



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

REPORTE FINAL DE ACTIVIDADES CORRESPONDIENTES A LA RESIDENCIA PROFESIONAL

Que presentan los Alumnos:

Alcázar Montoya Antonio
Soto Mandujano Carlos

Proyecto desarrollado:

**IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO POR
MEDIO DE AEROGENERADORES**

Asesores de Residencia:

M.C. Rafael Sánchez Maldonado

L.F.M. Lester Acosta Masa

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Enero de 2011.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	Pág.	5
1.1 ANTECEDENTES	Pág.	6
2. JUSTIFICACIÓN	Pág.	6
3. OBJETIVOS	Pág.	6
4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE PARTICIPÓ	Pág.	7
5. PROBLEMAS A RESOLVER	Pág.	7
6. ALCANCES Y LIMITACIONES	Pág.	8
7. FUNDAMENTO TEÓRICO	Pág.	9
7.1 GENERADORES	Pág.	9
7.2 LOS AEROGENERADORES	Pág.	10
7.2.1 AEROGENERADORES DE EJE HORIZONTAL	Pág.	11
7.2.1.1 PARTES PRINCIPALES DE UN AEROGENERADOR	Pág.	11
7.2.2 CONTROL DE POTENCIA	Pág.	13
7.3 BANCO DE BATERÍAS	Pág.	14
7.4 INVERSOR	Pág.	15
7.5 ALMACENAMIENTO DE LA ENERGÍA	Pág.	15
7.6 PROCEDIMIENTOS DE INSTALACIÓN DE AEROGENERADORES	Pág.	16

7.6.1 MEDIDAS DE SEGURIDAD	Pág.	16
7.6.1.1 SUGERENCIAS PARA LA INSTALACIÓN DE LOS JPS-200	Pág.	16
7.6.2 ESPECIFICACIONES GENERALES DEL MODULO JPS-200	Pág.	17
7.6.3 JPS -200 CURVA DE PODER	Pág.	18
7.6.4 CONFIGURACIÓN	Pág.	18
7.6.4.1 COMPOSICIÓN DE UN AEROGENERADOR JPS-200	Pág.	18
7.6.4.1.1 ASPA DE MONTAJE	Pág.	19
7.6.4.1.2 GENERADOR	Pág.	19
7.6.4.1.3 ANILLO DE GIRO	Pág.	19
7.6.4.1.4 UNIDAD DE CONTROL DE PODER	Pág.	19
7.6.5 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	Pág.	20
7.6.5.1 DESIGNACIÓN DEL ÁREA DE LOS AEROGENERADORES	Pág.	20
7.6.5.2 DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE LA TORRE	Pág.	21
7.6.5.3 ESTIMACIÓN DEL VIENTO A DIFERENTES ALTURAS	Pág.	21
8. PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	Pág.	23
8.1 ADQUISICIÓN DE ELEMENTOS Y EQUIPOS A UTILIZAR	Pág.	23
8.2 VERIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS AEROGENERADORE	Pág.	23
8.3 ESTUDIO ESTADÍSTICO DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO	Pág.	23
8.4 UBICACIÓN IDEAL Y MONTAJE DE LOS AEROGENERADORES	Pág.	24
8.4.1 CONEXIONES DE LOS DISPOSITIVOS	Pág.	24
8.5 IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA	Pág.	24

8.5.1 PRUEBAS DEL EQUIPO EN LAS DIFERENTES ETAPAS	Pág.	24
8.6 INSTALACIÓN DE LOS AEROGENERADORE	Pág.	25
8.6.1 VERTICALIDAD DE LA TORRE	Pág.	25
8.6.2LA EFICACIA DEL VIENTO QUE SOPLA HACIA EL SISTEMA	Pág.	26
8.6.2.1 SISTEMA SIMPLE	Pág.	26
8.6.2.2 SISTEMA DOBLE	Pág.	26
8.6.2.3 SISTEMA MULTIPLE	Pág.	26
8.7 INSTALACION DE LOS SISTEMAS	Pág.	27
8.7.1 INSTALACION DE UN SISTEMA SIMPLE	Pág.	27
8.7.2 INSTALACION DE UN SISTEMA DOBLE	Pág.	27
8.7.3 INSTALACION DE UN SISTEMA MULTIPLE	Pág.	28
9 RESULTADOS PLANOS Y GRAFICAS	Pág.	29
10 CONCLUSIONES	Pág.	38
11 ANEXOS	Pág.	39
12 FUENTES DE INFORMACIÓN	Pág.	42

1.- INTRODUCCIÓN

En esta era moderna, en la que la tecnología avanza a pasos agigantados, y la vida de las personas depende cada vez más de los aparatos electrónicos, la búsqueda de nuevas formas de generar energía eléctrica renovable que sea limpia, ecológica y rentable se ha incrementado en gran medida. En los últimos años han tenido un mayor desarrollo dos tipos de energía renovable, (2 principalmente), que por encontrarse directamente en el medio ambiente representan una forma práctica y eficiente de generar energía eléctrica, estas son la energía Solar y la energía Eólica, siendo éste último el tipo de energía que se utilizará para desarrollar este proyecto.

El Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología (MUCH), se preocupa por estar a la vanguardia en los avances relacionados con tecnologías sustentables, y nuevas fuentes de energía limpia, comprometida siempre con el cuidado del medio ambiente. Tomando en cuenta estos aspectos se dio inicio a este proyecto de energía renovable, que a largo plazo busca lograr que el museo sea autosuficiente, energéticamente hablando. En esta primera etapa, se plantea suministrar energía eléctrica a las salas por medio de Aerogeneradores (Dispositivos electromecánicos que generan energía eléctrica a partir del viento), reduciendo así el consumo de energía de C.F.E. en el museo, significando un gasto menos en cuestiones de administración.

Información general de la institución o empresa donde se realizó el proyecto.

El Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología se encuentra ubicado en la Calzada a Cerro Hueco #300, Colonia Cerro Hueco, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Esta institución pertenece al COCYTECH, y es una institución en la cual se promueven los avances tecnológicos y científicos, así mismo se trata de inculcar en los más pequeños el gusto por experimentar y descubrir cosas nuevas. El museo cuenta con tres diferentes salas, en las cuales se exhibe una extensa variedad de avances tecnológicos y científicos, en diferentes ramas y con diversas aplicaciones. En cada sala se plantean distintas formas divertidas e interactivas de despertar en los visitantes su interés por la ciencia y la innovación.

Este proyecto tiene como asesores al LFM. Lester Acosta Masa y M.C. Rafael Sánchez Maldonado, por parte del ITTG, y al Ing. Sergio Náfate Martínez, por parte del MUCH.

1.1 Antecedentes.

El Museo Chiapas de Ciencia y Tecnología ha tenido en mente desde hace algún tiempo la intención de reducir su consumo en gastos de energía de energía, es por eso que en el año 2009, se realizaron estudios para determinar la cantidad de energía que se utiliza en cada sala, así como también opciones para reducir el gasto excesivo de electricidad, entre los cuales incluía cambiar el sistema de iluminación.

2.-JUSTIFICACIÓN

La importancia de este proyecto radica en dos puntos principales.

