



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN

POTABILIZACIÓN DE AGUA POR MEDIO DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO-
FOTOVOLTAICO, PARA COMUNIDADES RURALES Y DESASTRES
NATURALES

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO-ELÉCTRICISTA

PRESENTA:

DANIEL MAZA VILLALPANDO

ASESOR: ING. ÁNGEL ISAÍAS LIMA GÓMEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

OBJETIVO GENERAL:

- Utilizar energía renovable para generar electricidad con métodos como lo son las celdas fotovoltaicas y energía eólica, diseñando un sistema híbrido y con ello proponer y evaluar técnica y económicamente un sistema de alimentación eléctrica para purificación de agua que sea sustentable en condiciones de pobreza y en desastres naturales.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- Analizar el entorno y características para determinar a qué tipo de sector le conviene utilizar este sistema
- Analizar si este proyecto resulta económicamente rentable para poderse llevar a cabo
- diseñar un sistema de alimentación eléctrica para resolver la necesidad primaria de suministro de energía eléctrica para el potabilizador de agua, que se necesita en sectores específicos de pobreza o en desastres naturales donde no existe suministro eléctrico.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| • INTRODUCCIÓN | 1 |
| • 1.-Antecedentes | 3 |
| 1.1.-Antecedentes y situación energética en México y el mundo | 3 |
| 1.2.- Uso eficiente de la energía y energías renovables en México | 3 |
| 1.3.- Combustibles fósiles y medio ambiente | 4 |
| 1.4.- Energías renovables. | 5 |
| 1.5.- Aspectos que favorecen el desarrollo y fomento de las energías renovables | 5 |
| 1.6.- Aspectos que limitan el desarrollo de las energías renovables | 6 |
| 1.7.- Generación eléctrica | 6 |
| 1.8.- Funcionamiento de un generador de corriente alterna | 7 |
| 1.9.-Generador de corriente directa | 7 |
| 1.10.- Desinfección del agua | 7 |
| 1.11.- Cloración | 7 |
| 1.12.- Ozonización | 8 |
| 1.13.- La luz ultravioleta | 9 |
| 1.14.- iones de plata | 9 |
| 1.15.- Filtración | 10 |
| 1.16.- Características, ventajas y desventajas de los sistemas de tratamiento de . agua | 11 |
| • 2.- ENERGÍA EÓLICA | 13 |
| 2.1.- Introducción | 13 |
| 2.2.- Situación en México | 13 |
| 2.3.- Tipos de aerogeneradores | 13 |
| 2.4.- Aerogeneradores de eje horizontal | 15 |
| 2.5.- Aerogeneradores de eje vertical | 17 |
| 2.6.- Clasificación por la posición del equipo respecto al viento | 18 |
| 2.7.- Comparación entre generadores de eje horizontal y eje vertical | 19 |
| 2.8.- Recurso eólico | 20 |
| 2.9.- Aerodinámica de las maquinas eólicas | 20 |
| 2.10.- Límite de Betz | 24 |
| 2.11.- Eficiencias de conversión | 28 |
| 2.12.- Curva de potencia-velocidad de aerogenerador | 29 |
| 2.13.- Micro y mini eólica | 30 |
| 2.14.- Aerogeneradores de mediano y gran tamaño | 31 |
| 2.15.- Modo de conexión de los aerogeneradores | 33 |
| 2.16.- Configuración de un sistema eólico | 34 |
| 2.17.- Protección contra los equipos eólicos | 35 |
| 2.18.- Implicaciones técnicas | 35 |
| 2.19.- Base tecnológica | 36 |
| 2.20.-Seguimiento y control | 37 |
| 2.21.- Instrumentos de medición | 38 |

| | |
|--|----|
| • 3.- ENERGÍA SOLAR | 39 |
| 3.1.- Introducción | 39 |
| 3.2.- Radiación e irradiación | 40 |
| 3.3.- Componentes de la radiación solar que incide sobre los paneles | 43 |
| 3.4.- Variaciones estacionales de la radiación | 44 |
| 3.5.- Energía solar fotovoltaica | 44 |
| 3.6.- Paneles fotovoltaicos | 45 |
| 3.7.- Fundamentos de las celdas solares | 45 |
| 3.8.- Tipos de celdas solares | 47 |
| 3.9.- Estructura de los paneles fotovoltaicos | 47 |
| 3.10.- Paneles solares | 51 |
| 3.11.- Tensión y corriente a aportar | 51 |
| 3.12.- Características de los paneles | 52 |
| 3.13.- Factores de eficiencia de los paneles fotovoltaicos | 52 |
| 3.14.- Posición de los captadores solares | 53 |
| 3.15.- Soporte de los módulos | 54 |
| 3.16.- Mantenimiento de la instalación | 55 |
| 3.17.- Instrumentos de medida de radiación solar | 55 |
| • 4.- SISTEMAS DE PURIFICACIÓN DE AGUA | 56 |
| 4.1.- Calidad del agua, filtrado y desinfección | 56 |
| 4.2.- Métodos de purificación de agua | 56 |
| 4.3.- Filtración | 56 |
| 4.4.- Filtro multimedia | 57 |
| 4.5.- Filtro de carbón activado | 58 |
| 4.6.- Filtro suavizador | 59 |
| 4.7.- Filtro pulidor | 60 |
| 4.8.- Etapa de desinfección | 60 |
| 4.9.- Capacidad y operación de una planta | 61 |
| 4.10.- Proceso de purificación | 62 |
| 4.11.- Sistema autónomo de generación eléctrica | 62 |
| 4.13.- Sistemas de bombeo de aguas | 66 |
| • 5.- SISTEMA AISLADO, HIBRIDO E INTERCONECTADO A LA RED | 68 |
| 5.1.- Clasificación de instalaciones | 68 |
| 5.2.- Instalaciones aisladas | 68 |
| 5.3.- Configuración de los sistemas | 70 |
| 5.4.- Instalaciones conectadas a la red eléctrica | 71 |
| 5.5.- Sistema independiente o híbrido | 72 |
| 5.6.- Ventajas de los sistemas híbridos | 73 |
| 5.7.- Inconvenientes | 73 |
| 5.8.- Clases de sistemas híbridos | 73 |
| 5.9.- Aspectos técnicos de los mini aerogeneradores | 74 |
| 5.10.- Modo de suministro | 75 |
| 5.11.- Dimensión de una instalación | 75 |
| 5.12.- Interconexiones a la red | 77 |
| 5.13.- Almacenamiento de energía | 78 |
| 5.14.- Especificaciones eléctricas de las baterías | 78 |

| | |
|---|-----|
| 5.15.- Banco de baterías | 80 |
| 5.16.- Capacidad de almacenamiento | 80 |
| 5.17.- Profundidad de descarga | 81 |
| 5.18.- Arreglo de baterías | 81 |
| 5.19.- Dimensionar el banco de baterías | 81 |
| 5.20.- Tipos de baterías | 82 |
| 5.21.- Inversores | 84 |
| 5.22.- Configuración de los inversores | 85 |
| 5.23.- Parámetros característicos de un inversor | 86 |
| 5.24.- Elegir un inversor | 86 |
| 5.25.- Aplicaciones de los inversores | 87 |
| 5.26.- Clasificación de los inversores | 87 |
| 5.27.- Conversión a corriente alterna | 87 |
| 5.28.- Sistema de regulación de potencia | 88 |
| 5.29.- Regulación | 88 |
| 5.30.- Reguladores de carga | 88 |
| 5.31.- Condiciones de la entrada de tensión | 89 |
| 5.32.- Regulación de velocidad | 89 |
| 5.33.- Conexión del regulador e información que proporciona | 90 |
| 5.34.- Modos de regulación de carga | 90 |
| 5.35.- Elección del regulador de carga | 91 |
| 5.36.- Elegir regulador y generador | 91 |
| 5.37.- Sistema de regulación de carga | 91 |
| 5.38.- Parámetros del regulador de carga | 92 |
| 5.39.- Esquemas de instalaciones | 92 |
| 5.40.- Instalaciones generadoras de electricidad | 93 |
| 5.41.- Efectos sobre líneas de transmisión y distribución | 94 |
| 5.42.- Huecos de tensión | 94 |
| 5.43.- Líneas de evacuación eléctrica y subestación desde el aerogenerador a la red | 95 |
| 5.44.- Instalación eléctrica | 96 |
| 5.45.- Dimensionado de cable de bajada del sistema generador hacia el cuadro de regulación | 97 |
| 5.46.- Costos de instalación y producción | 98 |
| 5.47.- Usos y aplicaciones de los sistemas híbridos aislados | 99 |
| 5.48.- Seguridad | 99 |
| 5.49.- Indicadores de estado. | 99 |
| • 6.- PROYECTO PARA ENERGIZAR POTABILIZADOR DE AGUA EN COMUNIDADES RURALES | 101 |
| 6.1.- Estudio de configuración energética | 102 |
| 6.2.- Grafica de integración de energía de sol y viento | 103 |
| 6.3.- Potencia instalada para un sistema rudimentario purificador | 104 |
| 6.4.- Potencial de recursos energéticos de la zona | 107 |
| 6.5.- Sistema de almacenamiento y autonomía | 109 |
| 6.6.- Esquema de diseño | 111 |
| 6.7.- Material eléctrico necesario para el equipo | 119 |
| 6.8.- Cotización para el sistema híbrido eléctrico necesario para cubrir las necesidades requeridas para el desarrollo del proyecto | 115 |

| | |
|--|-----|
| 6.9.- características del equipo de generación | 116 |
| 6.10.- Parámetros de simulación para el sistema. | 121 |
| 6.11.- Sistema modelo de purificador de agua para comunidades rurales | 126 |
| • 7.- PROYECTO DE SISTEMA HIBRIDO PORTABLE AUTONOMO PARA DESASTRES NATURALES | 135 |
| 7.1.- Modelo de carrito de desastres autocad | 136 |
| 7.2.- Carrito de desastres | 137 |
| 7.3.- Diagrama de conexión | 140 |
| 7.4.- Costo y equipo energético | 141 |
| 7.5.- Aerogenerador | 141 |
| 7.6.- Panel solar | 142 |
| 7.7.- Batería | 143 |
| 7.8.- Inversor | 144 |
| 7.9.- Controlador de carga | 144 |
| 7.10.- Costo de equipo para generación de electricidad para carrito de desastres | 145 |
| • Conclusiones | 146 |
| • Bibliografía | 148 |

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el ahorro de energía eléctrica se está convirtiendo en prioridad para nuestro país ya que si la gente gasta menos energía, disminuye la presión de aumentar el suministro, de construir centrales de energía nuevas, o de importar energía de otros países.

Se están llevando a cabo grandes esfuerzos para conseguir mejor aprovechamiento de las energías renovables y con ello disponer de fuentes alternas. La energía renovable está siendo aprovechada mediante diferentes tecnologías para proporcionar electricidad y calor en donde la utilización de energía alternativa está creciendo continuamente.

Existen diferentes medios por los cuales se puede generar energía eléctrica utilizando energías limpias. Las más importantes son los paneles fotovoltaicos, los colectores térmicos y los aerogeneradores. Son los más usados como fuente secundaria en diversos sectores como son el comercial, el industrial o inclusive en el sector doméstico.

Con esto no solo obtenemos un importante ahorro en las cuentas de luz, sino que tenemos una fuente eléctrica de emergencia para cuando tenemos fallas por parte de la compañía suministradora sin mencionar el aporte ambiental y ecológico.

Estos medios pueden ser aprovechados para obtener energía eléctrica mediante transformación directa para consumo individual, o bien para conexión a las redes generales de distribución donde el panel solar fotovoltaico y el aerogenerador lo permiten.

En México más de 12 millones de personas no tienen acceso al agua potable¹ y este es un problema que impacta en la salud, la productividad, la integración familiar, el desempeño escolar de los niños y en muchos otros ámbitos.

Las comunidades que no tienen agua potable son los lugares en donde más llueve, donde hay más inundaciones y enfermedades por el consumo de agua no potable que es una de las principales causas de muerte en niños menores de 5 años, son las comunidades donde más pobreza hay y el acceso al agua potable es esencial para tener una vida digna¹.

El desabasto de agua potable para el consumo de las personas es lamentable en las zonas marginales, donde hay una mayor necesidad de solucionar este problema debido a que la gente no tiene las mismas facilidades de obtener agua para su consumo.

Este proyecto está enfocado en diseñar un sistema de generación de energía eléctrica híbrido eólico fotovoltaico como fuente de alimentación para un equipo portátil de purificación de agua utilizado en desastres naturales y un sistema fijo para una comunidad rural ubicada en el municipio de las mesas estado de México y con esto poder suministrar la energía eléctrica necesaria y así poder darle el tratamiento necesario al agua y que tenga las condiciones necesarias para poderla beber, ya que la obtención agua apta para el consumo humano se utilizan diversos métodos de potabilización en conjunto.

El objetivo de esta investigación es poder abastecer de energía eléctrica una planta de purificación de agua que sea sustentable a bajo costo y eficiente, para poder solucionar el gran problema al que nos estamos enfrentando, que cada vez es más preocupante y que es necesario

¹ Dato de artículo junio 2015 –fundación *water for happiness*

resolver, ayudando a las regiones donde no es fácil el abastecimiento hídrico en condiciones óptimas y que carecen de suministro eléctrico.

En el trabajo tocamos temas relacionados como lo son los antecedentes de energías renovables, la situación que hay en México y como es que esta evolucionando el uso de energía limpia en el mundo para la generación de energía eléctrica.

Se hablara también acerca de toda la teoría de la generación de electricidad tanto eólica como fotovoltaica, tipos de generadores, componentes que los conforman, características generales, beneficios, condiciones que favorezcan la implementación de los equipos, etc.

Otro tema que se toca como parte complementaria de este proyecto son los sistemas de purificación de agua, condiciones de uso, los distintos tipos que hay en el mercado, etc. Para poder comprender mejor el trabajo que se realizó.

Se mencionan los tipos de sistemas tanto interconectados a la red como los aislados para poder describir cómo es que se hacen las conexiones y se ponen en funcionamiento los sistemas de energía alterna. Y con esto poder explicar de una manera más clara los proyectos de energización eléctrica para planta purificadora en la comunidad rural como para el sistema portátil de desastres naturales.

1.-ANTECEDENTES

En nuestro país tenemos un sector en el que no se están cubriendo las necesidades requeridas para el abastecimiento de agua potable, ya que viene muy contaminada con metales pesados o químicos nocivos para el consumo humano. Teniendo en cuenta que el agua es un elemento vital para la vida en el planeta, hay que darle solución a este problema por eso se propone un sistema sustentable para poder purificar el agua y que sea apto para el consumo humano

1.1.-Antecedentes y situación energética en México y el mundo

El aprovechamiento del viento y la energía del sol ha marcado hitos importantes al ser incorporadas en distintas formas a las actividades donde se utilizaba la energía del viento en forma de molinos para bombear agua.

Un problema de las energías renovables para su uso en la generación de electricidad es su intermitencia, es decir, la disponibilidad del energético primario no es continua.

La producción de energía eléctrica debe ser permanente, exige fuentes de alimentación constantes. Por ello las tecnologías de generación basadas en energías renovables han debido desarrollar en conjunto tecnologías de almacenamiento, lo que ha significado un aumento en el alto costo inicial de estos dispositivos.

La capacidad instalada de energías renovables en el mundo ha crecido anualmente desde 1990 un 1.7% siendo las energías renovables alternativas fotovoltaica, solar térmica y eólica las de mayor crecimiento, con un 19% de crecimiento anual en promedio; en 2011 el crecimiento en el consumo de energía proveniente de energías renovables fue de 2.1% total de energía consumida en el mundo, además se contribuyó con un 3.9% en la generación de energía eléctrica mundial en el 2011.

De una manera muy general se puede afirmar que la república mexicana recibe 10 horas de exposición al sol, Esta energía se transforma en calor, viento, vapor de agua y en diversas formas de biomasa y solo una pequeña fracción es aprovechable para el uso que los humanos le damos a la energía.

1.2.- Uso eficiente de la energía y energías renovables en México

Como parte de los esfuerzos de la secretaria de energía para lograr un desarrollo sustentable en nuestro país, el sector energía fomenta el uso de las fuentes alternas de energía, tanto para aplicaciones conectadas a la red como en el entorno rural, e impulsa acciones de eficiencia energética en los ámbitos estatal y municipal para identificar potenciales, definir intereses estatales y establecer vínculos de apoyo financiero y técnico que permitan la implementación de proyectos factibles y de beneficio regional.

En Este esfuerzo participan dependencias y organismos gubernamentales, tales como la secretaría de energía, la secretaría de desarrollo social, la comisión nacional para desarrollo de pueblos indígenas, la comisión federal de electricidad, la comisión nacional para el ahorro de energía, el instituto de investigaciones eléctricas, BANOBRAS, el fideicomiso de riesgo compartido, el fideicomiso del ahorro de energía, la UNAM, la asociación nacional de la energía solar y la universidad de Guanajuato, entre otros.

1.3.- Combustibles fósiles y medio ambiente

El aprovechamiento sustentable de la energía está definido en México por la ley para el aprovechamiento sustentable de la energía como “el uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades para su explotación, producción, transformación, distribución y consumo, incluyendo la eficiencia energética”.

En México se han publicado las siguientes leyes y programas en relación con la sustentabilidad:

- Creación de la comisión nacional para el uso eficiente de la energía en 2008
- Ley para el aprovechamiento de las energías renovables y el financiamiento de la transición energética (LAERFTE), publicada en el diario oficial de la federación (DOF) el 28 de noviembre de 2008.
- Ley para el aprovechamiento sustentable de la energía (LASE), publicada en DOF.
- Plan nacional de desarrollo 2007-2012 publicado en DOF, en el que contempla la promoción del uso eficiente de la energía para el desarrollo sustentable a través de tecnologías que ofrecen mayor eficiencia energética y ahorros a los consumidores.
- Programa sectoral de energía 2007-2012 publicado en DOF, en el que se establece como objetivo la promoción y producción eficiente de la energía.
- Programa nacional para el aprovechamiento sustentable de la energía publicado en el DOF, con el que se establece iniciativas sustentables para varios sectores: iluminación, equipos del hogar y de inmuebles, transporte, cogeneración, nuevos edificios y modernización de edificios e industria.
- Publicación editorial de “energías renovables para el desarrollo sustentable en México”
- Publicación de “la estrategia nacional para la transición energética y el aprovechamiento sustentable de la energía”
- Programa especial para el aprovechamiento de las energías renovables, este documento da a conocer las políticas públicas que promoverán las energías renovables.
- Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticas, publicada en el DOF , la cual busca promover el desarrollo de bioenergéticas.

En relación a la emisión de GEI (gases de efecto invernadero), México realizó lo siguiente recientemente:

- En el plan nacional de desarrollo se plantea como el objetivo la reducción de GEI y el impulso a medidas de adaptación al cambio climático.
- Publicación de la estrategia nacional de cambio climático en 2007, la cual define las bases para impulsar la reducción de emisiones de GEI y el desarrollo de proyectos para prevenir, evitar, minimizar los efectos del cambio climático.
- Inventario nacional de emisiones; el proyecto inició en 1995 y publicó su primer informe en 2005
- Programa especial del cambio climático: propone las acciones específicas para controlar y reducir las emisiones de GEI así como las medidas de adaptación a los efectos negativos del cambio climático.
- Realización del estudio “implicaciones económicas del cambio climático en México” que arroja como resultado el ahorro que se tendría en un futuro si se aplican las medidas necesarias para disminuir las emisiones de GEI. (fondo para el cambio climático).

- Ley general de cambio climático, la cual busca regular la emisión de GEI y compuestos de efecto invernadero para reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático.
- Creación del instituto nacional de ecología y cambio climático, prevista en la ley general de cambio climático.
- 4 comunicados nacionales ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático

Como puede observarse se han hecho avances para tratar de frenar y disminuir el uso intensivo de los combustibles fósiles pero este consumo al tener la inercia de los años anteriores, y el aumento poblacional, hace imposible que los países desarrollados y los que están en proceso de desarrollo y crecimiento dejen de utilizarlos en el corto plazo.

Las energías renovables ocupan un lugar destacado para disminuir la dependencia energética hacia los combustibles fósiles, además de contribuir con la disminución en las emisiones de GEI.

1.4.- Energías renovables.

Es necesario mencionar que las energías renovables alternativas mencionadas a continuación cuentan con la suficiente madurez tecnológica por lo que son las más utilizadas a nivel mundial

- Fotovoltaica, que transforma la energía luminosa en energía eléctrica
- Solar térmica, que utiliza directamente esta energía para distintos propósitos y la que transforma la energía térmica de radiación del sol en energía eléctrica,
- Eólica, que transforma la energía cinética del viento en energía eléctrica.
- Biomasa y desechos combustibles, que se transforma de energía química a energía térmica.
- Oceánica, que aprovecha los movimientos naturales del agua oceánica, convirtiéndolos en energía eléctrica.
- Geotérmica, la cual aprovecha los fenómenos térmicos que en la corteza terrestre provoca el calor proveniente del centro de la tierra para convertirlos en electricidad.
- Hidráulica, que transforma la energía potencial del agua almacenada en un embalse natural o artificial a energía eléctrica.

1.5.- Aspectos que favorecen el desarrollo y fomento de las energías renovables

1. Diversidad de las fuentes primarias de energía, donde las energías renovables con disponibilidad continua y periódica, renovables y no renovables se complementen para tener un sistema eléctrico robusto
2. Disminución en las emisiones de GEI
3. Desconcentración de productores de energía
4. Crecimiento económico inevitable de la industria de energías renovables
5. Generación de empleos “ verdes” viables
6. Se evita la dependencia económica hacia el petróleo
7. Desarrollo social de comunidades alejadas del servicio eléctrico convencional

Ventajas particulares de México

- Abundancia del recurso energético renovable
- Existencia de un marco normativo, LAERFTE, LASE y ley de promoción y desarrollo de las bioenergéticas.
- Centros de investigación y desarrollo tecnológico con recursos humanos calificados que apoyan la formación de recursos humanos

1.6.- Aspectos que limitan el desarrollo de las energías renovables

1. La modernización de la tecnología que permite aprovechar la energía renovable alternativa utiliza aun la energía y materiales provenientes de combustibles fósiles, afectando al balance positivo que podrán tener las energías renovables en cuanto a emisiones de GEI.
2. Aunque la fuente energética de la biomasa es renovable, es también la energía que más emisiones de GEI reporta durante su etapa de uso.
3. La energía solar y la eólica tienen una disponibilidad intermitente por lo que necesita otras fuentes de energía que las complementen.
4. Problemas ecológicos derivados de la construcción de plantas de generación, por ejemplo las presas hidráulicas y los campos eólicos
5. Subsidio a los energéticos convencionales
6. Renovación de reservas de combustibles fósiles
7. Falta de análisis del ciclo de vida de las tecnologías.

Situación en México:

- Faltan recursos destinados para investigación y desarrollo de tecnología
- Falta una infraestructura adecuada para la investigación y desarrollo de tecnología
- No hay vinculación de la academia con la industria
- Rezago tecnológico importante
- Falta de normalización
- Baja prioridad por parte del gobierno a las energías renovables
- La toma de decisiones se hace por personas con falta de formación en el área
- Impactos socio-económicos negativos ignorados en las comunidades donde se desarrollan proyectos renovables
- Interrupción o discontinuidad de proyectos por razones políticas
- Los recursos humanos existentes están dispersos y se carece de un conocimiento exacto de su existencia y de planes para su formación especializada.

1.7.- Generación eléctrica

La obtención de energía eléctrica se da sin transformaciones intermedias de energía en los siguientes casos:

- Energía química a energía eléctrica: baterías eléctricas, celdas
- Energía térmica a energía eléctrica
- Energía luminosa a energía eléctrica: celdas fotovoltaicas
- Energía mecánica a energía eléctrica

Donde la energía mecánica de movimiento rotacional es el método de conversión más utilizado en el mundo para la obtención de energía eléctrica a gran escala por las grandes magnitudes de energía eléctrica que puede entregar una sola máquina y su adaptabilidad a una turbina para transformar otros tipos de energía a eléctrica.

1.8.- Funcionamiento de un generador de corriente alterna

El principio físico de funcionamiento es la inducción de una fuerza electromotriz (fem) sobre devanados de cobre u otro metal; a un campo magnético conectado con su flujo magnético variable al devanado llamado inducido, creando en él un campo eléctrico y este a su vez una fuerza electromotriz o tensión.

El campo magnético que induce esta fuerza electromotriz puede originarse de imanes permanentes o con efecto electroimán, alimentados por corriente directa (CD) o corriente alterna (CA) según el tipo de generador.

La fuerza electromotriz inducida en una bobina se produce al haber un cambio en magnitud, dirección o sentido del flujo magnético, esto se logra haciendo girar el inductor y al cambiar la dirección y sentido del flujo magnético.

La tensión o FEM inducida en la bobina tiene la forma de una onda senoidal, lo cual es el motivo por el que este tipo de máquinas eléctricas se conozcan como alternadores.

1.9.-Generador de corriente directa

Este generador de CD varía físicamente del generador de CA solo en la parte que conecta el interior con el exterior del generador. En el generador de corriente alterna el inducido se conecta con el exterior por medio del colector de anillos mientras que en el generador de corriente directa el colector emplea un solo anillo para conectarse con él, este aro conductor es llamado colector de delgas y está dividido en dos partes aisladas eléctricamente entre sí para obtener así corriente directa a partir de la corriente alterna que se genera en el devanado o inducido.

1.10.- Desinfección del agua

La palabra desinfección se refiere a quitarles la vida o la capacidad de reproducción a los microorganismos causantes de enfermedades transmitidas al ser humano por consumir agua no potable. Existen diversos métodos de desinfección. A continuación se mencionan los más utilizados.

1.11.- Cloración:

Su función principal es desinfectar el agua, eliminando casi todos los microorganismos. También actúa como oxidante ayudando a eliminar algunos plaguicidas, oxida algunas especies químicas disueltas o las hace más fáciles de eliminar.

Se agrega el agua mediante gas cloro licuado, solución de hipoclorito sodio, gránulos de hipoclorito cálcico o generadores de cloro in situ.

En las plantas de purificación de agua embotellada es común usar el hipoclorito de sodio al 5%, esto es con una concentración de hipoclorito sódico de 0.5ppm de agua, dejándolo reaccionar durante 30 minutos

Dependiendo de la concentración de materia orgánica proveniente de sustancias húmicas o flavicas del suelo, la dosis de cloro, la temperatura, del ph del agua y del tiempo de reacción es posible que se formen subproductos halogenados al agregar cloro al agua, los cuales son potencialmente tóxicos para el ser humano.

Ventajas:

- Desinfectante y oxidante
- Distintas presentaciones de cloro por lo que es posible almacenarlo y generarlo in situ
- Barato en operación en comparación al ozono
- Desinfección residual.

Desventajas:

- Producción de gases tóxicos o en el caso de generación in situ producción de hidrogeno el cual es altamente inflamable
- Posible generación de subproductos halogenados tóxicos para el ser humano
- No elimina absolutamente a todos los patógenos microbianos.
- Mayores dosis y tiempos de reacción en mismos volúmenes de agua que el ozono

1.12.- Ozonización

El ozono es un excelente oxidante, en otras palabras, un buen degradante de plaguicidas y otras sustancias orgánicas y un desinfectante primario, ya que necesita de una desinfección posterior para mantener el efecto desinfectante residual o crecimiento de bacterias.

Su generación necesariamente es en forma gaseosa, necesitando esta de un alto voltaje para generar ozono utilizando aire u oxígeno y aplicándolo directamente al agua en dosis que van de 2 a 5mg/l.

El ozono requiere menor tiempo de contacto y una menor dosis que el cloro para tratar volúmenes iguales al agua.

Sus ventajas son:

- Excelente oxidante
- Desinfectante
- Prácticamente no genera subproductos tóxicos

Sus desventajas son:

- Complejidad técnica en el mantenimiento y operación
- Costo de operación caro
- No tiene acción desinfectante residual
- El ozono es inestable por lo que se debe generar y usar inmediatamente

1.13.- La luz ultravioleta

Esta tecnología de desinfección utiliza una lámpara especial que emite luz ultravioleta en el rango de longitudes de onda de 80 a 320 (nm) con la cual es posible incapacitar a bacterias, bacteriófagos, levaduras, virus, hongos y algas para reproducirse.

Al igual que el ozono no posee desinfección residual por lo que se hace necesaria la cloración posterior.

El uso de luz ultravioleta para la desinfección del agua no genera ningún tipo de subproducto y su operación y mantenimiento es sencillo.

Ventajas:

- Excelente desinfectante
- No genera ningún subproducto tóxico
- Operación y mantenimiento sencillo y barato
- En combinación con el ozono tiene una acción catalizadora de reacciones de oxidación.
- Ideal para instalaciones pequeñas de purificación de agua por su costo relativamente bajo y operación sencilla

Desventajas:

- No inactiva protozoos
- Si hay un tiempo insuficiente de exposición, la lámpara está dañada o en una posición incorrecta con respecto al flujo de agua, entonces no se logra la total desinfección de esta.
- Si el agua presenta turbidez la luz ultravioleta no es suficiente para desinfectar.
- No posee desinfección residual

1.14.- iones de plata

Los **iones** de plata son átomos de plata en solución de agua, los cuales al ser generados pierden un electrón en su última orbita. La plata tiene como número atómico el 47, lo cual quiere decir que cuenta con 47 electrones, 47 protones y 45 neutrones, sucede que al perder un electrón, los átomos toman una carga eléctrica positiva, razón por la cual son llamados iones positivos. Los iones de plata son considerados como un excelente complemento cuando se trata de hacer un tratamiento bacteriológico del agua. Para ello los iones de plata son sometidos a un proceso de ionización, y durante éste proceso se da una eliminación de bacterias en los líquidos.

El proceso de ionización implica la presencia de iones de plata en el agua, a través de un proceso electrolítico. Para ello es necesario hacer circular una corriente eléctrica mediante un sistema de electrodos de plata, los cuales se encuentran disueltos en el líquido a desinfectar. Es así como se logra un desprendimiento de iones de plata, los cuales son suministrados al agua que está bajo tratamiento. A fin de poder calcular la cantidad de iones disueltos se puede recurrir a las Leyes de Faraday, con lo cual se pueden obtener resultados muy precisos

Durante la eliminación de gérmenes y bacterias en el agua por medio de iones de plata, el agua no pierde su contenido de sales minerales, así mismo las propiedades químicas del agua permanecen. Los iones de plata poseen una capacidad tal que aún los patógenos que se encuentran escondidos en tuberías, válvulas, y tinacos finalmente harán choque con ellos y terminarán por ser destruidos.

1.15.- Filtración

La filtración combina procesos físicos y químicos para retener sustancias sólidas que acompañan el agua y dependiendo las características físicas y químicas del filtro también es posible eliminar sabor, color, microbios y químicos disueltos.

Existen varios sistemas de filtración:

- Filtros rápidos y lentos de arena
- Filtros de tierra diatomáceas
- Filtros directos
- Filtros empacados
- Filtros de membrana
- Filtros de cartuchos

Los filtros de arena en general son capaces de atrapar e incluso destruir a bacterias, protozoos, algas y materia orgánica así como reducir la turbidez y eliminar algunos plaguicidas y el amoníaco.

Los filtros lentos de arena consisten en depósitos rectangulares de concreto que en su base o suelo tiene tubos por donde se drena por efecto gravitatorio el agua filtrada, arriba de estos tubos se ponen capas de grava cada vez más pequeña y después una capa de arena de sílice.

Los filtros rápidos de arena son semejantes en construcción a los filtros lentos de arena, su diferencia la establece el caudal de agua que se suministra para ser filtrada e incluso el uso de bombas en los filtros rápidos para realizar un filtrado a presión.

El filtro de multicapas o multimedia, lecho profundo o sedimentos también utiliza arena de sílice colocada en la base del recipiente que la contiene y arriba de esta capa de arena se colocan capas de diversos materiales cada vez de mayor volumen; la gravedad específica de los materiales elegidos y su tamaño se eligen de tal forma que se evite su mezcla aun después de limpiarlos por medio de retrolavado.

El filtro de lecho profundo es ampliamente utilizado en plantas purificadoras embotelladoras de agua por su mayor capacidad retentiva de partículas suspendidas en el agua, una menor pérdida de presión, filtración de grandes cantidades de agua en un menor espacio, menor cantidad de retrolavados, operación y mantenimiento barato y eficiente.

Los filtros de tierras diatomáceas se caracterizan por ser portátiles y por requerir limpieza y reposición continua de esta tierra; sustituyen la arena por una capa delgada de material poroso.

Los filtros empacados son sistemas integrales de tratamiento de agua que incluyen adición de reactivos, floculación, sedimentación y filtración, todo esto en un espacio compacto.

Los filtros de membrana utilizan una membrana semipermeable por la que se hace pasar el agua a filtrar. Existen las membranas de micro, ultra, nano e hiperfiltración u osmosis inversa.

Estas membranas son capaces de retener bacterias, virus, materia orgánica e inorgánica según las dimensiones de los poros de la membrana.

Estos sistemas son bastante caros en operación y mantenimiento ya que se necesitan grandes presiones para lograr la filtración y las membranas tienden a deteriorarse relativamente rápido.

El que el agua tenga un olor, color o sabor desagradable después del filtrado y la desinfección no significa necesariamente que el agua no sea potable, sin embargo para evitar que la gente rechace su consumo se utilizan los filtros de carbón activado los cuales están hechos de un material carbonoso generalmente de madera, carbón, cascara de coco o turba. Se dice que se activa cuando el material carbonoso se somete a un calentamiento controlado provocando que este adquiera una gran superficie específica (de 500 a 1500 m²/g), superficie que es capaz de atraer, adherir y romper moléculas de olor, color, sabor y restos de cloro, fenómeno conocido como adsorción.

El carbón activado tiene tres presentaciones y diversos materiales carbonosos según el tipo de filtrado y la calidad que se quiera lograr. En las plantas purificadoras de agua embotellada es ordinario el uso de carbón activado granular, sin dejar de mencionar que también existe en presentación de bloque y de polvo.

Existen otros dos filtros muy utilizados en las plantas purificadoras o de tratamiento de agua potable para embotellar y es el filtro suavizador y el filtro pulidor.

El filtro suavizador remueve del agua, a través de un intercambio iónico, minerales disueltos en calcio, magnesio y hierro para evitar la dureza del agua.

El filtro pulidor tiene la función de retener las partículas sólidas de hasta 5 micras logrando que el agua sea menos turbia y por lo tanto es una etapa siguiente de desinfección con luz ultravioleta eficaz.

1.16.- Características, ventajas y desventajas de los sistemas de tratamiento de agua

| FILTRACION CONVENCIONAL | | | | |
|--------------------------------|--|----------|--|--|
| TECNOLOGIA | APLICACIÓN | MANEJO | COSTO | LIMITANTES |
| Filtros de arena | Sedimentos suspendidos, remoción media de bacterias y materia orgánica | sencillo | Bajo costo de inversión en infraestructura y de manejo | Remoción de 80-90% de bacterias y 60% de materia orgánica, requiere gran superficie |
| Filtros de tierras diatomáceas | Remoción de turbiedad y de bacterias | sencillo | Bajo costo de inversión y de manejo | Útiles en casos de poca turbiedad y bajos conteos bacterianos, no retiene materia orgánica |
| Filtros de carbón activado | Remoción de materia orgánica y bacterias | sencillo | Bajo costo de inversión, costo medio de mantenimiento | Generación de residuos, continua renovación del filtro, no remueve bacterias ni nitrato |

| DESINFECCION | | | | |
|------------------|--------------|---|---|---|
| TECNOLOGIA | APLICACION | MANEJO | COSTO | LIMITANTES |
| Cloro | Desinfección | Sencillo con medidas adicionales de seguridad | Bajo costo de inversión, y mediano costo de mantenimiento | Generación de subproductos |
| cloramina | Desinfección | Sencillo con medidas adicionales de seguridad | Costo medio de inversión y mantenimiento | Poder desinfectante limitado |
| Ozono | Desinfección | Manejo complejo | Costo elevado de operación | Escaso poder residual |
| Luz ultravioleta | Desinfección | Operación y mantenimiento sencillo | Costo medio de inversión y de operación | No previene recrecimiento, no genera poder residual |

| FILTROS DE MEMBRANA | | | | |
|---------------------|---|---|---|---|
| TECNOLOGIA | APLICACION | MANEJO | COSTO | LIMITANTES |
| Micro filtración | Remoción de solidos disueltos y algunas especies de bacterias | Operación sencilla | Costo moderado de inversión y de operación | Desperdicio de agua, descomposición de membrana |
| Ultrafiltración | Remueve virus, bacterias y materia orgánica | Manejo sencillo, posible automatización | Costo elevado de inversión y operación | Desperdicio de agua descomposición de la membrana |
| Nano filtración | Remueve virus, bacterias y materia orgánica | Manejo sencillo, posible automatización | Costo muy elevado de inversión y de operación | Desperdicio de agua descomposición de la membrana , |
| Osmosis inversa | Remueve virus, bacterias, parásitos y materia orgánica e inorgánica | Manejo complejo | Costo muy elevado de inversión y de operación | Desperdicio de agua descomposición de la membrana , requiere manejo de salmuera |

Tablas 1 .- comparativa entre las distintas tecnologías y las características importantes de estas

2 ENERGÍA EÓLICA

2.1 introducción

El movimiento del aire es inagotable, pero su presencia es dispersa y aleatoria y se desplaza de un lugar a otro con velocidades muy diferentes

Los proyectos eólicos están limitados por lo que la frecuencia de los vientos y sus velocidades constituyen los factores principales que los determinan. El estudio previo de todos los proyectos de esta índole se inicia comparando el grado de proximidad entre la energía eólica requerida para justificar la instalación y la que supuestamente puede aportar la zona señalada.

