

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA - MOTORES**

**ENSAMBLAJE DE UN AEROGENERADOR CON SU  
RESPECTIVA TORRE DE SOPORTE PARA EL ITSA.**

**POR:**

**OLOVACHA TOAPANTA WILSON SANTIAGO**

**Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención del  
Título de:**

**TECNÓLOGO EN  
MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

**2010**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el SR. OLOVACHA TOAPANTA WILSON SANTIAGO, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA - MOTORES.

---

Tcrn. E.M.T. Avc. Ing. Ángel Pérez M.  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

Latacunga, 18 de Enero del 2010

## **DEDICATORIA**

A quienes con su trabajo y dedicación ayudaron a construir un sueño a mi familia Olovacha Toapanta, gracias por confiar y apoyar mi trabajo y en especial a mi hermana Ing. Verónica Olovacha por ser parte de mi vida quién me ha despertado a través de sus conocimientos la conservación del medio ambiente.

**OLOVACHA TOAPANTA WILSON SANTIAGO**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme sabiduría e inteligencia.

A Mis Padres Jorge y Rosa, a mis hermanos, sobrinos y en especial a Julissa y Lissette porque son el motivo y la fuerza mi superación.

El más profundo y sincero agradecimiento al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico por haber abierto las puertas para cumplir mi sueño de ser mecánico aeronáutico y poder servir a mi patria, en especial al Sr. Tcrn. E.M.T. Avc. Ing. Ángel Pérez ya que fue el pilar fundamental para llevar a cabo este trabajo y quién supo entender mis ideas acerca del la conservación del medio ambiente.

**OLOVACHA TOAPANTA WILSON SANTIAGO**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Portada .....	I
Certificación .....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento .....	IV
Índice de contenido.....	V
Índice de figuras.....	IX
Índice de fotos.....	X
Índice de anexos.....	XI
Resumen .....	1
Summary .....	2

### CAPÍTULO I

#### EL TEMA

1.1 Antecedentes .....	3
1.2 Justificación e Importancia.....	3
1.3 Planteamiento de objetivos .....	4
1.3.1 Objetivo General .....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Alcance .....	5

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEORICO

2.1 La energía en el viento .....	6
2.2 Densidad del aire .....	7
2.3 La desviación del viento.....	7
2.4 La velocidad y potencia .....	8
2.5 Potencia de la fórmula del viento .....	9
2.6 Medición de la velocidad del viento .....	10
2.7 Selección para emplazar un aerogenerador .....	11
2.8 Perturbaciones del viento con el terreno.....	11

2.9 Obstáculos del viento.....	12
2.10 Resguardo tras los obstáculos.....	13
2.11 Aplicaciones de la energía eólica.....	14
2.12 Como aprovechar la energía eólica .....	16
2.12.1 El desalinizador eólico .....	16
2.12.2 Energía eólica en el mar .....	16
2.12.3 Turbinas de viento para edificios .....	17
2.12.4 Puente peatonal con turbinas eólicas .....	17
2.12.5 Turbinas de viento para uso hogareño .....	17
2.13 El aerogenerador .....	17
2.13.1 Historia de los aerogeneradores .....	18
2.13.2 Distintas clases de aeromotor.....	19
2.13.3 Aeromotores de eje horizontal .....	19
2.13.4 Aeromotores de eje vertical .....	20
2.13.5 Constitución de un aeromotor.....	21
2.13.6 Otros componentes de aerogeneracion.....	22
2.13.7 Las palas del aeromotor.....	24
2.13.8 La longitud de las palas .....	24
2.13.9 El perfil.....	25
2.13.10 Anchura. (Longitud de la cuerda del perfil) .....	26
2.13.11 Materiales .....	26
2.13.11.1 Madera.....	27
2.13.11.2 Metal. ....	28
2.13.11.3 Palas compuestas.....	28
2.13.12 Número de palas.....	29
2.13.13 Sistemas de protección.....	29
2.13.13.1 Sistemas de frenado manual .....	29
2.13.13.2 Sistemas de frenado automático.....	30
2.13.14 Dispositivo de orientación .....	31
2.13.15 Dispositivo de orientación para aeromotores de cara al viento...	32
2.13.16 El generador eléctrico .....	33
2.13.16.1 Generador de corriente continúa. ....	33

2.13.16.2	Generador síncrono de corriente alterna .....	34
2.13.16.3	Ventajas e inconvenientes .....	35
2.13.17	Maquina sin multiplicador o con multiplicador.....	36
2.13.17.1	Máquinas sin multiplicador.....	36
2.13.17.2	Máquinas con multiplicador.....	36
2.14	Torres para aerogeneradores .....	37
2.14.1	Torres tubulares de acero .....	38
2.14.2	Torres de celosía .....	38
2.14.3	Torres de mástil tensado con vientos .....	39
2.14.4	Soluciones híbridas.....	40
2.14.5	Consideraciones de costos.....	40
2.14.6	Consideraciones aerodinámicas.....	40
2.14.7	Consideraciones de dinámica estructural .....	41
2.14.8	Elección entre torres .....	41
2.15	Métodos de unión para las torres.....	42
2.15.1	La soldadura .....	42
2.15.2	Pernos.....	43
2.16	Revestimientos anticorrosivos para las torres.....	43
2.16.1	Tratamientos químicos.....	44
2.16.2	Revestimientos metálicos .....	44
2.16.3	Películas anódicas .....	44
2.16.4	Revestimientos orgánicos .....	45

### **CAPÍTULO III**

#### **DESARROLLO DEL TEMA**

3.1	Preliminares.....	46
3.2	Constitución de un aeromotor de 300 W.....	46
3.3	Descripción de las palas .....	47
3.3.1	Las palas del aeromotor.....	47
3.4	Sistema de protección utilizado .....	47

3.4.1 Sistemas de frenado automático.....	47
3.5 Dispositivo de orientación .....	48
3.6 Generador de corriente continúa .....	48
3.7 Máquina sin multiplicador.....	49
3.8 Selección del lugar para instalar un aerogenerador en el ITSA.....	49
3.9 Cálculos de torre de soporte .....	51
3.9.1 Coeficiente de esbeltez.....	52
3.9.2 Factor de seguridad .....	53
3.9.3 Esfuerzo admisible.....	54
3.9.4 Carga total del aerogenerador .....	54
3.9.5 Cálculo del área por sección.....	55
3.9.6 Cálculo de tensores y esfuerzos .....	57
3.10 Selección torre de soporte .....	62
3.11 Construcción de la torre.....	63
3.12 Nivelación de los puntos de anclaje al suelo.....	64
3.13 Material usado para la construcción de la torre .....	66
3.13.1 Propiedades del acero .....	66
3.14 Métodos de unión .....	66
3.15 Montaje de la góndola en la torre.....	68
3.16 Montaje del buje.....	69
3.17 Montaje de las palas .....	69
3.18 Montaje de la Góndola.....	70
3.19 Montaje del Tail Rod .....	71
3.20 Montaje de la aleta direccional.....	72
3.21 Montaje del regulador .....	73
3.22 Conexión de la caja disipadora.....	74
2.23 Dispositivo para el almacenamiento de la energía producida.....	75
3.24 Fuentes energéticas de apoyo.....	76
3.25 Dispositivo utilizado para vigilar el estado de las baterías .....	76
3.26 Utilización de la energía.....	77
2.27 Ensamblaje mediante cables todo el sistema para el perfecto funcionamiento.....	78

3.28 Pruebas y análisis de resultados .....	79
3.29 Regulaciones de seguridad.....	80
3.30 Mantenimiento de la turbina.....	82
3.31 Vida útil .....	82

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1 Conclusiones .....	83
4.2 Recomendaciones .....	83
Glosario.....	85
Bibliografía .....	87
Anexos .....	88
Hoja de vida .....	197
Cesión de derechos de propiedad intelectual .....	199
Legalización de firmas .....	200

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

CONTENIDO	PÁGINA
<b>CAPÍTULO II</b>	
Figura 2.1 Barrido del rotor .....	6
Figura 2.3 Desviación del viento .....	7
Figura 2.4 Potencia del viento.....	9
Figura 2.6 Anemómetros .....	10
Figura 2.9 Vista lateral de la corriente de viento alrededor de un obstáculo .....	12
Figura 2.9.1 Vista superior de la corriente de viento alrededor de un obstáculo .....	13
Figura 2.14 Torres de aerogeneradores .....	37
Figura 2.14.1 Torres tubulares de acero.....	38
Figura 2.14.2 Torres Celosía .....	39
Figura 2.14.3 Torres mástil tensados con vientos.....	39

Figura 2.14.4 Torres Híbridas .....	40
Figura 2.14.8 Torres altas y bajas.....	41
<b>CAPITULO III</b>	
Figura 3.8 Exteriores del ITSA.....	50
Figura 3.9.6 Torre con tensores.....	58
Figura 3.9.6.1 Fuerzas en la Base .....	60
Figura 3.9.6.2 Diagrama de fuerzas.....	61
Figura 3.14 Tornillos .....	68
Figura 3.15 Soporte para la Torre.....	68
Figura 3.18 Góndola .....	71
Figura 3.19 Tail Rod .....	72
Figura 3.20 Aleta direccional.....	72
Figura 3.21 Controlador .....	73
Figura 3.21.1 Proceso de operación de un sistema híbrido .....	73
Figura 3.22 Disipador de energía.....	74
Figura 3.27 Diagrama de conexión de cables.....	78
Figura 3.28 Curva de resultados.....	79

## ÍNDICE DE FOTOS

CONTENIDO	PÁGINA
Foto 3.11 Construcción de la torre.....	64
Foto 3.12 Nivelación de los puntos de anclaje.....	65
Foto 3.15.1 Góndola .....	69
Foto 3.16 El Buje .....	69
Foto 3.17 Palas.....	70
Foto 3.18 Góndola .....	70
Foto 3.19 Tail Rod .....	71
Foto 2.23 Batería solar SP 160.....	75

## ÍNDICE DE ANEXOS

CONTENIDO	PÁGINA
Anexo A. Anteproyecto aprobado 24/08/2009 .....	89
Anexo B. Datos generales de la provincia de Cotopaxi .....	132
Anexo C. Datos característicos del viento .....	134
Anexo D. Análisis e interpretación de resultados de la proyección de la demanda en el consumo sectorial de ELEPCO S.A. ....	135
Anexo E. Advierten peligrosos niveles de radiación solar en Ecuador ..	149
Anexo F. Consumo eléctrico de las entidades del edificio .....	151
Anexo G. Información acerca de las cargas del ITSA y de todo el establecimiento .....	152
Anexo H . Información recolectada a docentes y estudiantes en el ITSA, que fue procesada, tabulada e interpretada .....	172
Anexo I. Aprovechamiento de la Energía Solar OLADE .....	182
Anexo J. Manual aerogenerador Exmorth 1KW.....	183
Anexo K. Severidad de vibraciones .....	195

## RESUMEN

El presente trabajo de grado contiene la información de la energía producida por el viento, su velocidad y potencia que genera una fuente eólica a través de un aerogenerador captando la energía cinética del aire por medio de las palas del rotor.

En el capítulo II encontraremos la información teórica sobre características del viento y las condiciones que se debe tomar en cuenta para implementar un sistema de autogeneración.

Contiene información acerca de dispositivos complementarios que deben ir acompañando a un aerogenerador para un buen aprovechamiento de la energía producida por el viento, también se encuentra teoría acerca de una gama de torres que son utilizadas para los aerogeneradores.

El trabajo de grado explica cómo podemos aprovechar la energía eólica y sus aplicaciones, siendo la principal a través de los aeromotores mediante la transformación de energía eólica en energía mecánica.

En el Capítulo III se detalla información técnica que se debe tener presente para la construcción de la torre, así también narra cómo se instaló el aerogenerador en la parte superior del ITSA, paso a paso con sus respectivos estudios y cálculos necesarios.

De la misma manera hallamos; conclusiones y recomendaciones que produjo el trabajo de grado, además se hallará una variedad de anexos que refuerzan el contenido.

## SUMARY

The present grade work contains the information of the energy taken place by the wind, its speed and power that it generates an eolic source through an aerogenerator capturing the cinetic energy of the air by means of the shovels of the rotor.

In the chapter II will find the theoretical information of the characteristic of the wind and the conditions that should take in bill to implement an aerogeneracion system.

It contains information about complementary devices that should go accompanying to an aerogenerator for a good use of the energy taken by the wind, also theory about a range of towers that are used for the aeromotor.

The grade work explains like we can take advantage of the eolic energy and its applications, being the main through of the airmotors the transformation of eolic energy in mechanical energy.

In the Chapter III detail technical information that should be had present for the construction of the tower, so narrate like settled the aerogenerator in the superior part of ITSA, step-by-step with its respective studies and necessary calculations.

In the same way we find; conclusions and recommendations that produced the grade work, moreover will find a variety of annexes that reinforce the content.

## **CAPITULO I**

### **EL TEMA**

#### **ANTECEDENTES**

El presente trabajo nace de la investigación realizada a través del anteproyecto realizado en la zona del ITSA, que tiene como finalidad conocer los diferentes tipos de energía que existen cuales se aplican para la generación eléctrica y que energías se pueden usar en la región del ITSA para generar electricidad, para más información sírvase revisar el anexo A.

En nuestro País en el Archipiélago de Galápagos se llevo a cabo un proyecto eólico, que entró en funcionamiento oficialmente el pasado 1 de Octubre del presente año, está compuesto por tres molinos de viento que generan cada uno 800 kilovatios de energía.

En la creación del parque eólico han participado las mayores compañías eléctricas del mundo, un grupo denominado E8, que incluye empresas de EE.UU., Francia, Italia, Japón, Rusia, Alemania y Canadá<sup>1</sup>.

El sistema en funcionamiento proporciona entre el 60% y el 80% de las necesidades energéticas de San Cristóbal durante los meses de Octubre, Noviembre y Diciembre, los más ventosos en el archipiélago<sup>1</sup>

#### **JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

El siguiente trabajo de investigación está dirigido hacia la búsqueda de mejores recursos alternativos para generación de energía eléctrica aprovechando los recursos disponible donde nos desarrollamos y así de esta manera ser participes en la conservación del medio ambiente.

---

<sup>1</sup> <http://www.adn.es/>

La energía de tipo eólica ha dado muy buenos resultados en países desarrollados, este no es el caso de nuestro país, peor aún en la provincia de Cotopaxi en la ciudad de Latacunga debido a que el aprovechamiento de ese recurso tan disponible e inagotable como es el viento no ha sido difundido, se debe tener presente que en el único lugar donde se aprovecha la energía eólica a partir del presente año es en el Archipiélago de Galápagos.

El ensamblaje de un aerogenerador en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, permitirá demostrar el aprovechamiento de la energía eólica disponible en este sector. Por lo tanto mediante este trabajo se busca proponer la posibilidad de obtener electricidad, a pequeña escala, que puede ser utilizada para diferentes aplicaciones para cualquier dispositivo que funcione eléctricamente.

## **PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Ensamblar un aerogenerador de 300W y construir una torre de soporte para ubicarlos en el ITSA, a fin de que se obtenga energía eléctrica utilizando el viento del sector.

### **Objetivos específicos**

- Recolectar y organizar información acerca de sistemas de aerogeneración.
- Identificar y adquirir los dispositivos complementarios de un sistema de aerogeneración.
- Estudiar parámetros para la construcción de un soporte que será utilizado para ser montado el aerogenerador.
- Ensamblar el sistema de aerogeneración.

- Realizar pruebas de funcionamiento para entregar al ITSA.

## **ALCANCE**

Implementar un sistema básico de aerogeneración en el lugar más adecuado del ITSA con un rotor tripala de 300W de manera que obtengamos energía eléctrica propia a pequeña escala utilizando el flujo de aire presente en el sector y contar con una fuente de energía limpia llegando a demostrar a quienes nos rodean que en nuestra zona del ITSA, se dispone de recursos inagotables.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 La energía en el viento

Un aerogenerador obtiene su potencia de entrada convirtiendo la fuerza del viento en un par (fuerza de giro) actuando sobre las palas del rotor. La cantidad de energía transferida al rotor por el viento depende de la densidad del aire, del área de barrido del rotor y de la velocidad del viento.

La grafica muestra cómo una porción cilíndrica de aire de pasa a través del rotor de un aerogenerador.

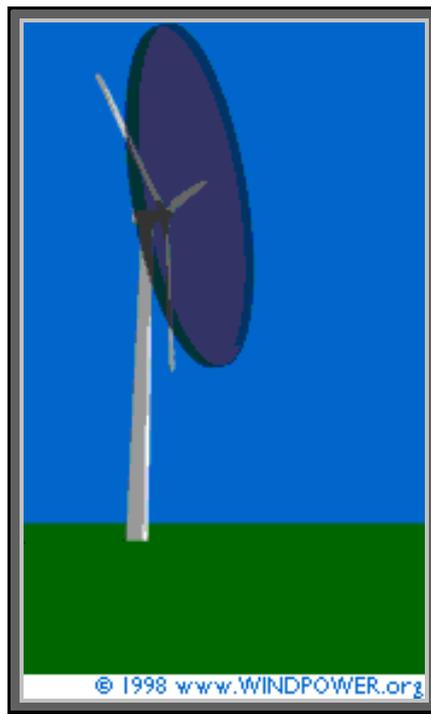


Figura 2.1 Barrido del rotor

Fuente: [www.WINDPOWER.org](http://www.WINDPOWER.org)

Realizado por: Santiago Olovacha

## 2.2 Densidad del aire

La energía cinética de un cuerpo en movimiento es proporcional a su masa (o peso). Así, la energía cinética del viento depende de la densidad del aire, es decir, de su masa por unidad de volumen.

En otras palabras, cuanto "más pesado" sea el aire más energía recibirá la turbina.

“A presión atmosférica normal y a 15° C el aire pesa unos 1,225 kilogramos por metro cúbico, aunque la densidad disminuye ligeramente con el aumento de la humedad<sup>2</sup>.”

Además, el aire es más denso cuando hace frío que cuando hace calor. A grandes altitudes (en las montañas) la presión del aire es más baja y el aire es menos denso.

## 2.3 La desviación del viento

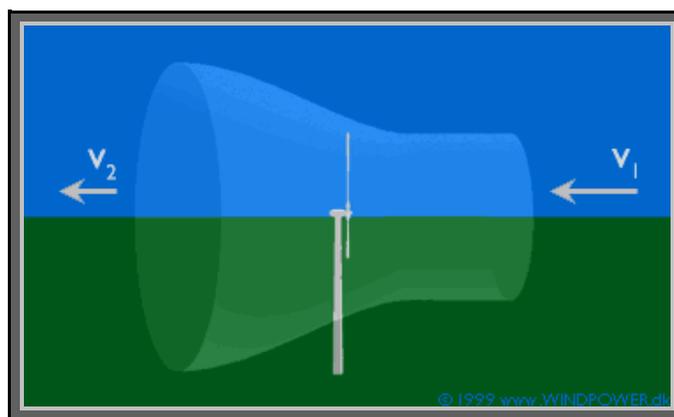


Figura 2.3 Desviación del viento

Fuente: © 1998 www.WINDPOWER.dk

Realizado por: Santiago Olovacha

---

<sup>2</sup> <http://www.centroeducacional.edu.uy/sitio/subir/eolica1.swf>

En realidad, un aerogenerador desviará el viento antes incluso de que el viento llegue al plano del rotor. Esto significa que nunca seremos capaces de capturar toda la energía que hay en el viento utilizando un aerogenerador.

En la imagen de arriba tenemos el viento que viene desde la derecha y usamos un mecanismo para capturar parte de la energía cinética que posee el viento (en este caso usamos un rotor de tres palas, aunque podría haberse tratado de cualquier otro mecanismo).

## **2.4 La velocidad y potencia**

La velocidad del viento es muy importante para la cantidad de energía que un aerogenerador puede transformar en electricidad: la cantidad de energía que posee el viento varía con el cubo (la tercera potencia) de la velocidad media del viento; por ejemplo si la velocidad del viento se duplica la cantidad de energía que contenga será  $2^3 = 2 \times 2 \times 2 =$  ocho veces mayor.

Por qué la energía que contiene el viento varía con la tercera potencia de su velocidad. Seguramente, del saber de cada día, usted estará enterado de que al doblar la velocidad de un coche la energía de frenado para pararlo completamente será cuatro veces mayor (se trata básicamente de la segunda ley de Newton de la cinemática).

En el caso de turbinas eólicas usamos la energía de frenado del viento, por lo que si doblamos la velocidad del viento tendremos dos veces más porciones cilíndricas de viento moviéndose a través del rotor cada segundo, y cada una de esas porciones contiene cuatro veces más energía, como se ha visto en el ejemplo del frenado de un coche.

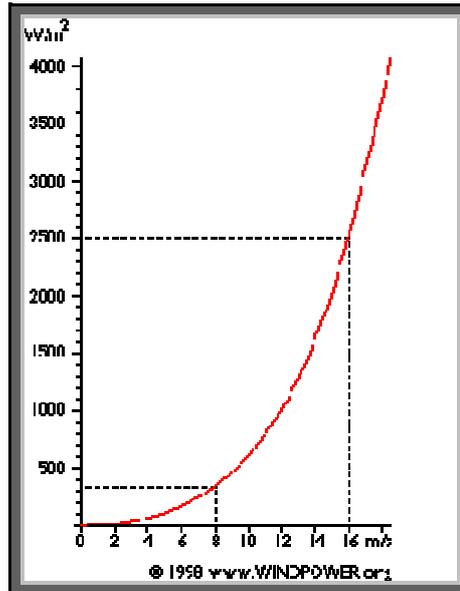


Figura 2.4 Potencia del viento

Fuente: © 1998 www.WINDPOWER.org

Realizado por: Santiago Olovacha

El gráfico muestra que con una velocidad del viento de 8 metros por segundo obtenemos una potencia (cantidad de energía por segundo) de 314 W por cada metro cuadrado expuesto al viento (viento incidiendo perpendicularmente al área barrida por el rotor).

## 2.5 Potencia de la fórmula del viento

La potencia del viento que pasa perpendicularmente a través de un área circular es:

$$P = 1/2 \rho v^3 \pi r^2$$

Donde:

P= potencia del viento medida en W (vatios).

$\rho$  = (rho) = densidad del aire seco = 1.225 medida en kg/m<sup>3</sup> (kilogramos por metro cúbico, a la presión atmosférica promedio a nivel del mar y a 15°C.

$v$  = velocidad del viento medida en m/s (metros por segundo).

$\pi$  = (pi)=3.1415926535...

$r$  = radio (esto es, la mitad de un diámetro) del rotor medido en m (metros).

## 2.6 Medición de la velocidad del viento

Las mediciones de las velocidades del viento se realizan normalmente usando un anemómetro de cazoletas, similar al del dibujo. El anemómetro de cazoletas tiene un eje vertical y tres cazoletas que capturan el viento.

El número de revoluciones por segundo son registradas electrónicamente.

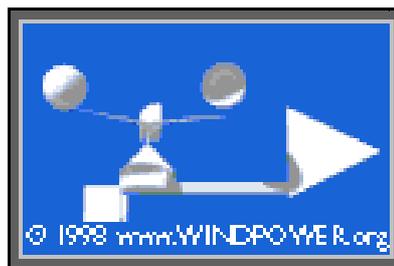


Figura 2.6 Anemómetros

Fuente: © 1998 www.WINDPOWER.org

Realizado por: Santiago Olovacha

Normalmente, el anemómetro está provisto de una veleta para detectar la dirección del viento.

En lugar de cazoletas el anemómetro puede estar equipado con hélices, aunque no es lo habitual.

Otros tipos de anemómetros incluyen ultrasonidos o anemómetros provistos de láser que detectan el desfase del sonido o la luz coherente reflejada por las moléculas de aire.

Los anemómetros de hilo electro calentado detectan la velocidad del viento mediante pequeñas diferencias de temperatura entre los cables situados en el viento y en la sombra del viento (cara a sotavento).

La ventaja de los anemómetros no mecánicos es que son menos sensibles a la formación de hielo. Sin embargo en la práctica los anemómetros de cazoletas son ampliamente utilizados, y modelos especiales con ejes y cazoletas eléctricamente calentados pueden ser usados en las zonas árticas.

## **2.7 Selección para emplazar un aerogenerador**

Para las grandes máquinas ( $P > 100$  Kw), el número de emplazamientos es casi limitado, puesto que el criterio esencial de elección es, el costo de la unidad de energía kilowatt hora (kwh) producida debe ser competitiva con otras fuentes de energía. Es por lo tanto necesaria una gran cantidad de energía potencial y también un previo estudio profundo del viento en diferentes partes del lugar de emplazamiento.

Para pequeñas potencia ( $P < 10$  kW), el número de emplazamientos es también limitado, puesto que el criterio esencial es en este caso es la proximidad al usuario. No es indispensable una gran cantidad de energía potencial.

## **2.8 Perturbaciones del viento con el terreno**

La geografía es un factor muy importante y se debe toma en cuenta los siguientes obstáculos a consideración:

- Colinas de pendientes suaves y cima redondeada es un lugar muy favorable, el incremento de velocidad puede llegar a un 20%.

- Colinas de pendientes fuertes y cima acantilada, lugar provocante de la destrucción del aeromotor en un tiempo breve.
- Peñón, árbol, edificio, casa, etc. Producen mucha turbulencia.

En el suelo las perturbaciones aumentan con el viento.

Siempre que sea posible, se emplazará el aeromotor en lugares no perturbados por los vientos dominantes y en caso contrario a una distancia que depende de la forma del obstáculo y su tamaño.

## 2.9 Obstáculos del viento

Los obstáculos del viento tales como edificios, árboles, formaciones rocosas, etc. pueden disminuir la velocidad del viento de forma significativa y a menudo crean turbulencias en torno a ellos.

Como puede verse en este dibujo de típicas corrientes de viento alrededor de un obstáculo, la zona de turbulencias puede extenderse hasta una altura alrededor de 3 veces superior a la altura del obstáculo. La turbulencia es más acusada detrás del obstáculo que delante de él.

Observe la acusada turbulencia de la circulación de aire corriente abajo.

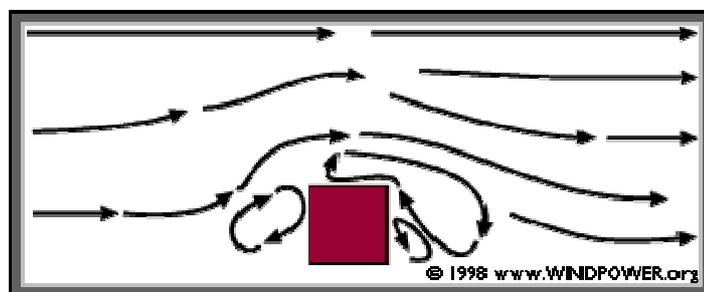


Figura 2.9 Vista lateral de la corriente de viento alrededor de un obstáculo.

Fuente: <http://www.windpower.org/es/tour/wres/obst.htm>

Realizado por: Santiago Olovacha

Así pues, lo mejor es evitar grandes obstáculos cerca de las turbinas eólicas, y en particular si se encuentran en la parte donde sopla el viento dominante, es decir, en frente de la turbina.

Vista superior de la corriente de aire alrededor de un obstáculo

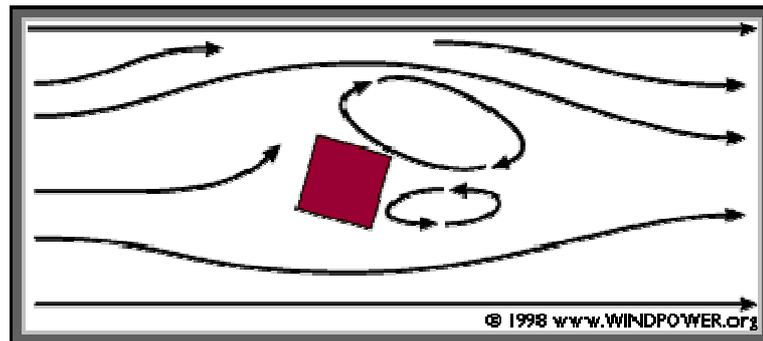


Figura 2.9.1 Vista lateral de la corriente de viento alrededor de un obstáculo.

Fuente: <http://www.windpower.org/es/tour/wres/obst.htm>

Realizado por: Santiago Olovacha

## 2.10 Resguardo tras los obstáculos

Los obstáculos disminuirán la velocidad del viento corriente abajo del obstáculo. Esta disminución depende de la porosidad del obstáculo, es decir, de cómo de abierto sea el obstáculo (la porosidad se define como el área libre dividida por el área total del objeto de cara al viento).

Obviamente un edificio es sólido y no tiene porosidad mientras que un árbol completamente abierto en invierno (sin hojas) puede dejar pasar a su través más de la mitad del viento. Sin embargo, en verano el follaje puede ser muy denso, con lo que puede hacer disminuir la porosidad hasta dejarla en una tercera parte.

El efecto de frenado del viento que un obstáculo produce aumenta con la altura y la longitud del mismo. Obviamente, el efecto será más pronunciado cerca del obstáculo y cerca del suelo.

Cuando los fabricantes y proyectistas calculan la producción de energía de un aerogenerador, siempre tienen en cuenta los obstáculos próximos a la turbina (a menos de un kilómetro en cualquiera de las direcciones más importantes del viento).

