el consumo eléctrico de parte de CFE, al aprovechar la energía solar durante el día. Previo diseño es para mantener interconectado a la red (González Jiménez, 2015).

El presente proyecto, se diseña para una generación de energía híbrida, conectada a la red. Mediante una huerta solar y un conjunto de aerogeneradores de tipo vertical con imanes permanentes, se puede generar energía eléctrica durante el día con las celdas fotovoltaicas y tarde-noche con los aerogeneradores. Al estar interconectada a la red, el suministro de la energía eléctrica para el edificio del CIME, será continuo.

1.3 Justificación

El proyecto que se presenta en las instalaciones del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas del Estado de Chiapas (CIME); es una fuente alterna y sostenible de suministro de energía eléctrica. Al ser una fuente que no contamina el

medio ambiente, el espacio que ocupa es reducido, el tipo de generador a utilizar es eficiente en su funcionamiento.

Con este proyecto, se contempla un menor impacto sobre el medio ambiente. Esto se logra al no llevar a cabo algún proceso de combustión durante la extracción y transformación de la energía eléctrica, ya que no produce gases tóxicos, no destruye la capa de ozono, ni origina residuos contaminantes. Reduce las emisiones de CO₂, su uso y los posibles incidentes durante su explotación no implican riesgos ambientales.

Actualmente, la energía eólica ha demostrado su viabilidad técnica y económica, siendo una tecnología madura. Varias razones hacen de la eólica una de las energías renovables con gran desarrollo en los últimos años. Un aerogenerador doméstico, como se plantea en este proyecto, al encontrarse muy próximos a los puntos de consumo, se evita las pérdidas por transporte y distribución, además de muy reducidos costes en cuanto a su mantenimiento.

1.4 Objetivo General

Diseñar un sistema de alimentación utilizando una fuente de energía híbrida sostenible, mediante aerogeneradores interactivos con paneles fotovoltaicos, e interconectarlos a la red.

1.5 Metodología

En la figura 1.1, se presenta el diagrama a bloques del proyecto híbrido interconectado. En la cual se plantea la manera en que cada generador eólico se conecta a las diferentes etapas de dispositivos reguladores, tales como voltaje, frecuencia, armónicos y tiempos de reconexión en la presencia de algún disturbio eléctrico.

De manera similar el generador fotovoltaico, con sus respectivos dispositivos de control y regulación. En este caso, el voltaje necesita ser procesado mediante un inversor, para que el voltaje obtenido de los paneles pueda ser usado en estado sinusoidal sin tener problemas al conectarse a la red de ca. de CFE, según las especificaciones técnicas mediana escala.

A continuación se detalla cada elemento que conforma el diagrama a bloques, así como la importancia de las especificaciones de las mismas, para un correcto funcionamiento y cumplir con los requisitos técnicos para la interconexión entre CFE-Sistema Eléctrico Local (SEL).

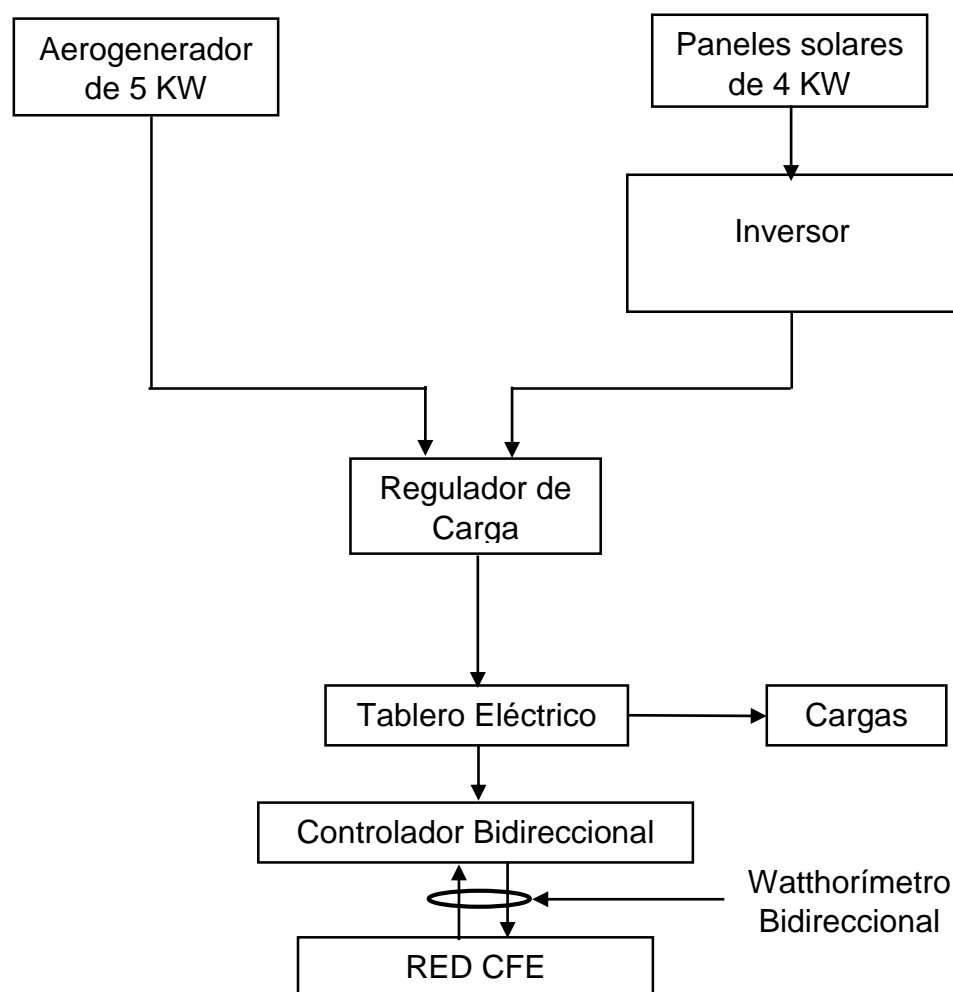


Fig. 1.1 Diagrama a Bloques hardware

AEROGENERADOR TIPO VERTICAL AEOLOS 5KW: Es un aerogenerador vertical con baja velocidad de arranque del viento, silencioso, seguro y confiable. Utiliza un generador trifásico con rotor externo con una velocidad de arranque del viento de 1.5m/s. Los aerogeneradores de eje vertical Aeolos son ampliamente aplicados para iluminación urbana, escuelas, supermercados, hogar y áreas de bajo ruido.

Las palas son hechas de aleación de aluminio con un especial diseño aerodinámico. Este diseño limitará la máxima velocidad de rotación a 260rpm incluso si la velocidad del viento es de 30m/s o 40m/s. Es más seguro y confiable que el aerogenerador tradicional de eje vertical.

PANEL SOLAR DE 4 KW: Los paneles solares o módulos fotovoltaicos convierten la energía luminosa del Sol en electricidad, esta es utilizada de inmediato mediante

inversores de red. Los Paneles Solares Monocristalinos y multicristalinos Conermex tienen múltiples ventajas, utilizan materiales de la más alta calidad con un excelente control de calidad en fábricas certificadas con estándares de manufactura ISO 9001 y todo con garantías de desempeño en potencia de más de 10 años y hasta 25 años.

INVERSORES SUNNY TRIPOWER SB-15000TL/SB-24000TL: El inversor solar SMA Sunny Tripower TL, es una unidad trifásica sin transformador con eficiencia máxima del 98%. Está certificado por UL hasta 1000 volts de corriente directa. Es un inversor adecuado para sistemas tanto de 600 como de 1000 volts de CD. Los inversores Tripower cuentan OptiTrac Global Peak que garantiza un mínimo de efectos de sombreado para maximizar el rendimiento general del sistema.

El Sunny Tripower dispone de funciones para panero de la red, sistemas de comunicación y supervisión. El inversor Sunny Tripower está equipado a falla a tierra en todas las entradas y un AFCI integrado para una instalación eléctrica segura. Cuenta con un amplio rango de voltaje de entrada y dos MPPT independientes.

REGULADOR DE CARGA: Es el componente central de un sistema aislado o híbrido, ya que regula el flujo de energía en el conjunto del sistema y es fundamental para determinar su funcionamiento y vida útil. Las cuales cumple las siguientes funciones: carga en paralelo, transferencia de CA y protección a errores.

TABLERO ELÉCTRICO: Es un elemento donde se encuentran todos los dispositivos de protección y maniobra de los circuitos eléctricos que componen la instalación eléctrica.

CONTROLADOR BIDIRECCIONAL: El objetivo principal de un controlador de carga, es proteger al sistema de una sobrecarga proveniente de los paneles solares o del aerogenerador. El controlador de carga regula la corriente y el voltaje aplicado al sistema, así mismo, prevé una descarga excesiva de la batería por las cargas (equipos conectados).

WATTHORÍMETRO BIDIRECCIONAL: es un componente fundamental para sistemas fotovoltaicos solares y aerogeneradores con interconexión a la red de CFE, ya que con éste medidor es posible registrar la energía excedente generada por el SSFV, y que no es consumida en determinado momento del periodo diurno, los kWh inyectados a la red de CFE se toman como un crédito temporal, mismos que se restan del total de su consumo al final del bimestre.

RED CFE: Suministradora de la energía eléctrica tradicional.

2. Fundamento Teórico

2.1 Energía Eólica

La energía eólica es la energía cinética del viento, que se obtiene a partir de turbinas eólicas, de las que existen diversos tipos. El viento es una consecuencia de la radiación solar. Debido, fundamentalmente, a la redondez de la Tierra se originan diferencias de insolación entre distintos puntos del planeta. En los polos, los rayos solares inciden oblicuamente, por lo que calientan menos la superficie de la Tierra.

Los rayos solares inciden perpendicularmente en el ecuador y calientan más la superficie de la Tierra, ya que se reparten sobre una superficie más pequeña que en los polos. Estas diferencias de insolación dan lugar a diferentes zonas térmicas que provocan diferencias de densidad en las masas de aire. En el ecuador, el aire al calentarse se hace más ligero (menos denso) y asciende a las capas altas de la atmósfera dejando tras de sí de baja presión; en los polos, el aire es más pesado (más denso) y desciende aumentando la presión.

El aire que envuelve a la Tierra, como cualquier gas, se mueve desde las zonas de mayor presión atmosférica a las de menos presión; es decir, si la Tierra no girase y su superficie fuese homogénea el aire se movería desde los polos al ecuador por las capas bajas del atmósfera y del ecuador a los polos por las capas altas siguiendo un ciclo de movimiento de aire en cada hemisferio. Este aire en movimiento horizontal es el viento. (Gevorgian & Ela, Julio, 2015)

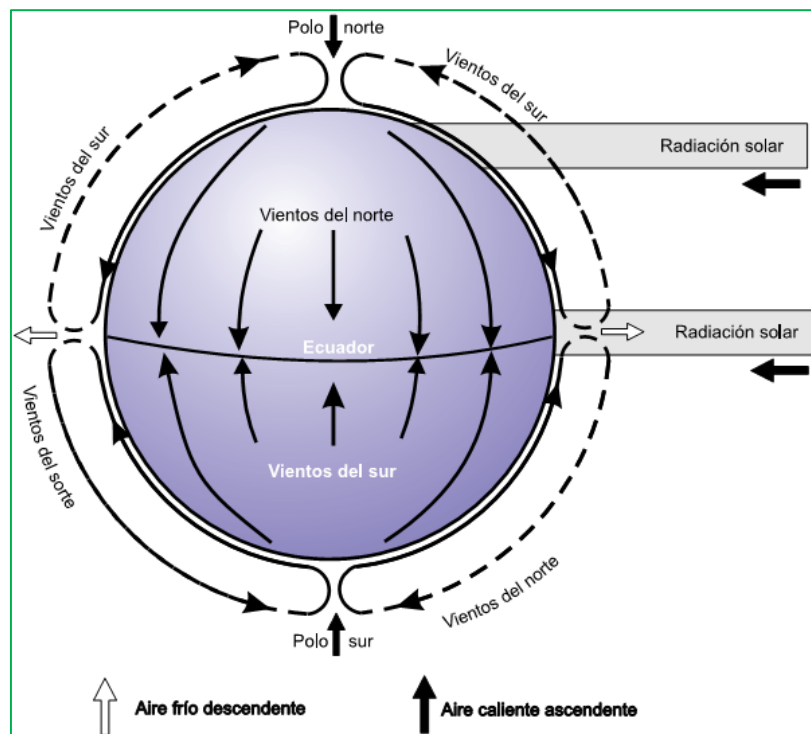


Fig. 2.1 Circulación atmósfera general.

Si se tiene en cuenta el movimiento rotacional de la Tierra, el modelo de circulación global del aire sobre la misma se complica. El movimiento de rotación de la Tierra da lugar a la aparición de las fuerzas de Coriolis, las cuales actúan sobre la masa

de aire en movimiento desviándola hacia la derecha en el hemisferio norte y hacia la izquierda en el hemisferio sur.

Estas fuerzas originan los denominados vientos de poniente (del oeste) y alisos (del este). En la siguiente figura, se muestra como el conjunto de factores que influyen sobre la masa de aire (sin tener en cuenta las estaciones y en ausencia de continentes), da lugar a que el ciclo de movimiento de aire en cada hemisferio se descomponga en tres ciclos independientes.

Respecto al modelo descrito es necesario aclarar que la circulación global del aire sobre el planeta es mucho más compleja, ya que en ella intervienen muchos factores. Entre los factores que intervienen se pueden señalar la composición de la Tierra en océanos y continentes (con diferentes calores específicos indicador de la cantidad de calor que puede almacenar la materia por unidad de masa, kcal/kg).

El movimiento de traslación de la Tierra en torno al Sol, que hace que la intensidad de la radiación solar recibida por las diferentes zonas de la Tierra sea distinta según las estaciones del año, la topografía de los continentes que constituyen obstáculos que modifican el comportamiento del viento y las perturbaciones atmosféricas (Gevorgian & Ela, Julio, 2015).

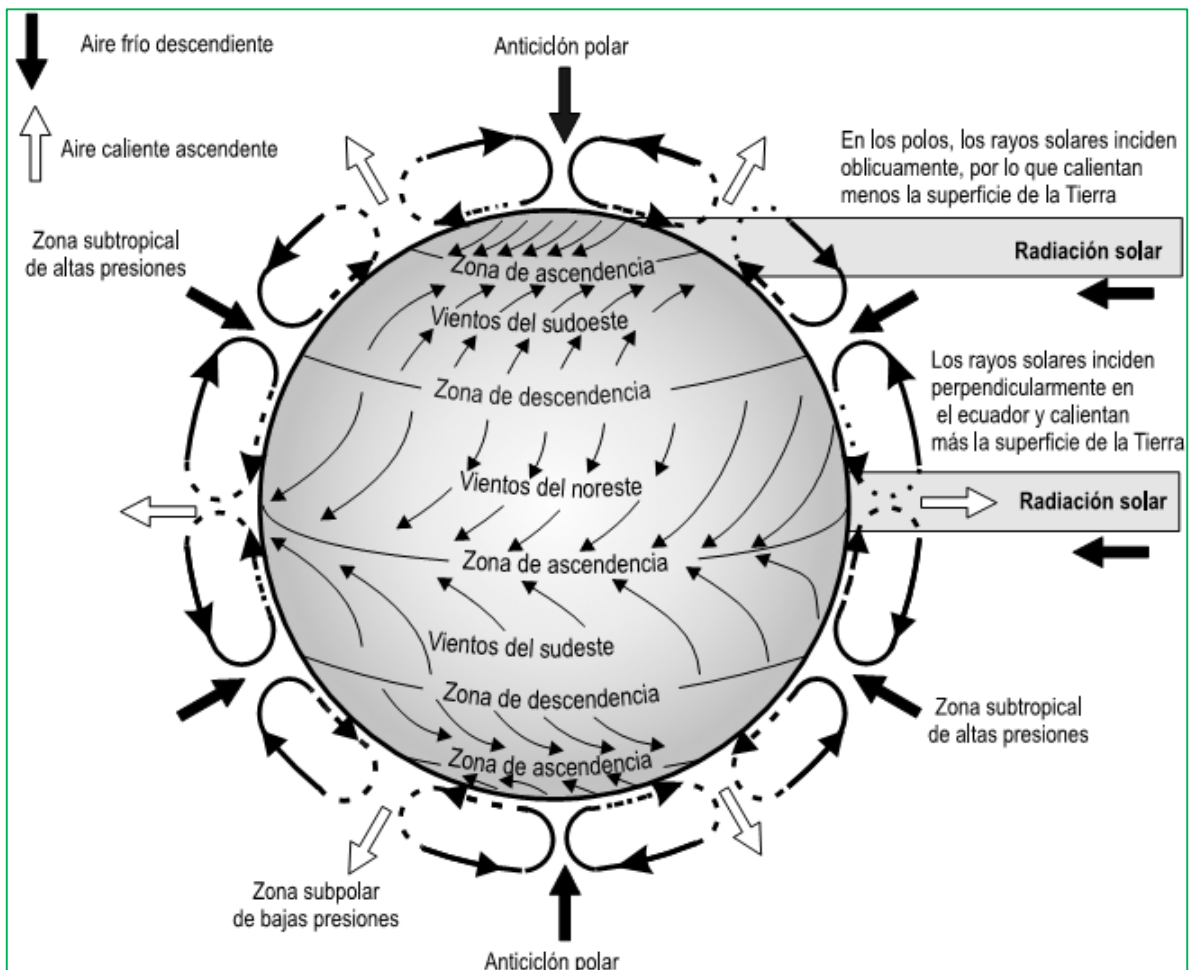


Fig. 2.2 Efecto de la fuerza de Coriolis en la circulación atmósfera general

Los vientos generales que circundan el globo terrestre se llaman macro climáticos. Esto es debido a la orografía del terreno y las diferencias de presión varían sus características, lo que origina los vientos llamados micro climático o locales. Estos últimos pueden ser clasificados en: vientos inducidos térmicamente, vientos inducidos por la orografía y vientos generales influenciados por los efectos climáticos locales.

Entre los vientos inducidos térmicamente pueden señalarse las brisas marinas y las corrientes valle-montaña. Las brisas marinas se originan como consecuencia de los distintos calores específicos, y la diferente velocidad de calentamiento y enfriamiento del mar y la tierra. Durante el día (Figura 2.3), la tierra se calienta más rápidamente que el mar, haciendo que el viento sopla del mar a la tierra (mediodía y tarde).

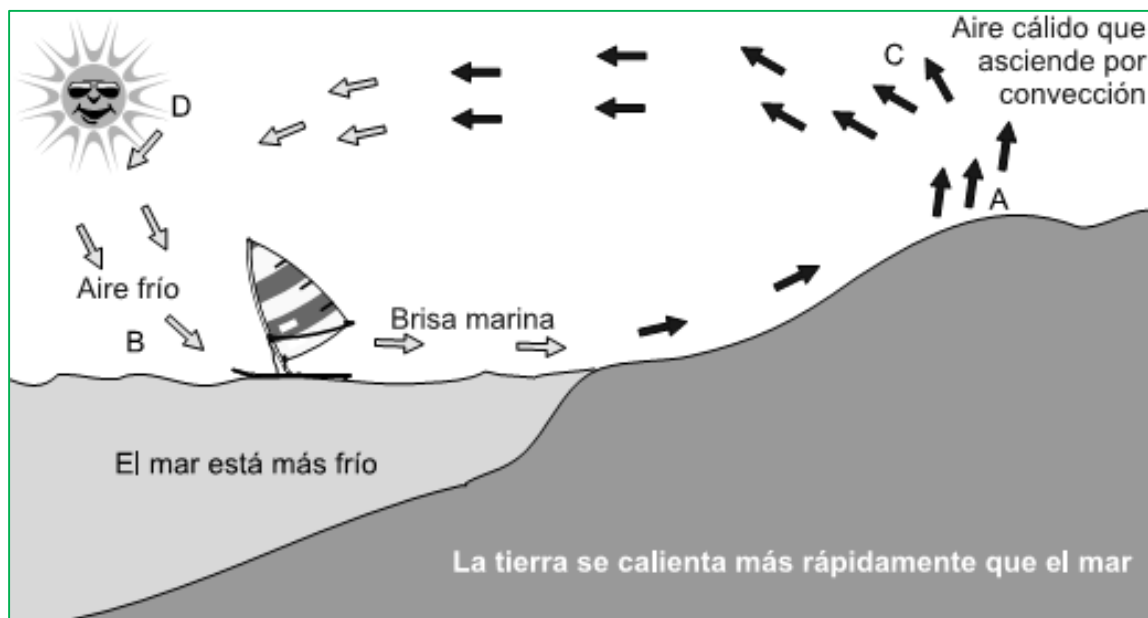


Fig. 2.3 Brisa marina (mediodía y tarde)

Por la noche y al amanecer el viento sopla hacia el mar, ya que la tierra se enfría más rápidamente que el mar (Figura 2.4). Los vientos valle-montaña se producen por un proceso parecido. Unas laderas reciben más insolación que otras, en función de su pendiente y orientación. Estos vientos soplan durante toda la noche desde la montaña al valle y desde el valle a la montaña durante el día. Las brisas son vientos de poca velocidad aunque alcancen en ciertos sitios hasta los 13 m/s.

Los vientos inducidos por la orografía dependen del obstáculo y su orientación. El aire que se desplaza en la proximidad de la superficie terrestre debe sortear los innumerables obstáculos que encuentra a su paso, cambiando en mayor o menor

medida sus características. Si la distribución orográfica es tal que hay dos zonas montañosas próximas (Figura 2.5), el flujo de aire se ve obligado a penetrar por un estrecho canal.

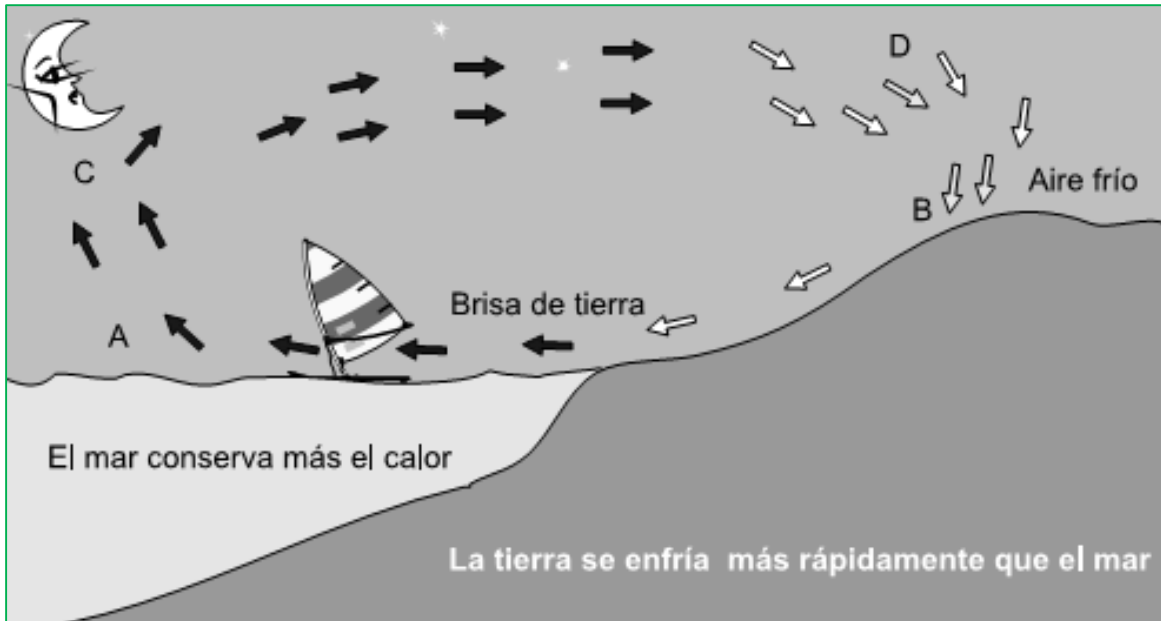


Fig. 2.4 Brisa marina (noche y amanecer)

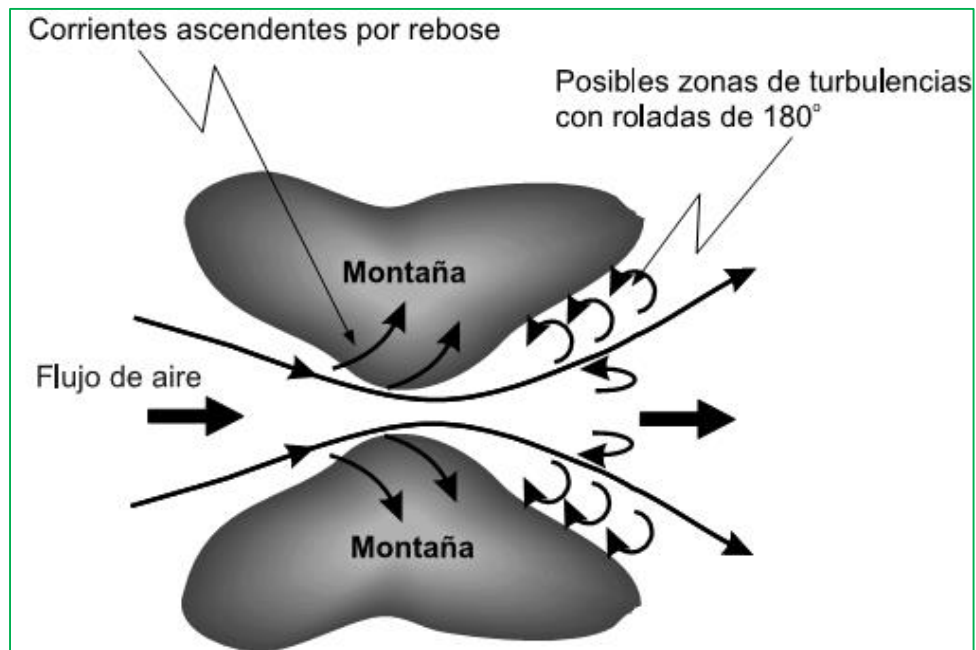


Fig. 2.5 Flujo de aire entre dos zonas montañosas.