Ante instalaciones privadas, la ubicación de los aerogeneradores admite poco cambio, solo es posible buscar el aumento de la velocidad del viento con la altura.

Las condiciones eólicas pueden ser analizadas con instrumentos de campo complementados con un software específico en gestión de los datos recogidos.

El anemómetro para dar información de la velocidad del viento y la veleta para señalar en todo momento la dirección del viento dominante, ambas unidas a un sistema informático.

2.2-Situación en México

La conciencia de la necesidad de diversificar los energéticos primarios para generación eléctrica, en un contexto de energías renovables. El sector eléctrico a escala mundial es muy recurrente a introducir cambios y ha sido a través de coacción gubernamental, modificando leyes y reglamentos, e incluso estableciendo sanciones, es como han podido inducir las transformaciones necesarias en el sector eléctrico.

Se debe señalar que en nuestro país los aerogeneradores pueden ser una opción en comunidades rurales sin electrificar, así como una fuente de energía, dentro de la diversificación de fuentes opcionales de energía.

2.3.- Tipos de aerogeneradores

- Según la disposición de giro
 - Eje horizontal
 - Eje vertical
- según el número de palas
 - Monopalas y bipalas
 - Tripala
 - Multiplala

- Según la velocidad del rotor de la turbina
 - Velocidad constante
 - Velocidad variable
 - Velocidad semivariable
 - Dos velocidades
- Según su control y regulación
 - Control por pérdida aerodinámica (stall control)
 - Control por pérdida activa aerodinámica (active stall control)
 - Control por variación de ángulo de paso de pala (pitch control)
- Según el generador eléctrico
 - Generador asíncrono con rotor en jaula de ardilla
 - Generador asíncrono con rotor bobinado doblemente alimentado
 - Generador síncrono multipala
- Según su emplazamiento
 - Aerogeneradores de emplazamientos terrestres
 - Aerogeneradores de emplazamientos marinos
- Según el tipo de viento
 - Clase 1 , clase 2 y clase 3
- Respecto a la interconexión con la red eléctrica
 - Sistemas aislados
 - Sistemas interconectados con la red eléctrica
- Según la potencia nominal
 - Micro turbinas eólicas (<5KW)
 - Mini turbinas eólicas(5 – 10KW)
 - Turbinas de media y gran potencia(100 a 1000 KW)
 - Turbinas multimegavat(1000 a 5000KW)

Cada aerogenerador se distingue por sus propiedades eléctricas y mecánicas entre las que se pueden considerar como básicas la potencia nominal, el medio de orientación al viento al que se recurre, el sentido de rotación de su eje con respecto al plano de la tierra, su procedimiento de regulación de potencia aportada y el medio de frenado de palas ante la presencia de vientos de velocidad elevada.

Características

Todas las maquinas eólicas se definen por un conjunto de características y de condiciones de funcionamiento ante el viento.

- Potencia: este parámetro depende directamente de la velocidad del viento, la cual es variable entre franjas horarias, estaciones del año y zonas geográficas
- Velocidad del viento:

Velocidad de arranque: comprende a la velocidad del viento mínima para que se muevan sus palas, su valor esta entre 3 y 5 m/s

Velocidad nominal: es la velocidad del viento a la que el generador eléctrico proporciona la potencia nominal. Esta entre 10 y 12 m/s

Velocidad de desconexión: cuando los generadores llegan a velocidades elevadas de más de 20m/s se recomienda la desconexión del generador para evitar problemas de inestabilidad.

2.4.- Aerogeneradores de eje horizontal

Es la versión de la maquina eólica más empleada en todas las aplicaciones, por la posibilidad de poder fabricarlas desde muy pequeñas potencias hasta las más grandes.

Configuración

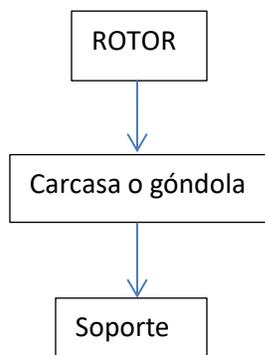


Diagrama de bloques de elementos del aerogenerador

Elementos del aerogenerador

- Rotor: es el sistema captador de la energía cinética del viento para transformarla en energía mecánica, se conforma del buje , las palas que se acoplan a él y el eje que transmite la energía mecánica obtenida
- Carcasa o góndola: es la envolvente metálica del equipo en el que están dispuestos todos los componentes para transformar la energía eólica en energía eléctrica cuya potencia depende del área de barrido de las palas y la velocidad del viento.
- Soporte: es el medio de sustentación del aerogenerador.
- Multiplicador: para los generadores de imanes permanentes que incorporan las versiones micro y pequeña es suficiente la velocidad de rotación del eje motriz, que corresponde a la de las palas, sin embargo no es así para los síncronos o asíncronos de las grandes maquinas cuyo requerimiento de velocidad es muy superior . Surge con ello el multiplicador o caja multiplicadora de velocidad, la cual se dispone entre el eje motriz del rotor y el generador eléctrico.

- Control: esta unidad comprende a los circuitos eléctricos, electrónicos y electromecánicos con los que se gestiona el funcionamiento de todo el equipo. permitiendo el control de potencia del generador, orientación y variación de ángulo en las Palas.
- Sensores e instrumentos de medida: incorporan sensores de las condiciones del viento para dar a su unidad de control información de la situación. Los sensores del viento corresponden a dos típicos instrumentos de configuración para fines concretos; una veleta para dar información de la dirección del viento y con esto orientar al rotor, y un anemómetro para medir su velocidad a efectos de control.
- Base y cimientos
- Punto de conexión a la estación transformadora de baja tensión
- Torre de sustentación
- Escalera interior para acceso a la góndola
- Sistema de orientación del rotor hacia el viento
- Góndola
- Generador eléctrico
- Freno para fijación del rotor
- Pala o alabe del rotor
- Punto de inserción de la pala en el buje
- Buje o nariz del aerogenerador

Según la velocidad de giro se clasifican en:

- Generadores lentos: los generadores multipala tienen en general entre 6 y 24 palas. Presentan una baja velocidad específica de diseño y un gran par de arranque. Arrancan con velocidades del viento entre 2 y 3 m/s y la velocidad óptima de funcionamiento se sitúa en el entorno de unos 7 m/s.
- Generadores rápidos: tienen dos o tres palas. presentan una velocidad específica más elevada, tienen un par de arranque pequeño y requieren velocidades de viento de orden de 3 a 4 m/s para su arranque. Su gama de potencias es muy amplia, desde modelos de pequeña potencia a modelos gran potencia.
- Generadores de velocidad intermedia: tienen entre 3 y 6 palas. en general son de pequeña potencia y la aplicación es en equipos autónomos para producción de electricidad

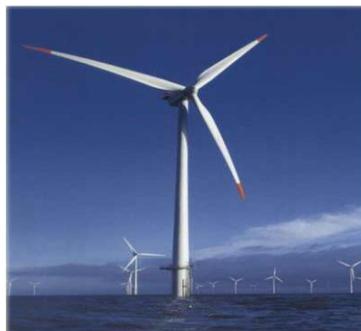


Fig (2.4) aerogenerador

2.5.- Aerogeneradores de eje vertical

Su eje motriz, al que esta acoplado el sistema captador de la energía cinética del viento, se encuentra situado en vertical, perpendicular por tanto al plano de la tierra. Transcurre por el interior del sistema de sustentación hasta finalizar, ya en base, en el generador eléctrico.

Estos aerogeneradores han cambiado ya que no ofrecen grandes potencias, pero si un aceptable rendimiento para pequeñas potencias.

Aerogenerador Savonius:

Se basó en la disposición sobre el eje vertical en dos semicilindros con ejes paralelos y separados del de sustentación y giro. Básicamente un sistema de arrastre que forma una S visto desde arriba.

El viento incide en ambas caras con fuerzas distintas, lo que permite el giro con independencia de su dirección dominante. Se evita así el mecanismo de orientación de los del eje horizontal, simple en los aerogeneradores pequeños.

Los desarrollos recientes modificando la concepción inicial hacia sistemas helicoidales de gran longitud, están ofreciendo excelentes resultados para pequeñas potencias.



Fig(2.5) aerogenerador savonius

Aerogenerador Darrieux:

Su sistema captador del viento está compuesto por perfiles biconvexos unidos por sus extremos. Sus características aerodinámicas, especialmente la velocidad mínima de giro, están determinadas básicamente por su longitud, curvatura y ángulo de ataque de los perfiles.



Fig (2.5aerogenerador darrieux

Clasificaciones:

- Los generadores multipala y savonius alcanzan su máximo coeficiente de potencia o rendimiento aerodinámico para velocidades específicas bajas. Funcionan bien con velocidades de viento pequeñas.
- El coeficiente de potencia o rendimiento aerodinámico y la potencia es mayor en los aerogeneradores de tipo hélice y darrieus.
- El coeficiente de potencia permanece siempre inferior al límite de betz, se aproxima a él cuando aumenta la velocidad específica.
- Para velocidades específicas superiores a 3.5, las palas funcionan principalmente por empuje ascensional, mientras que para valores menores lo hacen por arrastre

2.6.-Clasificación por la posición del equipo con respecto al viento

El mecanismo de orientación de un aerogenerador es utilizado para girar al rotor de la turbina en contra del viento. Se dice que la turbina tiene un error de orientación si el rotor no es perpendicular al viento.

Un error de orientación implica que una menor proporción de la energía del viento pasara a través del área del rotor. Por tanto, la eficiencia del mecanismo de orientación es fundamental para mantener el rendimiento de la instalación.

- Barlovento

Las máquinas de corriente arriba tienen el rotor de cara al viento. La principal ventaja de los diseños corriente arriba es que se evita el abrigo del viento tras la torre. Con mucho la mayoría de los aerogeneradores tienen este diseño.

También hay algo de abrigo enfrente de la torre, es decir, el viento empieza a desviarse de la torre antes de alcanzarla, incluso si la torre es redonda y lisa. Así pues, cada vez que el rotor pasa por la torre, el aerogenerador cae lentamente.

El principal inconveniente de los diseños corriente arriba es que el rotor necesita ser bastante inflexible y estar situado a una cierta distancia de la torre. Además la máquina necesita un mecanismo de orientación para mantener el rotor cara al viento.

- A sotavento

Las máquinas de corriente abajo tienen el rotor situado en la cara a sotavento de la torre. La ventaja teórica que tienen es que pueden ser construidos sin un mecanismo de orientación, si el rotor y la góndola tienen un diseño apropiado, que hace que la góndola siga al viento pasivamente.

En grandes máquinas esta es una ventaja algo dudosa, pues se necesitan cables para conducir la corriente fuera del generador. Si la máquina ha estado orientándose de forma pasiva en la misma dirección durante un mismo periodo de tiempo y no dispone de un mecanismo de orientación, los cables pueden sufrir una torsión excesiva.

Un aspecto más importante es que el rotor puede hacerse más flexible. Esto supone una ventaja tanto en cuestión de paso como de dinámica de potencia de la máquina, es decir, las palas se curvarán a altas velocidades de viento, con lo que quitarán parte de la carga de la torre. El inconveniente principal es la fluctuación de la potencia eólica debido al paso del rotor del abrigo de la torre.

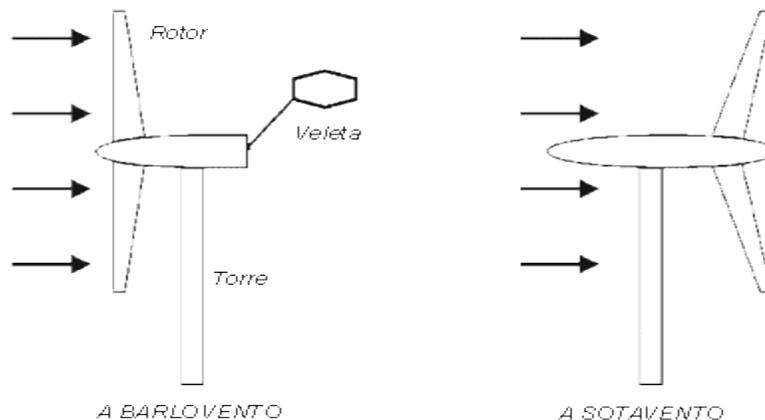


Fig (2.6) posiciones de aerogeneradores

2.7.- Comparación entre aerogeneradores de eje horizontal y eje vertical

- Las de eje horizontal tienen una potencia mayor para un intervalo de valores de la velocidad específica, su rendimiento es mejor en un intervalo más amplio de velocidades de viento.
- Las de eje horizontal, tienen unas características de par y velocidad más adecuadas para el accionamiento de un generador eléctrico que las de eje vertical.
- Las eólicas de eje horizontal permiten barrer mayores superficies que las de eje vertical.
- Las de eje horizontal aprovechan el efecto beneficioso del aumento de la velocidad del viento con la altura respecto al suelo.
- Las de eje vertical no necesitan sistemas de orientación o mecanismos de guiñada para colocarse en posición favorable al viento.
- Su mantenimiento es más sencillo, dada su menor altura respecto al suelo.

2.8.- Recurso eólico

La velocidad media del viento en el sitio es indicativa de la magnitud del recurso posible, y por tanto de la generación bruta esperada en KWh/año. Con estas actividades se cuantifican reservas probables

| Clase de potencia eólica | Potencia extraíble(W/m ²) | Velocidad media del viento(m/s) |
|--------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 0 a 200 | 0.0 a 5.6 |
| 2 | 200 a 300 | 5.6 a 6.4 |
| 3 | 300 a 400 | 6.4 a 7.0 |
| 4 | 400 a 500 | 7.0 a 7.5 |
| 5 | 500 a 600 | 7.5 a 8.0 |
| 6 | 600 a 800 | 8.0 a 8.8 |
| 7 | 800 a 2000 | 8.8 a 11.9 |

Tabla 2.8.- tabla de potencias de recurso eólico

2.9.- Aerodinámica de las maquinas eólicas

Expresiones básicas:

En el entorno de los aerogeneradores, la energía eólica es la que transfiere el viento a las palas o rotor del aerogenerador para convertirlo primero en energía mecánica y después en eléctrica. El valor de su potencia eólica depende básicamente de la densidad del aire, la velocidad del viento y del área barrida por las palas.

- Energía cinética

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

Dónde:

M= masa del aire en m³

V = velocidad del aire en m/s

- Potencia cinética

$$flujo_{(volumetrico)} = AV\left(\frac{m^3}{s}\right)$$

Dónde:

A = área del rotor ($A = \pi r^2 = \pi D^2/4$) de la maquina eólica, en m²

V= velocidad del viento, en m/s

- el flujo másico:

$$flujo_{(masico)} = \rho AV \left(\frac{kg}{s} \right)$$

Dónde:

P= densidad del aire (1,25k/m³)

La potencia cinética ideal es:

$$energia_{(cinetica)} = \frac{1}{2} mv^2 (J)$$

Dónde:

m = masa del aire en Kg

$$poencia_{(cinetica)} = \frac{1}{2} \rho AV^3 (W)$$

- potencia eólica real

$$P_{(real)} = P_{(teorica)} \times n$$

Dónde:

n= producto de los coeficientes de perdidas

Las dos condiciones que alejan la maquina eólica del ideal teórico son el coeficiente de Betz y las pérdidas energéticas por rozamientos y situaciones similares que tienen lugar en los mecanismos del aerogenerador, desde el rotor hasta la salida del alternador.

Coefficiente de potencia: permite obtener datos fiables del rendimiento eólico, el coeficiente de Betz, demuestra claramente la máxima potencia a extraer del viento, cuyo valor es de 0.592.

La potencia límite derivada de la energía cinética del viento. Como consecuencia de la interposición en su flujo másico de un elemento captador de un aerogenerador, que lo frena, lo que impide el máximo aprovechamiento de la energía cinética libre, la que no tiene obstáculos en el tránsito de las masas de aire.

La potencia máxima por el coeficiente de Bertz es:

$$P = \left(\frac{1}{2} \rho AV^3 \right); Cp = \left(\frac{1}{2} \rho AV^3 \right) 1.592$$

Como toda máquina mecánica, la eólica entrega menos de lo que recibe; el rotor del aerogenerador reduce la velocidad del flujo de aire que incide sobre sus palas, impidiendo con esto el valor teórico.

- Potencia generada

La potencia suministrada por un aerogenerador depende de la superficie barrida por la hélice y por la longitud de las palas, independientemente del número de palas.

La energía que origina el viento es energía cinética

$$E_c = 1/2mv^2$$

Donde m es la masa del aire en kg y v es la velocidad instantánea del viento (m/seg)

La masa de esta cantidad de aire es:

$$m = \rho \times V$$

Donde ρ es la densidad del aire 1.25Kg y V el volumen de ciclo barrido.

El volumen del cilindro es $V = A * L$ donde A es la superficie barrida y L la longitud del cilindro por tanto

$$L = v * t$$

Por tanto la potencia del viento será:

$$P = \frac{E_c}{t} = \frac{1}{2} \rho * A * v^3$$

Si el área barrida transversalmente por el viento es circular, como ocurre en las máquinas de eje horizontal

$$A = p * \frac{D^2}{4}$$

Se ha demostrado que la potencia que podemos extraer del aerogenerador está determinada por la siguiente formula

$$P = Cp * \frac{\rho}{2} * \frac{\pi * D^2}{4} * v^3$$

Cp= coeficiente de potencia. Un aerogenerador de alta eficiencia puede alcanzar coeficiente de 0.25

P= densidad del aire

D= diámetro de las hélices

V= velocidad del viento

Si disponemos de los datos de la velocidad del viento, aplicando la fórmula de cálculo de potencia, podremos estimar la producción media del aerogenerador instalado.

De igual modo. La potencia producida aumenta de manera geométrica con la velocidad del viento.

Una turbina eólica no por tener más palas dará más potencia. Si las máquinas están bien diseñadas, la potencia suministrada es la misma.

Los aerogeneradores necesitan girar a altas velocidades. Sin embargo no captan par por resistencia, sino por el perfil aerodinámico de las palas. Los rotores multipala ofrecen regímenes de giro lentos, pero con mucho par debido a la resistencia que oponen al paso del viento. La combinación de estos dos factores determina la potencia final de la máquina

- Pérdidas en la máquina

Las pérdidas de potencia por rozamientos en los componentes mecánicos y las del generador eléctrico, las cuales están determinadas por su eficiencia. Determinado como el rendimiento.

$$P = \left(\frac{1}{2} \rho A v^3\right) C_p n_1 n_2$$

Dónde:

C_p = coeficiente de Bertz

N_1 =pérdidas en la sección mecánica

N_2 =pérdidas en el generador eléctrico

- Relación entre el área de barrido y la potencia

Se puede establecer el diámetro del área de barrido de las palas de un aerogenerador que es necesario para obtener una determinada potencia , para ello se necesita conocer la velocidad del viento a la potencia especificada y el rendimiento global

$$D^2 = \frac{\left(\frac{8}{P}\right)}{n} C_p \rho v^3$$

Dónde:

D= diámetro del rotor

P= potencia requerida en watts

N= rendimiento de la maquina eólica

Cp= coeficiente de Betz

P= densidad del aire

V= velocidad del viento

- Rendimiento aerodinámico

El rendimiento aerodinámico de una maquina eólica, corresponde al cociente entre la potencia real y la teórica del viento

$$N = \frac{W}{\rho A \rho A V^3}$$

2.10.- Limite de Betz

Potencia eólica extraída máxima teórica. Límite de Betz

El teorema de Betz establece un límite máximo para la potencia que puede extraerse del flujo de un viento de velocidad V.

Sea un flujo de aire que atraviesa el área A barrida por un rotor. El aire se considera como flujo incompresible dado que las variaciones de presión y temperatura son pequeñas según la ecuación de continuidad.

Aunque la teoría de Betz es aproximada ya que no tiene presentes aspectos en la práctica como la resistencia aerodinámica de las palas. La pérdida de energía por turbulencia de estela, la compresibilidad del aire y la interferencia entre las palas, permite el cálculo aproximado de la potencia máxima de una eólica de eje horizontal.

Flujo de potencias de un aerogenerador

En muchos casos, el eje de la turbina eólica no se acopla directamente a la maquina operadora, sino que el acoplamiento se realiza mediante una caja multiplicadora de engranajes variables a la velocidad que acciona la maquina operadora a una velocidad diferente a la del rotor eólico.

La caja vareadora tiene un rendimiento de transmisión definido como la relación entre la potencia de salida que entrega la maquina operadora y la potencia en el eje del rotor eólico.

En el flujo de potencias se distinguen las siguientes potencias y rendimientos:

- Potencia disponible(P_d): es la potencia del viento, debida a su energía cinetica

- Potencia en el eje del rotor de la eólica (P): es la potencia aprovechada por el rotor de la eólica. Es la potencia útil en el eje del rotor eólico que acciona la caja multiplicadora. se determina a través de la relación $P=C_p P_d$
- Potencia de accionamiento (P_{acc}): es la potencia en el eje de salida de la caja multiplicadora de velocidad que se utiliza para el accionamiento de la maquina operadora. se calcula según: $P_{acc}=\eta_c P_a$ siendo η_c el rendimiento de la caja multiplicadora
- Potencia útil final (P_u) es la potencia útil que suministra la maquina operadora. se calcula según: $P_u= \eta_m P_{acc}$ siendo η_m el rendimiento de la maquina operadora movida

La relación de distintas potencias viene dada por

$$P_u = \eta_m P_{acc} = \eta_m \eta_c P = \eta_m \eta_c C_p P_d$$

El rendimiento global η_g para todo el conjunto se define como la relación entre la potencia útil final y la potencia eólica disponible en el viento. Este rendimiento global también se conoce como coeficiente eólico eléctrico (C_e) definido según :

$$\eta_g = \frac{P_u}{P_d} = \eta_m \eta_c C_p$$

- En el caso de un alternador, su rendimiento η_m se designa por η_n y la potencia útil (P_u) es la potencia eléctrica activa (P_e)

$$\begin{aligned} \text{generador trifásico: } P_e &= \sqrt{3} U I \cos \phi \\ \text{generador monofásico: } P_e &= V I \cos \phi \end{aligned}$$

En donde:

U,I: tensión e intensidad de línea en un sistema trifásico

V,I: tensión e intensidad en sistema monofásico

$\cos\phi$: factor de potencia

cuanto mayor sea la energía cinética que un aerogenerador extraiga del viento, mayor será la ralentización que sufrirá el viento que deja el aerogenerador.

Si extraemos toda la energía del viento, el aire saldrá con una velocidad nula, es decir, el aire no podría abandonar la turbina. En este caso no se extraería ninguna energía en absoluto, ya que obviamente también se impediría la entrada de aire al rotor del aerogenerador. En el otro caso extremo, el viento podría pasar a través del rotor sin ser estorbado en absoluto. En este caso, tampoco habríamos extraído ninguna energía de viento.

Así pues, podemos asumir que debe haber alguna forma de frenar el viento que este entre medio de estos dos extremos, y que sea más eficiente en la conversión de la energía del viento en energía mecánica útil. Hay una respuesta a esta: un aerogenerador ideal ralentiza el viento hasta 2/3 de su velocidad inicial.

La ley de Betz establece que solo puede convertirse menos de 60% de la energía cinética en energía mecánica usando una aerogenerador.

El límite de Betz marca la fracción máxima de potencia teórica del viento que cualquier turbina puede extraer. Ahora bien, un aerogenerador presenta una serie de limitaciones a tener en cuenta:

- No arranca para pequeñas velocidades de viento, esta velocidad de arranque suele oscilar entre los 3 y 5 m/s
- Para vientos de gran intensidad se suspende el funcionamiento de la máquina, con objeto de limitar los esfuerzos mecánicos. Además, la velocidad máxima también puede estar limitada por la necesidad de mantener constante la velocidad de giro del rotor
- Si se intenta superar esta velocidad máxima, entra en funcionamiento mecanismos de regulación que lo impiden.

Estas limitaciones técnicas determinan las tres velocidades características de todas maquina eólica:

- Velocidad de arranque: velocidad del viento por encima de la cual comienza a generarse energía. Por debajo de esta velocidad toda la energía extraída del viento se consume en pérdidas y no hay generación d energía
- Velocidad nominal: la velocidad del viento para la que la, maquina eólica alcanza su potencia nominal.
- Velocidad de corte: velocidad de desconexión, velocidad del viento por encima de la cual la maquina eólica deja de generar, desconectándose de la red a la que alimenta.

La hipótesis de esta teoría se resume en:

- Flujo homogéneo, incompresible y en estado estacionario
- Se desprecia la fricción del viento sobre sus palas.
- Número infinito de palas no existe estela con rotación detrás del rotor
- La presión aguas arriba y aguas debajo de la turbina es igual a la de la atmosfera

las ecuaciones de conservación de la masa y de la conservación de la energía se definen como

$$U_1 A_1 = U_2 A_2$$
$$p_1 + \frac{1}{2} \rho U_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho U_2^2$$

El aire se va frenando debido a que el rotor le quita parte de su energía para su movimiento. Esta disminución de la velocidad del aire en el rotor (U_2 provoca aumento en la sección del tubo A_2) y aumento de la presión a medida que nos acerquemos al rotor, tal y como se indican las ecuaciones de continuidad y de Bernoulli respectivamente.

Aplicando la conservación de la cantidad de movimiento al tubo de corriente, se obtiene una fuerza de empuje que soporta el rotor

$$T = \dot{m}(U_1 - U_3)$$

Donde \dot{m} es el gasto másico de flujo de aire, el cual es el mismo para cualquier sección del tubo de corriente: $\dot{m} = \rho A_1 U_1 = \rho_2 U_2 = \rho_3 U_3$.

A su vez el empuje se puede calcular multiplicando la diferencia de presión es a ambos lados del rotor

$$T = A_2(p_2 - p'_2)$$

Usando la ecuación de bernoulli se puede definir como:

$$T = \frac{1}{2} \rho A_2 (U_1^2 - U_3^2)$$

Obtenemos:

$$U_2 = \frac{U_1 + U_3}{2}$$

Lo cual indica que la velocidad del viento en el plano del rotor es la velocidad promedio entre la entrada y la salida del tubo de corriente.

Las tres velocidades del viento se pueden relacionar mediante el coeficiente de velocidad inducida que es

$$a = \frac{U_1 + U_2}{U_3}$$

La velocidad del viento en el rotor y aguas debajo del rotor se puede obtener, a partir de la velocidad de entrada al tubo de corriente:

$$U_2 = U_1(1 - a)$$

$$U_3 = U_1(1 - 2a)$$

En la práctica, una Aero turbina tiene un coeficiente de potencia menor debido a :

- La rotación de la estela aguas abajo del rotor. El rotor induce el movimiento de giro en el aire que atraviesa la Aero turbina, lo cual indica una presión de energía del rotor al aire.
- Fricción aerodinámica
- Numero de palas finito y perdidas en la prueba de las mismas

2.11.- Eficiencias de conversión

La eficiencia aerodinámica de las Aero turbinas se denomina coeficiente de potencia C_p y se define como la razón entre la energía útil disponible y la energía primaria donde se obtuvo. Las pérdidas de energía de la Aero turbina pueden atribuirse principalmente al movimiento rotacional que las aspas provocan en el aire al entrar en contacto con él y a la fricción entre aspas y viento.

El coeficiente de potencia depende del tipo y características de las aspas del rotor y varía con la razón de velocidad tangencial.

Cuando la velocidad nominal de la Aero turbina corresponde al valor máximo de C_p y se desea que la velocidad de la flecha sea constante, desviaciones de la velocidad del viento con respecto del valor de diseño resultante en una disminución del C_p . Si se permite que la velocidad del rotor de la Aero turbina varíe con la velocidad del viento, se puede lograr un C_p máximo para todo rango de velocidades de operación.

Las eficiencias de conversión que se han obtenido con las Aero turbinas de eje horizontal van desde un 30% hasta el 45%

Los sistemas de conversión viento-electricidad pueden ser clasificados con base a tres factores básicos:

- Tipo de salida
 - Corriente directa \longrightarrow

| | | |
|---------------------|---|------------------|
| voltaje constante | } | voltaje variable |
| frecuencia variable | | |
 - Voltaje constante
Corriente alterna \longrightarrow

| | | |
|---------------------|---|------------------|
| frecuencia variable | } | voltaje variable |
| | | |
- Velocidad de rotación de turbina :
 - Velocidad constante
 - Velocidad variable
- Utilización de la energía obtenida:
 - Almacenamiento de baterías
 - Otras formas de almacenamiento
 - Interconexión con redes convencionales

Uno de los esquemas más simples consiste en utilizar un alternador de imanes permanentes; la salida del estator del alternador puede ser bifásica o trifásica. La frecuencia de salida es igual a la velocidad angular multiplicada por la mitad del número de polos. En condiciones de circuito abierto el voltaje de salida es también proporcional a la velocidad angular. Si la Aero turbina es operada a velocidad constante, la salida de carga es de frecuencia constante pero el voltaje

variable. Si la Aero turbina es operada a velocidad variable, la salida será de voltaje y frecuencia variables. Ambas salidas pueden ser convertidas en señales de frecuencia y voltaje constantes con una combinación inversor-rectificador de estado sólido.

La generación de frecuencia y velocidad constantes se puede hacer con un generador síncrono que debe girar a velocidad constante. Cuando este tipo de configuración se opera en paralelo con las redes el requerimiento de velocidad es muy estricto solo pueden aceptarse fluctuaciones de alrededor del 1 o 2% durante periodos de fracción de segundo. Satisfacer este requerimiento es complicado debido a las constantes fluctuaciones en la velocidad del viento, la sensibilidad de la salida eléctrica a los cambios de velocidad y a la capacidad del generador para trabajar como motor.

Para obtener frecuencia constante a partir de una Aero turbina de velocidad variable se han desarrollado diferentes esquemas que utilizan conmutadores mecánicos y dispositivos electrónicos a base de tiristores y diodos. Los siguientes esquemas han sido propuestos en este caso:

- Generador de campo modulado
- Ac-dc-ac
- Generador de inducción de doble salida
- Generador conmutador de ac

En sistemas de velocidad constante, una vez que la salida del generador está en su valor nominal, la velocidad se mantiene aún para altas velocidades de viento. Este esquema de operación desperdicia parte de la energía disponible en el viento a altas velocidades, pero impide sobrecargas en el generador eléctrico.

2.12.-Curva de potencia- velocidad de un aerogenerador

La diferencia de potencia de un aerogenerador en función de la velocidad del viento se conoce como curva de potencia. La norma IEC 61400 especifica su determinación. Corresponde a condiciones de atmosfera estándar ISO, con presión atmosférica 1.013 mbar y temperatura 15°C. La velocidad del viento se mide a la altura de buje del generador.

En la curva de potencia se distinguen los siguientes valores significativos:

- La velocidad de arranque V : es la velocidad del viento para la que el generador comienza a suministrar potencia útil. En aerogeneradores tripala de eje horizontal suele ser del orden de unos 4m/s
- La velocidad nominal: es la velocidad del viento para la que se alcanza la potencia nominal del aerogenerador. En rotores tripala de eje horizontal suele estar comprendida entre 12 y 15 m/s. el tramo de curva de potencia comprendido entre velocidades de arranque y la nominal

- Velocidad de desconexión o de parada: es la velocidad del viento para la que el rotor se detiene por la acción de los sistemas de regulación y control para evitar el riesgo de sufrir daños que pueda causar la gran velocidad del viento
- La velocidad de supervivencia: es la velocidad del viento por encima de la cual el aerogenerador puede dañarse a pesar de estar pardo.
- La potencia se mantiene sensiblemente constante en todo el rango de velocidades comprendida entre la velocidad nominal y la de desconexión
- Una vez que la potencia alcanza su valor nominal, se presenta una caída más o menos brusca de la misma hasta la velocidad de desconexión

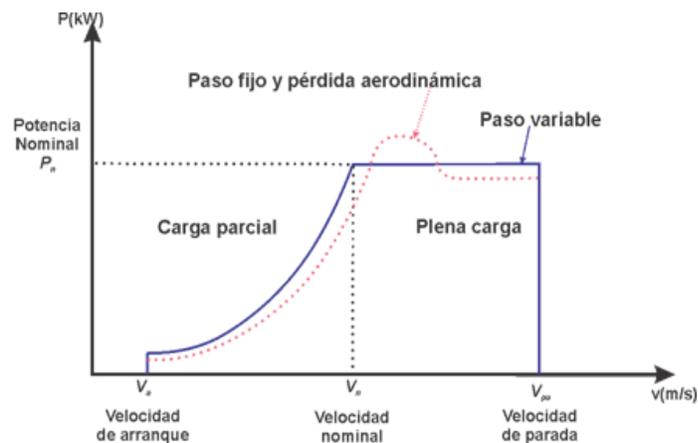


fig (2.12) curva de potencia velocidad de un aerogenerador

2.13.- Micro y mini eólica

Los aerogeneradores micro y mini eólica corresponden a las máquinas de muy reducida potencia para aplicaciones domésticas. Sus carcasas albergan los generadores eléctricos componentes complementarios, como bloques de diodos rectificadores para proporcionar corriente continua desde la trifásica generada y conjuntos de escobillas y colectores para transferirlas al exterior a través de ejes rodantes.

Es usual en estas máquinas que su salida sea de corriente continua e incluso que incorpore una unidad de regulación de carga de las baterías.

Este tipo de aerogenerador está compuesto por palas, cuyo número generalizado es de dos a cinco, acopladas al eje del rotor o de baja velocidad, que está unido a su vez con el generador eléctrico.

Las palas de estas máquinas son muy simples. Son de fibra de vidrio, AB, aluminio y en algunos casos de madera. Pueden tener posición fija o requerir la fijación al ángulo de inclinación indicado por los fabricantes

Pequeña potencia:

Si el aerogenerador de pequeña potencia puede incorporar una caja multiplicadora.

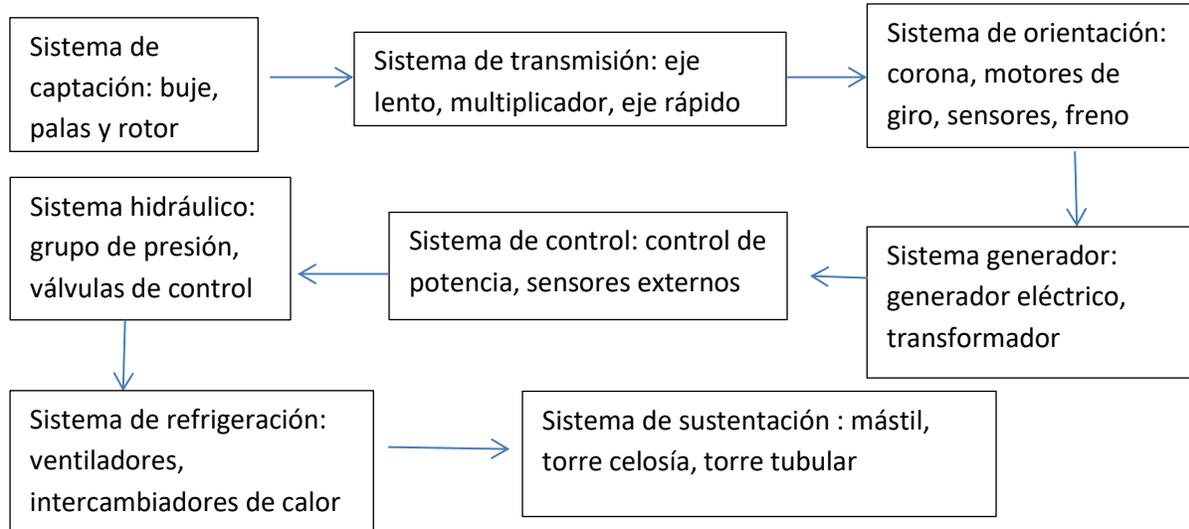
La parte media y superior de esta familia de máquinas eólicas suministra su energía en forma de corriente alterna, usualmente trifásica, lo que implica que su generador eléctrico debe alcanzar un número de revoluciones que corresponde con la frecuencia de la corriente de salida.

2.14.- Aerogeneradores de mediano y gran tamaño

Este tipo de máquinas destinadas a los parques eólicos presentan configuraciones complejas por dos aspectos: por el ramificado proceso de control que requiere la gestión de potencias eléctricas tan elevadas, y por la fiabilidad de funcionamiento que deben ofrecer durante el tiempo de explotación previsto.

Generar y controlar potencias en MW exige la incorporación de unidades eléctricas, electrónicas y electromecánicas de elevada envergadura, los mecanismos de orientación de los aerogeneradores con palas próximas a los cien metros, demandan unidades mecánicas e hidráulicas de considerable complejidad tecnológica

Unidades y sus funciones de aerogeneradores de potencia (en el siguiente esquema se muestran los diferentes sistemas de los que se conforman los aerogeneradores)



Sistema de captación:

Es la unidad en donde se produce la conversión de la energía cinética del viento que incide en la máquina eólica en energía mecánica para su generador eléctrico. Está compuesto por el buje y las palas, generalmente efectúan el barrido de un área dependiente a la longitud de estas, el conjunto forma el rotor.

El buje; incorpora los mecanismos de orientación a través de motores controlados, el sistema de freno ante vientos fuertes y la regulación de potencia eléctrica generada.