## **2.11 Aplicaciones de la energía eólica**

Las aplicaciones de la energía eólica se pueden clasificar, según su ámbito, como aplicaciones centralizadas, caracterizadas por la producción de energía eléctrica en cantidades relativamente importantes, vertidas directamente a la red de distribución, o aplicaciones autónomas, dentro de las que cabe distinguir el uso directo de la energía mecánica o su conversión en energía térmica o eléctrica.

En el marco de las aplicaciones centralizadas, en las que siempre será necesario que la potencia base de la red la proporcione una fuente de energía más estable, cabe destacar dos grandes tipos de instalaciones eólicas:

- Aerogeneradores de gran potencia: se están llevando a cabo experiencias con aerogeneradores en el rango de potencias de los MW con grandes esperanzas, ya que la potencia que se podría instalar sería muy grande.
- Parques eólicos: se trata de centrales eólicas formadas por agrupaciones de aerogeneradores de mediana potencia (alrededor de 100 Kw) conectados entre sí, que vierten su energía conjuntamente a la red; la generalización de estas instalaciones contribuiría a una importante producción de electricidad de origen eólico en el futuro.

Por su parte, las aplicaciones autónomas de máquinas eólicas de pequeña potencia pueden ser rentables en muchos casos, según las condiciones eólicas y las características concretas de las diferentes alternativas que se comparen. Las posibilidades que existen en este ámbito se pueden dividir en tres grupos, según el tipo de energía utilizada en cada caso:

- Energía mecánica: aplicación inmediata en el bombeo de agua por medio de bombas de pistón, de tornillo helicoidal o centrífugo.
- Energía térmica: obtenible a partir de la energía mecánica bien por calentamiento de agua por rozamiento mecánico, o bien por compresión del fluido refrigerante de una bomba de calor.
- Energía eléctrica: aplicación más frecuente, pero que obliga a su almacenamiento o a la interconexión del sistema de generación autónomo con la red de distribución eléctrica

En resumen, las aplicaciones de la energía eólica de forma autónoma están basadas principalmente en las necesidades de pequeñas comunidades o de tareas agrícolas, pudiendo sintetizarse en los siguientes puntos:

- Bombeo de agua y riego.
- Acondicionamiento y refrigeración de almacenes.
- Refrigeración de productos agrarios.
- Secado de cosechas.
- Calentamiento de agua.
- Acondicionamiento de naves de cría de ganado.
- Alumbrado y usos eléctricos diversos

Asimismo resulta de interés el empleo de aerogeneradores para repetidores de radio y televisión, estaciones meteorológicas e instalaciones similares, situadas lejos de las redes eléctricas. En estos casos hay que prever normalmente un sistema de acumulación por baterías para hacer frente a las posibles calmas.

## **2.12 Como aprovechar la energía eólica**

La investigación en este tipo de energía ha crecido muchísimo, a continuación algunos inventos relacionados con la energía eólica que pueden ser de mucha ayuda en la región y en otras instalaciones.

### **2.12.1 El desalinizador eólico**

Con el problema de abastecimiento del agua, qué mejor que un sistema que le quite la sal al agua de mar y que no consuma energía de la red.

Este desalinizador es un sistema que potabiliza el agua mediante la técnica de ósmosis inversa, que la realiza aprovechando la acción del aire. Este tipo de sistemas canalizan a través de un molino la energía eólica, de forma que siempre que sople viento, se potabiliza el agua.

### **2.12.2 Energía eólica en el mar**

Para algunos los aerogeneradores o molinos de viento afean el paisaje en las montañas, así que la solución sería colocarlos en el mar. Ya los hay en las costas, en aguas poco profundas, pero estos están diseñados para flotar en aguas de mar adentro, y aprovechar así los fuertes vientos marinos.

### **2.12.3 Turbinas de viento para edificios**

La energía eólica está dejando de ser cosa de gigantes, con molinos que luchan con Don Quijote. La empresa Green Energy Technologies desarrolló unos túneles de viento que no tienen más de tres metros de alto, y pueden ser colocados en lo alto de edificios o centros comerciales, y tendrían la capacidad de alimentarlos por completo con energía renovable.

### **2.12.4 Puente peatonal con turbinas eólicas**

Otra forma de aprovechar el viento y transformarlo en energía se le ocurrió a Michael Jantzen, que es el inventor del Wind Tunnel Footbridge, puente que aparte de transportar a la gente de un lado a otro de las autopistas funciona como generador de electricidad gracias a sus turbinas de viento.

### **2.12.5 Turbinas de viento para uso hogareño**

La energía eólica solía estar alejada del hogar, al contrario que la solar que uno puede tener acceso con sólo instalar unos paneles en el techo.

Un grupo de ingenieros de Hong Kong han elaborado micro turbinas de viento que pueden generar electricidad con vientos tan lentos como de dos metros por segundo. Son tan pequeñas que pueden ser colocadas en cualquier techo, o incluso en balcones.

## **2.13 El aerogenerador**

Los aerogeneradores, tienen diversas aplicaciones específicas, ya sea eléctricas o de bombeo de agua, mediante el aprovechamiento y transformación de energía eólica en energía mecánica. Se entiende por

energía eólica a los vientos que existen en el planeta producto de fenómenos.

Esta energía, es inagotable, no contamina; y aunque la instalación de uno de estos aparatos es relativamente costosa y morosa, a la larga se sentirán los resultados positivos, especialmente en el campo económico.

### **2.13.1 Historia de los aerogeneradores**

Es importante destacar e interesante algunas fechas dentro de la tecnología eólica y de la utilización de aeromotores.

En el siglo V antes de Cristo se encuentran los primeros aeromotores en Asia: son máquinas de eje vertical iguales a las denominadas panemonas de algunas islas griegas. Más o menos por la misma época, en Egipto se utilizaban molinos de eje vertical para moler grano y bombear agua, también en la zona de Sijistán entre Irán y Afganistán.

Todos estos molinos tenían el mismo principio: transformar la energía eólica en energía para el bombeo de agua y la molturación del grano entre otras.

En el siglo VII después de Cristo se da origen a los primeros modelos rústicos de los clásicos molinos holandeses que hoy en día son mecánicamente sofisticados. O los aeromotores para el bombeo de agua que progresa con la invención de las multipalas en 1870 por los americanos.

Fue en el año 1802 cuando Lord Kelvin trató de asociar un generador eléctrico a un aeromotor para la producción de energía eléctrica.

Hacia el año 1920 la energía eólica obtiene cierto éxito, pues habían trescientos constructores de estos aparatos.

El estudio en los campos de la aerodinámica permitió alcanzar enormes progresos en los aeromotores, esto hasta el año 1961; desgraciadamente en ese año el precio del petróleo bajó, poniendo al kilowatt "eólico" a precios inaccesibles. Todas las máquinas fueron desmontadas y vendidas al precio de chatarra.

Desde el año 1973 ocurre el proceso inverso, impulsando programas de estudio y realización de aerogeneradores. La demanda en países industrializados es mínima. Pero no obstante la demanda en países tercermundistas aumentó de nivel, esto por el obvio bajo costo de producción e instalación de estos aparatos en comparación a las ganancias retribuidas.

### **2.13.2 Distintas clases de aeromotor**

Se definen en general, los aeromotores según la posición de su eje de rotación, con relación a la dirección del viento.

Así se dividen en:

### **2.13.3 Aeromotores de eje horizontal**

#### **➤ Eje paralelo a la dirección del viento**

Son las máquinas más difundidas, y con rendimiento superior a las demás. Incluyen aquellas de 1, 2,3 o 4 palas, además de las típicas múltipalas para el bombeo de agua. Debemos distinguir aquellas de "cara al viento" y aquellas que tiene sus palas situadas de "espalda al viento".

Los aerogeneradores, generalmente van provistos de rotores bipala o tripala (cara al viento), para potencias inferiores a 1 Kw ( $P < 1$  Kw). Y de espaldas al viento para potencias superiores a 1 Kw ( $P > 1$  Kw).

### ➤ **Eje horizontal perpendicular a la dirección del viento**

Los aerogeneradores más significativos de eje perpendicular a la dirección del viento, son el de perfil oscilante y el sistema de captación con palas batientes.

Estos sistemas se han estudiado ampliamente, también se construyeron prototipos; pero presentan más inconvenientes que ventajas; en especial necesitan sistemas de orientación igual a los de eje horizontal paralelo al viento. La recuperación de energía es generalmente complicada y no presenta un buen rendimiento.

#### **2.13.4 Aeromotores de eje vertical**

Son presumiblemente, las primeras máquinas que se utilizaron para la captación de energía eólica, ya que son más sencillas que las de eje horizontal; no necesitan ningún sistema de orientación. Lo que constituye una ventaja constructiva. En funcionamiento las palas, los rodamientos y los ejes, no están sometidos a esfuerzos importantes por cambios de orientación. Son de fácil construcción.

El rendimiento es mediocre (el rotor Savonius un 20% del límite de Betz). No se experimentó un gran desarrollo en estos aparatos existen 3 grandes familias de aeromotores de eje vertical.

### ➤ **Aeromotores Savonius**

Esencialmente utilizan el arrastre diferencial creado por las palas que pueden ser de diversas formas. El par de arrastre es elevado, pero la velocidad máxima es claramente inferior a la de los rotores de eje horizontal.

### ➤ **Aeromotores Darrieus (patent/1931)**

Emplea la sustentación de las palas y están caracterizados por débil par de arranque y velocidad de rotación elevada que permite la recuperación de una gran potencia.

Para mejorar el par de arranque se pueden acoplar otro tipo de rotores haciéndolo mixto (Savonius-Darrieus).

### ➤ **Mixtos**

Este tipo de máquinas son susceptibles de competir con los aeromotores rápidos, bipalas y tripalas de eje horizontal; son objeto de estudio y desarrollo.

#### **2.13.5 Constitución de un aeromotor**

- Un aeromotor de dos o tres palas, provisto de un sistema de regulación, que confiera al rotor una velocidad de rotación estable a partir de cierta velocidad del viento, y un sistema de seguridad destinado a frenar la máquina en caso de tempestad, si el sistema de regulación es inoperante a altas velocidades.
  
- Un generador eléctrico que puede estar:
  - Directamente acoplado al aeromotor. En el caso más sencillo las palas van directamente montadas en el eje del generador.
  
  - Acoplado a un multiplicador, colocado entre el aeromotor y el generador. Se verá que la velocidad de rotación depende del diámetro del rotor y disminuye cuando el diámetro

aumenta. Entonces para tener un buen rendimiento, es necesario aumentar las revoluciones del aeromotor antes de acoplarlo al generador.

- Mecanismo de giro, que permita a la máquina estar siempre orientada en la dirección del viento, cualquiera que sea esta. La energía producida en la parte móvil, se transmite por medio de un dispositivo colector asociado al mecanismo de rotación.
- Cáster o armazón, que envuelva y proteja a todas las piezas del conjunto de los factores climáticos.
- Una cola, en el caso de que la máquina funcione de cara al viento, para obtener una orientación según los movimientos de la masa de aire.

### **2.13.6 Otros componentes de aerogeneracion**

Además de estos componentes básicos se requieren otros componentes para el funcionamiento eficiente y correcto del aerogenerador en base a la calidad de servicio de la energía eléctrica, alguno de ellos son:

- Controlador electrónico: que permite el control de la correcta orientación de las palas del rotor, también en caso de cualquier contingencia como sobrecalentamiento del aerogenerador lo para.
- Unidad de refrigeración: Encargada de mantener al generador a una temperatura prudente.
- Anemómetro y la Veleta: Cuya función están dedicadas a calcular la velocidad del viento y la dirección de este respectivamente.

- Protección contra los rayos: Los aerogeneradores se colocan generalmente en puntos elevados, y además deben ser más altos que los obstáculos de sus alrededores. Por tanto, frecuentemente constituyen los puntos de descarga de electricidad estática durante las tormentas. Aunque, por propia constitución el generador está protegido contra las descargas eléctricas, por estar encerrado en una estructura metálica conectada a tierra (caja de Faraday), la instalación a la que está conectada puede ser destruida por las sobretensiones que se propagan por el cable eléctrico de alimentación colocado entre el aerogenerador y la utilización. El generador eléctrico puede resultar dañado por contracorriente, en caso de que la utilización quede en cortocircuito.
  
- Dispositivos de almacenamiento: Dado que una característica esencial del viento es su discontinuidad en el tiempo, se han realizado diversos estudios destinados a desarrollar sistemas que permitan almacenar la energía producida por el viento y no utilizada directamente durante los períodos de producción a fin de restituir una parte, la mayor posible, durante los días de calma.
  
- Las fuentes de emergencia: Las fuentes de emergencia deben proporcionar energía a la utilización en caso de ausencia de viento o avería en el aerogenerador en algunos casos, no es posible cortar la alimentación de la utilización aunque la batería está totalmente descargada. Un ejemplo pueden ser las estaciones de teletransmisión (teléfono, tele señalización, telecontrol,etc) en el primer caso, una batería de pilas químicas, generalmente alcalinas (potasa) con despolarización por aire, es la solución más adecuada ya que es el tipo de pilas que proporciona la energía eléctrica más económica. Su vida útil, en servicio, es de 3 años y en el segundo caso es necesario utilizar un motor térmico, debiendo distinguir dos tipos: Motores de gasolina para pequeñas potencias (1-2KW) y

utilización poco frecuente y motores diesel para potencias medias (3-20 Kw) y uso más frecuente.

### **2.13.7 Las palas del aeromotor**

Las palas son una parte muy importante del aeromotor. De su naturaleza dependen el buen funcionamiento y la duración de la vida de la máquina, así como su rendimiento.

Hay muchos elementos que caracterizan a las palas:

- Longitud
- Anchura
- Perfil
- Materiales
- Número

Entre estos elementos, algunos se determinan por la hipótesis de cálculo: potencia y par. Por orden de importancia son: longitud, perfil y anchura.

Los otros se eligen en función de criterios tales como: costo, resistencia a las condiciones climáticas de trabajo, etcétera.

### **2.13.8 La longitud de las palas**

El diámetro de las palas está en función de la potencia deseada. La determinación de éste, fija también la frecuencia de rotación máxima, que la hélice no deberá pasar para evitar las tensiones en la punta de las palas, debidas a la fuerza centrífuga, por palas extendidas. Es esencial tener en cuenta la fatiga de las palas y los riesgos de vibraciones, sobre todo para las palas muy largas.

Esta relación determina, en efecto, el rendimiento de la hélice en relación al límite de Betz, según el tipo de máquina.

Además de estas velocidades máximas, la que se elija tener en cuenta la relación entre la velocidad en la punta de la pala y la velocidad del viento natural o real.

### **2.13.9 El perfil**

Se elige función del par deseado, cada perfil proporciona, para el ángulo de ataque óptimo un par función de  $C_z$  y de  $C_x$ , (Despreciable ante  $C_z$  para el ángulo de ataque óptimo).

Cuando ya se ha elegido el perfil y la velocidad de giro para la velocidad nominal del viento, se determina el calaje.

Para la mayoría de aeromotores de mediana y pequeña potencia las palas no están alabeadas, es decir, el ángulo de ataque sólo es óptimo para una sección de la pala, situada entre la mitad y los dos tercios.

Sin embargo, la mayoría de los aeromotores de más de 100 KW tienen las palas alabeadas.

Las características de los perfiles se determinan en el túnel aerodinámico.

Estos datos son constantes estudiadas en especial para la aviación militar y comercial. A Cada perfil se le asocia generalmente el nombre del laboratorio y un número de referencia.

### **2.13.10 Anchura (Longitud de la cuerda del perfil)**

La anchura de las palas no interviene en la potencia del aeromotor, que está en función de la superficie barrida. La anchura interviene en el par de arranque (que son dos fuerzas de igual magnitud y sentido opuesto, cuyas líneas de acción son paralelas pero no coinciden. Estas no producen traslación, el único efecto del par es la rotación) que será mayor cuanto más ancha sea la pala, pero para obtener velocidades de rotación elevadas se prefieren las palas finas y ligeras. Entonces el resultado será un compromiso entre estos dos factores.

### **2.13.11 Materiales**

Contrariamente a lo que se cree frecuentemente, no es la propia aerodinámica en donde está la dificultad, sino en la construcción y la resistencia de los materiales de la pala.

En todos los aeromotores actuales, se está estudiando el método de construcción de las palas que se deben hacer para aumentar la seguridad del funcionamiento, manteniendo los precios, sin que las máquinas se transformen en prototipos eternos que no puedan comercializarse.

Los materiales utilizados en las palas son esenciales tanto como el sistema de regulación, opinamos que son los dos elementos básicos que definen la calidad del aeromotor.

El material utilizado para las palas debe responder en los aeromotores modernos a frecuentes elevaciones de rotación y a otras exigencias, a veces contradictorias:

- Ligeros.
- Perfectamente homogéneo para facilitar la producción en serie.

- Indeformable.
- Resistente a la fatiga mecánica (en particular a las tensiones alternas debidas al funcionamiento de los rotores y las vibraciones)
- Resistente a la erosión y a la corrosión.
- De uso y producción sencillos.
- Costo bastante bajo para que el aeromotor se pueda construir y vender.

#### **2.13.11.1 Madera**

Presenta ciertas ventajas: Es sencilla, ligera, fácil de trabajar y resiste bien la fatiga.

La falta de homogeneidad obliga a los constructores a elegir las palas en función de su masa, la cual puede variar a lo largo del tiempo de diferente manera para dos palas iguales cuando están en servicio.

Estas variaciones de masa y estas deformaciones son el origen de vibraciones destructoras para los aeromotores. El nogal y la haya son las dos maderas más utilizadas en la fabricación de las palas, pero el nogal es una madera escasa, por lo tanto cara, sobre todo si se quieren hacer palas de una longitud superior a 2 metros.

Para conservar las ventajas de la madera y reducir los inconvenientes, se puede recurrir a tratamientos o protecciones de la madera antes o después de hacer la pala:

- Protección contra la humedad por tratamiento hidrófugo.
- Protección del borde de ataque por un perfil pegado (o clavado).
- Protección total por un recubrimiento ligero.
- Por revestimiento sintético duro (resinas de poliéster).
- Por revestimiento de neopreno.

### **2.13.11.2 Metal**

Por lo general en las palas se emplea una aleación ligera con silicio o con magnesio, ya que con estos materiales se pueden obtener costos muy bajos si se producen grandes series (aluminio moldeado, hilado o repujado).

Sin embargo, hay que destacar que el aluminio resiste bastante mal la fatiga, lo cual limita su empleo. También existen materiales ligeros con características mecánicas superiores, pero su costo hace su empleo difícil, materiales sintéticos, resinas, fibras y otros.

Algunos aeromotores funcionan con palas de materiales plásticos pero estos materiales, siendo muy interesantes en ciertos aspectos, como:

- Poco peso.
- Insensibilidad a la corrosión.
- Buena resistencia a la fatiga.
- Presentan ciertos inconvenientes que podrían reducirse.
- Costo elevado.
- Falta de homogeneidad en la construcción; las características dimensionales pueden variar de una pala a otra.

### **2.13.11.3 Palas compuestas**

Las palas con diferentes materiales son una buena solución, en particular para los aeromotores de pequeña y mediana potencia. Ejemplos:

- Aleación ligera + espuma de poliuretano.
- Aleación ligera + poliéster y fibra de vidrio.
- Madera + poliéster.
- Madera + metal.

Las palas son la parte del aeromotor que sin duda tienen que evolucionar más.

#### **2.13.12 Número de palas**

Aeromotor rápido. Generalmente son bipalas o tripalas; el número de palas no tiene influencia en la potencia proporcionada, sino que es función de la superficie barrida por el rotor.

Las máquinas que se construían antes eran generalmente tripalas, pero en la actualidad suelen ser bipalas, aunque sean de pequeña o gran potencia.

Aeromotor con par de arranque elevado. Son las hélices multipalas conocidas por todo el mundo para el bombeo de agua y cuyo par de arranque es proporcional al número de palas y al diámetro. Su rendimiento respecto al límite de Betz es pequeño, puesto que la velocidad de la punta de la pala está limitada, su diámetro máximo es de 8 metros.

#### **2.13.13 Sistemas de protección**

Cualquiera que sea el tipo de aeromotor es necesario, para evitar su destrucción cuando los vientos son demasiados fuertes, que esté provisto de un sistema que permita disminuir las tensiones mecánicas en la hélice.

##### **2.13.13.1 Sistemas de frenado manual**

Es el método más simple para proteger la hélice de la destrucción.

Cuando el viento alcanza una cierta fuerza un operador detiene el rotor con ayuda de un freno, poniéndolo paralelo al viento (en ángulo de

bandera) o modificando el ángulo de calaje de las palas para obtener un par motor nulo (este es el sistema más eficaz).

### **2.13.13.2 Sistemas de frenado automático**

Los medios citados pueden automatizarse mediante la acción del viento sobre un "pala" de mando.

La pala anexa está paralela y es solidaria al plano de rotación de la hélice.

Cuando la presión del viento sobre la pala alcanza un cierto valor, acciona mecánicamente una leva para poner en bandera al rotor o frenar el eje de giro (la presión del viento es proporcional al cuadrado de la velocidad  $V$  y a la superficie de las palas  $S$ ;  $P = KSV^2$ ;  $K \sim 0,9$ ).

El dispositivo precedente puede asociarse a un resorte que ponga en funcionamiento (posición inicial), al aeromotor cuando la velocidad del viento esté por debajo de la velocidad máxima que puede aguantar el aeromotor.

Incluso la acción en este caso puede ser progresiva, en efecto, el ángulo que forma el plano de la hélice con el viento, depende de la presión sobre la pala y la velocidad de rotación disminuiría hasta cero cuando el ángulo pase de  $90^\circ$  a  $0^\circ$ .

Estos sistemas no pueden utilizarse más que con los aeromotores cuya velocidad de giro no debe ser constante. Por otra parte, presentan el gran inconveniente de interrumpir el funcionamiento del aeromotor más allá de una cierta velocidad del viento.

Estos son los sistemas de regulación más utilizados en los aeromotores de bombeo, en los cuales la constancia de la velocidad de giro así como

el rendimiento no son importantes, ya que el agua puede almacenarse fácilmente.

#### **2.13.14 Dispositivo de orientación**

Los aeromotores de eje horizontal necesitan una orientación permanente de la máquina en una dirección paralela a la del viento para disminuir los esfuerzos y las pérdidas de potencia.

Existen muchos dispositivos de orientación, elegidos generalmente de acuerdo con la potencia del aeromotor. Son parte importante del buen rendimiento de la instalación eólica.

Los aeromotores de eje horizontal están sometidos a fuertes esfuerzos durante los cambios bruscos de orientación, originados por los cambios de velocidad y dirección del viento. Estos esfuerzos son mayores cuanto mayores sean las aceleraciones que se producen en un cambio de dirección.

La componente perpendicular al eje de rotación de la hélice es proporcional al cuadrado de la velocidad de giro alrededor del eje principal (en rad/s).

Los cambios de dirección y las variaciones de frecuencia de rotaciones provocadas por las ráfagas son el origen de vibraciones nefastas para el buen funcionamiento del aeromotor.

El sistema de orientación deberá cumplir con la condición necesaria de mantener el rotor cara al viento sin provocar grandes cambios de dirección del rotor cuando se produzcan cambios rápidos de la dirección del viento.

Para los aeromotores de pequeña y mediana potencia, cuya hélice está situada cara al viento, el dispositivo de orientación es una cola, constituida generalmente por una superficie plana (placa metálica o de madera) situada en el extremo de un soporte unido al cuerpo del aeromotor.

La condición antes descrita se obtiene por la determinación de la superficie de la cola sobre la cual se ejerce el par de giro.

Cuando la cola se sitúa en el eje aeromotor, la longitud de soporte juega una función importante, puesto que cuanto más largo sea menos se situará en la zona de turbulencias del aeromotor, originadas por el giro de la hélice.

Para evitar que la cola este situada en la zona de turbulencias debidas a la rotación de la hélice (una distancia igual a 6 o 10 veces el diámetro), algunos constructores, después de haberlo ensayado en túneles aerodinámicos, han equipado a sus aeromotores con colas cuya parte útil está situada fuera de las perturbaciones.

#### **2.13.15 Dispositivo de orientación para aeromotores de cara al viento**

Las colas, que son muy eficaces, son muy difíciles de poner en práctica por causa de su peso y sus dimensiones en los aerogeneradores cuya hélice tenga un diámetro superior a 20 m (dimensión que corresponde a un potencia cercana a los 100 KW para una máquina con una velocidad nominal de 11m/s y un rendimiento del 65% con relación al de Betz).

La mayoría de los aeromotores destinado a instalaciones de pequeña potencia ( $P < 10 \text{ KW}$ ) funcionan con la hélice situada contra al viento y están equipados con la cola orientadora como es nuestro caso.

Los aeromotores cuyo diámetro es superior a los 20 metros funcionan generalmente con la hélice a favor del viento, es decir, con ésta detrás de la torre de sustentación. Desgraciadamente, éste sistema de orientación implica un funcionamiento de la hélice que crea esfuerzos periódicos destructivos.

### **2.13.16 El generador eléctrico**

El aeromotor puede accionar directamente o indirectamente (a través de un multiplicador), dos tipos de generador eléctrico:

- Generador de corriente continua (dínamo)
- Generador de corriente alterna (alternador)

Estos transformarán la energía mecánica en energía eléctrica, teniendo en cuenta las pérdidas ocurridas dentro el generador.

La fórmula de la transformación de energía es:

$$I = Cu * 20 * n$$

$Cu$  = Par del aeromotor (N\*m)

$N$  = Velocidad de rotación (rpm)

$I$  = Corriente proporcionada por el aerogenerador a una tensión  $U$

#### **2.13.16.1 Generador de corriente continúa (Dínamo)**

La máquina está formada por dos partes bien diferenciadas:

- El circuito magnético (bobina de inducción) que crea un campo de inducción en el entrehierro y recibe el nombre de inductor.

- El bobinado de inducido en el que se recupera la energía eléctrica producida por la rotación del rotor accionado por el aeromotor.

Para recuperar esta energía, el inducido va provisto de un colector, que en la mayoría de los casos va provisto por dos sectores aislados de 180.

Dos escobillas, situadas una frente a otra, se ponen en contacto sucesivamente con el sector A después con el sector B, lo que permite que la corriente circule siempre en el mismo sentido en la utilización. En realidad, el colector consta de un gran número de sectores, que corresponden a otros tantos conductores, pero su papel es el mismo: hacer circular una corriente de igual sentido por todos los conductores de un mismo polo.

Si se considera que ese flujo producido por la bobina de excitación es constante (máquina compensada), la corriente proporcionada es proporcional a la velocidad de rotación. La relación entre la tensión en bornes de la máquina y la corriente es:

$$u = E - R \cdot i$$

E= Fuerza electromotriz de la dínamo.

R= Resistencia de inducido.

I= Corriente suministrada a la carga.

### **2.13.16.2 Generador síncrono de corriente alterna**

La máquina consta de las siguientes partes.

- La bobina de excitación que crea el campo magnético en el cual el entrehierro es móvil, es el rotor accionado por el aeromotor. Puede ser de dos tipos:

- Bobinado alimentado por dos colectores continuos en los que la corriente circula siempre en el mismo sentido.
- Rotor de imanes permanentes, con lo que se suprimen escobillas y colectores, que pueden ser causa de averías.
- El inducido, en el que se recupera la energía, solidario a la carcasa, y conectado a la utilización. Este al estator, y puede ser monofásico o trifásico. El trifásico permite obtener una tensión alterna casi sinusoidal (curva representativa de los valores del seno) y, por tanto, mejor rendimiento.

### **2.13.16.3 Ventajas e inconvenientes**

El principal inconveniente de la dínamo es la presencia de escobillas y colectores, que requieren un mantenimiento periódico. Por otra parte, el dínamo es más pesado y más caro que un generador de corriente alterna.

Pero no necesita ningún dispositivo complicado para la carga de baterías.

Un simple diodo, (válvula de vacío termiónica formada por dos electrodos; conectada a un circuito permite el paso de la corriente en un solo sentido), que soporte la intensidad nominal del dínamo, será suficiente para evitar que la batería pueda ser cortocircuitada por el inducido, cuando esté parado.

El alternador, principalmente del tipo de rotor de imanes permanentes, presenta muchas ventajas. Su mantenimiento es nulo debido a la total ausencia de piezas en rozamiento. Para una misma potencia es más ligero y económico.

Pero debe girar a una velocidad más elevada y más estable que la dínamo (en general 3000 rpm) y además requiere un rectificador para la carga de baterías. A pesar de los inconvenientes propios de alternador, su utilización está generalizada, excepto para aeromotores de pequeña potencia, en los que la estabilidad de la velocidad de rotación no es suficiente.

### **2.13.17 Máquina sin multiplicador o con multiplicador**

#### **2.13.17.1 Máquinas sin multiplicador**

El generador eléctrico está siempre colocado en la parte móvil de la máquina. La energía eléctrica se transmite al soporte fijo mediante un conjunto de colectores y escobillas, generalmente sobredimensionados para evitar pérdidas inútiles por resistencia en los contactos demasiado elevada.

#### **2.13.17.2 Máquinas con multiplicador**

En este caso, puede estudiarse la solución del multiplicador colocado en la base, sobre todo para la recuperación de la energía mecánica. El multiplicador tiene entonces dos ejes perpendiculares, el eje horizontal y el vertical. Pero los problemas de estancamiento en el eje vertical son graves. En el caso de recuperación de energía eléctrica, interesa siempre utilizar el sistema de colectores escobillas.