Por un lado tenemos la implementación de nuevas tecnologías de energía renovable, en este caso utilizando la energía eólica, debido a que la ubicación del MUCH es idónea y este tipo de energía se puede utilizar de una manera más eficiente.

Por otro lado la instalación de este equipo plantea un ahorro económico considerable para la empresa, aunado a esto tenemos la promoción de energías renovables, que enseñará a los visitantes la funcionalidad de estos equipos creando una conciencia de cuidado del medio ambiente, el cual supone un impacto ambiental positivo a largo plazo.

3.- OBJETIVOS

- Implementar un sistema de energía alternativa que sea completamente viable.
- Desarrollar conocimientos sobre tecnologías sustentables.
- Lograr que las salas del MUCH sean energéticamente independientes.
- Promover el uso de energías alternativas entre los visitantes.

4.-CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE PARTICIPÓ

El área en la que estuvimos involucrados fue “MANTENIMIENTO”, las labores de esta área son ver que todos los dispositivos dentro de las salas funcionen correctamente, hacer un mantenimiento preventivo y correctivo según sea el caso en todas las salas.

Dentro del área de mantenimiento tuvimos la responsabilidad de ver todos los detalles que fueran con respecto a las aerogeneradores, desde saber en qué lugar iban a ser ubicados, la altura necesarias para que funcionaran, hasta hacer las pruebas correspondientes de todos los dispositivos tanto individuales como acoplados.

5.- PROBLEMAS A RESOLVER

- Encontrar un equipo que cumpla con las características requeridas y sea viable económicamente.
- Determinar los puntos adecuados para la localización de las turbinas, tomando como variable la velocidad del viento.
- Calcular la altura para colocar las turbinas para obtener una velocidad del viento óptima dependiendo de la ubicación de las turbinas previamente determinada.
- Encontrar el diseño estructural más conveniente para sostener las turbinas y resistir las fuerzas que provocará el viento.

6. ALCANCES Y LIMITACIONES

Los alcances a los que pretendemos son cubrir en su mayor parte el consumo de energía eléctrica dentro de las salas del MUCH, esto beneficiaría de gran manera a la administración debido a que es un gran ahorro de recursos económicos que se pueden aprovechar en otras áreas. Uno de los impactos más positivos que pretendemos alcanzar es que no solo se usen los aerogeneradores para cubrir las necesidades energéticas de las salas, si no que posteriormente, si los resultados son satisfactorios implementar otros sistemas de energía renovables para suministrar energía a todo el complejo del COCYTECH.

Una de las limitaciones más marcadas que tenemos son las estaciones del año, ya que estos dispositivos aerogeneradores basan su funcionamiento en la velocidad del viento, y desafortunadamente no todo el año tenemos una velocidad del viento óptima, por lo cual se tiene que almacenar toda la energía posible en los bancos de baterías para minimizar este problema al máximo. Por otra parte tenemos la limitación del presupuesto ya que aunque el ahorro de energía que representa tener estos dispositivos es grande a mediano y largo plazo; la inversión que se tiene que tener en un corto plazo es fuerte.

7.-FUNDAMENTO TEÓRICO

7.1 Generadores

Los generadores eléctricos están dentro de los aerogeneradores y son los que les permiten la generación de energía eléctrica por medio de la energía mecánica.

Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos, terminales o bornes. Los generadores eléctricos son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica.

Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator o entre hierro). Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generará una fuerza electromotriz (F.E.M.). Están basados en la ley de Faraday.

Un generador es una máquina eléctrica que realiza el proceso inverso al de un motor eléctrico, el cual transforma la energía eléctrica en energía mecánica. Aunque la corriente generada es corriente alterna (alternador), puede ser rectificadora para obtener una corriente continua.

En el diagrama adjunto se observa la corriente inducida en un generador simple de una sola fase. La mayoría de los generadores de corriente alterna son de tres fases.

No sólo es posible obtener una corriente eléctrica a partir de energía mecánica de rotación sino que es posible hacerlo con cualquier otro tipo de energía como punto de partida. Desde este punto de vista más amplio, los generadores se clasifican en dos tipos fundamentales:

Primarios: Convierten en energía eléctrica la energía de otra naturaleza que reciben o de la que disponen inicialmente, como alternadores, dinamos, etc.

Secundarios: Entregan una parte de la energía eléctrica que han recibido previamente, es decir, en primer lugar reciben energía de una corriente eléctrica y la almacenan en forma de alguna clase de energía. Posteriormente, transforman nuevamente la energía almacenada en energía eléctrica. Un ejemplo son las pilas o baterías recargables.

7.2 Los Aerogeneradores.

Este tipo de generadores de energía eléctrica pertenecen al grupo de las energías renovables, ya que toma la fuerza del viento y la transforma en energía eléctrica.

Un aerogenerador es un generador eléctrico movido por una turbina accionada por el viento (turbina eólica). Sus precedentes directos son los molinos de viento que se empleaban para la molienda y obtención de harina. En este caso, la energía eólica, en realidad la energía cinética del aire en movimiento, proporciona energía mecánica a un rotor hélice que, a través de un sistema de transmisión mecánico, hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador trifásico, que convierte la energía mecánica rotacional en energía eléctrica.

Existen diferentes tipos de aerogeneradores, dependiendo de su potencia, la disposición de su eje de rotación, el tipo de generador, etc.

Los aerogeneradores pueden trabajar de manera aislada o agrupados en parques eólicos o plantas de generación eólica, distanciados unos de otros, en función del impacto ambiental y de las turbulencias generadas por el movimiento de las palas.

Para aportar energía a la red eléctrica, los aerogeneradores deben estar dotados de un sistema de sincronización para que la frecuencia de la corriente generada se mantenga perfectamente sincronizada con la frecuencia de la red.

Ya en la primera mitad del siglo XX, la generación de energía eléctrica con rotores eólicos fue bastante popular en casas aisladas situadas en zonas rurales.

En Europa se distingue claramente un modelo centro-europeo, donde los aerogeneradores llegan a ubicarse en pequeñas agrupaciones en las cercanías de las ciudades alemanas, danesas, neerlandesas, y un modelo español, donde los aerogeneradores forman agrupaciones (a veces de gran tamaño) en las zonas montañosas donde el viento es frecuente, normalmente alejadas de los núcleos de población.

7.2.1 Aerogeneradores de eje horizontal.

Son aquellos en los que el eje de rotación del equipo se encuentra paralelo al piso. Ésta es la tecnología que se ha impuesto, por su eficiencia y confiabilidad y la capacidad de adaptarse a diferentes potencias.

7.2.1.1 Partes principales de un aerogenerador:

- Rotor: las palas del rotor, construidas principalmente con materiales compuestos, se diseñan para transformar la energía cinética del viento en un momento de torsión en el eje del equipo. Los rotores modernos pueden llegar a tener un diámetro de 42 a 80 metros y producir potencias equivalentes de varios MW. La velocidad de rotación está normalmente limitada por la velocidad de punta de pala, cuyo límite actual se establece por criterios acústicos.
- Caja de engranajes o multiplicadora: puede estar presente o no dependiendo del modelo. Transforman la baja velocidad del eje del rotor en alta velocidad de rotación en el eje del generador eléctrico. Generador: existen diferentes tipos dependiendo del diseño del aerogenerador. Pueden ser síncronos o asíncronos, jaula de ardilla o doblemente alimentados, con excitación o con imanes permanentes.
- La torre: sitúa el generador a una mayor altura, donde los vientos son de mayor intensidad y para permitir el giro de las palas y transmite las cargas del equipo al suelo.
- Sistema de control: se hace cargo del funcionamiento seguro y eficiente del equipo, controla la orientación de la góndola, la posición de las palas, la potencia total entregada por el equipo, y es el encargado de controlar la velocidad de giro de las aspas en caso de vientos muy fuertes.