Las palas; son los componentes fundamentales del sistema de captación.

$$A = \pi D^2 / 4$$

$$V = \omega \cdot r = \left(\frac{2\pi N}{60} \right) r = rpm$$

Dónde:

N= velocidad de giro del rotor

R= radio del rotor

La TRS se emplea como referencia, para significar que la velocidad de la punta es tres veces la del viento.

$$TRS = \text{velocidad en la punta} / \text{velocidad del viento}$$

$$TRS = r\omega/v$$

Dónde:

r= radio del rotor

ω = velocidad del ángulo del rotor

v= velocidad del rotor

Sistema de transmisión:

el sistema de transmisión del aerogenerador es el que introduce al generador eléctrico la energía mecánica conseguida con la cinética del viento que mueve las palas .

eje de baja velocidad; es el que procede del rotor y finaliza en la entrada del multiplicador . Su velocidad es la de rotación de las palas

Multiplicador; eleva la velocidad de rotación al valor requerido por el generador eléctrico

Eje de alta velocidad; se encuentra unido directamente al generador eléctrico.

Sistema generador:

Es el componente objeto del equipo eólico. Se encuentra acoplado al eje de alta velocidad del multiplicador para la acción de conversión de la energía mecánica en eléctrica.

Los generadores eléctricos de las grandes maquinas eólicas recurren a la excitación de campo con bobinas recorridas por corriente eléctrica, alejándose del procedimiento simple de imanes permanentes de los pequeños aerogeneradores. Son trifásicos de tipo síncrono y asíncrono. Sus tensiones de salida son altas generalmente en el margen de 600 a 1000 volts en las cuales se transforman interna o externamente para adaptarlas a los valores requeridos por el consumo o la inyección en las redes públicas de distribución.

El generador debe asegurar el mantenimiento de la tensión, la frecuencia y la fase ante una franja considerable de variación de la velocidad del viento. Algunos generadores pueden asegurarlo con el concurso del sistema de cómputo de la velocidad de las palas.

La tensión de salida del generador se aplica comúnmente a un transformador interno o externo para cumplir dos finalidades; adaptar la tensión al valor requerido por el del centro de transformación.

Sistema de refrigeración:

En el interior de la góndola, el generador eléctrico y el multiplicador requieren de ventiladores para reducir la elevada temperatura que acumulan durante su funcionamiento. Sus circuitos de control incorporan sensores de temperatura para desactivar la unidad afectada o la maquina en conjunto si se alcanza una temperatura que lo ponga en peligro.

2.15.- Modo de conexión en los aerogeneradores

Los generadores pueden tener dos modos de funcionamiento, tener velocidad de rotación constante y velocidad variable, con esto surgen dos nuevas variaciones , el generador acoplado directamente a las redes de distribución y en las que inyecta su energía con una conversión AC/DC/AC.

Los de velocidad constante la mantienen en valores relativamente bajos de variación mediante control electromagnético del rotor, de tal modo que los incrementos de velocidad del viento con respecto a un valor de referencia se frenan. Este sistema permite la conexión del generador directamente a la red al no variar su frecuencia y, por lo tanto la fase de tensión generada.

Los aerogeneradores de velocidad variable emplean generadores asíncronos con su margen de deslizamiento en correspondencia con las variaciones previsibles del viento. La frecuencia de la tensión generada cambia con la velocidad, lo que imposibilita la conexión directa de su generador a las redes de distribución. Por lo que se intercala entre la salida del generador y las redes un proceso de conversión AC-DC-DC-AC. La primera alterna tiene velocidad variable, pero no la segunda, que es producida internamente mediante la corriente continua obtenida de la rectificación de origen.

Aerogeneradores de muy pequeña potencia

Las maquinas eólicas de pequeña potencia recurren comúnmente a los generadores síncronos de imanes permanentes.

Son generadores eléctricos trifásicos. Incorporan un elevado número de imanes para que la velocidad de rotación procedente del rotor del aerogenerador pueda ser baja, lo que libera a la máquina de la incorporación de una caja multiplicadora

Salida en corriente trifásica

Los aerogeneradores suministran corriente trifásica la cual se aplica a un transformador de niveles previo al regulador de carga

Salida en corriente continúa

Se incorpora el bloque rectificador, los tres anillos se emplean para la salida de corriente continua, y la tierra con conexión interna en la carcasa.

Aerogenerador de mediana y gran potencia

La excitación tiene una importancia a considerar, ya que a través de ella se controla la potencia eléctrica a aportar al exterior. Sus bobinas tienen que estar recorridas por una corriente externa para crear un campo de excitación con el que el inducido pueda generar la potencia nominal.

La excitación de un generador jaula de ardilla puede efectuarse disponiendo de un conjunto de condensadores en las conexiones de su estator o inducido.

Cuando se sobrepasa la velocidad de sincronismo, el campo magnético que producen inicialmente las barras en cortocircuito del rotor excita las bobinas del inducido y comienza la generación de energía eléctrica. La energía suministrada al exterior, carga una red de condensadores y se inicia con ello un proceso de sucesivas cargas.

2.16.- Configuración de un sistema eólico

Según su relación con la red eléctrica, un sistema eólico puede ser:

- Aislado a la red
No tiene interconexión con la red eléctrica. Son instalaciones de pequeña potencia para la producción autónoma de electricidad. En muchas ocasiones se suelen complementar con sistemas de apoyo como paneles fotovoltaicos o grupos electrógenos formando lo que se conoce como instalaciones híbridas
- Asistido por la red

En este caso el sistema eólico recibe apoyo de la red, tomando de esta la energía complementaria necesaria para atender a la demanda. No envía a la red energía, ya que toda la que genera es para autoconsumo

- Interconectados con la red

Son instalaciones de gran potencia para producción eléctrica y su envío a la red. Son los denominados parques eólicos

2.17.- Protección contra los equipos eólicos

Ante las tormentas; los componentes de las instalaciones eólicas o híbridas tienen que protegerse de las tormentas conectando su mástil o torre a tierra.

La base de la torre es la que recibe el conductor eléctrico que comunica la pica a tierra

Ante sobrecargas y cortos circuitos

- Interruptores de corte: corresponden a interruptores de apertura y cierre destinados a aislar las secciones fundamentales ante averías, operaciones de mantenimiento y tiempos inactivos prolongados
- Interruptores de sobretensión: las averías pueden provocar sobre corrientes que ponen en peligro los componentes de la instalación

Protección atmosférica de los componentes

- Armario de intemperie: un armario metálico protegido contra los agentes atmosféricos. La condición para su empleo es que permita la ventilación de las baterías
- Habitáculo cerrado: un habitáculo cubierto ajeno al local o vivienda con suficiente ventilación
- aerogenerador puede producir energía al operar en un régimen de viento dado.

2.18.- Implicaciones técnicas

Para estimar la producción de electricidad de un aerogenerador se debe aplicar:

- Corrección por densidad de aire : se aplica a la curva de potencia dada por el fabricante
- Factor de comportamiento: se aplica de acuerdo con el posible detrimento del comportamiento aerodinámico del rotor
- Factor de arreglo: se aplica por las pérdidas de contenido energético del viento en un arreglo de aerogeneradores
- Factor de disponibilidad: se aplica de acuerdo con el tiempo en que los aerogeneradores no estarán en condiciones de producir electricidad por fallas y mantenimiento
- Factor de pérdidas : se aplica por las pérdidas de la transmisión eléctrica desde la central al punto de interconexión

- Factor de utilización: se aplica cuando la capacidad eoleoelectrica instalada tiene un factor de penetración alto en el sistema eléctrico.

Clasificación de aerogeneradores por tipo de régimen de viento de aplicación (IEC-1400-1)

| parámetros | Clase 1 | Clase 2 | Clase 3 | Clase 4 |
|---------------|---------|---------|---------|---------|
| V ref (m/s) | 50 | 42.5 | 37.5 | 30 |
| V anual (m/s) | 10 | 8.5 | 7.5 | 6 |
| turbulencia | 0.17 | 0.17 | 0.17 | 0.17 |

Tabla2.18 parámetros de diferenciación de aerogeneradores(IEC-1400-1)

Aspectos técnicos de emplazamiento

Aparte de la disponibilidad de un buen recurso eólico existen otros elementos que técnica o económicamente pueden favorecer al desarrollo de proyectos eleoelectricos:

- Poca complejidad de terreno
- Baja turbulencia
- Poca altura sobre el nivel del mar
- Interconexión a sistemas eléctricos robustos
- Interconexión a líneas de alto voltaje
- Cercanía con línea de interconexión
- Facilidad de acceso al sitio
- Características favorables del suelo

2.19.- Base tecnológica

- La comisión electrotécnica internacional emitió la norma IEC 61400-2. Existen centros de prueba especializados en las pruebas de los comportamientos de aerogeneradores. En estas existen cuatro puntos de referencia cuyos valores trascienden en cuanto a la respuesta operacional de los aerogeneradores. Estos puntos son:
 - **Vi velocidad de inicio de generación:** velocidad mínima del viento, a la altura del centro del rotor, la cual un aerogenerador empieza a producir potencia aprovechable
 - **Vn velocidad nominal:** velocidad del viento especificada a la cual el aerogenerador logra alcanzar su valor nominal de potencia de salida
 - **Vs velocidad de salida:** velocidad máxima para la cual un aerogenerador está diseñado para producir potencia aprovechable
 - **VSS velocidad de supervivencia:** velocidad máxima del viento para la cual un aerogenerador está diseñado para mantenerse sin daño a los componentes estructurales o para no perder su capacidad de funcionamiento normal.
- adicionalmente la norma internacional especifica las características necesarias para el equipo de medición.

- la norma 61400-12 especifica todos los aspectos que deben cuidarse durante la obtención de curvas de potencia de aerogeneradores , con el fin de que el uso de esta curva conduzca a resultados confiables en la estimación de la cantidad de energía que se genera.

2.20.- Seguimiento y control

El seguimiento y control consiste en la verificación sistemática de la generación en máquina, energía activa y reactiva importada y exportada, disponibilidad de la maquina por meses, perdidas y registros históricos de las alarmas producidas. Se cuenta con procedimientos operativos, instalaciones de supervisión y herramientas de control.

Procedimientos de producción

La producción de energía eólica no puede ir en función de la demanda de electricidad que exista en un momento dado, sino que depende del viento, que exista en cada momento. Para poder programar la producción y conocerla de antemano se utilizan herramientas de predicción de viento.

La predicción de la producción nos va a permitir ofertar nuestra energía al mercado y minimizar los posibles desvíos que se tengan en cuanto a la entrega prevista y la real, por lo que será penalizado por las desviaciones.

Mantenimiento

Control de gestión

Mediante esta operación se lleva a cabo un control de producción técnico y económico se controla si el parque está funcionando según las expectativas previstas o se aparta de ellas de forma ocasional o permanente.

Las funciones serán:

- Establecer las previsiones de producción y de precios, para presupuestos anuales y proyecciones de años siguientes.
- Establecer los presupuestos y las proyecciones financieras
- Seguimiento, control y análisis de los resultados obtenidos, tanto técnicos como teóricos

2.21.- Instrumentos de medición

Anemómetros

Los anemómetros son los instrumentos que se dedican a la medida de la velocidad del viento sin tener en cuenta su dirección.

Mecánicos: son los más usados , se forman básicamente con un sistema de dos tres o cuatro cubetas de forma cónica montado en simetría con su eje de rotación , el cual se encuentra acoplado a un transductor dispuesto en el interior de su carcasa , que es el que nos dice en forma de tensión eléctrica la velocidad del viento.

Las cazoletas giran ante el viento incidente a una velocidad linealmente determinada por su fuerza, las cuales recogen su energía cinética para trasladarla a un eje motriz acoplado al transductor o detector de velocidad.

Veletas

La veleta es un instrumento tradicionalmente empleado para señalar la dirección del viento dominante. Es el proceso al que se recurre para orientar el rotor de los aerogeneradores

3.- ENERGÍA SOLAR

3.1.- Introducción

La energía solar puede satisfacer todas nuestras necesidades si aprendemos como aprovechar de forma racional la luz que continuamente derrama sobre el planeta. Durante el presente año, el sol arrojara sobre la tierra cuatro mil veces más energía que la que vamos a consumir.

El sol produce energía mediante la radiación nuclear de fusión, esta energía alcanza a la tierra en la forma de cuantos de energía que se llaman fotones, estos llegan a la atmosfera y propician reacciones en la superficie terrestre. La intensidad de la radiación emitida por el sol en el borde exterior de la atmosfera, considerando que la tierra está a una distancia del sol estable. Se llama constante solar.

Sin embargo, esta cantidad no es constante ya que la intensidad que alcanza en la superficie de la tierra es menor que la constante solar por el efecto de absorción y de la dispersión de la radiación. Además, la intensidad de energía que llega del sol en cualquier punto de la tierra es determinada por el día del año, la hora y la latitud y longitud.

Algunas aplicaciones de las potencias de la energía solar:

- Calentamiento de agua
- Generación de energía eléctrica
- Refrigeración
- Calefacción domestica
- Destilación (desalinización)
- Fotosíntesis
- Hornos solares
- Cocinas
- Evaporación
- Acondicionado de aire
- Secado

Las aplicaciones agrícolas son muy grandes. Con invernaderos solares pueden obtenerse mayores y más tempranas cosechas; los senderos agrícolas consumen mucho menos energía si se combinan con un sistema solar, y pueden funcionar plantas de purificación o desalinización de aguas sin consumir ningún tipo de combustible.

Las células solares fotovoltaicas, se perfilan como la solución al problema de la electrificación rural con clara ventaja sobre otras alternativas ya que no contaminan ni producen ningún ruido en absoluto, no consumen combustible y no necesitan mantenimiento. Además y aunque con menos rendimiento, funcionan también en días nublados, puesto que captan la luz que se filtra a través de las nubes.

La electricidad que se obtiene puede usarse de manera directa o bien para ser almacenada en acumuladores para usarse en las horas nocturnas. La electricidad fotovoltaica generada también se puede inyectar en la red general obteniendo una buena rentabilidad económica.

La energía solar puede ser perfectamente complementada con otras energías convencionales, para evitar la necesidad de grandes y costosos sistemas de acumulación, con el apoyo de un sistema que únicamente funciona en los periodos sin sol. El costo de la energía convencional sería solo una fracción del que alcanzaría sin la existencia de la instalación solar.

En el aspecto ambiental, la generalización en el uso de la energía solar tendría grandes beneficios, ya que disminuirá la utilización de hidrocarburos.

3.2.- Radiación e irradiación

Existen diferentes tipos de radiación, la diferencia entre los diferentes tipos de radiaciones está en cómo inciden los rayos solares en la tierra. Tenemos los siguientes tipos:

1.- directa. Es la que recibimos cuando los rayos solares no se difuminan o se desvían a su paso por la atmósfera terrestre

2.- difusa. Cuando la atmósfera terrestre difumina o desvía los rayos solares, la llamamos radiación difusa. Se produce por el choque directo con ciertas moléculas y partículas contenidas en el aire, en las nubes y el resto de los elementos atmosféricos.

3.- albedo. Los rayos solares no solamente pueden ser desviados por causas atmosféricas. También pueden sufrir una reflexión a causa de superficies planas.

4.- radiación global. Es la suma de la radiación directa y difusa

5.- radiación total. Es la suma de todas las radiaciones, directa, difusa y albedo.

La radiación emitida por el sol, junto con sus condiciones geométricas respecto de la tierra, dan por resultado que, sobre la atmósfera terrestre, indica una cantidad de radiación solar casi constante.

Constante solar (I_{CS}): es el flujo de energía proveniente del sol que incide sobre una superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación solar, ubicada a una distancia media de la tierra al sol, fuera de la atmósfera.

El valor de esta constante, actualmente se reconoce el valor de 1350 W/m^2 . Este valor es un valor de irradiación. Pero el valor exacto según fuentes de CIEMAT, es de $1372 \pm 3.3 \text{ W/m}^2$ debido a la excentricidad de la órbita terrestre. Su dependencia con el día del año viene dada por las ecuaciones siguientes:

$$I_{CS} = 1372 \left(1 + 0.033 \cos \left(\frac{2\pi n}{365.25} \right) \right) \text{ siendo } n \text{ el día gregoriano}$$

Si se tiene en cuenta que el sol irradia cada segundo en todas las direcciones una energía correspondiente a 4×10^{26} julios y que la distancia que nos separa tiene un valor medio de 149,5 millones de kilómetros, se da:

$$I = \frac{P}{4\pi d^2} \cong 1,35Kw/m^2$$

Donde:

P= energía del sol

d = distancia Sol-Tierra

Pero, dado que su trayectoria es una elipse, la distancia de separación tiene los siguientes límites:

- En el solsticio de verano = 1,07d
- En el solsticio de invierno =0,978d

La constante solar también se puede indicar en calorías cm^2 por minuto, con lo que:

$$1,367 Kw/m^2 = 1.367 julios/m^2 - S=1.367 \times 0,24 calorías/m^2$$

Masa de aire y energía sobre la superficie

La constante solar y su valor de $1,367 Kw/m^2$ se da fuera de la atmosfera , pero con masa de aire uno, al nivel del mar, y en condiciones atmosféricas optimas , el valor de referencia que se toma es de $1Kw/m^2$.

Cuando estamos hablando de energía solar fotovoltaica, debemos tener presente que la radiación que nos importa es la directa, aunque es también aprovechable la energía difusa y albedo.

Debemos de tener en cuenta, el factor climático, en un día nublado, tendremos una radiación difusa; en cambio, si es soleado, la radiación recibida será directa. El otro factor, es la inclinación de la superficie que recibe la radiación y el tercer factor, es la presencia de superficies reflectantes, las superficies claras son las que más reflejan la radiación solar.

Irradiancia: es la potencia incidente por unidad de superficie, en W/m^2

Irradiación: es la energía incidente por unidad de superficie en un determinado periodo de tiempo y se mide en J/m^2 .

En la irradiancia solar global sobre una superficie arbitrariamente orientada e inclinada podemos distinguir tres tipos de componentes o contribuciones:

- Componente debida a la radiación solar directa
- Componente a la radiación solar difusa procedente de la atmosfera

- Componente debida a la radiación solar difusa procedente del suelo y elementos consecutivos circundantes
- **Irradiación solar directa(I_b):** irradiación solar sobre una superficie plana normal al vector de posición del sol, debida a la componente directa de la radiación solar
- **Irradiancia solar difusa(I_D):** irradiancia solar sobre una superficie plana horizontal, debida a la componente difusa de la radiación solar
- **Irradiancia solar global(I_G):** irradiancia solar sobre una superficie plana horizontal, debida a las componentes directa y difusa de la radiación solar

$$I_G = I_B \cos \theta + I_d$$

La radiación solar total sobre una superficie plana está dada por:

$$I_t = I_B \cos \theta + \frac{1}{2} (1 + \cos \beta) I_D + \rho \frac{1}{2} (1 - \cos \beta) I_G$$

Donde ρ es la reflectividad hemisférica total del suelo circundante y β es el ángulo de inclinación de la superficie respecto al plano horizontal

Los parámetros que caracterizan la radiación solar se establecen para condiciones de diseño día sol-tierra y estos son: la constante solar y la distribución espectral de la radiación.

La intensidad y distribución espectral de la radiación solar que llega a la superficie terrestre dependen de la composición de la atmosfera, en el suelo la energía solar se encuentra dentro del intervalo de longitud de onda de 0.2 a 2.5 micrómetros:

Las tres regiones importantes para el aprovechamiento energético:

- Ultravioletas ($\lambda < 0.4 \mu\text{m}$)
- Visible ($0.4 < \lambda < 0.76 \mu\text{m}$)
- Infrarrojo ($\lambda > 0.76 \mu\text{m}$)

La zona útil para las células fotovoltaicas de silicio cristalino empieza en 0.35 micrómetros y comprende todo el infrarrojo. La intensidad máxima de energía solar está comprendida entre 0.5 y 0.55 micrómetros.

La notación para la masa de aire utilizada es AMn, donde AM viene de "air mass" y la letra n denota el valor de la masa de aire.

A nivel del mar se define como:

$$AM = \frac{1}{\cos\emptyset}$$

Siendo \emptyset el ángulo entre la línea del sol y la vertical

Con un ángulo \emptyset igual a 0° , AM toma el valor de 1 y con \emptyset igual a 45° , el Am es igual a 1.5 este AM es el que se considera en pruebas de laboratorio los dos módulos fotovoltaicos, para la definición de potencia nominal.

3.3.- Componentes de la radiación solar que inciden sobre los paneles

La radiación de procedencia solar que puede recibir un panel solar dispuesto sobre la superficie terrestre, con la inclinación adecuada, corresponde a la suma de tres componentes de la misma procedencia, que son los siguientes:

- La radiación directa
- La radiación difusa, cuyo origen es la directa, pero atenuada por la atmósfera como consecuencia de la reflexión de las nubes
- La radiación de albedo, que es parte de la difusa y procede del suelo
El albedo corresponde a una fracción de energía difundida por cualquier cuerpo luminoso

La radiación total que incide sobre una superficie inclinada corresponde a la suma de las componentes indicadas.

$$I_t = I_D + I_{dif} + I_{albedo}$$

Y su valor de referencia es 1.000 W/m^2

Respecto a la radiación difusa, se dan en ella dos situaciones:

Nubes en movimiento

La atenuación que producen es mínima

Cielo cubierto de nubes

Se caracteriza esta situación porque sus propiedades son las mismas en todas las direcciones y con ello se produce la máxima atenuación.

3.4.- Variaciones estacionales de la radiación

La mecánica celeste estudia y calcula el desplazamiento diario y estacional del sol respecto a los objetos estacionarios dispuestos sobre la superficie de la terrestre.

Si el sistema de captación requiere el mantenimiento del valor de la energía recibida a lo largo del año, la solución práctica es dotarlo de un electromagnetismo de seguimiento solar.

Corresponden estas instalaciones citadas a las que sus paneles de captación están montados sobre una estructura electromecánica gobernada por un sistema electrónico de seguimiento de la trayectoria del sol.

Las instalaciones para el hogar, hoteles, industria y similares destinadas a obtener energía eléctrica, recurren a los paneles fijos, cuya pérdida estacional por los motivos indicados debe ser tenida en cuenta durante su dimensionado.

El aprovechamiento energético de este último procedimiento no es óptimo, pero se compensa mediante sobredimensionado.

Se incorporan a las estructuras soporte de los paneles ciertos mecanismos para cambiar la inclinación en el invierno y en verano, estaciones en las que se produce el máximo error

3.5.-Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica corresponde a un sistema directo de conversión, ya que los fotones de la radiación solar interactúan de modo directo sobre los electrones del captador fotovoltaico para dar lugar al fotoeléctrico y, en el, a la generación de corriente eléctrica.

Electrificación rural

- Viviendas fuera del alcance de las líneas eléctricas de distribución
- Viviendas de fin de semana, refugios de montañas y similares

Aplicaciones agrícolas y ganaderas

- Iluminación de invernaderos
- Iluminación de granjas
- Bombeo de agua
- Sistemas de riego
- Electrificación de cercas
- Alimentación de sistemas de telecontrol en las autovías y similares

Comunicaciones

- Alimentación de repartidores de telefonía , radio y televisión
- Alimentación de sistemas de telemetría

- Alimentación de sistemas telefónicos rurales

Señalización

- Iluminación de vallas publicitarias
- Radiofaros y radiobalizas
- Señalizaciones en autopistas
- Estaciones meteorológicas

3.6.- Paneles fotovoltaicos

El panel fotovoltaico es un sistema captador de energía solar en el que tiene lugar una conversión directa, para proporcionar corriente eléctrica. Su tamaño, el rendimiento de sus componentes semiconductores, la irradiación solar en un momento dado y el ángulo sobre el que se proyectan los rayos del sol determinan la potencia proporcionada.

El componente básico del panel fotovoltaico es la célula solar, cuyo número y modo de conexión determina sus características eléctricas de tensión y corriente.

La célula solar está basada en el silicio. Intervienen seis procesos principales hasta obtener el modulo solar capaz de proporcionar energía eléctrica:

1. Extracción del oxígeno de la arena para obtener silicio
2. Purificación del silicio
3. Crecimiento
4. Corte para obtener obleas de silicio
5. Formación de la célula
6. Encapsulado de células para formar el panel fotovoltaico

3.7.- Fundamentos de las celdas solares

Las celdas solares están constituidas por materiales semiconductores. Los electrones de valencia del material semiconductor, están ligados débilmente al núcleo de sus átomos, son arrancados por la energía de los fotones de la radiación solar que incide sobre ella.

Dentro de las diferentes variantes de utilización de la energía solar, la fotovoltaica es la única que se convierte directamente en electricidad.

La celda solar es un dispositivo electrónico constituido por una unión p-n que convierte directamente la energía de la radiación solar en energía eléctrica. Al incidir la luz sobre una celda solar genera un voltaje y se produce corriente eléctrica denominada de canal cuando se rompe la barrera existente entre sus uniones, mediante los siguientes procedimientos:

- Mediante la aplicación de una corriente eléctrica
- Por elevación de temperatura
- Mediante aplicación de un campo magnético
- Mediante irradiación fotónica

Cuando incide luz sobre la superficie de la célula, los electrones que tienen energía suficiente rompen el par electrón-hueco ya indicado dejando portadores libres, si se conecta una carga resistiva entre los dos contactos, circula corriente por ella.

Las células solares se agrupan mediante conexión serie-paralelo para formar los paneles. El número de células determina la potencia a obtener del panel.

Entre sus terminales y al mismo tiempo una corriente que circula por el circuito externo. Produciendo una potencia $P = VI$

El rasgo más distintivo de un semiconductor es su representación en los llamados esquemas de bandas

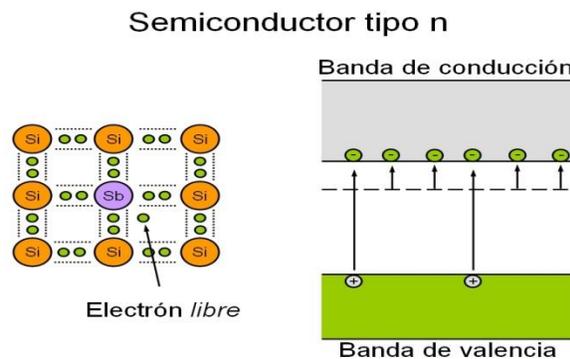


Fig 3.7 (Representación esquemática del diagrama de bandas de un semiconductor)

Cuando un electrón de valencia rompe su enlace y pasa a la banda de conducción deja atrás un enlace suelto que puede ser ocupado por otro electrón que se encuentra en la banda de valencia. Este espacio vacío, llamado hueco, es similar al electrón pero con carga positiva.

La unión p-n es el elemento base de una celda solar. La formación de una unión p-n requiere la existencia de una región de conductividad tipo p y la otra conectividad n. por lo general un semiconductor de conductividad tipo-p o tipo-n se obtiene mediante un proceso de dopaje o impurificación del material, que consiste en introducir en la red cristalina del semiconductor elementos de otros grupos .

Una unión p-n se obtienen “uniendo” semiconductores con conductividades tipo p y tipo n. las celdas solares pueden ser fabricadas con regiones p y n hechas con el mismo material o con regiones n y p de materiales distintos

3.8.- Tipos de células solares

Se pueden considerar tres tipos de células disponibles para formar paneles fotovoltaicos comerciales:

- Silicio monocristalino: se consigue mediante silicio puro fundido y dopado con boro. Se distinguen los paneles fotovoltaicos que incorporan estas células por su color azul homogéneo.
Su rendimiento en instalaciones de obtención de energía eléctrica está situado en la franja de 15-18% con respecto a la energía incidente en su superficie.
- Silicio policristalino: están compuestas por pequeños cristales elementales que presenta distintas tonalidades de azul. El material semiconductor tiene menos pureza y por tanto ofrece menos rendimiento, el cual está situado entre el 12 y el 14%. En su obtención intervienen un número menor de fases de cristalización con respecto a la anterior, lo que reduce su precio en el mercado.
- Silicio amorfo: célula de capa delgada y bajo costo permite realizar módulos fotovoltaicos flexibles. Presentan un color marrón homogéneo y su rendimiento está por debajo del 10%

| TIPO DE CELULA | RENDIMIENTO | CARACTERISTICAS |
|----------------|-------------|---|
| MONOCRISTALINO | 15-18% | <ul style="list-style-type: none">• Cristal único• Buen rendimiento• Color azul homogéneo |
| POLICRISTALINO | 12-14% | <ul style="list-style-type: none">• Diferentes cristales elementales• Precio inferior al anterior• Diferentes tonalidades de azul |
| AMORFO | <10% | <ul style="list-style-type: none">• Capa delgada• Células flexibles en forma de laminas• Color marrón homogéneo |

Tabla 3.8 tabla comparativa de las diferentes células solares y sus características

3.9.- Estructura de los paneles fotovoltaicos

El número de células sobre el sustrato y el conexionado entre ellas determinan la potencia y la tensión a proporcionar. El conexionado puede formar un solo circuito, o bien dos circuitos con una línea en común, con lo que la caja de conexiones tiene tres terminales. La tensión del panel es única, la asignada durante la construcción, pero es posible disponer los grupos en serie para cambiar la tensión, o en paralelo para aumentar la intensidad.

Los mecanismos físicos en la acción de una celda solar se pueden resumir de la siguiente manera

- Creación en el semiconductor de pares electrón hueco generado por la absorción de la radiación solar
- Separación de los pares electrón-hueco por el campo de la unión p-n generando una corriente I

- Aparición de un voltaje entre las terminales de la celda solar
- Utilización de la potencia eléctrica a través de una carga exterior

A partir de una curva I-V los parámetros importantes para caracterizar a una celda solar son: la corriente de corto circuito I_{cc} el voltaje de circuito abierto V_{cc} el factor de llenado o de forma FF y la eficiencia η .

La corriente de cortocircuito y el voltaje a circuito abierto son los máximos valores de corriente y voltaje que se pueden extraer de una celda solar, en estos puntos de operación la potencia $P=VI=0$ por ello es necesario encontrar un punto de la curva I-V en donde el producto VI tenga un valor máximo. El factor de llenado se define como la razón entre la potencia máxima obtenida y el producto $I_{cc} * V_{oc}$

$$FF = \frac{I_m \times V_m}{I_{cc} \times V_{oc}}$$

La corriente generada por la luz I_l también se conoce como corriente foto generada. Su ecuación característica es:

$$I = I_s \left(e^{\frac{qv}{KT}} - 1 \right) - I_l$$

Dónde:

I_s = corriente de saturación de oscuridad (A)

V: tensión aplicada (V)

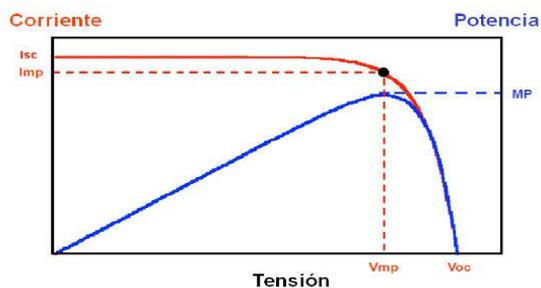
q: carga de electrón (1.6×10^{-19} C)

K: constante de boltzman (1.38×10^{-23} J/K)

T: temperatura absoluta (K)

kT/q : potencial térmico V_t (para el silicio a 25°C es igual a 25.7 mV)

Curva I-V y P-V características del área de operación del panel:



Fig(3.9)(curva de operación de panel solar)

Donde el circuito equivalente ideal de una celda fotovoltaica se representa por una fuente de corriente en paralelo con un diodo.

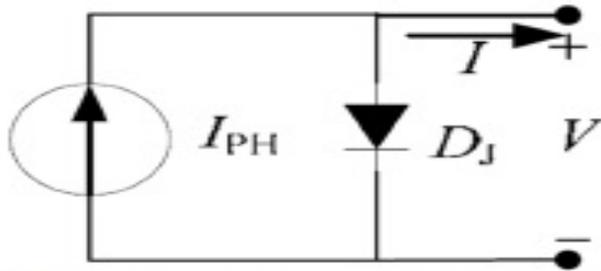


fig (3.9.1)(circuito equivalente de celda fotovoltaica)

Cuya ecuación es :

$$I = I_s \left(e^{\frac{qv}{KT}} - 1 \right)$$

Se puede decir que una celda fotovoltaica de silicio monocristalino genera un voltaje de circuito abierto en torno a los 0.7V y una corriente de corto circuito que depende del área de la celda. La celda solar se puede ver como un diodo, en general de silicio, diseñada para maximizar la absorción de fotones y minimizar la reflexión.

La potencia máxima de la celda se obtiene cuando la luz incide perpendicularmente a su superficie, por lo que si incide con un ángulo que no sea recto, la superficie útil disminuirá en una cantidad proporcional al coseno del ángulo correspondiente. Por lo tanto resulta importante la correcta orientación de los paneles, considerando la posición del sol en las distintas estaciones del año.

En una celda determinada, el rendimiento energético es función del reparto espectral de los fotones, lo que equivale a decir que, con radiaciones de determinadas longitudes de ondas proporciona más energía eléctrica que otras.

Si una de las celdas conectadas en serie queda obscurecida, aunque sea parcialmente, de forma que solo recibe una parte de la energía solar que llega a las que la rodean, solo podrá generar una corriente limitada. Si la carga aplicada al panel solar es tal que demanda una corriente superior a dicha corriente limitada, la celda afectada funcionara en sentido inverso, lo que provoca su calentamiento y acarrea un riesgo de ruptura.

Para solucionar esto. Se limita la tensión inversa máxima que puede producirse añadiendo diodos en paralelos, situados habitualmente en la caja de conexiones, para proteger a las celdas del sobrecalentamiento del diodo a sombras parciales de la superficie del panel.

Si una de las celdas conectadas en paralelo queda obscurecida, aunque sea parcialmente de forma que solo recibe una parte de la energía solar que llega a las que la rodean, solo podrá generar una tensión limitada, menor a las restantes en paralelo. Entonces la celda afectada funcionara como

receptor si la tensión de funcionamiento se hace superior a la suya a circuito abierto; lo que también provoca su calentamiento y acarrea un riesgo de ruptura.

Para solucionar esto se añaden diodos anti-retorno situados habitualmente para proteger a las celdas del sobrecalentamiento debido a sombras parciales en la superficie del panel.

La eficiencia de conversión de energía solar en energía eléctrica es el mérito de toda energía solar. La eficiencia de conversión o simplemente eficiencia se define como la razón de potencia eléctrica máxima que suministra la celda entre la potencia de la radiación solar que incide sobre ella.

$$\eta = \frac{I_m \times V_m}{P_L} = \frac{I_{cc} \times V_{oc}}{P_L} FF$$

Su valor ronda por el 18 % según la tecnología constructiva de la celda para una radiación de 1000 W/m² y en condiciones normales de funcionamiento esta eficiencia es menor por la disminución de la radiación. Este rendimiento bajo se explica porque aproximadamente el 57% de la energía luminosa se refleja y el 43% restante se pierde en forma de calor.

La celda con iluminación se comporta como un generador de corriente, con un diodo en paralelo para disminuir la corriente de oscuridad y dos resistencias que representan las pérdidas del modelo real de una celda fotovoltaica es la siguiente:

$$I = I_L - I_s \left(e^{\frac{V_G + I \cdot R_s}{m v_T} - 1} \right) - \frac{V_G + I \cdot R_s}{R_p}$$

Donde :

R_s = resistencia en serie y representa las pérdidas de los contactos superior e inferior entre la celda y los terminales de corriente

R_p= resistencia en paralelo y representa los defectos estructurales al interior de la celda

M= constante que depende de las características del material de la celda.

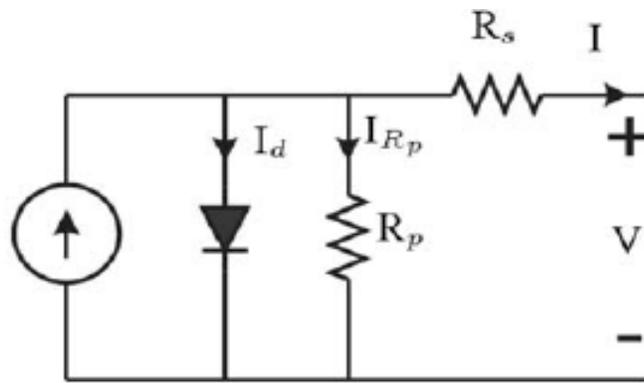


fig (3.9.2)(circuito equivalente de celda solar)

3.10.- Paneles solares

Los paneles solares están formados por una gran cantidad de celdas fotovoltaicas conectadas en serie-paralelo para aumentar la tensión y la corriente que puedan entregar.

3.10.1.-Diseño y estructura de arreglos fotovoltaicos

Un conjunto de celdas están conectadas entre si conforman un panel y el conjunto de varios paneles constituye un sistema fotovoltaico. En los módulos las múltiples celdas solares individuales están casi siempre conectadas en serie, para aumentar el voltaje. Normalmente el voltaje del módulo se escoge que sea compatible con una batería de 6 o 12V. La mayoría de los módulos contienen 36 celdas solares en serie. Esto da un voltaje de circuito abierto de aproximadamente 21V bajo condiciones normales de prueba, y un voltaje de operación a máxima potencia y temperaturas de trabajo de aproximadamente 17 o 18 V.

La corriente que circula a través del módulo, dependen principalmente del área de las celdas solares y de su eficiencia de conversión.

3.11.-Tensión y corriente a aportar

Los paneles fotovoltaicos pueden asociarse en configuración serie, paralelo o paralelo-serie para conseguir las características eléctricas requeridas, la condición para poder realizar tales conexiones es que los paneles intervinientes sean todos de las mismas características eléctricas.

Otro aspecto a considerar es la selección de los cables conductores que asocian eléctricamente los paneles, y que conectan estos con el siguiente componente de la instalación fotovoltaica: el regulador de carga de las baterías.