Se comprobó que el empleo de alternadores obliga a utilizar un multiplicador.

Efectivamente, los rotores de diámetro superior a los 5 metros, tienen velocidades de rotación demasiado bajas (<200rpm) para poder accionar directamente un alternador clásico. Por tanto, para estas máquinas, es

imprescindible intercalar un multiplicador entre el aeromotor y el generador.

Hay tres tipos de multiplicador que pueden utilizarse con los aeromotores:

- El más sencillo es el multiplicador de engranajes, de uno o varios ejes de ruedas dentadas cilíndricas. Es económico, pero de construcción embarazosa para conseguir relaciones de multiplicación elevadas.
- El empleo de trenes planetarios permite obtener multiplicaciones elevadas en un espacio reducido. La repartición de pares y esfuerzos entre varios satélites, así como la disposición coaxial, (perteneciente al eje o concerniente a él), de los ejes de entrada y salida facilitan una construcción compacta y relativamente ligera.
- El reductor de acoplamiento cónico, permite disponer el eje de salida perpendicular al de entrada.

En todos los casos, los dientes helicoidales aseguran un mejor rendimiento y también un funcionamiento más silencioso.

## 2.14 Torres para aerogeneradores



Figura 2.14 Torres de aerogeneradores

Fuente: Torres de aerogeneradores, Navarra (España) Foto Soren Krohn © 1999 DWIA

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

En los grandes aerogeneradores las torres tubulares pueden ser de acero, de celosía o de hormigón. Las torres tubulares tensadas con vientos sólo se utilizan en aerogeneradores pequeños (cargadores de baterías, etc.).

#### **2.14.1 Torres tubulares de acero**

La mayoría de los grandes aerogeneradores se entregan con torres tubulares de acero, fabricadas en secciones de 20-30 metros con bridas en cada uno de los extremos, y son unidos con pernos "in situ". Las torres son tronco-cónicas (es decir, con un diámetro creciente hacia la base), con el fin de aumentar su resistencia y al mismo tiempo ahorrar material.



Figura 2.14.1 Torres tubulares de acero

Fuente: Fuente: Foto © NEG-Micon A/S 1998

Realizado por: Santiago Olovacha

#### **2.14.2 Torres de celosía**

Las torres de celosía son fabricadas utilizando perfiles de acero soldados.

La ventaja básica de las torres de celosía es su costo, puesto que una torre de celosía requiere sólo la mitad de material que una torre tubular sin sustentación adicional con la misma rigidez. La principal desventaja de este tipo de torres es su apariencia visual (aunque esa cuestión es claramente debatible). En cualquier caso, por razones estéticas, las torres de celosía han desaparecido prácticamente en los grandes aerogeneradores modernos.



Figura 2.14.2 Torres Celosía

Fuente: Foto © Nordex A/S 1998

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

### 2.14.3 Torres de mástil tensado con vientos

Muchos de los aerogeneradores pequeños están contruidos con delgadas torres de mástil sostenidas por cables tensores. La ventaja es el ahorro de peso y, por lo tanto, de costo. Las desventajas son el difícil acceso a las zonas alrededor de la torre, lo que las hace menos apropiadas para zonas agrícolas. Finalmente, este tipo de torres es más propenso a sufrir actos vandálicos, lo que compromete la seguridad del conjunto.



Figura 2.14.3 Torres mástil tensados con vientos

Fuente: Foto Søren Krohn © 1999 DWIA

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

#### **2.14.4 Soluciones híbridas**

Algunas torres están hechas con diferentes combinaciones de las ya mencionadas. Un ejemplo es la torre de tres patas Bonus de la fotografía, de la que podría decirse que es un híbrido entre una torre de celosía y una torre tensada con vientos.



Figura 2.14.4 Torres Híbridas

Fuente: Foto © Bonus Energy A/S 1998

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

#### **2.14.5 Consideraciones de costos**

Generalmente, el precio de la torre de la turbina eólica supone alrededor de un 20 por ciento del coste total de la turbina. Para una torre de unos 50 metros, el costo adicional de otros 10 metros es de unos 15.000 dólares americanos. Por lo tanto, es bastante importante para el costo final de la energía construir las torres de la forma más óptima posible.

#### **2.14.6 Consideraciones aerodinámicas**

Generalmente, es una ventaja disponer de una torre alta en zonas con una elevada rugosidad del terreno, dado que la velocidad del viento aumenta conforme nos alejamos del suelo.

Las torres de celosía y las de mástil tensado con vientos tienen la ventaja de ofrecer menos abrigo que una torre maciza.

#### 2.14.7 Consideraciones de dinámica estructural

Las palas de rotor de turbinas con torres relativamente cortas estarán sometidas a velocidades de viento muy diferentes (y, por lo tanto, a diferente flexión) cuando la pala se encuentre en su posición más elevada y en su posición más baja, lo que provoca un aumento de las cargas de fatiga en la turbina.

#### 2.14.8 Elección entre torres

Obviamente, obtendrá más energía de una turbina más grande que de otra pequeña, pero eso observando a los tres aerogeneradores de abajo, que son de 225 Kw, 600 Kw y 1500 Kw, respectivamente, y con diámetros de rotor de 27, 43 y 60 metros, observará que las alturas de las torres también son diferentes.



Figura 2.14.8 Torres altas y bajas

Fuente: Foto © Bonus Energy A/S 1998

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

Claramente, un rotor de 60 metros de diámetro no podrá ser instalado sobre una torre de menos de 30 metros. Pero si consideramos el costo de un gran rotor y un gran generador y multiplicador, sería seguramente un desperdicio instalarlos sobre una torre pequeña, ya que se dispone de

velocidades de viento mucho más altas y, por lo tanto, de mucha más energía con una torre alta. Cada metro de torre cuesta dinero, por supuesto, por lo que la altura óptima de la torre es función de:

- Coste por metro de torre (10 metros más de torre le costarán actualmente alrededor de 15.000 dólares americanos).
- Cuánto varían los vientos locales con la altura sobre el nivel del suelo, es decir, la rugosidad promedio del terreno local (las grandes rugosidades van mejor con una torre alta).
- El precio que el propietario de la turbina obtiene por un kwh adicional de electricidad.

Los fabricantes suelen servir máquinas donde la altura de la torre es igual al diámetro del rotor per solo se podría aplicar donde no existan obstáculos y un buen flujo de aire.

## **2.15 Métodos de unión para las torres**

### **2.15.1 La soldadura**

Procedimiento por el cual dos o más piezas de metal se unen por aplicación de calor, presión, o una combinación de ambos, con o sin al aporte de otro metal, llamado metal de aportación, cuya temperatura de fusión es inferior a la de las piezas que se han de soldar.

La mayor parte de procesos de soldadura se pueden separar en dos categorías: soldadura por presión, que se realiza sin la aportación de otro material mediante la aplicación de la presión suficiente y normalmente ayudada con calor, y soldadura por fusión, realizada mediante la aplicación de calor a las superficies, que se funden en la zona de

contacto, con o sin aportación de otro metal. En cuanto a la utilización de metal de aportación se distingue entre soldadura ordinaria y soldadura autógena. Esta última se realiza sin añadir ningún material. La soldadura ordinaria o de aleación se lleva a cabo añadiendo un metal de aportación que se funde y adhiere a las piezas base, por lo que realmente éstas no participan por fusión en la soldadura. Se distingue también entre soldadura blanda y soldadura dura, según sea la temperatura de fusión del metal de aportación empleado; la soldadura blanda utiliza metales de aportación cuyo punto de fusión es inferior a los 450 °C, y la dura metales con temperaturas superiores.

El tipo de soldadura más adecuado para unir dos piezas de metal depende de las propiedades físicas de los metales, de la utilización a la que está destinada la pieza y de las instalaciones disponibles. Los procesos de soldadura se clasifican según las fuentes de presión y calor utilizadas.

### **2.15.2 Pernos**

Consiste en una pieza de hierro u otro metal, con una característica larga, cilíndrica, con cabeza redonda por un extremo y asegurada con tuerca o un remache por el otro, que se usa para afirmar piezas de gran volumen.

### **2.16 Revestimientos anticorrosivos para las torres**

La finalidad de los revestimientos anticorrosivos es interrumpir la reacción a la corrosión. Esto se hace aislando el ánodo o el cátodo del resto de la celda de la corrosión. Los revestimientos se dividen en cuatro grupos<sup>3</sup>:

- Tratamiento químico.

---

<sup>3</sup> LACKLAND AIR FORCE BASE, TEXAS

- Revestimiento metálico.
- Películas anódicas.
- Y revestimientos orgánicos.

### **2.16.1 Tratamientos químicos**

Los metales pueden tratarse con soluciones químicas adecuadas en condiciones controladas para formar revestimientos anticorrosivos en la superficie.

Estos revestimientos se conocen como revestimientos de conversión porque durante el tratamiento químico el metal de la superficie se convierte en un compuesto metálico. De esta manera se crea una capa superficial que físicamente es una parte integral del metal subyacente.

Este revestimiento superficial aísla el metal subyacente evitando así el contacto eléctrico con el electrolito y el área catódica.

### **2.16.2 Revestimientos metálicos**

Es el procedimiento de recubrir la superficie metálica con otro metal. Esto se hace mediante el electro chapeado, el baño en metal caliente o el revestimiento en acero inoxidable. La protección consiste en asilar el metal base del electrolito.

### **2.16.3 Películas anódicas**

Son revestimientos de óxido aplicados por medios electrolitos. Son superiores a los revestimientos de conversión en cuanto al desgaste. El revestimiento generalmente es poroso y se sella mediante un tratamiento químico compatible.

#### **2.16.4 Revestimientos orgánicos**

Son generalmente pinturas, barnices, lacas, esmaltes, aceites y ceras. Los revestimientos orgánicos se usan para proteger las superficies de metal principalmente contra la corrosión atmosférica. El método de protección consiste en asilar la superficie de metal de los electrolitos productores de humedad. Las superficies metálicas con frecuencia se tratan químicamente antes de aplicarse el revestimiento orgánico para reforzar la resistencia a la corrosión.

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1 Preliminares**

Mediante este trabajo se busca proponer la alternativa de generar energía eléctrica a través del ensamblaje de un aerogenerador con todo su sistema adecuado para generar electricidad propia a pequeña escala en nuestra institución, aplicando conocimientos adquiridos en el establecimiento, para así de esta manera ser partícipes en la conservación del medio ambiente, así también se busca investigar y aprender cómo se puede aprovechar la energía eólica presente en nuestro medio, además comprender como está formado un aerogenerador y que complementos se debe utilizar para aprovechar dicha energía.

#### **3.2 Constitución del aeromotor de 300 W**

El aeromotor está constituido por las siguientes partes:

- El aeromotor tres palas, provisto de un sistema de regulación electrónico que confiere al rotor una velocidad de rotación estable a partir de cierta velocidad del viento, y un sistema de seguridad destinado a frenar la máquina en circunstancias de peligro.
- Un generador eléctrico que está conectado directamente y acoplado al aeromotor.
- Mecanismo de giro, para estar orientada en la dirección al viento.
- Chasis, que envuelve y protege a todas las piezas del conjunto de los factores climáticos.

- Una cola por ser una máquina cara al viento, para obtener una orientación según los movimientos de la masa de aire.

### **3.3 Descripción de las palas**

#### **3.3.1 Las palas del aeromotor**

Las palas cumplen una función muy importante y dependen el buen funcionamiento y la duración de la vida de la máquina, así también de su rendimiento.

Los elementos principales que debemos tener en cuenta en las palas de un aeromotor son:

- Longitud
- Anchura
- Perfil
- Materiales
- Número

La longitud de la palas de el aeromotor de 300W que se instaló en el ITSA forma un diámetro de 2.2 m esta realizado en fibra de vidrio con resina, siendo tripala con un perfil de la serie de NACA debido a que los últimos aerogeneradores utilizan este perfil por sus estudios de factibilidad según el fabricante.

#### **3.4 Sistema de protección utilizado**

Cualquier aeromotor debe estar provisto de un sistema de protección para evitar su destrucción cuando los vientos son demasiados fuertes, a través de un sistema que permita disminuir las tensiones mecánicas en la hélice.

### **3.4.1 Sistemas de frenado automático**

El sistema utilizado es a través del auto controlador FKJ – A.

El auto controlador FKJ – A simplifica indicaciones, es de fácil operación, tiene una función de auto - protección en caso de conexión incorrecta de baterías. La turbina de viento se apaga automáticamente cuando el voltaje de la batería llega a 125 %; y puesta en marcha automáticamente cuando el voltaje baja a 108 %.

Este sistema está corriendo, regularmente, y fiablemente, trabajando sin peligro eficientemente y tiene una larga vida de trabajo.

### **3.5 Dispositivo de orientación**

El dispositivo de orientación se colocó debido a que la máquina necesita una orientación permanente en una dirección paralela a la del viento para disminuir los esfuerzos y las pérdidas de potencia.

El dispositivo de orientación utilizado es de cara al viento, estas colas que son muy eficaces, son muy difíciles de poner en práctica por causa de su peso y sus dimensiones en los aerogeneradores, está fabricada de metal en acero inoxidable para evitar la corrosión debido a estar expuesta a la intemperie.

### **3.6 Generador de corriente continúa**

Está formada por las siguientes dos partes:

- El circuito magnético (bobina de inducción) que establece un campo de inducción en el entrehierro y toma el nombre de inductor.

- El bobinado del inducido en el que se rescata la energía eléctrica causada por la giro del rotor accionado por el aeromotor.

Para recobrar esta energía, el inducido va dotado de un colector, que en general de los casos va provisto por dos divisiones aisladas de 180°.

- Dos escobillas, situadas una cara a otra, se ponen en contacto continuamente con el sector A después con el sector B, lo que permite que la corriente transite siempre en el mismo sentido.
- El colector consta de un gran número de sectores, que corresponden a otros tantos conductores, pero su función es hacer circular una corriente de igual sentido por todos los conductores de un mismo polo.

### **3.7 Máquina sin multiplicador**

El generador eléctrico está situado en el eje móvil de la máquina. La energía eléctrica se transfiere al soporte fijo a través de un conjunto de colectores y escobillas, habitualmente sobredimensionados para obviar pérdidas inservibles por resistencia en los contacto.

### **3.8 Selección del lugar para instalar un aerogenerador en el ITSA**

Para todo tipo de aeromotor la elección del emplazamiento es un elemento determinante, los parámetros varían según la potencia del aeromotor.

Entendiendo que este trabajo tiene como finalidad presentar una alternativa razonable de tipo energética a la zona, y sabiendo que la extensión de la provincia de Cotopaxi está en la sierra ecuatoriana en

donde existe un cordón montañoso con presencia de un flujo de aire considerable. El aerogenerador proyectado es de tipo general es decir este puede ser instalado en cualquier punto favorable, entre la cordillera de los Andes previo a un estudio de velocidad del viento.

Existen algunos aparatos para esta medición, pero el más utilizado es el anemómetro de cazoletas cuya rotación es más rápida cuanto mayor sea la velocidad del viento, hallándose en un registrador eléctrico que genera datos lineales estos instrumentos ha sido utilizados en la estación meteorológica de la base aérea Cotopaxi donde se obtuvo datos meteorológicos acerca del potencial eólico que es un parámetro primordial que se coloco como anexo C.

Dada la geografía del ITSA que es una área educativa compuesta por árboles, laboratorios, canchas, etc. Teóricamente se busco el área más alta del sector siento el edificio y donde los vientos más predominan por su ubicación, se pudo afirmar que este lugar es muy apto para la recuperación eólica en cualquier punto de su extensión; esto desde el punto de vista teórico por ser el lugar más alto del sector como se muestra a continuación, cabe recalcar que si existen aerogeneradores colocados sobre edificios en otros países.

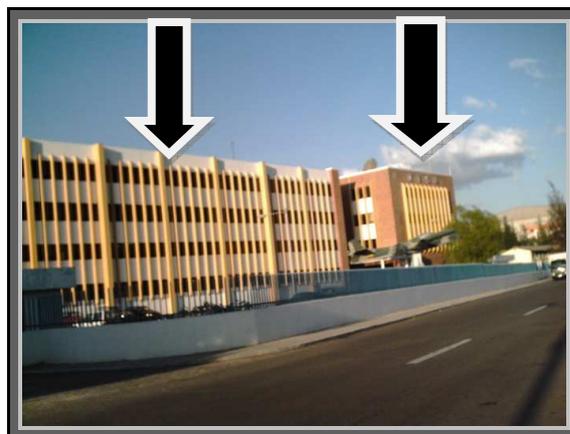


Figura 3.8 Exteriores del ITSA

Fuente: Santiago Olovacha Toapanta

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

### 3.9 Cálculos de torre de soporte

El empuje en la parte superior del soporte es debido principalmente al arrastre del rotor, sobre todo si el sistema de regulación empleado es de arrastre máximo cuyo valor es:

$$T = C_x \left[ \frac{1}{2} (\delta)(v)^2 (s) \right]$$

Tomado de la tesis Generadores eólicos de electricidad -  
Monografias\_com

Donde:

T= Empuje en la parte superior del soporte (newtons)

$\delta$  = Masa volumétrica o densidad del aire en Latacunga (1,4 kg/m<sup>3</sup>)

S=Superficie barrida por el rotor.

V=Velocidad del viento.

C<sub>x</sub>= Coeficiente de empuje.

Reemplazando:

S = 2.52m → Barrido del rotor de 300W

V = 17.5 m/s → Velocidad máxima de viento en la base aérea Cotopaxi.

C<sub>x</sub> = 0,025

$$T = 0.025 \left[ \frac{1}{2} \left( 1.4 \frac{Kg}{m^3} \right) \left( 17.5 \frac{m}{s} \right)^2 (2.52m^2) \right]$$

Resultado

T = 13.51 N

### 3.9.1 Coeficiente de esbeltez

Se procedió a la esbeltez mecánica, también denominada esbeltez, es una característica mecánica de las barras estructurales o prismas mecánicos que relaciona la rigidez de la sección transversal de una pieza prismática con su longitud total. Se caracteriza por un parámetro a dimensional que interviene en el cálculo de las tensiones y predice las inestabilidades elásticas de las barras que viene dada por<sup>4</sup>:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{f_y}}$$

Donde:

$C_c$  = Coeficiente de esbeltez

$E$  = Resistencia del acero A36

$F_y$  = Modulo de la elasticidad

Reemplazando:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 29000KSI}{50KSI}} = 107$$

Se ha considerado seleccionar una torre de sección circular debido a las bondades aerodinámicas que presenta y que viene dada por la siguiente ecuación:

$$\frac{KL}{r} = 100 \rightarrow \text{Sección de circunferencia}$$

Tomado del diseño de estructuras de acero, parte I, Roberto Arellano.

Donde:

---

<sup>4</sup> Roberto Arellano

K=Constante

L= Longitud del tubo de estudio

R = Radio de giro.

### 3.9.2 Factor se seguridad

Formulado por la siguiente ecuación.

$$FS = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left( \frac{KL}{r} \right) - \frac{1}{8} \left( \frac{KL}{r} \right)^3$$

Tomado de la guía de resolución de estructuras metálicas, Ing Juan Garcés, Ing. Diego Vargas, UTA

Donde:

Fs= Factor de seguridad.

Reemplazando:

$$Fs = \frac{5}{3} + \frac{3}{8} \left( \frac{100}{107} \right) - \frac{1}{8} \left( \frac{100}{107} \right)^3$$

Fs= 1.9125

### 3.9.3 Esfuerzo admisible

Formulado por la siguiente ecuación.

$$Fa = \left( 1 - \frac{\left( \frac{KL}{r} \right)^2}{2Cc^2} \right) \frac{Fy}{Fs}$$

Tomado de la guía de resolución de estructuras metálicas, Ing Juan Garcés, Ing. Diego Vargas, UTA

Reemplazando

$$Fa = \left( 1 - \frac{100^2}{2 \times 107^2} \right) \frac{50}{1.9125}$$

$$Fa = 14.71 \text{ KSI}$$

### 3.9.4 Carga total del aerogenerador

La carga total para una torre se debe tomar en cuenta el peso total del rotor más la tensión que producirá en funcionamiento.

$$P = W + T$$

W = peso del rotor (45 kg)

$$T = 13.51 \text{ N}$$

Transformación a una sola unidad de fuerza.

$$T = \frac{13.51 \text{ N}}{9.8 \text{ N}} \left| \frac{1 \text{ kg}}{1 \text{ kg}} \right| \left| \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} \right| = 3.03 \text{ lb}$$

$$W = \frac{45 \text{ kg}}{1 \text{ kg}} \left| \frac{2.2 \text{ lb}}{1 \text{ kg}} \right| = 99 \text{ lb}$$

Por lo tanto el peso y las fuerzas en los diferentes ejes son los siguientes:

Para el eje X = 3.03 lb → carga producida directamente por el arrastre de viento sobre el área barrida del rotor tomando datos de parámetros de un día soleado en la ciudad de Latacunga porque ahí hallamos la densidad y velocidad mas alta.

Para el eje y = 99 lb → carga producida por el peso del aerogenerador.

Por lo tanto para el presente estudio se tomo en cuenta estas dos descomposiciones de cargas que actúan sobre la columna estructural.

### 3.9.5 Calculo del área por sección

La ecuación es:

$$A_s = \frac{P}{Fa}$$

Donde:

$A_s$  = Área por sección.

P= Carga total aplicada sobre la superficie tubular.

Reemplazando

$$A_s = \frac{101lb}{14.71 \times 1000 \frac{lb}{p \text{ l g}^2}}$$

$$A_s = 0.00686 p \text{ l g}^2$$

Transformando a otras unidades.

$$A_s = 0.0442 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 4.429 \text{ mm}^2$$

### Área de la sección utilizando radio exterior

$$A_E = \pi r^2$$

$A_E$  = área de la sección

$\pi$  = valor constante (3.1416)

r = radio

Reemplazando

$$A_E = \pi (3.81 \text{ cm})^2$$

$$A_E = 45.6 \text{ cm}^2$$

### Área de la sección utilizando radio interior

$$A_I = \pi r^2$$

Reemplazando

$$A_I = \pi (3.81 \text{ cm} - 0.3 \text{ cm})^2$$

$$A_I = 38.7 \text{ cm}^2$$

## Área sección

$$A_s = A_E - A_I$$

Reemplazando

$$A_s = 45.6 \text{ cm}^2 - 38.7 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 6.9 \text{ cm}^2$$

En conclusión se llegó a tener que el tubo de acero A36 encontrado en el mercado con las características de 3 plg de diámetro y un espesor de 3mm satisface y sobra características técnicas de construcción para este uso. Entonces este tubo estructural se dará uso sin ningún tipo de problema como soporte para el aerogenerador,

### 3.9.6 Cálculo de tensores y esfuerzos

Cálculos para colocar los tensores y esfuerzos que soporta la columna.

Para el siguiente cálculo, tomaremos en cuenta los siguientes datos:

La velocidad del viento máximo en la ciudad de Latacunga es de 17.5 m/s, dado por las tablas meteorológicas como podemos revisar el anexo C, anteriormente se ha calculado el empuje en la parte superior de la columna que es de 13.51N con datos diarios reales en condiciones normales, para un diseño como es nuestro caso se debe tomar en cuenta los fenómenos naturales extremos que esta directamente atentando contra nuestra estructura como es rafagas de viento, sismos, huracanes, etc. todos estos parámetros se debe considerar, por lo tanto hay que aplicar un factor de seguridad que este va de acuerdo al criterio del profesional y a las características del lugar, entonces se ha decidido trabajar con un factor de seguridad de 5 para la carga viento sobre las

hélices del generador teniendo así 15.15 lb que es la fuerza en la absisa mientras que el peso del aerogenerador es igual a 99lb.

La carga p1 es decir la carga en el eje x, origina esfuerzos de corte en la unión entre el aerogenerador y el tubo (columna) de soporte, este será:



Figura 3.9.6 Torre con tensores  
 Fuente: Santiago Olovacha Toapanta  
 Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

$$\tau = \frac{P}{A}$$

Donde:

$\tau$  = Esfuerzo de corte.

P = Carga en el eje X.

A= Área de la columna.

Remplazando:

$$\tau = \frac{15.15lb}{1.065in^2}$$

$$\tau = 14.225 \frac{lb}{in^2}$$

$$A = \pi(r^2)$$

$$A = \pi(1.5in)^2$$

$$A_{Ext} = 7.065in^2$$

$$A = \pi(1.5in - 0.118in)^2$$

$$A_{Int} = 6in^2$$

$$A = 1.065$$

El parámetro encontrado del esfuerzo cortante esta dentro de régimen de carga del material acero ASTM A36 que es el utilizado para este soporte.

En cuanto a los esfuerzos normales generados en el tubo de soporte son de:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Donde:

$\sigma$  = Esfuerzo normal.

P= Carga en el eje Y.

$$\sigma = \frac{99lb}{1.065in^2}$$

$$\sigma = 92.957 \frac{lb}{in^2}$$

También se encuentra dentro de los parámetros aceptables por las tablas de propiedades de los materiales,

El área de la base de esta estructura, corresponde a:

$$P(y)=99lb$$

$$P(x)=15.15lb$$

$$PC = \sqrt{(99lb)^2 + (15.15lb)^2}$$

$$PC = 100.152lb$$

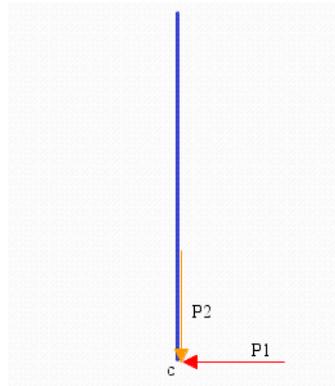


Figura 3.9.6.1 Fuerzas en la base.

Fuente: Santiago Olovacha Toapanta

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

Si trabajamos con el valor del esfuerzo axial que es perpendicular a la superficie base y axial al eje de construcción, el valor del área se lo puede calcular:

$$A = \frac{P}{\sigma}$$

Donde:

$$P = PC$$

$$A = \frac{100.152lb}{92.952 \frac{lb}{in^2}}$$

$$A = 1.077 \text{ in}^2$$

Esta área corresponde a la sección donde la carga se está aplicando y generando el valor de esfuerzo máximo, anteriormente calculado. La placa base debe ser de 60cm x 60 cm esos se sugiere dado el volumen del aerogenerador y se encuentra con una sobredimensión para

garantizar por criterio de que el sistema tenga una buena sección de asentamiento. Sin embargo esto es fruto de estudios de ingeniería civil.

Según el análisis de fuerzas, tenemos el presente diagrama de cuerpo libre:

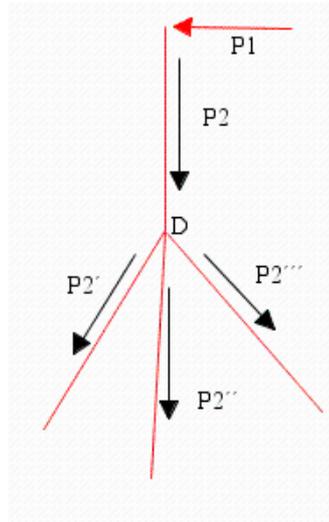


Figura 3.9.6.2 Diagramas de fuerzas.

Fuente: Santiago Olovacha Toapanta

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

El ángulo de los tensores referente al tubo (eje "y") debe ser de  $30^\circ$  de tal forma que entre los tensores se forme un tetraedro equilátero, para que la estructura de la base del aerogenerador esté bien soportada.

$$P2', P2'', P2''' = 100.152/3 \text{ Lb.} \cdot \text{sen}30^\circ$$

Así: en el punto D:

$$\sum MD = C$$

$$PD = 100.152 \text{ lb}$$

$P2 = 16.692 \text{ Lb}$ , tomando matemáticamente y considerando que  $P2$  tiene una carga fija, pero como tenemos que la carga producida en el eje x es directamente por el viento  $15.15 \text{ lb}$  debido a que el flujo de aire varía con

su dirección de impacto, además el aerogenerador gira para tomar la mayor cantidad de flujo de aire, con este valor, podemos calcular el esfuerzo normal en los tensores, conocemos que según la carga y por tablas de fabricante un cable que asegura la correcta sujeción de el sistema de aerogeneración es de 4mm, por lo tal la sección será:

$$A = \pi(0.078in)^2$$

$$A = 0.0191in^2$$

El esfuerzo es:

$$\sigma = \frac{16.692lb}{0.0191in^2}$$

$$\sigma = 873.926 \frac{lb}{in^2}$$

Por lo tanto está dentro de parámetros permisibles por el fabricante de los tensores, lo cual garantiza la vida útil de los mismos.

### **3.10 Selección torre de soporte**

Los aeromotores de pequeña y mediana potencia, pueden estar colocados en dos tipos de soporte:

- Soportes autos portantes.
- Estructura metálica.
- Tubulares.
- De hormigón.
- Soportes atirantados.
- Estructura metálica.
- Tubulares.

Siempre que el terreno lo permita, es aconsejable utilizar un soporte atirantado basculante, que facilite el mantenimiento del aeromotor y del mismo soporte, en el suelo y por tanto con una mayor comodidad y sin peligro.

Empleando elementos tubulares, muy utilizados en los circuitos de distribución, la construcción de un soporte de hasta 15m es simple y menos costoso que el soporte auto portante.