Todos los aerogeneradores de eje horizontal tienen su eje de rotación principal en la parte superior de la torre, que tiene que orientarse hacia el viento de alguna manera. Los aerogeneradores pequeños se orientan mediante una veleta (como los utilizados en este proyecto), mientras que los más grandes utilizan un sensor de dirección y se orientan por servomotores. Dado que la velocidad de rotación de las aspas es baja, la mayoría hacen uso de una caja de engranes para aumentar la velocidad de rotación del generador eléctrico.

En general, la hélice está emplazada de tal manera que el viento, en su dirección de flujo, la encuentre antes que a la torre (rotor a barlovento). Esto disminuye las cargas adicionales que genera la turbulencia de la torre en el caso en que el rotor se ubique detrás de la misma (rotor a sotavento). Las palas de la hélice se montan a una distancia razonable de la torre y tienen alta rigidez, de tal manera que al rotar y vibrar naturalmente no choquen con la torre en caso de vientos fuertes.

A pesar de la desventaja en el incremento de la turbulencia, se han construido aerogeneradores con hélices localizadas en la parte posterior de la torre, debido a que se orientan en contra del viento de manera natural, sin necesidad de usar un mecanismo de control. Sin embargo, la experiencia ha demostrado la necesidad de un sistema de orientación para la hélice que la ubique delante de la torre. Este tipo de montaje se justifica debido a la gran influencia que tiene la turbulencia en el desgaste de las aspas por fatiga. La mayoría de los aerogeneradores actuales son de este último tipo.

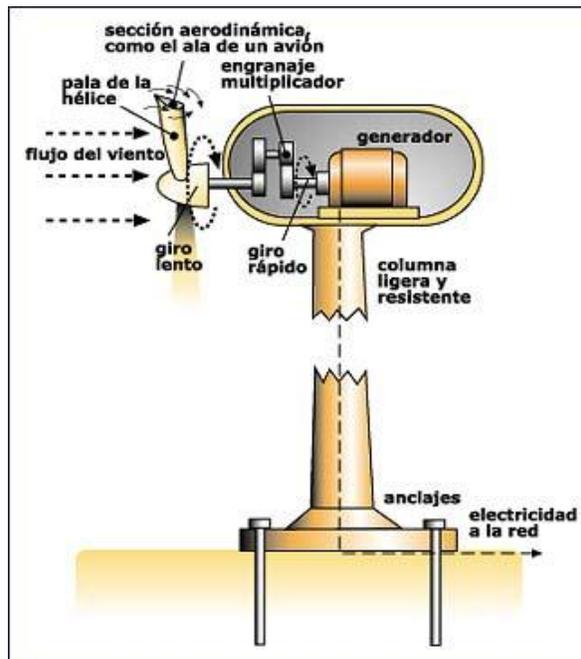


Figura 1- Diagrama De Un Aerogenerador

7.2.2 Control de potencia.

En general, los aerogeneradores modernos de eje horizontal se diseñan para trabajar con velocidades del viento que varían entre 3 y 24 m/s de promedio. La primera es la llamada velocidad de conexión y la segunda la velocidad de corte. Básicamente, el aerogenerador comienza produciendo energía eléctrica cuando la velocidad del viento supera la velocidad de conexión y, a medida que la velocidad del viento aumenta, la potencia generada es mayor, siguiendo la llamada curva de potencia.

Asimismo, es necesario un sistema de control de las velocidades de rotación para que, en caso de vientos excesivamente fuertes, que podrían poner en peligro la instalación, haga girar a las palas de la hélice de tal forma que éstas presenten la mínima oposición al viento, con lo que la hélice se detendría.

Para aerogeneradores de gran potencia, algunos tipos de sistemas pasivos, utilizan características aerodinámicas de las palas que hacen que aún en condiciones de vientos muy fuertes el rotor se detenga. Esto se debe a que él mismo entra en un régimen llamado "pérdida aerodinámica".

7.3 Banco de baterías.

Un banco de baterías son varias baterías (Elementos que transforman la energía liberada por reacciones químicas en un voltaje), conectadas entre sí, ya sea en paralelo, serie o la combinación de ambas, dependiendo el voltaje y corriente que se requiera. Debe estar siempre compuesto por elementos de características iguales (voltaje y corriente), de preferencia de la misma marca y modelo, y que tengan el mismo desgaste, de lo contrario el sistema puede descargarse en un menor tiempo, y degradarse mucho más rápido.

Dicho banco de baterías sirve para almacenar la energía eléctrica producida de algún modo, y así mismo suministrar dicha energía cuando sea necesario, siendo estos dos pasos su ciclo continuo de trabajo.

7.4 Inversor.

La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador. Los inversores se utilizan en una gran variedad de aplicaciones, desde pequeñas fuentes de alimentación para computadoras, hasta aplicaciones industriales para controlar alta potencia. Los inversores también se utilizan para convertir la corriente continua generada por los paneles solares fotovoltaicos, acumuladores o baterías, etc., en corriente alterna y de esta manera poder ser inyectados en la red eléctrica o usados en instalaciones eléctricas aisladas.

Un inversor simple consta de un oscilador que controla a un transistor, el cual se utiliza para interrumpir la corriente entrante y generar una cuadrada. Esta onda cuadrada alimenta a un transformador que suaviza su forma, haciéndola parecer un poco más una onda senoidal y produciendo el voltaje de salida necesario. Las formas de onda de salida del voltaje de un inversor ideal deberían ser sinusoidales. Una buena técnica para lograr esto es utilizar la técnica de PWM logrando que la componente principal senoidal sea mucho más grande que las armónicas superiores.

Los inversores más modernos han comenzado a utilizar formas más avanzadas de transistores o dispositivos similares, como los tiristores, los triac's o los IGBT's.

Los inversores más eficientes utilizan varios artificios electrónicos para tratar de llegar a una onda que simule razonablemente a una onda senoidal en la entrada del transformador, en vez de depender de éste para suavizar la onda.

Se pueden clasificar en general en dos tipos: 1) inversores monofásicos y 2) inversores trifásicos.

Se pueden utilizar condensadores e inductores para suavizar el flujo de corriente desde y hacia el transformador.

Además, es posible producir una llamada "onda senoidal modificada", la cual se genera a partir de tres puntos: uno positivo, uno negativo y uno de tierra. Una circuitería lógica se encarga de activar los transistores de manera que se alternen adecuadamente. Los inversores de onda senoidal modificada pueden causar que ciertas cargas, como motores, por ejemplo; operen de manera menos eficiente.