3.12.- Características de los paneles

Los paneles fotovoltaicos se definen por un conjunto de parámetros expresados en las condiciones denominadas TONC (temperatura de operación nominal de la célula) o en la SRC (condición de prueba estándar)

| condiciones | TONC | SRC |
|------------------------|---------------------|-----------------------|
| Irradiación | 800W/m ² | 1.000W/m ² |
| Distribución espectral | AM 1,5 | AM 1,5 |
| Temperatura ambiente | 20°C | 25°C |

Tabla3.12.- características de paneles fotovoltaicos condiciones estándar

Respecto a los parámetros eléctricos que definen los paneles, los fundamentales son los siguientes:

- **Potencia máxima (P_{max}):** indica la máxima potencia obtenida en condiciones especificadas. Su valor corresponde al producto del voltaje máximo y la corriente máxima
- **Tensión de potencia máxima (V_{mp}):** valor de la tensión cuando el panel está suministrando la máxima intensidad de corriente
- **Intensidad de potencia máxima (I_{mp}):** corriente suministrada a la potencia máxima
- **Corriente de corto circuito (I_{sc}):** representa la máxima corriente que puede proporcionar el panel bajo condiciones de tensión cero
- **Tensión a circuito abierto (V_{oc}):** especifica la tensión máxima que puede proporcionar el panel sin carga
- **coeficiente de temperatura de I_{sc} :** indica, en porcentaje, la alteración de este parámetro con la temperatura.
- **Coeficiente de temperatura de V_{oc} :** indica, en mV/°C, la alteración de la tensión en circuito abierto con la temperatura
- **Coeficiente de temperatura de la potencia:** indica la alteración de la potencia con la temperatura

3.13.- Factores de eficiencia de los paneles fotovoltaicos

La forma de interconexión de las celdas fotovoltaicas influye directamente sobre la curva característica del panel solar. Las celdas pueden ser en serie o en paralelo

Para un análisis básico del comportamiento de un panel solar se debe de tener en consideración los parámetros de las siguientes ecuaciones:

-corriente de corto circuito $I_{cc} = I(V = 0) = I_L$

-tensión a circuito abierto $V_{oc} = V (I = 0) = \frac{KT}{q} \ln \left(1 + \frac{I_L}{L_o}\right)$

-punto máximo de potencia $P_m = V_m \cdot I_m \frac{dP_m}{dV_m} = 0$

-factor de forma $FF = \frac{I_m \cdot V_m}{I_{cc} \cdot V_{oc}} < 1$

-rendimiento de conversión $\eta = \frac{I_m \cdot V_m}{P_l} = \frac{I_{cc} \cdot V_{oc}}{P_l} FF \approx 18 \%$

3.14.- Posición de los captadores solares

La localización de cualquier punto sobre la superficie terrestre está determinada por un sistema de coordenadas en las que intervienen dos ángulos denominados cenital y acimut.

Respecto al captador solar, el ángulo cenit corresponde al eje vertical, ya que está formado por el radio vector del punto de la tierra con la vertical del lugar, y el ángulo de acimut con el eje horizontal del captador, ya que es ese el que se forma con los meridianos del punto y del lugar de la ubicación de los paneles captadores.

En el hemisferio norte los captadores solares, dirigen su ángulo de acimut hacia el sur y el cenit se sitúa en un valor medio entre los correspondientes al invierno y al verano. Se considera a nivel práctico que las variaciones de $\mp 15^\circ$ no afectan sustancialmente al rendimiento energético del sistema captador.

Sobre una superficie perpendicular a los rayos del sol, la energía es máxima y puede alcanzar el valor de 1.000W/m^2 pero si se forma un ángulo α con la perpendicular, la energía es menos, ya que.

$$E' = E - \text{sen } \alpha$$

Donde:

E' = energía recibida

E = energía incidente

El ángulo α también denominado de divergencia. Cuando los rayos son totalmente perpendiculares al panel, α se considera cero.

Otro aspecto a considerar ante la instalación de captadores solares es la separación mínima que debe existir entre sus filas para que no se hagan sombra en ninguna estación el año.

La separación mínima entre ellas debe garantizar que no se proyecte sombra de una fila sobre la adyacente en ningún momento. Considérese una instalación con dos filas de captadores, la distancia d mínima entre ellas se calcula conforme a la siguiente expresión:

$$d = d1 + d2 = 1 (\text{sen}\varphi / \tan \beta + \cos \varphi)$$

El cálculo permite garantizar que, al medio día solar del día más desfavorable, con la altura solar mínima, la sombra de la arista superior de una fila se proyecte como máximo sobre la arista inferior de la fila siguiente.

El ángulo β corresponde a la altura mínima del sol en todo el año y al mediodía. En tales condiciones, β vale:

$$B = 90 - \text{latitud del lugar} - 23,5^\circ$$

En el diseño y uso de estos sistemas se necesita conocer la radiación solar que va a incidir sobre los paneles fotovoltaicos.

Un panel solar genera electricidad incluso en ausencia de luz solar directa. Un sistema solar generara energía aun con el cielo nublado. Sin embargo, las condiciones óptimas de operación implican la presencia solar plena y el panel orientado lo mejor posible hacia el sol

Debemos tener en cuenta dos factores determinantes: primero, el sol se mueve de este a oeste y debido a ello, los paneles deberán estar orientados en forma más conveniente de manera perpendicular al sol en el horario de mediodía para aprovecharlo al máximo. El segundo factor, son las estaciones del año.

Con el propósito de alcanzar un mejor rendimiento anual promedio, los paneles solares deberán ser instalados en un ángulo fijo, determinando en algún punto entre los ángulos óptimos para el verano y para el invierno, cada latitud presenta un ángulo de inclinación óptimo. Los paneles deben colocarse en posición horizontal únicamente en zonas cercanas al ecuador.

3.15.- Soporte de los módulos:

Los paneles solares pueden disponerse sobre estructuras soporte fijas o sobre seguidores solares.

La primera solución consiste en disponerlos sobre soportes metálicos. Su orientación es hacia el sur y su inclinación corresponde a la de la latitud del lugar, pero es de tener en cuenta la variación estacional que se produce, con signo positivo en invierno y negativo en verano, lo que la altera , aunque no sustancialmente , el rendimiento energético de los paneles fotovoltaicos.

Es más favorable económicamente sobredimensionar el tamaño de los módulos fotovoltaicos a emplear que incorporar mecanismos de seguimiento solar.

El seguidor solar está compuesto por dos secciones, que son:

- Sistema optoelectrónica detector del desplazamiento este-oeste del sol. Es un sistema que proporciona una magnitud eléctrica diferencial para significar con ello los cambios de posición en el arco que describe el sol en su trayectoria diaria.

- Actuador electromecánico acoplado entre la estructura de suelo y el soporte de los paneles, con la finalidad de modificar la inclinación con las órdenes eléctricas recibidas del captador optoelectrónico.

3.16.-Mantenimiento de la instalación

Las instalaciones fotovoltaicas requieren de un mantenimiento mínimo y sencillo, que se reduce a las siguientes operaciones.

- Paneles: requieren un mantenimiento nulo o muy escaso, debido a su propia configuración: no tienen partes móviles y las celdas y conexiones internas están encapsuladas
- Regulador: la simplicidad del equipo de regulación reduce sustancialmente el mantenimiento y hace que las averías sean muy escasas
- Acumulador: es el elemento de la instalación que requiere mayor atención; de su uso correcto y mantenimiento dependerá en gran medida su duración

La vida útil es del orden de 30 años o más. Además, si una de las celdas falla no afecta el funcionamiento de las demás y la intensidad o voltaje producidos pueden ser fácilmente ajustados añadiendo o suprimiendo celdas.

Los módulos fotovoltaicos requieren de poco mantenimiento porque se han desarrollado para soportar las condiciones atmosféricas más adversas.

De modo general se pueden considerar las acciones correctoras;

- **Limpieza:** periódica del módulo para que la suciedad acumulada sobre superficie, especialmente los excrementos de las aves, no reduzcan su rendimiento.
- **Inspección de la estanqueidad del panel:** para asegurar que no entre agua o polvo a las células

Estado de las conexiones eléctricas y cableado: las conexiones pueden requerir limpieza y reajuste de presión para asegurar el contacto eléctrico óptimo

3.17.-Instrumentos de medida de la radiación solar

- Piranometro
- Piroheliometro
- Heliógrafo
- Albedometro
- Medidor de irradiación

4.- SISTEMAS DE PURIFICACIÓN DE AGUA

4.1.- Calidad del agua, filtrado y desinfección

Para evitar los problemas de salud derivados del consumo de agua se considera de calidad para consumo humano cuando cumple con los siguientes atributos de calidad:

1. Físicos u organolépticos: características del agua percibidas por los sentidos que consideran al agua “agradable” por su sabor, olor, textura y color.
2. Químicos: concentración con un límite permisible de elementos o compuestos químicos que pueden causar efectos nocivos en la salud humana
3. Microbiológicos: contenido con un límite permisible de microorganismos nocivos para la salud humana

4.2.- Métodos de purificación de agua

Los métodos físicos que se refieren al uso de la sedimentación, al uso de radiación infrarroja y ultravioleta para inactivar la reproducción de microorganismos, así como a la filtración del agua utilizando algún medio filtrante; pantallas arenas gravas, membranas, fibras y carbón mineral activado sirven para retener partículas sólidas, sustancias y microorganismos.

Los métodos químicos incluyen a aquellos en donde se adicionan elementos o productos químicos al agua a tratar para prevenir y/o evitar la formación de sustancias y/o microorganismos nocivos.

En los métodos biológicos se controla el medio ambiente y el crecimiento de algas y microorganismos encargados de descomponer materia orgánica e incorporarlos a su metabolismo. Son métodos muy utilizados en el tratamiento de aguas residuales.

4.3.- Filtración

La filtración es la separación de partículas sólidas o semisólidas suspendidas en un fluido. El material encargado de hacer esta separación y retención es llamado medio filtrante y es necesario que sea poroso, fibroso o granular.

Existen diferentes mecanismos de filtración a utilizar según el grado de fineza o separación de sólidos y fluido requerido. Los mecanismos de separación y la estructura del medio filtrante nos definen el tipo de filtración necesario.

Existen tres tipos de mecanismos de filtración:

1. Filtración por superficie o por medio filtrante: las partículas de mayor tamaño que los poros del medio filtrante se acumulan en la superficie formando una fina capa, pero las partículas de menor tamaño que los poros del medio filtrante logran entrar y bloquear los capilares del filtro.
2. Filtración profunda: las partículas suspendidas que son de menor tamaño que los poros del medio filtrante son retenidas, esto aumenta la retención de partículas y la resistencia al paso del fluido.
3. Filtración por depósito y acumulación de partículas: también conocido como filtración por lecho o torta, donde este lecho se forma porque las partículas son retenidas en la superficie del medio filtrante sin penetrar en él.

Es importante mencionar que el sistema de potabilización por elegir depende totalmente de las características del agua sin potabilizar.

El sistema de potabilización está compuesto por cuatro etapas de filtración a presión hidroneumática: filtración multimedia, de carbón activado, suavizador y pulidos; también se usa una etapa de desinfección con radiación ultravioleta. Todos son métodos físicos para obtener agua potable.

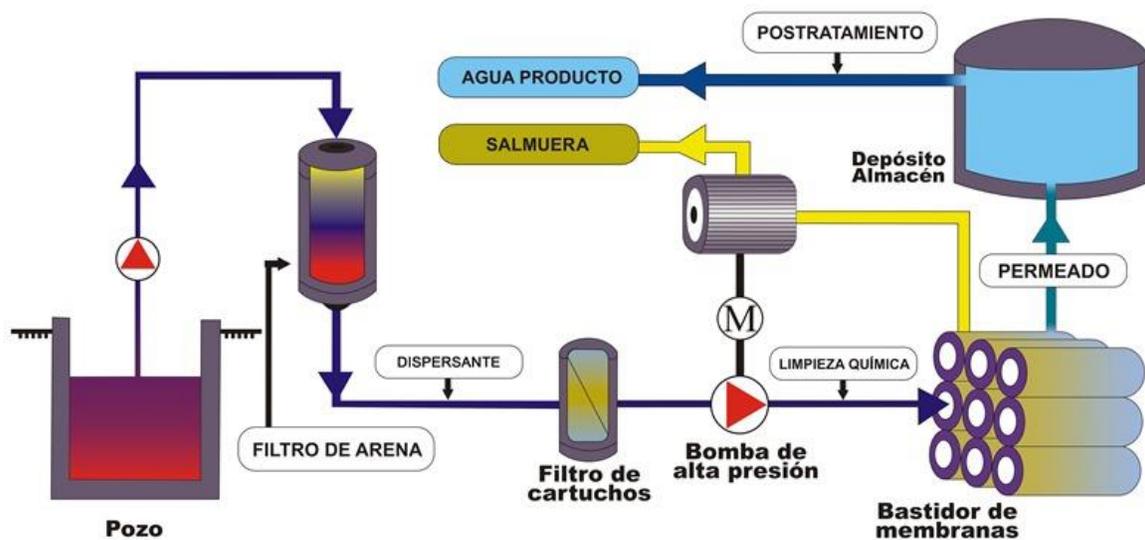


fig. (4.3) (diagrama de potabilizador de agua a presión hidroneumática)

4.4.-Filtro multimedia

En la primera etapa en el proceso de purificación de agua. Es común el uso de dos o más materiales siguientes como medios filtrantes: arena de sílice antracita , granate y grava, los cuales mantienen su separación dentro del recipiente que los contiene debido al adecuado orden por densidades y grosores de esta partícula.

Son útiles para disminuir la turbidez, elimina flocúlos del agua coagulada y reducir la presencia de óxidos de hierro y manganeso.

El filtro funciona de la siguiente manera. Se suministra al tanque de agua a presión por medio del hidroneumático; el agua atraviesa hacia abajo las capas del medio filtrante y los sólidos suspendidos. De 5-15 micrómetros en adelante son retenidos formando un sedimento o lodo en la superficie del medio filtrante. El agua filtrada pasa a la segunda etapa de tratamiento.



fig(4.4) (diagrama de filtro multimedia)

4.5.- Filtro de carbón activado

Es un filtro compuesto de partículas de material carbonoso, normalmente de madera, cascara de coco o turba. El calentamiento controlado del material carbonoso origina la activación, esto es, una gran superficie específica y afinidad por los compuestos orgánicos, la cual se manifiesta en los fenómenos de la adsorción.

Existen principalmente tres presentaciones de carbón activado: en polvo, en gránulos y en cartucho.

Para la calidad del agua suministrada por la red de servicio público es necesaria la presentación en gránulos, ya que es la que mejor se adapta a sus características.

Esta segunda etapa de filtración es útil para eliminar los malos olores, sabores y color desagradable del agua, compuestos orgánicos volátiles, retener plaguicidas, toxinas, cloruro e incluso radón.

Un mantenimiento frecuente y periódico de estos filtros es necesario para evitar obstrucciones de tuberías y para asegurarse del correcto funcionamiento del filtro.

El filtro de carbón activo funciona así: se inyecta el agua proveniente del filtro multimedia al recipiente contenedor de carbón activo con la ayuda de la presión generada por el hidroneumático. El agua atraviesa el material carbonoso activado de arriba hacia abajo; el carbón adsorbe en gran área específica los componentes del agua que le dan mal sabor, color y aroma.

4.6.- Filtro suavizador

Tiene ese nombre porque suaviza o ablanda el agua dura.

Los términos de “agua blanda” y “agua dura” se refieren al nivel de concentración de sales solubles de calcio (Ca) y de magnesio (Mg)

| CONCENTRACION DE CALCIO (Ca) Y MAGNESIO (Mg) EN EL AGUA | |
|---|--------------------|
| Concentración (Ca + Mg) (mg/L) | Características |
| 0-75 | Blanda |
| 75-200 | Moderadamente dura |
| 200-300 | Dura |
| >300 | Muy dura |

Tabla 4.6 tabla de concentración de sales en el agua

La función de este filtro es retener las sales solubles de calcio, magnesio y de otros elementos, son atraídos por electrostática, retenidos y sustituidos por los iones del medio filtrante; el medio filtrante generalmente es de resinas a base de polímeros de polietileno sulfurado, eficientes intercambiadores de iones; la solución de cloruro de sodio es la encargada de renovar los iones de sodio que el medio filtrante intercambia.

El filtro suavizador añade sodio al agua al hacer el intercambio iónico. El sodio puede volver corrosiva al agua y también puede incrementar el riesgo de la salud de personas hipertensas.

El filtro funciona de la siguiente forma: con la presión del hidroneumático se inyecta el agua proveniente del filtro de carbón activado hacia el filtro suavizador. El agua cae al interior y atraviesa el lecho de resina efectuándose el intercambio de iones; los iones que se desean eliminar del agua son atraídos electrostáticamente hacia la superficie de los gránulos de resina y los iones de sodio de la resina son liberados en el agua.

La resina tiene una capacidad definida de intercambio de iones. Cuando los iones de sodio son insuficientes para ablandar el agua, se tiene que inyectar una solución de cloruro de sodio para regenerar los iones de sodio de la resina y al mismo tiempo desechar los iones de Ca y Mg; esto se hace con un contralavado.

4.7.- Filtro pulidor

El último paso para obtener agua potable es el filtro pulidor, que como su nombre lo dice se encarga de que el agua luzca brillante y transparente.

La finalidad de este filtro es la de retener partículas suspendidas en el agua de hasta 5 micras que hacen que el agua se vea opaca.

El filtro pulidor funciona así: el agua proveniente del filtro suavizador se inyecta, con la presión del hidroneumático, al interior del contenedor donde se encuentra el cartucho del filtro pulidor. El agua se pone en contacto con su parte exterior de la fibra plegada, reteniendo las partículas de 5 micras y mayores, fluyendo el agua pulida por el interior del cartucho hasta la salida del contenedor.

El agua filtrada en los cuatro pasos anteriores aun no es agua potable. Para que lo sea es necesario desinfectarla



fig(4.7) filtro pulidor

4.8.- Etapa de desinfección

La desinfección del agua tiene por objetivo destruir y evitar la reproducción de microorganismos causantes de enfermedades transmitidas por el agua hacia el ser humano.

Los principales y más usados desinfectantes son los de origen químico, por su eficacia y bajo costo. El hipoclorito de sodio o cloro, es el desinfectante químico más utilizado.

La radiación UV biocida es capaz de dañar la información contenida del ADN de los microorganismos, impidiendo que se reproduzcan.

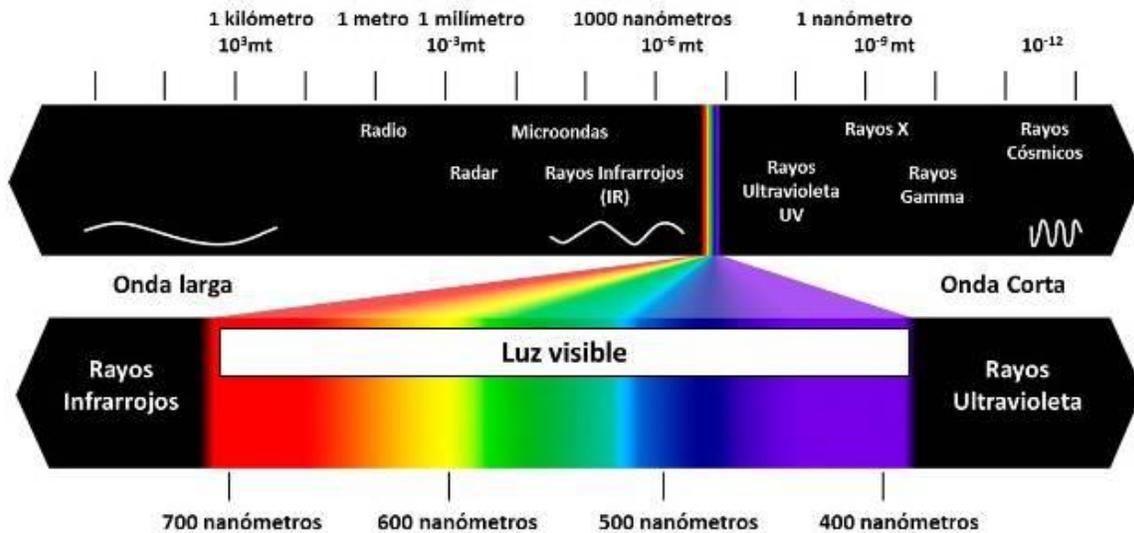


fig (4.8) espectro electromagnetico

El agua desinfectada con UV no genera ning6n tipo de residuo o cambio de propiedades en el agua, solo iniciativa a la mayor6a de los microorganismos pat6genos.

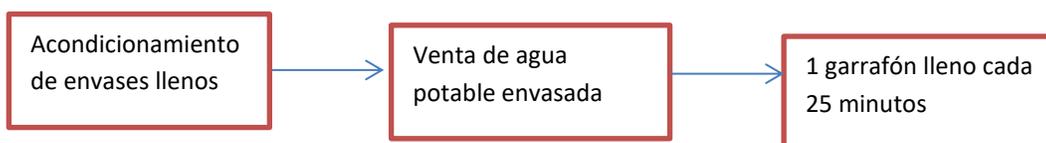
La turbidez del agua, el dise1o del reactor y las l6mparas gastadas disminuyen la eficacia biocida de la radiaci6n UV.

El funcionamiento de la l6mpara UV es el siguiente: el agua proveniente del filtro pulidor impulsada por el hidroneum6tico entra en la c6mara-reactor de la l6mpara UV encendida; la radiaci6n UV incide sobre los microorganismos, da1ando su ADN. A l salida de la c6mara-reactor, el agua esta desinfectada.

Es importante que despu6s de las etapas de filtraci6n exista una etapa de desinfecci6n.

4.9.- Capacidad y operaci6n de una planta.

Ejemplo de Diagrama unifilar de proceso para obtener agua potable envasada a partir del agua suministrada por la red publica



4.10.- Proceso de purificación

1. El proceso de purificación del agua recibida por la red pública de suministro comienza con la desinfección por cloración del agua almacenada en un tanque de plástico de 10000 litros durante 30 minutos.
2. Se bombea el agua con el hidroneumático hacia las etapas de filtración y desinfección UV
3. Se filtra el agua en 4 etapas y se desinfecta con radiación UV
4. Con la ayuda del hidroneumático se bombea el agua purificada para lavar los envases con jabón biodegradable
5. Los envases limpios se llenan con el agua potable proveniente del hidroneumático
6. Se acondicionan los garrafones para su venta, donde se les pone tapa y plastificado.

| POTENCIA Y ENERGIA ELECTRICAS DEL EQUIPO DE LA PLANTA PURIFICADORA DE AGUA | | | | |
|--|---------------------------|--------|-------------------------|----------|
| # CARGA | EQUIPO | WATTS | TIEMPO DE USO POR HORAS | WH/DIA |
| 1 | Hidroneumático | 1119 | 9.4 | 10518.5 |
| 2 | Filtro multimedia | 20 | 9.4 | 188 |
| 3 | Filtro de carbón activado | 20 | 9.4 | 188 |
| 4 | Suavizador | 20 | 9.4 | 188 |
| 5 | Lámpara UV | 55 | 9.4 | 517 |
| 6 | Lavado de envases | 559.5 | 6.7 | 3748.65 |
| 7 | Acondicionamiento | 2000 | 0.7 | 1400 |
| 8 | iluminación | 300 | 10 | 3000 |
| | | 4093.5 | total | 19748.25 |

Tabla4.10 demanda de energía en planta purificadora de agua

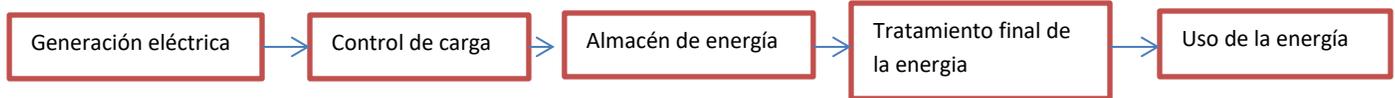
El total de la tabla indica que se necesita un acumulado diario de 20(KW hora) de generación eléctrica máxima porque se supone que se llenan 200 garrafones en 10 horas.

Para tener esa cantidad de energía disponible al momento en que se necesita purificar el agua es necesario disponer de algún tipo de generación eléctrica, autónomo o auto conectado.

4.11.- Sistema autónomo de generación eléctrica

El sistema autónomo se caracteriza por no depender del uso de la energía eléctrica suministrada por CFE. Su implementación es preferible en zonas donde la distribución de electricidad no existe. El sistema autónomo está compuesto por etapas de tratamiento de la energía.

ETAPAS DE TRATAMIENTO DE LA ENERGIA ELECTRICA GENERADA CON MINIEOLICA Y CELDAS SOLARES



- Generación eléctrica (1ª etapa)

Propuesta para generador

$V_o = 140V$ - voltaje de salida máximo del grupo generador

$P_o = 4970W$ – potencia de salida máxima del grupo generador

$I_o = 35.5A$ – corriente de salida del grupo generador

- Control de carga (2ª etapa)

Así como las baterías tienen un límite de profundidad de descarga que hay que evitar rebasar para no disminuir su tiempo de vida útil, también tienen un límite de carga, donde se debe evitar la sobrecarga para no dañar la sobrecarga de la batería.

Mediante circuitos electrónicos de potencia, mide constantemente el voltaje de la batería para regular la carga, descarga y desconexión del banco de baterías, esto para mantener su estado de plena carga y evitar daños a la batería

Existen dos clases de controladores de carga, los de paralelo o de shunt y los de tipo serie.

El regulador de carga en serie tiene este nombre porque el circuito de control se conecta en serie con el banco de baterías. Cuando el sistema de control detecta que el banco de baterías está a plena carga, se desvía la energía generada excedente hacia un circuito eléctrico de alta resistencia que convierte la energía en calor por efecto joule.

El regulador de carga en serie tiene ese nombre porque se conecta en serie con respecto a las baterías. Con la ayuda de un sistema de control se detecta cuando el banco de baterías está a plena carga, interrumpiendo o reconectando el circuito cuando se necesita recargar.

Elección del regulador de carga

El regulador de carga se debe adaptar al valor de los parámetros eléctricos de la instalación: voltaje máximo de generación (V_{max}), corriente de generación máximo (I_{max}), potencia máxima de generación (P_{max}), capacidad de banco de baterías (C_B) cada generador eólico tendrá instalado un generador modelo AFPMG260-0.2KW/200RPM

- Banco de baterías (3ª) etapa

Es necesario almacenar la energía eléctrica que se genera durante periodos de viento y sol, para que esta energía este siempre disponible durante el proceso de purificación de agua aun cuando no estén las condiciones óptimas de generación. A estos almacenes de energía se les llama acumuladores o baterías, y banco de baterías para un arreglo de baterías. Otra característica importante es que las baterías pueden proveer una magnitud de corriente mayor que el sistema generador por sí solo, y una estabilidad en el voltaje independientemente del voltaje presente en el sistema generador.

Las siguientes características son condiciones básicas para que un acumulador sea apto para las condiciones de uso a las que estará expuesto:

- Aceptar todas las corrientes de carga que suministre el sistema generador.
- Mantenimiento nulo o mínimo
- Fácil transporte e instalación
- Baja auto descarga
- Rendimiento elevado
- Larga vida útil.

Es fundamental elegir el banco de baterías correcto y para eso se conocen 3 especificaciones eléctricas fundamentales: la capacidad de almacenamiento en amperes hora (Ah), la máxima corriente que puede entregar a la carga y la profundidad de descarga que soporta sin dañarse.

Capacidad de almacenamiento

Es la cantidad de electrones que puede almacenar la batería, expresada en unidades de amperes por hora(Ah), es decir la cantidad de horas que una batería puede estar suministrando la corriente especificada.

Si una batería tiene la capacidad de almacenamiento de energía en una batería en (Wh) es necesario multiplicar los (Ah) por el voltaje nominal de la batería.

Máxima corriente que puede entregar a la carga: Es la máxima corriente, especificada por el fabricante, que puede fluir de la batería a la carga.

Profundidad de descarga

Es la cantidad de energía que es posible descargar sin dañar la batería. El porcentaje de energía que se extrae de una batería influye en su tiempo de vida.

Baterías de ciclo poco profundo: son las que no se puede descargar más del 25%

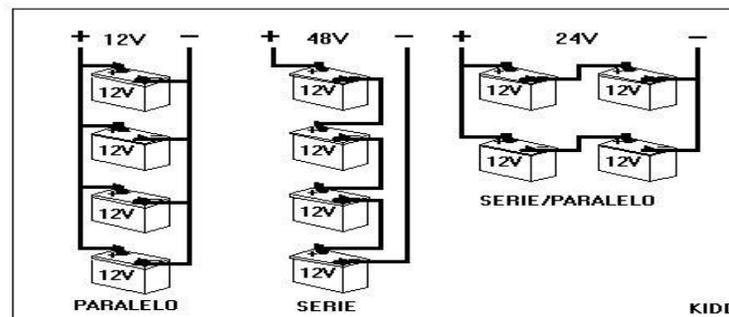
Baterías de ciclo profundo: soportan una descarga de hasta un 90% de su capacidad

Arreglo de baterías

Existen tres configuraciones o arreglos para formar un banco de baterías:

1. Conexión serie: con esta configuración se suma el voltaje de cada batería del banco de baterías, mientras que la corriente y la capacidad se mantiene constante
2. Conexión paralelo: el voltaje total del banco de baterías es constante; corriente y capacidad de banco de baterías son el resultado de la suma del valor individual de cada batería
3. Conexión serie- paralelo: es la combinación de las 2 anteriores

En la siguiente figura se observan estas tres configuraciones.



Fig(4.11) configuración de banco de batería

- Tratamiento de la energía: inversor (4ª etapa)

La energía eléctrica generada y almacenada en banco de baterías es de corriente continua y las cargas eléctricas de planta potabilizadora necesitan energía eléctrica alterna.

El inversor es un sistema electrónico de potencia que convierte la corriente continua en corriente alterna permitiendo usar la energía eléctrica almacenada en el banco de baterías para hacer funcionar la planta potabilizadora de agua.

Parámetros características de un inversor

- Tensión nominal de entrada y salida
- Potencia de salida nominal: es la potencia en régimen de funcionamiento continuo del circuito de salida del inversor. Debe ser capaz de soportar picos o sobrecargas
- Eficiencia. Próxima al 85%. La máxima eficiencia del inversor se logra cuando se tienen conectadas las cargas eléctricas, máximas de diseño
- Capacidad de sobrecarga y de protección térmica. Parámetro útil en instalaciones donde un motor o motores necesitan una potencia superior a la nominal durante el arranque.

Forma de onda en la tensión de salida del inversor. La forma de onda de salida que se aproxime más a la senoidal da como resultado un inversor más costoso pero que es capaz de alimentar cualquier tipo de carga en corriente alterna.

- Uso de la energía 5ª etapa

La energía eléctrica es adaptada a las necesidades de uso del usuario, en las condiciones que la región demanda tanto en el voltaje suministrado como el tipo de corriente y a la frecuencia necesaria para que pueda tener un uso de la energía generada sin tener afectaciones a su instalación eléctrica y un correcto funcionamiento de los aparatos que se conectan al suministro eléctrico

4.12.- Sistemas de bombeo de agua

La unión del panel fotovoltaico o el aerogenerador con un grupo compacto de motor eléctrico-bomba, está dando lugar en zonas rurales que carecen de todo tendido eléctrico al abastecimiento de agua sin necesidad de motores basados en los combustibles fósiles. A ella se añade otra de índole económico, como es el prácticamente nulo costo de mantenimiento después de la instalación del sistema de energía renovable.

Este sistema de obtención de agua se caracteriza generalmente por el bombeo de poco caudal, pero durante mucho tiempo recurriendo a almacenarla en un dispositivo elevado para distribuirla por gravedad. De este modo se reduce considerablemente el dimensionado de los componentes de generación eléctrica y extracción del agua. Se da así servicio a viviendas rurales, sistema de riego agrícola etc.

Los sistemas de bombeo de agua se pueden clasificar en razón a su dependencia energética y a su alimentación, así:

Dependencia energética

- Bombeo directo: cuando la única alimentación es el panel fotovoltaico o aerogenerador y, por tanto, con funcionamiento durante las horas de sol o la presencia e vientos.
- Bombeo con sistemas de acumulación eléctrica: cuando el sistema dispone de batería y su cargador correspondiente para mantener el bombeo durante más tiempo del de presencia del sol o de los vientos

Alimentación de la bomba

- Corriente continua, para grupos motor-bomba de reducido tamaño
- Corriente alterna, con motor monofásico o trifásico para grupos de elevado tamaño

Estos son dos tipos de alimentación dan lugar a dos versiones comerciales de bombas, lo que permite ofrecer la siguiente clasificación

| ALIMENTACION | DC | AC |
|---------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Componentes que incorpora | Generador + bomba | Generador + bomba +inversor |
| Tipo de bomba | Flotante | sumergida |
| Origen del caudal | Rio o pozo | sondeo |

Tabla4.13(tipos de alimentación para el sistema de bombeo)

Respecto a las características diferenciadas de las bombas las más notables son:

- Tensión de alimentación
- Consumo (Ah)
- Posición de operación: en vertical u horizontal
- Tipo de bomba: diafragma, helicoidal. Centrifuga
- Máxima elevación (m)
- Máxima inmersión (m)
- Presión (bar)
- Caudal (l/h)
- Dimensiones (mm)
- Peso (Kg)

5.- SISTEMA AISLADO, HIBRIDO E INTERCONECTADO A LA RED

5.1.-Clasificación de instalaciones

Los principales tipos de instalaciones eléctricas son:

- Instalaciones aisladas a la red eléctrica
- Instalaciones conectadas a la red eléctrica

Mientras en las aisladas la energía generada se almacena en baterías para así disponer de su uso cuando sea preciso, en las segundas toda la energía generada se envía a la red eléctrica convencional para su distribución donde sea demandada

5.2.-Instalaciones aisladas

Una instalación recibe la denominación de aislada cuando no tiene conexión alguna con las redes de suministro. La energía eléctrica que genera se emplea para alimentar los equipos de las aplicaciones afines durante todo el tiempo requerido o como un sistema alternativo.

Las instalaciones fotovoltaicas y eólicas utilizan la energía del sol y del aire directamente o almacenándola en una batería.

Los paneles solo producen energía en las horas de sol y los aerogeneradores cuando hay presencia de viento, a pesar de que la energía se necesita durante las 24 horas del día, es necesario un sistema de acumulación. Durante las horas de luz solar y/o viento hay que producir más energía de la que se consume para acumularla y posteriormente poder utilizarla cuando no se esté generando.

Invirtiendo en la instalación de un sistema eólico- fotovoltaico es posible disponer de energía eléctrica sin estar conectado a la red eléctrica pública además de contar con fuentes de energía gratuitas y ecológicas.

Las Aero turbinas utilizadas para la generación eólica a escala “mini” hoy en día tienen una tecnología al alcance de casi todo el mundo. Han revolucionado la vida en las zonas donde el abastecimiento eléctrico de la red no es posible, sobre todo en combinación con los paneles solares, creando instalaciones híbridas, con las que se puede ser energéticamente autosuficientes.

Aunque la producción de energía de esas instalaciones no es muy grande, es suficiente para cubrir pequeños consumos, y por ello presentan algunas ventajas frente a la gran eólica

- Proporciona electricidad en zonas aisladas y alejadas de la red eléctrica
- Su impacto visual es mucho menor que el de los grandes aerogeneradores
- La energía se genera junto a los puntos de consumo, lo que reduce considerablemente las pérdidas.

- Es accesible a muchos usuarios, pues la instalación es sencilla.
- Estimula la concentración a nivel personal del problema energético
- Funciona con vientos moderados y no requiere estudios de viabilidad complicados

Estos sistemas tienen el problema de adaptación entre la generación y la demanda. Este problema se resuelve mediante alguna de las siguientes configuraciones

- Acoplamiento directo entre el aerogenerador y la carga sin sistema auxiliar de acumulación de energía
- Acoplamiento a través de un sistema de acumulación de energía: es el más utilizado. incorpora algún sistema de acumulación de energía, por baterías eléctricas, volante de inercia.

En el caso frecuente de almacenamiento con baterías, los sistemas eólicos para producción de electricidad están formados por los siguientes elementos básicos:

- Aerogenerador/ panel solar: Son los encargados de transformar la energía de sol y viento en energía eléctrica
- Rectificador y cargador de baterías
- Regulador: Tiene dos funciones evitar sobrecargas y descargas profundas de la batería a través de los paneles en los periodos de luz
- Acumulador de baterías: almacena la energía
- Inversor u ondulator: Puesto que los paneles como las baterías trabajan siempre en CD, es necesaria la presencia de un inversor que transforme la corriente continua en alterna. Las principales características vienen determinadas por la tensión de entrada del inversor que se debe adaptar al generador.
- Baterías. La función prioritaria de las baterías es la de acumular la energía que se produce para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de tiempo.

El número de paneles y aerogeneradores a instalar se debe calcular teniendo en cuenta:

- La demanda energética en los meses más desfavorables.
- Las condiciones técnicas óptimas de orientación e inclinación, dependiendo el lugar de instalación.

Para optimizar el sistema es necesario calcular correctamente la demanda con el fin de no sobredimensionar la instalación.

Aunque el suministro eléctrico está muy extendido, quedan lugares aislados cuyo abastecimiento no resulta fácil; y en los que el costo de una instalación fotovoltaica es menor que el de la prolongación de la línea eléctrica u otra alternativa.