El teorema de Bernoulli establece que la velocidad de un fluido aumenta cuando la sección por la que pasa disminuye. Por tanto, en este caso, como la sección por la que discurre el aire entre las dos montañas es mucho más estrecha que fuera y las líneas de corriente están muy próximas, la velocidad aumenta. Los Pirineos y los Alpes forman una especie de embudo, y cuando los vientos en el extremo del embudo llegan al Mediterráneo, salen a gran velocidad. Por el mismo efecto de Bernoulli, encima de las montañas el viento aumenta de intensidad (Figura 2.6). Inversamente, en un valle el viento disminuye.

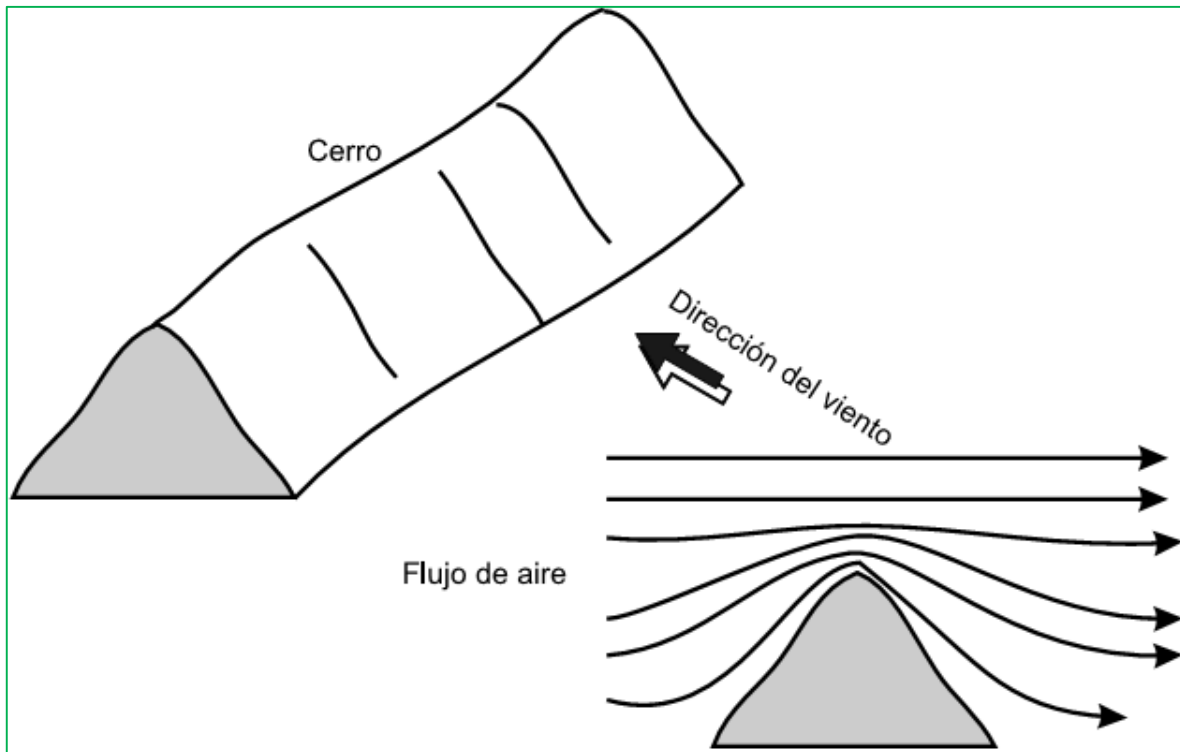


Fig. 2.6 Flujo de aire en el caso de un obstáculo montañoso

De forma general, se puede considerar que los factores que influyen en el régimen de vientos en una zona determinada son: Situación geográfica, Características climáticas locales, Topografía de la zona e Irregularidades del terreno.

2.2 Aerogeneradores de tipo “Vertical”

El primer diseño de rotor de eje vertical que utiliza un perfil aerodinámico para utilizar la fuerza de sustentación o levantamiento fue propuesto en 1925 por el ingeniero francés Darrieus, particularmente se ha considerado como concepto prometedor para las turbinas de viento modernas.

En el rotor de Darrieus, las láminas cuentan con un perfil aerodinámico y giran en un patrón de sólido geométrico de revolución. Esto hace que la forma geométrica de las láminas del rotor sea complicada y difícil fabricar. Al igual que el caso con los rotores de eje horizontal, los rotores de Darrieus se construyen con dos o tres láminas para el rotor.

Los aerogeneradores de eje vertical no necesitan mecanismo de orientación y el generador eléctrico puede ir al suelo. Pero su producción energética es menor, respecto a un aerogenerador convencional de la misma potencia y se han de motorizar para facilitar su puesta en marcha.

Hay tres tipos: el Savonius, está formado por dos semicírculos desplazados horizontalmente a una determinada distancia, a través de la cual se desplaza el aire (desarrolla poca potencia), el Giromill, conjunto de palas verticales unidas con dos barras en el eje vertical (10-20 Kw), y los Darrieus, está formado por dos o tres palas biconvexas unidas al eje vertical por la parte inferior y superior, permite aprovechar el viento dentro de una banda ancha de velocidades, el inconveniente es que no se encienden solos y necesitan un rotor Savonius una motorización (fiscal los 500 Kw).

Sus principales ventajas son que no necesita un sistema de orientación al ser omnidireccional y que el generador, multiplicador, etc., son instalados a ras de suelo, lo que facilita su mantenimiento y disminuyen sus costes de montaje.

RELACIÓN VELOCIDAD TANGENCIAL VS COEFICIENTE DE POTENCIA

Una manera más útil para determinar la eficiencia del aerogenerador es utilizar la relación de velocidad tangencial o TSR4. Es un término que sustituye al número de revoluciones por minuto de la turbina; sirve para comparar el funcionamiento de máquinas eólicas diferentes, por lo que también se le suele denominar velocidad específica.

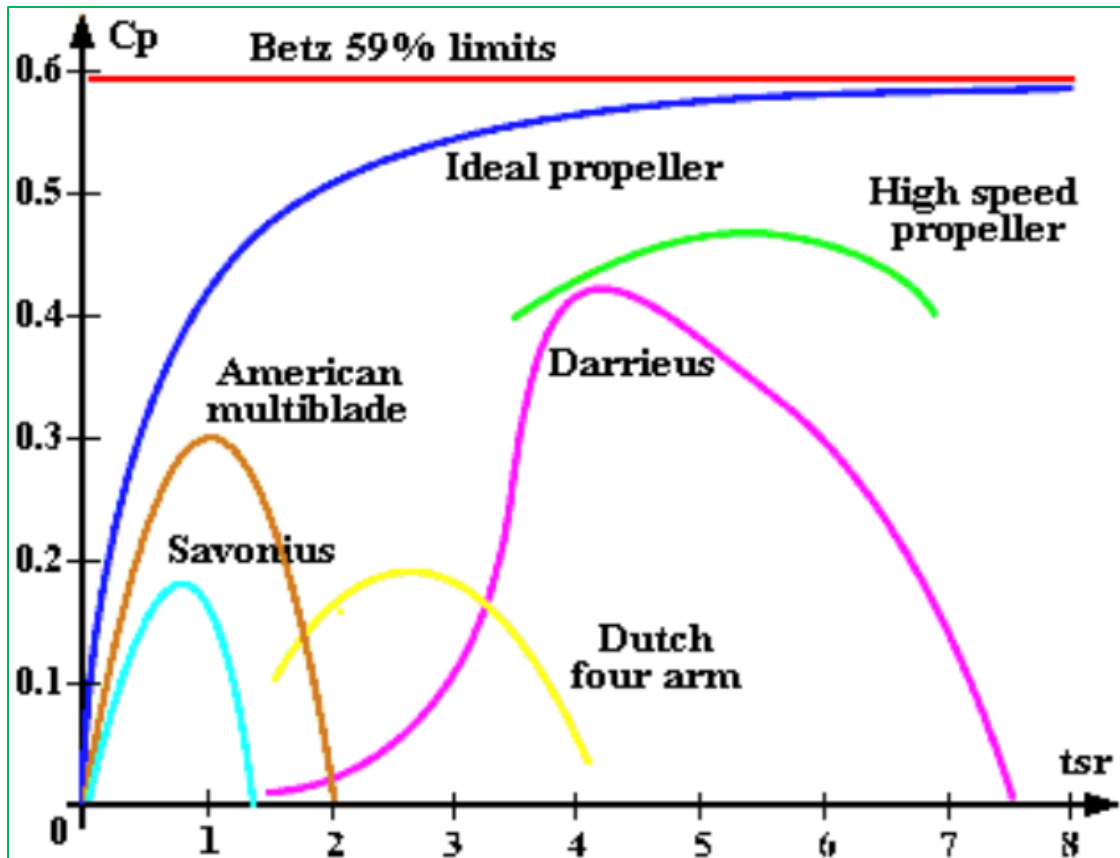


Fig. 2.7 Gráfica relación velocidad tangencial vs coeficiente de potencia

VENTAJAS PRINCIPALES DE LOS CONCEPTOS DE EJE VERTICAL:

- ✓ Su diseño básicamente simple permite que los sistemas mecánicos y eléctricos, como la caja de engranajes y el generador, sean colocados al nivel del suelo
- ✓ No requiere sistema de orientación hacia la dirección del viento
- ✓ Son silenciosos
- ✓ Velocidad de giro es usualmente menor
- ✓ Pueden funcionar adecuadamente aún en viento racheado, con turbulencia y que cambia constantemente de dirección
- ✓ Pueden aprovechar vientos de baja intensidad
- ✓ Son seguras: Las aspas de las turbinas de eje horizontal pueden desprenderse en fuertes vientos
- ✓ Los elementos que requieren un cierto mantenimiento pueden ir situados a nivel del suelo.
- ✓ Mayor rendimiento

La siguiente tabla, se muestran las comparaciones entre un aerogenerador del tipo horizontal y vertical.

Tabla 1. Clasificación de aerogeneradores

Eje	Tipo de Rotor	Rendimiento Máximo	Características
HORIZONTAL	Holandés	0,17	<ul style="list-style-type: none"> -30-60 kW -Alto par de arranque -Velocidades medias(*) -Diseño ineficiente de las palas -4 palas
	Multipala Americano	0,15	<ul style="list-style-type: none"> -0,4-6 kW -Alto par de arranque -Bajas velocidades -Muchas pérdidas -12-15 palas
	Perfil Aerodinámico (hélices)	0,47	<ul style="list-style-type: none"> -0,5-3.200 kW -Bajo par de arranque -Altas velocidades -Alto rendimiento -1 a 3 palas
VERTICAL	Savonius	0,30	<ul style="list-style-type: none"> -0-1,5 kW -No requiere ser orientado -Alto par de arranque -Bajas velocidades -2 a 4 palas
	Darrieus	0,35	<ul style="list-style-type: none"> -5-500 kW -No requiere ser orientado -No arranca solo -Altas velocidades -Buen rendimiento -2 a 3 palas

2.3 Celdas Fotovoltaicas

El Sol es una esfera gaseosa formada, fundamentalmente, por helio, hidrógeno y carbono. Su masa es 330.000 veces la masa de la Tierra y se estima que su edad es de unos 6.000 millones de años.

El Sol se comporta como un reactor nuclear que transforma la energía nuclear en energía de radiación, energía que llega a la Tierra. Sin embargo, no toda la energía que se produce en el Sol llega a la superficie terrestre. Al atravesar la atmósfera, la radiación pierde intensidad a causa de la absorción, la difusión y la reflexión por acción de: gases, vapor de agua y partículas en suspensión de la atmósfera.

Así, la radiación que la tierra recibe del Sol se puede dividir en:

Radiación directa: es la que atraviesa la atmósfera sin sufrir ningún cambio en su dirección.

Radiación dispersa o difusa: es la que recibimos después de los fenómenos de reflexión y difusión.

Podríamos decir que a la Tierra llega una gran cantidad de energía solar en forma de radiaciones. Por eso, la energía solar es un recurso energético importante a tener en cuenta.

Los sistemas fotovoltaicos aprovechan la fuente de energía más abundante sobre el planeta: la luz solar, para transformarla en electricidad utilizando paneles fotovoltaicos. Esto se lleva a cabo mediante un proceso no contaminante, ya que no emite gases nocivos ni se generan molestos ruidos. La tecnología fotovoltaica es la única energía renovable totalmente confiable, disponible en cualquier ubicación y sin limitaciones para su instalación.

En la actualidad existen dos tecnologías diferentes para la generación eléctrica a partir de la radiación solar. La primera de ellas, denominada tecnología fotovoltaica, consiste en transformar directamente la radiación solar en electricidad. La segunda posibilidad, denominada tecnología solar termoeléctrica, se basa en emplear la radiación solar para calentar un fluido y emplearlo en un ciclo termodinámico convencional.

Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica se aprovecha transformándola directamente en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. Esta transformación se lleva a cabo mediante células fotovoltaicas.

Tecnología solar fotovoltaica

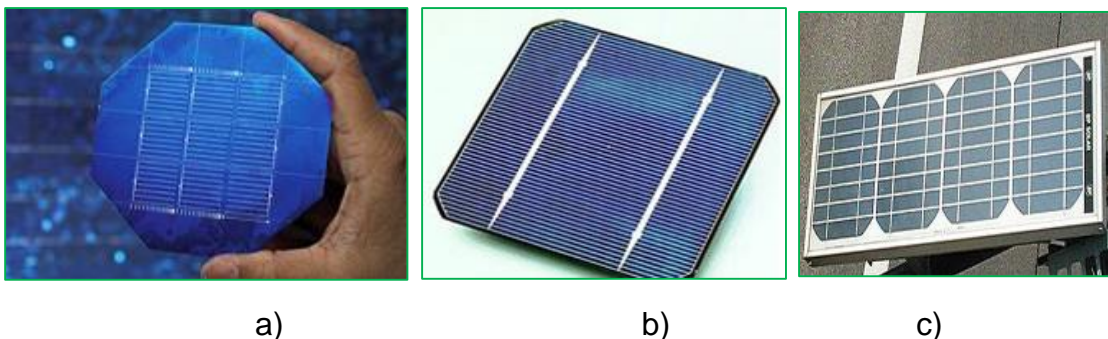


Figura 2.8 Tecnología Solar, a) Célula fotovoltaica, b) Placa Fotovoltaica y c) Panel solar.

La tecnología solar fotovoltaica consiste en la transformación de la radiación solar en electricidad mediante las denominadas células fotovoltaicas. Utilizando el denominado efecto fotoeléctrico y aprovechando las propiedades de los materiales

semiconductores, estas células generan corriente continua al incidir en ellas la luz, corriente que es posteriormente transformada en alterna para su utilización. Las células fotovoltaicas empleadas comúnmente son de silicio cristalino, aunque ya se está investigando el uso de nuevos materiales.

Los módulos fotovoltaicos, que están formados por un conjunto de células, pueden instalarse de diferentes maneras. Los módulos fijos son los más sencillos y fiables debido a que no presentan partes móviles, pero su rendimiento es menor que otras alternativas. Otra posibilidad es incorporar seguidores, que son equipos electromecánicos que orientan el módulo fotovoltaico para que siempre esté dirigido hacia el sol. Como consecuencia de ello su rendimiento es mayor que el de los módulos fijos. También es posible emplear concentradores, que son elementos que captan y concentran la energía sobre células solares de alta eficiencia.

En paralelo a los avances en módulos fotovoltaicos, actualmente se trabaja en el desarrollo de la tecnología de lámina delgada, basada en compuestos como el silicio amorfo o el CIS/CIGs, que resulta muy prometedora.

Ventajas de la energía solar

Las centrales solares presentan numerosas ventajas con respecto a los combustibles fósiles, aunque quizá la más importante sea la reducción de las emisiones contaminantes. Además, al ser una energía descentralizada puede captarse y utilizarse en todo el territorio, siempre que se den las condiciones de radiación solar requeridas. Esto contribuye a evitar el despoblamiento progresivo de determinadas zonas y el mantenimiento costoso de líneas eléctricas en zonas de difícil acceso, así como a reducir la dependencia energética del exterior y a crear puestos de trabajo.

2.4 Sistema Híbrido

Se puede denominar híbrido a un sistema de generación que incluye fuentes convencionales y no convencionales, también puede llamarse híbrido el sistema compuesto por más de una fuente sea cual sea, renovable o no, así podemos encontrar entonces sistemas híbridos renovables. Los costos individuales de propuestas de generación no convencional no pueden competir aún con el costo promedio del sistema interconectado, la propuesta consiste en mezclar las ventajas de varias fuentes.

Los sistemas híbridos optimizan las mejores condiciones del viento y el sol, complementándose entre sí. Los días fríos y de viento, normalmente nubosos, apenas permiten aprovechar la luz solar, mientras que son ideales para los aerogeneradores. Por su parte, los días de anticiclón suelen provocar cielos despejados con poco viento, y por tanto, más adecuados para los paneles fotovoltaicos.

El panel solar capta la radiación solar directa y difusa durante el día y el aerogenerador capta la energía cinética del viento durante día y noche, por lo que ambos sistemas producen suficiente energía eléctrica las 24 horas para todas las

necesidades de los circuitos de iluminación a base de lámparas de bajo consumo eléctrico.

El sistema híbrido deberá ser colocado en la parte superior de la techumbre en un poste metálico de manera independiente, orientando el panel fotovoltaico hacia el Sur y el aerogenerador hacia la dirección del viento dominante.

Características del sistema híbrido

Un requerimiento común en los sistemas de energía no convencional, es el almacenamiento. Como se ha mencionado la continuidad de generación depende de la disponibilidad del recurso, en el caso de la energía solar solo se tiene disponibilidad de algunas horas del día, en la eólica se requiere del viento, en la hidroeléctrica del caudal o la caída de agua, por esta razón la energía eléctrica obtenida debe utilizarse inmediatamente, de manera que se almacena en baterías que permiten disponer de la energía no utilizada inmediatamente para aprovecharla cuando los requerimientos de energía superan el aporte de las fuentes alternas.

La electrificación de zonas aisladas, o cargas que por su naturaleza son de difícil acceso, repetidoras de sistemas de comunicaciones, señalización de carreteras, representan una gran incertidumbre en términos de demanda de potencia y consumo de energía, así como condiciones ambientales variables, que dependen de la ubicación geográfica, así como los aspectos socioeconómicos y políticos de las comunidades.

Con el fin de lograr éxito en un proyecto de generación híbrida debe ser adecuado para sitios aislados, se debe considerar la logística para la instalación, el suministro de combustible, operación, mantenimiento y tiempo de respuesta para la reparación de fallas, estos sistemas son de particular interés porque no consumen recursos naturales no renovables y su impacto al medio ambiente es muy bajo. Se debe dar un particular énfasis sobre la calidad del suministro de energía eléctrica, de ésta depende que los usuarios acepten utilizarla habitualmente, para evaluar el proyecto se deberá incluir la disponibilidad de energía proyectada, la facilidad del sistema para alimentar cargas heterogénea las 24 horas de un día, la capacidad para soportar transitorios, cortocircuitos y sobrecargas, deben identificarse claramente las limitaciones de suministro de energía.

La evaluación del sistema debe reflejar los costos reales, sobre la base del costo de la energía durante el ciclo de vida útil del equipo, incluyendo costos de capital, operación y mantenimiento de cada alternativa de solución, así como la energía generada por cada sistema. El análisis de la mayor cantidad de escenarios posibles esperados en el ciclo de vida útil del equipo incluyendo las componentes de costo más representativas.

Un buen suministro de energía eléctrica requiere un alto grado de confiabilidad, se debe evaluar el grado y frecuencia de riesgos técnicos del sistema, el tiempo promedio entre fallas, la redundancia, así como los tipos de fallas y sus efectos. Por otro lado la planeación de una correcta operación y mantenimiento permitirá reducir costos considerablemente, la ubicación de éstos sistemas de generación y su

acceso no permite que este aspecto sea algo improvisado, de manera que hay que capacitar a la comunidad para estas labores.

El sistema se debe diseñar con un grado de automatismo tal que haga innecesaria la presencia regular de un operador, por lo que en caso de estimarse necesario se puede instalar adicionalmente un sistema de adquisición de datos para que en forma remota se puedan consultar las variables más importantes de la operación del sistema. El requerimiento más importante de los sistemas para zonas aisladas es la aceptación de la comunidad que debe involucrarse desde el momento en que se concibe el proyecto, durante la instalación del sistema, así como en la operación del mismo, desarrollando un sentido de propiedad del sistema que asegura la protección de los equipos.

La capacitación en uso racional de la energía, sobre todo para evitar el exceso de las condiciones originales de diseño, que podrán causar daños irreversibles en algunos de los componentes del sistema, en especial las baterías. Es recomendable hacer un seguimiento del impacto en las condiciones de vida después de la instalación.

Otro aspecto importante para tener en cuenta es la vida útil del sistema, en especial porque no todos los componentes del equipo tienen la misma duración, se deberá prever la reposición de algunos 2 o 3 veces durante el ciclo de vida del equipo. Las baterías, que representan un 30% del costo total del sistema, duran aproximadamente una tercera parte que los paneles solares y que la electrónica de potencia, por lo que habrá que tomar este hecho en cuenta al evaluar los costos de operación y mantenimiento del sistema, según sean los componentes.

Las energías alternativas se han enfocado en el aprovechamiento de cualquier cantidad de energía, considerando la modularidad y flexibilidad del sistema para escalar diferentes capacidades según la demanda sin perder las inversiones iniciales, así como ofrecer un alto grado de seguridad frente a condiciones ambientales extremas. El impacto que tengan estos proyectos dependerá de la capacidad de replicarse en otros sitios teniendo en cuenta las diferencias de ubicación, recursos, demanda y aceptación.

3. Desarrollo

3.1 Caracterización del CIME Chiapas.

El CIME Chiapas, es digno foro, donde confluyen las más diversas disciplinas de la ingeniería que van desde Mecánica, Eléctrica, Electromecánica, Electrónica, Mecatrónica, en Energía, Industrial Eléctrica, Industrial y Sistemas. Y que ofrece constante y permanente capacitación y actualización, para formar profesionistas altamente calificados, con el respaldo de una institución que cuenta con el prestigio de ser un órgano rector y de consulta, y que a su vez lo impulsa para acceder a las

figuras de representación técnica que le añaden una plusvalía a su desempeño profesional.

La historia del CIME, esta entrañablemente ligada a la figura del Ingeniero Héctor Fernández Basulto, Ingeniero Electromecánico, quién desarrolló su carrera en la Comisión Federal de Electricidad en la ciudad de México, y una vez jubilado vino a residir a esta ciudad de Tuxtla Gutiérrez.

Con la experiencia y visión que le caracterizaban, y con un renovado entusiasmo empezó reunirse con un grupo de amigos con quienes compartía intereses en común, intercambiaron ideas, propusieron y por último, crearon una agrupación de profesionales de la ingeniería electromecánica.

El edificio del CIME Chiapas, se ubica en Avenida Paseo de las Gárgolas 160, Fraccionamiento Atenas, 29027 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Con coordenadas: Latitud: 16.7679 46 04.50, Longitud: -93.1587 09 31.60, Elevación: 611.



a)



b)

Fig. 3.1 Mapa Tuxtla Gutiérrez, vista Street view, en Google earth. a) Tuxtla Gutiérrez y b) Ubicación del CIME, col. Chapultepec.



Fig. 3.2 Fachada del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas del Estado de Chiapas, A. C. Vista Street View con edificios, en Google earth.