Los inversores más avanzados utilizan la modulación por ancho de pulsos con una frecuencia portadora mucho más alta para aproximarse más a la onda seno o modulaciones mejorando la distorsión armónica de salida. También se puede pre distorsionar la onda para mejorar el factor de potencia ($\cos \Phi$).

Los inversores de alta potencia, en lugar de transistores utilizan un dispositivo de conmutación llamado IGBT (InsulatedGate Bipolar transistor o Transistor Bipolar de Puerta Aislada).

7.5 Almacenamiento De La Energía.

La energía eléctrica generada por las turbinas deberá ser almacenada de algún modo, como el voltaje que sale de los generadores es de 12 V, la energía será almacenada en un banco de baterías. Este banco de baterías no es más que varias baterías conectadas en serie, paralelo y la combinación de ambas, dependiendo el voltaje y la corriente que se requiera manejar.

Posteriormente el voltaje de corriente continua proporcionado por las baterías VCC, debe de ser transformado a VCA (voltaje en corriente alterna) y elevado a 120 VCA, de esta forma a la salida del sistema tendremos el voltaje con el cual trabaja la red eléctrica estándar en el museo, para esto se requiere de un inversor.



Figura 2-Almacenamiento De Energía

7.6 Procedimientos De Instalación De Los Aerogeneradores.

7.6.1 Medidas De Seguridad.

A continuación se encuentran tabuladas las medidas de seguridad electrónica, mecánica y de instalación del equipo JPS-200

Enfoque de seguridad	Nivel de Seguridad	Condiciones de Seguridad
Rotor / Aspas	Alto	Durante las pruebas o la instalación del quipo evitar colocar dedos o alguna parte del cuerpo sobre las aspas del rotor, esto puede ser peligroso.
Sistema De Tierra Física	Alto	Se requiere de un sistema de Tierra para evitar una fuga de corriente que podría ser peligrosa.
Sistemas De Freno	Alto	Se requiere un circuito de frenos para evitar que algún sistema sufra un corto circuito y presente fallas más graves.
Especificaciones De Cable	Alto	Seleccionar el AWG correcto para la instalación.

Tabla 1 - Medidas De Seguridad Del Sistema De Aerogeneradores

7.6.1.1 Sugerencias Para La Instalación De Los Jps-200.

- No instale el sistema en días lluviosos
- No instale el sistema en días con viento excesivo
- Instale el sistema conforme a las reglas de la IEC [Comisión Electrotécnica Internacional] y regulaciones de edificios locales
- Seguir las normas correctas de instalación
- Seguir todas las medidas de seguridad recomendadas

7.6.2 Especificaciones Generales Del Módulo Jps-200.

Las especificaciones del sistema de aerogeneradores JPS-200 se describen en la siguiente tabla.

Diseño envuelto	Si
Numero de generadores	1
Poder nominal (W)	200
Voltaje de salida (Vcd)	12
Diámetro del Rotor (m)	0.68
Numero de Aspas	5
Velocidad Arranque (m/s)	3.0
Velocidad nominal (m/s)	12
Máxima velocidad (m/s)	20
Tipo de Soporte	Simple
Dimensión (mm)	912x330x1026
Peso (Kg)	11
Freno	Electromagnético

Tabla 2- Especificaciones Del Sistema De Aerogeneradores



Figura 3- Montaje de los aerogeneradores JPS-200

7.6.3 JPS -200 Curva De Poder.

Se muestra el desempeño del aerogenerador con respecto a la velocidad del viento en la siguiente figura

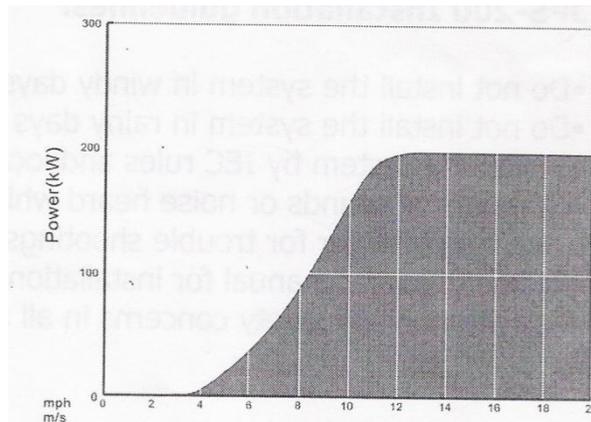


Figura 4- Curva De Poder Del Aerogenerador JPS-200

Cuando la velocidad del viento excede los 20m/s automáticamente la turbina detecta un voltaje de sobrepaso y esto activa los frenos electromagnéticos que suprimen el giro del rotor, esto para evitar un daño en el sistema.

7.6.4 Configuración.

7.6.4.1 Composición De Un Aerogenerador JPS-200.

El sistema está conformado por los siguientes componentes:

- 1.- Aspa de montaje
- 2.- Generador
- 3.- Anillo de giro
- 4.-Unidad de control de poder

7.6.4.1.1 Aspa De Montaje.

El aerogenerador está compuesto de 5 aspas de montaje colocadas sobre la rueda del disco. La velocidad del viento provoca energía eólica sobre las aspas y estas la transforman en energía mecánica en forma de torque, en consecuencia esto fuerza al rotor a girar contra el estator dentro del generador.

7.6.4.1.2 Generador.

La función de generador es la de convertir la energía mecánica del torque en energía eléctrica. Dentro del generador, la parte central del rotor gira en contra de la cubierta del estator para generar una corriente.

7.6.4.1.3 Anillo De Giro.

Los anillos de giro en las bases de los aerogeneradores le sirven para posicionarse siempre de una manera correcta de acuerdo a las corrientes de aire que existan en un determinado momento, con ello se pretende evitar que se desperdicien las corrientes. El sistema de anillos de rotación puede girar 360° para asegurarse de que siempre el aire llegue de frente a las aspas y así aprovechar al máximo su eficiencia.

7.6.4.1.4 Unidad De Control De Poder.

La función de la unidad de poder es la de regular el voltaje generado y de esta manera facilitar la carga del banco de baterías, también este sistema se encarga de aplicar un freno a la turbina cuando el viento excede una velocidad de 20m/s para protección del sistema.

7.6.5 Implementación Del Sistema.

7.6.5.1 Designación Del Área De Los Aerogeneradores:

Antes que nada se debe de contar con un Anemómetro el cual nos sirve para poder medir la velocidad del viento, posteriormente se deben inspeccionar detallada y estadísticamente todas las posibles aéreas en donde se decida colocar los aerogeneradores. Esto es debido a que el dispositivo tiene una velocidad mínima con la cual comienza a generar energía y es de 4m/s, de no haber una velocidad mínima en el viento de 4m/s es muy probable que no tengan un buen funcionamiento.

Se debe tener también en consideración si los dispositivos se instalaran en un espacio abierto o sobre un edificio alto.

*Si la instalación se hace en un espacio abierto se recomienda construir una torre que por lo menos se levante del suelo 6 m.

*Si la instalación se va a realizar sobre un edificio alto, se recomienda construir una torre de aproximadamente 3 m sobre el techo del edificio.