Debe realizarse un atirantamiento con tres o cuatro vientos, inclinados a  $60^\circ$  entre cable de acero galvanizado, y de forma que el punto de anclaje sobre el soporte sea lo suficientemente bajo para no impedir el giro del rotor en conclusión se usó tres cables, La unión de los cables al suelo, debe hacerse a través de tensores que permitan regular la tensión de cada cable.

Cualquiera que sea el tipo de soporte utilizado, hay que tener en cuenta:

- La protección contra la corrosión.
- La facilidad de montaje y desmontaje de la máquina.
- Los riesgos de formación de hielo, si fuese el caso.

### **3.11 Construcción de la torre**

La construcción de la torre se llevo a cabo mediante el ensamblaje de un tubo de acero A36 que se procedió a unir mediante soldadura utilizando electrodos E6011 con un amperaje de 150, para fijar el tubo contra la placa de hierro dulce que es la base que une la superficie con el tubo a través de pernos, tuercas y arandelas, los pernos utilizados fueron los de tipo auto ajustables que a través de un taladro se introdujeron en la loza del edificio.

Para ayudar a soportar cargas de pandeo se colocó cuatro rompe vientos entre el tubo y la placa a través de soldadura.

Para evitar la corrosión se utilizó un recubrimiento orgánico a través de una pintura aplicando toda la estructura.

Para que la torre trabaje más a fuerza de compresión, se colocó tres tensores distanciados proporcionalmente y evitar esfuerzos de flexión.



Foto 3.11 Construcción de la torre

Fuente: Santiago Olovacha Toapanta

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

### 3.12 Nivelación de los puntos de anclaje al suelo

Nos referimos aquí a los cables que se emplean para las maniobras de elevación y abatimiento de la torre soporte. Se emplearon tres cables laterales para guiar la trayectoria de bajada y subida del soporte.

La posición del anclaje de los cables es importante debido a que ayuda a trabajar en compresión y evitar el pandeo.

Se debe tener siempre presente las siguientes razones mecánicas en una torre para un aerogenerador:

- Su altura. El aerogenerador debe estar situado por encima de las perturbaciones causadas por el terreno. La instalación de la torre

en el ITSA será necesariamente muy alta, debido a la peculiaridad de la configuración geográfica en esta zona.

- Su frecuencia. Cualquier máquina giratoria es siempre asiento de vibraciones, por tanto, es esencial que la frecuencia propia de la torre sea muy diferente a la frecuencia de las vibraciones (fundamentales y armónicas), engendradas por el aerogenerador.
- Mantenimiento. El acceso a la torre debe ser fácil para su buen mantenimiento. En nuestro caso la torre es la que mejores bondades presenta.
- Robustez. La torre deberá resistir las sobrecargas producidas, como son: esfuerzos ocasionados por funcionamiento anormal, ráfagas de viento, y turbulencias.
- Forma. Preferiblemente no angular, para evitar esfuerzos innecesarios en la misma torre, mejorando así el flujo de corrientes de aire.



Foto 3.12 Nivelación de los puntos de anclaje

Fuente: Santiago Olovacha Toapanta

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

### **3.13 Material usado para la construcción de la torre**

El acero A36 es una aleación de acero al carbono de propósito general muy comúnmente usado en los Estados Unidos, aunque existen muchos otros aceros, superiores en resistencia, cuya demanda está creciendo rápidamente<sup>5</sup>.

La denominación A36 fue establecida por la ASTM (American Society for Testing and Materials).

#### **3.13.1 Propiedades del acero utilizado**

Como la mayoría de los aceros, el A36, tiene una densidad de 7850 kg/m<sup>3</sup> (0.28 lb/in<sup>3</sup>). El acero A36 en barras, planchas y perfiles estructurales con espesores menores de 8 plg (203,2 mm) tiene un límite de fluencia mínimo de 250 MPA (36 ksi), y un límite de rotura mínimo de 410 MPa (58 ksi). Las planchas con espesores mayores de 8 plg (203,2 mm) tienen un límite de fluencia mínimo de 220 MPA (32 ksi), y el mismo límite de rotura

El acero A36 se produce en una amplia variedad de formas, que incluyen: Planchas, perfiles estructurales, tubos, barras, láminas, etc, Por lo tanto se seleccionó este material para utilizar en la torre a través de un tubo.

#### **3.14 Métodos de unión utilizado**

Las piezas hechas a partir de acero A36 son fácilmente unidas mediante casi todos los procesos de soldadura. Los más comúnmente usados para el A36 son los menos costosos y rápidos como la Soldadura por arco metálico protegido (SMAW, Shielded metal arc welding), Soldadura con

---

<sup>5</sup> Steel Construction Manual, 8th Edition, second revised edition, American Institute of Steel Construction, 1986, ch 1 page 1-5

arco metálico y gas (GMAW, Gas metal arc welding), y soldadura oxiacetilénica<sup>6</sup>.

El acero A36 es también comúnmente atornillado y remachado en las aplicaciones estructurales: edificios, puentes, torres, etc.

## Tornillos

Para la union con los tornillos auto ajustables se tomo en cuenta el siguiente analisis:

El diámetro nominal  $d$  de los tornillos ordinarios es el de caña; el diámetro  $a$  del agujero será de 1 mm mayor. En los tornillos calibrados el diámetro nominal  $d$  coinciden con él  $a$  de la caña. En los tornillos de alta resistencia,  $a$  es 1mm a 2 mayor que el nominal  $d$ .

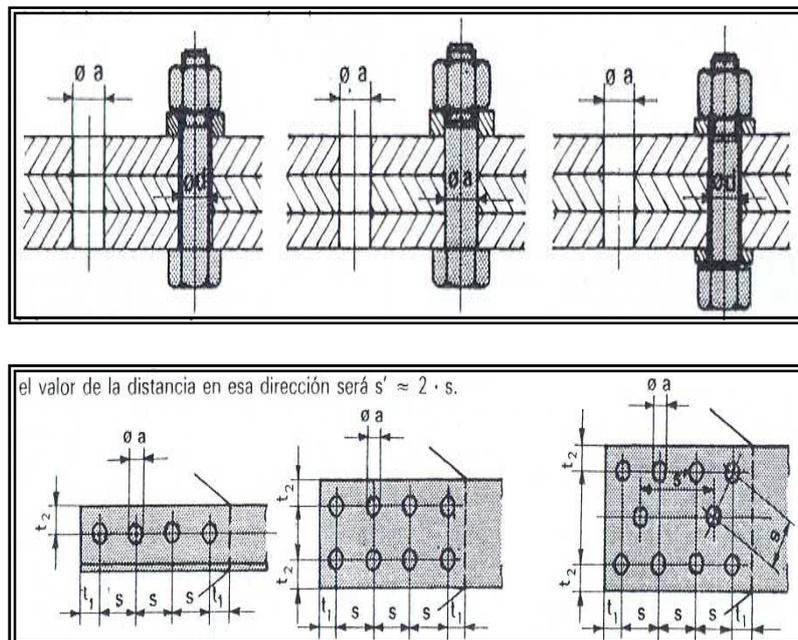


Figura: Tornillos

Fuente: Manual aerogenerador Exmorth 1kw

Realizado por: Santiago Olovacha

<sup>6</sup> Steel Construction Manual, 8th Edition, second revised edition, American Institute of Steel Construction, 1986, ch 1 page 1-5

### Disposiciones constructivas.

La distancia  $s$  entre centros de agujeros de diámetro  $a$  y espesor mínimo será:

Distancia mínima para tornillo.....  $s \leq 3,5.a$

Distancia máxima en general.....  $s \leq 8.a, 0 \leq s \leq 25.e$

En uniones de atado de piezas sometidas a tracción,  $s \leq 10.a$  a compresión  $s \leq 25.e$ .

En uniones de fuerza, a tracción  $s \leq 10.a$  a compresión  $s \leq 7.a$ .

La distancia entre centros de agujeros y los bordes de las piezas a unir será:

Al borde frontal.....  $t_1 \geq 2.a$

Al borde lateral.....  $t_1 \geq 1.5.a$

Valor máximo a cualquier borde.....  $t_1 \leq 3.a$ , o bien  $t \leq e$

### 3.15 Montaje de la góndola en la torre

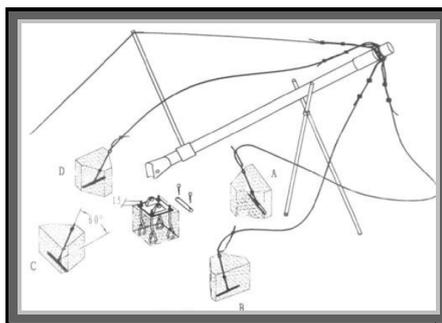


Figura 3.15 Soporte para la torre

Fuente: Manual aerogenerador Exmorth 1kw

Realizado por: Santiago Olovacha

La góndola es colocada con mucho cuidado en la torre de soporte y fijada con los pernos y tuercas para de esta manera se mantenga bien firme y

segura, la torre se debe colocar como se muestra en la figura mediante un soporte de tipo tijera durante todo el proceso de armado.



Foto 3.15.1 Góndola

Fuente: Santiago Olovacha Toapanta

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

### 3.16 Montaje del buje

El buje es un componente de acero que tiene estrías internas para sostener a las palas mediante tuercas de retención, sosteniendo los extremos interiores de las palas este trasmite la potencia proveniente de las palas hacia el eje principal del generador.



Foto 3.16 El Buje

Fuente: Santiago Olovacha Toapanta

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

### 3.17 Montaje de las palas

Con las 3 palas se procedió a comprobar que tengan igual peso y las mismas características, se reviso que no tengan rajaduras, raspones y otros agentes extraños a su forma original de diseño, para evitar formaciones de vibraciones al poner en funcionamiento el aeromotor.

Una vez que las palas estén correctamente procedemos a ensamblarlo en el buje cada una de las palas utilizando 2 pernos y 2 tuercas respectivamente dadas por el fabricante.

En su colocación se debe cuidar la perfecta simetría de las palas, y el buen equilibrado de las mismas para de esta manera no tener problemas posteriores.



Foto 3.17 Palas

Fuente: Santiago Olovacha Toapanta

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

### 3.18 Montaje de la Góngola



Foto 3.18 Góngola

Fuente: Santiago Olovacha Toapanta

Realizado por: Santiago Olovacha

Este dispositivo se instala luego de haber montado las palas en el buje para así de esta forma evitar turbulencias y tener una mejor flujo aerodinámico en la parte central del rotor, está fabricado de fibra de vidrio

con resina, del mismo material de las palas. Así también recubre a sujeción del buje con las palas de efectos meteorológicos aunque ya están preparados para resistir la corrosión, la gómgola va sujeta al buje mediante tres pernos de acero.

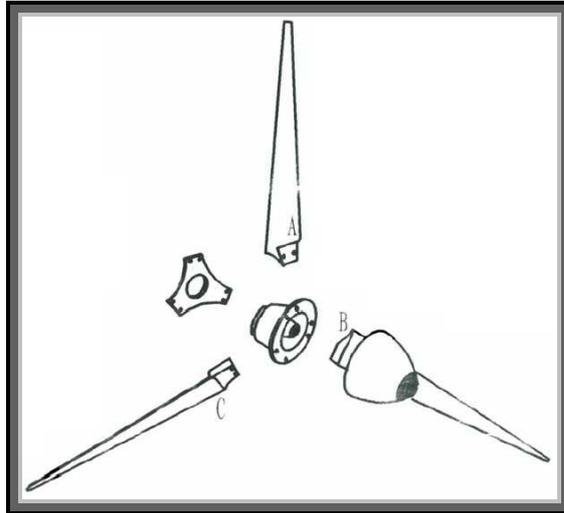


Figura 3.18 Gómgola

Fuente: Manual aerogenerador Exmorth 1kw

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

### 3.19 Montaje del Tail Rod



Foto 3.19 Tail Rod

Fuente: Santiago Olovacha Toapanta

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

Está sujeto a la parte trasera del rotor apretado durante pernos y se une con la veleta direccional su longitud tiene que ser debidamente estudiada de acuerdo a las características del generador.

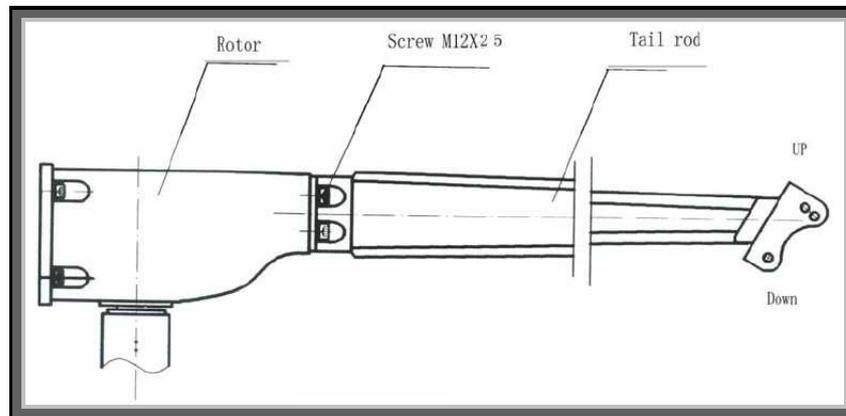


Figura 3.19 Tail Rod

Fuente: Manual aerogenerador Exmorth 1kw

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

### 3.20 Montaje de la aleta direccional

El mismo constructor ha hecho una cola cuya superficie varía en función de las solicitudes originadas por los cambios de orientación del viento.

En el caso de que se produzcan cambios de dirección del viento, la parte móvil gira, disminuyendo así el par de giro y por consiguiente la velocidad angular de orientación, así de esta manera disminuir los esfuerzos.

La veleta direccional va sujeta con los pernos y turcas dadas por el fabricante al tail rod con se observa en la figura.

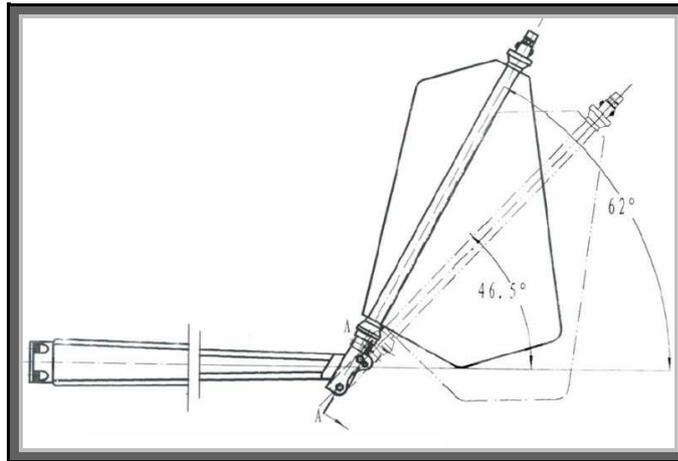


Figura 3.20 Aleta direccional

Fuente: Manual aerogenerador Exmorth 1kw

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

### 3.21 Montaje del regulador / controlador

Se procedió a instalar correctamente los cables de salida y entrada en el regulador para que este funcione electrónicamente debido a que este dispositivo se encarga de controlar la protección de sobre velocidad.

El auto controlador es un equipo especial para la turbina de viento que conmuta la CA que genera la turbina de viento para la DC y luego carga y almacena el grupo de baterías.



Figura 3.21 Controlador

Fuente: Santiago Olovacha Toapanta

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

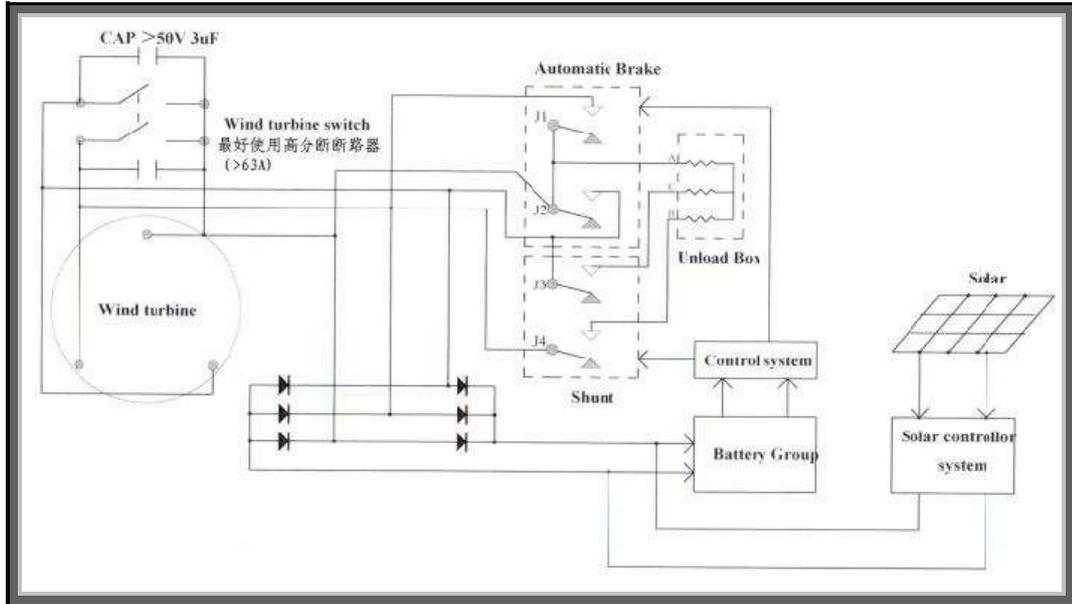


Figura 3.21.1 Proceso de operación de un sistema híbrido.

Fuente: [www.exmork.com/wind-turbine-controller-a1.htm](http://www.exmork.com/wind-turbine-controller-a1.htm)

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta.

### 3.22 Conexión de la caja disipadora

La caja disipadora debe estar conectado junto al controlador de carga para que cumpla con la función disipar energía cuando el aerogenerador esté produciendo más de su capacidad, esto sucede cuando tenemos una tormenta u otro fenómeno que esté ligado al viento respecto a su velocidad de impacto en las hélices.



Figura 3.22 Disipador de energía

Fuente: Santiago Olovacha Toapanta

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

## 2.23 Dispositivo para el almacenamiento de la energía producida

El sistema de generación eólica dispone de un medio para el almacenamiento de la energía producida, esto con el fin de abastecimiento en períodos de calma atmosférica. En general el medio más accesible para este propósito son los acumuladores de plomo.

En un sistema de aerogeneración eólica como es nuestro caso que en la ciudad de Latacunga sector del ITSA, no tenemos la presencia de un flujo constante de viento es necesario la utilización de un medio de almacenamiento de energía como son las baterías para nuestros requerimientos, tal es el caso que se ha seleccionado una batería Solar SP160: Batería Plomo Acido de Ciclo Profundo de casi "Libre Mantenimiento" 12V/160Ah , que se ha visto conveniente debido a que posee características de casi un nulo mantenimiento y larga durabilidad por ser una batería expuesta a las sobre cargas excesivas sin causarle ningún tipo de daño interno para su funcionamiento, cosa que no ocurre con baterías comunes del mercado que son usadas en los vehículos.

En un sistema de generación los acumuladores representan casi aproximadamente de un 20% a 50% del total del costo de inversión del proyecto, aun mas utilizando baterías tipo solar.



Foto 2.23 Batería solar SP 160.

Fuente: Santiago Olovacha Toapanta

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta

### **3.24 Fuentes energéticas de apoyo**

Según la capacidad del aerogenerador, su utilización y los regímenes de viento, puede ser necesario el uso de fuentes de apoyo.

Para garantizar el funcionamiento continuo de la instalación en caso de fallo en el aerogenerador esto ocurriera si la única fuente de energía fuese el aerogenerador, pero esto no ocurre en nuestro proyecto debido a que se enfoca más a una demostración que si es viable utilizar la energía eólica en la zona del ITSA.

Haciendo uso de las fuentes energéticas de apoyo se podrá tener a futuro más energía disponible así formando un sistema híbrido debido a que el sistema implementado tiene mencionadas características.

### **3.25 Dispositivo utilizado para vigilar el estado de las baterías**

El dispositivo que nos ayuda a controlar y vigilar el estado de operación del sistema eólico funciona electrónicamente como es la caja reguladora. A pesar de ser los acumuladores de plomo el medio más barato y fácil de instalar, necesitan una vigilancia muy severa así también en baterías solares.

Los acumuladores de plomo, son extremadamente sensibles a regímenes de descarga y sobrecarga prolongados. Por lo tanto es indispensable instalar un sistema manual o automático de vigilancia.

Este dispositivo deberá asegurar prioritariamente:

- El corte de la corriente de carga de la batería cuando está completamente cargada.

- La conmutación del circuito de utilización hacia la fuente de apoyo, si existe, cuando la batería esté descargada.
- La protección de los distintos elementos de la instalación mediante fusibles.
- Los medios para medir el buen funcionamiento de la estación (valor de la corriente de carga, de la tensión dada por aerogenerador, etc.)

### **3.26 Utilización de la energía**

Cualquiera que sea el tipo de aparato alimentado por energía eléctrica de origen eólico, se caracteriza por tres parámetros:

La naturaleza de la tensión de alimentación y su valor:

- Continúa
- Alterna
- Indistinta

La potencia necesaria para su funcionamiento:

- En el arranque
- En régimen normal

El factor de utilización porcentaje de tiempo durante la cual el aparato está en funcionamiento y eventualmente, la frecuencia de utilización.

Estos parámetros permiten definir:

- El aerogenerador (capacidad que genera).
- La batería (capacidad de acumulación).
- Los aparatos anexos a la instalación.

En este caso el número y tipo de aparatos es muy diverso que puede ser utilizado para:

- Iluminación de locales.
- Suministro de agua.
- Refrigeración-Congelación.
- Equipos musicales.
- Herramientas, accesorios de electrodomésticos, etc.

## 2.27 Ensamblaje mediante cables todo el sistema para el perfecto funcionamiento

Después de haber instalado el rotor en la torre y tener todos los dispositivos se procede con un cable de las mismas características de salida del aerogenerador a unir todos los componentes del sistema, con la ayuda de herramientas respectivamente siguiendo el orden de regulaciones de seguridad.

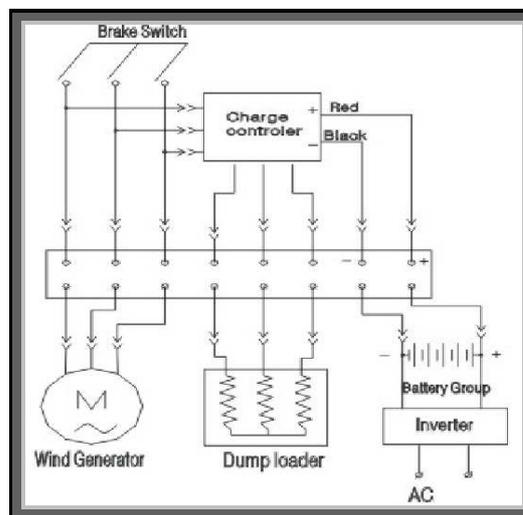


Figura 3.27 Diagrama de conexión de cables

Fuente: [www.exmork.com/wind-turbine-controller-a1.htm](http://www.exmork.com/wind-turbine-controller-a1.htm)

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta.

### 3.28 Pruebas y análisis de resultados

Como resultado mediante un seguimiento al comportamiento del aerogenerador se pudo comprobar la siguiente curva de potencia dada por el fabricante que si cumple especialmente en las horas de la tarde y noche don existe un flujo considerable de viento como se muestra a continuación.

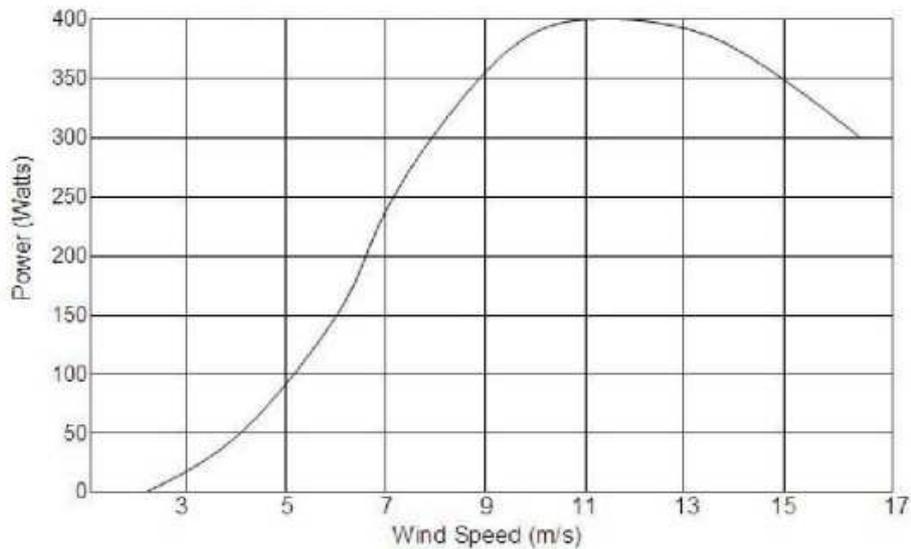


Figura 3.28 Curva de resultados

Fuente: [Fabricante](#) Exmorth

Realizado por: Santiago Olovacha Toapanta.

### Análisis de resultados

El aerogenerador instalado en el ITSA funciona correctamente de acuerdo a su capacidad de generación, teniendo en cuenta que varia el flujo de viento de acuerdo a las horas, a si también la capacidad de generación, por lo cual se usa respectivamente los acumuladores de energía para abastecernos de electricidad cuando lo requerimos del sistema y no tengamos flujo de viento, por lo tanto indica que en la ciudad de Latacunga en el Sector del ITSA podemos aprovechar la energía eólica presente.

### 3.29 Regulaciones de seguridad

1. Prohibido que la turbina de vientos este corriendo a cualquier carga, este girando a una velocidad elevada continuamente.
2. Verificar las condiciones regulares de la torre, si hubiera un fenómeno que lo afloje se procederá a ajustar inmediatamente para prevenir caer la turbina de viento.
3. Cuando este corriendo la turbina a altas velocidades, las personas son prohibidas a quedarse bajo la turbina de viento.
4. Cuando la velocidad del viento esta a mas que 24m/s la turbina de ser parada artificialmente
5. Cuando vibración o ruido extraño son encontrados durante el trabajo, por favor pare la turbina de viento y verifique las razones.
6. La línea de suministro de poder eléctrico del generador de viento debe ser independiente, no puede estar mezclado y usado otras líneas de suministro eléctrico. El suministro eléctrico de CC es más seguro y económico para los iluminadores; para aparatos eléctricos locales, etc. y para otras aplicaciones se debe usar un inversor.
7. Cuando conecte la línea del viento que genera el sistema, las líneas de batería deben estar primero conectadas con el controlador y la caja de inversor si lo existiera pero en nuestro caso obviamos, conectar los tres líneas del generador al controlador.
8. Cuando desconecte la línea eléctrica del viento que genera el sistema, las tres líneas del generador deben ser primero desconectadas del controlador, luego desconectar las dos líneas

del grupo de batería del controlador entonces y luego la caja de inversores.

9. El interruptor de posición "abierto y cerrado" sobre el controlador debe continuar con el puesto de "abierto" en las condiciones normales. Solamente cuando las baterías estén llenas o porque se necesita proteger el sistema contra el viento, tormenta, el interruptor puede ser puesto en "cerrado". No es permitido cambiar de lugar el interruptor cuando el viento es más fuerte y el rotor está girando en la velocidad alta, poner en "Cerrar" cuando el rotor está girando despacio.
10. Las baterías deben estar ubicadas lejos de donde existe calor, gas generado, también de cualquier fuente de descarga sustancias a base de combustión por su seguridad del sistema.
11. Guardar un balanceo del rotor, elimina la vibración cuando las hélices perdieron el balance causado por el daño exterior y causa de la vibración poderosa, el generador de viento debe ser parado y verificado, hasta que el problema es eliminado. El sujetado y armado debe ser con herramientas ideales y si se necesita unas llaves especiales se usara para así tener un buen armado y desarmado y no cometer daños especialmente estructurales y humanos.
12. Primero se debe sacar la tuerca y el tornillo para mover el generador y tener facilidad para corregir y reparar, el par de torsión un- balance no debería ser menos de 0.02N.m.

### **3.30 Mantenimiento de la turbina**

Los productos son divididos en dos clases: producto común y producto de buena calidad (ningún mantenimiento), la necesidad de producto para dar mantenimiento.

1. Chequear, limpiar y lubricar toda pieza giratoria uno veces por año.
2. Antes de la temporada de lluvia, limpiar las superficies exteriores y aplicar una pintura anticorrosiva a si también de grasa una vez por año.
3. Comportamiento de lubricación y mantenimiento del tiempo del generador es durante un año en operación.
4. Limpiar, retirar oxido y pintar todas partes expuestas es recomendable realizar 1ves por cada dos años.