Cargas En Las Instalaciones Del CIME

MOMENCLATURA DE LAS SALAS:

A: SALA DE CAPACITACIÓN

B: PRESIDENCIA

C: SALA DE ESPERA

D: COCINA

E: SALA DE JUNTAS

F: ADMINISTRACIÓN

G: PASILLO

H: BAÑOS

I: SALÓN DE FIESTAS

J: SALA DE ENTRENAMIENTO

K: SERVICIOS GENERALES

L: CAFETERIA

M: BAÑOS

N: AULA MAGNA

Tabla 2. Simbología Eléctrica de cargas en el CIME

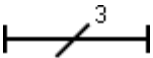
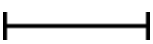

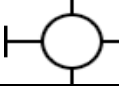

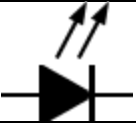




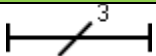
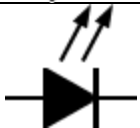




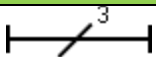
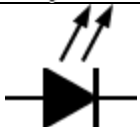



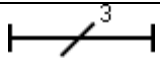
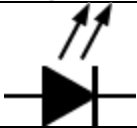





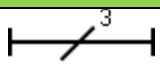


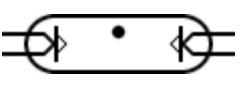




















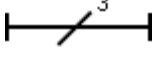
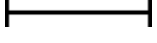

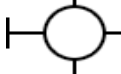


Simbología eléctrica	Descripción
	Lámparas fluorescentes de 1 x 3
	Lámparas fluorescentes 1 x 2
	Contactos sencillos
	Luminaria de halógeno
	Apagadores sencillos
	Lámparas led
	Lámparas fluorescentes
	Foco
	Aire acondicionado-clima
	Contacto de piso



Tabla 3. Cargas instalados en el CIME

SALA	CARGA	CANTIDAD	POTENCIA DE CARGA	POTENCIA TOTAL DE CARGA	TOTAL DE CARGA POR SALA
A		12	14W	168W	
		14	5W	70W	
		14	127W	1,778W	
		2	127W	254W	
		4	127W	508W	
		1	2,500W	2,500W	
Total en watts					
B		18	14W	252W	
		16	5W	80W	
		8	127W	1,016W	
		4	127W	508W	
		1	1,700W	1,700W	
Total en watts					3,556W

C		9	14W	126W	
		9	9W	81W	
		4	127W	508W	
		1	2,750W	2,750W	
Total en watts					3,465W
D		1	15W	15W	
		2	127W	254W	
		5	127W	635W	
Total en watt					904W
E		18	14W	252W	
		24	127W	3,048W	
		1	2,400W	2,400W	
Total en watt					5,700W
F		8	39W	312W	
		8	127W	1,016W	

		1	3,150W	3,150W	
Total en watts					4,478W
G		5	9W	45W	
		4	127W	508W	
		1	127W	127W	
Total en watts					680W
H		10	39W	390W	
		1	15W	15W	
		3	127W	381W	
Total en watts					786W
I		8	220W	1,270W	
		10	127W	1,270W	
Total en watts					2,540W
J		8	39W	312W	
					

		14	127W	1,778W	
Total en watts					2,344W
K		4	39W	156W	
		3	127W	381W	
		4	127W	508W	
Total en watts					1,045w
L		14	15W	210W	
		13	127W	1,651W	
		24	127W	3,048W	
Total en watts					4,909W
M		5	15W	75W	
		5	127W	635W	
Total en watts					710W
N		18	45W	810W	
		8	45W	360W	
		54	127W	6,858W	
		6	50W	300W	
		13	15W	195W	
					

		3	127W	381W	
		1	10,550W	10,550W	
		1	17,584W	17,584W	
Total en watts					37,038W
Carga total					73,433W

CARGA EN KW= 73.433KV

Considerando un F.P.: 0.80

La Carga Total en KVA: $s = \frac{KW}{F.P.} = \frac{73.433kw}{0.80} = 91.79 KVA$

3.2 Potencial del recurso eólico en Tuxtla Gutiérrez y en CIME Chiapas

Para analizar las magnitudes del viento durante un periodo de 4 años, la información fue obtenida a través del Servicio Meteorológico Nacional. El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) es el organismo encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local en nuestro país. El Servicio Meteorológico Nacional, depende de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la cual forma parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Los objetivos del SMN se concentran en la vigilancia continua de la atmósfera para identificar los fenómenos meteorológicos que pueden afectar las distintas actividades económicas y sobre todo originar la pérdida de vidas humanas. El SMN también realiza el acopio de la información climatológica nacional.

A partir de los datos proporcionados de SMN, se realizará un estudio del viento a través del uso de software como: Microsoft Excel, WRPLOT de Lakes Environmental y Google earth.



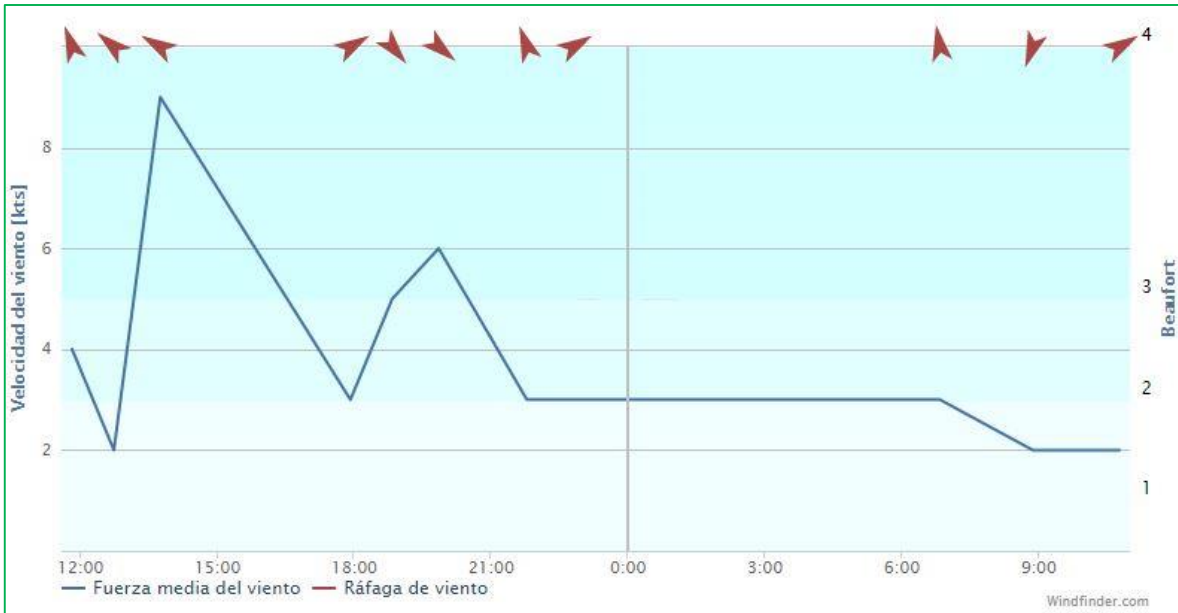


Figura 3.3 Gráfica De Velocidad y dirección del viento, Fuente: CONAGUA

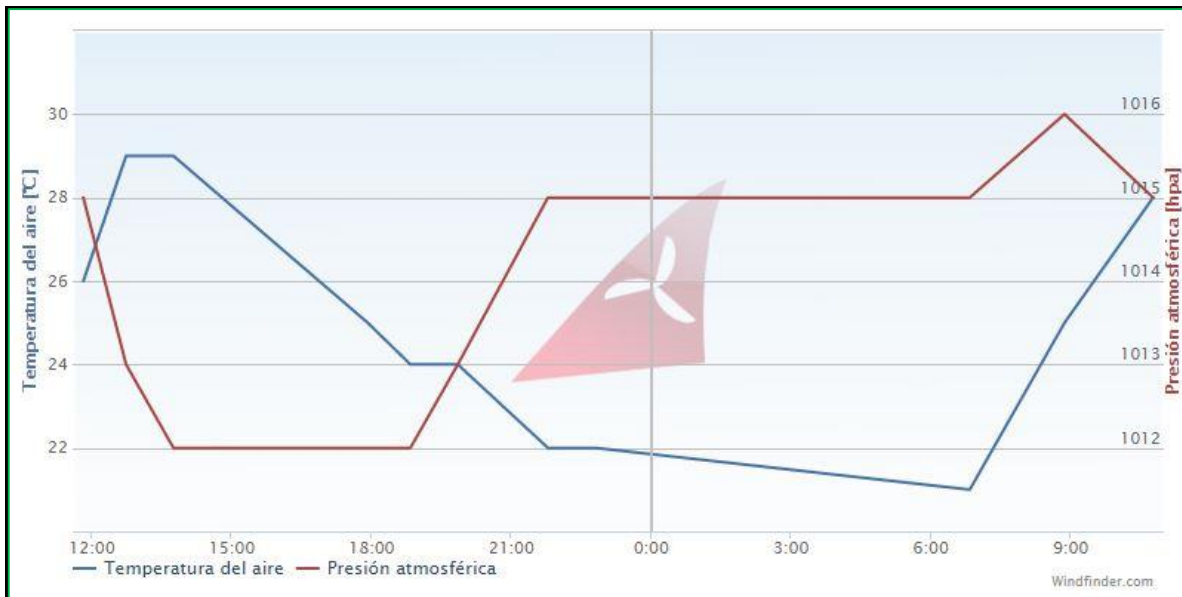


Figura 3.4 Gráfica de Temperatura del aire, Fuente: CONAGUA

Tomando los datos como: la fecha, los días, horas y magnitudes del viento con las respectivas direcciones. Con datos desde enero de 2015, hasta noviembre 2015. Se graficó la rosa del viento con la magnitud y dirección en la zona Tuxtla Gutiérrez. En la figura 3.3 se puede observar dicha gráfica, con el Software de WRPLOT en la versión 7.0.

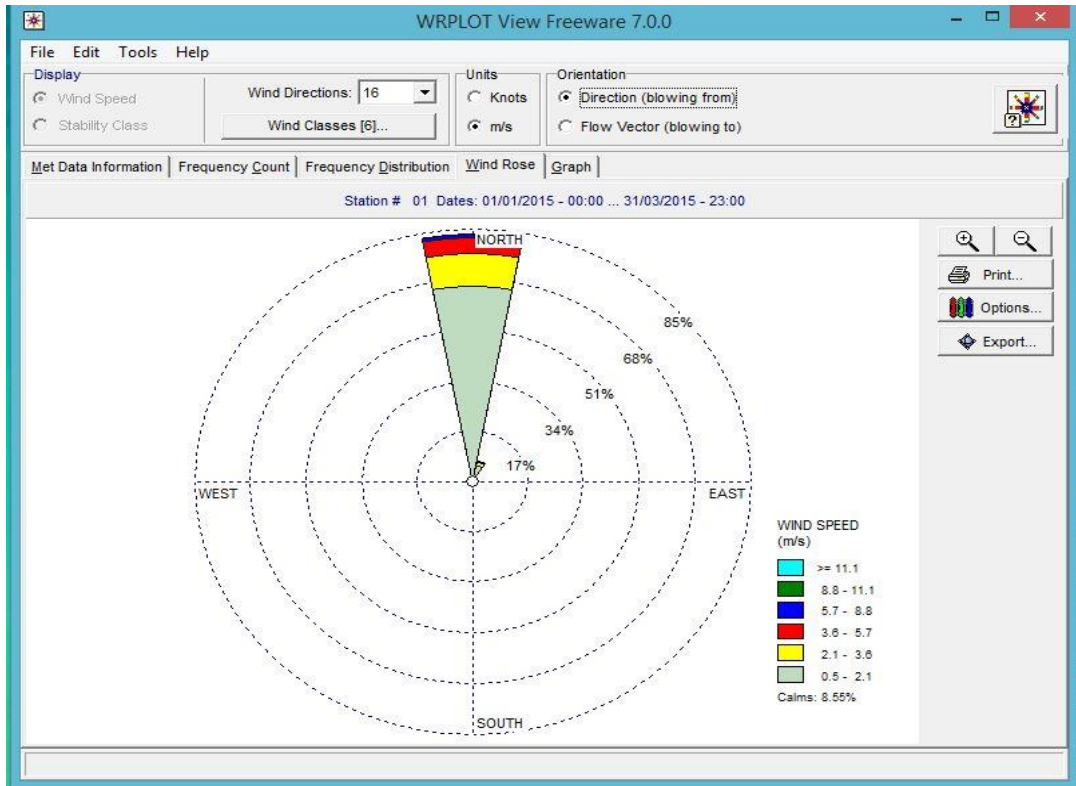


Figura 3.5 Gráfica de la rosa de vientos, en Tuxtla Gutiérrez

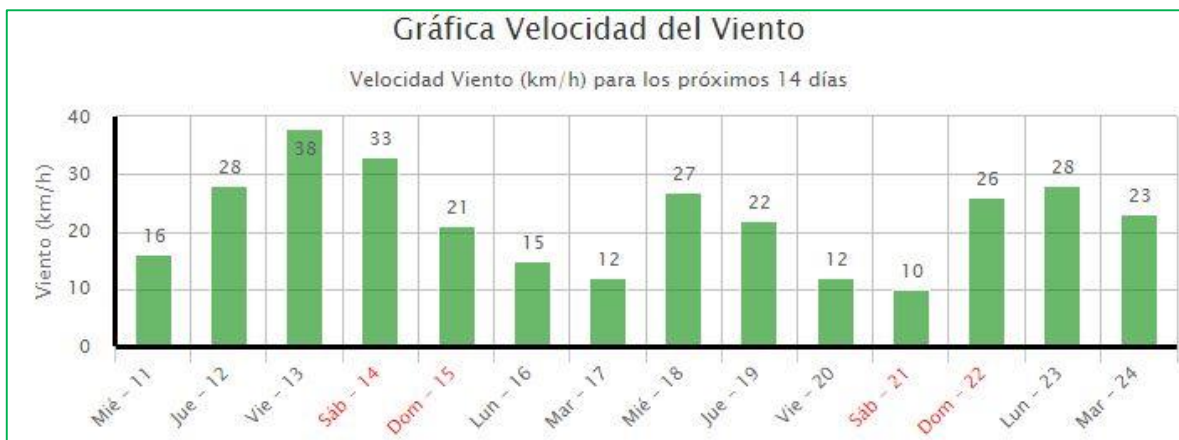


Figura 3.6 Gráfica de barras de vientos, en Tuxtla Gutiérrez

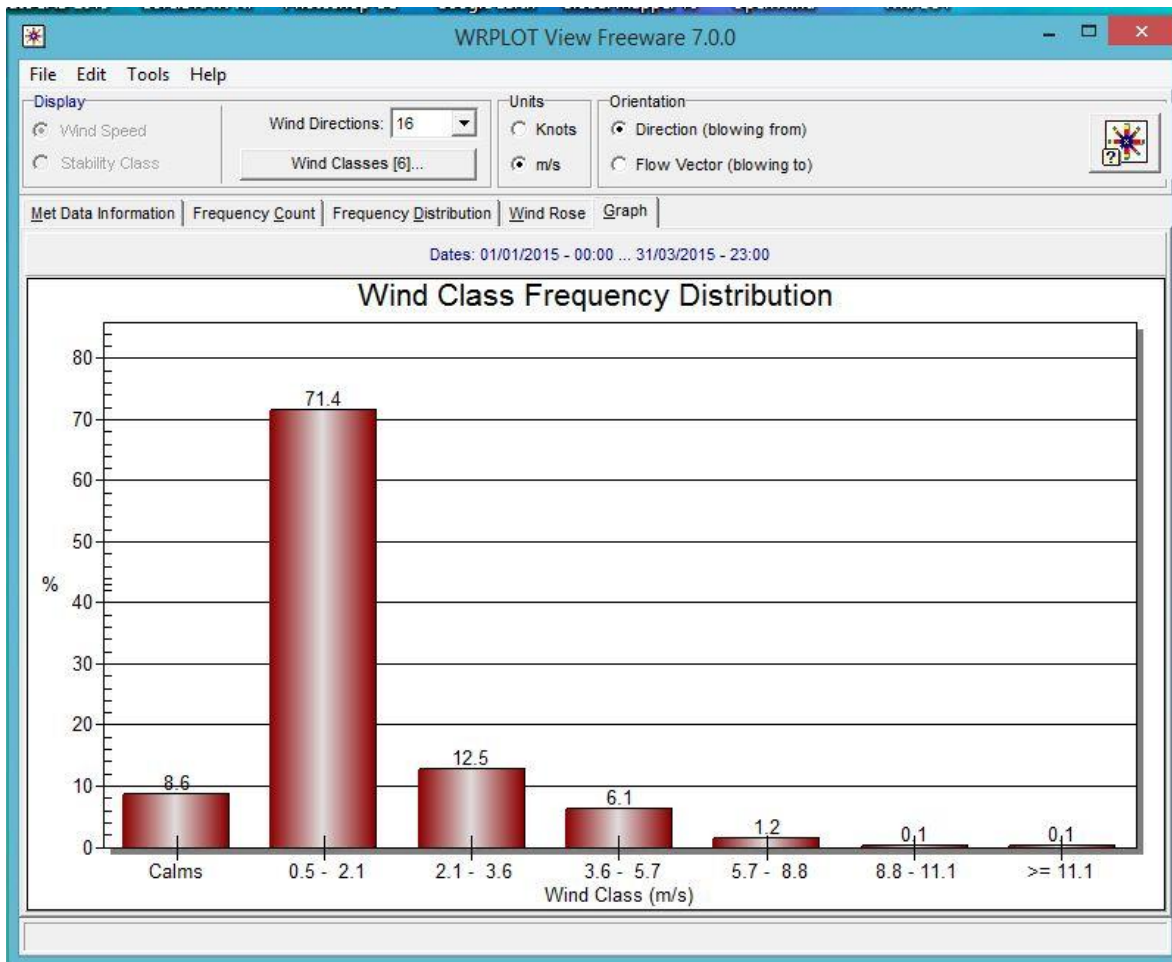


Figura 3.7 Gráfica de Distribución y frecuencias del viento, en Tuxtla Gutiérrez

Al exportar la información de WRPLOT, ubica la posición automática en la plataforma de google earth, según las coordenadas ingresadas. Con la vista panorámica de la ubicación del CIME, obtenida en Google earth, se observa hacia donde viene el viento y la intensidad del viento.



Figura 3.8 Gráfica hacia donde se dirige el viento, referenciado en google earth



Figura 3.9 Gráfica proveniente del viento, en google earth

Esta es la estadística de viento y el tiempo de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Las estadísticas de viento se basan en observaciones reales de la estación meteorológica en Tuxtla Gutiérrez. A continuación, se muestra una tabla con la velocidad media del viento en km/hora, por un rango de los días 22/09/2015 al 28/09/2015. Obtenida en sitio web de International Renewable Energy Agency (IRENA).

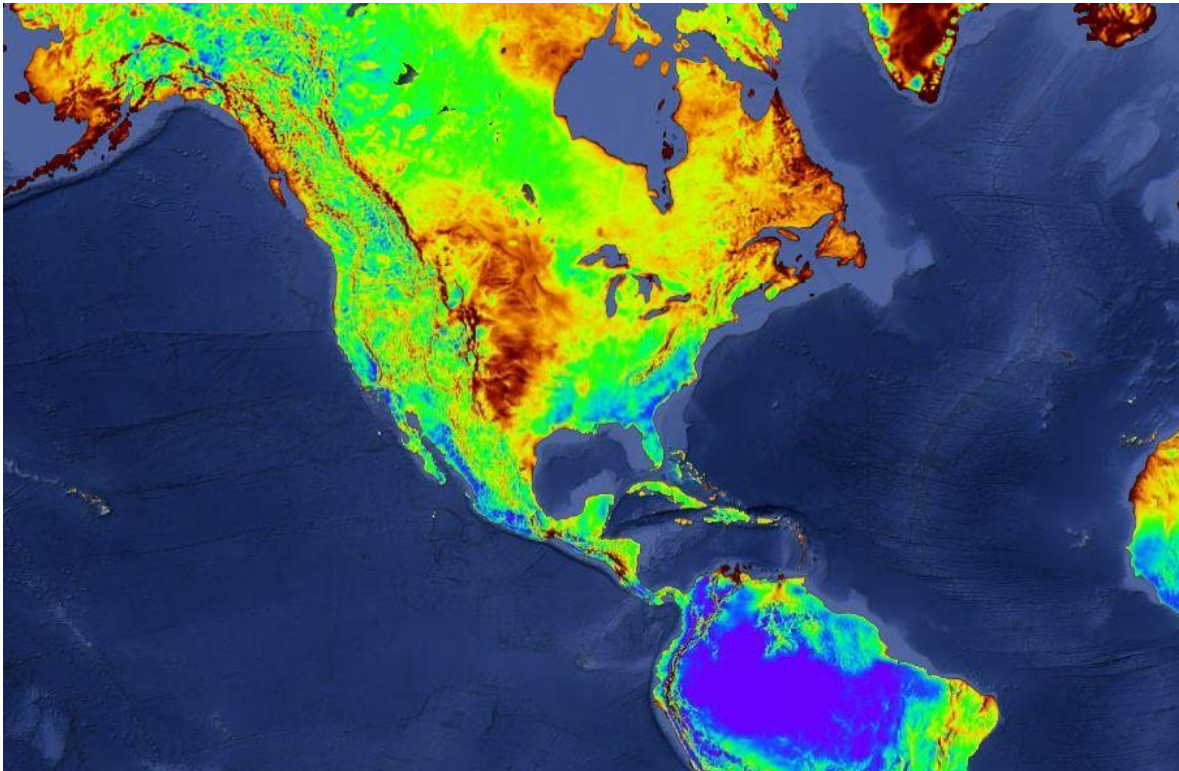


Figura 3.10 Mapa del continente de América para velocidades del viento.

La Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA, en inglés) es una organización intergubernamental para la promoción de la energía renovable (ER) en todo el mundo, creada por Alemania, España y Dinamarca. Su objetivo es proporcionar asesoramiento sobre políticas concretas y facilitar la capacidad y la transferencia de tecnología.

La velocidad del viento, es según las escalas de la siguiente figura:

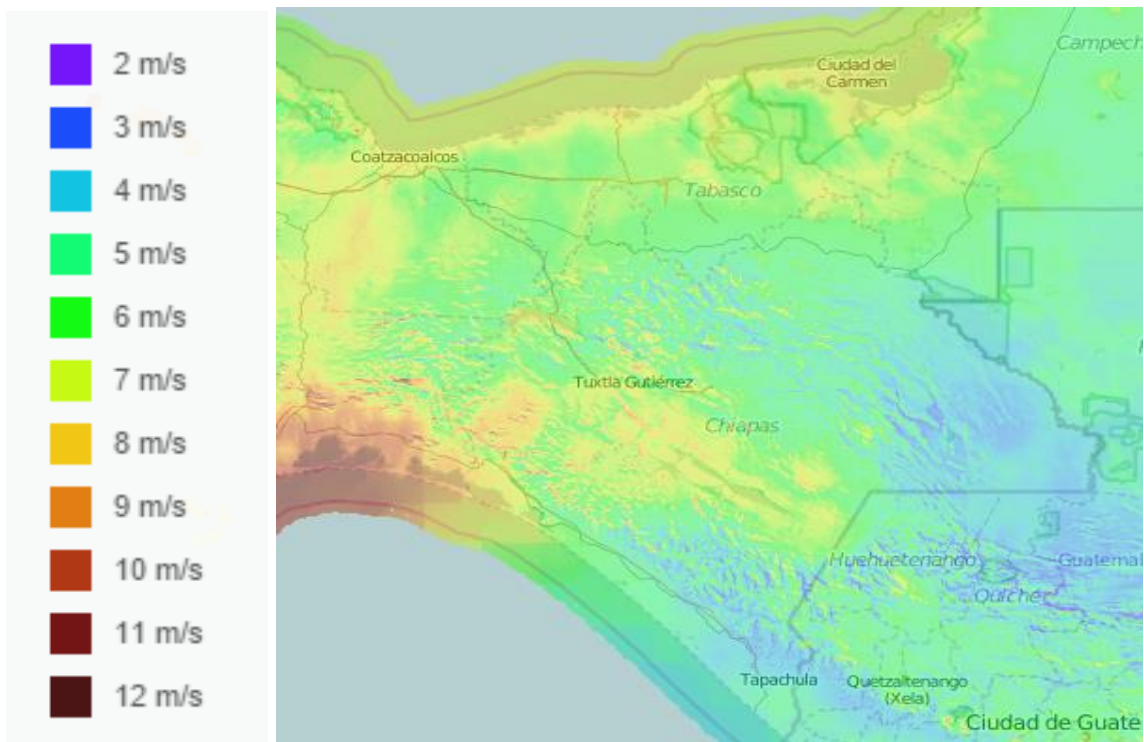
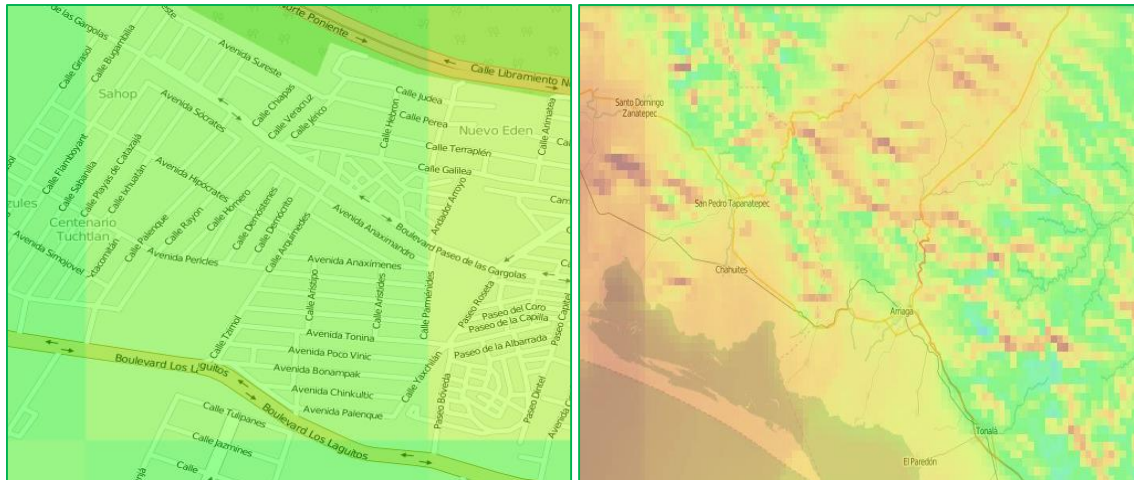


Figura 3.11 Código de colores según las velocidades del viento.

Según los códigos de colores, en la figura 3.9, se observa que en el sitio que ocupa CIME Chiapas, tiene una velocidad promedio de 6 a 7 m/s. Por lo que se garantiza una buena generación mediante los aerogeneradores.



Figura 3.12 Mapa comparativo de velocidades de viento en: A) Tuxtla GTZ y B) Arriaga.



(A) Chapultepec, Tuxtla GTZ.

(B) Arriaga, Chiapas.

En la figura 3.9, se muestra un mapa comparativo de las velocidades de viento el lugar que ocupa CIME Chiapas, ubicado en la colonia chapultepec, Tuxtla Gutiérrez, y Arriaga, donde actualmente están instaladas aerogeneradores de grandes capacidades. En la figura 3.9 A, se muestra a detalle los colores, que según la tabla que proporciona IRENA, corresponde a una velocidad de viento de aproximadamente 5 a 7 m/s, mientras que en Arriaga, se alcanzan las velocidades máxima de 9 hasta 12 m/s.