Figura 5- Ubicación De Los Aerogeneradores



Figura 6- Ubicación De Los Aerogeneradores

7.6.5.2 Determinación De La Altura De La Torre.

Se debe de observar un área de alrededor de 170 m de diámetro de donde se encontrara la torre y en base a ello ubicar el punto más alto, posteriormente al punto más alto encontrado le sumaremos 10 m y esa será la altura adecuada para la torre de los aerogeneradores.

$$H_t = H_o + 10M$$

$$H_t = \text{altura ideal de la torre}$$

$$H_o = \text{El punto mas alto dentro de los 170mts de diametro alrededor de la torre}$$

7.6.5.3 Estimación Del Viento A Diferentes Alturas

La velocidad del viento puede variar dependiendo de la altura a la que se encuentre, una forma de calcular la velocidad a determinada altura es con la siguiente formula. Esta misma fórmula se puede aplicar para saber la velocidad del viento a la altura ideal de la torre.

$$V_t = V_{10} \left(\frac{H_t}{H_{10}} \right) (\log^{-1} a)$$

$$V_t = \text{Velocidad del viento a la altura ideal de la torre}$$

$$V_{10} = \text{Velocidad del viento a una altura aumenada 10M}$$

$H_t = \text{Altura ideal de la torre}$

$H_t = \text{torre aumentada } 10M$

$a = \text{Efecto de corte del viento}$

Hay distintos factores que se pueden usar para "a" dependiendo de la descripción del terreno.

a	Descripción del Campo
0.1	La superficie de un lago tranquilo
0.2	Donde la vegetación no es muy alta
0.3	Hay árboles, colinas o edificios altos a lo lejos
0.4	Árboles, colinas o edificios cercanos
0.5	Muy cerca de árboles y edificios altos
0.6	Se encuentra rodeado de árboles y edificios altos

Tabla 3- Factores Para "a" Dependiendo Del Terreno



Figura 7 - Medición De Viento a 4 m.



Figura 8 - Medición De Viento a 8 m.

8.- PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

8.1 Adquisición De Elementos Y Equipos A Utilizar.

Los dispositivos que se usarán durante el proceso ya habían sido adquiridos con anterioridad por la empresa, tuvimos que trabajar en base a los que ya tenían que son los aerogeneradores JP-200, el banco de baterías y los inversores, así que en este punto solamente tuvimos que documentarnos sobre todos los dispositivos ya adquiridos.

8.2 Verificación Y Análisis De Los Aerogeneradores.

Comenzamos con el reconocimiento de los aerogeneradores, tanto de sus sistemas mecánicos como de los sistemas electrónicos con los que cuenta. Leímos todos sus datos técnicos, el tamaño de las aspas, su curva de poder, la velocidad inicial con la que comienzan a funcionar, la función de la unidad de control, el uso de los frenos magnéticos, la separación que debe existir entre cada uno de ellos y los puntos básicos para la instalación de los aerogeneradores

8.3 Estudio Estadístico De La Velocidad Del Viento.

Debido a la ubicación del museo realizamos un estudio estadístico sobre la velocidad del viento en distintas áreas del museo así como en distintas horas, todo esto con el propósito de tener la mejor colocación y así poder aprovechar de mejor manera la velocidad del viento y tener un funcionamiento óptimo de los aerogeneradores.

8.4 Ubicación Ideal Y Montaje De Los Aerogeneradores.

Ya encontrados los puntos en los que se realiza el montaje, se tuvieron que poner unas torres a 15 mts. en las cuales se instalaron 2 aerogeneradores en cada torre con una separación de 1.5 mts.

8.4.1 Conexiones De Los Dispositivos.

Una vez ubicados y colocados en las torres se procedió a hacer las conexiones; se conectó el generador con la unidad central de poder que es la que controla todo su funcionamiento y ésta conectada a su vez al banco de baterías para almacenar la energía y a un inversor el cual convierte el voltaje de CD a un voltaje de CA.

8.5 Implementación Y Puesta En Marcha Del Sistema.

Ya habiendo hecho todas las conexiones correspondientes, se pusieron a funcionar 4 de los aerogeneradores que se encuentran en sus respectivas torres a 15 mts de altura,

8.5.1 Pruebas Del Equipo En Las Diferentes Etapas.

Se realizaron distintas pruebas en las diferentes etapas de la implementación de los aerogeneradores como son las siguientes:

*Que potencia entregan a distintas velocidades del viento y en que horarios la velocidad del viento es mayor.

*El tiempo en que tarda en descargarse una batería cuando se le coloca la carga máxima.

*El tiempo en que tarda en cargarse la batería con diferentes velocidades del viento y distintos días.

8.6 Instalación De los Aerogeneradores.

8.6.1 Verticalidad De La Torre.

Es muy importante la relación que existe entre la verticalidad que posee la torre y la movilidad que pueden tener los mecanismos de anillos de giro del aerogenerador. Mientras más inclinado está en un ángulo vertical mayor es la fuerza que genera el viento sobre las aspas del aerogenerador.

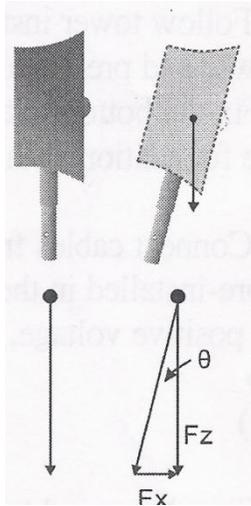


Figura 9 - Ángulo De Verticalidad Del Sistema

Se puede calcular aplicando las siguientes formulas.

$$F_x = F_z * \tan\theta$$

$\theta = \text{ángulo de inclinación vertical}$

$F_z = \text{centro de gravedad}$

$F_x = \text{desviación del centro de gravedad}$

8.6.2 La Eficacia Del Viento Que Sopla Hacia Sistema.

8.6.2.1 Sistema Simple [Simplex System].

El sistema simple de turbinas puede girar 360° siguiendo la dirección del viento

8.6.2.2 Sistema Doble [Duplex System].

El eje del sistema doble tiene que ser perpendicular a la dirección del viento que sopla, con el fin de obtener la máxima eficiencia en conversión de energía.

8.6.2.3 Sistema Múltiple [Triplex and Multiplex System].

Para obtener el máximo de eficiencia de conversión de energía en un sistema múltiple, se requiere ser instalados perpendicular a la dirección en la que sopla el viento.

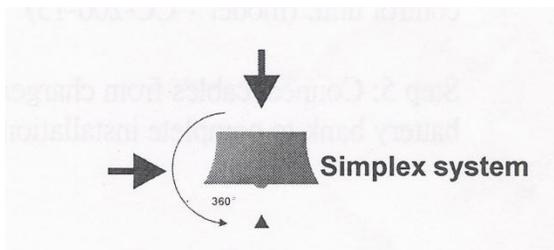


Figura 9 - Sistema Simple [Simplex System]

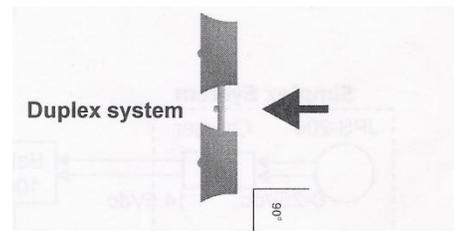


Figura 10 - Sistema Doble [Duplex System]

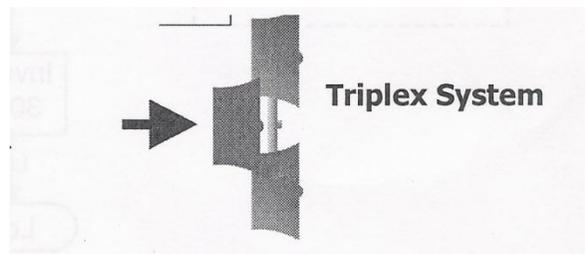


Figura 11- Sistema Múltiple [Triplex And Multiplex System]

8.7 Instalacion De Los Sistemas.

8.7.1 instalacion De Un Sistema Simple [Simplex System].