5.3.- configuración de los sistemas

En estos sistemas se conciben dos configuraciones:

- Sistema serie: la energía eléctrica producida por el alternador síncrono o asíncrono es alterna a frecuencia variable. El alternador se acciona por un rotor eólico que gira a velocidad variable. Posteriormente se rectifica a tensión continua. A partir de esta se alimentan las baterías de acumulación o bien vuelve a convertirse en alterna a través de un ondulator para poder alimentar la carga de tensión CA a frecuencia constante. La carga se alimenta o bien desde las baterías ondulando la tensión continua o bien desde el propio alternador a través del sistema rectificador-inversor que actúa como convertidor de frecuencia variable a frecuencia constante.
- Sistema paralelo: en este caso el conjunto rectificador inversor está situado en paralelo con la línea generador carga de consumo. La carga puede alimentarse, o bien directamente desde el generador eléctrico en forma de corriente alterna. O bien desde las baterías. Previo paso por el ondulator para convertir la corriente continua en alterna. Como la carga puede alimentarse directamente del generador se requiere una eólica a velocidad constante para que la tensión generada en el alternador sea a frecuencia constante y así puede realimentar la carga directamente sin previo paso por el sistema de rectificación ondulación que actúa como convertidor de frecuencia.

Sistemas híbridos aislados:

Un sistema híbrido se caracteriza por incorporar algún sistema de apoyo energético de naturaleza diferente a la red eólica. Si no tiene suministro complementario de la red eléctrica el sistema se denomina sistema híbrido aislado, en caso contrario es un sistema híbrido instalado por la red.

Sistema híbrido asistido:

Este tipo de instalaciones reciben energía de apoyo de la red eléctrica, sea para atender una parte de la demanda o para la carga de baterías. En cambio no envían a la misma los posibles excedentes de generación que no puedan ser absorbidos ni por el consumo ni por el sistema de acumulación. Estos excedentes se disipan en forma de calor a través de una carga de volcado consistente en resistencias eléctricas.

5.4.-Instalaciones conectadas a la red eléctrica

La conexión a la red de los sistemas fotovoltaicos y eólicos es una solución idónea para contribuir a la reducción de emisiones de dióxido de carbono.

Al instalar un sistema fotovoltaico o eólico conectado con la red, se dispone de una mini central eléctrica que inyecta kWh verdes a la red para que se consuman allí donde sean demandados.

La conexión a red presenta la ventaja de prescindir de baterías. Cuando el sistema proporciona tensión suficiente para la realización de la conexión. El convertidor automáticamente interconecta con la red eléctrica, manteniendo el voltaje de conexión estable y variando los amperios de salida hacia la red en función de la producción del aerogenerador/panel solar, al consumir, el cuadro suministra perfectamente la electricidad que genera la turbina. La energía que se necesita de más la suministrará la red general, y la electricidad excedente se vierte a esa misma red.

El convertidor de conexión a red controla en todo momento el estado de la red eléctrica. En caso de fallo, el cuadro desconectará la red. Ante cualquier fallo, el convertidor no permite la interconexión con la red eléctrica y el aerogenerador permanece frenado.

5.4.1.- Función de cada componente del cuadro de conexión a red

- Interruptor trifásico: este interruptor crea un cortocircuito en el alternador del aerogenerador actuando a modo de freno. En caso de vientos extremos, manipulación del cuadro o sistema eléctrico
- El piloto encendido indica que el aerogenerador está produciendo electricidad
- El detector de fallo de red es el encargado de verificar que el circuito está cerrado
- La función del sensor de tensión del aerogenerador es cerrar el circuito cuando el aerogenerador produzca corriente. solo en caso de que las conexiones están bien realizadas y haya producción de electricidad.
- El amperímetro, da lectura de la corriente producida
- El transformador convierte la electricidad alterna producida de 220 a 380V
- El rectificador pasa a continua la electricidad alterna producida
- El inversor es el encargado de organizar el paso de corriente y transformar en trifásica la alterna la electricidad continua rectificadas-
- El filtrado pura y modifica la onda senoidal de la corriente alterna para dejarla a punto para su uso
- El catador registra los kW producidos por el sistema
- El interruptor térmico protege y permite la desconexión del sistema

La conexión de red se realiza siempre con el consentimiento de la compañía eléctrica.

Para que estas instalaciones sean técnicamente variables es necesario:

- La existencia de una línea de distribución eléctrica cercana con capacidad para admitir la energía producida por la instalación fotovoltaica
- La determinación, con la compañía distribuidora, del punto de conexión.
- Proyectar un sistema que incluya equipos de generación y transformación de primera calidad, con las protecciones establecidas y debidamente verificadas y garantizados por los fabricantes, de acuerdo con la legislación vigente.
- Una instalación realizada por un instalador calificado.

El consumo de electricidad es independiente de la energía generada por los paneles fotovoltaicos. El usuario sigue comprando la electricidad que consume a la distribuidora, además es propietario de una instalación generadora de electricidad que puede facturar los kWh producidos.

5.5.- Sistema independiente o híbrido

Sistemas híbridos para la generación de energía pueden ser definidos como la asociación de dos o más fuentes de energía con el objetivo básico de generar energía eléctrica, para una determinada carga aislada de la red o integrada al sistema.

Actualmente se proyectan sistemas híbridos en los que las fuentes renovables y el almacenamiento proporcionan hasta un 80-90% de la necesidad energética, dejando al diésel solo la función de emergencia.

Las aplicaciones requieren un suministro regular, lo que se puede conseguir con las baterías o complementando el sistema con módulos fotovoltaicos. Es este último el procedimiento empleado para asegurar la generación cada día, cuya única variable es el valor por las condiciones atmosféricas. Un regulador de carga de dos entradas permite unificar la energía obtenida por los dos procedimientos para aplicarla al suministro o a las baterías.

Se puede estimar la energía aportada por el sistema eólico conociendo la velocidad media de los vientos y sus horas de presencia.

Tipos de sistemas híbridos:

- El sistema eólico-solar: es viable que los periodos de mal tiempo sean los de mayor posibilidad de viento, por lo que en general se complementen bastante bien.
- Sistema eólico-hidráulico: depende de la disposición de caudal
- Biomasa: se precisaría de un digestor anaerobio de fabricación local de menor rendimiento y la utilización de los gases en un grupo generador.
- Una o más unidades de generación convencional: diésel
- Sistema de almacenaje de tipo mecánico, electroquímico o hidráulico

5.6.-Ventajas delos sistemas híbridos

La principal ventaja es la posibilidad del aprovechamiento de los recursos locales disponibles. Reducción de costos y operación del sistema.

Los sistemas híbridos representan actualmente una situación viable para las exigencias de energía eléctrica en áreas aisladas o no electrificadas.

5.7.-Inconvenientes

El viento y el sol son fuentes de energía variable: unas veces no es lo suficiente mente fuerte y otras es tan fuerte que puede amenazar con destruir nuestra instalación. Para obtener cantidades de electricidad relativamente grandes se necesitan máquinas de gran tamaño, con buen diseño y buena construcción. Los inconvenientes que se presentan en la energía eólica y solar aisladas de la red son los siguientes:

- Como la instalación de energía mini-eólica viene impuesta por el usuario se implanta en zonas con bajas velocidades de viento
- No hay suficiente sol u horas solares
- Se ve más afectado por un flujo turbulento
- Estas Aero turbinas generan cierto ruido y vibraciones que, pueden ser molestos
- Otras barreras que se encuentran en estas instalaciones son las costosas, las regulaciones locales, la falta de certificación, los permisos requeridos y la aceptación social.

5.8.-Clases de sistemas híbridos

Se pueden clasificar a los sistemas de la siguiente manera:

- Los sistemas fotovoltaicos con sistemas hidráulicos
- Los sistemas fotovoltaicos con grupos electrógenos de motor de combustión
- Sistemas fotovoltaicos con sistemas eólicos.

Sistema fotovoltaico con mini hidráulica:

Cuando se plantea un sistema mixto fotovoltaico e hidráulico es porque el potencial hidráulico por si solo no es suficiente para cubrir toda la demanda de energía ya sea porque es pequeño o bien por que el régimen es estacional o fluctuante.

Sistema fotovoltaico con un grupo electrógeno de pequeña potencia:

Este sistema no solo utiliza fuentes renovables, sino también puede generar electricidad en cualquier momento, en cualquier lugar donde se necesite y con una gama de potencias muy amplias.

La potencia del grupo electrógeno dependerá de la función a la que va destinando. Siendo la potencia mínima, la suma de las potencias de los aparatos que son su carga.

Sistema fotovoltaico con energía eólica:

Se contempla esta posibilidad, cuando en el lugar de la instalación hay presencia de viento y luz solar. Para estas condiciones es necesario conocer con detalle el potencial eólico y solar de un lugar antes de decidirse por esta opción.

Uno de los sistemas de generación está formado por un aerogenerador que a través de un regulador de carga, se encarga de suministrar la energía producida por las baterías.

En paralelo, se encuentra un sistema modular de paneles fotovoltaicos que mediante su regulador de carga se conectan también a la batería.

Requiere un controlador más complejo, ya que su fiabilidad total es superior a la de los otros dos sistemas, y por consiguiente, el regulador de carga a utilizar no será el mismo al de una instalación fotovoltaica o eólica únicamente.

Sistema fotovoltaico con energía eólica y grupo electrógeno:

Este tipo de sistema sigue los lineamientos del sistema anterior con el incremento también en paralelo de un grupo de generación de emergencia electrógeno con motor de gasolina, mediante un rectificador/cargador se conecta a las baterías para, en casos extremos poder cargar a los acumuladores.

Las tres formas de generación: los paneles fotovoltaicos, el aerogenerador y el grupo electrógeno; están conectados en paralelo al regulador de carga pero adicionalmente el grupo electrógeno puede ser conectado a la demanda parcial totalmente.

5.9.- Aspectos técnicos de los mini aerogeneradores

Los mini generadores son máquinas sencillas con un funcionamiento mecánico y eléctrico muy simple.

Los componentes son muy similares a los de los grandes aerogeneradores, se diferencian de ellos en que son más sencillos, carecen de multiplicador y de sistema de refrigeración y presentan una cola de orientación.

La potencia suministrada por un mini aerogenerador depende, fundamentalmente de la cantidad de viento del lugar donde se encuentre instalado.

Se puede pensar que cuanto más viento hace más energía podemos esperar de un aerogenerador, pero las instalaciones aisladas de la red presentan sus límites.

Es necesaria la acumulación de la energía eólica generada en esos días ventosos, para su posterior uso en días sin viento. El método más común para el almacenamiento de energía con

los acumuladores, que acoplan la electricidad producida a fin de usarla cuando sea necesario. Estos acumuladores presentan inconvenientes en su uso, por la emanación de gases y sus contenidos tóxicos, además de que pueden producir pérdidas eléctricas.

5.10.- Modo de suministro

Las aplicaciones con energía eólica o híbrida pueden requerir el suministro eléctrico en alterna o continua en función de los equipos a alimentar.

- Continua: si el generador la aporta en alterna trifásica, lo que es usual excepto en los de la familia micro, mini , un rectificador externo la transforma en continua
- Alterna monofásica: las instalaciones independientes se alimentan con corriente alterna monofásica de tensión y frecuencia normalizadas. La puede proporcionar un inversor conectado al suministro de continua, comúnmente las baterías. Si las cargas a alimentar tienen configuración resistiva, el inversor puede ser del tipo semisinusoidal, pero si son inductivas el inversor tiene que ser del tipo sinusoidal
- Alterna trifásica: el aerogenerador suministra energía trifásica , pero su utilización exige el cumplimiento de las condiciones técnicas.

Suministro en alterna trifásica

El suministro en alterna trifásica puede adoptar dos configuraciones dependientes del aerogenerador, el generador acoplado directamente a la red si la máquina eólica es del tipo de velocidad fija, y la introducción de un inversor AC/DC/AC

5.11.- Dimensionar una instalación

El dimensionado de las instalaciones eólicas o híbridas, requiere de dos estudios previos, de cuya exactitud después del funcionamiento del proyecto

- Estimación de la demanda de energía
- Rendimiento energético de la instalación

Lo primero que hay que dimensionar una instalación son las necesidades: la potencia que se desea instalar de forma detallada, distribución del consumo, dependencia energética. Hay que observar las condiciones de viento y sol existentes teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- La cantidad de energía que se va a necesitar la potencia que se desea instalar de forma detallada, distribución del consumo y la dependencia energética
- Estudiar el potencial eólico del lugar, estudio de los vientos, frecuencias máximas, periodos de calma, con el fin de definir la potencia del generador, eólico y la capacidad del sistema de acumulación

- Conocer los componentes que se instalaran, para poder así elegir al más conveniente.

Para cubrir periodos de ausencia de energía se usan sistemas híbridos integrados. Combinan la energía eólica con otra energía renovable o con grupos electrógenos de diésel.

Para dimensionar una instalación híbrida, una vez que se ha analizado las necesidades de consumo, la potencia que se quiere instalar y las condiciones, se procede a elegir un aerogenerador y un regulador. Los aerogeneradores producen una potencia definida por la curva de potencia facilitada por el fabricante, y lo hacen a un voltaje determinado. Esta información es de vital importancia a la hora de seleccionar un número de baterías que se empleara: cuanta más potencia se quiera conseguir, mayor será el voltaje.

El regulador, que es el encargado de proteger las baterías de cargas excesivas, debe ir en consonancia con el aerogenerador. Este aparato regula el tránsito de la energía producida, dando paso únicamente a la electricidad necesaria para la batería, y disipa la restante en forma de calor a través de una resistencia instalada en el interior del regulador.

Se dimensiona el banco de baterías, que está relacionado directamente con la potencia que se quiere instalar. En general, para menos de 4.5Kw de potencia suele usarse un banco de 12 V. dese 4.5 a 8 KW se precisan 24 V, y para una potencia superior a 8Kw, 48V.

Además, hay que elegir un inversor, que se encargara de transformar la electricidad almacenada en las baterías en electricidad apta para el consumo. Este dependerá entre otras cosas de la potencia de la instalación y del voltaje.

Se elige un grupo electrógeno de emergencia, generalmente un motor diésel acoplado a un generador, que debe ser capaz de cargar el banco de baterías cuando no haya viento ni sol.

Es importante tener en cuenta que el conexionado eléctrico ha de hacerse antes de la instalación del aerogenerador, ya que de lo contrario, conectar el aerogenerador rodando al cuadrado de regulación podría dañar el sistema de regulación.

Con el fin de reducir las pérdidas eléctricas, la distancia entre el aerogenerador y el cuadro de regulación deberá ser la menor posible, sin superar en ningún caso los cien metros. Deben estar tan próximos entre sí como se ha posible el cuadro de regulación, las baterías y el convertidor.

Otro componente a considerar para la instalación de equipo eólico es el sistema de regulación. Puesto que el viento nunca es constante, y a veces puede ser muy fuerte, de emplean distintos mecanismos de regulación que evitan que los fuertes vientos acaben destruyendo la turbina. Podemos mencionar como mecanismos de regulación:

- Desorientación del plano del rotor respecto a la dirección del viento
- Regulación por cabeceo, similar a la anterior , pro en la que la desalineación se produce en el plano vertical

- Regulación del Angulo de arranque de las hélices
- aéreo frenos: es eficaz y sencillo, pero a la vez ruidos, hacen que el aerogenerador se frene, pero al oponer mayor resistencia la potencia del viento no deja de intentar acelerar al rotor.

5.12.- Interconexiones a la red

Sistema de interconexión con la red eléctrica: el proceso de interconexión con la red eléctrica se gobierna a través del controlador electrónico. Cuando las condiciones de generación de potencia y del estado de la red son adecuadas, el controlador facilita las órdenes de interconexión para la inyección a la red de la energía eléctrica generada.

La interconexión puede realizarse por medio de relés o controladores electromecánicos, es la llamada interconexión dura.

Interconexión suave es basada en sistemas de potencia a tiristores que pueden utilizar sistemas mixtos formados por equipos de electrónica de potencia y conectores electromecánicos ya que de esta forma se reúnen las ventajas de ambos sistemas.

En aquellos otros que funcionan a velocidades variables, el proceso de interconexión se realiza a través del equipo rectificador-inversor , cuya función es convertir la corriente eléctrica generada por los aerogeneradores y que puede afectar a la calidad de onda, pueden centrarse en los siguientes puntos:

- Estabilidad y equilibrio de tensiones
- Armónicos
- Estabilidad de frecuencia
- oscilaciones de tensión

Las formas de conexión a la red receptora serán las siguientes

- Conexión directa a una subestación
- Conexión a una línea:
- Caída de tensión máxima permitida :5%
- Potencia máxima entregar: igual o inferior a la capacidad a la red receptora
- Línea 50% en la línea e capacidad en este punto
- Subestación: 50% de la capacidad de transformación en ese nivel de tensión

5.13.- Almacenamiento de energía

El almacenamiento energético se lleva a cabo conectando las baterías necesarias al regulador, el cual procede a su carga y gestión en correspondencia con el consumo. La tensión de las baterías debe coincidir con la nominal de salida del aerogenerador y la corriente con la necesidad de almacenamiento.

La generación de energía eléctrica alternativa en cantidad y tiempos diferentes a los de la demanda, da lugar a la necesidad de introducir en las instalaciones un medio de acumulación.

Tal dispositivo esta entre el elemento generador y la carga o consumo, de tal modo que se produce acumulación cuando el consumo es inferior a la energía generada , cuando la demanda es superior a la corriente generada , es la batería la que abastece el consumo. Las baterías para las instalaciones eólicas deben reunir unas especificaciones de capacidad, ciclos de carga/descarga y auto descarga diferentes a otros , lo que ha determinado su elección hacia las de plomo-acido que son las más utilizadas.

La carga de energía se produce por aplicación directa o indirecta del generador , o bien mediante el denominado cargador de baterías conectado a la red eléctrica. La corriente de carga debe ser controlada para evitar el deterioro prematuro de la batería, es preciso reducir al mínimo la gasificación del electrolito. Lo que se consigue reduciendo la corriente de carga.

5.14.-Especificaciones eléctricas de las baterías

Tensión: indicación de la tensión de trabajo

Capacidad (C_x/Ah): indica la cantidad de carga que se puede extraer de la batería en un determinado número de horas

Capacidad útil: indica la capacidad disponible

Estado de carga: representa el cociente entre la capacidad de la batería, por la capacidad nominal

$$0 < SOC < 1$$

Dónde:

SOC =1 batería totalmente cargada

SOC= 0 batería totalmente descargada

Profundidad de descarga: representa el cociente entre la carga extraída y su capacidad nominal.

Régimen de carga o descarga: parámetro que relaciona la capacidad nominal y la intensidad de corriente a la que se realiza la carga o la descarga de la batería

Ciclos de vida: indicación del número de veces que es posible cargar completamente la batería durante su vida útil.

Auto descarga: es la pérdida de energía que experimentan las baterías cuando están inactivas.

Los electrodos de una batería solar tienen una aleación de antimonio, la que permite adherir una mayor cantidad de material activo, el envejecimiento de una batería se produce por la pérdida de esta cuando la batería es descargada. Celdas con mayor cantidad de material activo tienen una más larga duración y profundidad de descarga. El incremento del material activo aumenta el costo y el peso de la batería. Una batería solar de 6V, con un volumen muy similar a la de 12V en un automotor pesa más de 30Kg. Si una batería solar permanece en almacenamiento, debe ser cargada con frecuencia. Como la presencia del antimonio incrementa la gasificación, la corriente de carga en un sistema FV debe tener un régimen variable.

Dos características identifican a una batería solar: la mayor profundidad de descarga (PD) y un Alto valor de ciclos la batería solar permite una PD máxima del 80% cientos de veces a niveles de corriente moderados. Es por eso que esas baterías se le denominan de ciclo profundo (BCP).

El número de ciclos de carga descarga depende de la PD. Cuando esta disminuye, el número de ciclos aumenta. Pasada una dada PD, la batería más robusta proporciona el mayor número de ciclos.

Las versiones con mayor aceptación son las de 6 y 12 volts nominales. Las baterías de 6V, con una capacidad de unos 200Ah, son utilizadas en sistemas de mediana capacidad de reserva, donde pasan a formar parte de un banco de baterías con conexión serie o serie-paralelo a fin de satisfacer los niveles de voltaje y corriente del sistema. Como los sistemas fotovoltaicos de bajo consumo son sistemas de 12V, los requerimientos de reserva pueden ser satisfechos con la versión de 12V, la que tiene una capacidad de unos 100Ah.

La doble conversión de energía que toma lugar en una batería resulta en una eficiencia total (η_b) que está dada por la expresión:

$$\eta_b = \eta_c \times \eta_d$$

Donde:

- η_c = el valor de la eficiencia de carga

- η_d = el de descarga

Ambos valores varían con la temperatura del electrolito y el estado de carga de la batería.

5.15.- Banco de baterías

Es necesario almacenar la energía eléctrica que se genera durante periodos de viento y sol, para que esta energía este siempre disponible durante el proceso de purificación de agua aun cuando no estén las condiciones óptimas de generación. A estos almacenes de energía se les llama acumuladores o baterías, y banco de baterías para un arreglo de baterías. Otra característica importante es que las baterías pueden proveer una magnitud de corriente mayor que el sistema generador por sí solo, y una estabilidad en el voltaje independientemente del voltaje presente en el sistema generador.

Las siguientes características son condiciones básicas para que un acumulador sea apto para las condiciones de uso a las que estará expuesto:

- Aceptar todas las corrientes de carga que suministre el sistema generador.
- Mantenimiento nulo o mínimo
- Fácil transporte e instalación
- Baja auto descarga
- Rendimiento elevado
- Larga vida útil.

Es fundamental elegir el banco de baterías correcto y para eso se conocen 3 especificaciones eléctricas fundamentales: la capacidad de almacenamiento en amperes hora (Ah), la máxima corriente que puede entregar a la carga y la profundidad de descarga que soporta sin dañarse.

5.16.-Capacidad de almacenamiento

Es la cantidad de electrones que puede almacenar la batería, expresada en unidades de amperes por hora(Ah), es decir la cantidad de horas que una batería puede estar suministrando la corriente especificada.

Si una batería tiene la capacidad de almacenamiento de energía en una batería en (Wh) es necesario multiplicar los (Ah) por el voltaje nominal de la batería.

Máxima corriente que puede entregar a la carga:

Es la máxima corriente, especificada por el fabricante, que puede fluir de la batería a la carga.

5.17.-Profundidad de descarga

Es la cantidad de energía que es posible descargar sin dañar la batería. El porcentaje de energía que se extrae de una batería influye en su tiempo de vida.

Baterías de ciclo poco profundo: son las que no se puede descargar más del 25%

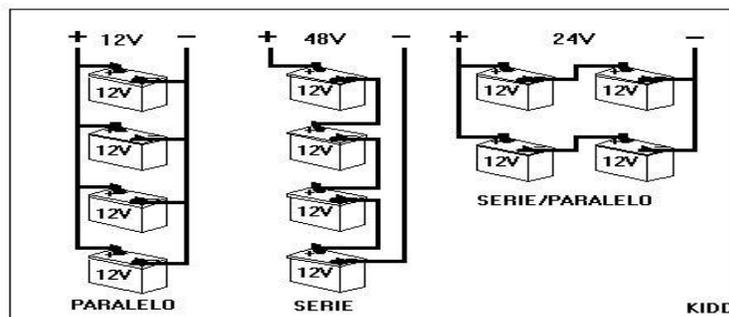
Baterías de ciclo profundo: soportan una descarga de hasta un 90% de su capacidad

5.18.- Arreglo de baterías

Existen tres configuraciones o arreglos para formar un banco de baterías:

1. Conexión serie: con esta configuración se suma el voltaje de cada batería del banco de baterías, mientras que la corriente y la capacidad se mantiene constante
2. Conexión paralelo: el voltaje total del banco de baterías es constante; corriente y capacidad de banco de baterías son el resultado de la suma del valor individual de cada batería
3. Conexión serie- paralelo: es la combinación de las 2 anteriores

En la siguiente figura se observan estas tres configuraciones.



Fig(5.18) configuración de banco de baterías

5.19.-Dimensionar el banco de baterías

El tamaño del conjunto de baterías va íntimamente relacionado con la potencia que se instalara. Generalmente, por motivos económicos y prácticos. Para menos de 4.5KW suele usarse un banco de 12V, desde 4.5 a 8 KW se precisan 24V y para una potencia superior de 8KW, 48V.

La elección de las baterías en cuanto a su arranque, sin variar su voltaje, depende básicamente de la autonomía de la que se desea disponer.

5.20.-Tipos de baterías

Existe una batería solar de Pb-acido donde el electrolito no es líquido sino gelatinoso. Su costo es alrededor de tres veces mayor que el de la versión con electrolito líquido, pero tiene características técnicas que la hacen muy útiles en aplicaciones especializadas. Esta batería no requiere ventilación al exterior durante el proceso de carga. La caja exterior es hermética. La válvula constituye un dispositivo de seguridad en caso de cortocircuito o sobrecarga,.

Batería de Ni-cd:

Debido a su alto costo inicial, este diseño no ha podido suplantar al tipo Pb-acido con electrolito líquido. Sin embargo el costo operativo a largo plazo es mucho menor que una batería de igual capacidad del tipo Pb-acido debido su larga vida útil y alto mantenimiento.

Baterías de níquel-hidruro metálico (Ni-MH):

Utilizan un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo de una aleación de hidruro metálico. Este tipo de baterías se encuentran menos afectadas por el llamado efecto memoria. El voltaje proporcionado: 1.2V densidad de energía 80 Wh/kg , capacidad usual: 0.5 a 2.8 amperes , efecto memoria : bajo no es usual que estas baterías se usen en los sistemas fotovoltaicos.

Baterías de iones de litio (Li-ion)

Las baterías de iones de litio utilizan un ánodo de grafito y un cátodo de óxido de cobalto, trifilina u óxido de manganeso. Su desarrollo permite llegar a altas densidades de energía. No admiten descargas completas y sufren mucho cuando estas suceden por lo que suelen llevar acoplada circuitería adicional para conocer el estado de la batería y evitar así tanto la carga excesiva como la descarga completa.

Baterías de polímero de litio

Son una variación de las baterías de iones de litio. Sus características son similares, pero permiten una mayor densidad de energía, así como una tasa de descarga bastante superior.

Pila alcalina

Son similares a pila seca, pero en vez de cloruro de amonio, llevan cloruro de sodio o potasio. Duran más porque el zinc no está expuesto a un ambiente ácido como el que provocan los iones de amonio en una pila convencional. Las pilas secas alcalinas son similares a las pilas secas comunes, con las siguientes excepciones:

- El electrolito es básico, porque contiene KOH

- La superficie interior del recipiente de Zn es áspera; proporcionando una mayor área de contacto
- Las pilas alcalinas tienen una mayor vida media y resisten mejor el uso contante
- El voltaje de un apila alcalina está cerca de 1.5V
- El ánodo está compuesto de una pasta de zinc amalgamada con mercurio, carbono o grafito
- Se utilizan para aparatos complejos y de elevado consumo energético. En sus versiones están de 1.5V, 6V y 12V

Baterías de plomo- acido

El tipo de acumulador más usado en el presente, dado su bajo costo, es la batería de plomo y ácido sulfúrico con electrolito líquido. Cuando la batería está cargada, el electrodo positivo tiene un depósito de dióxido de plomo y el negativo es plomo. Al descargarse, la reacción química que toma lugar hacen que, tanto la placa positiva como la negativa, tenga un depósito de sulfato de plomo.

Este mecanismo tiene una derivación práctica: monitorizando la concentración de ácido se puede determinar el estado de la batería. Este monitoreo se hace usando un densímetro.

Tres características definen una batería de acumulación; la cantidad de energía que pueden almacenar, la máxima corriente que puede entregar y la profundidad de descarga que puede sostener. La cantidad de energía que puede ser acumulada por una batería está dada por el número de watt-hora de la misma. La capacidad de una batería de sostener un régimen de descarga está dada por el número de ampere-hora.

Para una materia dada, el número de Wh puede calcularse multiplicando el valor del voltaje nominal por el número de Ah, es decir:

$$Wh = \text{voltaje nominal} \times Ah$$

El número de Ah de una batería es un valor que se deriva de un régimen de descarga especificado por el fabricante.

La profundidad de descarga (PD) representa la cantidad de energía que puede extraerse de una batería. Este valor esta dado en forma porcentual.

El voltaje de salida de una batería de Pb-acido no permanece constante durante la carga o la descarga. Dos variables determinan su valor: el estado de carga y la temperatura del electrolito.

Para la carga, se observa que el voltaje correspondiente a un estado dado y corriente de carga, es siempre menor cuando la temperatura disminuye. Es conveniente cargar una batería con un nivel

de corriente que no exceda el máximo dado por el fabricante. El tiempo de carga, multiplicando por la corriente de carga debe ser un 15% mayor al número de Ah de la batería, para compensar por las pérdidas durante el proceso de carga.

5.21.- Inversores

El inversor es un sistema electrónico de potencia que convierte la corriente continua en corriente alterna permitiendo usar la energía eléctrica almacenada en el banco de baterías para hacer funcionar la planta potabilizadora de agua.

Tanto el voltaje de entrada como la frecuencia de salida pueden ser fijos o variables. Si se modifica el voltaje de entrada y la ganancia del inversor se mantiene constante, es posible obtener un voltaje variable de salida, si el voltaje de entrada en CD es fijo se utiliza algún tipo de modulación, que permite controlar tanto la ganancia como la frecuencia del inversor. La ganancia del inversor se puede definir como la relación entre el voltaje de salida CA y el voltaje de entrada CD.

El voltaje y la corriente de entrada del inversor pueden ser fijos o variables, y pueden ser obtenidos del voltaje de línea o de un generador de voltaje de corriente alterna a través de un rectificador y un filtro. También puede ser obtenido de una batería, una celda de combustible, o un arreglo de velas solares.

A un inversor se le llama inversor de fuente de voltaje VSI, si el voltaje de entrada se mantiene constante y la corriente es variable, o inversor de fuente de corriente CSI si la corriente de entrada se mantiene constante y el voltaje variable.

Los inversores permiten transformar la corriente continua de 12 o 24 v producidos, en corriente alterna a 125 o 220V que es lo que normalmente se utiliza en los puntos de consumo.

La complejidad de los inversores está en su capacidad de igualar la forma sinusoidal de la onda de corriente alterna, y en la garantía de mantener la frecuencia y el voltaje dentro de límites establecidos.

Para las instalaciones aisladas, los requisitos de estos equipos son menores que en las conectadas a la red.

La corriente continua procedente de los aerogeneradores, con salida en las instalaciones del regulador de carga y de los acumuladores da lugar a la incorporación del inversor, el cual está configurado como un convertidor de corriente continua a alterna (DC/AC) con salida de los indicados de voltaje y con una frecuencia correspondiente a 60 Hz

5.22.- Configuración de los inversores

- Oscilador: circuito que genera la frecuencia de la corriente alterna
- Convertidor DC/AC: circuito que recibe la tensión continua de entrada procedente del acumulador y la frecuencia del oscilador y genera con ello la corriente alterna de salida
- Protección: circuito encargado de la vigilancia del consumo de la corriente alterna para bloquear el convertidor ante exceso.

*Inversores sinodales:

Estos inversores de corriente continua a alterna a los que proporciona ondas sinodales de salida similares a las de las redes públicas de distribución eléctrica

La tensión de salida de este tipo de convertidor procede de los devanados de un transformador interno, el cual está excitado por transistores trabajando en régimen lineal, condición para obtener la forma de onda

*Inversores semisenoidales:

Estos inversores, la forma de onda es rectangular lo que se consigue con los transistores Q1 a Q4 trabajando en régimen de conmutación, con lo que se obtiene un alto rendimiento

*Inversores para conexión a la red eléctrica

El inversor para conexión a red es, fundamentalmente, un convertidor DC/AC para las instalaciones aisladas, al que se ha incorporado un circuito de sincronización de fase entre su salida de corriente alterna y a la de la red de energía eléctrica a la que se conecta.

La condición previa para unir dos líneas de corriente alterna – la de la red de distribución y la de salida del inversor -, es que coincidan completamente sus fases y sus voltajes.

Inyección de red interna del usuario: el equipo se conecta a las redes de distribución internas de los usuarios para aportar una fracción del consumo.

Inyección en las redes públicas de distribución:

La configuración de este inversor es básicamente un convertidor DC/AC al que se le ha incorporado un circuito de sincronización de fase entre su salida de corriente alterna y la red de energía eléctrica a la que se conecta.

Debe ser la red de distribución la que enganche en fase de salida de alterna del inversor, lo que se lleva a cabo tomando muestras periódicas de la primera y disparando con ellas la cantidad de salida del equipo.

- Convertidor DC/AC: este circuito comienza a suministrar energía alterna a partir del cruce por cero de cada ciclo senoidal de la red de distribución, esta. Por tanto disparado con la red.

Cualquier diferencia entre sus tiempos pone en peligro la conexión, lo que implica la incorporación de circuitos auxiliares de vigilancia y protección.

- Transformador separador: componente entre la salida de corriente alterna del inversor y la red de distribución. Es un transformador monofásico o trifásico.

Sincronizador: la indicada condición de sincronización entre la tensión alterna suministrada por el convertidor DC/AC y la de la red de distribución se consigue con este, el cual recibe inicialmente la tensión de la red a través del

5.23.-Parámetros característicos de un inversor

- Tensión nominal de entrada y salida
- Potencia de salida nominal: es la potencia en régimen de funcionamiento continuo del circuito de salida del inversor. Debe ser capaz de soportar picos o sobrecargas
- Eficiencia. Próxima al 85%. La máxima eficiencia del inversor se logra cuando se tienen conectadas las cargas eléctricas, máximas de diseño
- Capacidad de sobrecarga y de protección térmica. Parámetro útil en instalaciones donde un motor o motores necesitan una potencia superior a la nominal durante el arranque.
- Forma de onda en la tensión de salida del inversor. La forma de onda de salida que se aproxime más a la senoidal da como resultado un inversor más costoso pero que es capaz de alimentar cualquier tipo de carga en corriente alterna.

5.24.-Elegir un inversor

El inversor dependerá de la potencia de la instalación, de la calidad de onda senoidal que se precise, si se desea que además de inversor sea cargador, de la frecuencia, de la potencia simultánea máxima, y del voltaje.

Principales características de fabricación se tienen:

- Resistir potencias puras punta como la producida al arrancar un motor, los de onda cuadrada no aguantan bien esas subidas.
- Tener una eficiencia razonable, por lo que se tendrá que ver si el aparato va a trabajar a una potencia pequeña o a una fracción de la misma, ya que el rendimiento del convertidor baja mucho
- El montaje debe ser estable independientemente de la potencia a cada instante. Se puede admitir una variación del 5% en convertidores.
- Baja distorsión armónica, lo que se refiere a la calidad de onda. Los parásitos de dicha onda tienen que ser eliminados totalmente con la ayuda de los filtros electrónicos. La variación en la frecuencia de salida será del 3% nominal.

- Capaz de instalarse en paralelo, para un posible crecimiento en la instalación.
- Tener un arranque automático, para poder conectarse y desconectarse cuando exista una mayor o menor energía eléctrica en la red.
- Ser seguro por lo que tendrá todo lo necesario para evitar corto circuito.
- Tener toda la documentación que acredite el correcto funcionamiento y las especificaciones del mismo:
 - tensión de trabajo de entrada y salida
 - potencia nominal
 - frecuencia nominal y factor de distorsión
 - forma de la onda
 - rango de temperaturas admisibles
 - rendimiento en función de la potencia demandada
 - sobrecarga que resiste
 - resistencia a cortocircuito
 - factor de potencia

5.25.-aplicaciones de los inversores

- Controladores de motores de corriente alterna
- Fuentes de poder ininterrumpibles
- fuentes de corriente alterna
- Generadores o compensadores de potencia reactiva

5.26.-Clasificación de los inversores

Los inversores de onda cuadrada: la mayoría de los inversores funcionan haciendo pasar la corriente continua a través de un transformador, primero en una dirección y luego en la otra. La polaridad cambia 100 veces cada segundo. Como consecuencia, la corriente que sale de secundario del transformador va almacenándose, en una frecuencia de 60 ciclos, completos por segundo.

Los inversores de onda cuadrada son más baratos, pero normalmente son también los menos eficientes. Producen demasiados armónicos que generan interferencias. No son aptos para motores de inducción. La potencia de esta dependerá de la potencia nominal del aparato en cuestión.

5.27.- Conversión a corriente alterna

La corriente que circula por los circuitos posteriores al regulador es continua. Procede de las baterías o del aerogenerador, previa rectificación, si están completamente cargadas. La corriente

alterna se puede suministrar intercalando entre la salida del regulador y la carga con un convertidor o con un inversor, que es básicamente un convertidor de corriente continua a alterna

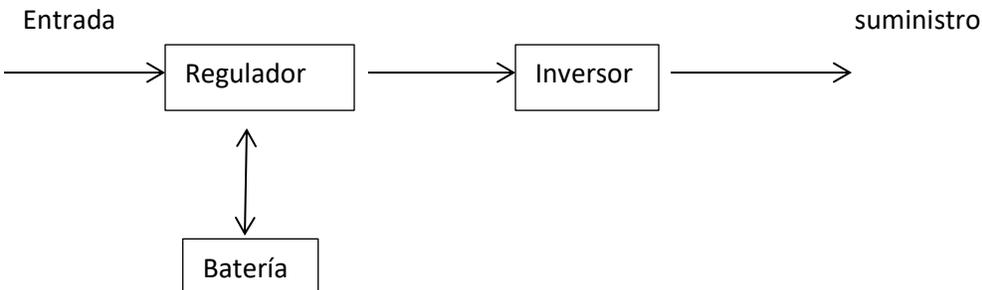


Diagrama unifilar de los proceso de la energía desde la generación al suministro

5.28.- Sistema de regulación de potencia

La potencia eléctrica aportada por las maquinas eléctricas depende de la velocidad del viento, hasta la velocidad nominal que da lugar a la potencia nominal, el funcionamiento transcurre por las condiciones previstas, pero no cuando la velocidad la supera, poniendo en peligro el generador eléctrico y sus unidades asociadas, que sufren el incremento de la energía correspondiente, interviniendo el sistema de regulación de potencia

5.29.- Regulación

En las instalaciones híbridas, el aerogenerador con respecto a los módulos fotovoltaicos,

Proporciona corriente alterna trifásica, la cual debe ser convertida en continua para el proceso de regulación siguiendo los procedimientos de: rectificando el interior del aerogenerador, si este es muy pequeño; mediante un grupo externo de rectificadores dispuesto entre la salida del aerogenerador y en la entrada del regulador, y por empleo de un regulador específico para instalaciones de eólica.