Bajo estas observaciones, se puede deducir que el proyecto eólico en el CIME, es viable en cuanto a una generación de energía eólica de pequeña escala, ya que se tiene una velocidad media anual de 5 m/s, suficiente velocidad de viento para poder accionar una turbina eólica.

La siguiente tabla de velocidades del viento, se obtuvo mediante el uso de un anemómetro digital, medida en el edificio del CIME, durante la mañana, tarde y noche.

Tabla 4. Medición del viento en el Edificio del CIME Chiapas.

AÑO	MES	DÍA	HORA	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	DIRECCIÓN DEL VIENTO	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)
2015	11	11	06:00	2.8	NOROESTE	21.9
2015	11	11	07:00	3.4	NOROESTE	23.6
2015	11	11	08:00	2.4	NOROESTE	24.5
2015	11	11	09:00	4.1	NORESTE	27.9
2015	11	11	10:00	4.5	NORESTE	30.4
2015	11	11	12:00	3.8	NORESTE	30.2

2015	11	11	13:00	5.2	NORTE	30.1
2015	11	11	14:00	7.3	NORTE	30.5
2015	11	11	15:00	4.6	NORTE	30.3
2015	11	11	16:00	3.9	NORESTE	29.6
2015	11	11	17:00	4.9	NORESTE	27.2
2015	11	11	18:00	5.8	NORESTE	24.0
2015	11	11	19:00	8.5	NORESTE	23.5
2015	11	11	20:00	4.7	NORESTE	22.0
2015	11	11	21:00	5.0	ESTE	22.4
2015	11	11	22:00	6.5	ESTE	20.1

Para hallar la velocidad promedio del viento, se hace una sumatoria de las velocidades registradas, divididas entre el número de mediciones realizadas.

$$Vel. Prom = \frac{2.8+3.4+2.4+4.1+4.5+3.8+5.2+7.3+4.6+3.9+4.9+5.8+8.5+4.7+5+6.5}{16} = \frac{77.4}{16} = 4.83m/s$$

Vel. Promedio con las siguientes fuentes de información:

CONAGUA (SMN): 5.69m/s

IRENA: 5.5m/s

MEDICIÓN CON
ANEMÓMETRO: 4.83m/s

Velocidad Promedio general:

$$Vel. Prom = \frac{5.69 + 5.5 + 4.83}{3} = \frac{16.02}{3} = 5.34m/s$$

Según tabla de escala de Beaufort corresponde al nivel 6, brisa fuerte.

Las mediciones realizadas en el lugar que ocupa el edificio CIME, se obtuvieron mediciones favorables, ya que por la mañana hay una velocidad mínima para poder mover las aspas del aerogenerador. Por la tarde tiene una velocidad mayor que de la mañana, por lo general son brisas fuertes; a diferencia que atardecer se obtiene más estabilidad en cuanto a una velocidad constante, llegando a medir hasta 12.5 m/s en las brisas.





a)

b)

Figura 3.13 Medición del viento con anemómetro digital, en el CIME. a) Día, b) Noche.

En cuanto a la dirección de viento, durante el día presenta variaciones, donde por la mañana se da con dirección noreste, posteriormente al medio día cambia de dirección de norte y finalmente por la tarde termina con una dirección del este. En cuanto a la temperatura del viento, inicia el día con 22°C aproximadamente, se incrementa durante el día llegando hasta 31°C, y por la tarde desciende a su temperatura inicial.

Las mediciones realizadas, fue en una estación de otoño, pudiendo variar las cifras presentadas en las diferentes estaciones. Basándonos con los datos obtenidos por SMN, las demás estaciones, aún cumplen con la mínima velocidad del viento para hacer mover un aerogenerador, en algunas supera las velocidades medidas actualmente.

3.3 Diseño de Generación de Energía Eléctrica Eólico-Fotovoltaico Interconectado.

A continuación se presenta un análisis matemático para el aprovechamiento del flujo de aire, con todos los datos que se tiene.

La energía cinética de una masa de aire determinada está dada por la ecuación:

$$E_c = \frac{1}{2} * m_{aire} * v^2 = \frac{1}{2} * \rho * s * v^2 \quad (\text{ec.1})$$

Donde:

E_c : Energía cinética

m: Masas de aire considerado a 25°C

v: Velocidad del aire en m/s

s: Superficie en m^2

Se tiene los siguientes datos:

m: 1.225 kg/m^3

v: 5.32 m/s

s: 9 m^2 , Según datos por el fabricante del aerogenerador (Anexo D)

Sustituyendo en la fórmula:

$$E_c = \frac{(1.225 \text{ kg/m}^3) * (9 \text{ m}^2) * (5.32)^3}{2} = 156.01 \text{ Watts} \quad (\text{ec. 2})$$

La ley de Betz dice que sólo puede convertirse menos de 16/27 (el 59 %) de la energía cinética en energía mecánica usando un aerogenerador.

Por lo tanto:

$$P_{captado} = (0.59) * (156.01) = 92.050 \text{ Watts} \quad (\text{ec. 3})$$

Este resultado corresponde al límite teórico ideal, ya que no contempla los actores reales de operación tales como son la resistencia del aire, compresibilidad e interferencia del viento.



Curva de Potencia del aerogenerador

La curva de potencia de un aerogenerador es una gráfica que indica cuál será la potencia eléctrica disponible en el aerogenerador a diferentes velocidades del viento.

Como un método alternativo para estimar el funcionamiento anual se emplea la curva de potencia de la manufactura. Se calcula la energía típica generada en función de diferentes condiciones de viento. Se ocupa la curva de potencia del aerogenerador y la distribución de la velocidad del viento. Sin embargo, no hay una agencia internacional o gubernamental que certifique la velocidad de las curvas de potencia publicadas.

En la figura 3.11 se muestran el tipo de aerogenerador a utilizar. Las curvas de potencia se obtienen a partir de medidas realizadas en campo.

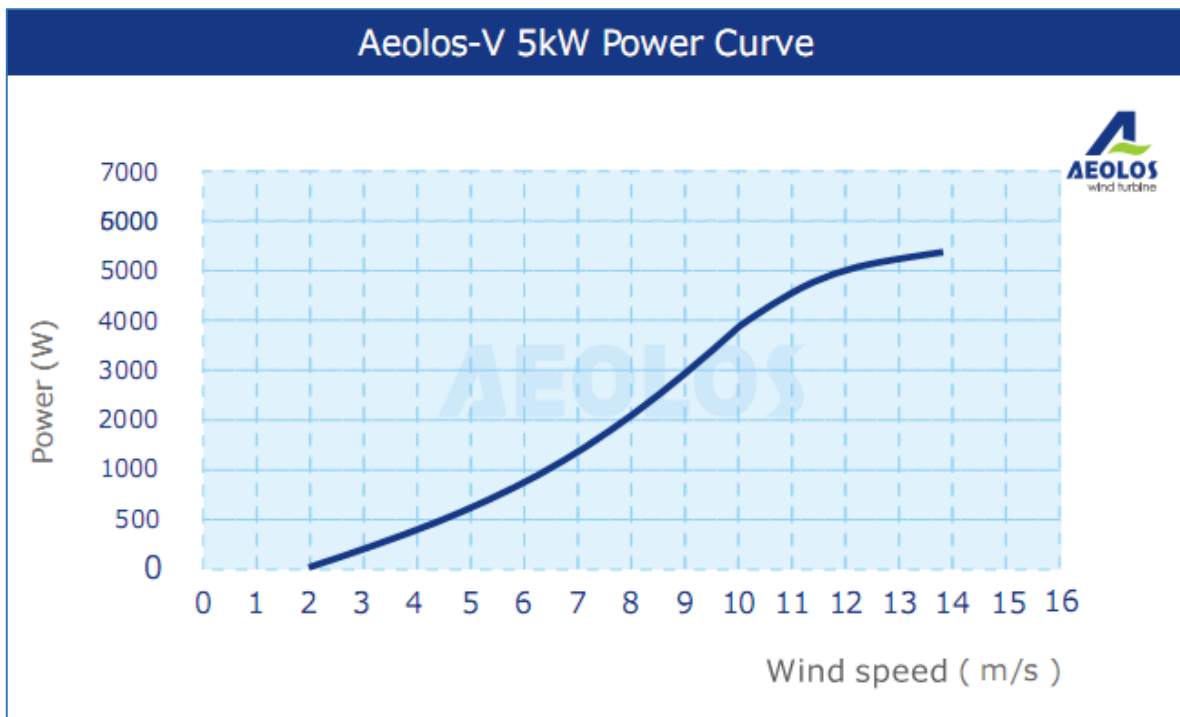


Fig. 3.14 Curva de Potencia del Aerogenerador Aeolos 5kw.

Si la velocidad del viento no varía demasiado rápido, pueden usarse las medidas de la velocidad del viento realizadas con el anemómetro y visualizar la potencia eléctrica disponible directamente del aerogenerador y así, dibujar los dos tipos de valores conjuntamente en una gráfica similar a la de figura 2.7.

Tabla 5. Producción anual de energía de turbinas eólicas

Aeolos-V 5kW Producción anual de energía de turbinas eólicas			
Velocidad del viento (m/s)	Producción de energía anual (kWh)	Velocidad del viento (m/s)	Producción de energía anual (kWh)
3 m/s	1752 kWh	8 m/s	17520 kWh
4 m/s	3942 kWh	9 m/s	26280 kWh
5 m/s	5256 kWh	10 m/s	35040 kWh
6 m/s	7008 kWh	11 m/s	41172 kWh
7 m/s	10512 kWh	12 m/s	44676 kWh

Como se observa en la tabla 5, el caso del presente proyecto, corresponde a una velocidad de viento de 5.32 m/s, es posible generar energía eléctrica 5256 kWh anual. Bajo estos datos se realizó un cálculo para conocer las curvas de energía que se obtiene bajo las siguientes condiciones:

Programa de cálculo de la potencia de un aerogenerador

CALCULATOR

Datos del emplazamiento

Datos de densidad del aire

°C temp a m de altitud (= kPa de presión)

kg/m³ de densidad

Datos de distribución del viento en el emplazamiento

parámetro de forma de Weibull

m/s de velocidad media del viento = parámetro de escala de Weibull

m de altura, Longitud de rugosidad m = clase de rugosidad

Datos del aerogenerador kW

m/s de velocidad de conexión, m/s de velocidad de corte

m de diámetro de rotor, m de altura de buje

Fig. 3.15 Programa de cálculo de Potencia del aerogenerador.

Resultados de la potencia de salida en el emplazamiento	Resultados de la potencia de salida de la turbina
Potencia de entrada* <input type="text" value="228"/> W/m ² de área de rotor	Potencia de salida* <input type="text" value="16705"/> W/m ² de área de rotor
Max. potencia de entrada a* <input type="text" value="9.4"/> m/s	Energía producida* <input type="text" value="146436"/> kWh/m ² /año
velocidad media del viento a la altura del buje* <input type="text" value="5.8"/> m/s	Energía producida* <input type="text" value="1035095"/> kWh/año
	Factor de carga* <input type="text" value="2362"/> por ciento

Fig. 3.16 Resultados de la Simulación de cálculo de potencias del viento en el aerogenerador

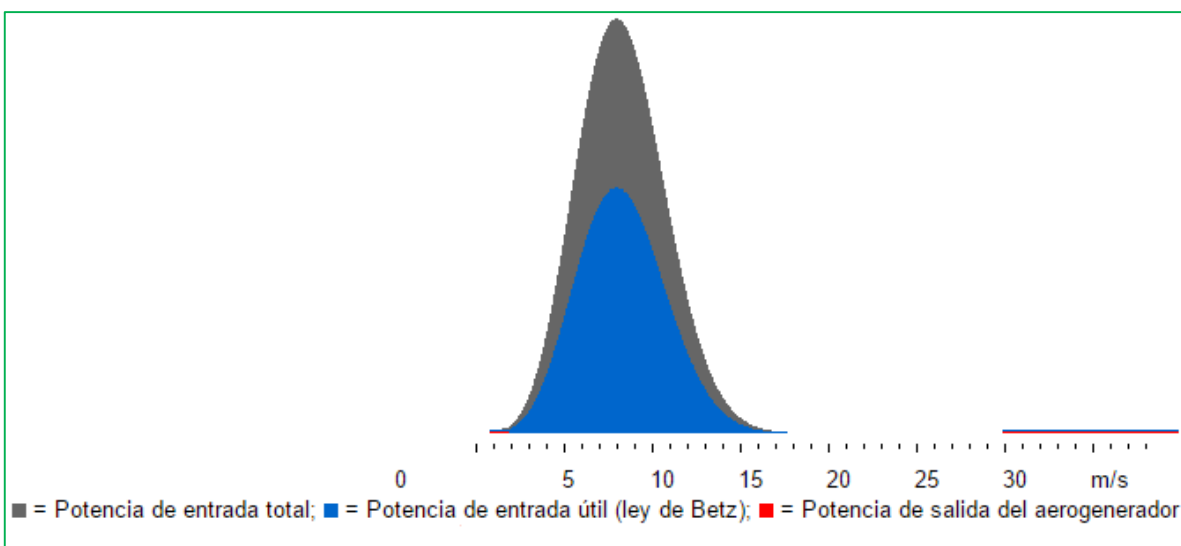


Fig. 3.17 Curva de densidad de Potencia; Fuente: Asociación Danesa de la Industria Eólica

CALCULO DE PANELES SOLARES

Para el cálculo del número de paneles solares para el sistema fotovoltaico, se considera las características de la placa de datos del fabricante de los módulos fotovoltaicos (anexo E), como se muestra en la figura 3.18.

COMPORTAMIENTO BAJO CONDICIONES ESTÁNDAR DE PRUEBA (STC*)		
Tensión en vacío	Voc	37.6 V
Tensión a potencia máxima	Vmpp	30.8 V
Corriente de cortocircuito	Isc	8.64 A
Corriente a potencia máxima	Impp	8.12 A
*STC: 1000W/m ² , 25°C, AM 1.5		
COMPORTAMIENTO A 800 W/m ² , NOCT, AM 1.5		
Potencia máxima	Pmax	180.4 Wp
Tensión de circuito abierto	Voc	33.9 V
Tensión del punto de máxima potencia	Vmpp	27.8 V
Corriente de cortocircuito	Isc	6.96 A
Corriente a punto de máxima potencia	Impp	6.50 A
Ligera reducción de la eficiencia en el comportamiento con carga parcial a 25°C: A 200 W/m ² se alcanza el 95 % (+/- 3 %) de la eficiencia bajo condiciones estándar de prueba (1000 W/m ²).		
PARÁMETROS TÉRMICOS		
NOCT		46 °C
TC I _{sc}		0.081 %/K
TC U _{oc}		-0.37 %/K
TC P _{mpp}		-0.48 %/K
Temperatura en funcionamiento		-40°C to 85°C
MATERIALES EMPLEADOS		
Celdas por módulo		60
Tipo de celda		Policristalino
Medidas de la celda		6.14 in x 6.14 in (156 mm x 156 mm)
Parte anterior		Vidrio reforzado (EN 12150)
Marco		Aluminio anodizado
Peso		46.7 lbs (21.2 kg)

Fig. 3.18 Placa de datos del panel fotovoltaico

Potencia requerida=4000 Watts

Potencia por cada módulo fotovoltaico=250 Watts

Voltaje=48 Vcd

Para generar 4kW, se divide la potencia deseada entre la potencia de cada panel.

$$\text{Módulos Fotovoltaicos requeridos} = \frac{4000w}{250w} = 16 \quad (\text{ec. 4})$$

Por lo consiguiente: se necesitan 16 módulos fotovoltaicos para poder generar 4000 watts. Siendo los sistemas fotovoltaicos generan voltaje continuo, es necesario realizar un proceso electrónico para invertir a voltaje alterna, al mismo tiempo, elevar el voltaje para que sean compatibles con los niveles de voltaje de la red. Para ello se logra utilizando un inversor (anexo F).

De manera general, la potencia total a generar con los aerogeneradores y el conjunto de los módulos fotovoltaicos, se obtiene la siguiente potencia:

$$P_{TOTAL} = Gen. eólico + Gen. Solaar = 5000w + 4000w = 9kW \quad (\text{ec. 5})$$

$$\text{Convertidos la Potencia en kva} = P * f.p. = (9000w) * (0.9) = 8.1 kVA \quad (\text{ec. 6})$$

Se tiene 9000 Watts, en las dos fuentes de energía, para proteger el circuito se considera un interruptor termomagnético, calculado de la siguiente manera:



Aplicando la fórmula:

$$I_c = \frac{P}{127 * f.p.} \quad (\text{ec. 7})$$

Queda:

$$I_c = \frac{9000w}{(127v)*(0.9)} = 78.7401 \text{ Amperes} \quad (\text{ec. 8})$$

Luego, considerando el factor de demanda antes mencionado de 70% queda:

$$I_c = (78.7401A) * (0.7) = 55.1181 \text{ Ampere} \quad (\text{ec. 9})$$

Después, considerando un 25% adicional a la capacidad instalada queda:

$$I_{instalada} = (55.1181A) * (1.25) = 68.8976 \text{ Amperes} \quad (\text{ec. 10})$$

Finalmente se considera un ICP para el sistema híbrido de 70 Amperes.

Con estos cálculos realizados, se tiene la certeza al momento de realizar la interconexión en la red de ca.

4. Resultados y Conclusiones

4.1 Diagrama de unifilar Fotovoltaico-Eólico Interconectado

Antes de realizar alguna maniobra en una instalación de aerogeneradores o paneles solares, lo primero que se debe considerar son los permisos ante la Comisión Federal de electricidad (CFE), para aprobar el proyecto a realizar, siendo que se trata de un sistema de generación local interconectada a la red.

Se siguen los pasos que se muestra en a figura 4.1, cumpliendo con las respectivas normas para la interconexión, como los requisitos de voltaje, frecuencia y tiempos de reconexión. Son parámetros para no ocasionar disturbios en la red de ca. Indicados en el contrato de interconexión para fuente de energía renovable a mediana escala (anexo I).



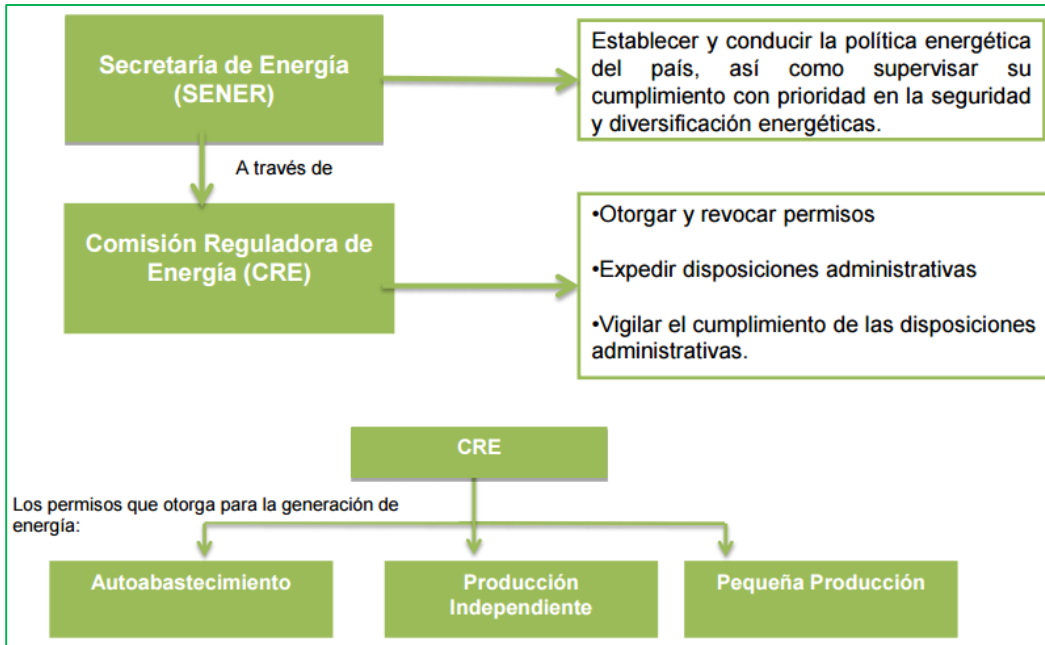


Fig. 4.1 Pasos para trámites de CFE para interconexión.

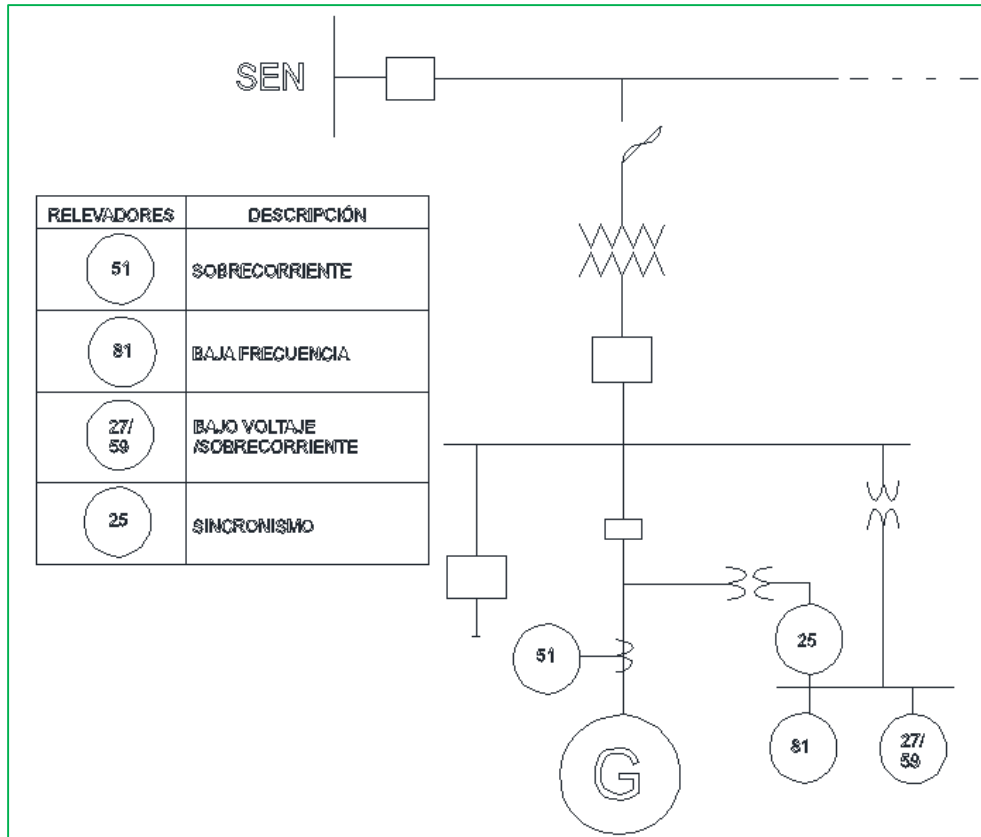


Fig. 4.2 Diagrama básico de Interconexión

En la figura 4.2, se muestra un diagrama unifilar sobre la conexión básica de una interconexión en la red de CFE. Cuando el proyecto se localiza en una derivación de la línea troncal, la capacidad de los equipos de protección intermedios al punto de interconexión, deben seleccionarse con base a un estudio de coordinación de protecciones

La capacidad del fusible o restaurador ubicado en el punto de interconexión debe seleccionarse en función de la carga del servicio. Se recomienda utilizar fusibles de operación rápida tipo “K. En la tabla 6, se muestra las magnitudes de voltaje a la que el sistema de be de operar de manera óptima.

Tabla 6. Respuesta del Sistema de Interconexión con Voltajes Anormales

Rango de Voltaje (% del Voltaje Nominal)	Tiempo de Operación (s)¹
$V < 50$	0.16
$50 \leq V \leq 88$	2.00
$110 < V < 120$	1.00
$V \geq 120$	0.16

En la figura 4.3, se muestra el diagrama unifilar de diseño del sistema híbrido interconectado a la red de CFE. Se anexa en archivo digital el plano del mismo (anexo J). En donde se aprecia el arreglo de los paneles fotovoltaicos, asimismo los sistemas protección que requieren cada una de las partes para realizar la interconexión.

El diagrama unifilar comienza en la línea de baja tensión de CFE. El transformador que se muestra en el diagrama tiene una capacidad de 11.2kva y es parte de CFE. En seguida un medidor bidireccional trifásico, se instala para realizar las mediciones tanto de parte de CFE, como de la generación del usuario. En la misma línea se conectan las aportaciones del sistema fotovoltaico, una vez pasado en la etapa del



inversor; y del aerogenerador, en la cual el tablero se conectada en el mismo punto, para alimentar toda la carga instalada en el CIME.

El arreglo del sistema FV, es en paralelo, para mantener el mismo voltaje en todos los puntos. Todos los paneles solares, son aterrizados a tierra, para protección según el artículo 690, apartado 2 de la NOM 001-SEDE 2012. El caso del aerogenerador, no se necesita invertir el voltaje, ya que genera en estado sinusoidal. La frecuencia de generación del aerogenerador en configurada a 60hz mediante el equipo de regulación.