### **3.31 Vida útil**

La turbina eólica está diseñada para una vida útil de 15 años, que lo hallamos en el manual del anexo J de la firma Exmort.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 Conclusiones**

- Se recopiló lo y se organizó la información relevante acerca de aerogeneracion lo cual permitió desarrollar el capítulo II marco teórico.
- Se estudiaron los parámetros para la construcción de un soporte eólico que se detalla en el punto 3.9 hasta 3.31
- Se estudio que dispositivos que deben ir acompañados a un aerogenerador para aprovechar de una mejor manera la energía que nos brinda llegando a concluir que es necesario disponer de un acumulador de energía, auto controlador y un disipador de energía.
- Las conclusiones anteriores permitieron cumplir el objetivo general, es decir, se ensambló el aerogenerador de 300 W y se construyó la torre de soporte para su funcionamiento, obteniendo un sistema de aerogeneracion en los exteriores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Se recomienda que en la zona del ITSA provincia de Cotopaxi se realicen más proyectos de energía eólica en especial en las zonas rurales y más alejadas de la ciudad, por ende a más altura más viento siendo el lugar ideal.
- Se debe seguir las normas de seguridad como está en el punto 3.29 para no tener daños materiales y humanos.
- Se recomienda dar el mantenimiento adecuado de la turbina para no tener problemas como se menciona en el punto 3.30

- Debido que este proyecto es experimental y por los estudio de los parámetros de la construcción de la torre y seguridad, se recomienda que el ITSA realice 3 pesas de 200lb de cimentacion con estructura de barilla cruzada para que sean colocadas sobre cada tensor y unidas entre sí cada pesa con barilla de manera que se forme un triangulo equilátero en la superficie, puesto que la loza no presta las características como para picar y fundir los anclajes. Al haber cumplido esto el sistema de aerogeneracion podrá ser puesto en funcionamiento constantemente, se recominada realizar esta acotacion debido a que nuestra rama no es la ingenieria civil.

## **Glosario**

**Anemómetro.-** Instrumento que sirve para medir la velocidad o la fuerza del viento.

**Cilíndricas.-** Perteneciente o relativo al cilindro

**Corrosión.-** Acción y efecto de corroer.

**Densidad.-** Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ).

**Desalinizador.-** Se dice del método usado para eliminar la sal del agua de mar.

**Dispositivo.-** Mecanismo o artificio dispuesto para producir una acción prevista.

**Eje.-** Barra, varilla o pieza similar que atraviesa un cuerpo giratorio y le sirve de sostén en el movimiento.

**Emplazamiento.-** Situación, colocación, ubicación.

**Energía cinética.-** Energía que un objeto posee debido a su movimiento.

**Energía mecánica.-** Suma de las energías cinética y potencial de un cuerpo en un sistema de referencia dado.

**Energía térmica.-** Energía que se transfiere de un cuerpo a otro debido a su diferencia de temperaturas.

**Ensamblar.-** Unir, juntar, ajustar, especialmente piezas.

**Erosión.-** Desgaste o destrucción producidos en la superficie de un cuerpo por la fricción continua o violenta de otro.

**Fuerza.-** Vigor, robustez y capacidad para mover algo o a alguien que tenga peso o haga resistencia; como para levantar una piedra, tirar una barra.

**Hélice.-** Conjunto de aletas helicoidales que giran alrededor de un eje y empujan el fluido ambiente produciendo en él una fuerza de reacción que se utiliza principalmente para la propulsión de barcos y aeronaves.

**Investigación.-** La que tiene por fin ampliar el conocimiento científico, sin perseguir, en principio, ninguna aplicación práctica.

**Kilovatios.-** Unidad de potencia equivalente a 1000 vatios.

**Mecanismo.-** Conjunto de las partes de una máquina en su disposición adecuada.

**Movimiento.-** Estado de los cuerpos mientras cambian de lugar o de posición.

**Neopreno.-** Caucho sintético de gran resistencia mecánica y propiedades aislantes del calor y la oxidación, por lo que tiene usos industriales y en materiales.

**Pala.-** Instrumento compuesto de una tabla de madera o una plancha de hierro, comúnmente de forma rectangular o redondeada, y un mango grueso, cilíndrico y más o menos largo, según los usos a que se destina.

**Potencia.-** Capacidad para ejecutar algo o producir un efecto.

**Rotor.-** Parte giratoria de una máquina eléctrica o de una turbina.

**Sistema.-** Conjunto de reglas o principios sobre una materia racionalmente enlazados entre sí.

**Temperatura.-** Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente.

**Turbina.-** Máquina destinada a transformar en movimiento giratorio de una rueda de paletas la fuerza viva o la presión de un fluido.

**Turbulencia.-** Zona en que se desarrolla un movimiento turbulento.

**Ultrasonidos.-** Sonido cuya frecuencia de vibraciones es superior al límite perceptible por el oído humano.

**Veleta.-** Pieza de metal, ordinariamente en forma de saeta.

**Velocidad.-** Ligereza o prontitud en el movimiento.

**Vibraciones.-** Movimiento vibratorio, o doble oscilación del cuerpo vibrante.

**Watt.-** Unidad de potencia eléctrica del Sistema Internacional, que equivale a un julio por segundo. (Símb. *W*).

## **Bibliografía**

- SN (2005), Escuela de mecánica, Hélices, Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, Latacunga, Ecuador.
- SN (1996). IAAFA, Control de la corrosión, Principios de la corrosión, Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, Latacunga, Ecuador.
- ROBERTO ARELLANO, .Diseño de estructuras de acero, parte I. UTA, Ambato, Ecuador.
- JUAN GARCÉS, Ing. Diego Vargas, Guía de resolución de estructuras metálicas, UTA.
- Erik Oberg y Franklin D, Jones Machinery's Handbook
- CAMPERO DI NAPOLI, El hobby de la construcción
- NICOLÁS LARBURU ARRIZABALAGA, Máquinas Prontuario, Técnicas Máquinas Herramientas, 13 Edición

## **Consultas en la web**

- <http://www.talentfactory.dk/es/tour/wres/index.htm>
- [www.superwind.com](http://www.superwind.com)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Discusi3n:Aerogenerador>
- <http://www.taringa.net/>
- Microsoft ® Encarta ® 2008. © 1993-2007 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
- [www.erenovable.com](http://www.erenovable.com)
- [www.otrasenergias.com](http://www.otrasenergias.com)

# **A N E X O S**

## **Anexo A**

### **Anteproyecto**

#### **1 EL PROBLEMA**

##### **1.1 Planteamiento del problema**

La continúa evolución industrial y el crecimiento de la población hace que día a día se cree nuevas necesidades y se presenten nuevos problemas, tal es el caso del déficit de energía eléctrica que se viene dando en estos últimos años en nuestro país.

El Ecuador, ha sufrido de déficit de energía eléctrica, ello ha exigido un gran sacrificio de la ciudadanía; pues cuando se suspende el servicio, se produce intensa alarma social y grandes perjuicios en lo económico.

Es que la vida moderna se basa en la energía eléctrica; la tecnología que avanza tan aceleradamente, requiere de esta; sin ella no se podría haber jugado el papel tan expectante que ha llevado en estos momentos al mundo a una etapa de admirables conquistas.

Hemos venido luchando contra el déficit de energía eléctrica, que nos mantiene bajo la peligrosa dependencia de la importación de Colombia.

Así también se tiene una falencia constante de energía eléctrica en el área rural de todas las regiones del Ecuador debido a que no se provee energía eléctrica en los sectores más lejanos de las ciudades donde existen pequeñas poblaciones y sus casas son muy distanciadas, lo cual no justifica instalar redes eléctricas que producen una inversión para poca población.

Ecuador es un país privilegiado que dispone una diversidad de recursos naturales que podrían ser utilizados para la generación de energía.

Este déficit de energía provoca pobreza económica debido a un bajo nivel de desarrollo económico en la que una persona carece de los ingresos suficientes para acceder a los niveles mínimos de atención médica, alimento, vivienda, vestido y educación.

Las personas que viven tienen una capacidad muy baja debido a que no tienen los servicios básicos como para informarse y desarrollarse en un ámbito formal, estos grupos son muy vulnerables.

La falta de oportunidades educativas es otra fuente de pobreza, por lo que una formación insuficiente conlleva menos oportunidades de empleo y conocimiento, de acuerdo al mundo en que nos desarrollamos, que hoy en día es tan competitivo.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cómo suplir el déficit de energía eléctrica que presenta el país, concientizando a la gente a producir energía propia desde donde nos desarrollamos?

## **1.3 Justificación e Importancia**

El ITSA (Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico), tiene como misión formar los mejores profesionales aeronáuticos, íntegros e innovadores, competitivos y entusiastas, a través del aprendizaje por logros aportando así, al desarrollo de nuestra patria. <sup>(7)</sup>

---

<sup>7</sup> [www.itsafae.edu.ec/mision](http://www.itsafae.edu.ec/mision)

En un país se debe estudiar la forma de como tener energía eléctrica para su auto consumo para de esta manera satisfacer la demanda que presenta el país, y así encaminarnos en vías de superación, la energía eléctrica es un recurso indispensable para generar economía en la población, en la zona rural impacta en el área agrícola, médica, alimentaria, construcción, vestido, educación y aún más en las zonas urbanas, donde el eje de la vida está basado en la electricidad por vivir en un mundo industrializado donde todo artefacto funciona a base de la electricidad, y sin este elemento vital produciría un caos social, y un imposible desenvolvimiento en las labores cotidianas.

Por lo tanto mediante este trabajo se busca la manera de generar energía y alternativas de solución, para este serio problema. Proponer la posibilidad de obtener electricidad a pequeña escala y a corto plazo, en su inicio, para el autoconsumo del Instituto.

Es necesario e importante llevar a cabo este estudio porque en el Instituto no existe un tratado de cómo generar energía eléctrica propia.

#### **1.4 Planteamiento de objetivos:**

##### **1.4.1 Objetivo general**

Conocer los diferentes tipos de energía que existen, cuales se aplican para la generación eléctrica y que energías se pueden usar en las cercanías al área del ITSA.

##### **1.4.2 Objetivo específicos**

- Recopilar información teórica para un buen desarrollo del proyecto.
- Sistematizar y documentar la información.

- Conocer fuentes energéticas que existen en la región.
- Entender que tipos de generación eléctrica existe en esta región.
- Analizar qué tipos de generación eléctrica se pueden aprovechar en el ITSA.

### **1.5 Alcance**

Aportar de alguna manera en la disminución del consumo de los recursos energéticos a través de nuevas formas de generación eléctrica en la Institución.

Entender teóricamente las diferentes formas de energía que existen, y de estas cuales sirven para generar electricidad, como utilizarlas y en donde se halla mencionadas energías, que utilizando dichos conocimientos aplicarlos en un proyecto que sirva al ITSA para generar electricidad en pequeña escala y a corto plazo.

Dar el ejemplo a la gente a tener más independencia de manera que todos busquen formas de cómo producir su propia energía eléctrica; para así poder llegar a un macro concepto de auto consumo en el Ecuador.

## 2 PLAN DE LA INVESTIGACIÓN (METODOLÓGICO)

### 2.1 Modalidad básica de la Investigación:

#### 2.1.1 Bibliográfica Documental

Se accederá a fuentes bibliográficas e internet para obtener la información acerca de las diferentes formas de energía que existen, de ellas cuales se aplican para generación eléctrica y cuales se pueden aplicar en el sector en que está ubicado el ITSA.

Así también se obtendrá información secundaria, visitando los lugares estratégicos en los cuales podemos obtener conocimiento específico relacionado con el viento, el agua, la radiación solar y generación eléctrica de la provincia de Cotopaxi.

#### 2.1.2 De campo

Se usará la modalidad básica de campo porque se realizará el estudio en la provincia de Cotopaxi, ciudad de Latacunga, haciendo visitas a los lugares estratégicos donde se produce generación eléctrica.

Esta investigación permitirá obtener fundamentos de cómo se obtiene energía eléctrica en el sector y así determinar las diferentes energías que existen en la provincia y de esta cuales se podrían aprovechar para generación eléctrica.

Cuando ya se conozca que energías se pueden usar en Latacunga provincia de Cotopaxi, la investigación se centrará en el lugar donde se dará a cabo el proyecto, para de esta manera generar energía eléctrica en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, siendo este el lugar en que se desarrollan la Tecnólogos Aeronáuticos.

## **2.2 Tipos de investigación**

### **2.2.1 No experimentales**

La investigación será no experimental, porque se visitará, observará y se conversará en los diferentes departamentos, instituciones e instalaciones que generan y distribuyen electricidad, de esta manera se recolectará información del entorno de los lugares a inspeccionarse sin intervenir en ellos, y sin causar molestias.

Es una investigación no experimental debido a que el problema está presente en el país y por ende en nuestra área del ITSA (Cómo suplir el déficit de energía eléctrica que presenta el país, concientizando a la gente a producir energía propia desde donde nos desarrollamos), entonces encontraremos un listado de energías para generar electricidad, pero no se podrán aprovechar todas, debido a la ubicación geográfica.

## **2.3. Niveles de investigación**

### **2.3.1 Descriptiva**

Se aplicará este nivel porque permitirá examinar el problema o identificarlo a través de la modalidad básica de campo con la observación, conversación partiendo de las personas involucradas y pertenecientes a los diferentes lugares a visitar.

### **2.3.2 Correlacional**

Se utilizará un nivel de investigación correlacional porque permitirá hacer un estudio de las causas y efectos que producen el déficit de energía eléctrica en nuestros pueblos y así emitir conclusiones y recomendaciones al culminar la investigación.

## **2.4 Universo población y muestra**

Se tomará como universo a la provincia de Cotopaxi, y la muestra se hallará con la apertura de los diferentes departamentos a pedir información relativa a energías no convencionales y la forma de cómo solucionar este problema con fuentes de energías desde el lugar que nos encontramos, teniendo a Latacunga como población.

## **2.5 Recolección de datos**

La recolección de datos estará a cargo de los responsables de esta investigación:

Gustavo Mora

Santiago Olovacha

Realizando de una manera organizada y sistematizada, utilizando la modalidad básica de campo, a través de visitas a diferentes departamentos en las plantas hidroeléctricas, y más instituciones que ayuden con información acerca del tema; se recurrirá a la observación y a conversaciones con las personas que estén a cargo de su funcionamiento para alzar información.

### **2.5.1 Técnicas:**

#### **2.5.1.1 La observación**

La observación se utilizará mientras se realice la investigación a través de la modalidad de campo cuando se visite las centrales de generación eléctrica ubicadas en la ciudad de Latacunga y sus alrededores, que servirá de base para el desarrollo de la investigación, mediante el uso de la Observación documental.

### **2.5.1.2 Observación documental**

Se usará también una observación documental en los lugares a visitar debido a que se tendrá documentación específica de los lugares a visitar como manuales, archivos, tarjetas, etc., que en bibliotecas no se podrán hallar esos tipos de archivos toda esta información ayudará a construir el marco teórico.

### **2.5.1.3 Entrevista personal**

Esta técnica se utilizará en la modalidad de campo antes de la observación documental con las personas que se encuentren en las plantas generadoras de electricidad, instituciones, para poder dotar de información de sus reseñas a esta investigación.

## **2.6 Procesamiento de la información**

Se realizará de una manera sistematizada de acuerdo al avance del proyecto, y de esta manera simplificar los datos recopilados.

Se realizará una revisión crítica de la información recogida así como: una limpieza de la información defectuosa por lo que esta puede ser contradictoria, incompleta, incluso no pertinente para elaborar el marco teórico.

## **2.7 Análisis**

Se aplicará el análisis para entender el objeto de estudio; siendo este el déficit de energía eléctrica que presenta el país, para así producir energía propia desde donde nos desarrollamos, es así que se realizará el análisis de alternativas en la provincia de Cotopaxi, es decir buscando las diferentes energías que se encuentren en la naturaleza que rodea a la

ciudad de Latacunga y de ellas cuales se pueden utilizar para generar electricidad en la área cercana al ITSA por lo que el proyecto se dará en el Instituto y finalmente un estudio de costos o presupuestos para que sea desarrollado el más viable.

## **2.8 Conclusiones y Recomendaciones de la investigación**

Luego de haber realizado el estudio en una forma ordenada y sistematizada se podrá emitir conclusiones y recomendaciones sobre el tema de investigación.

### **3. EJECUCIÓN DEL PLAN METODOLÓGICO**

#### **3.1 Modalidad básica de la Investigación:**

##### **3.1.1 Marco Teórico**

###### **3.1.1.1 Antecedentes de la investigación**

Según la Comisión Nacional de Energía las energías renovables supusieron en el año 2005 un 5,9% del total de energía primaria, un 1,2% es eólica, un 1,1% hidroeléctrica, un 2,9 biomasa y el 0,7% otras. La energía eólica es la que más crece.

Según los investigadores, Eduardo Aguilera, Escuela Politécnica del Ejército (ESPE), Sangolquí-Ecuador y Manlio Coviello, CEPAL, Santiago-Chile mencionan que:

El Ecuador es el país con mayor potencial geotérmico (500 Mw.) entre los que todavía no han desarrollado la geotermia. Se considera que las aplicaciones eléctricas, tanto como los usos directos del calor geotérmico, pueden jugar un papel trascendente en las políticas de desarrollo de áreas rurales y en el combate a la pobreza.

Como otras fuentes económicas para la generación eléctrica, el Ecuador dispone de hidroenergía, que se la ha desarrollado apenas en un 7% de su potencial y el gas natural que, igual que la geotermia, permanece inexplorado mientras han proliferado las centrales de generación térmica con los combustibles de mayor precio de mercado.

A pesar de que las Fuentes de Energía Nuevas y Renovables tienen en el Ecuador un desarrollo muy incipiente, se destaca que últimamente se les ha reconocido algunos incentivos para su desarrollo.

En estas condiciones, y en vista de la importancia de incorporar a la geotermia en la oferta de energía primaria del Ecuador, el estudio describe el actual entorno, analiza los problemas que constituyen barreras y sugiere algunas acciones estratégicas para superarlas.

### **3.1.1.2 Fundamentación teórica**

#### **TIPOS DE ENERGÍAS**

Hay varios tipos de energía como la energía mecánica, energía solar, energía eólica, energía eléctrica, energía de los gases, energía nuclear, energía radioactiva, energía de la desintegración, energía radioastronómica, energía del magnetismo, energía cinética, energía de la ionización, energía geotérmica, energía potencial, todo tipo de energía renovable, energía reticular, energía térmica, energía en el cuerpo viviente, energía en un cuerpo inerte, energía en reacción química, etc.; de las cuales se explicarán unas pocas, como:

#### **GAS NATURAL**

Gas natural, mezcla de gases entre los que se encuentra en mayor proporción el metano. Se utiliza como combustible para usos domésticos e industriales y como materia prima en la fabricación de plásticos, fármacos y tintes.

La proporción en la que el metano se encuentra en el gas natural es del 75 al 95% del volumen total de la mezcla (por este motivo se suele llamar metano al gas natural). El resto de los componentes son etano, propano, butano, nitrógeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, helio y argón. Antes de emplear el gas natural como combustible se extraen los componentes más pesados, como el propano y el butano.

Aunque existen yacimientos que proporcionan exclusivamente gas natural, éste va casi siempre asociado al petróleo en sus yacimientos, y

sale a la superficie junto a él cuando se perfora un pozo. Sin embargo, el desarrollo del gas natural se realizó con posterioridad al uso del petróleo.

El gas natural que aparecía en los yacimientos se quemaba como un residuo más, ya que, a pesar de su enorme poder calorífico, no se podía aprovechar por los problemas que plantea su almacenamiento y transporte. No puede ser licuado simplemente bajo presión porque su temperatura crítica, 190 K, es muy baja y, por tanto, debe ser enfriado hasta temperaturas inferiores a ella antes de licuarse. Una vez licuado debe ser almacenado en contenedores muy bien aislados, y su transporte se realiza por tuberías fabricadas con materiales y soldaduras especiales para resistir grandes presiones.

El gas natural se utiliza como combustible doméstico e industrial, además de por su gran poder calorífico, porque su combustión es regulable y produce escasa contaminación. También se emplea como materia prima en la industria petroquímica en la obtención de amoníaco, metanol, etileno, butadieno y propeno.<sup>8</sup>

## **ELECTRICIDAD**

Electricidad, categoría de fenómenos físicos originados por la existencia de cargas eléctricas y por la interacción de las mismas. Cuando una carga eléctrica se encuentra estacionaria, o estática, produce fuerzas eléctricas sobre las otras cargas situadas en su misma región del espacio; cuando está en movimiento, produce además efectos magnéticos. Los efectos eléctricos y magnéticos dependen de la posición y movimiento relativos de las partículas con carga. En lo que respecta a los efectos eléctricos, estas partículas pueden ser neutras, positivas o negativas.

La electricidad se ocupa de las partículas cargadas positivamente, como los protones, que se repelen mutuamente, y de las partículas

---

<sup>8</sup> "Gas natural." Microsoft® Student 2008 [DVD]. Microsoft Corporation, 2007.

cargadas negativamente, como los electrones, que también se repelen mutuamente. En cambio, las partículas negativas y positivas se atraen entre sí. Este comportamiento puede resumirse diciendo que las cargas del mismo signo se repelen y las cargas de distinto signo se atraen.<sup>9</sup>

## **BIOMASA**

Biomasa, abreviatura de masa biológica, cantidad de materia viva producida en un área determinada de la superficie terrestre, o por organismos de un tipo específico. El término es utilizado con mayor frecuencia en las discusiones relativas a la energía de la biomasa, es decir, al combustible energético que se obtiene directa o indirectamente de recursos biológicos.

La energía de biomasa que procede de la madera, residuos agrícolas y estiércol, continúa siendo la fuente principal de energía de las zonas en desarrollo. En algunos casos también es el recurso económico más importante, como en Brasil, donde la caña de azúcar se transforma en etanol, y en la provincia de Sichuan, en China, donde se obtiene gas a partir de estiércol. Existen varios proyectos de investigación que pretenden conseguir un desarrollo mayor de la energía de biomasa, sin embargo, la rivalidad económica que plantea con el petróleo es responsable de que dichos esfuerzos se hallen aún en una fase temprana de desarrollo.<sup>10</sup>

## **ENERGIA NUCLEAR**

Energía nuclear, energía liberada durante la fisión o fusión de núcleos atómicos. Las cantidades de energía que pueden obtenerse mediante procesos nucleares superan con mucho a las que pueden

---

<sup>9</sup> Franklin, Benjamin. *Autobiografía y otros escritos*. Madrid: Editora Nacional, 1982. Obra de interés para amantes de la historia de la ciencia, según los textos de los propios científicos.

<sup>10</sup> "Biomasa." Microsoft® Student 2008 [DVD]. Microsoft Corporation, 2007.

lograrse mediante procesos químicos, que sólo implican las regiones externas del átomo.



**Fig. 1** Central nuclear de Vandellòs

**Fuente:** Microsoft® Student 2008

Las centrales nucleares utilizan la energía liberada en los procesos de fisión nuclear para producir electricidad. En España hay seis centrales nucleares en funcionamiento: Almaraz, Ascó, Cofrentes, Santa María de Garoña, Trillo y Vandellòs II. En la fotografía se muestra esta última, que se encuentra en la provincia de Tarragona.<sup>11</sup>

La energía de cualquier sistema, ya sea físico, químico o nuclear, se manifiesta por su capacidad de realizar trabajo o liberar calor o radiación. La energía total de un sistema siempre se conserva, pero puede transferirse a otro sistema o convertirse de una forma a otra.

Hasta el siglo XIX, el principal combustible era la leña, cuya energía procede de la energía solar acumulada por las plantas. Desde la Revolución Industrial, los seres humanos dependen de los combustibles fósiles —carbón o petróleo—, que también son una manifestación de la energía solar almacenada.

---

<sup>11</sup> Francesc Muntada/Corbis (en el libro no constaba ningún dato más sobre su bibliografía)

Cuando se quema un combustible fósil como el carbón, los átomos de hidrógeno y carbono que lo constituyen se combinan con los átomos de oxígeno del aire, produciéndose una oxidación rápida en la que se forman agua y dióxido de carbono y se libera calor, unos 1,6 kilovatios hora por kilogramo de carbón, o unos 10 electro voltios (eV) por átomo de carbono. Esta cantidad de energía es típica de las reacciones químicas que corresponden a cambios en la estructura electrónica de los átomos.

Parte de la energía liberada como calor mantiene el combustible adyacente a una temperatura suficientemente alta para que la reacción continúe.

## Electricidad de origen nuclear

AÍ	PRODUCCIÓN (TWh**)	EN	1995*
	Estados Unidos		705,7
	Francia		377,3
	Japón		287,8
	Alemania		154,1
	Canadá		100,3
	Rusia		98,7
	Reino Unido (1994)		89,5
	Ucrania		70,5
	Suecia		69,9
	Corea del Sur		64,0
	España		55,4
	Bélgica		41,4
	Suiza		24,8
<p>* Sólo se recogen las producciones superiores a 20 TWh</p> <p>** 1 teravatio hora (TWh) = <math>10^{12}</math> Wh = <math>10^9</math> kWh</p>			

**Tabla 1** Producción en 1995  
**Fuente:** Energía Atómica (CEA)

PAÍS	PROPORCIÓN DE LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA DE ORIGEN NUCLEAR EN 1995* (%)
Lituania	87,5
Francia	76,0
Bélgica	55,3
Brasil	55,3
Suecia	47,0
Bulgaria	46,1
Eslovaquia	44,0
Hungría	42,3
Suiza	38,9
Ucrania	36,7
Corea del Sur	36,2
Japón	33,0
España	32,9
Alemania	29,9
Reino Unido	26,4
República Checa	26,4
Finlandia	26,0
Eslovenia	23,0
Estados Unidos	22,5
Canadá	17,0
Argentina	11,8
Rusia	11,5
* Sólo se recogen los porcentajes superiores al 10%.	

**Tabla 2** Producción nuclear

**Fuente:** Comisariado para la Energía Atómica (CEA)

## **DISTINTOS TIPOS DE ENERGÍA QUE SE PUEDEN TRANSFORMAR EN ENERGÍA ELÉCTRICA**

Tenemos que recordar; que la energía no se puede destruir, solo la podemos transformar, una de ella, es la eléctrica, que puede ser el resultado de la transformación de distintos tipos de energía.

El problema, es que en las transformaciones, muchas veces obtenemos energías que rompen los ciclos vivientes, ecológicos, y son nocivas para el hombre.

**Energía de la biomasa.** La que puede obtenerse de compuestos orgánicos combustibles obtenidos a partir de materia vegetal, en muchas ciudades europeas, generan energía con la basura, de la misma ciudad, así no afectan la ecología, al enterarla, como ocurre en muchos países, inclusive el nuestro.

**Energía eólica.** Energía cinética del viento, que puede utilizarse para mover las palas de un aerogenerador y producir energía eléctrica.

**Energía fotovoltaica.** Energía eléctrica obtenida de la luz mediante células fotoeléctricas que responden a la energía luminosa que ionizan átomos especialmente preparados, de los materiales semiconductores, para que sea más sensible, liberando electrones.

**Energía geotérmica.** Energía calorífica que puede obtenerse a partir de materiales terrestres (agua, rocas) anormalmente calientes, como térmicas, volcanes, etc.

En general, la temperatura de los materiales terrestres aumenta con la profundidad de forma regular por diferencia de presión, cuanto más profunda, mayor presión, mayor temperatura.

Pero también, pueden existir anomalías locales, dependientes de la geología del terreno, que resultan en aguas subterráneas o manantiales calientes.

**Energía hidráulica.** Energía potencial gravitatoria de una masa de agua que puede ser aprovechada para mover una turbina y generar electricidad.

**Energía solar.** Energía radiante del Sol, que puede ser aprovechada para la producción de electricidad en virtud del efecto fotoeléctrico, es decir, de la capacidad de la radiación electromagnética para extraer electrones de algunos materiales, como metales o semiconductores. Se tiene información específica sobre la radiación media en el Ecuador plasmada como ANEXO E.

**Energía mareomotriz.** Esta energía se debe a las olas del mar, con este tipo de energía se puede obtener energía eléctrica, transformándola. La marea ascendente del río fluye a través de un dique, mueve unas turbinas y luego queda retenida tras él. “Cuando la marea desciende, el agua atrapada se libera, atraviesa el dique y mueve de nuevo las turbinas. Estas plantas de energía mareomotriz desarrollan su máxima eficiencia cuando la diferencia entre las mareas alta y baja es grande”; y “las mareas altas mayores del mundo tienen una diferencia de unos 18 metros”.<sup>12</sup>

### **3.1.1 Bibliográfica Documental**

Se accedió a fuentes bibliográficas e internet que también se detallan sus respectivas direcciones al igual que las fuentes bibliográficas en sus pies de párrafo.

---

<sup>12</sup> Microsoft ® Encarta ® 2008. © 1993-2007 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Así también se obtuvo información secundaria, visitando los siguientes lugares estratégicos:

- Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi. (ELEPCO) (Anexo D).
- Aeropuerto Internacional Cotopaxi. (Anexo C).
- Periódico circulante en el país. (Anexo E).
- Información acerca de las cargas del ITSA y de todo el establecimiento. (Anexo G).
- Consejo Nacional de Cultura y ExploRed Ecuador. (Anexo B).
- Información recolectada a docentes y estudiantes en el ITSA, que fue procesada, tabulada e interpretada para mayor entendimiento. (Anexo H).
- Aprovechamiento de la Energía Solar OLADE. (Anexo I).
- Información del consumo eléctrico de las entidades que funcionan en el edificio. (Anexo F).

Se obtuvo información específica sobre el viento, el agua, radiación solar, proyección y demanda de ELEPCO, y generación eléctrica de Latacunga.

Todo lo anterior ayudó a obtener la información que se explica a continuación; en el siguiente marco teórico, y en la modalidad básica de la Investigación de campo 3.1.2.

### **3.1.2 De campo**

El trabajo de investigación se realizó en la Provincia de Cotopaxi del Cantón de Latacunga.