5.30.- Reguladores de carga

La conexión directa de la salida en continua del aerogenerador a los bornes de las baterías, podrá dar lugar a ciclos de carga diferentes de los especificados para estas.

Los circuitos del regulador mantienen la carga de la batería, desconectándose del aerogenerador cuando su carga está completa. En este supuesto, es el aerogenerador el que suministra la energía al consumo, únicamente de no perderla y de mantener en reserva la almacenada.

Se dispone este equipo entre los sistemas generador y acumulador, del que se toma la energía eléctrica para el consumo. Permite así mantener los ciclos de carga y descarga en correspondencia con las características de las baterías utilizadas.

Mediante circuitos electrónicos de potencia, mide constantemente el voltaje de la batería para regular la carga, descarga y desconexión del banco de baterías, esto para mantener su estado de plena carga y evitar daños a la batería

Existen dos clases de controladores de carga, los de paralelo o de shunt y los de tipo serie.

El regulador de carga en serie tiene este nombre porque el circuito de control se conecta en paralelo con el banco de baterías. Cuando el sistema de control detecta que el banco de baterías está a plena carga, se desvía la energía generada excedente hacia un circuito eléctrico de alta resistencia que convierte la energía en calor por efecto joule.

El regulador de carga en serie tiene ese nombre porque se conecta en serie con respecto a las baterías. Con la ayuda de un sistema de control se detecta cuando el banco de baterías está a plena carga, interrumpiendo o reconectando el circuito cuando se necesita recargar.

5.31.-Condiciones de la entrada de tensión

Los reguladores de carga comerciales pueden tener tres posibles condiciones en su entrada, manteniendo en común la salida en continua

1. Propósito general: corresponde a reguladores de propósito general, con una entrada para corriente continua procedente de aerogeneradores que la proporcionen de esta forma o de módulos fotovoltaicos
2. Para instalaciones eólicas: permite la conexión directa del aerogenerador, procediendo el equipo a la rectificación con anterioridad al proceso de regulación de carga.
3. Para instalaciones híbridas: se puede proceder a instalar reguladores independientes para cada generador o bien uno específico con dos entradas; una de alterna trifásica para el aerogenerador y otra de continua para los módulos fotovoltaicos. Su salida en común se aplica al sistema de almacenamiento y al consumo.

5.32.- Regulación de velocidad

Velocidad de arranque o mínima: corresponde a la velocidad del viento con la que el rotor comienza a girar

Velocidad nominal: corresponde con la que el aerogenerador proporciona la potencia nominal

Velocidad de parada: corresponde con la alta velocidad del viento que pone en peligro la estabilidad de la máquina

5.33.- Conexión del regulador e información que proporciona

Sus funciones las notables son:

- Estado de la batería: indicación de la tensión de la batería y su estado, tal como la carga, situación de flotación.
- Corriente: indicación del valor de la corriente generada por los generadores, la del consumo, la resultante entre generación y consumo

5.34.- Modos de regulación de carga

Es preciso evitar los regímenes de sobrecarga y sobre descarga de las baterías , el voltaje de cada elemento presenta un valor dependiente de su estado de carga, por ejemplo, un valor un valor superior a 2.35 volts por elemento de las baterías a temperatura de 25°C, con una alteración de -5mv/°C , manifiesta sobrecarga y un valor de 1.95 V en las mismas condiciones, el estado de sobrecarga.

El regulador electrónico puede introducir un componente de absorción de la energía del generador a modo de compensación, recurrir a la desconexión de las baterías mediante in relé electromecánico o interruptor electrónico. Cuando se alcanza una tensión de 1.95V a 1.90 V por elemento de las baterías, la solución es desconectarlas del circuito al cual suministran energía para evitar su deterioro. En el procesos puedes presentar algunas situaciones como los son:

- Carga total: recarga completa de las baterías en las primera horas de funcionamiento
- Regulación: periodo de regulación, generalmente en el modo PWM para restaurar la capacidad de baterías como consecuencia del consumo producido.
- Flotación: cuando las baterías están completamente recargadas , el regulador pasa al modo flotante.
- Ecuilización: proceso de optimización de la carga de las baterías

-Modos de regulación de carga, en paralelo o en serie

El modo paralelo acopla a la línea de tensión del generador una carga de absorción de energía excedente, y el serie en intercalarla para la misma finalidad

- transformador aislador, e inicia el disparo del inversor, operación que se repite ante cada ciclo, en coincidencia por su cruce por cero.
- Control: bloque auxiliar del convertidor encargado de las entradas del arranque/parada, y de las salidas destinadas a dar información de las situaciones.

Visualizador: conjunto de componentes optoelectrónicas, destinados a presentar información de situaciones del inversor

5.35.- Elección del regulador de carga

El regulador de carga se debe adaptar al valor de los parámetros eléctricos de la instalación: voltaje máximo de generación (V_{max}), corriente de generación máximo (I_{max}), potencia máxima de generación (P_{max}), capacidad de banco de baterías (C_B) cada generador eólico tendrá instalado un generador modelo AFPMG260-0.2KW/200RPM

5.36.-Elegir generador y regulador

Los aerogeneradores producen una potencia definida por una curva de potencia definida por la curva de potencia facilitada por el fabricante, y lo hacen a un voltaje determinado. Este dato es muy importante a la hora de seleccionar el banco de baterías que se utilizara. El voltaje variara dependiendo de la potencia final que se quiera instalar. Cuanta más potencia se quiera conseguir, mayor deberá ser el voltaje. Una vez se haya elegido el voltaje, no se podrá cambiar. Puesto que deberá cambiarse todo en conjunto.

5.37.-Sistema de regulación de carga

La regulación de la intensidad de carga de las baterías manejan las fases siguientes: igualación, carga profunda, carga final y flotación.

Igualación: esta fase del regulador permite la realización automática de cargas de igualación de los acumuladores tras un periodo de tiempo en el que el estado de carga ha sido bajo, reduciendo al máximo el gaseo.

Carga profunda: tras la igualación, el sistema de regulación permite la entrada de corriente de carga a los acumuladores sin interrupción hasta alcanzar el punto de tensión final de carga. Alcanzando dicho punto el sistema de regulación interrumpe la carga y el sistema de control pasa a la segunda fase, la flotación. Cuando se alcanza la tensión final de la carga, la batería ha alcanzado un nivel de carga próximo al 90% de su capacidad, en la siguiente fase completaría a la carga.

Carga final y flotación: la carga final del acumulador se realiza estableciendo una zona de actuación del sistema de regulación dentro de lo que denominamos "banda de flotación dinámica". La BFD es un rango de tensión cuyos valores máximos y mínimos se fijan entre la tensión final de carga y la tensión nominal + 10%. Una vez alcanzando el valor del voltaje a plena carga de la batería, el regulador inyecta una corriente pequeña para mantenerla a plena carga, esto es, inyecta la corriente de flotación.

5.38.-Parámetros del regulador de carga

-tensión nominal: la del sistema (12, 24, 48V)

-intensidad del regulador: la intensidad nominal del regulador ha de ser mayor que la recibida en total del sistema

-intensidad máxima de carga o de generación: máxima corriente que puede pasar del sistema de regulación y control al consumo.

-voltaje fina de carga: voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico

-voltaje de desconexión de las cargas de consumo: voltaje de la batería por debajo del cual se interrumpe el suministro de electricidad a las cargas de consumo

-voltaje final de la carga: voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería, o reduce gradualmente la corriente media entregada por el generador fotovoltaico

5.39.- Esquemas de instalaciones

Entre los principales tipos de configuraciones de instalaciones tenemos las siguientes que son las más comunes

Instalación de suministro directo:

Esta instalación básica da servicio directamente a la carga

Instalación de suministro de tensión diferente a la generada

Se considera que la carga, también de corriente continua, requiere un voltaje superior al proporcionado, lo que se soluciona instalando un convertidor de corriente continua a corriente continua de las características de entrada, salida y potencia adecuadas

Instalación de suministro en corriente alterna

Esta instalación incorpora un convertidor o inversor de corriente continua a alterna por necesidades de la carga

Instalación de suministro mediante acumulador

La necesidad de suministro eléctrico constante incorpora al sistema un acumulador y su correspondiente regulador de carga.

El suministro a la carga es en corriente continua a la tensión de la batería

Instalación de suministro en corriente alterna

Es la configuración más empleada, ya que aporta energía eléctrica de corriente alterna, la cual suministra la energía mediante el acumulador y el regulador de la carga

Instalación de suministro en corriente alterna y continua con acumulador

En este supuesto se debe suministrar corriente continua a una carga y alterna a otra. La carga continua es la tensión de la batería.

Instalación de suministro en corriente continua de tensión diferente a la generada, y en alterna con acumulador.

La carga de corriente continua requiere una tensión diferente a la proporcionada por la batería, lo que justifica la incorporación del convertidor DC/DC como medio de adaptación entre las tensiones de entrada y salida.

Instalación de sistema para conexión a la red.

Este sistema corresponde a un sistema para conexión a la red. La cual incorpora los siguientes elementos

- Inversor, que corresponde al convertidor DC/AC, pero de la versión con conexión a red de distribución eléctrica.
- Protección, sistema de protección del inversor
- Cuadro eléctrico, compuesto por un interruptor general y un contador de salida para medir la energía suministrada a la red
- Caja de protección, para baja tensión
- Centro de transformación, cuyas bobinas transfieren a la red de distribución la energía producida por la instalación.

Instalación para la conexión a la red y suministro

Esta instalación con conexión a la red proporciona así mismo energía para el consumo de un hogar o similar, y cede la excedente a la red de distribución pública.

Esta instalación puede tomar energía de la red pública entre tiempos en los que el consumo interno es superior a la producción. Sus dos contadores eléctricos dan cuenta de la cantidad de energía obtenida de la red e inyectada en ella

5.40.- equipos complementarios para plantas generadoras de electricidad

La energía eléctrica puede tener forma y nivel diferente del requerido por los dispositivos destinatarios. Lo que supone a la incorporación de equipos complementarios para tal finalidad. El

regulador de carga es el dispositivo que está destinado a controlar la carga de corriente de las baterías en correspondencia con la energía recibida por los generadores externos y de su consumo interno producido.

La fuente energética de los dispositivos a alimentar, es la batería , en la que se acumula la energía recibida de los paneles fotovoltaicos o aerogeneradores. El consumo medio en el periodo de tiempo asignado, determinan el tamaño de generadores y la batería. Si los equipos a alimentar requieren de corriente alterna, es preciso intercalar entre la batería y estos un inversor DC/AC.

Si la instalación es de tipo con conexión a red, incorpora un inversor de red , que es el equipo que la adecua a las condiciones requeridas para su inyección en las redes de distribución

5.41.- Efectos sobre las líneas de transmisión y distribución

- a) A nivel local, las variaciones de potencia eoloelectrica pueden llegar a causar fluctuaciones de voltaje , usualmente esto se evita conectando las centrales eólicas a líneas de voltaje suficientemente altas
- b) Las altas corrientes que demandan los generadores de inducción en su inicio de operación pueden causar transitorios y caídas de voltaje , lo cual se puede evitar con una programación adecuada del arranque de los aerogeneradores mediante un retardo en el arranque de cada turbina
- c) Los generadores de inducción demandan potencia reactiva. Las centrales con este tipo de máquinas incluyen bancos conmutables de capacitores para mejorar el factor de potencia
- d) Los aerogeneradores de velocidad variable con conversión CA-CD-CA pueden contar con convertidores electrotécnicos ajustables para operar a cualquier factor de potencia

En términos generales las centrales eoloelectricas deben cumplir con los requisitos establecidos por la comisión electrotécnica internacional

5.42.- Huecos de tensión

Se dice que se produce un hueco de tensión en un punto a la red, cuando la tensión de una o más fases cae repentinamente por debajo de un límite establecido y se recupera al cabo de un tiempo determinado, que oscila entre los 1 ms y varios ms

Existen varias causas que pueden provocar un hueco de tensión. En función de la robustez de la red, los incrementos bruscos de consumo eléctrico, arranque de grandes motores o energización de transformadores.

La causa más habitual suele ser la falla producida en las líneas eléctricas. Podemos encontrar huecos de tensión provocados por cortocircuitos monofásicos, bifásicos o trifásicos a tierra, y por cortocircuitos bifásicos y trifásicos aislados.

Los efectos más importantes que se producen son anomalías en los sistemas de regulación de la velocidad de las turbinas de velocidad variable. Puede originar un aumento de temperatura en el transformador

Por otra parte si un generador eólico no es capaz de soportar un hueco de tensión , puede llegar a desconectarse

Las soluciones a adaptar para solventar estas dificultades dependen notablemente del tipo de máquina que se emplea en el aerogenerador. Modificaciones en su electrónica de potencia , instalación de flexible AC transmisión sistemas en la subestación y gestión adecuada de los inversores.

Las turbinas de viento inductivas son generadores asíncronos que consumen energía reactiva bajo todas las condiciones de carga y también durante el arranque, lo cual puede ocurrir en numerosas ocasiones durante el arranque, lo cual ´ puede ocurrir en numerosas ocasiones durante la operación diaria normal.

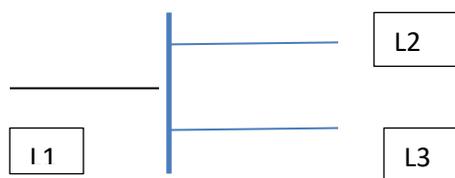
El consumo de energía reactiva en el arranque es extremadamente alto algunas veces equivale a la capacidad de potencia activa de la turbina y esta energía reactiva es siempre importada desde la red, los generadores son fabricados con diferentes porcentajes de sistemas de compensación de energía reactiva, ya sea compensación sin carga , usualmente calculado aproximadamente al 30% de la capacidad del generador o carga completa, diseñadores a compensar para el máximo consumo.

5.43.- Líneas de evacuación eléctrica y subestación desde el aerogenerador a la red

En la red de un aerogenerador se pueden distinguir dos tipos de circuitos

- Circuitos de generación de potencia que tienen por objeto conectar la salida del generador con el centro de transformación
- Circuitos de control de comunicaciones y servicios auxiliares.

(Subestación eléctrica: podemos definir sencillamente como un punto en la red, al cual se interconectan diferentes circuitos eléctricos. Haciendo analogía de los sistemas eléctricos, las subestaciones son los nodos y las líneas las secciones entre ellos)



En la figura anterior se muestra la configuración elemental: una línea L1 proveniente de otra subestación se conecta al juego de barras N1, y desde esta salen dos líneas L2 y L3, que distribuye el flujo de potencia que proviene desde L1

Las subestaciones son empleadas para realizar las siguientes funciones

- Cambiar la tensión de operación con la finalidad de interconectarse a otro sistema de transporte o para alimentar a una subestación que opera el nivel de tensión. También contempla este uso la evaluación de voltaje a la salida de los centros de generación, para su conexión a la red
- Para dividir flujos de potencia hacia diversas regiones geográficas
- Para alimentación de los sistemas de distribución primaria
- Para efectuar operaciones en sistemas de transporte para superar situaciones de emergencia, tales como las que se producen ante la salida de servicio de una línea eléctrica.
- Para orientar los flujos de potencia de manera que las centrales con preferencia de operación
- Para suministrar energía eléctrica a grandes consumidores

El emplazamiento adecuado de una subestación es un tema que debe valorarse, ya que incide en la inversión y en los costos futuros de operación y mantenimiento.

La composición habitual de una subestación es:

- Transformadores de potencia
- Interruptores de potencia
- Parámetros de tipo auto válvula
- Seccionadores
- Transformadores de medida y protección
- Puesta a tierra
- Apantallamiento de las subestaciones
- Sistema de protección
- Servicios auxiliares

5.44.- Instalación eléctrica

Instalación para cargar baterías:

Un banco de baterías se constituye de distintas unidades o células de 2V conectando varias células juntas podemos conseguir el voltaje deseado: 12, 24 o 48 V. algunas instalaciones de alto potencial llegan a tener 60 o incluso 120 baterías para conseguir altos voltajes.

Existe la posibilidad de realizar instalaciones a la red. En ellas no se usan baterías, y se evitan así los problemas que estas se presentan. Cuentan con los inconvenientes de que solo se podrá disponer de electricidad cuando el viento sea lo suficientemente fuerte como para que el aerogenerador produzca la energía que necesitamos, a menos que la conexión a red sea a la red general

Una completa instalación aislada de carga de baterías cuenta con los siguientes elementos:

- El aerogenerador y paneles solares son los encargados de producir la electricidad
- El regulador es el encargado de proteger las baterías de sobrecargas excesivas. las baterías que alimenta requieren un regulador de carga. el regulador detecta en todo momento el estado de carga de la batería y regula el paso de la energía producida. únicamente da paso a la electricidad necesaria para la batería. manteniéndola en flotación y disipa la restante en forma de calor a través de una resistencia instalada en el interior del regulador. Los reguladores están equipados con un testigo luminoso. El piloto se enciende cuando la batería está cargada y la electricidad está siendo desviada a las resistencias internas. Asimismo, van provistas de un voltímetro y un amperímetro para la lectura de la electricidad producida.
- Las baterías son las encargadas de almacenar la energía producida
- El inversor se encarga de transformar la electricidad almacenada en las baterías en electricidad apta para el consumo.

El conexionado eléctrico debe hacerse antes del montaje del aerogenerador. Se conectara, sin invertir nunca la polaridad nunca la polaridad, los cables +/- de la batería a las regletas correspondientes del regulador. A continuación, conectaremos los tres cables del aerogenerador al regulador. La bajada del aerogenerador es trifásica y alterna, con lo cual en estas tres conexiones no importa la polaridad.

El cuadro de regulación, baterías y potencial convertidor deberán estar colocadas en un punto centralizado próximo al consumo, y lo más próximo posible entre ellos.

5.45.-Dimensionado de cable de bajada del sistema generador hasta el cuadro de regulación

| Amperios máximos por fase | Amperios máximos 3 fases | Medidas mínimas recomendadas (mm) | | |
|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|------------|------------|
| | | Hasta 30 m | Hasta 60 m | Hasta 90 m |
| 42 | 126 | 3 x 16 | 3 x 16 | 3 x 25 |
| 21 | 63 | 3 x 10 | 3 x 10 | 3 x 16 |
| 16 | 48 | 3 x 10 | 3 x 10 | 3 x 10 |
| 11 | 33 | 3 x 6 | 3 x 6 | 3 x 6 |
| 5 | 18 | 3 x 4 | 3 x 4 | 3 x 6 |

Tabla5.45.- dimensionamiento de cableado

5.46.- Costos de instalación y producción

En función de la finalidad de la instalación eólica aislada el presupuesto inicial necesario será muy variable.

No se podría dar un precio exacto común a todas las instalaciones dadas las diferentes alternativas existentes, pues según la potencia instalada, la obra civil o los elementos accesorios que se necesiten.

El coste inicial de una instalación menor de 10KW es de unos 5.500euros/KW muy superior en proporción al costo de un aerogenerador de 500MW.esto es una desventaja frente a la gran eólica.

Los sistemas de baja potencia tienen un mercado muy disperso, aplacándose en residencias rurales, en la agricultura o localidades remotas. En los pequeños aerogeneradores la eficiencia de conversión es de a lo sumo dos terceras partes del 59% máximo teórico alcanzable; es decir tienen una eficiencia total de 30-40%. Los factores de carga varían entre el 20 y el 30%. La energía anual obtenida es función del diámetro del rotor y las velocidades de viento del lugar de instalación.

Los costos de capital de los pequeños aerogeneradores son bien conocidos. Los costos de operación y mantenimiento han representado históricamente cerca del 1% del costo capital por año

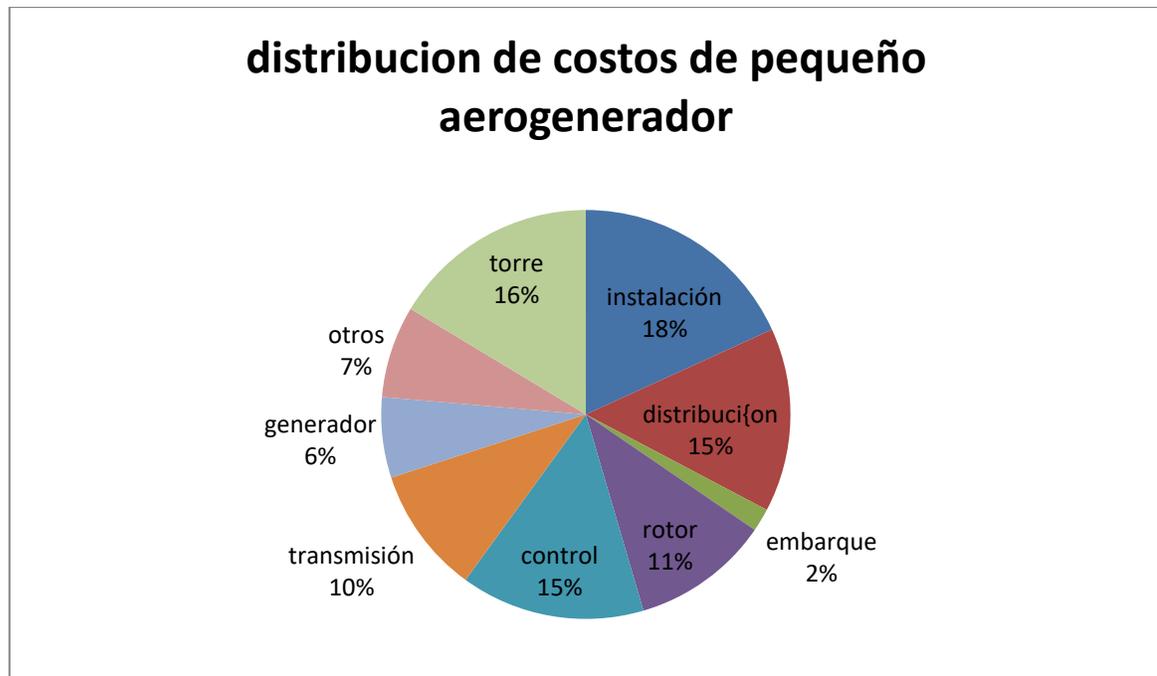


Fig (5.46) grafica de distribución de los costos de un aerogenerador(guía del instalador de energías renovables)

5.47.- Usos y aplicaciones de los sistemas híbridos aislados

La mayor aplicación es el abastecimiento eléctrico de inmuebles localizados en lugares alejados, por ello, presenta un prometedor mercado en países en vías de desarrollo.

Pero esta tecnología puede tener otras aplicaciones importantes:

- Suministro eléctrico a pequeñas instalaciones avícolas industriales
- Bombeo de agua, sistemas de riego, iluminación de invernaderos, granjas y sistemas de ordeño
- Desalinización y depuración de agua
- Telecomunicaciones, señalización marítima, faros, repetidores de radio, televisión y telefonía.
- Conexiones a la red eléctrica
- Obtención de hidrogeno

5.48.-Seguridad

Los aerogeneradores aunque sean de pequeño tamaño, pueden causar serios accidentes si no se instalan correctamente o no se trabaja adecuadamente con ellos.

Hay que tomar en cuenta siempre las precauciones adecuadas y trabajar con prudencia, sabiendo en todo momento lo que se está haciendo y evitar así tanto los riesgos mecánicos como los eléctricos.

5.49.-Indicadores de estado

Desconexión del consumo por baja tensión:

Si la tensión de la batería disminuye por debajo del valor de tensión de maniobra de desconexión de consumo durante más de un tiempo establecido, se desconecta el consumo. Esto es para evitar que una sobrecarga puntual de corta duración desactive el consumo.

Tensión de desconexión del consumo: tensión de la batería a partir de la cual se desconectan las cargas de consumo.

Alarma por tensión de baja batería:

La alarma por tensión baja de batería indica una situación de descarga considerable. A partir de este nivel de descarga las condiciones del acumulador comienzan a ser comprometidas desde el punto de vista de la descarga y del mantenimiento de la tensión de salidas frente a intensidades elevadas.

Esta alarma está en función del valor de la tensión de desconexión de consumo, siempre se encuentra 0.05V por encima.

Señalizadores habituales:

- Indicadores de tensión de batería
- Indicadores de fase de carga
- Indicadores de sobrecarga/corto circuito

Protecciones típicas

- Contra sobrecarga temporizada en consumo
- Contra sobretensiones en paneles, batería y consumo
- Contra desconexión de batería.

6.- PROYECTO 1 PARA ENERGIZAR POTABILIZADOR EN COMUNIDADES RURALES

Para este proyecto de investigación se escogió la comunidad de Las Mesas que está situado en el estado de México que cuenta con una población de 520 habitantes, esta comunidad se encuentra en condiciones marginales donde tienen constantes deficiencias tanto del suministro eléctrico como en el recurso hídrico que muchas veces es restringido y es de pésima calidad, lo cual ha provocado un gran número de enfermedades gastrointestinales y como consecuencia a esto se han provocado varias muertes y serios problemas de salud sobre todo en niños, ya que muchos no tienen la posibilidad de abastecerse de agua embotellada y suelen sacar agua de un pequeño riachuelo que cruza esta comunidad, que no cuenta con agua óptima para el consumo humano.

Para conocer la necesidad de la comunidad y poder tratar de plantear alguna solución real en esta investigación me puse en contacto con la directora de la fundación de "agua en movimiento" quien comento y guio el proceso de este estudio, dando a conocer los problemas por los cuales está pasando muchísima gente a lo largo de todo el país tanto en comunidades rurales alejadas como en comunidades marginales ubicadas en la periferia de grandes ciudades que cuentan con falta de recurso hídrico.

Con ayuda de esta fundación y la empresa de "rema water" que se dedica entre otras cosas a las soluciones para la purificación y potabilización de agua, me mostraron unos sistemas de purificación de agua que son ideales para poder plantear la falta de agua de calidad por las cuales atraviesa esta comunidad ubicada en el estado de México.

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud): "Si bien la necesidad básica de agua incluye el agua que se usa en la higiene personal, no resulta significativo establecer una cantidad mínima ya que el volumen de agua que usen las viviendas dependerá de la accesibilidad al recurso". Así, hay que en primer lugar definir qué es el acceso. Acceso básico se define como disponibilidad de una fuente a menos de 1.000 metros de distancia o 20 minutos de recorrido desde el lugar de utilización, y posibilidad de obtención fiable de al menos 20 litros diarios para cada miembro de la familia.

Con este sistema de purificación podemos solucionar el problema en la comunidad ya que el suministro que nos ofrece el sistema de potabilización es de 30 litros de agua por minuto² y teniendo el sistema trabajando aproximadamente 7 horas al día podemos cubrir con las necesidades hídricas de la comunidad.

El otro problema que debemos de resolver ya contando con el sistema es hacerlo funcionar sin la necesidad de estar interconectado al suministro eléctrico ya que este es muy deficiente y no cuenta con la infraestructura necesaria para que podamos trabajar en ayuda a la comunidad pues lamentablemente el gobierno de México destina poco presupuesto para este tipo de comunidades pequeñas.

² dato obtenido de las características de planta purificadora recomendada por la empresa de "rema wáter"

6.1.- Estudio de configuración energética

El estudio de la configuración energética es un análisis que se realizó mediante un software gratuito en una página de internet³ y en google maps para ver el potencial energético del lugar y permite calcular la potencia eléctrica necesaria para satisfacer el requerimiento eléctrico en donde solo introduces las coordenadas de la localidad, la capacidad de potencia a instalar y obtienes la velocidad del viento y el potencial de la zona en horas sol pico por día.

Este software proporciona el cálculo de recursos naturales por medio del aprovechamiento de los cuales podemos obtener la energía necesaria para alimentar las necesidades requeridas para poder potabilizar agua en comunidades donde se tiene esta necesidad.

Esta información es ofrecida por la NASA, y consta de más de 22 años de datos almacenados en todo el planeta. En cuanto a la precisión se presentan estimaciones de los niveles de incertidumbre para la instalación, la temperatura, la presión en la superficie, la humedad relativa y velocidad del viento a través de la comparación con los datos de medición de la tierra.⁴

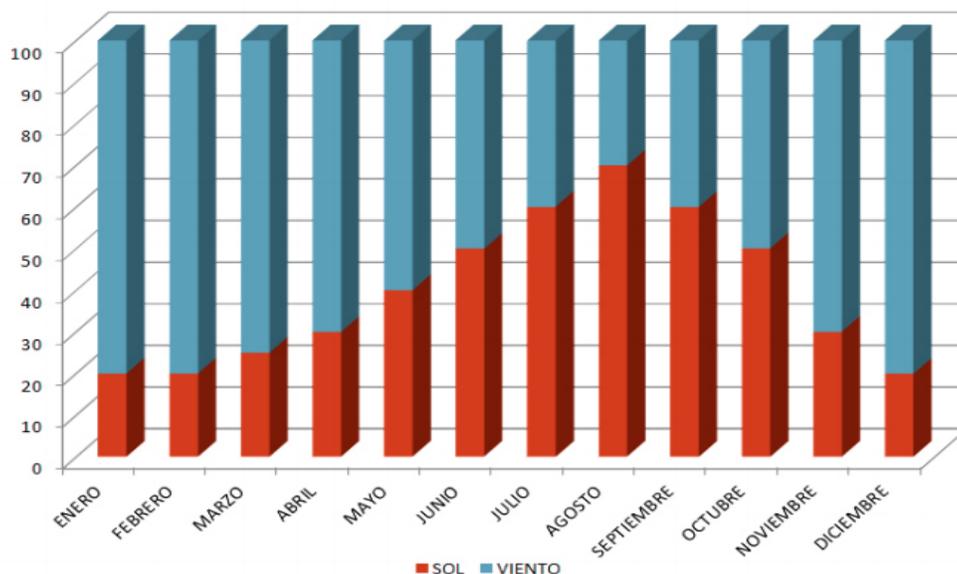
Según las precisiones establecidas de valoración de esta información obtenida por la NASA encontramos incertidumbres del 6 al 12% dependiendo del lugar.⁴ Es importante tener en cuenta la incertidumbre asociada a estos resultados, ya que se trata de una modelización de menor escala con una resolución especial de 0.5º, donde puede existir un margen de error.

Con este sistema es imprescindible confiar en que es un estudio fiable, por medio del cual podemos tener una buena estimación de los recursos naturales que se van aprovechar para poder dimensionar nuestra planta generadora de energía eléctrica.

³ <http://pro.cesolarr.org/calculadora.php>

⁴ <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email=rets@nrcan.gc.ca>

6.2.- integración de energía de sol y viento



Geafica6.2 integración de la energía solar y eólica 2016

En esta grafica se muestra el potencial eólico y de radiación solar en México a lo largo de los meses del año ya que algunos meses no son tan eficientes en tanto a generación solar y viceversa

Combinar dos fuentes de energía naturales como lo son el sol y el viento convierte las instalaciones de renovables en mucho más eficientes a lo largo de los 365 días del año.

Además los ciclos de generación se comparten entre el día y la noche, permitiendo generar energía en ciclos de 24 horas ininterrumpidamente.

Normalmente los meses de verano suelen ser más soleados y con menor viento que en invierno, por lo que los paneles solares suelen ser ideales para esa época.

Mientras tanto en los meses de invierno, suelen ser más ventosos y con menos sol que los de verano, por lo que disponer de un aerogenerador, nos aporta más energía.

Con un correcto dimensionado de la instalación, hará que cubra el 100% de la energía necesitada , con soluciones renovables y sin costos adicionales de combustibles.

6.3.- Potencia instalada requerida para un sistema de potabilización de agua

En base a que en la comunidad habitan 520 personas y los requerimientos mínimos por persona son de 20 litros de agua por día según la OMS(organización mundial de la salud).

$520 \times 20 = 10400$ litros de agua al día donde nuestra fuente de abastecimiento de agua es de un río que pasa por la comunidad.

Como el purificador sugerido por “RemaWater” potabiliza a 30 litros por minuto o 1800 litros por hora necesitamos que el potabilizador trabaje aproximadamente 6 horas para abastecer de agua a toda la comunidad y se ocupan dos bombas una de 1 HP y otra de medio HP que bombea 80 litros por minuto o 4800 por hora necesitamos que trabaje aproximadamente 3 horas para poder cubrir con los 10400 litros de agua.

Mas una estimación de 300 watts para la iluminación y 200 watts para una fuente adicional que se requiera como lo es tableros de control, etc.

- Características de las bombas
 Voltaje:120V/ 60Hz
 Tipo de impulsor: centrifuga
 Monofásicas

| Equipo | Potencia en Watts | Horas de uso | Energía Wh |
|-------------------|-------------------|--------------|-------------|
| bomba de agua | 745 | 3 | 2235 |
| iluminacion | 300 | 7 | 2100 |
| fuentes adicional | 200 | 4 | 800 |
| bomba de agua | 325 | 3 | 975 |
| | 1570 | | 6110 |

Fig 6.3 instalación de la energía que se va a necesitar para la planta de agua

Con los datos anteriores se utilizó un software que nos arrojó los siguientes resultados:

Radiación Solar Mínima en el Lugar de la Instalación en kWh/m2/día

4.56 Introducir el Valor en esta casilla ←

Dato obtenido con las coordenadas del lugar y la página de la NASA previamente mencionada

| Material | Unidad | Unidades necesarias | |
|------------------|----------|---------------------|--|
| Inversor DC a AC | watts | 1884 | |
| Baterias | AH - 12V | 509.17 | Cuanto quieres que se descarguen tus baterias 50% (Recomendado) ▼ |
| Paneles | watts | 250 | # Paneles |
| | Isc | 8.81 | A por Panel ← |
| | Voc | 37.52 | V por Panel |

Datos obtenidos por ficha técnica de los paneles capítulo 6.9

¿Qué calibre de cable quieres usar?