Paso 1: Construir una torre en base a los calculos realizados y asegurarla bien, realizar el cableado correspondiente deltro de la torre (cable rojo voltaje positivo, cable negro voltaje negativo).

Paso 2: Conectar los cables que se encuentran instalados en la torre con la turbina .

Paso 3: Instalar las turbinas en lo alto de la torre.

Paso 4: Conectar los cables de la torre con el centro de cargas.

Paso 5: Conectar los cables del centro de carga con el banco de baterias para completar la instalacion.

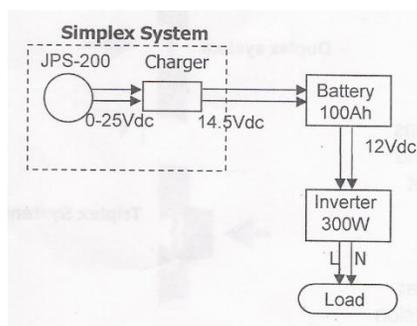


Figura 12 - Sistema De Cableado Simple [Simplex Sistem]

8.7.2 Instalacion De Un Sistema Doble [Duplex System]

Paso 1: Instalar el tubo "U" para colocar las 2 turbinas sobre la torre.

Paso 2: Construir una torre en base a los calculos realizados y asegurarla bien, realizar el cableado correspondiente deltro de la torre (cable rojo voltaje positivo, cable negro voltaje negativo).

Paso 3: Conectar los cables que se encuentran instalados en la torre con la turbina.

Paso 4: Instalar las turbinas en lo alto de la torre.

Paso 5: Conectar los cables de la torre con el centro de cargas.

Paso 6: Conectar los cables del centro de carga con el banco de baterias para completar la instalacion.

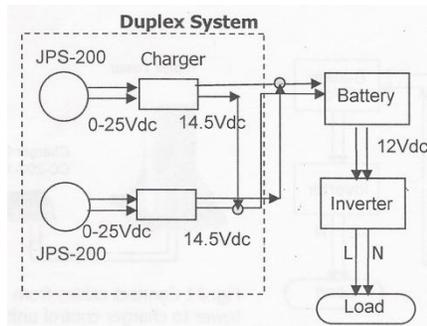


Figura 13 - Sistema De Cableado Doble [Duplex System]

8.7.3 Instalacion De Un Sistema Multiple[Triplex and Multiplex System]

Paso 1: Instalar el tubo "Triple" para colocar las 2 turbinas sobre la torre.

Paso 2: Construir una torre en base a los calculos realizados y asegurarla bien, realizar el cableado correspondiente deltro de la torre (cable rojo voltaje positivo, cable negro voltaje negativo).

Paso 3: Conectar los cables que se encuentran instalados en la torre con la turbina.

Paso 4: Instalar las turbinas en lo alto de la torre.

Paso 5: Conectar los cables de la torre con el centro de cargas.

Paso 6: Conectar los cables del centro de carga con el banco de baterias para completar la instalacion.

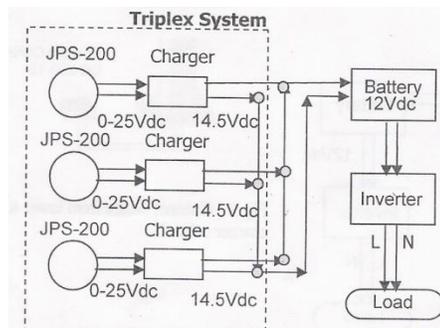


Figura 14 - Sistema De Cableado Multiple [Triplex And Multiplex System]

9.- RESULTADOS, PLANOS, GRÁFICAS.

Datos obtenidos de la medición de la velocidad del viento en el Museo Chiapas, de Ciencia y Tecnología.



Figura 15 - "MUCH" En Vista Satelital

Se eligieron 5 puntos principales para realizar la medición de la velocidad del viento en una primera etapa a ras del suelo, a diferentes horas en el día, para tener una referencia de qué lugar o lugares son los más aptos para colocar las turbinas, tomando en cuenta las velocidades pico, así como que tan constante es la velocidad del viento.

En base a los resultados estadísticos presentados a continuación se logró escoger el punto 4 como la zona en donde se encontraran ubicados los aerogeneradores, debido a que en esa área se genera un mayor flujo de viento.

Etapa 1.

Viernes 3 de Agosto del 2010.

Punto 1.

Hora	Vel. Mínima m/s	Vel. Máxima m/s
9:40	0.7	1.6
11:40	0.2	0.8
12:30	0.4	1.0
1:00	0.1	0.7

Tabla 4 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 1

Punto 2.

Hora	Vel. Mínima m/s	Vel. Máxima m/s
11:00	0.6	0.9
11:45	0.8	1.4
12:35	0.7	1.3
1:05	0.5	1.2

Tabla 5 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 2

Punto3.

Hora	Vel. Mínima m/s	Vel. Máxima m/s
9:46	0.40	1.60
10:55	0	0.22
11:35	0	0
12:40	0	0.20

Tabla 6 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 3

Punto 4:

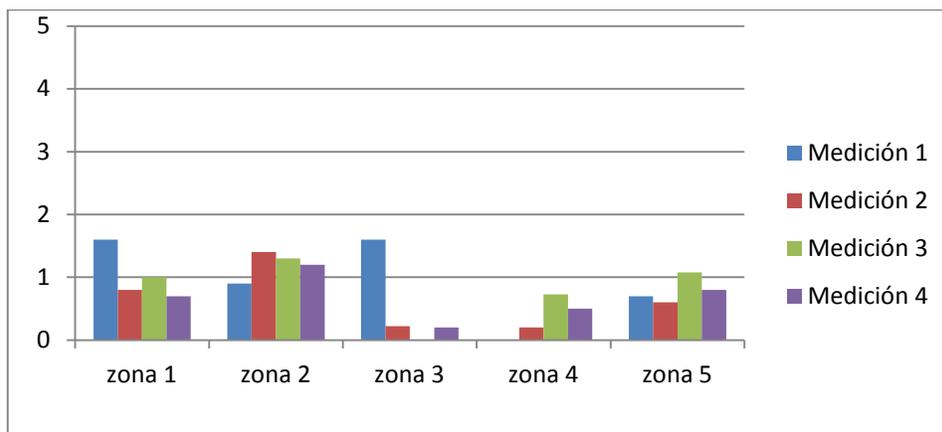
Hora	Vel. Mínima m/s	Vel. Máxima m/s
9:52	0	0
10:50	0	0.2
11:30	0.2	0.73
12:45	0	0.5

Tabla 7 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 4

Punto 5:

Hora	Vel. Mínima m/s	Vel Máxima m/s
9:55	0.3	0.7
10:45	0	0.6
11:25	0.4	1.08
12:50	0	0.8

Tabla 8 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 5



Grafica 1- Velocidades Máximas Del Viento Viernes 3 Agosto 2010

Lunes 6 de Septiembre 2010

Punto 1.