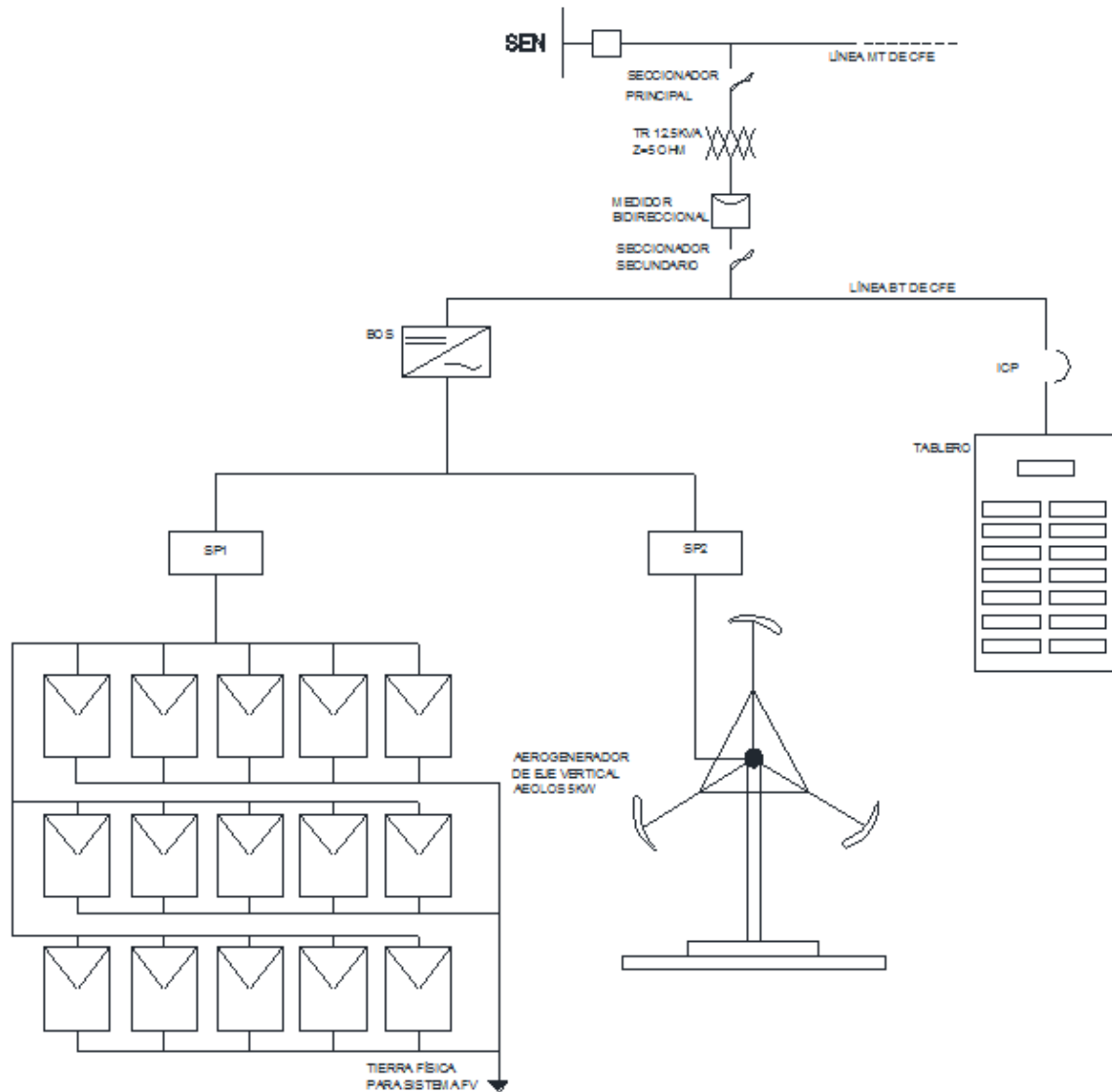


Fig. 4.3 Diagrama Unifilar del Sistema híbrido-interconectado.

A continuación se muestra una vista isométrica del plano del proyecto, para tener una perspectiva de SO.

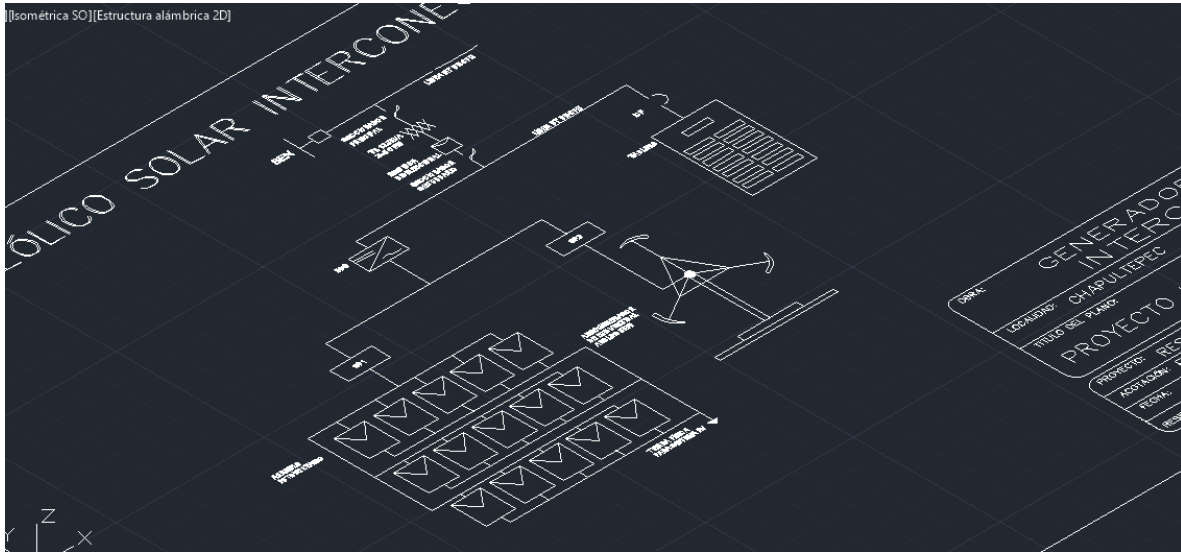


Fig. 4.4 Vista isométrico del diagrama unifilar sistema híbrido interconectado

4.2 Estimación de costos y presupuestos mediante el Método de Hand

Tabla 7. Costos y Presupuestos de los materiales.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	IMPORTE
AEROGENERADOR AEOLOS 5KW	PZA	1	\$198,948.00	\$198,948.00
CONTROLADOR EN RED 10KW	PZA	1	\$40,126.80	\$40,126.80
INVERSOR DE 6KW	PZA	1	\$50,242.80	\$50,242.80
TORRE SOBRE EL TECHO 5M	PZA	1	\$43,667.40	\$43,667.40
MODULO SOLAR CONERMEX 250W	PZA	16	\$5,285.14	\$84,562.24
ESTRUCTURAS Y SOPORTE METÁLICO PARA FV	PZA	16	\$1,200.00	\$19,200.00
CABLEADO 100M, CONDUMEX 10 AWG	PZA	2	\$1,080.00	\$2,160.00
GESTIÓN ANTE CFE				\$10,000.00
SUBTOTAL				\$448,907.24
I.V.A.				\$71,825.15

TOTAL	\$520,732.39
--------------	---------------------

4.3 Estudio del Ahorro de Energía

Para realizar al cálculo del ahorro de energía, primero se analiza el consumo en el edificio del CIME, En la Figura 4.5, se muestra un recibo oficial de CFE con los datos relevantes para el cálculo.

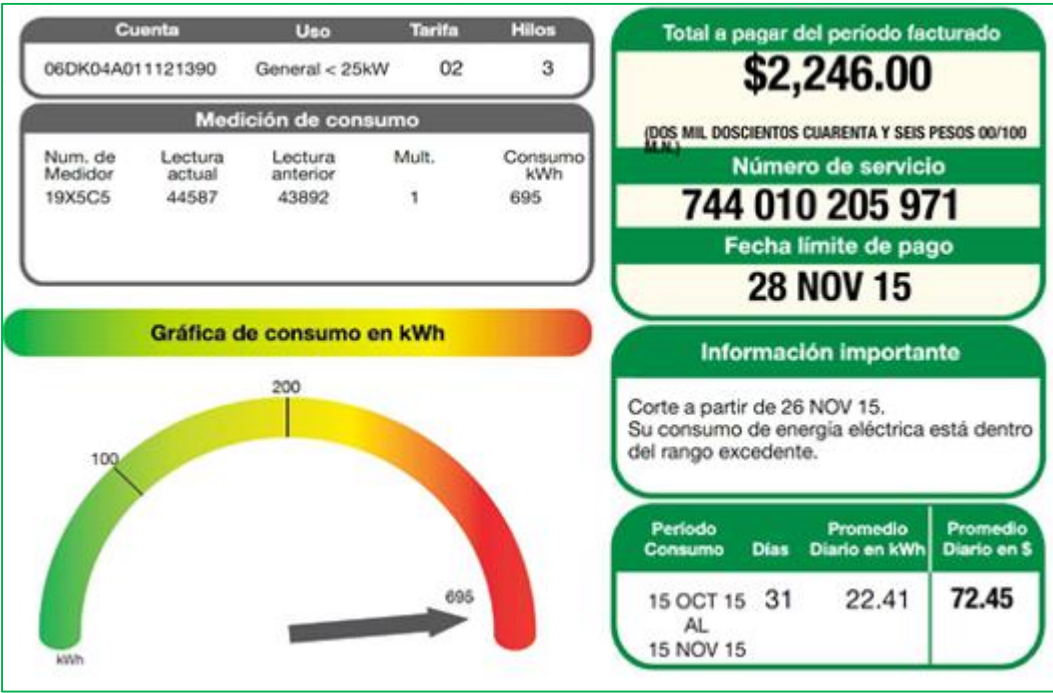


Fig. 4.5 Recibo CFE, del CIME.

En la figura 4.6, una gráfica comparativa, muestra el consumo durante el período de noviembre 2014 a octubre 2015 en el CIME, obtenidos en el sitio web de Comisión Federal de Electricidad.



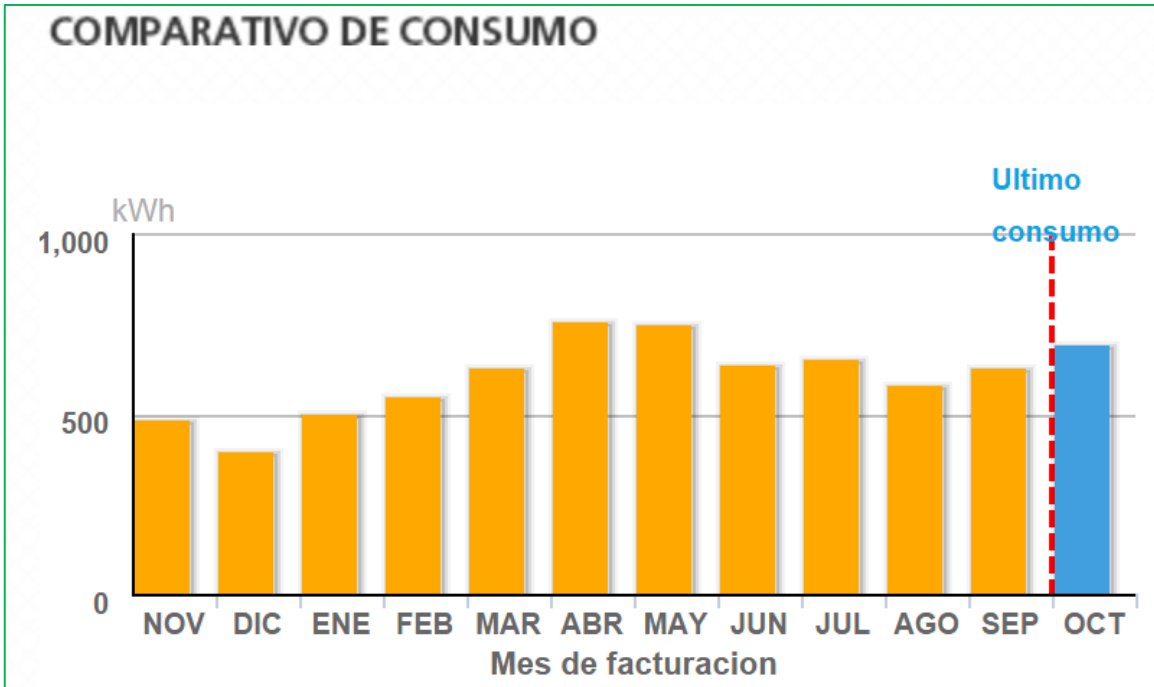


Fig. 4.6 Comparativo de consumo en el CIME, fuente: CFE

Parámetros	Valor inicial
Parámetros generales	
Tasa interés	7.0%
Inflación	2.5%
Parámetros del Proyecto	
Tasa de Descuento	8%
Inversión	
Inversión total (\$)	\$520,732.39

Período devolución de la deuda (años)	12
Período de amortización (depreciación)(años)	8

4.4 Conclusión

Una fuente alterna de energía que sea limpia, económicamente y técnicamente viable, es lo que hace de este proyecto, un proyecto sostenible. Siendo que los costos iniciales de instalación, operación y mantenimiento, hace de este proyecto híbrido provechoso para el lugar de instalación, aprovechando los flujos de aire del lugar así como la radiación del sol, lo cual es muy un buen resultado.

Las energías renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana. En el Sol está el origen de todas ellas porque su calor provoca en la Tierra las diferencias de presión que dan origen a los vientos, fuente de la energía eólica. El Sol provoca el ciclo del agua, causa la evaporación que induce la formación de nubes y, por tanto, las lluvias de donde se puede obtener la energía hidráulica. Los vegetales se sirven del Sol para realizar la fotosíntesis, vivir y crecer. Toda esa materia vegetal es la biomasa.

Las energías renovables son, además, fuentes de abastecimiento energético respetuosas con el medio ambiente. La generación y el consumo de las energías convencionales causan importantes efectos negativos en el entorno. Sin llegar a decir que esos efectos no existen en las renovables. Las energías renovables son autóctonas. Los combustibles fósiles existen sólo en un número limitado de países. Por eso, las renovables disminuyen la dependencia de suministros externos.

La energía eólica es una de las fuentes más baratas, puede competir con otras fuentes energéticas tradicionales como las centrales térmicas de carbón. Sin embargo, en el caso de la Ciudad de México, donde existe poco viento no puede aprovecharse eficientemente. Un impacto negativo es el ruido producido por



el giro del rotor, pero su efecto no es más acusado que el generado por una instalación de tipo industrial de similar tamaño y siempre que estemos muy próximos a los molinos.

La energía fotovoltaica ha aumentado su eficiencia en gran forma durante las últimas décadas, pero todavía no lo ha hecho lo suficiente para entrar de manera masiva al mercado; para acelerar el proceso de introducción son muchos los científicos y técnicos de todo el mundo que trabajan para desarrollar técnicas de producción de dispositivos fotovoltaicos más accesibles que los que actualmente se comercializan.

Aunque adquirir inicialmente un panel fotovoltaico es una acción muy costosa, los beneficios que representa para el ser humano son muchos, no sólo nos permite obtener electricidad a un bajo costo sino que también calefacción como agua caliente sanitaria. También cabe destacar que el mantenimiento de los paneles solares es prácticamente nulo, siendo su vida útil de 25 a 30 años, aproximadamente. En el caso de las turbinas eólicas, cuando son de baja potencia, el mantenimiento para fines prácticos también puede considerarse nulo; donde su vida útil es de 20 años aproximadamente.

En la actualidad las tecnologías de cómputo se han integrado a todas las áreas de la ciencia y la investigación, incluida la ingeniería, por lo que es imprescindible la elección de las correctas herramientas de computación que satisfagan y cumplan con los requisitos tanto técnicos como económicos y debido a los altos costos de las licencias de software es necesario seleccionar el que tenga las características más adecuadas para resolver el problema planteado y con el menor costo. Por esta razón se decidió utilizar el software HOMER ya que cumple con estas características y tiene un costo bajo, en comparación con otros.



Referencias Bibliográficas

- Energética, F. d. (19 de enero de 2015). *Proyecto FSE*. Obtenido de <http://proyectofse.mx/>
- Gevorgian, V. Y., & Ela, E. (Julio, 2015). *Investigating the Impacts of Wind Generation Participation in Interconnection Frequency Response*. Golden, CO, USA: IEEE Transactions.
- González Jiménez, A. (2015). *DISEÑO Y APLICACIÓN DE CELDAS FOTOVOLTAICAS EN EL EDIFICIO CIME*. Tuxtla Gutiérrez: ITTG.
- Kasa, S. ,, & Ramanathan, P. (19-20 de Marzo de 2015). Hybrid fuzzy-ZN PID control based grid interfaced distribution level renewable energy source with power quality. *Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT), 2015 International Conference on IEEE*, págs. 1-7.
- Rahman, S. (2012). Unit sizing and control of hybrid wind-solar power systems. *IEEE Transactions on*, 79-85.

Anexos

Anexo A: Artículo 694 de la NOM 001-2012, Sobre generador eólico pequeña

SISTEMAS ELECTRICOS EOLICOS PEQUEÑOS

A. Disposiciones generales

694-1. Alcance. Las disposiciones de este Artículo aplica a sistemas eléctricos eólicos pequeños (turbina) que consisten de uno o más generadores eléctricos de viento, con generadores individuales que tienen una potencia nominal hasta e incluyendo 100 kilowatts. Estos sistemas pueden incluir generadores, alternadores, inversores y controladores.

NOTA: Los sistemas eléctricos eólicos pequeños pueden ser interactivos con otras fuentes de generación de energía o pueden ser sistemas autónomos. Los pequeños sistemas eléctricos eólicos pueden tener salida de corriente alterna o corriente continua, con o sin energía eléctrica de almacenamiento, tales como baterías.

Ver las Figuras 694-1 y 694-2.

694-2. Definiciones



Circuito de salida de la turbina eólica: Conductores del circuito entre los componentes internos de una turbina eólica pequeña (la cual puede incluir un alternador, rectificador integrado, controlador y/o inversor) y otros equipos.

Circuito de salida del inversor: Los conductores entre un inversor y un tablero de alumbrado y control de corriente alterna para sistemas autónomos, o los conductores entre un inversor y equipo de acometida u otra fuente de generación de energía eléctrica, tales como el suministrador del servicio público para una red de generación y distribución eléctrica.

Carga de desvío: Una carga conectada a un controlador de desvío de carga o controlador por desvío de carga, también conocido como vertedero de carga.

Controlador de desvío de carga: Equipo que regula la salida de un generador de viento desviando la potencia del generador a cargas de corriente continua y corriente alterna o a una acometida interconectada con el suministrador.

Controlador de desvío de carga de baterías: Equipo que regula el proceso de carga de una batería u otro dispositivo de almacenamiento de energía, mediante la desviación de potencia desde el almacenamiento de energía hacia cargas de corriente alterna o corriente continua o a una acometida interconectada del suministrador.

Góndola: Envolvente que alberga al alternador y otras partes de una turbina eólica. Potencia máxima de salida: Promedio máximo, de un minuto, de potencia de salida producida por la operación de una turbina eólica en estado estable normal (la potencia de salida instantánea puede ser más alta).

Potencia nominal: Potencia de salida de la turbina eólica a una velocidad de viento de 11 metros/segundo. Si una turbina produce más potencia a menor velocidad del viento, la potencia nominal es la potencia de salida de la turbina eólica a una velocidad del viento menor que 11 metros/segundo que produce la mayor potencia de salida.

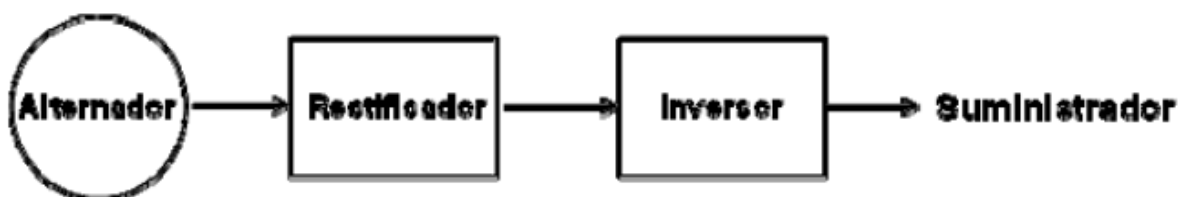


Figura 694-1.- Identificación de componentes de un sistema eólicos pequeños - sistema interactivo.

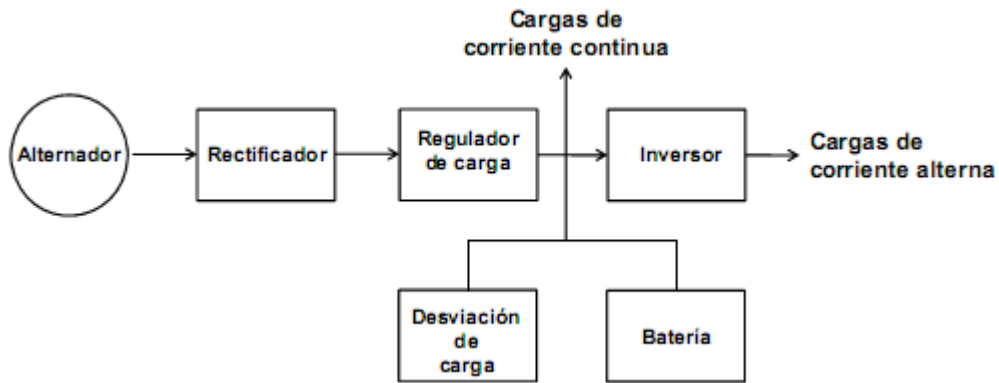


Figura 694-1.- No. 2 Identificación de componentes de un sistema eólicos pequeños - sistema autónomo.

Punto de acoplamiento común. En un sistema interactivo es el punto en el cual se presenta la interfaz de la red de generación y distribución de energía eléctrica y el cliente. Por lo general, es el lado carga del medidor de la red del suministrador.

Red de generación y distribución de energía eléctrica: Sistema de generación, distribución y utilización de energía, tal como el sistema de una red pública y las cargas conectadas, que es externo y no controlado por el sistema eléctrico eólico pequeño.

Regulador de carga de baterías: Equipo que controla la tensión o la corriente continua o ambos, y que es utilizado para la carga de baterías u otro dispositivo de almacenamiento de energía.

Retenida: Un cable que soporta mecánicamente una torre de turbina eólica.

Sistema de turbina eólica: Un sistema pequeño de generación eléctrica con viento.

NOTA: Ver definiciones de sistemas interconectados en el Artículo 705.

Torre: Un poste u otra estructura que soporta una turbina eólica.

Turbina eólica: Dispositivo mecánico que convierte energía eólica a energía eléctrica.

Tensión máxima: La máxima tensión que la turbina eólica produce en operación, incluyendo condiciones de circuito abierto.

694-3. Otros Artículos

Siempre que los requisitos de otros Artículos de esta NOM y del Artículo 694 difieran, se aplicarán los requisitos del Artículo 694. Cuando el sistema es operado en paralelo con una fuente o fuentes primarias de electricidad, se aplican los requisitos del Artículo 705.

Excepción: Pequeños sistemas eléctricos eólicos, equipamiento o cableado instalado en lugares peligrosos (clasificados), también deberán cumplir con las secciones aplicables de los Artículos 500 hasta el 516.

694-7. Instalación. Los sistemas cubiertos por este Artículo se deben instalar por personas calificadas.

a) **Sistemas eléctricos eólicos pequeños.** Se permitirán sistemas eléctricos eólicos pequeños para alimentar un edificio u otra estructura, en adición a cualquier servicio de otro sistema de suministro eléctrico.

b) **Equipo.** Los inversores utilizados en sistemas eléctricos eólicos pequeños se deben identificar y aprobar para la aplicación.

c) **Controladores de desvío de carga.** Un sistema eléctrico eólico pequeños empleando un controlador de desviación de carga como medio primario de regulación de la velocidad del rotor de una turbina eólica, se debe equipar con un medio para prevenir sobrevelocidad en operación, que sea adicional, independiente y confiable. Un servicio de interconexión con el suministrador no se debe considerar que sea una desviación de carga confiable.

d) **Dispositivos de protección contra tensiones transitorias (SPD).** Se debe instalar un dispositivo de protección contra tensiones transitorias entre un sistema eléctrico eólico pequeño y cualquier carga alimentada por el sistema eléctrico del inmueble. El sistema de protección contra tensiones transitorias se debe permitir que sea un SPD tipo 3 en un circuito derivado dedicado pequeño sistema eléctrico eólicos o un SPD tipo 2 ubicado en cualquier parte del lado carga del medio de desconexión de la acometida. El dispositivo de protección contra tensiones transitorias se debe instalar de acuerdo con la parte B del Artículo 285.

e) **Contactos.** Se permite un contacto alimentado por un circuito derivado o alimentador de un sistema eléctrico eólico pequeño, para usarse en mantenimiento y adquisición de datos. Los contactos se deben proteger con un dispositivo contra sobrecorriente con capacidad nominal que no exceda la corriente nominal del contacto.

B. Requisitos del circuito

694-10. Tensión máxima.

a) **Circuitos de salida de la turbina eólica.** Para turbinas eólicas conectadas a viviendas de una y dos familias, se permiten circuitos de salida de la turbina que tengan una tensión máxima de hasta 600 volts. Otras instalaciones con una tensión máxima de más de 600 volts deben cumplir con la parte I del Artículo 694.

b) **Circuitos de utilización de corriente continua.** La tensión de corriente continua de circuitos de utilización debe cumplir con 210-6.

c) **Circuitos de más de 150 volts a tierra.** En viviendas de una y dos familias, las partes vivas en un circuito de más de 150 volts a tierra, no deben ser accesibles a personas no calificadas mientras están energizadas.

NOTA: Ver 110-27 para el resguardo de partes vivas y 210-6 para limitaciones de tensión en circuitos derivados.