Fueron visitados algunos de los lugares de generación eléctrica, así como lugares donde se distribuye energía eléctrica en la provincia; sin poder olvidarse de las instituciones en las que se encuentran autoridades,

personal y técnicos de instrumentos de generación eléctrica en Cotopaxi como:

- Departamento de Recursos Hídricos
- Algunas instalaciones de ELEPCO S.A.
- Centrales hidroeléctricas.

Se realizó una investigación de campo a las instalaciones de ELEPCO S.A. En el departamento de Planificación por parte del Ing. Ramiro Vásquez que proporcionó toda la información acerca de la demanda de la energía eléctrica de toda la provincia de Cotopaxi, que supo mencionar que no se tiene un estudio de solo la ciudad de Latacunga, sino de toda el área jurídica de la provincia de Cotopaxi.

Se pudo obtener los fundamentos necesarios de cómo se obtiene energía eléctrica en cada uno de los lugares visitados.

ELEPCO S.A. es la empresa encargada de administrar la redes, sub estaciones de distribución, recaudación, entre otras más atribuciones que le corresponde, como brindar servicio a toda la colectividad Cotopaxense.

ELEPCO S.A también es la encargada de administrar las plantas hidroeléctricas localizadas en esta provincia, aunque se tiene estatutos diferentes entre generación y administración, toda la energía producida en nuestras hidroeléctricas son vendidas al estado mediante la conexión al Sistema Nacional o interconectado, y de este Sistema Nacional somos consumidores y pagamos lo que disipamos.

El consumo de energía eléctrica de ELEPCO S.A (ANEXO D)

Mediante investigación de campo se visitó las centrales hidroeléctricas de la provincia de Cotopaxi previa información en el edificio a través del personal que trabaja en la empresa y autorización del

Ing. Miguel Lucio presidente de generación de las hidroeléctricas generadoras de Cotopaxi.

Las centrales hidroeléctricas Illuchi 1 y 2 están localizadas en el sector de Illuchi al noreste de Latacunga a unos 30 minutos en carro.

Las centrales hidroeléctrica Illuchi 1 tiene la capacidad de generar 4.2 MW con un caudal de  $1.3\text{m}^3$  que es transformada la energía hidráulica en energía eléctrica a través de una turbina Pelton que mueve al generador.

El agua que es abastecida para la turbina nace más o menos a unas 2 horas de camino, de unas vertientes naturales que a través de tubos de alta presión que es conducida por una pendiente para coger alta energía cinética que luego es transformada en energía eléctrica.

Toda el agua saliente de la central hidroeléctrica Illuchi uno es conducida a un reservorio para que nuevamente sea conducida por tubos de alta presión hacia la central hidroeléctrica Illuchi dos que está localizada debajo de la central uno que genera 5.2 MW y tiene el mismo sistema de generación que la número uno.

Toda la energía de las centrales hidroeléctricas es llevada a través de conductores de alta tensión a la sub estación el Calvario en la ciudad de Latacunga que está conectada al Sistema Nacional o interconectado.

Así también se dispone de otras centrales hidroeléctricas en la provincia de Cotopaxi, pero estas no funcionando constantemente debido a factores externos de la empresa; menciona el Ing. Miguel Lucio presidente de generación de las hidroeléctricas Cotopaxi.

A continuación se muestra el listado de las otras generadoras eléctricas de menor importancia debido a su capacidad de generación.

Estado	1,6Mw
Catasacón	0,8Mw
Angamarca	0,3Mw

**Tabla 3:** Pequeñas generadoras eléctricas de Cotopaxi

**Fuente:** Gustavo Mora / Santiago Olovacha

La generadora eléctrica de Angamarca que genera 0,3 Mw es la única que no se conecta al Sistema Nacional en ninguna subestación, más bien es fuente directa a través de una red para la ciudad de Latacunga.

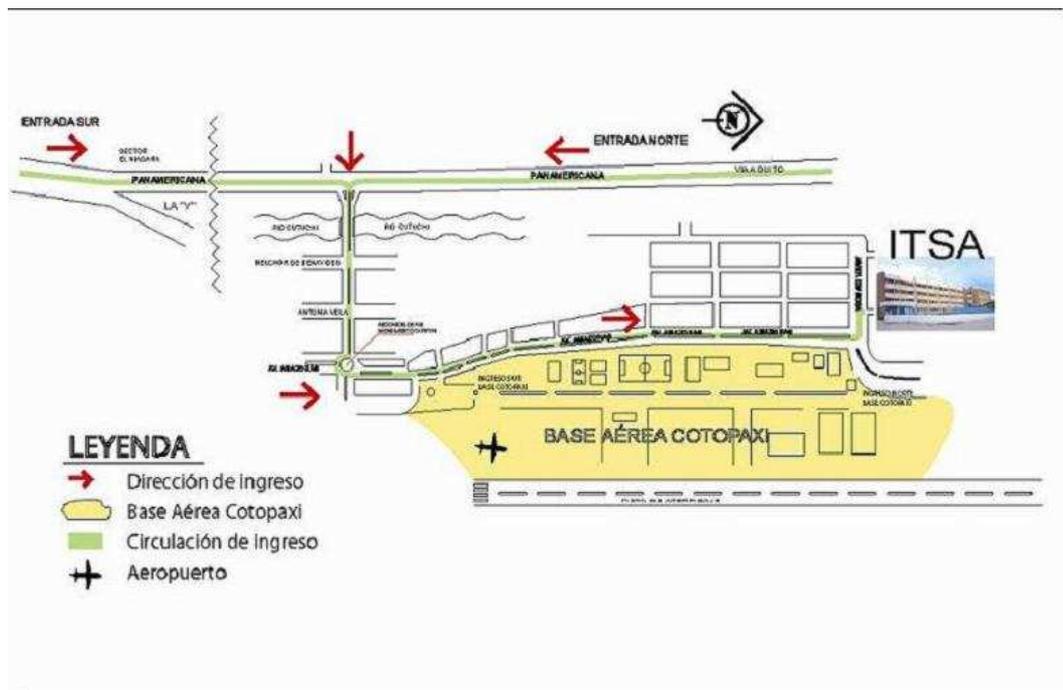
De las diferentes formas de energías que encontramos en la naturaleza, la hidráulica la única fuente que se usa para generar electricidad.

Como ya se conocen que energías se pueden usar en Latacunga provincia de Cotopaxi, la investigación se centró en el lugar donde se dará a cabo el proyecto, el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

### **PARA SABER QUE FUENTES ENERGÍAS SE PUEDEN UTILIZAR EN EL ITSA**

Se tiene que saber que recursos hay en su entorno; se empezará con los límites de la Institución.

Geográficamente está limitada: al Norte por la Parroquia Nueva Vida, al Sur la calle Javier Espinosa (3-47) en dirección al colegio Hermano Miguel, al Este por la Avenida Amazonas junto al Aeropuerto Internacional Cotopaxi, al Oeste el río Cutuchi junto a la Urbanización las Fuentes como se muestra en la figura.



**Fig. 2** Ubicación del ITSA

**Fuente:** <http://www.itsafae.edu.ec/ubicación>

Se realizó una modalidad básica de campo visitando toda el área que comprende el ITSA y se logró percatar que existen tres tipos de energías disponibles para el aprovechamiento, las cuales son la energía solar que se dispone en cualquier parte de nuestro país y por ende el ITSA que está localizado en el país que queda en el centro del mundo donde tenemos la radiación solar más alta, debido al grado de incidencia, esto se puede aprovechar recogiendo de forma adecuada la radiación solar, para transformarla en otras formas de energía como energía térmica o energía eléctrica utilizando paneles solares.

Así también se pudo apreciar que existe una gran presencia de flujo de viento que atraviesa por toda el área del Instituto, por esto, posteriormente se visitó el Aeropuerto Internacional Cotopaxi donde proporcionaron datos relativos a la velocidad del viento como se puede apreciar en el anexo C.

Así también se percató que por la parte oeste de los terrenos correspondientes al ITSA tenemos la presencia de un río, donde no es aprovechada la energía hidráulica presente, como una fuente de energía alternativa.

Mencionado río tiene las siguientes características:

“El río Aláquez que atraviesa por el oeste del I.T.S.A. es un afluente del río Cutuchi, el cual no tiene un caudal constante debido a que todo el trayecto del río tiene concesiones para agua de regadío ya que en el verano el caudal es muy bajo, para lo cual no es muy adecuado implementar una micro empresa eléctrica; mientras que en estos 3 últimos años se ha tenido un invierno casi constante donde se ha podido medir un caudal de 1975 litros sobre segundo dotándose de bastante agua como para una microempresa eléctrica.” Y “el río presta condiciones ideales como para generar energía eléctrica en la parte donde comienza o nace el río Aláquez debido a que existen varios lugares del río con alto grado de pendiente e incluso formando cascadas”.<sup>13</sup>

El Presidente se considera anónimo, es muy conocedor del río debido a que tiene mucha experiencia por haber trabajado muchos años en el Departamento de Recursos Hídricos.

## **3.2 Tipos de investigación**

### **3.2.1 No experimentales**

La investigación fue no experimental, porque se visitaron y se observaron los departamentos, instituciones e instalaciones que generan y distribuyen electricidad, es decir se obtuvo información de los lugares

---

<sup>13</sup> Fuente: Presidente del Departamento de la Secretaría Nacional del Agua Latacunga

que se inspeccionaron sin intervenir en ellos, lo cual se explicó en el punto anterior.

Nuestra investigación es de tipo no experimental debido a que tenemos las siguientes variables y no podemos jugar con ellas:

**Variable independiente.-** Las zonas rurales de la provincia de Cotopaxi.

**Variable dependiente.** Energía propia desde donde nos desarrollamos.

Como el estudio es en la provincia de Cotopaxi, la investigación se centró en la ciudad de Latacunga por ser su capital y por ser la ciudad que acoge a la institución donde se dará el proyecto.

Los tipos de energías alternativas que se pueden aprovechar en el Instituto son independientes pero dependen directamente del medio ambiente de acuerdo a los recursos disponibles en el campo de estudio, en esta investigación sería el ITSA, en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi, ya que en el país se encuentra el problema (Cómo suplir el déficit de energía eléctrica que presenta el país, concientizando a la gente a producir energía propia desde donde nos desarrollamos), como el lugar donde nos desarrollamos es Cotopaxi se toma en cuenta al ITSA.

El ITSA puede depender de energías alternativas como: hidráulica, biomasa, solar, eólica, geotérmica.

La mareomotriz no, puesto que no tiene mar en su entorno, de todas estas energías limpias solo algunas se podrán aplicar, tal es el caso que de acuerdo al estudio en nuestro ámbito se hallaron tres energías

presentes que son: la energía solar, eólica y la energía hidráulica; que están desaprovechadas en la actualidad.

Se verificó, que la investigación fue de tipo no experimental, por que el déficit de energía es un problema que está presente en Ecuador América y en el mundo entero; por esto es que muchos países buscan tener sistemas de energías alternativas, y como en nuestro país también se tomaron las zonas rurales de la provincia de Cotopaxi, es el universo dicha provincia.

### **3.3 Niveles de investigación**

#### **3.3.1 Descriptiva**

A través de la investigación descriptiva se logró examinar el problema (Cómo suplir el déficit de energía eléctrica que presenta el país, concientizando a la gente a producir energía propia desde donde nos desarrollamos), e identificar el déficit de energía que está presente en las zonas rurales de Cotopaxi, teniéndola como una provincia del territorio ecuatoriano, tratando a la investigación a través de técnicas de recolección de información en la población de Latacunga para saber qué tipos de energías alternativas se podrán aprovechar para que sean transformadas y así obtener energía eléctrica propia en nuestra institución, siendo las principales energías alternativas que se conocen: la hidráulica, la solar, la biomasa, la mareomotriz, la geotérmica, la eólica, de las cuales la mareomotriz permanecerá descartada por no estar ubicados en la región costanera a orillas del mar, la biomasa se podría utilizar siempre y cuando se tomé al ITSA como un centro de acopio de la materia orgánica desechada por toda la ciudad de Latacunga, pero sería insignificante si solo se toma a los desperdicios del ITSA, debido a que la los residuos del establecimiento no serían suficientes, a más de que tenemos un bosque que nos proporciona pocas hojas secas; leña no, por

lo que los árboles de la institución no deben ser talados y así no se brindaría la cantidad de combustible necesario como para aprovecharla dicha fuente a través de un biodigestor, así también la geotérmica está presente exponiéndose muy alta en nuestro medio; a futuro se podría aprovechar de acuerdo a la ciencias y tecnologías venideras, mientras, tenemos la presencia de tres energías disponibles y a nuestro alcance para aprovecharlas como son la eólica, solar e hidráulica que están siendo desperdiciadas.

La energía eólica está disponible por toda la zona del territorio del ITSA, la solar por el mismo hecho de estar ubicados geográficamente en el centro de la tierra disponemos de una radiación solar excelente para su aprovechamiento, mientras que la hidráulica por tener la presencia del río Aláquez también es ideal para implantar una micro central eléctrica para así de esta manera aprovechar los recursos disponibles en nuestro medio.

### **3.3.2 Correlacional**

Por el calentamiento global, en el que día a día se está viviendo y generando una infinidad de problemas ambientales que afectan directamente a toda la población, se siente la necesidad de utilizar recursos renovables para de esta manera aportar a la solución de los problemas ecológicos y económicos mediante un auto consumo de energías.

El déficit de energía eléctrica que presenta el país causa serios problemas a la sociedad en cualquier campo o área a desarrollarse; sea este educativo, salud, laboral, económico, social, etc.

La falta de energía en un país provoca pérdidas económicas fugándose las divisas hacia el exterior debido a que los países sin energía tienen la obligación de comprar energía de otro país.

Por ello el déficit de energía eléctrica lleva a los “apagones” no solo causan alarma y perjuicio, sino que tienen una connotación política, indebida pero real, al punto de que los gobiernos consideran que un estiaje demasiado duro, desestabiliza económicamente al país.

El Ecuador solo depende de las hidroeléctricas presentes en diferentes lugares del Ecuador y no tenemos otras fuentes energéticas que nos brinden electricidad, por eso se compra energía eléctrica a la República de Colombia.

Se pierde economía debido a que cuando hay una escasez se ve involucrado en la situación de los apagones y lo único que trae son las grandes pérdidas económicas, como en el campo industrial, deterioro involuntario de materia prima, como por ejemplo no reciben la refrigeración necesaria; se producen alarmas en la sociedad y desesperación de emergencias como: personas atrapadas en los ascensores, a más de que se cerrarán locales comerciales; en los hospitales y aún la situación es más crítica debido a que se postergarán intervenciones quirúrgicas programadas y algunas inclusive en el momento en que se están realizando, teniendo en cuenta que casi todos los dispositivos funcionan eléctricamente y, desde luego, el caos vehicular que es verdaderamente peligroso; estos son ejemplos claros de problemas por una falta de energía eléctrica, como en las cuestiones de las señales iluminarias y sonoras; como muestra clara se tiene el semáforo.

### 3.4 Universo población y muestra

En todo el mundo hay déficit de energía por esto muchos países buscan como auto suministrarse, pero tratando de no irse contra el ecosistema, y decir no al calentamiento global.

Si nos desarrollamos en el ITSA, en la ciudad de Latacunga, en la provincia de Cotopaxi, en el país de Ecuador, en Sur América; en fin, en el planeta Tierra donde en realidad existe este problema.

Se tomó como Universo a la provincia de Cotopaxi, y la muestra se halló con la apertura de los departamentos en las diferentes entidades a pedir información relativa a energías no convencionales y, la forma de cómo solucionar este problema con fuentes de energías desde los lugares que se dieron las investigaciones, sabiendo que el problema es (¿Cómo suplir el déficit de energía eléctrica que presenta el país, concientizando a la gente a producir energía propia desde donde nos desarrollamos?). Se tiene a Latacunga como población.

Entonces queda:

**Universo.-** La provincia de Cotopaxi

**Población.-** La ciudad de Latacunga

**Muestra.-**

- Departamento de Recursos Hídricos
- Algunas instalaciones de ELEPCO S.A.; así como las micro centrales hidroeléctricas como la central de Illuchi 1 y 2, etc.
- El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.
- Secretaría Nacional del Agua.

### **3.5 Recolección de datos**

La recolección de los datos realizaron los responsables de la investigación:

Gustavo Mora

Santiago Olovacha

Se realizó de una manera organizada y sistematizada, es decir se organizó dando un orden a las ideas, resúmenes, etc., que se plasmaron en libretas, celulares, cámaras fotográficas y en laptops al hacer huso de la investigación de campo que consistió en visitar los diferentes lugares y las instituciones que se indicaron en el punto 3.1.1. Con el fin de alcanzar información, mediante la técnica de la observación documental (que consistió en utilizar los manuales técnicos, registros estadísticos de demanda, generación y consumo) y conversaciones con los operadores, técnicos y autoridades a cargo del funcionamiento de las instituciones. Toda esta información se encuentra en el marco teórico del punto 3.1.1.1.

### **3.6 Técnicas:**

#### **3.6.1 La observación**

La observación se utilizó en los siguientes lugares mientras se visitaba, y se realizaba la investigación:

Algunas instalaciones de ELEPCO S.A. ubicadas en el centro de la ciudad de Latacunga, principalmente el departamento de planificación, así también las sub estaciones ubicadas en la misma ciudad que se encargan de la distribución de la energía eléctrica.

Visita a las principales hidroeléctricas Illuchi 1 y 2 quienes generan mayor cantidad de energía eléctrica y proporcionan todo su potencial a través de la sub estación el calvario al Sistema Nacional, donde se

observó que la generación eléctrica es a través de la energía hidráulica utilizando una pendiente natural para adquirir alta presión y hacer girar las turbinas que finalmente con sus sistemas complementarios se obtiene energía eléctrica.

Lo interesante es que el agua que sale de la hidroeléctrica Illuchi 1 es nuevamente conducida mediante un canal abierto hacia un reservorio para que el agua sea nuevamente introducida a las tuberías de presión por lo que más abajo se encuentra la hidroeléctrica 2 y de esta manera aprovechar otra pendiente natural para adquirir nuevamente presión hidráulica y generar electricidad con el mismo proceso que la anterior.

Así también se logró percatar que en los sectores más altos donde nace el agua, es decir en el mismo sector de los páramos por Illuchi en la zona más alta no se tiene energía eléctrica en algunas pequeñas viviendas, así también en los páramos, Milin, Tigua, Zumbagua y Panzache también se tiene el déficit de energía eléctrica porque no llega a algunas viviendas lejanas y si tienen es de muy baja calidad como por ejemplo no abastece como para tener una ducha eléctrica.

### **3.6.2 Observación documental**

Por lo que se tuvo una documentación específica en cada lugar que se visitó, se usó una observación de campo en placas, avisos, tarjetas y archivos que ayudaron a recolectar información en la visita a las hidroeléctricas de Illuchi que ayudó a formar el cuadro siguiente de generación eléctrica en Cotopaxi:

GENERADORAS ELECTRICAS	
Illuchi 2	5.2 Mw
Illuchi 1	4.2 Mw
Estado	1,6Mw
Catasacón	0,8Mw
Angamarca	0,3Mw

**Tabla 4** Generadoras Eléctricas de Cotopaxi

**Fuente:** Santiago Olovacha / Gustavo Mora

Así también visitando ELEPCO se logró recopilar una información estadística de la demanda y proyección de energía eléctrica como se puede apreciar en el anexo D.

De igual manera, visitando instalaciones del ITSA se levantó información acerca de las cargas del ITSA y de todo el edificio que posteriormente se procesó mencionada información y se colocó como los anexos F y G.

### **3.6.3 Entrevista personal**

La entrevista personal se utilizó en la modalidad de campo antes de la observación documental, fue durante toda la trayectoria de la investigación que ayudó a guiarnos para buscar fuentes de investigación y las personas más adecuadas que nos proporcionen como fue con el Ing. Miguel Lucio, Ramiro Vásquez de ELEPCO, administrador Secretaria Nacional del Agua, y demás personas que ayudaron como guías para realizar las respectivas visitas a los lugares a inspeccionarse que se consideraron anónimos y que fueron muy importantes durante la investigación.

Toda esta información brindada ayudó para que se plasme esta investigación.

### **3.7 Procesamiento de la información**

El procesamiento de información se llevó a cabo de una manera organizada y sistematizada que consistió en una revisión crítica de la información recogida así como una limpieza de la información defectuosa por lo que esta puede ser contradictoria, incompleta, inclusa y/o no pertinente para elaborar el marco teórico en la siguiente orden:

Primero, se sacaron resúmenes que fueron dados gracias a las conversaciones con las personas que facilitaron información de acuerdo al avance del proyecto en cada departamento de los lugares que se mencionan en el punto 3.1.1. Así como los documentos de la observación bibliográfica.

Segundo, la información compendiada fue ordenada de manera que tenga congruencia y lógica cada palabra.

Tercero, se simplificaron los datos recopilados.

Toda esta información recogida consistió en unir los resúmenes e interpretaciones recolectadas que se ha creído conveniente para así de esta manera poder llevar a cabo la realización del plan de ejecución metodológico que luego se colocó en su lugar adecuado la información de acuerdo a cada paso seguido.

### 3.8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

#### CONCLUSIONES.

- Los tipos de energía son varios, de los cuales unos pocos son: gas natural, electricidad, energía mecánica, energía cinética, energía térmica, energía renovable, energía de la ionización, entre muchas otras.
- Para generar electricidad se puede aplicar energías como: energía de la biomasa, energía eólica, energía fotovoltaica, energía geotérmica, energía hidráulica, energía solar, energía mareomotriz, etc.
- Se pudo percatar que en el ITSA existen tres tipos de energía las cuales son: la primera, la energía solar que se dispone en Cotopaxi, puesto que por el país pasa la Línea Ecuador que es la mitad del Mundo, sabiendo que la radiación solar es más alta en la mitad del globo terráqueo debido al grado de incidencia; segundo, se aprecia que existe una gran presencia de flujo de viento atravesando el área del Instituto, pudiendo utilizar la energía eólica; y tercero por la parte oeste de los terrenos del ITSA existe un río el cual no es aprovechado, pudiendo ser usada la energía hidráulica.
- Se recopiló y se sistematizó la información teórica para un buen desarrollo del proyecto, se conocieron las fuentes energéticas que existen en la región y se analizaron los tipos de generación eléctrica que se pueden aprovechar en el ITSA.

## RECOMENDACIONES:

- Se recomienda que algún estudiante realice un proyecto donde plasme un sistema solar fotovoltaico para transformar la energía solar en energía eléctrica para que sea utilizada en la Institución, así de esta manera aprovechar una fuente de energía alternativa.
- Realizar proyectos para la implementación de sistemas de aerogeneración, que permita tener energía eléctrica más limpia.
- Incrementar la capacidad de generación hidroeléctrica para satisfacer la demanda de la provincia, ya que existe un cordón montañoso que permite la formación de cuencas hidráulicas, las mismas que pueden ser aprovechadas. Para esto se deberán realizar los respectivos proyectos de posibles centrales hidroeléctricas.
- Implementar estudios de una micro central hidroeléctrica en los terrenos del ITSA utilizando la energía hidráulica del Río Alaquez. Todo con un concurso de grupos de estudiantes, para el auto suministro de energía eléctrica al ITSA, que permita ahorro de recursos económicos en el Instituto.

## 4. FACTIBILIDAD DEL TEMA

**4.1 Técnica.-** Cumplirá las normas de seguridad establecidas para su funcionamiento.

Para su funcionamiento se debe tomar en cuenta que cualquier persona que decida observar el generador eólico debe seguir las normas como deben ser estas:

- Delimitar el espacio mediante una línea de pintura o espacio restringido, a fin de evitar roces o cualquier tipo de lesiones, por más que las palas giren a una distancia prudente.
- Se debe usar cintas de aviso, así como etiquetas, y protectores en las puntas, siempre que se vaya a hacer algo de mantenimiento.
- Al momento de que el aerogenerador sirva de fuente de aprendizaje para los estudiantes de mecánica, electrónica, etc., en los momentos de estimulación a los estudiantes, así como para la explicación de los docentes en materias como aerodinámica, rotores, hélices, se deberán tomar en cuenta las normas anteriores.

### 4.2 Legal

#### **REGULACIÓN No. CONELEC – 008/08**

EL DIRECTORIO DEL CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD

#### **Artículo 63 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico:**

El CONELEC asigne con prioridad fondos del FERUM a proyectos de electrificación rural a base de recursos energéticos no convencionales tales como energía solar, eólica, geotérmica, biomasa y otras de similares características;

**Considerando:**

Que, el Art. 63 de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, establece que el Estado fomentará el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones privadas;

Que, la seguridad energética para el abastecimiento de la electricidad debe considerar la diversificación y participación de las energías renovables no convencionales, a efectos de disminuir la vulnerabilidad y dependencia de generación eléctrica a base de combustibles fósiles;

Que, es de fundamental importancia la aplicación de mecanismos que promuevan y garanticen el desarrollo sustentable de las tecnologías renovables no convencionales, considerando que los mayores costos iniciales de inversión, se compensan con los bajos costos variables de producción, lo cual a mediano plazo, incidirá en una reducción de los costos de generación y el consiguiente beneficio a los usuarios finales;

Que, como parte de la equidad social, se requiere impulsar el suministro de la energía eléctrica hacia zonas rurales y sistemas aislados, en donde no se dispone de este servicio, con la instalación de centrales renovables no convencionales, distribuyendo los mayores costos que inicialmente estos sistemas demandan entre todos los usuarios del sector;

Que, para disminuir en el corto plazo la dependencia y vulnerabilidad energética del país, es conveniente mejorar la confiabilidad en el suministro, para lo cual se requiere acelerar el proceso de diversificación de la matriz energética, prioritariamente con fuentes de

energía renovable no convencionales –ERNC-, con lo cual se contribuye a la diversificación y multiplicación de los actores involucrados, generando nuevas fuentes de trabajo y el desarrollo de una tecnología propia;

Que, como parte fundamental de su política energética, la mayoría de países a nivel mundial, vienen aplicando diferentes mecanismos de promoción a las tecnologías renovables no convencionales entre las que se incluyen las pequeñas centrales hidroeléctricas, lo que les ha permitido desarrollar en forma significativa este tipo de recursos.

<b>CENTRALES</b>	<b>PRECIO</b> <b>(cUSD/kWh)</b>	<b>PRECIO</b> <b>(cUSD/kWh)</b>
	<b>Territorio</b> <b>Continental</b>	<b>Territorio</b> <b>Insular de</b> <b>Galápagos</b>
EOLICAS	9.31	12.10
FOTOVOLTAICAS	28.37	31.20
BIOMASA Y BIOGAS	9.04	9.94
GEOTERMICAS	9.17	10.08
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS HASTA 5 MW	5.80	6.38
PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELECTRICAS MAYORES A 5 MW HASTA 10 MW	5.00	5.50

**Tabla 5** Precios de la Energía Producida con Recursos Energéticos

**Fuente:** Consejo Nacional de Electricidad

**4.3 Operacional.-** De acuerdo al estudio posterior realizado y datos proporcionados por el Aeropuerto Internacional Cotopaxi relativos al viento, funcionará el sistema de aerogeneración teniendo muy en cuenta su posición geográfica que varía muy poco.

Estará a cargo de las personas que están al frente de la Institución, sean estas autoridades, técnicos, docentes al igual que dicentes prepararos y/o a prepararse; por lo que el aerogenerador servirá como fuente de estudio, sabiendo que el sistema de generación eólica una vez instalado tiene un constante funcionamiento.

#### **4.4 Análisis de recursos, económico financiero, análisis costo-beneficio (tangibles e intangibles)**

##### **4.4.1 Los Recursos Humanos**

Investigador:

Olovacha Toapanta Wilson Santiago

Asesor:

Sr. Tcnr. E.M.T. Avc. Ing. Ángel Pérez

##### **4.4.2. Los Recursos Materiales y Tecnológicos**

Laptop	Carteles
Desktops	Reloj
Celulares	Impresora
Bibliografía Técnica	Esferos
Revistas	CDs
Periódicos	Flash Memories y SDs
Papel	Vehículo
Cámara fotográfica	Internet, etc
Grabadora	

#### 4.4.3 Análisis económico

Recurso		N o	Recurso por tipo	Valor Parcial		Valor Total
<b>Humanos</b>		1	Asesor		120	120
	Subtotal					120
<b>Físicos</b>		2	Desktop (Internet)*		10	20
		-	Impresora (Impresiones)*		50	50
		2	Revistas		40	40
		3	Empastado		38	114
		-	Transporte		150	150
	Subtotal					294
		1	Hélice 3 aspas		243	243
		1	Generador eléctrico		112	112
		1	Multiplicador de RPMs		180	180
		1	Mecanismo de giro		57	57
		1	Aleta direccional		37	37
		1	Torre de soporte		255	225
		2	Lámparas		20	40
		-	Cables		120	120
		1	Batería		255	255
		2	Boquillas		0,5	1
		2	Focos especiales CD		8	16
	Suma					1286
	IVA				12%	154,32
	Subtotal					1440,32
<b>Materiales de oficina</b>		2	Papel		3,5	7
		-	Carteles		2	2
		-	Marcadores y esferográficos		7	7
		-	CDs		3	3

	Subtotal				19
	Total				1953,32
			Imprevistos 20%		390,664
	<b>Total</b>				<b>2343,984</b>

\* → Indica los recursos que se alquilarán

**Tabla 6:** Análisis económico

**Fuente:** Gustavo Mora

#### **4.4.4. Análisis costo tangible.**

La inversión que se va a realizar en el ITSA estará a vista de todos, para cualquier persona que lo visite las instalaciones, podrá darse cuenta de los gastos hechos para la obtención del trabajo de una forma tangible es decir lo que se puede apreciar.