Hora	Vel. Mínima m/s	Vel Máxima m/s
9:50	0.98	3.4
10:16	0.4	2.8
10:53	0.98	3.2
11:32	1.8	3.7

Tabla 9 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 1

Punto 2:

Hora	Vel. Mínima m/s	Vel Máxima m/s
9:55	0.86	3.0
10:17	1.5	3.2
10:58	1.4	3.1
11:47	0.6	1.7

Tabla 10 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 2

Punto 3:

Hora	Vel. Mínima m/s	Vel Máxima m/s
10:00	0.4	0.68
10:20	0	0.3
11:00	.86	1.24
11:40	1.5	2.9

Tabla 11 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 3

Punto 4:

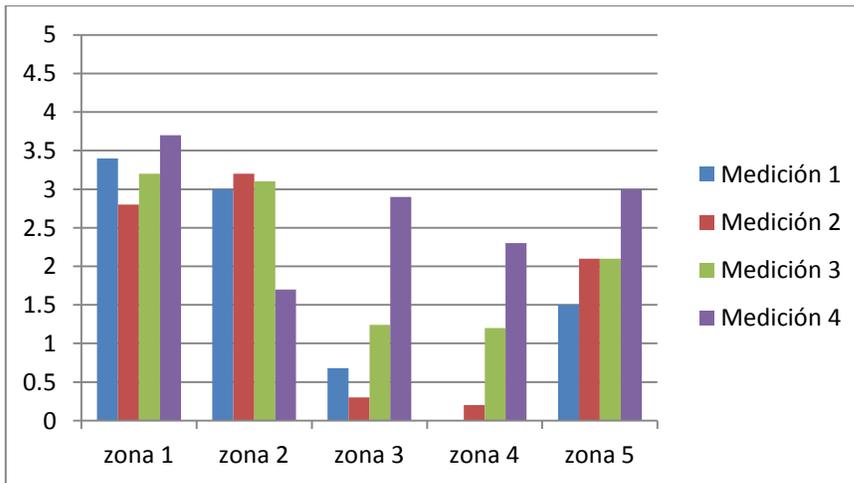
Hora	Vel. Mínima m/s	Vel Máxima m/s
10:02	0	0
10:25	0	0.2
11:05	0.4	1.2
11:45	0.8	2.3

Tabla 12 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 4

Punto 5:

Hora	Vel. Mínima m/s	Vel Máxima m/s
9:41	0.4	1.5
10:30	0.7	2.1
11.10	0.86	2.1
11:50	1.5	3.0

Tabla 13 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 5



Grafica 2- Velocidades Máximas Del Viento Lunes 6 Agosto 2010

Martes 7 de Septiembre del 2010.

Punto 1:

Hora	Vel. Mínima m/s	Vel Máxima m/s
9:40	0	0.3
10:00	0.5	1.0
10:50	0.45	1.6
11:50	0.4	1.0

Tabla 14 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 1

Punto 2:

Hora	Vel. Mínima m/s	Vel Máxima m/s
9:44	0.7	0.9
10:04	0.4	0.7
10:54	0.8	1.63
11:55	0.6	1.2

Tabla 15 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 2

Punto 3:

Hora	Vel. Mínima m/s	Vel Máxima m/s
9:48	0	0
10:08	0	0
10:58	0.6	1.4
12:00	0	0.6

Tabla 16 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 3

Punto 4:

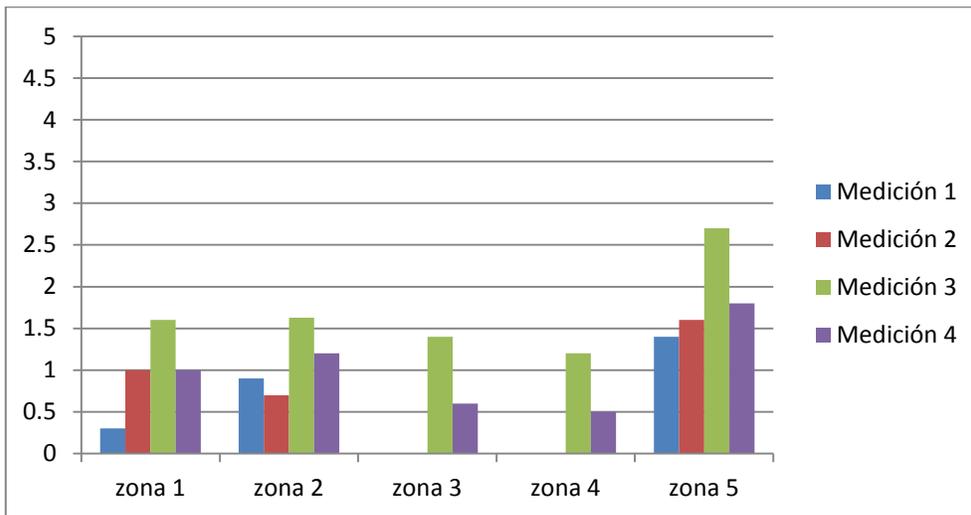
Hora	Vel. Mínima m/s	Vel Máxima m/s
9:52	0	0
10:12	0	0
11:02	0.7	1.20
12:05	0	0.5

Tabla 17 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 4

Punto 5:

Hora	Vel. Mínima m/s	Vel Máxima m/s
9:56	0.7	1.4
10:16	0.7	1.6
11:06	1.6	2.7
12:10	0.9	1.8

Tabla 18 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 5



Grafica 3- Velocidades Máximas Del Viento Martes 7 Agosto 2010

Jueves 23 de Septiembre 2010

Punto 1:

Hora	Vel. Mínima m/s	Vel Máxima m/s
8:45	0.45	1.24
9:04	0.44	1.6
9:25	0.6	1.03
9:45	0.81	1.16
10:20	0.3	0.6

Tabla 19 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 1 a 8mts

Punto 2:

Hora	Vel. Mínima m/s	Vel Máxima m/s
8:49	0.6	1.07
9:07	1.3	2.4
9:28	0.73	0.98
9:48	0.43	1.5
10:23	0	0

Tabla 20 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 2 a 8mts

Punto 3:

Hora	Vel. Mínima m/s	Vel Máxima m/s
8:53	0.25	0.94
9:10	0	0
9:31	0.6	1.11
9:51	1.0	0.68
10:26	0.22	0.6

Tabla 21 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 3 a 8mts

Punto 4:

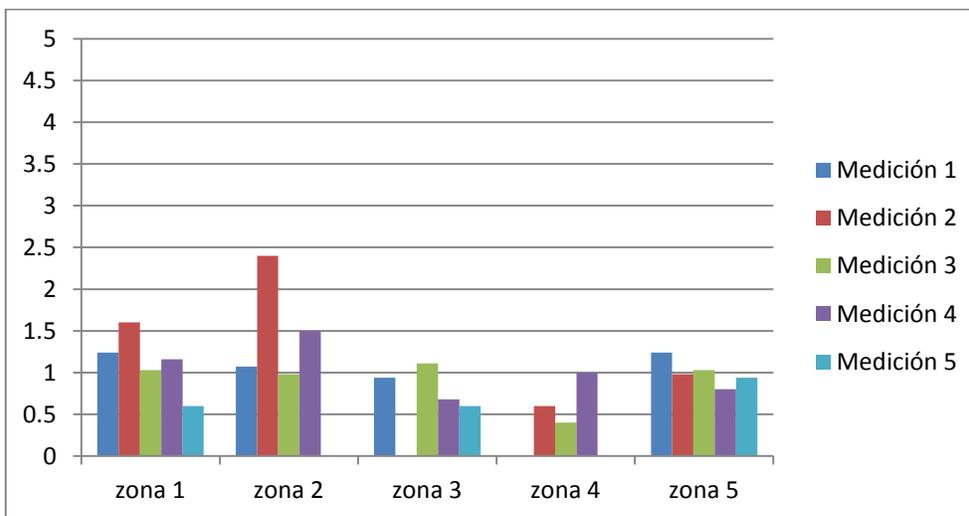
Hora	Vel. Mínima m/s	Vel Máxima m/s
8:57	0	0
9:13	0.3	0.6
9:34	0	0.4
9:54	0.22	1.0
10:29	0	0

Tabla 22 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 4 a 8mts

Punto 5:

Hora	Vel. Mínima m/s	Vel Máxima m/s
9:01	0.7	1.24
9:16	0.5	0.98
9:37	0.6	1.03
9:57	0.2	0.8
10:32	0.86	0.94

Tabla 23 - Estadística De La Velocidad Del Viento En El Punto 5 a 8mts



Grafica 3- Velocidades Máximas Del Viento Jueves 23 Septiembre 2010

10.- CONCLUSIONES

El sistema de aerogeneradores funcionó muy bien, una vez que se colocaron a la altura correcta de unos 15 m. Comenzaron a funcionar en óptimas condiciones, la potencia promedio que generan es de 185 watts. Ya que fueron colocados los sistemas a la red que alimenta las salas estos funcionaron muy bien, y cumplieron con todas las expectativas.

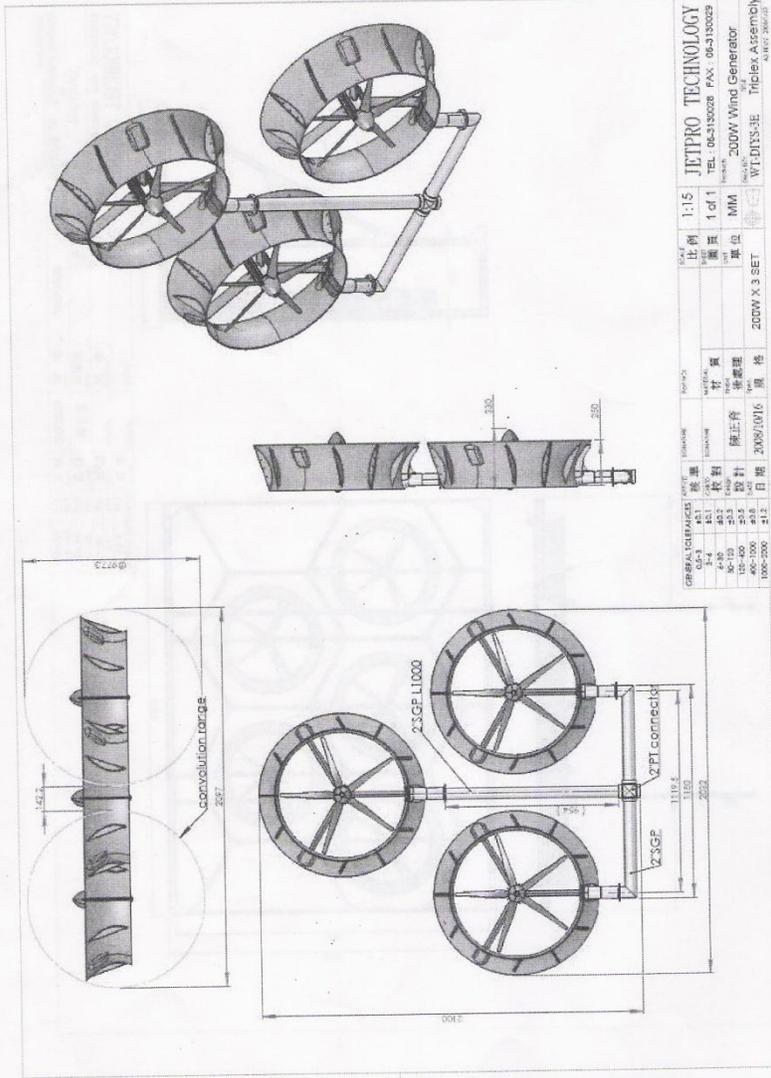
La implementación de los aerogeneradores no solo causó un gran impacto económico para la empresa y ecológico para el ecosistema de ese lugar, sino que también tuvo un gran impacto en todos los visitantes que podían observar la colmena de aerogeneradores, esto provocó que muchas personas comenzaran a tener interés en energías renovables en ese caso los aerogeneradores, de esta manera se logró un objetivo extra que es el de mostrar a la gente que las energías renovables son eficientes y se pueden implementar en cualquier lugar que se desee y con esto tener un ahorro económico.

La instalación no fue muy compleja, aunque saber el área exacta donde deben de colocarse requiere de un estudio detallado de los alrededores del área en donde se encuentran así como también un detallado estudio de las corrientes de viento en el área seleccionada tanto a diferentes alturas como en diferentes horas, todo esto con el fin de obtener los mejores resultados.

Se debe tener un buen mantenimiento del sistema de aerogeneradores, se deben de checar constantemente las aspas, los anillos giratorios, los generadores, se debe poner énfasis en el mantenimiento del banco de baterías. Se deberían de instalar más sistemas de aerogeneradores en todas las instalaciones del museo y del mismo COCYTECH, ya que resultan ser sistemas altamente rentables a mediano y largo plazo debido a que se logra bajar drásticamente el consumo de energía en los lugares en donde se instaló.

Se podría implementar también el área donde están colocados los aerogeneradores como una atracción más del museo y de esa manera hacer conciencia con la gente de que las energías renovables son viables, utilizables y que con ello se genera un impacto ambiental positivo al ya dañado ecosistema, aunado a eso el gasto de energía disminuye considerablemente, lo que conlleva a un gasto económico más bajo.

Appendix 11 Triplex Assembly (without tower)



12.- FUENTES DE INFORMACIÓN

Manuales del Aerogenerador JPS-200.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Aerogeneradores>

<http://autolibre.redtienda.net/pro.php?id=103229>

<http://www.sitismexico.com/directorio/a/aerogeneradores-mexico.htm>

<http://elblogverde.com/energia-eolica/>

<http://www.dforceblog.com/2009/03/17/los-aerogeneradores/>

<http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/category/aerogeneradores-2/>