694-12. Dimensionamiento de circuitos y corriente.

a) Cálculo de la corriente máxima del circuito. La corriente máxima para un circuito se debe calcular de acuerdo con (1) a (3) siguientes:

1) Corrientes de salida del circuito de la turbina. La corriente máxima deberá basarse en la corriente del circuito de la turbina eólica operando a la potencia máxima de salida.

2) Corriente de salida del circuito inversor. La corriente de salida máxima será la corriente continua nominal de salida del inversor.

3) Corriente de entrada del circuito inversor autónomo. La corriente de entrada máxima será la corriente permanente nominal de entrada del inversor autónomo, produciendo la potencia nominal a la tensión de entrada más baja.

b) Ampacidad y capacidad de dispositivos de sobrecorriente.

1) Corriente constante. Las corrientes de sistemas eléctricos eólicos pequeños se considerarán que son constantes.

2) Tamaño de conductores y dispositivos de sobrecorriente. Los conductores del circuito y dispositivos de sobrecorriente se deben dimensionar para conducir no menos que el 125 por ciento de la corriente máxima como se calcula en 694-12 (a). El valor nominal o ajuste del dispositivo de sobrecorriente se permitirá de acuerdo con 240-4 (b) y (c).

Excepción: Circuitos que contienen un ensamble, junto con sus dispositivos de sobrecorriente, aprobados para operación constante al 100 por ciento de sus valores nominales, se permitirán ser utilizados al 100 por ciento de su valor nominal.

694-15. Protección contra sobrecorriente.

a) Circuitos y equipos. Se deben proteger los circuitos de salida de la turbina, los circuitos de salida del inversor, los conductores del circuito de baterías y los equipos de acuerdo con los requisitos del Artículo 240.

Los circuitos conectados a más de una fuente eléctrica deben tener dispositivos de sobrecorriente ubicados de tal manera que brinden protección contra sobrecorriente desde todas las fuentes.

Excepción: no se requerirá un dispositivo de sobrecorriente para los conductores del circuito dimensionados de acuerdo con 694-12(b), donde la corriente máxima de todas las fuentes no excede la ampacidad de los conductores.

NOTA: Para determinar qué tan adecuada es la protección contra sobrecorriente en todas las fuentes de un sistema, es necesario tomar en cuenta la posibilidad de



retroalimentación de cualquier fuente de energía, incluyendo una alimentación a través del inversor del circuito de salida de la turbina eólica. Algunos sistemas eléctricos eólicos pequeños dependen del circuito de salida de la turbina para regular la velocidad de la turbina. Los inversores también pueden operar a la inversa, para el arranque de la turbina o el control de velocidad.

b) Transformadores de potencia. La protección contra sobrecorriente para un transformador con fuentes en cada lado se debe proporcionar de acuerdo con 450-3 considerando como el primario, primero un lado del transformador, luego el otro lado del transformador.

Excepción: Un transformador de potencia con un valor nominal de corriente en el lado conectado a la salida del inversor, la cual es menor que la corriente nominal continua de salida del inversor, no se requiere tener protección contra sobrecorriente en el inversor.

c) Corriente continua. Los dispositivos de sobrecorriente, ya sea fusibles o interruptores automáticos, utilizados en cualquier parte de un pequeño sistema eléctrico de aerogenerador de corriente continua debe ser aprobado para uso en circuitos de corriente continua y tener tensión, corriente y capacidad interruptiva adecuadas.

694-18. Sistemas autónomos. Los sistemas de alambrado de inmuebles deben ser adecuados para cumplir los requisitos de esta NOM para una instalación similar conectada a una acometida. Los medios de desconexión del alambrado en el lado línea de un edificio o estructura deben cumplir con esta NOM, excepto como se modifica en (a) hasta (d) a continuación:

a) Salida del inversor. Se permitirá la salida de corriente alterna del inversor autónomo como una fuente de alimentación de corriente alterna a los medios de desconexión del edificio o estructura a niveles de corriente menores que la carga calculada conectada para ese desconectador. El valor nominal del inversor de salida o el valor nominal de una fuente de energía eólica no deben ser menor que la carga del mayor equipo de utilización conectado al sistema. Las cargas de iluminación general calculadas no se consideran como una sola carga.

b) Dimensionamiento y protección. Los conductores del circuito, entre la salida del inversor y los medios de desconexión del edificio o estructura, se deben dimensionar en base al valor nominal de salida del inversor.

Estos conductores se deben proteger de acuerdo con el Artículo 240. La protección contra sobrecorriente se debe ubicar a la salida del inversor.

c) Alimentación monofásica de 120 volts. Se permitirá que la salida del inversor de un pequeño sistema eléctrico eólicos autónomo, suministre 120 volts, a un



equipo de acometida de 1 fase, 3 hilos, 120/240 volts, o a tableros de distribución donde no hay salidas de 240 volts y cuando no haya circuitos derivados multiconductores. En todas las instalaciones, el valor nominal del dispositivo de sobrecorriente conectado a la salida del inversor debe ser menor que el valor nominal de la barra del neutro en el equipo de acometida. Este equipo deberá ser marcado con la siguiente leyenda o equivalente:

ADVERTENCIA.

ALIMENTACION UNICA DE 120 VOLTS

NO CONECTAR CIRCUITOS DERIVADOS MULTICONDUCTORES

d) Requisitos de almacenamiento de energía y de sistema de potencia de respaldo. No se requerirá almacenamiento de energía o suministro de potencia de respaldo.

C. Medios de desconexión

694-20. Todos los conductores. Se proporcionarán medios para todos los conductores portadores de corriente de una pequeña fuente de energía eléctrica eólica, de todos los otros conductores de un edificio u otra estructura. No debe instalarse un desconectador, interruptor automático u otro dispositivo, ya sea de corriente alterna o de corriente continua, en un conductor puesto a tierra, si la operación de ese interruptor, interruptor automático u otro dispositivo deja al conductor, marcado como puesto a tierra, en un estado de no puesto a tierra y energizado.

Excepción: Una turbina eólica que utiliza el circuito de salida de la turbina para regular la velocidad de la turbina, no requerirá un medio de desconexión en el circuito de salida.

694-22. Disposiciones adicionales. Los medios de desconexión deben cumplir con (a) hasta (d) siguientes:

a) Medios de desconexión. No se exigirá que los medios de desconexión sean adecuados para uso como equipo de acometida. Los medios de desconexión para conductores de fase consistirán de desconectadores operados manualmente o interruptores automáticos, cumpliendo con todos los requisitos siguientes:

- (1) Se ubicarán donde sean fácilmente accesibles.
- (2) Deberán ser operables externamente, sin exponer al operador al contacto con partes vivas.
- (3) Deberá indicar claramente si está en la posición de abierto o cerrado.
- (4) Deberá tener una capacidad interruptiva suficiente para la tensión nominal del circuito y la corriente disponible en las terminales de línea del equipo.



Donde todas las terminales de los medios de desconexión son capaces de estar energizados en la posición abierta, una señal de advertencia debe ser montado en, o ser sujeto a, los medios de desconexión. El anuncio deberá ser claramente legible y tendrá las siguientes palabras o equivalente:

ADVERTENCIA

PELIGRO DE DESCARGA ELECTRICA

NO TOQUE LAS TERMINALES DEL LADO LINEA NI DEL LADO CARGA

PUEDEN ESTAR ENERGIZADAS EN LA POSICION ABIERTO

b) Equipos. En el medio de desconexión, del lado de la turbina eólica, se permitirán equipos tales como rectificadores, controladores, desconectores de aislamiento o para conectar en cortocircuito, y dispositivos de sobrecorriente.

c) Requisitos para los medios de desconexión.

1) Ubicación. Los medios de desconexión de sistemas eléctricos eólicos pequeños se instalarán en un lugar fácilmente accesible ya sea en, o adyacente a, la torre de la turbina, en el exterior de un edificio o estructura o en el interior, en el punto de entrada de los conductores del sistema eólico.

Excepción: En las instalaciones que cumplen con 694-30(c) se permitirá que tengan los medios de desconexión ubicados a distancia desde el punto de entrada de los conductores del sistema eólico.

El medio de desconexión una turbina eólica no se requerirá que se ubique en la góndola o en la torre.

El medio de desconexión no se instalará en cuartos de baño.

2) Marcado. Cada medio de desconexión del sistema de turbina deberá estar marcado permanentemente para identificarlo como un medio de desconexión de un pequeño sistema eléctrico de aerogenerador. Se instalará una placa de acuerdo con 705-10.

3) Adecuado para su uso. Los medios de desconexión del sistema de turbina deben ser adecuados para las condiciones prevalecientes. Equipos instalados en lugares peligrosos (clasificados) deberán cumplir con los requisitos correspondientes de los Artículos 500 a 517.

4) Número máximo de desconexiones. Los medios de desconexión de la turbina deberán consistir de no más de seis interruptores o seis interruptores automáticos montados en una sola envolvente, en un grupo de envolventes separados o, en o sobre, un tablero de distribución.

d) Equipo que no es fácilmente accesible. Se permitirá que rectificadores, controladores e inversores sean montados en las góndolas u otros lugares exteriores que no son fácilmente accesibles.

694-24. Desconexión de equipos del sistema eléctrico eólico pequeño



Se proporcionarán medios para desconectar equipos, tales como inversores, baterías y controladores de carga, de todos los conductores de fase de todas las fuentes. Si el equipo está energizado por más de una fuente, los medios de desconexión deberán agruparse e identificarse.

Se permitirá un solo medio de desconexión de acuerdo con 694-22, para la salida de corriente alterna combinada de uno o más inversores en un sistema interactivo. Se permitirá un interruptor de cortocircuito o clavija para usarlos como una alternativa a un desconectador en los sistemas que regulan la velocidad de la turbina utilizando el circuito de salida de la turbina.

Excepción: El equipo que se instala en la góndola de la turbina no requerirá tener un medio de desconexión.

694-26. Fusibles. Se proporcionarán medios para desconectar un fusible de todas las fuentes de alimentación, cuando el fusible se energiza en ambas direcciones y es accesible a otras personas, además de las personas calificadas. Desconectadores, fusibles extraíbles o dispositivos similares que se clasifican para esa aplicación, se permitirá que sirvan como un medio para desconectar fusibles de todas las fuentes de suministro.

694-28. Instalación y mantenimiento de una turbina eólica

Para desactivar una turbina, para instalación y mantenimiento, se puede abrir el circuito, ponerlo en cortocircuito, o utilizar frenos mecánicos.

NOTA: Algunas turbinas eólicas dependen de la conexión del alternador a un controlador remoto de regulación de velocidad. La apertura de los conductores del circuito de salida de la turbina puede causar daños mecánicos a la turbina y crear tensiones excesivas que pueden dañar el equipo o exponer a las personas a descargas eléctricas.

D. Métodos de alambrado

694-30. Métodos permitidos.

a) Sistemas de alambrado. Se permitirá todas las canalizaciones y métodos de alambrado incluidos en esta NOM y otros sistemas de alambrado y accesorios específicamente destinados para ser utilizados en turbinas eólicas. En lugares fácilmente accesibles, los circuitos de salida de la turbina que operan a tensiones mayores de 30 volts se instalarán en canalizaciones.

b) Cables y cordones flexibles. Los cables y cordones flexibles, cuando son utilizados para conectar las partes móviles de las turbinas, o cuando son utilizados para facilitar la desconexión, para mantenimiento y reparación, deben cumplir con el Artículo 400 y deberán ser del tipo de uso rudo o cable de potencia portátil, deben ser adecuados para uso extra rudo, deben ser aprobados para su uso en exteriores,



y deberán ser resistentes al agua. Los cables expuestos a la luz solar deben ser resistentes a la luz solar.

c) Circuitos de corriente continua de salida de la turbina dentro de un edificio.

Los circuitos de corriente continua de salida de la turbina, instalados dentro de un edificio o estructura deberán ser alojados en canalizaciones metálicas o instalados en envolventes metálicas desde el punto de penetración en la superficie del edificio o estructura al primer medio de desconexión fácilmente accesible.

E. Puesta a tierra

694-40. Puesta a tierra de equipos

a) Generalidades. Las partes metálicas expuestas no conductoras de corriente de torres, góndolas de turbinas, otros equipos y envolventes de conductores, se deben conectar a un conductor de puesta a tierra de equipo de acuerdo con 250-134 ó 250-136(a), independientemente de la tensión. Las partes metálicas ensambladas, tales como las palas de la turbina y colas que no tienen una fuente de energización eléctrica, no se requerirá que sean conectados a los conductores de puesta a tierra de equipo.

b) Cables de retenida. Los cables de retenida utilizados para soportar torres de las turbinas no se requerirán estar conectados a un conductor de puesta a tierra de equipo o que cumplan con los requisitos de 250-110.

NOTA: Los cables de retenida que soportan las torres que están puestas a tierra adecuadamente, son poco probable que se energicen. Ver 694-40(c)(4).

c) Puesta a tierra de la torre.

1) Electrodo auxiliares. Una torre de un aerogenerador debe ser conectada a uno o más electrodos auxiliares para limitar las tensiones impuestas por rayos. Se permitirá que los electrodos auxiliares sean instalados de acuerdo con 250-54. Serán aceptables los electrodos que son parte de la base de la torre y cumplen los requisitos de electrodos recubiertos con concreto de acuerdo con 250-52(a)(3). Un soporte de torre de metal puesto a tierra se considerará aceptable en cumplimiento de los requisitos de 250-136(a).

Cuando están instalados en las proximidades de la cimentación galvanizada o de los componentes del anclaje de la torre, se deben utilizar electrodos de puesta a tierra galvanizados.

NOTA: Los electrodos de puesta a tierra de cobre y cobre-revestido, cuando son utilizados en suelos de alta conductividad, puede causar corrosión electrolítica de la cimentación galvanizada y de los componentes del anclaje de la torre.



2) Conductor de puesta a tierra del equipo. Un conductor de puesta a tierra de equipo se requiere entre una turbina y el sistema de puesta a tierra del inmueble, de acuerdo con 250-110.

3) Conexiones de puesta a tierra de la torre. Los conductores de puesta a tierra de equipo y los conductores de puesta a tierra de electrodos, cuando se utilicen, se conectarán a la torre metálica por soldadura exotérmica, terminales, conectores de presión, abrazaderas u otros medios aprobados. Los dispositivos, tales como conectores y terminales, deben ser adecuados para el conductor y la estructura a la que los dispositivos están conectados. Siempre que sea posible, se evitará el contacto de metales distintos en cualquier parte del sistema, para eliminar la posibilidad de acción galvánica y corrosión. Todos los elementos mecánicos utilizados para terminar estos conductores deberán ser accesibles.

4) Sistemas de protección contra rayos. Se permitirá que actúen como componentes del sistema de protección contra rayos, los electrodos auxiliares y los conductores de puesta a tierra de electrodos, cuando cumplan los requisitos aplicables. Si están separados, los electrodos de puesta a tierra del sistema de protección contra rayos de la torre deberán estar unidos a los electrodos del sistema auxiliar de puesta a tierra de la torre. Los cables de retenida utilizados como electrodos de puesta del sistema de protección contra rayos no se requerirán que sean unidos a los electrodos del sistema auxiliar de puesta a tierra de la torre.

F. Marcado

694-50. Punto de interconexión del sistema interactivo. Se deberán marcar todos los puntos de interconexión del sistema interactivo con otras fuentes, en un lugar accesible, en los medios de desconexión y con el valor nominal de corriente alterna de salida y la tensión de operación nominal de corriente alterna.

694-52. Sistema de potencia empleando energía de almacenamiento. Los sistemas eléctricos eólicos pequeños empleando energía de almacenamiento se deben marcar con la tensión máxima de operación, cualquier tensión de igualación y la polaridad de los conductores del circuito de puesta a tierra.

694-54. Identificación de fuentes de energía.

a) Instalaciones con sistemas autónomos. Cualquier estructura o edificio con un sistema autónomo y no conectado a una fuente del suministrador, deberá tener una placa permanente o directorio instalado en el exterior del edificio o estructura en un lugar fácilmente visible. La placa o directorio deberá indicar la ubicación de los medios de desconexión del sistema y deberá indicar que la estructura contiene un sistema de energía eléctrico autónomo.

b) Instalaciones con servicio público y sistemas eléctricos eólicos pequeños. Los edificios o estructuras con que tienen una acometida del servicio público y sistemas eléctricos eólicos pequeños, tendrán una placa o directorio permanente



proporcionando la ubicación de los medios de desconexión de la acometida y los medios de desconexión del pequeño sistema eléctrico eólicos.

694-56. Instrucciones para desactivar la turbina. Se instalará una placa en, o adyacente a, la ubicación de la turbina proporcionando instrucciones básicas para la desactivación de la turbina.

G. Conexión a otras fuentes

694-60. Identificado de equipo interactivo. Sólo los inversores aprobados e identificados como interactivos se permitirán en sistemas interactivos.

94-62. Instalación. Los sistemas eléctricos eólicos pequeños, cuando se conectan a las fuentes de la red pública, deberán cumplir con los requisitos del Artículo 705.

694-66. Rango de tensión de operación. Se permitirá que los sistemas eléctricos eólicos pequeños conectados a circuitos derivados o alimentadores dedicados, puedan exceder el rango de tensión de operación normal en estos circuitos, siempre que el suministro de tensión a cualquier equipo de distribución que alimenta otras cargas, permanezca dentro de los rangos normales.

NOTA: Las turbinas eólicas pueden usar la red eléctrica pública para descargar la energía eléctrica durante las rachas de viento de corta duración.

694-68. Punto de conexión. Los puntos de conexión para interconectar fuentes de energía eléctrica deberán cumplir con 705-12.

H. Baterías de almacenamiento

694-70. Instalación.

a) Generalidades. Las baterías de almacenamiento en sistemas eléctricos eólicos pequeños deberán cumplir con las disposiciones del Artículo 480.

b) Viviendas.

1) Tensión de operación. Las baterías de almacenamiento deberán tener las celdas conectadas para operar a menos de 50 volts nominales. Las baterías de almacenamiento de ácido-plomo deberán tener no más de veinticuatro celdas de 2 volts conectadas en serie (48 volts nominales).

Excepción: Cuando las partes vivas no son accesibles durante la rutina de mantenimiento de la batería, será permitida la tensión de la batería del sistema de acuerdo con 694-10.

2) Resguardo de partes vivas. Las partes vivas de los sistemas de baterías deberán ser resguardadas para evitar el contacto accidental por personas u objetos, independientemente de la tensión o tipo de batería.



NOTA: Las baterías de los sistemas eléctricos eólicos pequeños están sujetas a frecuentes ciclos de carga/descarga y por lo general requieren mantenimiento frecuente, tal como la comprobación del electrolito y limpieza de las conexiones.

c) Limitación de corriente. Se debe instalar un limitador de corriente aprobado, en cada circuito adyacente a las baterías, cuando la corriente de cortocircuito de la batería o banco de baterías, exceda la capacidad interruptiva de otros equipos en ese circuito. La instalación de fusibles limitadores de corriente debe cumplir con 694-26.

d) Cajas de baterías no conductoras y bastidores conductivos. Las baterías de ácido-plomo inundadas, con ventilación, con más de veinticuatro celdas de 2 voltios conectadas en serie (48 volts nominales) no deben utilizar cajas conductoras o no se deben instalar en cajas conductoras. El bastidor conductor utilizado para soportar las cajas no conductoras se permitirán, cuando el material del bastidor no esté dentro de 15 centímetros de la parte superior de las cajas no conductoras. Este requisito no se aplicará a ningún tipo de batería de válvula regulada de ácido-plomo (VRLA) o cualquier otro tipo de baterías selladas, que requieren cajas de acero o de otros de materiales conductivos para su correcta operación.

e) Desconexión de circuitos de baterías en serie. Los circuitos de batería sujetos a mantenimiento en campo, con más de veinticuatro celdas de 2 volts conectadas en serie (48 volts nominales), deben tener provisiones para desconectar los segmentos de cadenas conectadas en serie de 24 celdas o menos, para el mantenimiento por personas calificadas. Se permitirá desconectar con desconectores para operar con carga o con desconectores enchufables.

f) Medios de desconexión para mantenimiento de la batería. Las instalaciones de baterías, con más de veinticuatro celdas de 2 volts conectadas en serie (48 volts nominales), deben tener un medio de desconexión, accesible sólo a personas calificadas, que desconecte para el mantenimiento, los conductores del circuito puestos a tierra en el sistema eléctrico de la batería. Este medio de desconexión no desconecta los conductores del circuito puestos a tierra, para el resto del pequeño sistema eléctrico eólicos. Se permite un desconector para abrir sin carga como medio de desconexión.

g) Sistemas de batería de más de 48 volts. Cuando el sistema de baterías para un pequeño sistema eléctrico eólicos consta de más de veinticuatro celdas de 2 voltios conectadas en serie (más de 48 volts nominales), se permitirá que el sistema de baterías opere con conductores de fase, siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

(1) La carga de los circuitos de corriente continua y de corriente alterna están sólidamente puestos a tierra.

(2) Todos los conductores principales no puestos a tierra del circuito de entrada/salida de las baterías tienen desconectores y protección contra sobrecorriente.



(3) Se instala un detector e indicador de falla a tierra para monitorear fallas a tierra en el banco de baterías.

694-75. Control de carga de las baterías.

a) Generalidades. El equipo se deberá proporcionar con el control del proceso de carga de la batería. El control de carga no será requerido cuando el diseño de la fuente eléctrica del aerogenerador se iguala con la tensión nominal y la corriente de carga de las celdas de la batería y la máxima corriente de carga, multiplicada por 1 hora, es menor al 3 por ciento de la capacidad nominal de la batería expresada en ampere-horas o como lo recomienda por el fabricante de la batería. Todos los medios de ajuste para el control del proceso de carga de las baterías deberán ser accesibles sólo a personas calificadas.

NOTA: Ciertos tipos de baterías, tal como las de válvulas reguladoras de plomo-ácido o níquel-cadmio, pueden experimentar falla térmica cuando se sobrecargan.

b) Controlador de carga por desviación.

1) Medio único de regulación del proceso de carga. Un sistema eléctrico eólico pequeños que utilice un controlador de carga por desviación como el único medio de regulación del proceso de carga de la batería, debe estar equipado con dos medios confiables e independientes, para prevenir la sobrecarga de la batería.

La interconexión con el suministrador no debe ser considerada como un desvío de carga confiable.

2) Circuitos con controlador de corriente continua de desvío de carga de baterías y desvío de carga. Los circuitos que contienen un controlador de desvío de carga de baterías de corriente continua y un desvío de carga de corriente continua deberán cumplir con lo siguiente:

(1) La corriente nominal de la carga de desviación debe ser menor o igual a la corriente nominal del controlador de carga por desviación. La tensión nominal de la carga de desviación debe ser mayor que la tensión máxima de la batería. El valor nominal de la carga de desviación debe ser por lo menos el 150 por ciento del valor nominal del pequeño sistema eléctrico eólicos.

(2) La ampacidad del conductor y el valor nominal del dispositivo de sobrecorriente para este circuito debe ser por lo menos del 150 por ciento de la corriente nominal máxima del controlador de carga por desviación.

I. Sistemas de más de 600 volts

694-80. Generalidades.

Los sistemas eléctricos eólicos pequeños, con una tensión máxima del sistema mayor a 600 volts de corriente alterna o de corriente continua deberán cumplir con el Artículo 490 y los demás requisitos aplicables instalaciones de más de 600 volts nominales.

694-85. Valor nominal del cable y equipo.



Para los propósitos de la Parte I de este Artículo, las tensiones utilizadas para determinar las características nominales del cable y equipos, deben ser que se especifican en 694-85 (a) y (b).

a) Circuitos de batería. En los circuitos de batería, la tensión utilizada debe ser la mayor tensión experimentada bajo carga o condiciones equivalentes.

b) Otros circuitos. En otros circuitos, la tensión utilizada debe ser la tensión máxima experimentada en operación normal.

Anexo B: Artículo 705 de la NOM 001-2012, Sobre generador híbrida interconectada

ARTICULO 705

FUENTES DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA INTERCONECTADAS

A. Generalidades

705-1. Alcance. Este Artículo trata de la instalación de una o más fuentes de generación de energía eléctrica que operan en paralelo con una o más fuentes primarias de electricidad.

NOTA: Son ejemplos de tipos de fuentes primarias, las de suministro público o las de generación en el sitio.

705-2. Definiciones. Circuito de salida del inversor interactivo de la empresa suministradora.

Conductores entre el inversor interactivo de la empresa suministradora y el equipo de acometida u otra fuente de generación de energía eléctrica, tal como la empresa de servicio público, para la red de generación y distribución de energía eléctrica.

Equipo de Producción de Energía. Es la fuente de generación de energía y todo su equipo de distribución asociado, que genera electricidad de una fuente diferente a la de la empresa suministradora.

NOTA: Pueden ser equipos de producción de energía: generadores, sistemas solares fotovoltaicos y sistemas de celdas de combustible.

Punto de acoplamiento común. Punto en el cual la red de generación y distribución de energía se conecta con la red del consumidor, en un sistema interactivo. Por lo general, es el lado carga del medidor de energía de la red.

Sistema híbrido. Sistema compuesto de múltiples fuentes de energía. Dichas fuentes pueden incluir generadores fotovoltaicos, eólicos, micro-hidráulicos, accionados por motor y otros, pero no incluyen los sistemas de las redes de generación y distribución de energía eléctrica. Los sistemas de almacenamiento de energía, tales como las baterías, volantes o el equipo de almacenamiento magnético



superconductor no constituyen fuente de energía para los propósitos de esta definición.

705-3.Otros Artículos. Las fuentes de generación de energía eléctrica interconectadas deben cumplir las disposiciones de este Artículo y también las disposiciones aplicables de los Artículos que se enumeran en la Tabla 705-3.