3 ▼ Voltaje 24 Distancia 5

Voltaje Final
23.5557252

Caída de Voltaje
1.89%

Fig: 6.3.1 software con el que se calculó el sistema solar necesario <http://pro.cesolarr.org/calculadora.php>

| Resumen de tu Sistema | | | | |
|-----------------------|---------|---------|-------|------------------|
| Paneles | Piezas | 7 | 250 | Watts |
| Baterias | AH | 1018.34 | | |
| Controlador | A | 77.0875 | | |
| Inversor | Watts | 1884 | | |
| Cableado | Calibre | 3 | 1.89% | Caida de Voltaje |

Fig 6.3.2: resultados arrojados por el software usado en la fig 6.3.1

Para este caso por practicidad se utilizó este programa donde nos da todos los parámetros del sistema a energizar y los elementos necesarios en el caso de que se requiera hacer el cálculo manual se utiliza la siguiente formula:

$$\frac{\frac{E}{HSP}}{\frac{\varepsilon}{pp_{mi}}} = \#paneles \text{ y microinversores}$$

E= energía (wh)

HSP= horas sol pico del lugar (h)

,ε= eficiencia (para sistema aislado es del 80%)

P_{mi}=potencia de microinversor (w)

6.4.-Potencial de recursos energéticos de la zona

Produccion Solar



La zona a instalar se encuentra en el municipio de Naucalpan y las horas establecidas de radiación solar serán 2171,75h. Los cálculos se han realizado para una inclinación de: 20° y un acimut de: 0°

| CALCULO DE PRODUCCIÓN SOLAR | |
|-------------------------------|----------------|
| Horas efices en la ubicación | 2.172 |
| Pot. panel recomendado (W) | 250 |
| Nº de paneles | 7 |
| Potencia pico (W) | 2.500 |
| Producción Día (kWh) | 15.70 |
| Producción Mes (kWh) | 471.00 |
| Producción Anual (kWh) | 5652.00 |

Fig6.4 producción solar en México

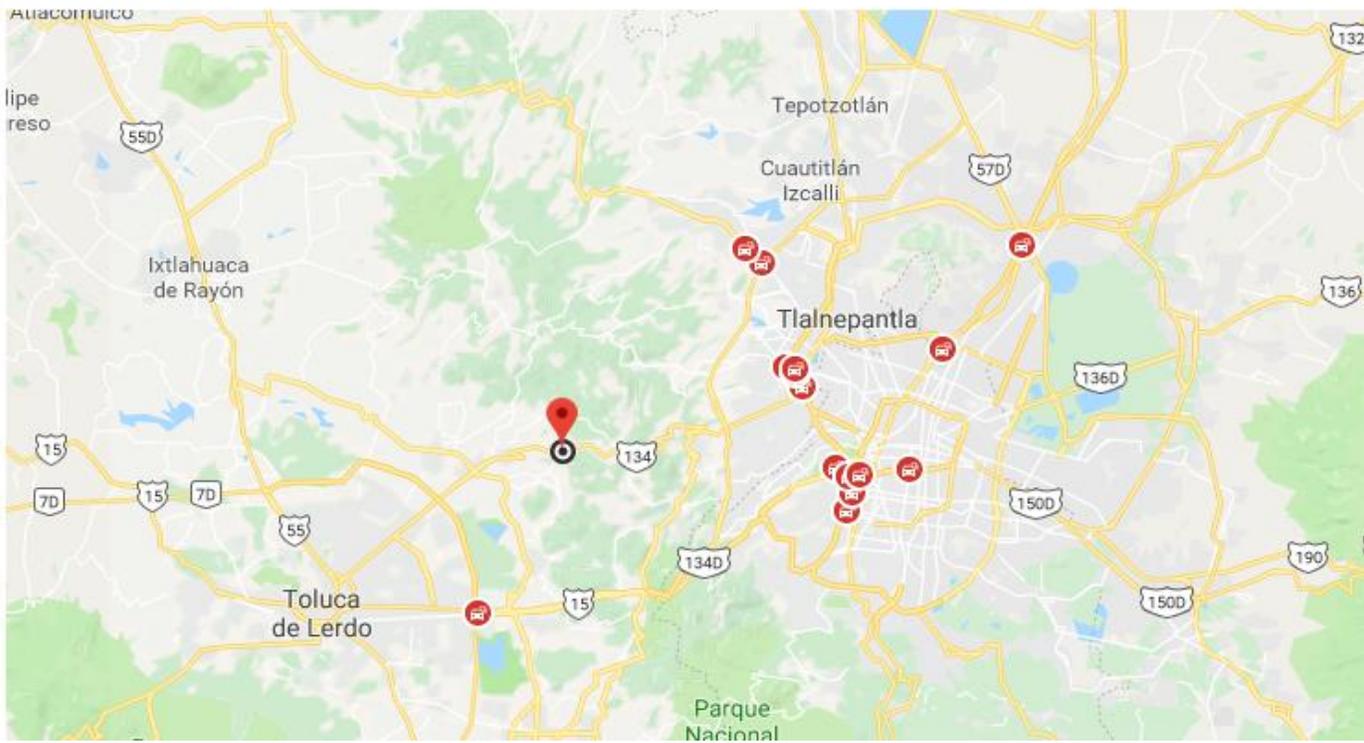
RECURSOS RENOVABLES DISPONIBLES:

Para las coordenadas indicadas:

Latitud: 19.3293

Longitud: -99.5018

Altitud: 2572.4 metros



Fig(6.4.1) coordenadas de la comunidad de las mesas

Potencial Eólico

ENERGÍA EÓLICA: 4.52 kWh/día



Potencia media de salida (W) **188.29**

Energía Anual (kWh) **1649.44**

Energía Mensual **137.45**

Porcentaje de tiempo operativo **75.0**

Velocidad media del viento (m/s) **3.6**

Potencial Solar

ENERGÍA SOLAR: 5.94 kWh/día



Horas de Sol diarias **5.94**

Horas de Sol al mes **180.79**

Horas de Sol al año **2169.53**

fig. 6.4.2 potencial energético de la zona

En base a estos datos obtenidos por las coordenadas del lugar y gracias al software podemos saber que para abastecer de potencia necesitamos utilizar 7 paneles ya que en promedio en esta zona tenemos 6 horas de sol pico al día y una velocidad promedio de viento de 5m/s^5 y con esta podemos producir 98 Kwh/ mes^6 lo cual complementando esto podemos cumplir con la necesidad energética de la planta de purificación de agua por todo el año satisfactoriamente

6.5.-Sistema de almacenamiento y autonomía

El almacenamiento en baterías es uno de los principales puntos de las instalaciones donde se abastece al 100% con energías renovables, sobre todo aquellas que no disponen de red eléctrica.

La principal característica de los acumuladores es que deben estar correctamente programados y sincronizados con los inversores de potencia y la electrónica que los gestiona, ya que una programación deficiente puede reducir su vida útil hasta el 70%.

Las principales cuestiones de programación y uso de las baterías es encontrar la capacidad optima de forma que nos permita trabajar durante toda su vida útil en ciclos de descarga medios del 20-

⁵ Dato obtenido de la página de la NASA y de la ficha técnica del aerogenerador utilizado <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email=rets@nrcan.gc.ca>

⁶ Características generales del generador eólico fig 6.9.4

30% y nunca superiores al 50% , de esta forma conseguimos llegar a los 20 años que es la vida útil del diseño de las mismas.

En este caso específico para la investigación y desarrollo de este trabajo los resultados obtenidos fueron:

- necesitamos cubrir una energía diaria de : 1018.34 Ah

En este cálculo se ha considerado una autonomía practica de 1.31 días. La autonomía practica es solo descargando el 50% de las baterías y una autonomía teórica de 2.61 días que será al descargar al 100% considerando los cálculos de la profundidad de descarga, junto con la autonomía seleccionada y la generación con renovables por sus coordenadas , así como el consumo medio; las baterías seleccionadas deben disponer de una capacidad de 1000Ah y deben ser acumuladores estacionarios de gran calidad para garantizar su funcionamiento.

- **Energía generada:** 1018.34 Ah
- **Autonomía teórica:** 2.61 días
- **Tensión:** 24V



fig6.5 banco de baterías

6.6.- Esquema de diseño

En el siguiente diagrama se muestra una representación de las conexiones y los componentes del sistema para poder energizar la planta de agua

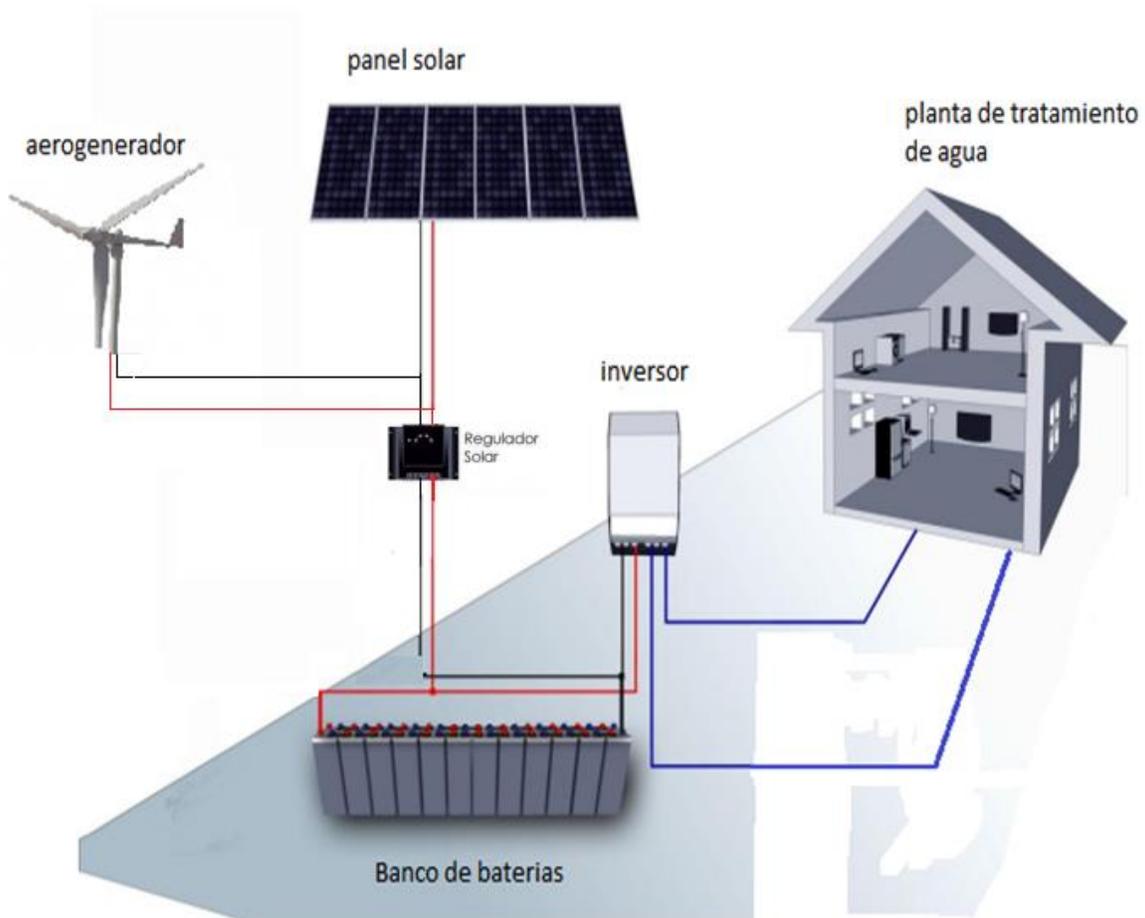


Fig. (6.6) diagrama unifilar de sistema de alimentación de planta de tratamiento de agua

Para la conexión de paneles solares tenemos una configuración serie-paralelo donde en una sección tenemos tres conectadas en serie, en la otra conectamos a cuatro paneles en serie y luego las conectamos entre sí en paralelo, se obtuvo esta configuración de la simulación de la fig.6.10

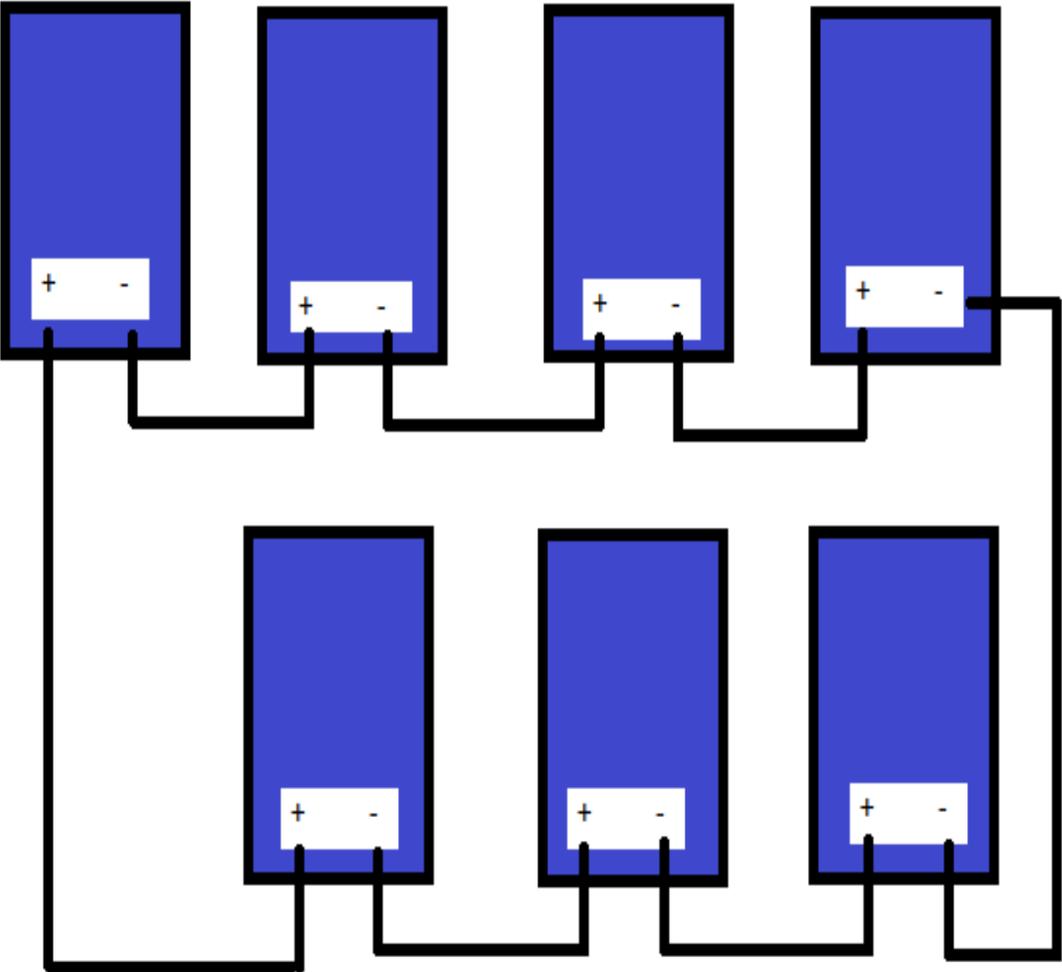


Fig6.6.1.: conexión de paneles solares

Los paneles para un mejor rendimiento se orientan hacia el ecuador y como nos encontramos en el hemisferio norte eso se traduce a que se orientan hacia el sur

Inclinación: para maximizar la perpendicularidad del panel la inclinación tiene que ser igual a la latitud

$$^{\circ}\text{inclinacion} = \text{latitud}$$

Para mayor eficiencia del rendimiento solar en las estaciones de invierno o verano, o si se ocupa mayor energía en alguna estación en particular

| | | |
|--|---------------------------------|-------------------------------|
| Sol primavera y otoño Angulo de inclinación = latitud | Sol de invierno Latitud +15° | Sol de verano Latitud -15° |
|--|---------------------------------|-------------------------------|

6.7- Material eléctrico necesario para el equipo

La composición e integración de cada uno de los elementos como parte de un conjunto es esencial para el funcionamiento óptimo, de forma que todos los equipos deben de ir sincronizados entre sí para obtener los resultados óptimos.

-  panel ECO-240 Unidades: 7
-  aerogenerador E70 Unidades: 1
-  inversor MKP3K48-60 Unidades: 1
-  batería OPZS - 50P-570 Unidades: 1
-  Regulador de caga MPTT Unidades: 1

6.8.- Cotización para el sistema hibrido eléctrico necesario para cubrir con las necesidades requeridas para el desarrollo de este proyecto

Para esta parte del proyecto ya teniendo en mente las necesidades requeridas y teniendo una idea más clara del mercado en este sector se mandaron varias propuestas de cotizaciones para un sistema eléctrico renovable autosuficiente que pueda trabajar sin necesidad de depender del suministro eléctrico público se checaron varias cotizaciones de productos para poder abastecer de energía nuestro sistema por al menos 6 horas diarias y el más conveniente, completo y confiable a mi juicio fue la cotización enviada por la empresa de “enair”.

6.9.- CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE GENERACIÓN



| Módulo policristalino | 250W | 255W | 260W | | Características generales | |
|--|-----------------|--------|--------|--|------------------------------|---------------------------------|
| Referencia | 8.250P | 8.255P | 8.260P | | Dimensiones (mm) | 1655 x 992 x 40 |
| Condiciones estándar de medida (STC) | | | | | Peso | 19.5 kg |
| Tensión de Máxima Potencia - U_{MPP} (V) | 30.15 | 30.33 | 30.53 | | Marco | Aluminio Anodizado |
| Intensidad de Máxima Potencia - I_{MPP} (A) | 8.29 | 8.41 | 8.52 | | Temperatura operativa | -40°C ~ +85°C |
| Tensión en circuito abierto - U_{OC} (V) | 37.52 | 37.69 | 37.88 | | Caja de conexión / Diodos | IP 65 / 3 |
| Intensidad de cortocircuito - I_{SC} (A) | 8.81 | 8.89 | 8.97 | | Longitud cable/Sección cable | 900 mm / 4 mm ² |
| Eficiencia de módulo - η (%) | 15.37 | 15.67 | 15.98 | | Máxima capacidad Fusible | 15 A |
| Tensión Máxima de sistema - U_{MAX} (V) | 1000 V DC (IEC) | | | | Vidrio frontal | 3.2 mm vidrio templado |
| Máxima Tolerancia de Potencia | 0 to +3% | | | | Células / Matriz | Poli 156 x 156 mm / 60 (6 x 10) |
| STC: Irradiancia de 1000 W/m ² , espectro solar de AM 1.5, temperatura del módulo a 25 °C | | | | | Conectores | MC4 compatible |
| | | | | | Presión viento / nieve | 5400 / 2400 Pa |

Fig 6.9(características del panel solar

Diseño de ingeniería

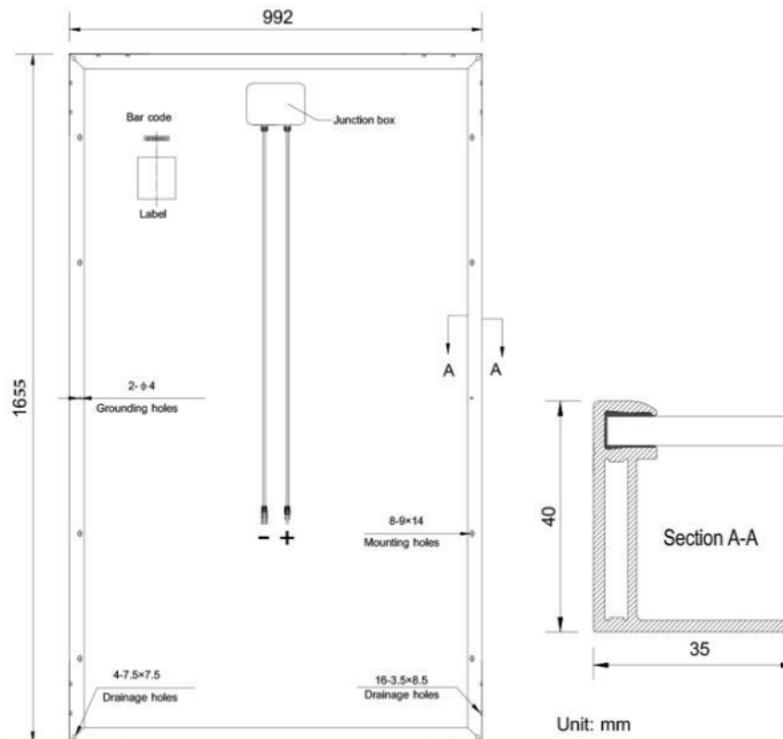


Fig6.9.1 diagrama de diseño del panel solar

Coeficientes de temperatura



| | |
|---|-------------|
| Temp. nominal de operatividad de célula | 45 °C ±2 °C |
| Coeficiente de temperatura de P_{MAX} | -0,42 %/°C |
| Coeficiente de temperatura de I_{SC} | 0,06 %/°C |
| Coeficiente de temperatura de U_{OC} | -0,33 %/°C |

Fig 6.9.2 coeficientes de temperatura de operación del panel solar

I-V y V-P curvas (8.250P)

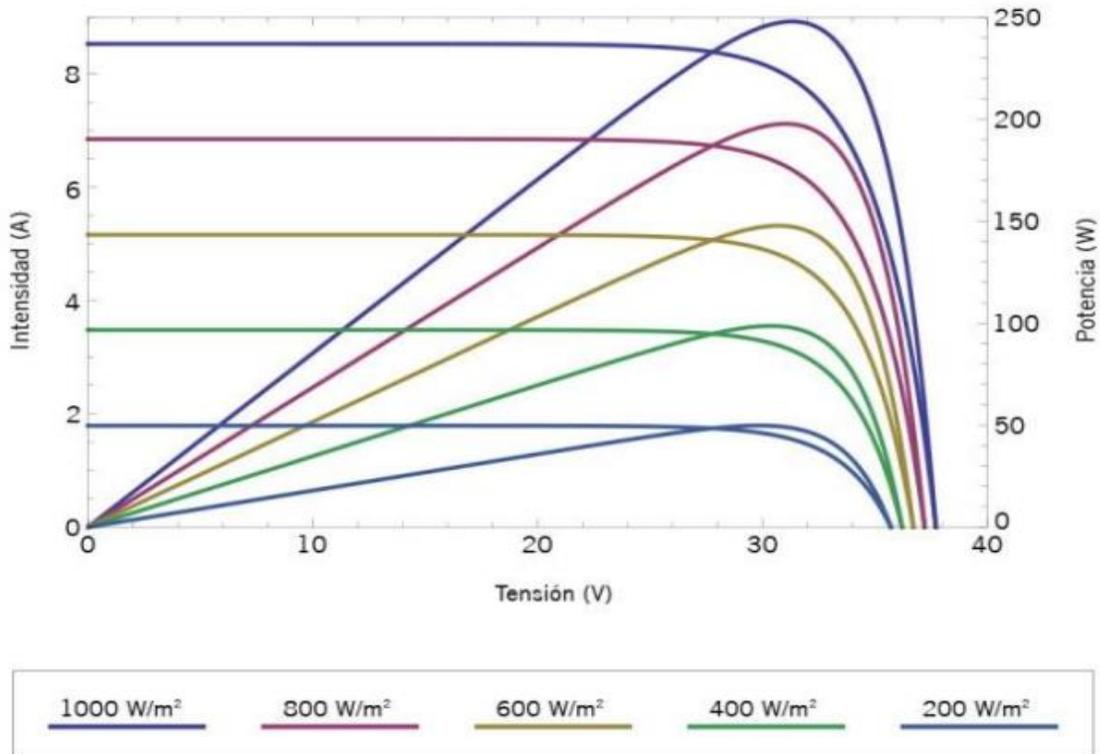


fig.6.9.3 curvas de operación de los paneles solares

| GENERACIÓN | | |
|---|------------------------|-----------|
| Velocidad del viento promedio del lugar | Generación (kWh / mes) | |
| <4 m/s | Sitio no apto | |
| 4 | 56 | kWh / mes |
| 5 | 98 | kWh / mes |
| 6 | 138 | kWh / mes |
| 7 | 172 | kWh / mes |
| 8 | 200 | kWh / mes |
| 9 | 226 | kWh / mes |
| 10 | 268 | kWh / mes |

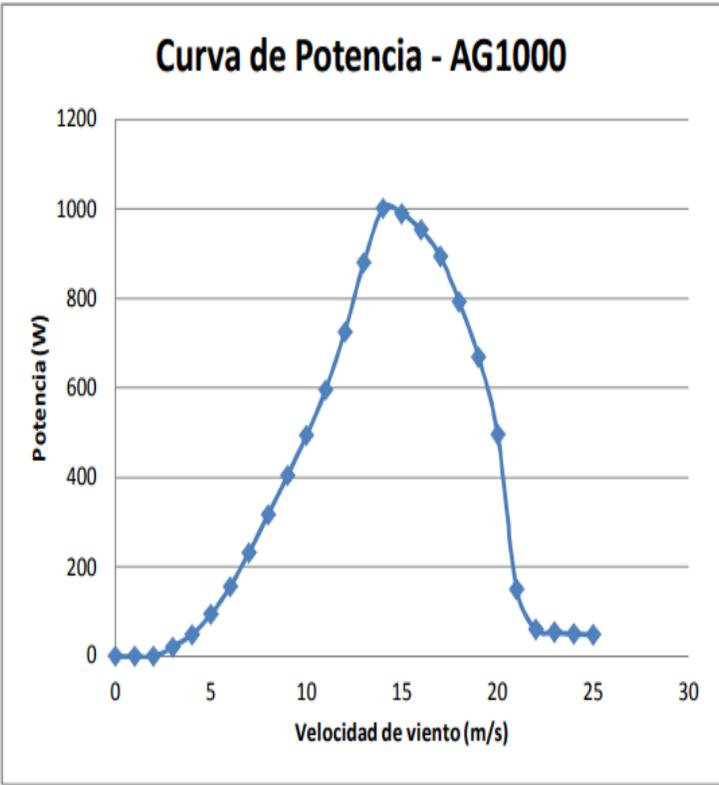


fig6.9.4 curva de potencia de aerogenerador y características de generación según la velocidad del viento

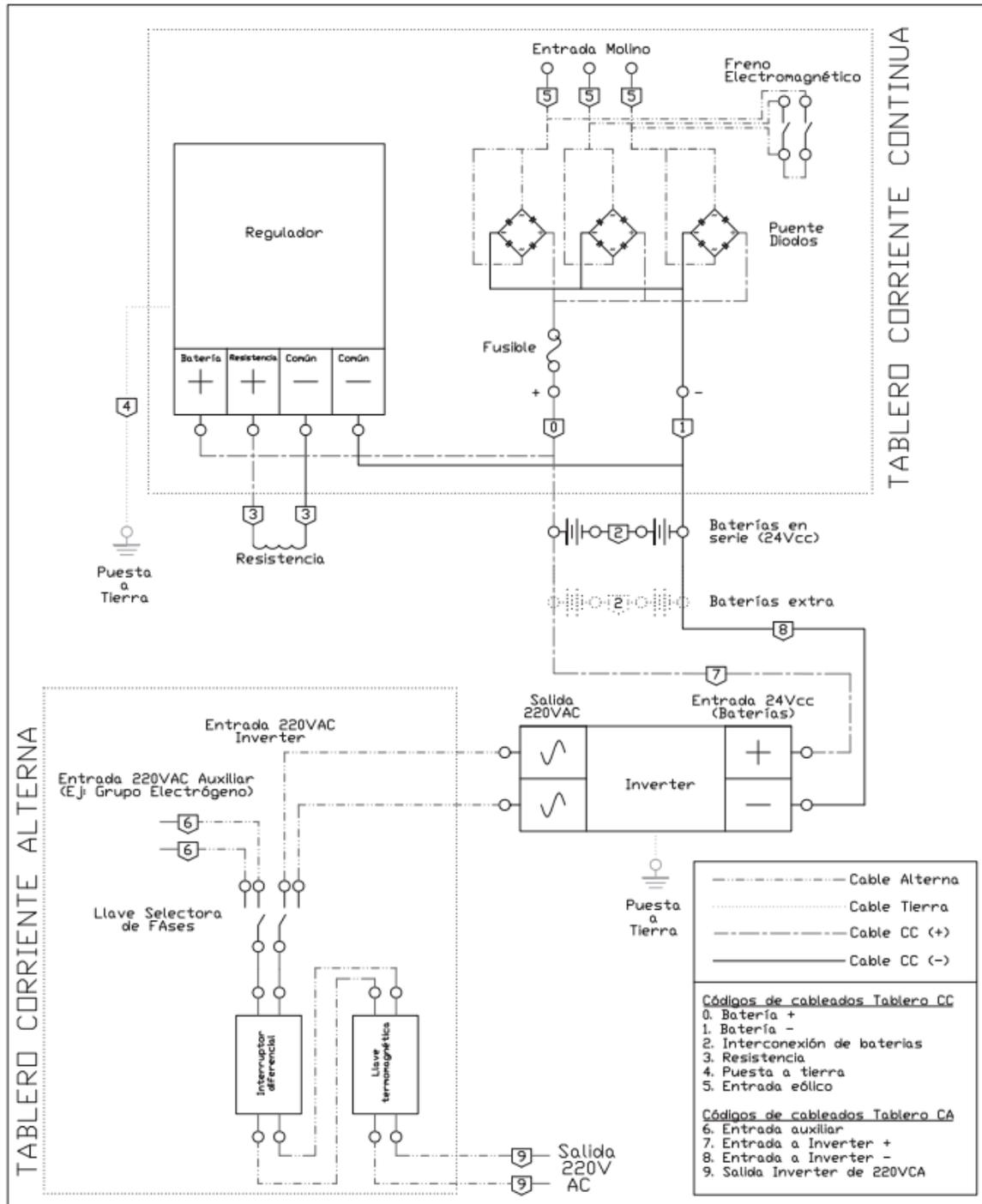


Fig6.9.5 diagrama de conexión del aerogenerador integrado al sistema de generación aislada

| Capacidad de Baterías recomendadas: | |
|--|--------------------|
| Tipo de baterías: | Estacionarias OPzV |
| Capacidad en C10 : | 1.000 Ah |
| Disposición: | 12 Vasos 2V/Vaso |
| Tensión total: | 24 V |
| Autonomía teórica: | 2,4 Días |
| Autonomía práctica : | 1,2 Días |
| Autonomía con apoyo diesel y 50% de descarga | mas de 15 Días |

+



BATERIAS SERIE UP OPzV BLOCK

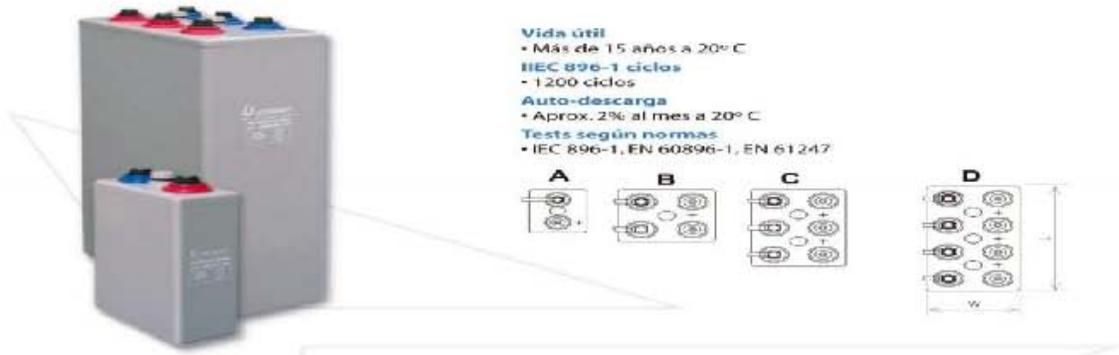


Fig6.9.6 banco de baterías

6.10.- Parámetros de simulación para sistema

Se realizó una simulación para encontrar todos los parámetros de la instalación y las características del sistema aislado a la red

| Sistema Aislado: Parámetros de la simulación | | | | | |
|---|---|---|----------------------|--------------------|------------------|
| Proyecto : | Purificadora de Agua | | | | |
| Lugar geográfico | Las Mesas, Estado de Mexico | | | País | Mexico |
| Ubicación | Latitud | 18.8°N | Longitud | 100.2°W | |
| Hora definido como | Hora Legal | Huso hor. UT-6 | Altitud | 1543 m | |
| | Albedo | 0.20 | | | |
| Datos climatológicos : | Las Mesas, Estado de Mexico, Sintesis datos por hora | | | | |
| Variante de simulación : | Nueva variante de simulación | | | | |
| | Fecha de simulación | 18/08/16 09h59 | | | |
| Parámetros de la simulación | | | | | |
| Orientación Plano Receptor | Inclinación | 20° | Acimut | 0° | |
| Características generador FV | | | | | |
| Módulo FV | Si-poly | Modelo | SMX-250 | | |
| | | Fabricante | Sustentamexico | | |
| Número de módulos FV | | En serie | 4 - 3 módulos | En paralelo | 2 cadenas |
| N° total de módulos FV | | N° módulos | 7 | Pnom unitaria | 250 Wp |
| Potencia global generador | | Nominal (STC) | 1500 Wp | En cond. funciona. | 1351 Wp (50°C) |
| Caract. funcionamiento del generador (50°C) | | V mpp | 85 V | I mpp | 16 A |
| Superficie total | | Superficie módulos | 9.8 m² | | |
| Factores de pérdida Generador FV | | | | | |
| Factor de pérdidas térmicas | Uc (const) | 20.0 W/m²K | Uv (viento) | 0.0 W/m²K / m/s | |
| => Temp. Opera. Nom. Cél. (G=800 W/m², Tamb=20° C, Viento=1m/s) | | | TONC | 56 °C | |
| Pérdida Óhmica en el Cableado | Res. global generador | 88 mOhm | Fracción de Pérdidas | 1.5 % en STC | |
| Pérdida Calidad Módulo | | | Fracción de Pérdidas | 1.5 % | |
| Pérdidas Mismatch Módulos | | | Fracción de Pérdidas | 2.0 % en MPP | |
| Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE | IAM = | 1 - bo (1/cos i - 1) | Parámetro bo | 0.05 | |
| Parámetro del Sistema | Tipo de sistema | Sistema Aislado | | | |
| Batería | Modelo | OPZs-50P-570 | | | |
| | Fabricante | Cale Solar | | | |
| Características del banco de baterías | Tensión | 48 V | Capacidad Nominal | 1000 Ah | |
| | N° de unidades | 4 en serie x 4 en paralelo | | | |
| | Temperatura | Fijo (20°C) | | | |
| Regulador | Modelo | FLEXmax 60 - 48V | | | |
| | Fabricante | Outback | | | |
| | Tecnología | MPPT converter | | | |
| Convertidor | Eficiencias Máx. y EURO | 98.1/96.8 % | | Coef. temp. | -5.0 mV/°C/elem. |
| Umbral de Regulación Baterías | Carga | 54.7/52.3 V | | Descarga | 47.0/50.4 V |
| | Comando de Generador Auxiliar | 47.3/51.6 V | | | |
| Necesidades de los usuarios | Cons. domésticos diarios media | Constante durante el año 8.0 kWh/Día | | | |

Fig6.10 paramentros de simulación sistema aislado

Sistema Aislado: Necesidades detalladas del usuario

Proyecto : Purificadora de Agua

Variante de simulación : Nueva variante de simulación

| | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|-------------------|----------------------|
| Parámetros principales del sistema | Tipo de sistema | Aislado | | |
| Orientación Campos FV | inclinación | 20° | acimut | 0° |
| Generador FV | N° de módulos | 6 | Pnom total | 1500 Wp |
| Batería | Modelo | OPZs-50P-570 | Tecnología | errada, placas |
| banco de baterías | N° de unidades | 16 | Tensión/Capacidad | 48 V / 400 Ah |
| Necesidades de los usuarios | Cons. domésticos diarios | Constante durante el año | global | 2920 kWh/año |

Cons. domésticos diarios, Constante durante el año, media = 8.0 kWh/día

Valores anuales

| | Número | Potencia | Utilización | Energía |
|----------------------|--------|--------------|-------------|--------------|
| Otras utilizaciones | 1 | 2700 W total | 7 h/día | 18900 Wh/día |
| Energía total diaria | | | | 18900 Wh/día |

fig 6.10.1 simulación de sistema aislado (necesidades)

Sistema Aislado: Resultados principales

Proyecto : Purificadora de Agua

Variante de simulación : Nueva variante de simulación

| | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|-------------------|----------------------|
| Parámetros principales del sistema | Tipo de sistema | Aislado | | |
| Orientación Campos FV | inclinación | 20° | acimut | 0° |
| Generador FV | N° de módulos | 6 | Pnom total | 1500 Wp |
| Batería | Modelo | OPZS-50P-570 | Tecnología | errada, placas |
| banco de baterías | N° de unidades | 16 | Tensión/Capacidad | 48 V / 400 Ah |
| Necesidades de los usuarios | Cons. domésticos diarios | Constante durante el año | global | 2920 kWh/año |

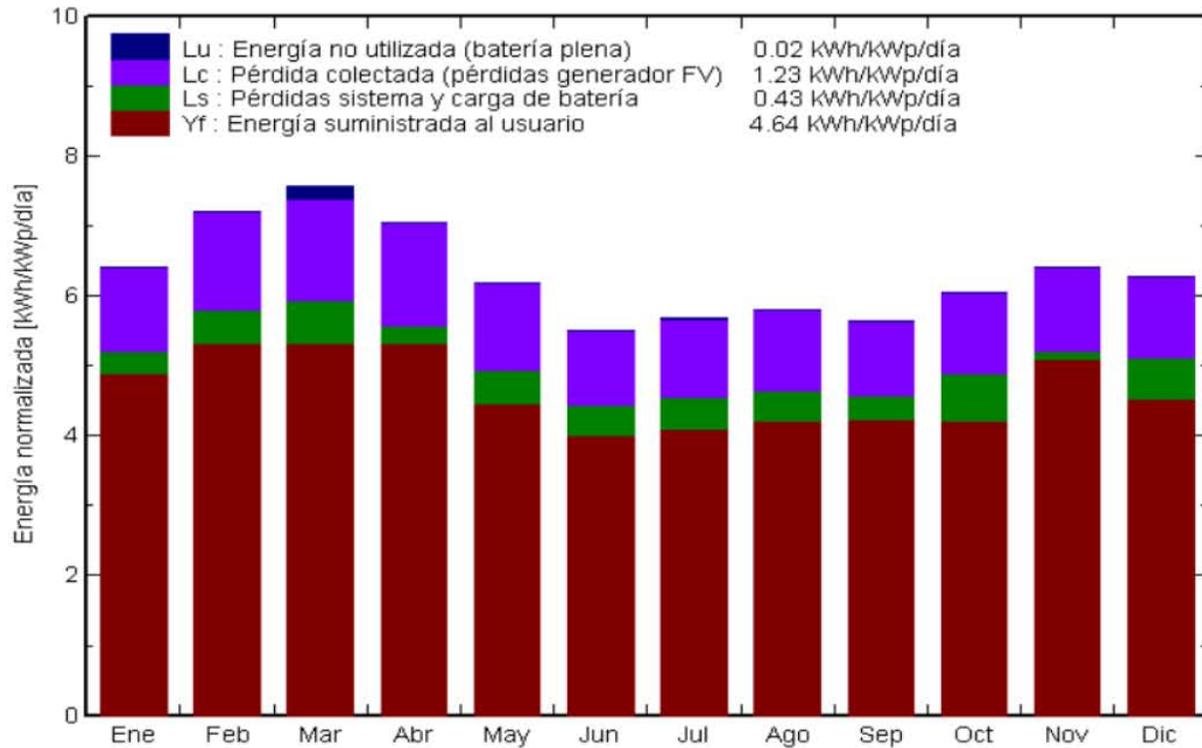
Resultados principales de la simulación

| | | | | |
|------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------|------------------|
| Producción del Sistema | Energía disponible | 2662 kWh/año | Produc. específico | 1774 kWh/kWp/año |
| | Energía utilizada | 2542 kWh/año | Exced. (inutilizado) | 10 kWh/año |
| | Factor de rendimiento (PR) | 73.5 % | Fracción solar SF | 87.1 % |
| Pérdida de carga | Fracción de tiempo | 12.8 % | Energía faltante | 378 kWh/año |