#### **4.4.5 Análisis costo intangible.**

El trabajo a realizarse tendrá un valor intangible incalculable porque ha llevado a una autoeducación en una ciencia nueva, como son las energías alternativas, que han causado mucho interés y una valoración del medio ambiente en el que nos desarrollamos.

## **5. DENUNCIA DEL TEMA**

### **ENSAMBLAJE DE UN AEROGENERADOR CON SU RESPECTIVA TORRE DE SOPORTE PARA EL ITSA.**

En el sector donde está ubicado el ITSA existe un flujo de viento que podría ser aprovechado y transformado en energía eléctrica. Así de esta manera se colabora para evitar el efecto invernadero que se produce con el uso de otras tecnologías de generación eléctrica.

Por otro lado, como mecánico aeronáutico se ha adquirido conocimientos de aerodinámica, mecanismos y otras ciencias que permiten entender los principios de funcionamiento que se aplican para aerogeneración y diseñar-construir la torre, para así de esta manera tener un sistema completo de aerogeneración a pequeña escala en el ITSA, y demostrar a quienes nos rodean que en el Instituto se puede generar electricidad aprovechando el viento.

### 5.1 Cronograma (Del desarrollo del tema)

Tiempo	Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Actividades																																
Desarrollo del Anteproyecto		x	X	x	x	x	x																									
Informe del Problema					x	x	x	x																								
Plan de la Investigación									x	x	x	x	x	X																		
Marco Teórico													X	X	x	x																
Factibilidad del Tema															x	x	x	x	x													
Ordenamiento de contenido obtenido																					x	x										
Implementación del sistema de aerogeneración																						x	x	x								
Desarrollo del Informe Final																							x	x	x							
Defensa del Trabajo de Graduación																													X	X		

## ANEXO B

### Datos generales de la provincia de Cotopaxi.

<b>Capital:</b>	Latacunga
<b>Superficie:</b>	6.071 Km <sup>2</sup>
<b>Población:</b>	303.489 Hab.
<b>Cantones:</b>	Latacunga, La Maná, Lasso, Pangua, Pujilí, Salcedo y Saquisilí.
<b>Limites Provinciales:</b>	<b>Norte:</b> Pichincha <b>Sur:</b> Tungurahua y Bolívar <b>Este:</b> Napo <b>Oeste:</b> Pichincha y Los Ríos
<b>Condiciones Demográficas:</b>	Como en la mayoría de las provincias del Ecuador, en Cotopaxi se encuentran muchas diferencias entre los sectores urbano y rural que aparecen en las esferas de vivienda, educación, salud, empleo. Estas disparidades se agravan paulatinamente por el incontrolable crecimiento de la población. Desde 1962 se observa que existe un número cada vez más creciente de personas que abandonan la provincia para radicarse en otros lugares con expectativas de mejoramiento.
<b>Clima:</b>	El clima varía muy húmedo temperado, páramo lluvioso y subhúmedo tropical de acuerdo a la región. La provincia cuenta con un clima que va desde el gélido de las cumbres andinas hasta el cálido húmedo en el subtrópico occidental. La capital, Latacunga, está ubicada a 2.800 metros sobre el nivel del mar, lo cual le determina un clima templado, a veces ventoso y frío. En General la provincia posee una temperatura media anual de 12 °C, por lo que cuenta con un clima templado, frío y cálido húmedo.
<b>Orografía:</b>	La hoya central oriental del Patate, en la que se

	encuentra esta provincia, limita al norte, con el nudo de Tiopullo y las montañas de Casaguala al suroeste. Existen valles y páramos como los de Sigchos, Mulaló, Pastocalle, Mulatos que modelan su orografía.
<b>Hidrografía:</b>	El Cotopaxi, con 5.897 m.s.n.m. se convierte en el volcán activo más alto del mundo. La altiplanicie, encerrada entre cordilleras, tiene por sistema fluvial los ríos Cutuchí, Toachi, Yanayacu, Nagsiche, Chalupas, Illuchi, Patoa, entre otros. Existen varias lagunas en el sector oriental como Verde Cudra, Yurac Cucha, Limpio Puneu etc
<b>Recursos Naturales:</b>	El valle de Latacunga posee un magnífico suelo, apto para la producción agrícola de cebada, trigo, maíz, legumbres, hortalizas y frutales como: capulí, pera, manzana, claudias, mirabeles, taxo, durazno, uvilla, tunas, tomate, higo reina-claudia, membrillo; mientras que el sector occidental es propicio para el cultivo de banano, caña de azúcar, frutales y varios productos tropicales. La riqueza forestal es considerable, pues existen áreas boscosas compuestas de: nogal, aliso, laurel, roble, entre otros.
<b>Industrias:</b>	Alimentos, bebidas, metalmecánica, madera, leche, etc.
<b>Comercio:</b>	La pequeña ciudad de Pujilí guarda el bello arte de la alfarería y una llamativa cerámica pintada a mano son los objetos que más se destacan en las ferias de pueblo.

Fuente: [Consejo Nacional de Cultura](#) y ExploRed Ecuador

## Anexo C

### Datos característicos del viento en Latacunga

VIENTO MÁXIMO HORARIO		
HORA	DIRECCIÓN RUMBOS	VELOCIDAD NUDOS
600	S	4
700	SE	8
800	S	11
900	S	26
1000	S	28
1100	SSE	28
1200	SE	34
1300	S	28
1400	S	33
1500	S	34
1600	S	31
1700	SSW	28
1800	SW	21
1900	S	18
2000	S	11
2100	S	7
2200	S	6
2300	S	4

**Fuente:** Tablas de viento del aeropuerto "Cotopaxi" realizado por el pasante: Alex Aníbal Salto Torres

## ANEXO D

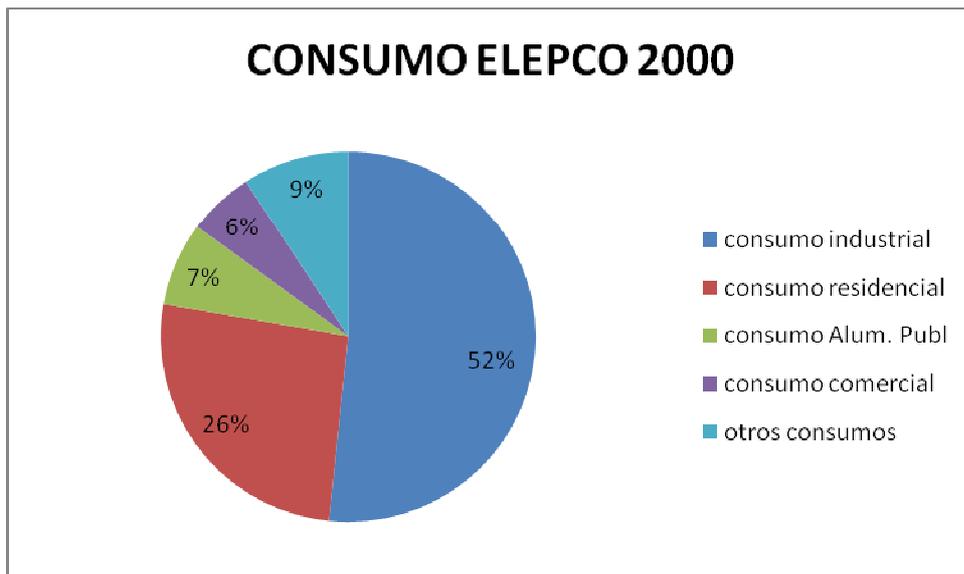
### Análisis e interpretación de resultados de la proyección de la demanda en el consumo sectorial de ELEPCO S.A.

#### 1. Consumo sectorial de la carga eléctrica en el período 2000.

CONSUMO ELEPCO 2000 (GWH)	
Consumo industrial	74,5
Consumo residencial	37,7
Consumo Alum. Publ	10,6
Consumo comercial	8,3
Otros consumos	13,3
Total	144,4
Tasa de crecimiento	2,3

FUENTE: ELEPCO.

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo



FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

- **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.** La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi (ELEPCO) durante el año 2000 ha consumido en su área jurisdiccional la cantidad de 144.4 GWH distribuida de la siguiente manera: en el campo industrial 74.5 GWH que equivale al 52% de consumo, seguido del consumo residencial correspondiente a el 26% esto quiere decir que en esta aérea se ha consumido 37.6 GWH teniendo así que el 7% se utiliza para el alumbrado público 10,6 GWH, el 6% es 8.3 GWH para el sector comercial y teniendo como ultima carga eléctrica el 9% en otros consumos es decir por perdidas en conductores, robos, etc. siendo un 13.3 GWH.
- **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.** ELEPCO tiene una carga de 144.4 GWH repartidas en varios sectores de lo cual el mayor consumo está localizado en el industrial con más del 50% de la energía y también tiene una alta carga por pérdidas.

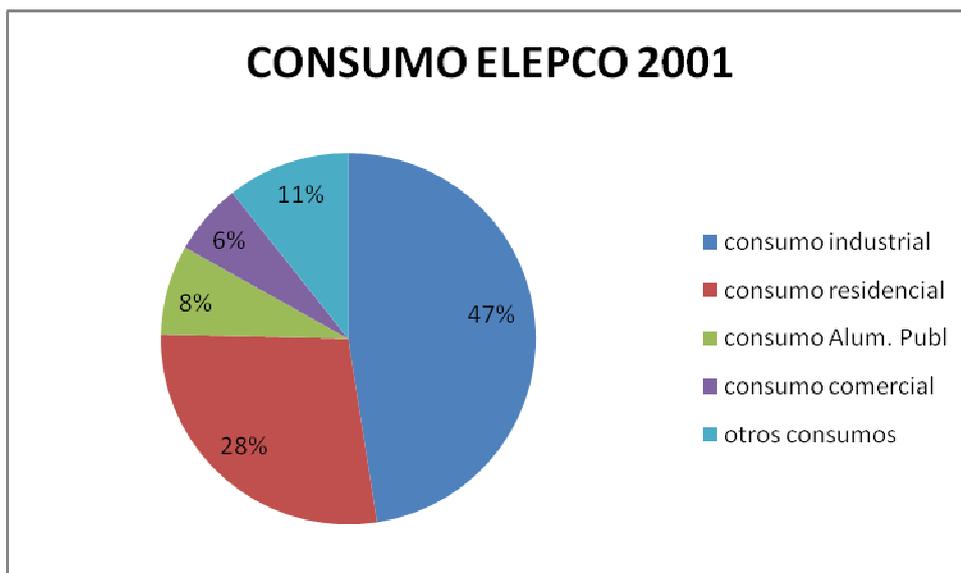
Estos resultados obtenidos representan una tasa de crecimiento 2.3% de crecimiento en relación a sus años anteriores.

## 2. Consumo sectorial de la carga eléctrica en el período 2001.

CONSUMO ELEPCO 2001 (GWH)	
Consumo industrial	67
Consumo residencial	39,2
Consumo Alum. Publ	11
Consumo comercial	8,8
Otros consumos	15
Total	141
Tasa de crecimiento	-2,4

FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo



FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

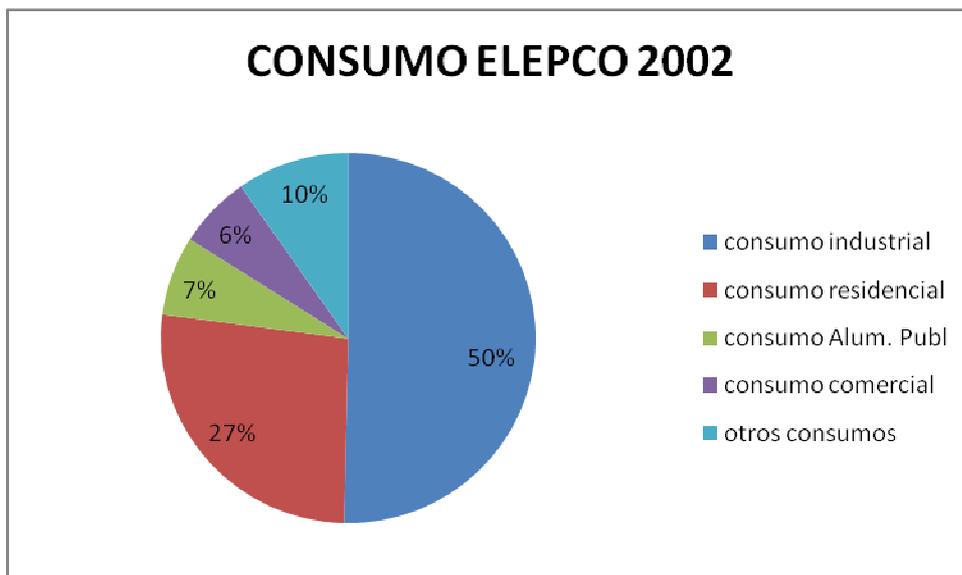
- **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.** En el año 2001 se concentro el 47% equivalente a 67 GWH de carga siguiéndole el consumo industrial con el 28% que es igual a 39.2 GWH, pues tenemos que el 8%, 11 GWH y 6%, 8.8 GWH correspondiente al consumo por alumbrado público y comercial respectivamente el 11% restante equivale a otros consumos, otras perdidas.
- **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.** Es evidente que en el sector industrial se concentra la mayor carga energética de este año, pero ha disminuido su consumo de 74.5 GWH a 67 GWH con relación al año anterior teniendo una tasa de crecimiento negativa equivalente a -10.1%.

## Consumo sectorial de la carga eléctrica en el período 2002.

CONSUMO ELEPCO 2002(GWH)	
Consumo industrial	81,3
Consumo residencial	43,1
Consumo Alum. Publ	11,1
Consumo comercial	10,2
Otros consumos	15,7
Total	161,4
Tasa de crecimiento	14,4

FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo



FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

- **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.** La carga energética en el campo industriales de 81.3 GWH equivalente al 50% y perseguido del consumo residencial con 43.1 GWH es indicar el 27% y resto de cargas es para el alumbrado público, comercial, y

otros consumo que tienen una carga de 11,1GWH, 10.2 GWH y 15.7 GWH respectivamente en su tasa sectorial.

- **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.** Durante el período 2002 se tuvo una carga de 161.4 GWH, que la energía se provee se concentra en dos grandes grupos que son el sector comercial y residencial.

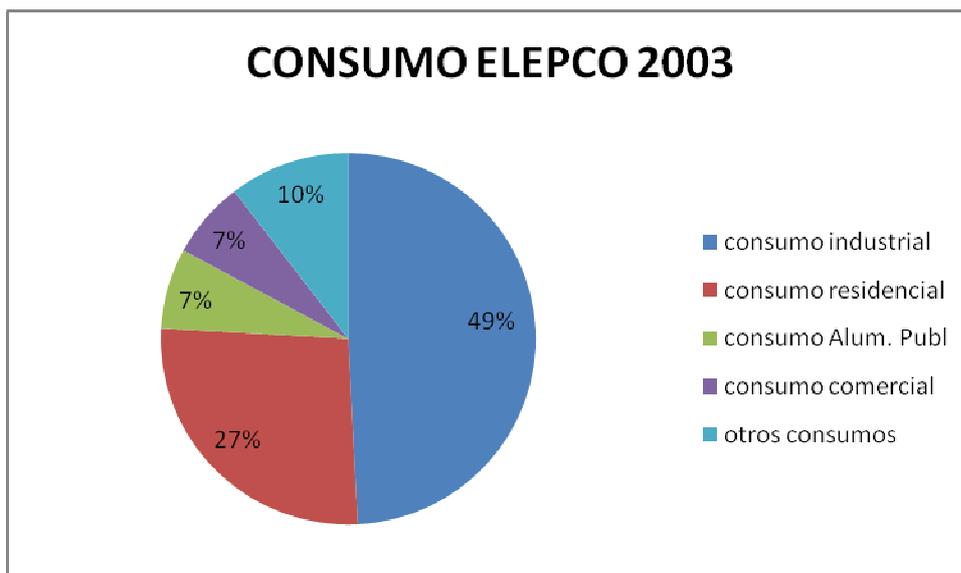
Los datos anteriores nos interpretan que en este año que habido un crecimiento con una tasa del 14.4 % en total del consumo relacionado al año anterior.

#### **4.-Consumo sectorial de la carga eléctrica en el período 2003.**

CONSUMO ELEPCO 2003 (GWH)	
Consumo industrial	83,1
Consumo residencial	45,1
Consumo Alum. Publ	11,9
Consumo comercial	11,3
Otros consumos	17,6
Total	169
Tasa de crecimiento	4,8

FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo



FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

- **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.** El 49% que es 83.1 GWH es de consumo industrial seguido de la carga industrial con el 27% igual a 45.1% y el 10% para otros consumos, repartiéndose así el 14% para consumidores comercial y alumbrado público siendo 23.1 GWH.
- **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.** Existen dos grandes sectores consumidores que son en primer lugar con casi la mitad de consumo de la carga eléctrica la tasa industrial seguido de la tasa residencial, teniendo así una tasa de crecimiento del 4.8% de incremento en la carga general comparando con el año pasado.

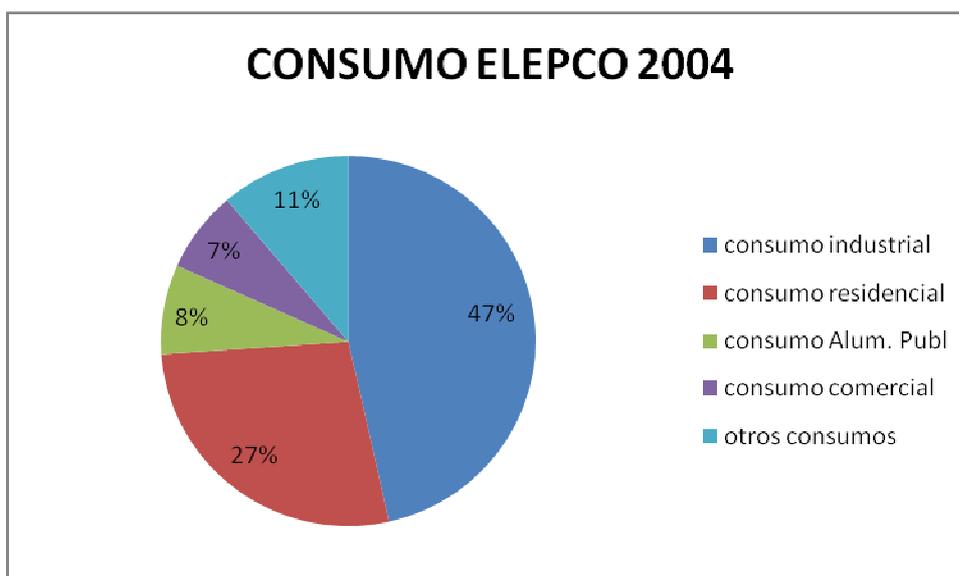
#### 5.-Consumo sectorial de la carga eléctrica en el período 2004.

CONSUMO ELEPCO 2004 (GWH)	
Consumo industrial	80,8
Consumo residencial	47,6
Consumo Alum. Publ	13,6

Consumo comercial	12,3
Otros consumos	19,4
Total	173,7
Tasa de crecimiento	2,8

FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo



FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

- **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.** ELEPCO tuvo una carga en el sector industrial del 47% equivalente a 80.8 GWH, así también el sector residencial con el 27% es decir con 47.6 GWH de carga seguido de otros consumos que es el 11% semejante a 19.4 GWH, se tiene que el 8% y 7% es de alumbrado público y consumo comercial es 13.6 GWH y 12.3 GWH respectivamente.
- **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.** Se tiene que en los últimos tres años se ha consumido el 27% de la carga eléctrica en el sector residencial dependiendo del total de la carga.

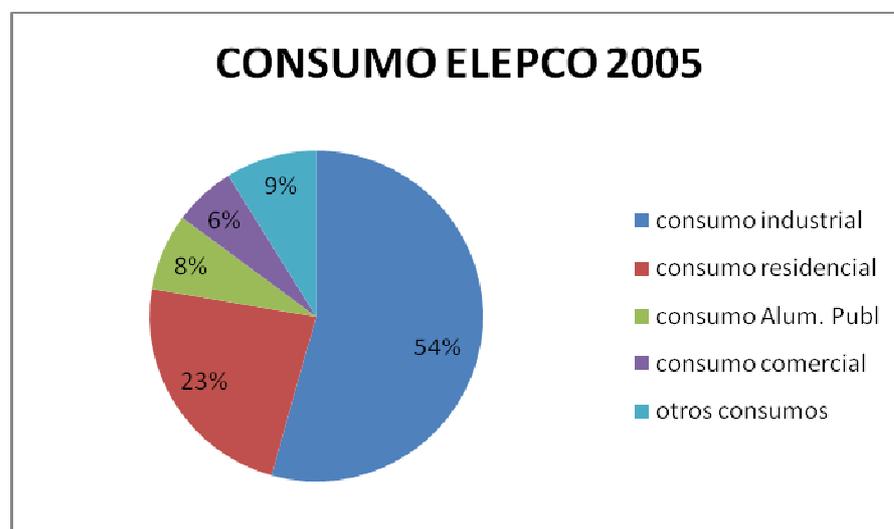
En el año 2004 se tuvo una tasa de crecimiento de consumo de energía eléctrica del 2.8%.

### 6.-Consumo sectorial de la carga eléctrica en el período 2005.

CONSUMO ELEPCO 2005 (GWH)	
Consumo industrial	119,9
Consumo residencial	51,7
Consumo Alum. Publ	16,5
Consumo comercial	13,2
Otros consumos	19,5
Total	220,8
Tasa de crecimiento	27,1

FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo



FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

- **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.** El consumo de energía eléctrica durante el año fue dividido de la siguiente

manera, industrial 54% igual a 119.9 GWH, residencial 23% equivalente a 51.7 GWH, comercial 6% que equipara a 13.2 GWH, en alumbrado público se ha gastado el 8% siendo una carga de 16.5 GWH y finalmente tenemos un consumo del 9% que representa 19.5 GWH.

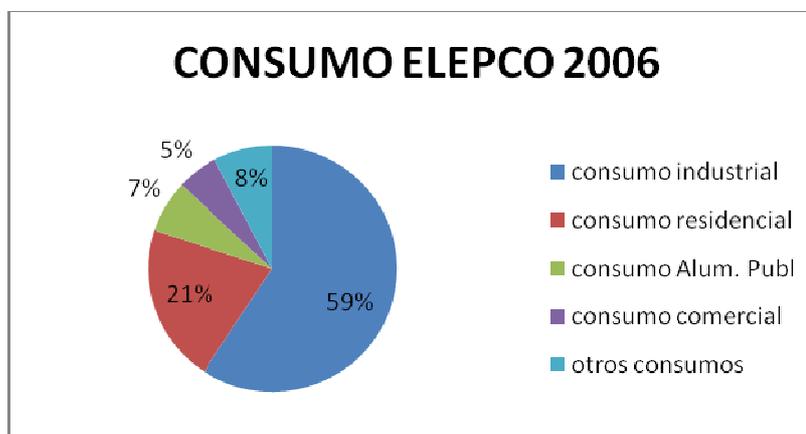
- **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.** En el año 2005 ha crecido el consumo industrial y disminuido el gasto residencial en comparación con el año 2004, teniendo un aumento de carga eléctrica en su total consumo de 27.1%.

### 7.-Consumo sectorial de la carga eléctrica en el período 2006.

CONSUMO ELEPCO 2006 (GWH)	
Consumo industrial	155,3
Consumo residencial	54,3
Consumo Alum. Publ	18,2
Consumo comercial	14,1
Otros consumos	20,1
Total	262
Tasa de crecimiento	18,6

FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo



FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

- **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.** El mayor consumidor representa el 59% de la carga que es 155.3 GWH seguido del consumo residencial 21% con carga de 54.3 GWH, y la diferencia se reparte para el sector comercial, alumbrado público, y otros consumos que son el 5%, 7% y 8% respectivamente.
- **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.** La carga para el sector industrial sigue incrementándose que de 119.9 GWH del año pasado a 155.3 GWH.

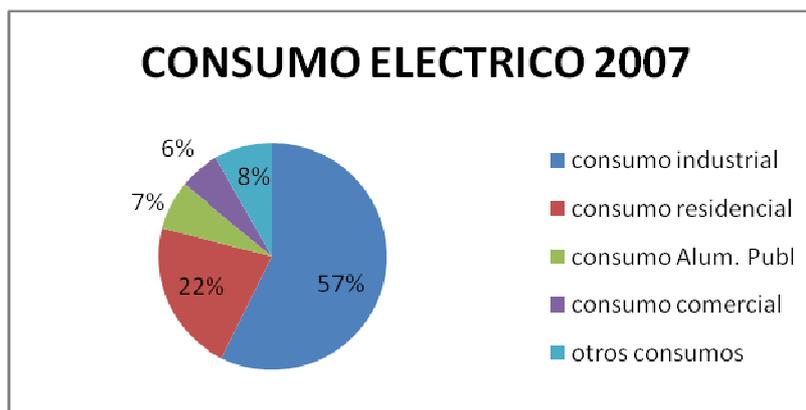
Teniendo una tasa de incremento general de un 18.6% en su carga general.

#### 8.-Consumo sectorial de la carga eléctrica en el período 2007.

CONSUMO ELEPCO 2007(GWH)	
Consumo industrial	155,7
Consumo residencial	59
Consumo Alum. Publ	19
Consumo comercial	15,8
Otros consumos	22,4
Total	271,9
Tasa de crecimiento	3.8

FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo



FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

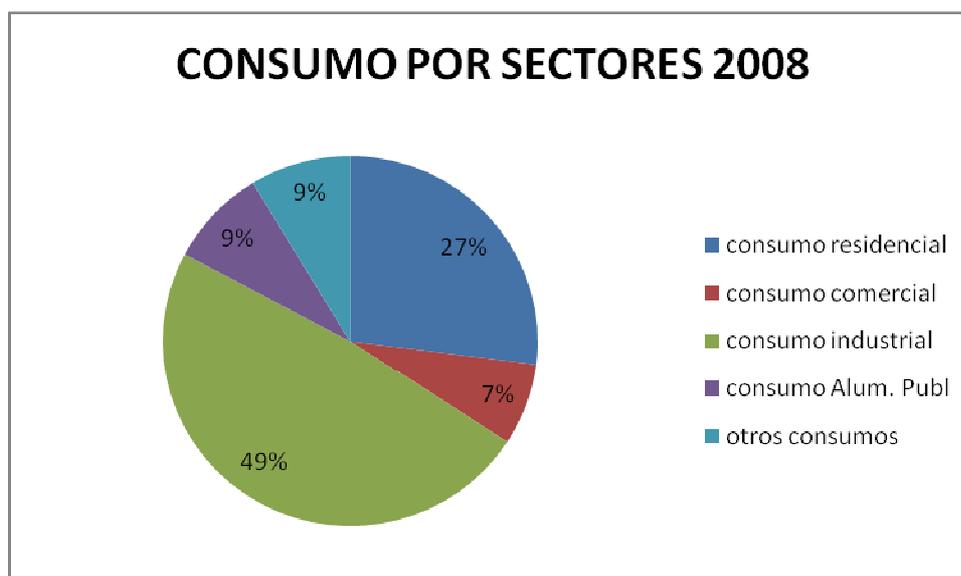
- **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.** La Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi durante el año 2007 las cargas eléctricas se ha repartido de la siguiente manera, el 57% para el sector industrial con un gasto de 155.7 GWH, para el sector residencial un gasto de 59 GWH paralelo a el 22%, compartiendo el 7% y 6% en alumbrado público y consumo comercial con una carga de 19 GWH, 15.8 GWH respectivamente, finalmente en otros gastos se tiene el 8% que equipara 22.4 GWH.
- **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.** Se tuvo durante el año una carga 271.9 GWH siendo el mayor consumidor de energía el sector industrial, con una tasa de crecimiento general de 3.8%.

## 9.-Consumo sectorial de la carga eléctrica en el período 2008.

CONSUMO ELEPCO 2008 (GWH)	
Consumo industrial	112,9
Consumo residencial	63,4
Consumo Alum. Publ	19,4
Consumo comercial	16,7
Otros consumos	20
Total	232,4
Tasa de crecimiento	-14,5

FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo



FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

- **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.** El 49% de la energía eléctrica en el año 2008 es absorbida por el consumo industrial, seguida del consumo residencial con un 27% y consumiendo en

menor proporción el sector industrial con un 7% e igualando sus consumos el alumbrado público y otros en el 9% para cada uno.