Tabla 705-3.- Otros artículos

Equipo/sistema	Artículo
Generadores	445
Sistemas solares fotovoltaicos	690
Sistemas de celdas de combustible	692
Sistemas eléctricos eólicos pequeños	694
Sistemas de emergencia	700
Sistemas de reserva legalmente requeridos	701
Sistemas de reserva opcionales	702

705-4. Aprobación del equipo. Todo equipo debe estar aprobado para el uso proyectado. Los inversores interactivos para los sistemas interconectados deben estar aprobados e identificados para el servicio de interconexión.

705-6. Instalación de Sistemas. La instalación de una o más fuentes de producción de energía eléctrica que operen en paralelo con la fuente primaria de electricidad, deberá hacerse solamente por personas calificadas.

705-10. Directorio. En el lugar de instalación de cada equipo de acometida y de cada fuente de generación de energía eléctrica que se pueda interconectar, se debe instalar de forma permanente una placa o directorio, que indique todas las fuentes de energía eléctrica existentes sobre o dentro de los inmuebles.

Excepción: Se permite que en las instalaciones con gran número de fuentes de generación de energía, sean designadas por grupos.

705-12. Punto de conexión. La salida de una fuente de generación de energía eléctrica interconectada se debe conectar tal como se especifica en (a), (b), (c) o (d) siguientes:

a) Lado línea. Se permitirá que una fuente de generación de energía eléctrica esté conectada en el lado fuente del medio de desconexión de la acometida, tal como se permite en 230-82 (6). La suma de las capacidades de todos los dispositivos de sobrecorriente conectados a fuentes de producción de energía no deberá rebasar la capacidad de la acometida.

b) Sistemas eléctricos integrados. Se permitirá interconectar las salidas en un punto o varios puntos en cualquier parte de los inmuebles, siempre que el sistema se califique como un sistema eléctrico integrado e incorpore equipos de protección de acuerdo con lo establecido en las secciones aplicables del Artículo 685.



c) Más de 100 kilowatts. Se permitirá interconectar las salidas en un punto o varios puntos en cualquier parte de los inmuebles, siempre que se cumplan todas las condiciones siguientes:

- (1) El total de las fuentes de electricidad que no sean de la red pública tenga una capacidad de más de 100 kilowatts o la acometida sea de más de 1000 volts.
- (2) Las condiciones de mantenimiento y supervisión de las instalaciones aseguren que sólo personas calificadas operan y dan mantenimiento al sistema.
- (3) Se establezcan y mantengan garantías, procedimientos documentados y equipos de protección personal.

d) Inversores interactivos con la empresa suministradora. Se permitirá que la salida de un inversor interactivo esté conectada en el lado carga del medio de desconexión de la acometida de la otra fuente o fuentes en cualquier equipo de distribución en el inmueble. Cuando el equipo de distribución, incluyendo los tableros de distribución, esté alimentado simultáneamente por una o varias fuentes primarias de electricidad y uno o más inversores interactivos, y cuando este equipo de distribución es capaz de alimentar múltiples circuitos derivados o alimentadores, o ambos, las disposiciones para la interconexión del inversor o inversores interactivos deben cumplir con lo indicado en (d)(1) a (d)(7) siguientes:

1) Desconectador y protección contra sobrecorriente dedicados. La interconexión de cada fuente se debe hacer por medio de un interruptor automático o con fusibles desconectores dedicados.

2) Ampacidad del conductor o de la barra conductora. La suma de las corrientes de los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos que alimentan una barra colectora o un conductor no debe superar el 120 por ciento de la ampacidad de la barra colectora o del conductor.

Excepción: Cuando el sistema fotovoltaico tiene un dispositivo de almacenamiento de energía para permitir la operación autónoma de cargas, el valor de la carga utilizado para el cálculo de la barra o del conductor debe ser el 125 por ciento de la corriente nominal del inversor, en lugar de la capacidad del dispositivo de sobrecorriente entre el inversor y la barra o conductor.

3) Protección contra fallas a tierra. El punto de interconexión debe estar en el lado de la fuente de todos los equipos de protección contra fallas a tierra.

Excepción: Se permitirá hacer la conexión del lado carga de la protección contra fallas a tierra, siempre que todas las fuentes de corriente de falla a tierra tengan protección contra fallas a tierra para equipos. Los dispositivos de protección contra fallas a tierra instalados con suministros conectados a las terminales del lado carga deben estar identificados y aprobados como adecuados para retroalimentación.

4) Marcado. Los equipos que tengan dispositivos de protección contra sobrecorriente en circuitos que alimentan a una barra colectora o a un conductor y



que son alimentados desde varias fuentes de energía, deben estar marcados indicando la presencia de todas las fuentes.

5) Adecuado para retroalimentación. Los interruptores automáticos, si están retroalimentados, deben ser adecuados para funcionar de ese modo.

NOTA: Los interruptores automáticos que están marcados con “Línea” y “Carga” han sido evaluados únicamente en la dirección marcada. Los interruptores automáticos sin marcas de “Línea” y “Carga” han sido evaluados en ambas direcciones.

6) Sujeción. Se permitirá que en los interruptores automáticos aprobados de tipo enchufable, con retroalimentación desde inversores interactivos aprobados e identificados como interactivos, se omita el sujetador adicional requerido por 408-36(d) para tales aplicaciones.

7) Conexión de salida del inversor. A menos que el panel de distribución tenga una capacidad no inferior a la suma de las corrientes nominales de todos los dispositivos de protección contra sobrecorriente que lo alimentan, una conexión en el panel de distribución se debe ubicar en el extremo opuesto (de carga) al lugar de entrada del alimentador o del circuito principal. La ampacidad de la barra conductora o del conductor se debe determinar para las cargas conectadas de acuerdo con el

Artículo 220. En sistemas con tableros de distribución conectados en serie, el valor nominal del primer dispositivo de protección contra sobrecorriente conectado directamente a la salida de uno o varios inversores se debe usar en los cálculos para todas las barras colectoras y los conductores. Debe haber una etiqueta permanente de advertencia en el equipo de distribución con la siguiente leyenda o equivalente:

PRECAUCION

CONEXION DE SALIDA DEL INVERSOR

NO REUBICAR ESTE DISPOSITIVO DE PROTECCION

CONTRA SOBRECORRIENTE

705-14. Características de la salida. La salida de un generador u otra fuente de generación de energía eléctrica que opere en paralelo con un sistema de suministro de energía eléctrica, debe ser compatible con la tensión eléctrica, la forma de la onda y la frecuencia del sistema al cual esté conectado.

NOTA: El término compatible no quiere decir necesariamente que la forma de onda coincida exactamente con la de la fuente primaria.

705-16. Capacidad nominal de corriente de corto circuito y de interrupción. Se debe considerar la contribución de las corrientes de falla de todas las fuentes de energía conectadas, para el cálculo de la capacidad de interrupción y de corriente de cortocircuito del equipo en sistemas interactivos.



705-20. Medios de desconexión de las fuentes. Se deben instalar medios que permitan desconectar todos los conductores no puestos a tierra de una o varias fuentes de generación de energía eléctrica de todos los demás conductores.

705-21. Medios de desconexión de los equipos. Se deben instalar medios que permitan desconectar los equipos de generación de energía, tales como inversores interactivos o transformadores asociados con una fuente de generación de energía, de todos los conductores no puestos a tierra de todas las fuentes de alimentación. Los equipos proyectados para operarse y mantenerse como parte integral de una fuente de producción de más de 1000 volts no requieren contar con este medio de desconexión.

705-22. Dispositivo de desconexión.

El medio de desconexión de los conductores no puestos a tierra debe consistir en desconectadores, manuales o automáticos, o interruptores automáticos, con las siguientes características:

- (1) Estar ubicados donde sean fácilmente accesibles.
- (2) Que puedan operarse desde afuera sin exponer al operador al entrar en contacto con las partes vivas, y si son de operación eléctrica, que pueda abrirse en forma manual, en caso de falla en el suministro de energía.
- (3) Tener una indicación clara cuando están en posición de abierto o cerrado.
- (4) Que tengan capacidades no-menores a la carga conectada y a la corriente eléctrica de falla que va a ser interrumpida.

NOTA para el inciso (4): En sistemas de generación en paralelo, algunos equipos, incluyendo desconectadores de navajas y fusibles, pueden estar energizados desde ambas direcciones. Ver 240-40.

- (5) Desconexión simultánea de todos los conductores no puestos a tierra del circuito.
- (6) Poderse bloquear en la posición de abierto.

705-30. Protección contra sobrecorriente. Los conductores deben estar protegidos contra sobrecorriente según lo establecido en el Artículo 240. Los equipos y conductores conectados a más de una fuente de energía eléctrica deben tener un número suficiente de dispositivos de protección contra sobrecorriente, ubicados de modo que brinden protección desde todas las fuentes.

a) Sistemas solares fotovoltaicos. Los sistemas solares fotovoltaicos deben protegerse según lo que establece el Artículo 690.

b) Transformadores. La protección contra sobrecorriente para un transformador con una fuente o varias fuentes en cada lado, se debe proporcionar de acuerdo con 450-3, considerando primero uno de los lados del transformador como el primario y después el otro lado.



c) Sistemas de celdas de combustible. Los sistemas de celdas de combustible deben estar protegidos de acuerdo con el Artículo 692.

d) Inversores interactivos. Los inversores interactivos deben estar protegidos de acuerdo con 705-65.

e) Generadores. Los generadores deben estar protegidos de acuerdo con 705-130. 705-32. Protección contra fallas a tierra. Cuando se utilice protección contra fallas a tierra, la salida de un sistema interactivo debe conectarse del lado de la fuente de esa protección.

Excepción: Se permitirá que la conexión se haga del lado de la carga de la protección contra fallas a tierra, siempre que los equipos estén protegidos contra fallas a tierra desde todas las fuentes de corriente de falla a tierra.

705-40. Pérdida de la fuente primaria. En caso de pérdida de la fuente primaria, todas las fuentes de generación de energía eléctrica se deben desconectar automáticamente de todos los conductores no puestos a tierra de la fuente primaria y no se deben volver a conectar, hasta que se restablezca el suministro de la fuente primaria.

Excepción: Se permitirá que un inversor interactivo aprobado automáticamente deje de entregar energía al sistema en caso de la pérdida de la fuente primaria y no se exigirá que se desconecten automáticamente todos los conductores no puestos a tierra de la fuente primaria. Se permitirá que un inversor interactivo aprobado reinicie automática o manualmente la entrega de energía al sistema una vez se restablezca la fuente primaria.

NOTA 1: Si una fuente de generación de energía eléctrica interactiva puede operar aisladamente, se pueden producir riesgos para las personas y para los equipos asociados a la fuente primaria. Es necesario instalar medios especiales de detección para determinar si se ha producido una interrupción del suministro de la fuente primaria y si debe desconectarse automáticamente el inversor. Cuando se restablece el sistema de alimentación de la fuente primaria, también se pueden necesitar medios especiales de detección para limitar la exposición de las fuentes de generación de energía a una reconexión fuera de fase.

NOTA 2: Los equipos de generación por inducción en sistemas con capacitancia significativa, pueden llegar a auto excitarse y experimentar severas sobretensiones como consecuencia de la pérdida de la fuente primaria.

Se permitirá que un inversor interactivo funcione como sistema aislado para alimentar cargas que han sido desconectadas de la red de generación y distribución eléctrica.

705-42. Pérdida de la fuente primaria trifásica. Una fuente trifásica de generación de energía eléctrica se debe desconectar automáticamente de todos los conductores no puestos a tierra de los sistemas interconectados cuando se abra una de las fases de esa fuente. Este requisito no será aplicable para fuentes de



generación de energía eléctrica que alimenten sistemas de emergencia o de reserva legalmente requeridos.

Excepción: Se permitirá que un inversor interactivo aprobado, automáticamente deje de entregar energía al sistema cuando una de las fases de la fuente se abra y no se exigirá que se desconecten automáticamente todos los conductores no puestos a tierra de la fuente primaria. Se permitirá que un inversor interactivo aprobado reinicie automática o manualmente la entrega de energía a la red pública una vez que se restablezcan todas las fases de la fuente.

705-50. Puesta a tierra. Las fuentes de generación de energía eléctrica interconectadas se deben poner a tierra según lo que establece el Artículo 250.

Excepción: Para los sistemas de corriente continua conectados por medio de un inversor directamente a una acometida puesta a tierra, se permitirán otros métodos alternativos que proporcionen al sistema una protección equivalente y que se utilicen equipos aprobados e identificados para ese uso.

B. Inversores interactivos

705-60. Corriente y dimensionamiento del circuito.

a) Cálculo de la corriente máxima del circuito. La corriente máxima para cada circuito específico se debe calcular de acuerdo con (a) (1) y (a) (2).

1) Corriente del circuito de alimentación del inversor. La corriente máxima debe ser la corriente máxima de entrada del inversor.

2) Corriente del circuito de salida del inversor. La máxima corriente debe ser la corriente que el inversor entrega en forma continua.

b) Ampacidad y corriente nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente. Las corrientes del sistema del inversor se deben considerar como continuas. Los conductores del circuito y los dispositivos de sobrecorriente deberán dimensionarse para conducir no menos del 125 por ciento de las corrientes máximas calculadas según lo establecido en (a) anterior. Se permitirá que la capacidad o los ajustes de los dispositivos de sobrecorriente estén de acuerdo con 240-4(b) y (c).

Excepción: Se permitirá utilizar al 100 por ciento de su valor nominal, los circuitos que tengan un ensamble con su dispositivo o dispositivos de protección contra sobrecorriente que estén aprobados para operación continua al 100 por ciento de su valor nominal.

705-65. Protección contra sobrecorriente.

a) Circuitos y equipo. Los circuitos de entrada del inversor, los circuitos de salida del inversor y los conductores y el equipo del circuito de la batería de acumuladores, deben estar protegidos de acuerdo con el Artículo 240. Los circuitos conectados a más de una fuente deben tener dispositivos de protección contra sobrecorriente



ubicados de tal manera que brinden protección contra sobrecorriente desde todas las fuentes.

Excepción: No se exigirá un dispositivo contra sobrecorriente para los conductores dimensionados de acuerdo con 705-60(b) y ubicados donde aplique una de las siguientes condiciones:

- (1) No existen fuentes externas, tales como circuitos de fuentes conectadas en paralelo, baterías o retroalimentación desde inversores.
- (2) Las corrientes de cortocircuito de todas las fuentes no exceden la ampacidad de los conductores.

NOTA: Para determinar si todos los conductores y módulos están debidamente protegidos contra sobrecorriente desde todas las fuentes, hay que tener en cuenta la posible retroalimentación de corriente desde cualquier fuente de alimentación, incluida la alimentación a través del circuito de salida del inversor y el circuito de entrada del inversor.

b) Transformadores de potencia. Un transformador, con una fuente o varias fuentes conectadas a cada lado, se debe proteger contra sobrecorriente de acuerdo con lo establecido en 450-3, considerando primero uno de los lados del transformador como el primario y después el otro lado.

Excepción: Se permitirá que un transformador de potencia, cuya corriente nominal en el lado conectado a la salida del inversor no sea menor que la corriente nominal de salida del inversor, no esté protegido contra sobrecorriente desde dicha fuente.

705-70. Inversores interactivos montados en lugares que no son fácilmente accesibles. Se permitirá que los inversores interactivos estén montados sobre techos u otras áreas exteriores que no sean fácilmente accesibles. Estas instalaciones deben cumplir las condiciones de los incisos (1) hasta (4) siguientes.

- (1) Se debe montar un medio de desconexión de corriente continua a la vista del inversor o en él.
- (2) Se debe montar un medio de desconexión de corriente alterna a la vista del el inversor o en él.
- (3) Cualquier medio adicional de desconexión de corriente alterna para el inversor debe cumplir con 705-22.
- (4) Se debe instalar una placa de acuerdo con 705-10.

705-80. Sistemas de energía interactivos que utilizan almacenamiento de energía. Los sistemas de energía interactivos que utilizan almacenamiento de energía también se deben marcar con la tensión máxima de operación, incluyendo cualquier tensión de ecualización y la polaridad del conductor del circuito puesto a tierra.

705-82. Sistemas híbridos. Se permitirá que los sistemas híbridos estén interconectados con los inversores interactivos.



705-95. Ampacidad del conductor del neutro. La ampacidad del conductor neutro debe cumplir ya sea con (a) o (b) siguientes:

a) Conductor del neutro para la salida de un inversor monofásico de dos hilos. Si la salida de un inversor monofásico de dos hilos se conecta al neutro y a un conductor no puesto a tierra (únicamente) de un sistema de 3 hilos o de un sistema de 3 fases, 4 hilos, conectado en estrella, la carga máxima conectada entre el neutro y cualquier conductor no puesto a tierra más el valor nominal de salida del inversor, no debe ser superior a la ampacidad del conductor del neutro.

b) Conductor del neutro para instrumentación, detección de tensión o detección de fase. Para un conductor utilizado solamente para instrumentación, detección de tensión o detección de fase y conectado a un inversor interactivo monofásico o trifásico, podrá ser de menos ampacidad que la de los otros conductores que llevan corriente y se deberá dimensionar igual o mayor que el conductor de puesta a tierra del equipo.

705-100. Interconexiones desbalanceadas.

a) **Monofásico.** Los inversores monofásicos para sistemas híbridos y módulos de corriente alterna en sistemas híbridos interactivos, no se deben conectar a un sistema de 3 fases, a menos que el sistema interconectado esté diseñado de modo que no resulten desbalances importantes en las tensiones.

b) **Trifásico.** En los inversores trifásicos y en los módulos trifásicos de corriente alterna en los sistemas interactivos, se deben desenergizar automáticamente todas las fases, cuando se presente una pérdida o desequilibrio de la tensión en una o más fases, a menos que el sistema interconectado esté diseñado de modo que no resulte un desequilibrio significativo de las tensiones.

C. Generadores

705-130. Protección contra sobrecorriente. Los conductores deben estar protegidos de acuerdo con el Artículo 240. El equipo y los conductores conectados a más de una fuente deben tener dispositivos de protección contra sobrecorriente ubicados de tal manera que brinden protección desde todas las fuentes. Los generadores deben estar protegidos de acuerdo con 445-12.

705-143. Generadores síncronos. Los generadores síncronos en un sistema en paralelo deben estar provistos del equipo necesario para establecer y mantener la condición de sincronismo.

Anexo C: Plano Arquitectónico del CIME

Se anexa en formato digital



Anexo D: Ficha Técnica del Aerogenerador Vertical Aeolos-V 5kw





Aeolos-V

Vertical Wind Turbine Brochure



Aeolos wind turbine
SINCE 1986

Aeolos-V 5kW



Aeolos -V
windturbinestar.com

Aeolos wind turbine
SINCE 1986



Specification

Generator Type:	Three Phase Permanent Magnet
Rotor Height:	5m (16.4 ft)
Rotor Width:	4.5m (14.8 ft)
Turbine Weight:	285kg (633.5 lbs)
Blades Material:	Aluminum Alloy
Blade Quantity:	3 pcs
Working Temperature:	-20 °C to 50 °C
Design Lifetime:	20 years

Performance

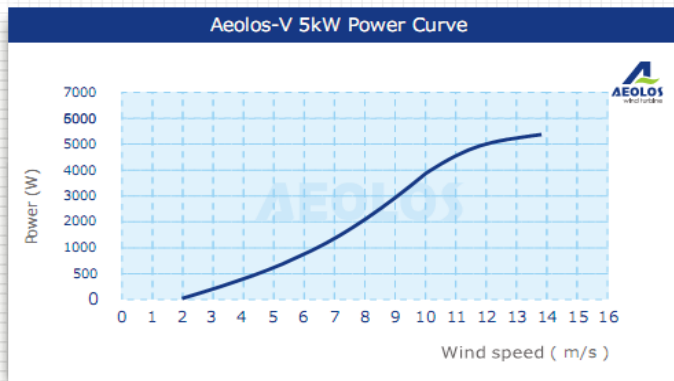
Rated Power:	5000 W
Max Output Power:	6200 W
Cut In Wind Speed:	2.5m/s (5.6 mph)
Rated Wind Speed:	12m/s (26.8 mph)
Survival Wind Speed:	55m/s (122.65 mph)
Generator Efficiency:	96%
Noise Level:	< 45 dB(A)
Warranty:	5 year

Safety

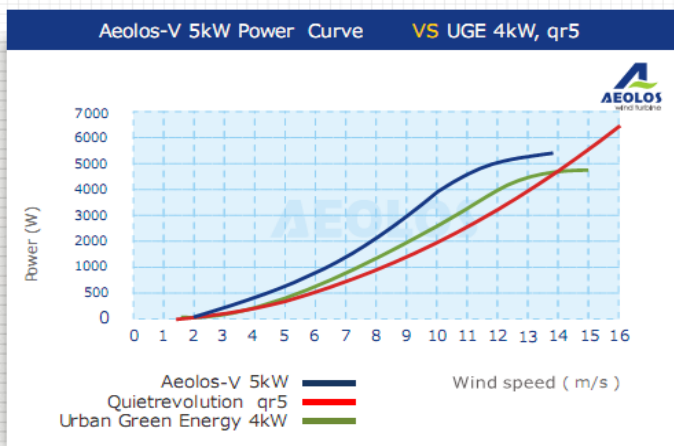
Blades RPM Limitation:	100 RPM
PWM Dump Load:	7.5 kW Box
Mechanical Brake:	Manual/Auto

Optional

Remote Monitoring System (Internet/Wireless)	
Auto Hydraulic Brake System (Unattended Site)	
Off Grid :	48 V or 96 V
Grid Tie :	300 V



Wind Speed(m/s)	Annual Energy Output (kWh)	Wind Speed(m/s)	Annual Energy Output (kWh)
3 m/s	1752 kWh	8 m/s	17520 kWh
4 m/s	3942 kWh	9 m/s	26280 kWh
5 m/s	5256 kWh	10 m/s	35040 kWh
6 m/s	7008 kWh	11 m/s	41172 kWh
7 m/s	10512 kWh	12 m/s	44676 kWh



5 YEAR WARRANTY



Aeolos Wind Energy, Ltd (UK)
27 Old Gloucester Street, London WC1N 3AX
United Kingdom
Tel: +44 208 242 1884
E-mail: sales@windturbinestar.com





**Aeolos wind turbine
SINCE 1986**



Why Choose Aeolos V 5kW Wind Turbine?

Triple Safety Protection

Special Blade Design: Aeolos blades use the special aerodynamic design which limits the max rotating speed to 200 rpm even the wind speed is 30m/s or 40m/s. It is more safe and reliable than traditional vertical axis wind turbine.

PWM Dump Load: Aeolos-V 5kW wind turbine has the 5kW dump load box with PWM loading function. This will consume the over power output and control the voltage in strong wind speed.

Mechanical Brake: The manual mechanical brake can stop the wind turbine for maintenance or typhoon coming. We have the auto hydraulic brake system for remote installation site without people checking.

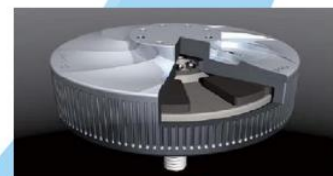


High Efficiency

Low Cut-in Wind Speed: Aeolos-V 5kW could start up with 1.5m/s wind speed and has the power output in 2.5m/s to inverter. This is more efficient than the vertical wind turbines with a 3.5m/s or even 4.5m/s cut in wind speed.

More Annual Output: According to the AWEA standard, Aeolos-V 5kW annual output is 6657 kWh at 5m/s wind speed. The annual output at 10m/s is 42924 kWh.

MPPT Charger For Off Grid: Aeolos-V 5kW use 48V MPPT charging controller to increase the charging efficiency to 94%. It can charge the battery bank when wind speed is above 3.0m/s.