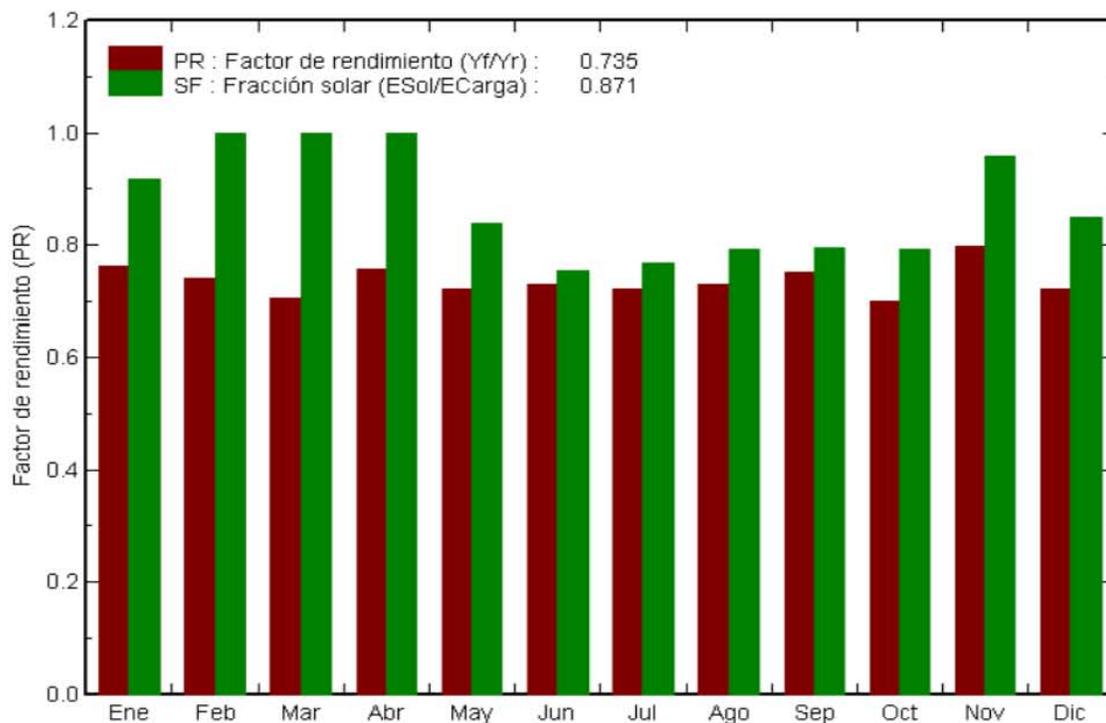
fig 6.10.2: resultados principales de la simulación

en las siguientes graficas se muestra las producciones de potencia a lo largo del año y el rendimiento solar para el sistema

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 1500 Wp



Factor de rendimiento (PR) y Fracción solar SF



Balances y resultados principales

| | GlobHor kWh/m ² | GlobEff kWh/m ² | E Avail kWh | EUnused kWh | E Miss kWh | E User kWh | E Load kWh | SolFrac |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| Enero | 160.3 | 193.5 | 232.9 | 0.052 | 20.83 | 227.2 | 248.0 | 0.916 |
| Febrero | 173.0 | 196.8 | 234.4 | 0.085 | 0.00 | 224.0 | 224.0 | 1.000 |
| Marzo | 219.5 | 228.1 | 273.5 | 8.523 | 0.00 | 248.0 | 248.0 | 1.000 |
| Abril | 216.9 | 205.6 | 241.0 | 0.164 | 0.00 | 240.0 | 240.0 | 1.000 |
| Mayo | 209.9 | 186.0 | 218.8 | 0.141 | 40.10 | 207.9 | 248.0 | 0.838 |
| Junio | 185.4 | 159.6 | 188.6 | 0.149 | 59.32 | 180.7 | 240.0 | 0.753 |
| Julio | 194.7 | 170.1 | 200.6 | 0.215 | 57.45 | 190.6 | 248.0 | 0.768 |
| Agosto | 188.8 | 174.2 | 204.8 | 0.121 | 51.61 | 196.4 | 248.0 | 0.792 |
| Septiembre | 166.8 | 164.7 | 196.0 | 0.086 | 49.26 | 190.7 | 240.0 | 0.795 |
| Octubre | 168.6 | 182.4 | 218.0 | 0.000 | 51.75 | 196.2 | 248.0 | 0.791 |
| Noviembre | 158.1 | 187.2 | 225.0 | 0.033 | 10.31 | 229.7 | 240.0 | 0.957 |
| Diciembre | 151.6 | 189.2 | 228.1 | 0.058 | 37.40 | 210.6 | 248.0 | 0.849 |
| Año | 2193.6 | 2237.5 | 2661.7 | 9.627 | 378.05 | 2542.0 | 2920.0 | 0.871 |

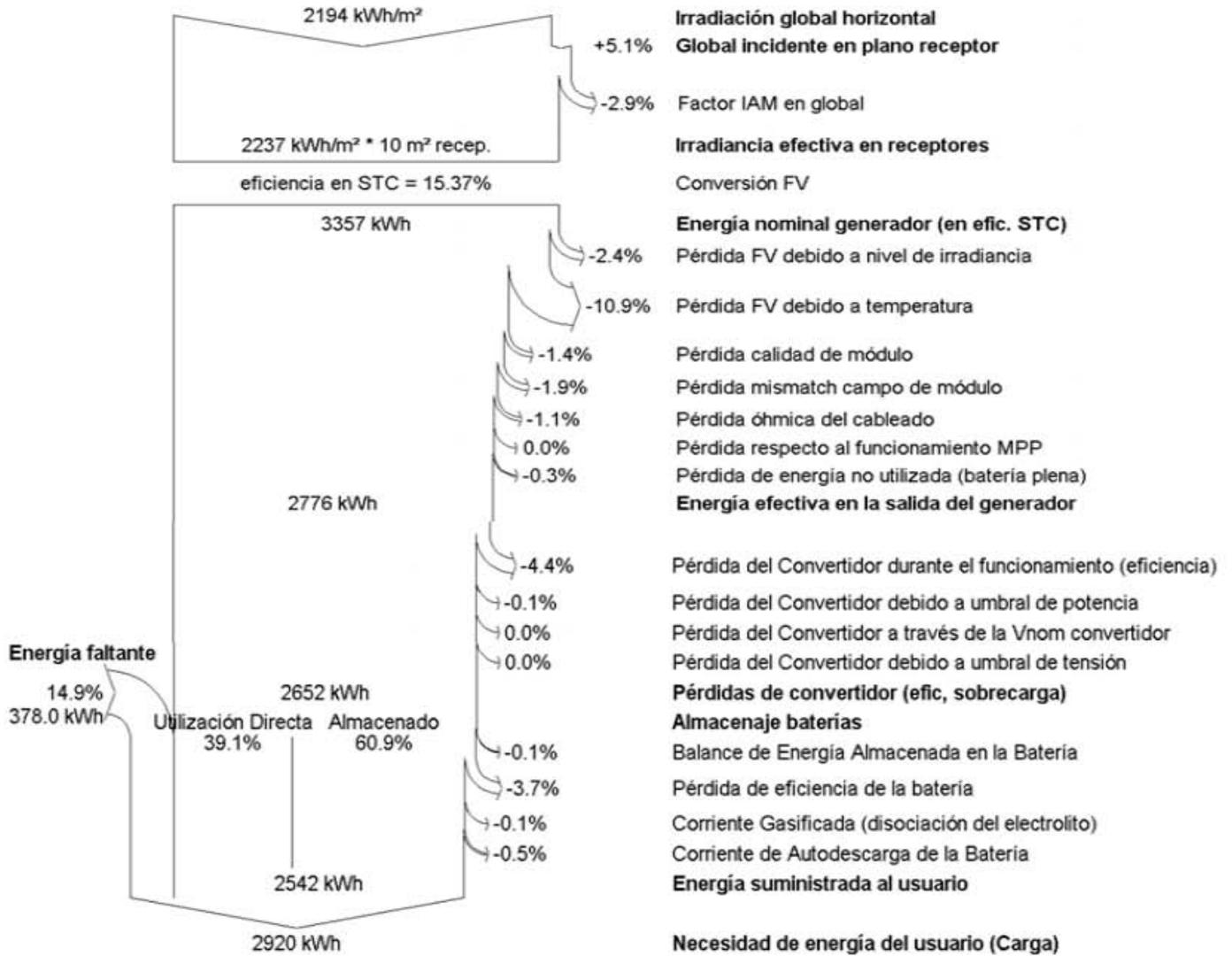
Fig. 6.10.3 balances de energía solar durante el año

Dónde:

- Globhor: irradiación global horizontal
- GlobEff: irradiación global en el plano receptor
- E Avail: energía aprovechable
- E Unused: energía no aprovechable
- E miss: energía perdida
- E user: energía utilizada
- E Load: energías de carga
- SolFrac: eficiencia de irradiancia

El siguiente diagrama representa las pérdidas y los motivos que las ocasionan

Diagrama de pérdida durante todo el año



6.11.- Sistema modelo de purificador de agua que se va a energizar en las comunidades rurales

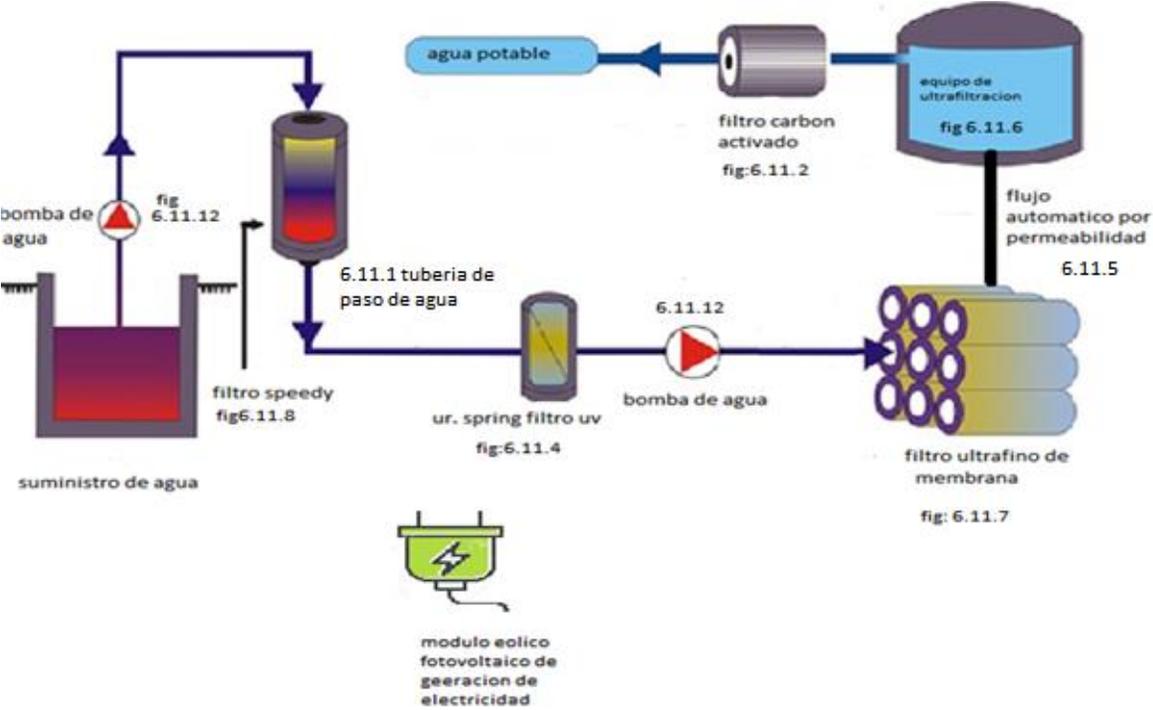


Fig. 6.11 diagrama purificador

Para poder llevar a cabo este estudio y poder suministrar agua a las personas de esta comunidad encontramos que la mejor opción es este sistema de la empresa de rema solutions que es el más adecuado para que nosotros podamos energizar y así poderle brindar agua potable a los habitantes de esta comunidad a continuación se presentan las fotos el sistema propuesto



fig (6.11.1) tubería de paso de agua



fig(6.11.2) filtro de carbón activado



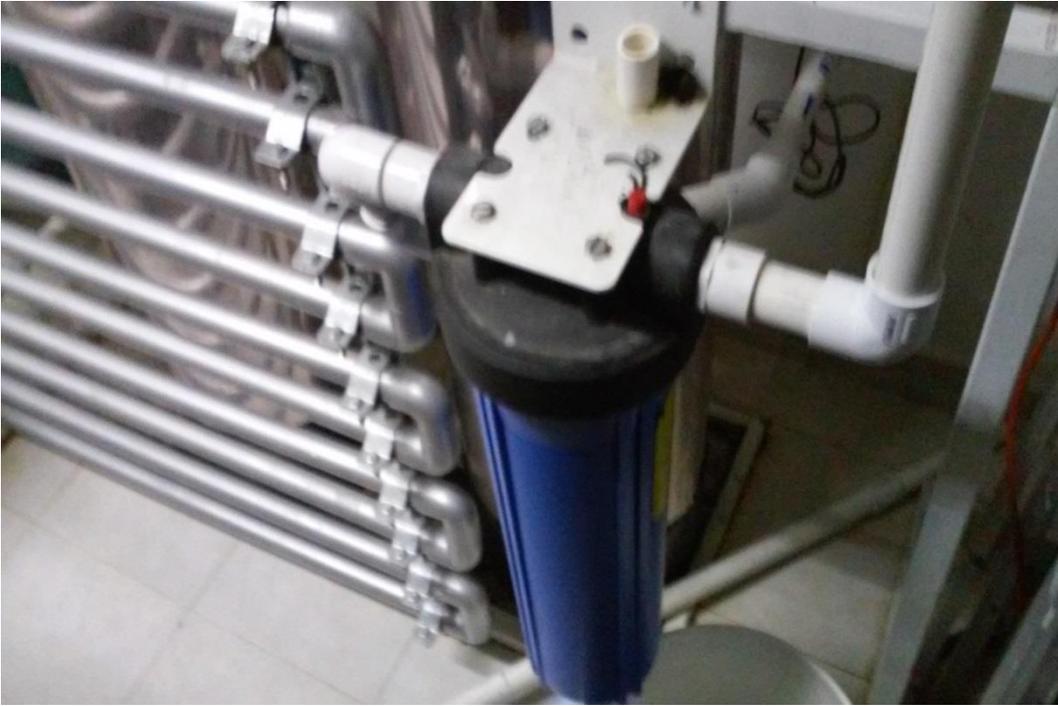
fig(6.11.4) ur. Spring; pretratamiento de UV (mantiene el E-coli fuera del agua)



fig (6.11.5) flujo automático por permeabilidad



fig(6.11.6)equipo de ultrafiltración para la eliminación completa de virus y bacterias



fig(6.11.7) filtro ultrafino de membrana elimina agentes patógenos , partículas de suciedad, oxido y quita la turbidez por completo



fig(6.11.8) filtro speedy para la eliminacion de solido



fig (6.11.12) bombas centrifugas

7.- PROYECTO 2 DE SISTEMA PORTABLE HIBRIDO AUTONOMO PARA DESASTRES NATURALES

En nuestro país se sufren diferentes tipos de desastres naturales cada año, como los son inundaciones, huracanes, terremotos, ciclones, etc. Y desgraciadamente seguimos sin estar lo suficientemente preparados para poder enfrentar este tipo de situaciones ya que siempre hay muchos damnificados que son afectados inclusive pasado el desastre natural , ya que en muchas ocasiones hay más muertos por las consecuencias posteriores que inclusive durante el altercado, pues mueren por enfermedades provocada por la falta de suministros básicos salubres como lo son el agua, los alimentos y las condiciones de insalubridad que se viven después de una de estas tragedias.

Es por eso que para este trabajo de investigación me puse en contacto con varias empresas y asociaciones que trabajan juntos para tratar de solucionar esta problemática

Como sabemos cuándo un desastre natural ocurre dependiendo de la gravedad se cortan los servicios públicos como son la red de suministro de agua, la electricidad, las vías de comunicación muchas veces quedan afectadas, teniendo dificultades para entrar y salir del lugar, sin mencionar que las zonas que normalmente son las más perjudicadas son las pequeñas comunidades rurales, ya que la ayuda siempre llega primero a las grandes ciudades dejando olvidadas a las comunidades más pobres en donde tardan semanas o en algunos casos incluso meses en restaurarlas.

Con la ayuda de la fundación “water4happiness” y la empresa de rema wáter, que trabajan arduamente para resolver estas problemáticas, es posible poder aportar un poco del conocimiento aprendido durante todos los años de estudio, ya que ellos desarrollaron un sistema prácticamente portátil para ayudar a purificar agua para consumo, lavar los alimentos y cumplir con las necesidades básicas de suministro de agua limpia, pues sabemos que en la mayoría de los casos el problema no es falta de agua sino al contrario, el tema es que el agua que hay no es apta para el consumo humano.

Ellos idearon un dispositivo al que le llaman “ carrito de los desastres” que consiste en tomar agua de donde sea como ríos, lagos inclusive de la calle en el caso de inundaciones y purificarla para que las personas puedan abastecerse, cumpliendo con esta necesidad y pudiendo evitar muchas enfermedades.

Es aquí donde esta propuesta de tesis se lleva a cabo para proponer una solución real para un problema real.

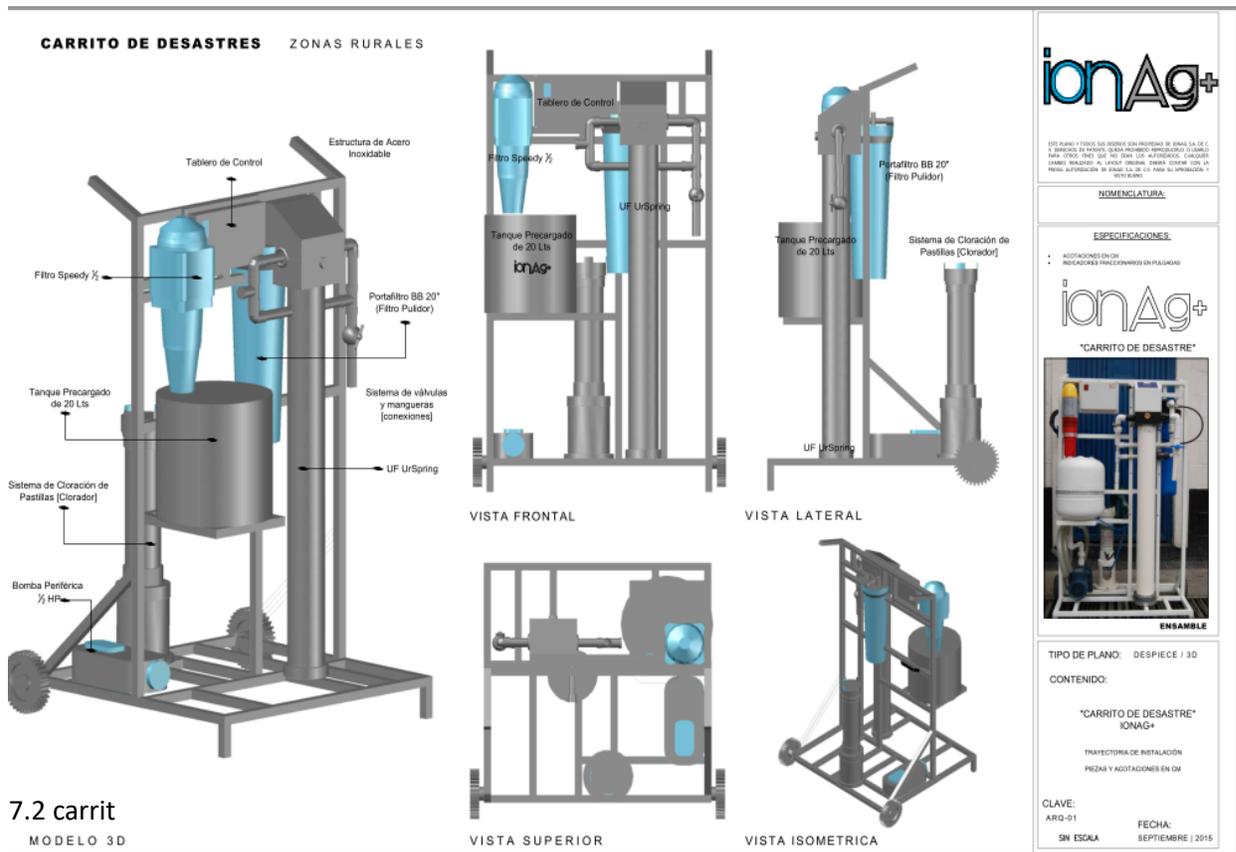
Uno de los principales problemas que tiene este “carrito de desastres” para poder funcionar es que en los casos de desastres naturales normalmente tampoco se tiene suministro eléctrico de donde se puedan conectar.

Y la solución temporal que ahora se tiene es un generador a diésel o gasolina pero también llega el punto en el que se vuelve impráctico ya que el generador a diésel es demasiado pesado, difícil de transportar y sobre todo algunas veces no es fácil poder conseguir el combustible para poder hacerlo funcionar pues las vías de acceso como carreteras y demás muchas veces quedan devastadas o no hay suministro de gasolina o diésel cerca de la zona que necesita de ayuda.

Al conocer cuáles eran las principales problemáticas de este dispositivo y la información proporcionada por el asesor de proyectos en rema wáter fue posible proponerles una solución a esos inconvenientes por medio de un proyecto de ingeniería que adapta un medio sustentable y aislado a la red eléctrica, suministrando la energía necesaria por medio de un sistema híbrido solar y eólico. Son necesarios los 2 sistemas pues no podemos conocer las situaciones ambientales de los lugares donde se utiliza como lo es la velocidad del viento y las condiciones solares ya que hay la posibilidad de que este nublado reduciendo la eficiencia para utilizar un solo dispositivo de energía renovable.

Y con estos dos dispositivos trabajando juntos podemos incrementar en gran medida la eficiencia de trabajo, aumentando las posibilidades de un funcionamiento adecuado y que su uso y empleo sea una situación real y redituable.

7.1.- Modelo de carrito de desastres en auocad (fig 7) diagrama de diseño de carrito de desastres



7.2.- carrito de desastres



Fig(7.1) bomba centrifuga

Bomba utilizada en el carrito de desastres para bombear el agua y pasarla por todos los procesos necesarios para la purificación del agua



Fig(7.1.2) transformador

Conector para el tablero de control



Fig(7.1.3)

Vista frontal del carrito de desastres



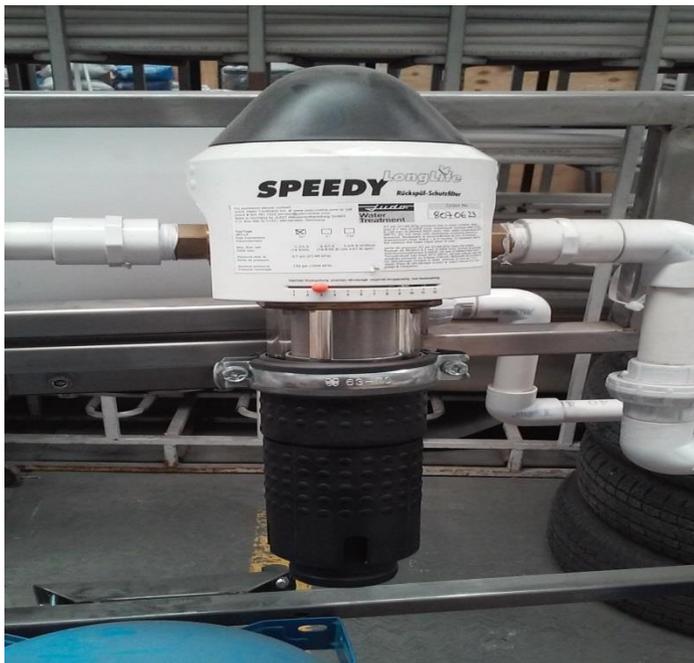
Fig(7.1.4)

Vista de la bomba interconectada con el carrito



fig(7.1.5)

Vista lateral de carrito de desastres



Fig(7.1.6)

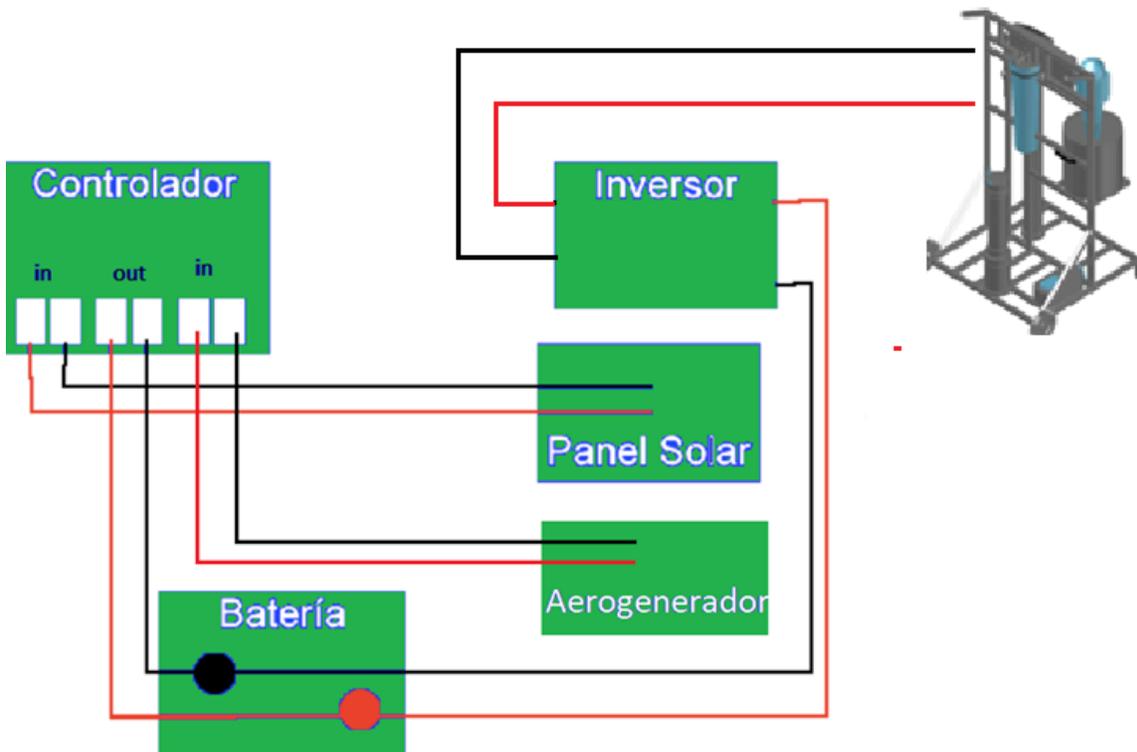
Filtro Speedy ½ eliminación de impurezas



Fig(7.1.7)

Tablero de control

7.3.- Diagrama de conexión



Para el equipo portátil de energización podría montarse de igual manera sobre un diablito o adaptarse directamente sobre el carrito de desastres y ocuparía un generador de mini eólica de 200v, un panel solar de 250v un inversor, un controlador y una batería y la idea es que sea autosustentable para situaciones de difícil acceso.

El aerogenerador y el panel solar se ajustan directamente a la altura e inclinación necesarias para la optimización de la generación eléctrica teniendo en cuenta la medida aproximado del soporte del aerogenerador es de 2 metros con opción de hacerse más alto y el panel solar tiene una dimensión de 11.62 x 7.01 x 16.75in



Fig. 7.3: fuente de generación eléctrica portátil para carrito de desastres

7.4.-Costos y equipo energético

En esta parte de la investigación como no se necesita tanto suministro energético para que pueda funcionar este carrito de desastres encontramos una empresa que se dedica a distribuir equipo de energías renovables pequeños con aplicaciones principalmente de respaldo energético y usos domésticos que es lo que nosotros necesitamos para este sistema, equipos que sean en lo que cabe de bajo costo, ligeros, fáciles de transportar y sobre todo de una sencilla instalación y o portátiles ya que solo requerimos una potencia de salida de 375watts.

7.5.-Aerogenerador

Modelo: primus windpower silentwind 12V

Volts: 12VDC

Watts: 420W

Velocidad de arranque: 5mph

Velocidad de frenado: 14mph

Peso y tamaño: 30.8 x 16 x 8.3in – 15lb

Costo: \$1649 us

Características:

- 5 años de garantía con mas de 150000 unidades vendidas
- Torre de alto control: controles integrados dentro de la turbina , regulador de batería y voltaje
- Fácil instalación: el generador se conecta directo al banco de baterías
- Operación silenciosa
- Certificado por CSA



fig(7.5) aerogenerador

7.6.- Panel solar

- Modelo: astronergy ASM6612P-315 silver poly solar panel
- Watts: 315W
- Ampers: 8.8Amp
- Volts: 35.83VCD
- Tamaño y peso: 77.01 x 34.13 x 1.97in –51.8lb
- Precio: \$ 300us



fig(7.6) celda fotovoltaica

7.7.- Batería

- Modelo: Crown 6CRV390 390Ah 12V L16 battery
- Voltaje: 12VDC
- Amp/h: 390Ah
- Tipo: AGM
- Garantía: 3 años
- Tamaño y peso: 11.62 x 7.01 x 16.75 in --- 126.7lb
- Costo: \$ 471 us

Características

- Alta calidad de ciclo profundo
- Diseñado para carga y descarga lenta ideal para panel solar y sistema de respaldo



fig (7.7.) batería

7.8.- Inversor

- Modelo: magnum energy MM612AE invertir
- Watts: 600W
- Voltaje de entrada: 12VDC
- Voltaje de salida: 120VAC
- Tipo: onda senoidal completa
- Tamaño y peso: 8.4 x 16.6 x 7.7in ---16lb
- Costo: \$ 479.20 us



Fig(7.8) inversor de corriente

7.9 controlador de carga

- Modelo:SCI110
- Durante el día permite el paso de energía hacia los acumuladores y desconecta cuando llegan al nivel optimo
- Mide el nivel de descargas desconectando la carga cuando el nivel de las baterías es bajo evitando que se dañen
- Una barra LED de colores indica el nivel de voltaje de los acumuladores
- 10amp
- Precio:\$ 80 us



Fig(7.9) controlador de carga

7.10.- Costo del equipo portátil de generación de electricidad para carrito de desastres

| Equipo | Precio \$us |
|----------------------|--------------------|
| aerogenerador | \$ 1649 |
| Panel solar | \$ 300 |
| Inversor | \$ 471 |
| Batería | \$ 479 |
| Controlador de carga | \$ 80 |
| total | \$ 2979 |

Tabla 7.10Tabla de costos

Conclusiones

La conclusión para el trabajo de tesis realizado de “ potabilización de agua por medio de un sistema hibrido eólico- fotovoltaico, para comunidades rurales y desastres naturales” de acuerdo a los objetivos planteados en este estudio es que si se puede resolver el problema de la falta de agua potable en comunidades de pobreza y en situaciones de desastres naturales, ya que como se ha mencionado en el trabajo previo, en estos tipos de situaciones el problema no es como tal la falta de recurso hídrico, sino que las condiciones del agua no son aptas para el consumo humano, y el apoyo por parte del gobierno o de las asociaciones están muy lejos de poder solucionar el problema en los lugares donde hace falta, ya que las condiciones en las que vivimos cada vez el problema es mayor.

En este estudio se encontró la manera de potabilizar agua pero en la gran mayoría de ellos se requiere de un recurso eléctrico para poder llevar a cabo este proceso, y en las situaciones planteadas también el suministro eléctrico es muy limitado por eso se ideó un sistema eólico-fotovoltaico para poder alimentar una planta de purificación de agua en primera necesidad, ya que en el caso de utilizar solo una técnica sería muy ineficiente para poder abastecer las necesidades básicas de las personas que carecen de este recurso.

Pero utilizando un sistema hibrido complementario podemos suministrar la energía necesaria para poder completar este proceso de potabilización satisfactoriamente ya que cuando no tenemos la suficiente energía solar para suministrar al sistema por medio de las celdas solares tenemos recurso eólico para que se interconecte y suministre la energía eléctrica y viceversa.

Además de que se hizo un estudio y sí se puede abastecer las necesidades básicas de las personas pues no se necesita tener la planta de potabilización trabajando todo el día dado que este es solo una solución para cubrir una necesidad básica y no es una idea para hacer negocio o comercializar el agua.

Pudiendo concluir que este proyecto es sustentable para cubrir las necesidades en este caso en específico para una población pequeña.

Para poder emplear este sistema en distintos tipos de sectores se debe de realizar una pequeña investigación de las condiciones del lugar donde se pretende emplear para ver cuáles son los valores promedio de, algunas características como la velocidad y la constancia del viento y también la intensidad y el tiempo que tenemos el sol en una determinada zona.

Para nuestro caso en específico de Las Mesas estado de México pudimos suministrar sin problemas las necesidades energéticas para poder cubrir las necesidades básicas por día del agua de los habitantes de esta comunidad.

En el tema de la rentabilidad económica , resulta una de las opción es más prácticas y viables , ya que es solo para resolver una necesidad en una población o en una situación en particular y no es un proyecto con fines lucrativos. Solamente se necesita una inversión inicial para comprar el equipo tanto de generación de electricidad como de potabilización,

que puede ser por medio de programas de apoyo gubernamental o de asociaciones sin fines de lucro que se dedican a cambiar la vida de las personas ayudándolas a tener lo más elemental en la vida que es el agua potable.

Y respecto a la operación de la planta purificadora ya instalada , solo se le brindaría una ligera capacitación a algunos miembros de la comunidad para poderla operar por unas horas al día que son las necesarias para poder abastecerse de agua. En cuanto al mantenimiento del mismo, lo ideal sería que la organización o el gobierno que emplee el sistema manden a un personal capacitado periódicamente para llevarlo a cabo y de igual manera en el caso de alguna falla.

Este es otro beneficio de este proyecto que no requiere una complicada operación ni altos costos de mantenimiento y reparaciones. Limitándonos prácticamente a solo una inversión inicial y poco dinero en mantenimiento.

Por lo cual podemos concluir que este sistema híbrido eólico- fotovoltaico para comunidades rurales y desastres naturales es ideal tanto en funcionalidad y sustentable económicamente para poder cubrir las más altas necesidades de recurso hídrico a la gente que más lo necesita.

Bibliografía

- Guía del instalador de energías renovables; Tomas Perales Benito ; limusa
- Tendencias de las tecnologías energéticas; Douglas M. Cansidine; marcambo
- La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones domesticas sanitarias; Julian Soto Fuentes; IPN
- Alternativas energéticas; Antonio Alonso Conchero; fondo de cultura económica
- Energéticos y desarrollo tecnológico; Manuel Polo Encinas; Limusa
- El reto energético; Valerano Ruiz; almuzara
- Conversión de energía electromecánica; Vembu Gourishanker; alfaomega
- Manual de energía eólica; J.M. Escudero Lopez; mundi prensa
- Ingeniería de la energía eólica; Miguel Villarrubia Lopez; alfaomega
- Energía renovable; Jennifer Carless; Edamex
- Maquinas eléctricas y transformadores; Irving L. kosow; Prentice hall
- Claudia Alcántara. El financiero. México: en prensa , 09/09/2014, sección empresas
- Comisión federal de electricidad. Tarifas generales de baja tensión , tarifa 2 México, cfe 2015
- Gilberto Enriquez Harper. Instalaciones y sistemas fotovoltaicos. México : limusa 2014
- Gonzales Velasco Jaime . Energías renovables. España: reverté, 2009
- Juan Carlos cortes Gonzales, Luis Fernando Escobar Flores, Sergio Adrián Gutierrez. Implementación de una planta purificadora, envasadora y distribuidora de agua potable , tesis grado ingeniería Mexico IPN , 2009
- Julián Soto la dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domesticas sanitarias . ingeniería investigación y tecnología . Mexico IPN 2009
- Leander W. Matsch. Maquinas electromagnéticas y electromecánicas alfaomega
- Ley del aprovechamiento sustentable de la energía. Diario oficial de la federación México: 28/11/2008
- Miguel Ángel Sánchez Maza. energía solar fotovoltaica. España Limusa 2012
- Norma oficial Mexicana. NOM-041-SSA1-1993. Bienes y servicios agua purificada envasada
- Norma oficial Mexicana. NOM-120-SSA1-1994. Bienes y servicios prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas
- Norma oficial Mexicana. NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización

- Norma oficial Mexicana. NOM-179-SSA1-1998. Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano, distribuida por sistemas de abastecimiento publico
- Norma oficial Mexicana. NOM-180-SSA1-1998. Salud ambiental agua para uso y consumo humano. Equipos de tratamientos de tipo domésticos. Requisitos sanitarios
- Norma oficial Mexicana. NOM-181-SSA1-1998.salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. requisitos sanitarios que deben cumplir las sustancias germicidas para tratamiento de agua, de tipo domestico.
- Samuel Immanuel brugger Jakob, Ma. Elena Nancy Davila Moreno, Manuel Francisco Llamas. Problemática institucional de las energías renovables en México. UNAM 2011
- Secretaria de energía, programa especial para el aprovechamiento de energías renovables
- Clemente Cruz Atenogenes, potabilización de agua aprovechando la energía eléctrica generada con bicicletas estáticas, tesis ingeniería eléctricas 2015 UNAM
- CFE comisión federal de electricidad
Pagina web:
<http://www.cfe.gob.mx/QuienesSomos/estadisticas/listadocentralesgeneratoras/Paginas/Ecoelectricas.aspx>
<http://app.cfe.gob.mx/Aplocaciones/CDFE/Tarifas/Tarifas/Tarifas.asp?>
- Reporte 2012del concilio global de energía eólica(GWEC Global Wind Engeneering council)
- Energías renovables conceptos aplicaciones. Santiago J. Sánchez Miño. WWF-Fundación natura , Quito 2003
- Energia solar fotovoltaica, Rafael Martin Lamaison Urioste. Universidad politécnica de Cataluña
- <http://www.water4happiness.org/>
- <http://www.rema.com.mx/osmosis-inversa/>
- <http://www.enair.es/es/aerogeneradores/E30PRO>