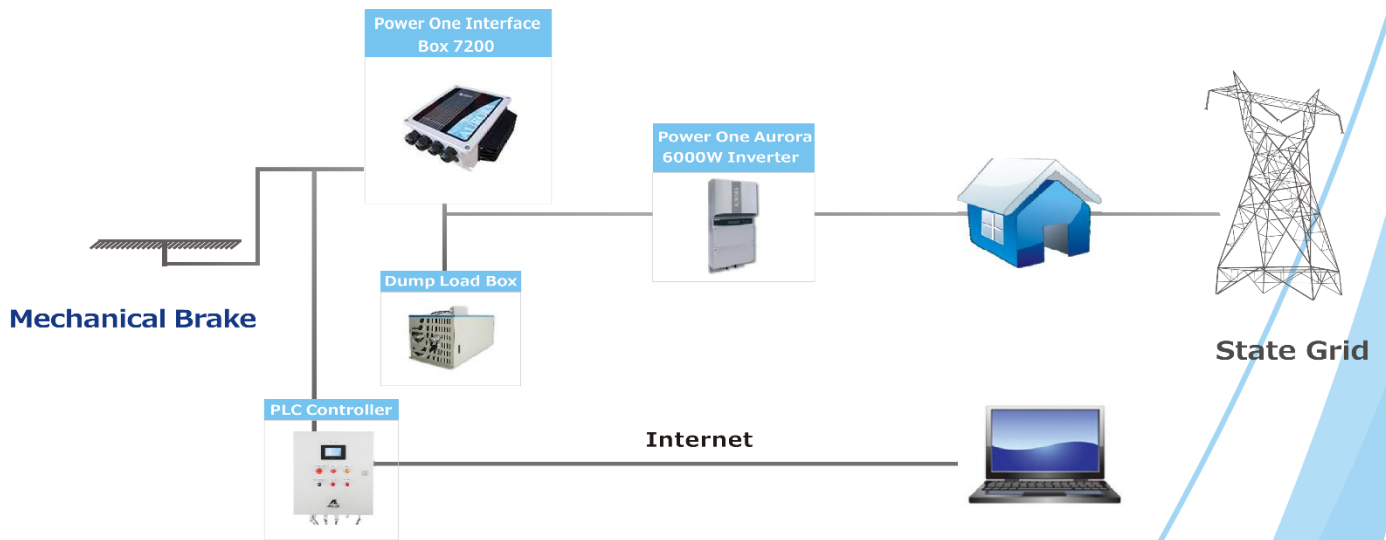
5 YEAR WARRANTY



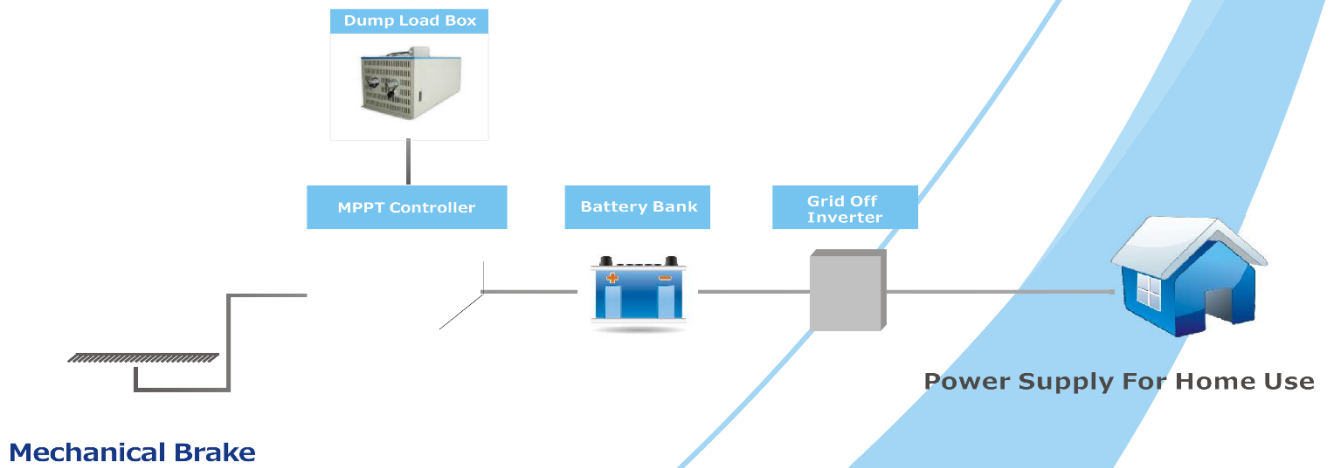
**Aeolos wind turbine
SINCE 1986**

Wiring Diagram

Grid-on



Grid-off



5 YEAR WARRANTY



Anexo E: Ficha Técnica de los Módulos Fotovoltaicos SW-250



MÓDULO SOLARWORLD SW-250 POLICRISTALINO



Información general

Eligiendo SolarWorld obtendrá los productos de mayor calidad del mercado, fabricados según los estándares alemanes.

Los módulos de SolarWorld han sido calificados como excelentes por el ÖKOTEST en Alemania.

Más de 30 años de experiencia en aplicaciones aisladas (Off-grid), permite a SolarWorld ofrecer productos líderes y una experiencia técnica de máximo nivel.

Longitud: 65.94 in
Ancho: 37.44 in
Altura: 1.22 in
Marco: Aluminio
Peso: 21.19 kg



HECHO EN
ALEMANIA

COMPORTAMIENTO BAJO CONDICIONES ESTÁNDAR DE PRUEBA (STC*)

Tensión en vacío	Voc	37.6 V
Tensión a potencia máxima	Vmpp	30.8 V
Corriente de cortocircuito	Isc	8.64 A
Corriente a potencia máxima	Imp	8.12 A

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5

COMPORTAMIENTO A 800 W/m², NOCT, AM 1.5

Potencia máxima	Pmax	180.4 Wp
Tensión de circuito abierto	Voc	33.9 V
Tensión del punto de máxima potencia	Vmpp	27.8 V
Corriente de cortocircuito	Isc	6.96 A
Corriente a punto de máxima potencia	Imp	6.50 A

Ligera reducción de la eficiencia en el comportamiento con carga parcial a 25°C: A 200 W/m² se alcanza el 95 % (+/- 3 %) de la eficiencia bajo condiciones estándar de prueba (1000 W/m²).

PARÁMETROS TÉRMICOS

NOCT	46 °C
TC I _{sc}	0.081 %/K
TC U _{oc}	-0.37 %/K
TC P _{mpp}	-0.48 %/K
Temperatura en funcionamiento	-40°C to 85°C

MATERIALES EMPLEADOS

Celdas por módulo	60
Tipo de celda	Policristalino
Medidas de la celda	6.14 in x 6.14 in (156 mm x 156 mm)
Parte anterior	Vidrio reforzado (EN 12150)
Marco	Aluminio anodizado
Peso	46.7 lbs (21.2 kg)

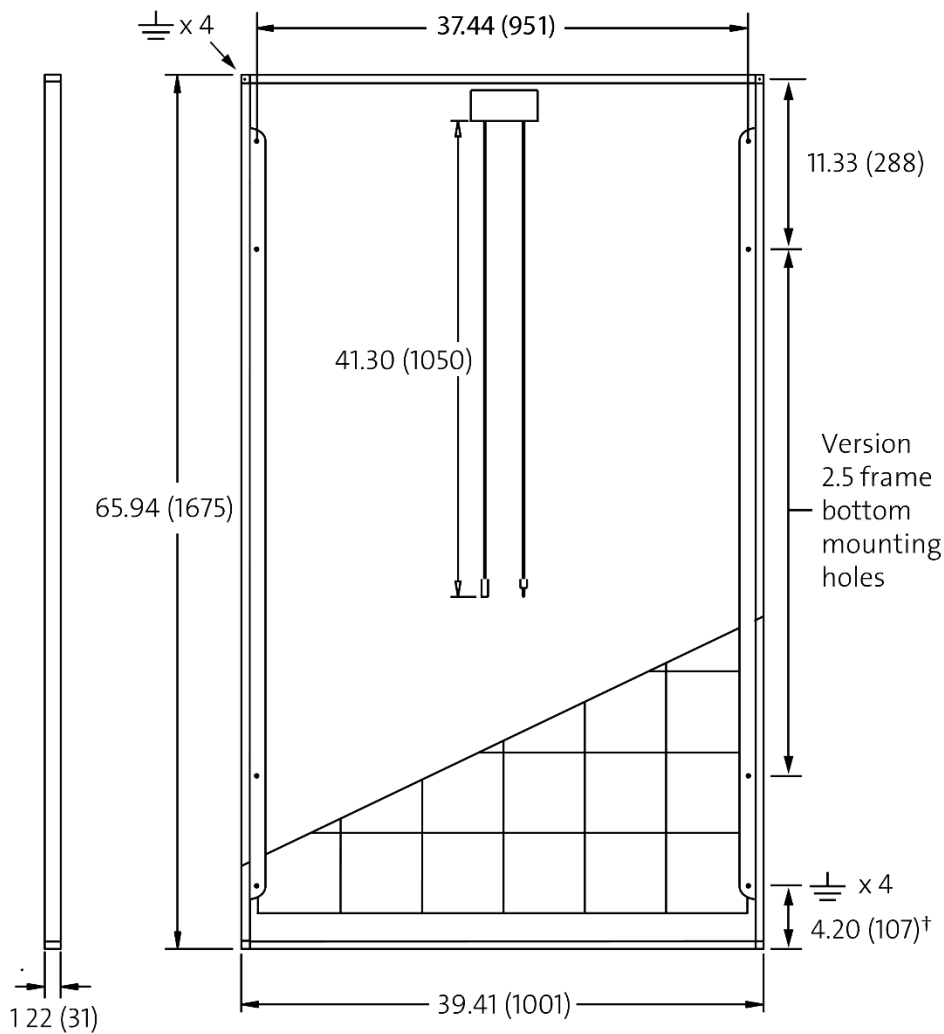
PARÁMETROS PARA LA INTEGRACIÓN ÓPTIMA EN EL SISTEMA

Máxima tensión del sistema SC II	1000 V	
Máxima tensión del sistema USA NEC	600 V	
Máxima corriente inversa	16 A	
Número de diodos bypass	3	
Diseño de cargas UL *	Sistema de dos rieles	113 libras por pie cuadrado bajada 64 libras por pie cuadrado al alza
Diseño de cargas UL *	Sistema de tres rieles	170 libras por pie cuadrado bajada 64 libras por pie cuadrado al alza
Diseño de cargas IEC *	Sistema de dos rieles	113 libras por pie cuadrado bajada 50 libras por pie cuadrado al alza

* Por favor, consulte las instrucciones de instalación del módulo para los detalles asociados con estos casos de carga.

MÓDULO SOLARWORLD SW-250 POLICRISTALINO

Dimensiones



1)
 - Qualified, IEC 61215
 - Safety tested, IEC 61730
 - Periodic Inspection



PANELES

Anexo F: Ficha Técnica del XANTREX-XW-MPPT-HV80



Schneider Electric Xantrex™ Controlador de carga solar XW MPPT 80 600

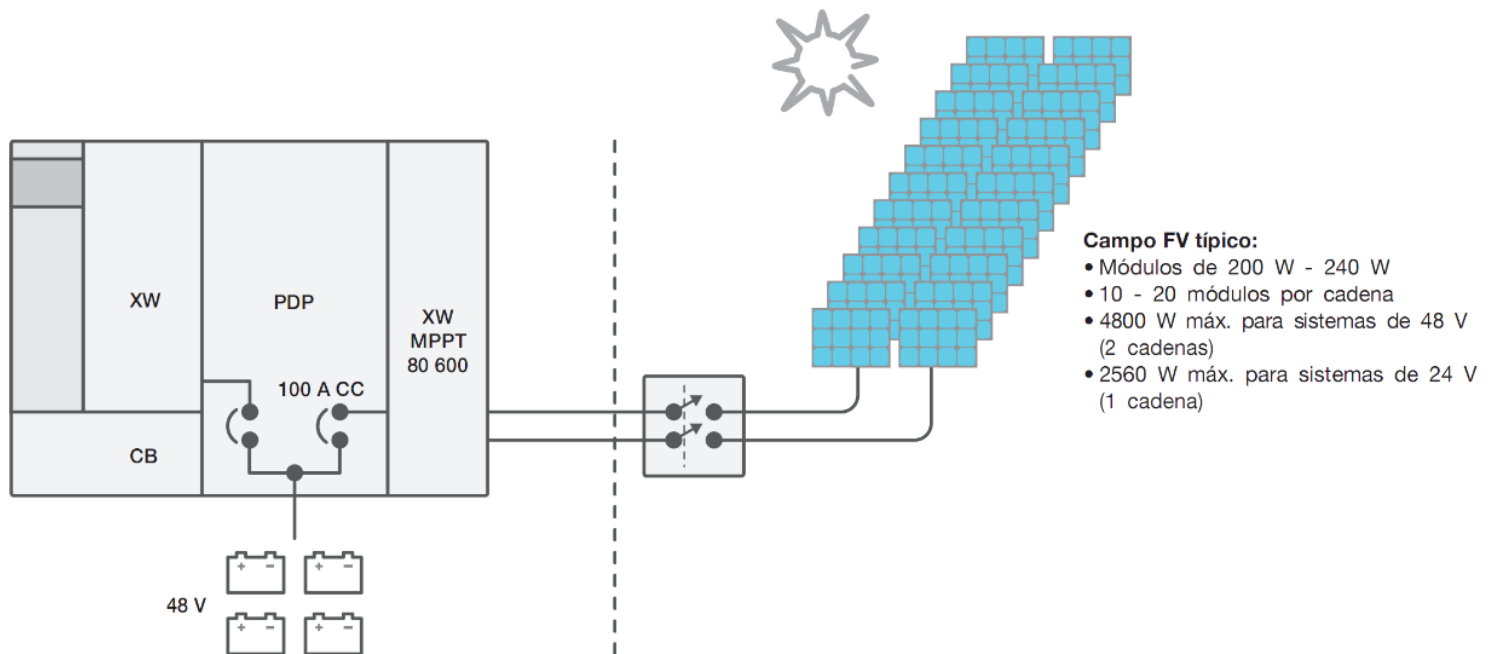
El controlador de carga solar XW MPPT 80 600 ofrece un conjunto de innovadoras características exclusivas: elevada tensión de entrada FV (hasta 600 V CC), seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) y una intensidad de carga de 80 A. Una tensión de entrada FV de 600 V CC permite reducir los costes de instalación a través de un menor número de cadenas FV, conectividad directa, ahorro de cableado y la práctica eliminación de interruptores y cajas combinadoras FV. La tecnología MPPT ayuda a aprovechar la mayor cantidad de energía disponible en el campo FV, independientemente de las condiciones ambientales. La intensidad de carga de la batería de 80 A permite la conexión de campos FV de hasta 4800 W (para bancos de baterías de 48 V).

Características

- Hasta 600 V CC de entrada
 - Intervalo máximo de tensión: 230 a 550 V CC
 - Intervalo de funcionamiento: 195 a 550 V CC
 - Intervalo MPPT: 195 a 510 V CC
 - Tensión de inicio del campo FV: 230 V CC
- 80 A de salida; batería de 48 V o 24 V (nominales)
- Potencia máxima (4800 W; 2560 W) hasta 45 °C (113 °F)
- Algoritmo MPPT de barrido rápido
- Cargador de batería de dos o tres etapas, con ecualización
- Configuración del tipo de batería: FLA, AGM, Gel y Personalizada
- Compensación de temperatura de batería
- Alta eficiencia: 96% nom. a 48 V; 94% nom. a 24 V
- Pérdida por consumo reducida (0,5 W; desconexión de alimentación Xanbus)
- GFP e indicador integrados
- Protección de sobretensión y sobreintensidad de entrada
- Protección de sobreintensidad y de realimentación de salida
- Protección contra sobrecalentamiento
- Compatibilidad con celdas FV: monocristalinas, policristalinas, cadenas y de película fina
- Sistema de puesta a tierra del campo FV seleccionable: (+), (-) o aislado de tierra
- Sistema con conexión de positivo o negativo a tierra
- Xanbus compatible con AGS, pasarelas, SCP y XW
- Salida AUX (de contacto seco, forma C)
- Montaje compatible con panel PDP (30 x 8,5 x 8,5 in)
- Ventiladores de refrigeración de velocidad variable



Configuración típica del sistema



Xantrex™ XW MPPT 80 600

Nombre abreviado del dispositivo

XW MPPT 80 600

Especificaciones eléctricas

Tensión nominal de la batería	24 y 48 V (48 V por defecto)
Máxima tensión del campo FV (en funcionamiento)	195 a 550 V
Máxima tensión del campo FV en circuito abierto	600 V
Máxima intensidad de entrada del campo FV	35 A
Tamaño de cable en conducto	13,5 mm ² a 2,5 mm ² (n.º 6 AWG a n.º 14 AWG)
Método de regulación del cargador:	Tres etapas (en bruto, absorción y flotación) Dos etapas (en bruto y absorción)

Especificaciones generales

Consumo nocturno	< 1 W
Material del envoltorio	Chasis metálico ventilado para interiores, fabricado en chapa de aluminio con orificios pretrouquetados de 22,22 mm y 27,76 mm (7/8 in y 1 in) y disipador de calor de aluminio
Peso del dispositivo	13,5 kg (29,8 lb)
Peso con embalaje	17,4 kg (38,3 lb)
Dimensiones del dispositivo (Al x An x P)	76 x 22 x 22 cm (30 x 8,625 x 8,625 in)
Dimensiones con embalaje (Al x An x P)	87 x 33 x 27 cm (34,3 x 13 x 10,6 in)
Montaje del dispositivo	Montaje vertical en pared
Temperatura de funcionamiento	-20 °C a +65 °C (-4 °F a 149 °F), derrateo por encima de +45 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 °C a +85 °C (-40 °F a +185 °F)
Altitud de funcionamiento	0 a 2000 m sobre el nivel del mar (0 a 6562 ft)
Garantía	Cinco años de garantía estándar
Referencia	865-1032

Normativas aprobadas

Certificado conforme a UL1741: 2ª Ed. y CSA 107.1-01; marcado CE

Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso.

Make the most
of your energy

Schneider
Electric

Anexo G: Ficha Técnica de Medidor bidireccional SENTINEL



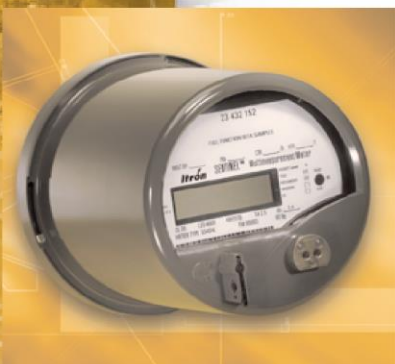
SENTINEL

especificaciones

Medidor múltiple electrónico SENTINEL

Resumen

El medidor SENTINEL es un medidor múltiple electrónico de estado sólido, polifásico de una precisión excepcional. Este medidor autónomo o regulado por transformador, está diseñado para usar en instalaciones comerciales e industriales, incluyendo grandes emplazamientos industriales y subestaciones. Una avanzada técnica de muestra analógico-digital toma muestras de cada forma de onda de entrada de corriente y tensión 32 veces por ciclo (60Hz). Los valores de tensión y corriente se calculan cada dos ciclos usando la calculación media cuadrática real (RMS, Root Mean Square). Los voltamperios se calculan multiplicando el valor de la tensión RMS por el valor de la corriente RMS, de esta manera proporciona un cálculo aritmético para VA. El medidor SENTINEL también permite un cálculo vectorial de VA.





Especificaciones del medidor SENTINEL

Sistema operativo

- > Windows CE.NET 4.2 de Microsoft con memoria flash compacta

Plataforma flexible

- > Varias placas de circuito electrónico realizan diferentes funciones
- > Entrada de transformador para la corriente y entrada de divisor resistivo para la tensión
- > Procesamiento de medición y conversión analógica-digital
- > Procesamiento de comunicaciones, reloj de tiempo real, perfil de carga y registro
- > Placa de entrada y salida para la acumulación de pulsos o notificación de eventos

Protocolos

- > El medidor SENTINEL usa el protocolo PSEM (ANSI C12.18-1996)

Características estándar

- > Precisión clase 0.2
- > 5 niveles de medición
- > Firmware actualizable
- > Historial de eventos y errores
- > Sistema de monitoreo en el campo SiteScan
- > Configuración flexible para diferentes aplicaciones de medición
- > Suministro de energía de calibración automática

Registros disponibles

- > Los datos de registro y la información de programa se guardan en la memoria no volátil en caso de interrupción de energía.
- > Selección de cientos de elementos en una pantalla de cristal líquido (LCD) que el usuario puede programar.
- > Programable por el usuario a través de ItronPC-PRO+ 98, un software de programación de medidores basado en Windows de 32 bits.

Energía

- > Wh: suministrada, recibida, neta
- > VARh: suministrada y recibida, suministrada neta, recibida neta y 4 cuadrantes
- > VAh: vectorial y aritmética, suministrada, recibida y retardo
- > A2h: agregada
- > V2h: agregada
- > Ah: por fase y neutral
- > Vh: por fase y promedio

Demanda

- > Valores instantáneos actualizados cada segundo.
- > Están disponibles los valores de demanda máximo, presente, anterior, proyectado, acumulativo, acumulativos continuo y coincidente.

Tipos de registro de demanda

- > Intervalos de demanda de bloqueo y rodantes con longitudes programables de intervalo y subintervalo.
- > Cálculos de demanda termal

Soporte dependiente

Itron respalda el medidor SENTINEL con el soporte fiable que se espera del proveedor líder en soluciones para las empresas de servicios de electricidad. Nuestros ingenieros trabajan con usted para implementar el medidor SENTINEL en el campo y personalizar el software para brindar la información inteligente en tiempo real según sus necesidades.

Datos de autolectura e instantáneos

- > Dos grupos de datos instantáneos, leídos automáticamente cuando se reposiciona la demanda
- > Cuatro grupos de datos de autolectura, planificación programable por el usuario
- > Un grupo de datos de autolectura, leídos automáticamente al cambiar el período (datos del último período)

Características opcionales

- > Entradas y salidas de pulsos
- > Opciones de MeterKey: nivel de medición, TOU, perfil de carga, calidad de energía, medición bidireccional, totalización
- > Placa opcional de módem interno
- > Opciones de desarrollo OEM
- > Módulo de comunicaciones de medidor multifunción de red fijo (MFMM)
- > PF (prom., min., inst.)
- > Placa opcional R300S (solo energía), R300SD (energía y demanda), R300SD3 (3 cantidades)
- > Placa opcional RS-232/RS-485
- > Módem celular BlueSpan SLB-Mod3
- > Cubierta con entrada directa de teléfono
- > Suministro de energía trifásica
- > Medidor clase 320 amp (solo enchufe)
- > Módem de línea de llegada Telereader NERTEC NCTR 801
- > Ninguna opción de enlaces potenciales

Especificaciones del medidor Sentinel (cont.)

Red de E/S

- > Las opciones de entrada y salida disponibles están determinadas por el tipo de placa de E/S que se instale en el medidor. El medidor SENTINEL soporta un máximo de 4 salidas KYZ, 1 (KY) salida de corriente baja/alta y 2 (KY) salidas de estado sólido o pulso.

Módem interno

- > El módem permite que los clientes se conecten de forma remota al medidor SENTINEL para programar o leer el medidor.
- > Funciona a una velocidad de 300/1200/2400 baudios y está disponible para aplicaciones de línea de teléfono compartida o independiente.

Software

- > PC-PRO+ 98, PC-PRO+ 98 Advanced
- > Creación de archivo de datos de medidor con PC-PRO+ 98 Advanced versión 5.0 o superior
- > EnergyAudit 3.0

Límites de entrada de tensión

- > Suministro de energía de detección automática de tensión, con disponibilidad monofásica o trifásica.
- > El suministro de energía funciona con un rango de entrada de tensión nominal de 120-480 V.
- > El suministro de energía trifásico funciona con un rango de entrada de tensión de 57.7-277V.

Límites de entrada de corriente

- > ANSI Clase 20 (Límite Inst.)
- > ANSI Clase 150, 200 & 320 (Corriente completa)

Requisitos de energía

- > Rangos de tensión: -20% a +10% de tensión nominal (1 ó 3 fases)
- > Tensión de funcionamiento: $\pm 20\%$
- > Frecuencia: 50-60 Hz
- > Rango de funcionamiento: 45 Hz a 65 Hz

Datos técnicos cumplen con

- > ANSI C12.1: 1995
- > ANSI C12.19: 1997
- > ANSI C12.20: 1997
- > ANSI C12.21: 1999

Sobretensión, Impulso, e Interferencia RF:

- > ANSI C37.90.1: 1989
- > ANSI C62.41: 1991
- > FCC Parte15 (Clase B)

Batería TOU/Perfil de carga

- > Tensión: 3.6 V nominal
- > Rango de funcionamiento: 3.4 V- 3.8 V
- > Sobrante: 12 años mínimo
- > Duración en almacenamiento: 25 años mínimo

Tiempo

- > Frecuencia de operación en sincronía con la frecuencia de la línea
- > Sinc cristal: $\pm 0.003\%$ @25°C; $\pm 0.02\%$ por rango completo de temperatura

Entorno de funcionamiento

- > Temperatura: -40° a +85°C
- > Humedad: 0% a 95% no condensada
- > Supresión de sobretensión / Transitorio: ANSI C37.90.1-1989; FCC Parte 15, Clase B; ANSI C62.41-1991

Precisión

- > ANSI C12.20:1997 para medidores de clase 0.2

Datos de precisión

- > El medidor SENTINEL es un dispositivo de precisión +/-0.2 capaz de mostrar un amplio rango de información de registro y cumplir con los requisitos de ANSI C12.20: 1997 para medidores de clase 0.2.

Datos característicos

- > Corriente de inicio: 0.005 amps (Clase 20); 0.050 amps (Clase 200); 0.080 amps (clase 320)

Datos nominales

- > Tensión 120: Vatios: 1.3, VA 2.2
- > Tensión 240: Vatios: 1.6, VA 3.1
- > Tensión 277: Vatios: 1.7, VA 3.4
- > Tensión 480: Vatios: 2.4, VA 5.2

Información de referencia

- > Guía de referencia técnica del medidor SENTINEL
- > Catálogo descriptivo del medidor SENTINEL
- > Hoja de especificaciones del medidor SENTINEL
- > Hoja de especificaciones del medidor SENTINEL R300S, R300SD, R300SD3
- > Formulario de especificación de orden

perfil

Itron

Itron es un proveedor líder de tecnología y una fuente imprescindible de conocimiento sobre las industrias globales de energía y agua. Más de 3.000 empresas de servicios a nivel mundial confían en la tecnología de Itron para proporcionar el conocimiento que requieren para optimizar el suministro y el uso de energía y agua. Itron suministra valor a sus clientes al proporcionar soluciones líderes de la industria en la medición de electricidad, recolección de datos de medidor, administración de información de energía, respuesta a la demanda, predicción de carga, servicios de consultoría y análisis, optimización y diseño de sistemas de distribución, automatización de la fuerza de trabajo basada en la Web y administración de energía residencial y empresarial.

Para saber más, comience aquí: www.itron.com/global



México y América Central

Guillermo González Camarena 1600-2E

Santa Fe 01210, México, D.F.

México

Tel: +52 55 5292 6240/44

Fax: +52 55 5292 6239

soporte.mxca@itron.com

Sede central

2818 N. Sullivan Road

Spokane, WA 99216

EE.UU.

Tel: +1 509 924 9900

Fax: +1 509 891 3288

www.itron.com