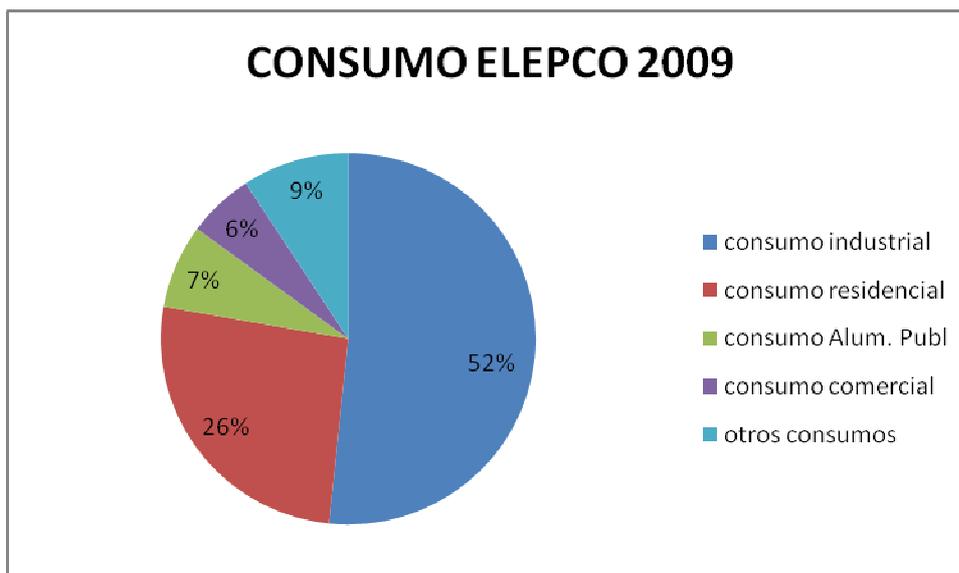
- **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.** El mayor consumo sigue siendo el sector industrial seguido del sector residencial y en una minoría comparten el comercial, alumbrado Público y otros, pero sin embargo este año ha tenido una tasa de decrecimiento igual a -14.5% en comparación a el consumo de carga eléctrica con el anterior año.

#### **10.-Consumo sectorial de la carga eléctrica en el período 2009 mediante datos pronósticos.**

CONSUMO ELEPCO 2009 (GWH)	
Consumo industrial	117,7
consumo residencial	65,3
Consumo Alum. Publ	20,5
consumo comercial	17,4
otros consumos	21,1
<b>TOTAL</b>	<b>242.1</b>
Tasa de crecimiento	4,2

FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo



FUENTE: ELEPCO

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

- **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.** Se observa que el 52 %de la carga de ELEPCO es decir 117.7 GWH es para el sector industrial, el consumo residencial representa un 26% que equivale a 65.3 GWH mientras que otros consumos como robos, perdidas por los conductores abarca una 9% es decir 21,1 GWH siguiéndole el consumo por alumbrado público de 20.5 GWH representando el 7% de la carga y finalmente el consumo por el sector comercial de 17,4 GWH equivalente a el 6%.
- **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.** Es evidente que la mayor parte de la carga eléctrica se consume en el sector industrial debido a una gran presencia de fábricas que están localizadas dentro de la provincia Cotopaxi.  
En este año se ha tenido un crecimiento de consumo de energía eléctrica de 4.2 GWH en su carga general.

## Anexo E

### Advierten de peligrosos niveles de radiación solar en Ecuador

QUITO | AP

La Agencia Espacial Civil Ecuatoriana difundió este miércoles un estudio para alertar sobre los niveles de radiación solar que recibe Ecuador y que son muy superiores a los considerados seguros para la salud humana.

Nuestra posición geográfica hace que la luz solar pase por menos atmósfera. Aquí la luz cae perpendicularmente y obviamente la radiación también. A medida que un país está más hacia el sur o más hacia el norte los rayos caen con una inclinación y pasan a través de más atmósfera, explicó a la AP, Ronnie Nader, director de operaciones espaciales de esa agencia espacial no gubernamental.

Las mediciones e investigaciones que recoge el Informe Hiperión prueban que existe un gran debilitamiento de la capa de ozono sobre latitudes ecuatoriales y en consecuencia el territorio ecuatoriano recibe niveles de radiación ultravioleta muy superiores al máximo establecido como seguro o tolerable para la salud humana, indicó un comunicado de la agencia. Detalló que los niveles de radiación detectados superan los 24 UVI (índice ultravioleta) para Quito y 14 UVI para Guayaquil, la ciudad más grande del país, cuando la Organización Mundial de la Salud y la Organización Meteorológica Mundial han establecido que el máximo tolerable para la exposición humana es 11 UVI.

El informe menciona que aunque las mediciones se realizaron en Ecuador, las imágenes de satélite indican que Colombia y Perú también están recibiendo niveles extremos de radiación ultravioleta. El estudio, que se desarrolló durante un año, se realizó en base a imágenes de 10 satélites e instrumentos de la Agencia Espacial de Estados Unidos (NASA), la Agencia Ambiental Canadiense (ESA), el Instituto Meteorológico de Holanda (KNMI), el Centro Aeroespacial Alemán (DLR)

y 2 estaciones climatológicas de la Agencia Espacial Ecuatoriana ubicadas en territorio nacional.

La exposición solar en esos términos representa un potencial riesgo para la población a mediano plazo porque puede producir cáncer de piel, diversos tipos de ceguera y debilitamiento del sistema inmunológico, explicó.

Se puede decir que es riesgoso vivir en Ecuador pero con información ese riesgo puede atenuarse si la gente sabe cuál es el nivel de radiación y qué precauciones tomar, dijo Nader, astronauta formado en el Centro de Entrenamiento de Cosmonautas Yuri Gagarin, de Rusia.

Explicó que la Agencia puso en marcha una red de alerta a través de internet donde se muestra el nivel de peligrosidad de la radiación y recomendaciones, pero las mediciones son solo de Quito y Guayaquil, que representan el 28% de la población del país de casi 14 millones de habitantes.

La Agencia hizo un llamado al gobierno ecuatoriano para que intervenga urgentemente en la protección de la población y recomendó algunos temas para reducir la vulnerabilidad como cambiar horarios de los recreos en las escuelas y colegios, levantar restricciones sobre el uso de películas antisolares en los vehículos y usar bloqueadores con alta protección solar. La rutina de vida como la conocíamos terminó y debemos aprender a adaptarnos a eso si no queremos sufrir tragedias personales, dijo Nader. Agregó que el informe ya está en manos del presidente Rafael Correa y de la Fuerza Aérea a la espera de una respuesta.

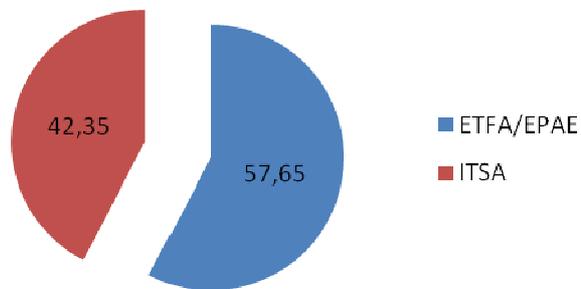
Fuente: el diario el Universo publicado,  
[MIÉRCOLES](#) | 22 de octubre del 2008 | Guayaquil, Ecuador, sección,

## Anexo F

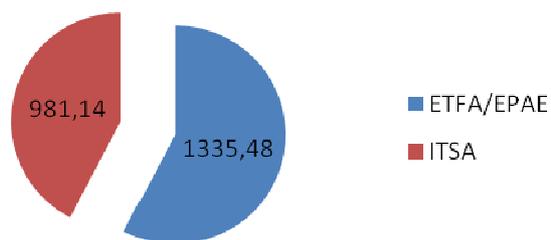
### Consumo eléctrico de las entidades del edificio.

Consumo mensual de cargas del ITSA/ETFA/EPAE		
	Porcentaje (%)	Valor calculado en dólares
ETFA/EPAE	57,65	1335,48
ITSA	42,35	981,14

#### Porcentaje del consumo mensual de cargas del establecimiento



#### Pago en dólares del consumo mensual de energía eléctrica en el establecimiento



FUENTE: Grupo administrativo logístico 123

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

**Anexo G**  
**Información acerca de las cargas del ITSA y de todo el**  
**establecimiento**  
**DETALLES, ANÁLISIS EN INTERPRETACIONES DEL EDIFICIO QUE**  
**ABARCA LAS INSTITUCIONES ITSA, ETFA/EPAE**

**ITSA**

LUGAR	CANT	DESCRIPCIÓN	POT UNIT (W)	POT T (W)	CONSUMO HORAS/DÍA	CONSUMO Kwh/DÍA	Kwh-MES 20días Fact utiliz 0,5
<b>Rectorado</b>	4	Lámp. Flures. 2X40w	80	320	7	2,24	22,40
	1	Lámp. Flures. 2X40w	40	40	1	0,04	0,40
	1	PC portátil	25	25	3	0,08	0,75
	1	Secadora de manos	1000	1000	0,05	0,05	0,50
<b>Vicerrector</b>	3	Lámp. Flures. 2X40w	80	240	7	1,68	16,80
<b>académico</b>	1	Copiadora	200	200	1	0,20	2,00
	1	PC personal	100	100	6	0,60	6,00
<b>Sala de</b>	3	Lámp. Flures. 2X40w	80	240	7	1,68	16,80
<b>sesiones</b>	1	Pantalla eléctrica	60	60	0,05	0,00	0,03
<b>Ayudantía</b>	1	Lámp. Flures. 2X40w	80	80	7	0,56	5,60
	1	PC personal	100	100	6	0,60	6,00
	1	Cafetera	500	500	1	0,50	5,00
<b>Alumbrado</b>	10	Lámparas exteriores	150	1500	12	18,00	180,00
<b>Pasillo</b>	2	Reflectores 1500w c/u	1500	3000	2	6,00	60,00
<b>Corredor campo</b>	14	Lámp. Flures. 2X40w	80	1120	4	4,48	44,80
<b>de Marte</b>	5	Reflectores 1500w c/u	1500	7500	3	22,50	225,00
<b>Bloque 41</b>	12	Lámp. Flures. 2X40w	80	960	4	3,84	38,40
<b>Taller de suelda</b>	1	Soldadora eléctrica	5500	5500	2	11,00	110,00
	1	Suelda de punto	2500	2500	2	5,00	50,00
<b>Canchones</b>	17	Focos de 60w	60	1020	5	5,10	51,00
	2	Ducha eléctrica	5400	10800	0,05	0,54	5,40
	4	Lámp. Fluoresc. 1X40w	40	160	5	0,80	8,00
	34	Focos de 60w	60	2040	5	10,20	102,00
	2	Tanques termostatos	3000	6000	5	30,00	300,00
<b>Vicerr. Administ</b>	4	PC personal	100	400	7	2,80	28,00
	4	Lámp. Fluoresc. 1X40w	80	320	7	2,24	22,40
	1	Cafetera	500	500	4	2,00	20,00
	1	Radio	100	100	4	0,40	4,00
<b>Hall</b>	8	Lámp. Fluoresc. 1X40w	80	640	7	4,48	44,80

**DETALLES, ANÁLISIS EN INTERPRETACIONES DEL EDIFICIO QUE  
ABARCA LAS INSTITUCIONES ITSA, ETFA/EPAE**

**ITSA**

LUGAR	CANT	DESCRIPCIÓN	POT UNIT (W)	POT T (W)	CONSUMO HORAS/DÍA	CONSUMO Kwh/DÍA	Kwh-MES 20días Fact utiliz 0,5
<b>Dpto. Carreras</b>	12	Lámp. Fluoresc. 1X40w	80	960	7	6,72	67,20
	7	PC personal	100	700	7	4,90	49,00
	1	Equipo de sonido	100	100	4	0,40	4,00
<b>Baños</b>	2	Lámp. Fluoresc. 1X40w	80	160	7	1,12	11,20
	1	Lámp. Fluoresc. 1X40w	40	40	7	0,28	2,80
	2	Extractores de olores	40	80	1	0,08	0,80
	1	Secadora de manos	1500	1500	2	3,00	30,00
<b>Vicerrect. Invest.</b>	7	PC personal	100	700	7	4,90	49,00
	1	Copiadora	200	200	1	0,20	2,00
	1	Radio	100	100	4	0,40	4,00
<b>Sistema de información</b>	6	Lámp. Flures. 2X40w	80	480	7	3,36	33,60
	1	Central de redes	400	400	7	2,80	28,00
	5	PC personal	100	500	7	3,50	35,00
<b>Finanzas</b>	8	Lámp. Flures. 2X40w	80	640	7	4,48	44,80
	5	PC personal	100	500	7	3,50	35,00
<b>Papelería</b>	4	PC personal	100	400	7	2,80	28,00
	2	Copiadora	200	400	7	2,80	28,00
	4	Lámp. Flures. 2X40w	800	3200	7	22,40	224,00
<b>Biblioteca</b>	45	Lámp. Flures. 2X40w	80	3600	12	43,20	432,00
	3	PC personal	100	300	12	3,60	36,00
<b>Secretaría Gral.</b>	6	Lámp. Flures. 2X40w	80	480	7	3,36	33,60
	5	PC personal	100	500	7	3,50	35,00
<b>Personal ITSA</b>	6	Lámp. Flures. 2X40w	80	480	7	3,36	33,60
	3	PC personal	100	300	7	2,10	21,00
<b>Aulas (6x32)</b>	192	Lámp. Flures. 2X40w	80	15360	10	153,60	1536,00
<b>Hall</b>	20	Lámp. Flures. 2X40w	80	1600	12	19,20	192,00
<b>Lab Inglés 6</b>	50	PC personal	100	5000	7	35,00	350,00
<b>Baño damas</b>	3	Lámp. Flures. 2X40w	80	240	12	2,88	28,80
	1	Secadora de manos	1000	1000	2	2,00	20,00

**DETALLES, ANÁLISIS EN INTERPRETACIONES DEL EDIFICIO QUE  
ABARCA LAS INSTITUCIONES ITSA, ETFA/EPAE**

**ITSA**

LUGAR	CANT	DESCRIPCIÓN	POT UNIT (W)	POT T (W)	CONSUMO HORAS/DÍA	CONSUMO KwH/DÍA	KwH-MES 20días Fact utiliz 0,5
<b>Hall</b>	22	Lámp. Flures. 2X40w	80	1760	12	21,12	211,20
<b>Lab Internet</b>	14	Lámp. Flures. 2X40w	80	1120	12	13,44	134,40
	12	PC personal	100	1200	12	14,40	144,00
<b>Salón múltiple</b>	3	Focos de 60w	60	180	7	1,26	12,60
	1	Cafetera	500	500	2	1,00	10,00
	1	Refrigeradora	560	560	4	2,24	22,40
	1	uOndas	400	400	2	0,80	8,00
	1	Equipo de sonido	200	200	1	0,20	2,00
	23	Lámp. Flures. 2X40w	80	1840	4	7,36	73,60
<b>Mecánica 4to</b>	13	Lámp. Flures. 2X40w	80	1040	7	7,28	72,80
	1	Secadora de manos	1000	1000	2	2,00	20,00
<b>Lab Redes</b>	4	PC personal	100	400	7	2,80	28,00
<b>Lab Comp</b>	10	PC personal	100	1000	7	7,00	70,00
	1	Reg. Voltage	1000	1000	4	4,00	40,00
<b>Lab Electrón 1.15</b>	12	Lámp. Flures. 2X40w	80	960	7	6,72	67,20
	1	Fuentes	1000	1000	7	7,00	70,00
<b>Lab Electrón 1.16</b>	12	Lámp. Flures. 2X40w	80	960	7	6,72	67,20
	1	Fuentes	1000	1000	7	7,00	70,00
<b>Auditórium</b>	8	Focos de 25w	25	200	4	0,80	8,00
	1	Secadora de manos	1000	1000	2	2,00	20,00
	4	Focos de 60w	60	240	2	0,48	4,80
	46	Lámp. Flures. 2X40w	20	920	2	1,84	18,40
	12	Focos de 75w	75	900	2	1,80	18,00
	7	Focos de 60w	60	420	2	0,84	8,40
<b>Bar ITSA</b>	22	Lámp. Flures. 2X40w	80	1760	12	21,12	211,20
	1	Extractores de olores	746	746	2	1,49	14,92
	2	Planchas eléctricas	1193,6	2387,2	4	9,55	95,49
	1	Congelador	460	460	4	1,84	18,40
<b>Planta baja</b>	23	Lámp. Flures. 2X40w	80	1840	12	22,08	220,80

**DETALLES, ANÁLISIS EN INTERPRETACIONES DEL EDIFICIO QUE  
ABARCA LAS INSTITUCIONES ITSA, ETFA/EPAE**

**ITSA**

LUGAR	CANT	DESCRIPCIÓN	POT UNIT (W)	POT T (W)	CONSUMO HORAS/DÍA	CONSUMO Kwh/DÍA	Kwh-MES 20días Fact utiliz 0,5
<b>Lab 1.1-4</b>	40	Lámp. Flures. 2X40w	80	3200	10	32,00	320,00
	2	PC personal	100	200	7	1,40	14,00
<b>Aulas 1.7-14</b>	28	Lámp. Flures. 2X40w	80	2240	10	22,40	224,00
<b>Ascensores</b>	2	Ascensores	28	56	1	0,06	0,56
							<b>7426,0</b>

**ETFA/EPAE**

LUGAR	CANT	DESCRIPCIÓN	POT UNIT (W)	POT T (W)	CONSUMO HORAS/DÍA	CONSUMO Kwh/DÍA	Kwh-MES 20-25-30 días Fact utiliz 0,5-0,7
<b>Dirección</b>	3	Lámp. Fluores. 2X40w	80	240	7	1,68	16,80
	1	Focos de 60w	60	60	0,5	0,03	0,30
	1	PC portátil	25	25	3	0,08	0,75
	1	Fáx	25	25	0,5	0,01	0,13
	1	Radio	10	10	3	0,03	0,30
<b>Secretaría</b>	2	Lámp. Fluores. 2X40w	80	160	7	1,12	11,20
	1	PC personal	100	100	6	0,60	6,00
	1	Radio	10	10	3	0,03	0,30
	1	Cafetera	500	500	1	0,50	5,00
<b>Oficina ETFA</b>	17	Lámp. Fluores. 2X40w	80	1360	7	9,52	95,20
	12	PC personal	100	1200	6	7,20	72,00
	1	PC portátil	25	25	3	0,08	0,75
	1	Copiadora	200	200	1	0,20	2,00
	1	Cafetera	500	500	1	0,50	5,00
<b>Dpto. Académico</b>	12	Lámp. Fluores. 2X40w	80	960	7	6,72	67,20
	11	PC personal	100	1100	6	6,60	66,00

**DETALLES, ANÁLISIS EN INTERPRETACIONES DEL EDIFICIO QUE  
ABARCA LAS INSTITUCIONES ITSA, ETFA/EPAE**

**ETFA/EPAE**

LUGAR	CANT	DESCRIPCIÓN	POT UNIT (W)	POT T (W)	CONSUMO HORAS/DÍA	CONSUMO Kwh/DÍA	Kwh-MES 20-25-30 días Fact utiliz 0,5-0,7
<b>AET</b>	10	Lámp. Fluores. 2X40w	80	800	7	5,60	56,00
	17	PC personal	400	6800	6	40,80	408,00
	1	Copiadora	200	200	1	0,20	2,00
<b>ETFA 3er piso c.</b>	7	Lámp. Fluores. 2X40w	80	560	7	3,92	39,20
	2	Dicróicos	40	80	1	0,08	0,80
<b>Finanzas</b>	2	Lámp. Fluores. 2X40w	80	160	7	1,12	11,20
	2	PC personal	100	200	6	1,20	12,00
<b>Central Tlf</b>	4	Lámp. Fluores. 2X40w	80	320	7	2,24	22,40
	6	PC personal	100	600	8	4,80	48,00
	1	Central telefónica	500	500	8	4,00	40,00
<b>Lab Informática</b>	6	Lámp. Fluores. 2X40w	80	480	7	3,36	33,60
	15	PC personal	100	1500	7	10,50	105,00
<b>RR. HH.</b>	2	Lámp. Fluores. 2X40w	80	160	7	1,12	11,20
	3	PC personal	100	300	7	2,10	21,00
<b>Aulas GAM</b>	24	Lámp. Fluores. 2X40w	80	1920	8	15,36	153,60
	2	Lámp. Fluores. 2X40w	80	160	8	1,28	12,80
	1	Secadora de manos	100	100	0,5	0,05	5,00
<b>Cocina</b>	1	Bomba agua	2238	2238	4	8,95	187,99
	1	Tanque termostato	3000	3000	4	12,00	180,00
	2	Cuartos fríos	900	1800	4	7,20	151,20
	1	Ducha eléctrica	5400	5400	0,5	2,70	40,50
	1	Focos de 60w	60	60	3	0,18	2,70
	2	Lámp. Fluores. 1X40w	40	80	3	0,24	3,60
	1	Batidora	746	746	0,5	0,37	5,60
	4	Focos de 60w	60	240	3	0,72	10,80
	1	Licuadaora	1119	1119	0,5	0,56	8,39
	1	PC personal	100	100	2	0,20	3,00
	1	Olla marmita	24000	24000	4	96,00	2016,00

**DETALLES, ANÁLISIS EN INTERPRETACIONES DEL EDIFICIO QUE  
ABARCA LAS INSTITUCIONES ITSA, ETFA/EPAE**

**ETFA/EPAE**

LUGAR	CANT	DESCRIPCIÓN	POT UNIT (W)	POT T (W)	CONSUMO HORAS/DÍA	CONSUMO Kwh/DÍA	Kwh-MES 20-25-30 días Fact utiliz 0,5-0,7
	1	Extractor de cocina industrial	746	746	1	0,75	15,67
	1	Equipo de sonido	100	100	1	0,10	1,50
	4	Pozos de comida caliente	3000	12000	0,5	6,00	90,00
	1	Triturador de desperdicios	2238	2238	1	2,24	47,00
	1	Juguera	746	746	1	0,75	11,19
	44	Lámp. Fluores. 2X40w	80	3520	4	14,08	211,20
	1	Lavadora de vajillas	746	746	2	1,49	22,38
	2	Tanque termostato	1500	3000	6	18,00	270,00
	1	Lámp. Fluores. 1X40w	40	40	3	0,12	1,80
	1	Tv pantalla grande	230	230	4	0,92	13,80
	10	Focos de 60w	60	600	4	2,40	36,00
<b>Villa (comando)</b>	1	Tanque termostato	3000	3000	4	12,00	252,00
	11	Lámp. Fluores. 2X40w	80	880	4	3,52	73,92
	18	Focos de 60w	60	1080	4	4,32	90,72
	1	Lavadora de ropa	800	800	2	1,60	33,60
	1	Tv pequeño	100	100	4	0,40	4,00
<b>Panadería</b>	1	Tanque termostato	1500	1500	4	6,00	60,00
	1	Congelador	560	560	3	1,68	16,80
	1	Batidora	373	373	2	0,75	7,46
	1	Amasadora	2238	2238	2	4,48	44,76
	8	Lámp. Fluores. 2X40w	80	640	6	3,84	38,40
<b>Sastrería/zapat</b>	1	Esmeril	746	746	0,5	0,37	3,73
	8	Lámp. Fluores. 2X40w	80	640	7	4,48	44,80
	3	Maquinas de coser	370	1110	4	4,44	44,40
	1	Radio	100	100	7	0,70	7,00
<b>Carpintería</b>	8	Lámp. Fluores. 2X40w	80	640	7	4,48	44,80

**DETALLES, ANÁLISIS EN INTERPRETACIONES DEL EDIFICIO QUE  
ABARCA LAS INSTITUCIONES ITSA, ETFA/EPAE**

**ETFA/EPAE**

LUGAR	CANT	DESCRIPCIÓN	POT UNIT (W)	POT T (W)	CONSUMO HORAS/DÍA	CONSUMO Kwh/DÍA	Kwh-MES 20-25-30 días Fact utiliz 0,5-0,7
	1	Sierra circular	2238	2238	1	2,24	22,38
	1	Lijadora	1492	1492	1	1,49	14,92
	1	Compresor	373	373	1	0,37	3,73
	1	Tupi	69	69	0,25	0,02	0,17
	1	Radio	100	100	7	0,70	7,00
<b>Canchón 3</b>	24	Lámp. Fluores. 2X40w	80	1920	5	9,60	120,00
	10	Focos de 60w	60	600	5	3,00	37,50
	1	Tanque termostato	3000	3000	5	15,00	187,50
<b>Oficial de Guardia</b>	5	Lámp. Fluores. 2X40w	80	400	5	2,00	25,00
	1	Ducha eléctrica	3000	3000	1	3,00	37,50
	1	Focos de 60w	60	60	4	0,24	3,00
<b>Canchón 5</b>	2	Tanque termostato	3000	6000	5	30,00	375,00
	26	Focos de 60w	60	1560	5	7,80	97,50
<b>Canchón 11</b>	2	Tanque termostato	3000	6000	5	30,00	375,00
	36	Focos de 60w	60	2160	5	10,80	135,00
<b>Canchón 16</b>	2	Tanque termostato	3000	6000	5	30,00	375,00
	36	Focos de 60w	60	2160	5	10,80	135,00
<b>Canchón 7</b>	2	Tanque termostato	3000	6000	5	30,00	375,00
	34	Focos de 60w	60	2040	5	10,20	127,50
<b>Canchón 13</b>	1	Tanque termostato	3000	3000	5	15,00	187,50
	34	Focos de 60w	60	2040	5	10,20	127,50
<b>Canchón 9</b>	1	Tanque termostato	3000	3000	5	15,00	187,50
	34	Focos de 60w	60	2040	5	10,20	127,50
<b>Canchón 6</b>	1	Tanque termostato	3000	3000	5	15,00	187,50
	10	Focos de 60w	60	600	5	3,00	37,50
	12	Lámp. Fluores. 2X40w	80	960	5	4,80	60,00
<b>Canchón 10</b>	12	Lámp. Fluores. 2X40w	80	960	5	4,80	60,00
	22	Focos de 60w	60	1320	5	6,60	82,50

**DETALLES, ANÁLISIS EN INTERPRETACIONES DEL EDIFICIO QUE  
ABARCA LAS INSTITUCIONES ITSA, ETFA/EPAE**

**ETFA/EPAE**

LUGAR	CANT	DESCRIPCIÓN	POT UNIT (W)	POT T (W)	CONSUMO HORAS/DÍA	CONSUMO Kwh/DÍA	Kwh-MES 20-25-30 días Fact utiliz 0,5-0,7
	1	Tanque termostato	3000	3000	5	15,00	187,50
<b>Canchón 12</b>	1	Tanque termostato	3000	3000	5	15,00	187,50
	34	Focos de 60w	60	2040	5	10,20	127,50
<b>Casino</b>	42	Lámp. Fluores. 2X40w	80	3360	4	13,44	134,40
	15	Focos de 60w	60	900	4	3,60	36,00
	1	Refrigeradora	560	560	5	2,80	28,00
	1	Congelador	560	560	5	2,80	28,00
	1	Secadora de manos	1000	1000	2	2,00	20,00
<b>Peluquería</b>	2	Reflectores	1500	3000	4	12,00	120,00
	11	Lámparas alumbrado público	150	1650	12	19,80	198,00
	4	Lámp. Fluores. 2X40w	80	320	6	1,92	19,20
	2	Lámp. Fluores. 2X110w	220	440	6	2,64	26,40
	1	Focos de 60w	60	60	4	0,24	2,40
	1	Secadora de manos	1000	1000	1	1,00	10,00
<b>Villas exteriores</b>	1	Consumo promedio	1	1	1	0,00	200,00
<b>Prevención 2</b>	2	Focos de 60w	60	120	12	1,44	21,60
	1	Motor 1/4 HP	186,5	186,5	0,5	0,09	1,40
<b>Prevención 1</b>	2	Focos de 60w	60	120	12	1,44	21,60
	1	Central telefónica	40	40	12	0,48	7,20
<b>Imprenta</b>	12	Lámp. Fluores. 2X40w	80	960	7	6,72	67,20
	2	Copiadora	40	80	7	0,56	5,60
	1	Guillotina	510	510	2	1,02	10,00
	1	PC personal	3	3	4	0,01	4,00
	1	Extractor	73	73	2	0,15	7,46
							<b>10409,59</b>

**Análisis e interpretación de resultados de la proyección de la demanda en el consumo eléctrico de todo el Establecimiento en el ITSA**

<b>LUGAR</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>CANTIDAD EN %</b>	<b>KwH-MES 20días Fact utiliz 0,5</b>	<b>% KwH Mes en 0,5fact</b>
Alumbrado	10	1,19	180,00	2,45
Ascensores	2	0,24	0,56	0,01
Auditórium	8	0,95	8,00	0,11
Aulas	220	26,13	1760,00	23,92
Ayudantía	3	0,36	16,60	0,23
Baños	13	1,54	132,80	1,81
Bar ITSA	26	3,09	340,01	4,62
Biblioteca	48	5,70	468,00	6,36
Bloque 41	12	1,43	38,40	0,52
Canchones	59	7,01	466,40	6,34
Corredor campo de Marte	19	2,26	269,80	3,67
Dpto. Carreras	20	2,38	120,20	1,63
Esc. Idiomas	4	0,48	43,20	0,59
Finanzas	13	1,54	79,80	1,08
Hall	50	5,94	448,00	6,09
Laboratorios	183	21,73	1605,20	21,82
Mecánica	18	2,14	115,20	1,57
Papelería	10	1,19	280,00	3,81
Pasillo	2	0,24	60,00	0,82
Personal ITSA	9	1,07	54,60	0,74
Planta baja	23	2,73	220,80	3,00
Rectorado	7	0,83	24,05	0,33
Sala de sesiones	4	0,48	16,83	0,23

**Análisis e interpretación de resultados de la proyección de la demanda en el consumo eléctrico de todo el Establecimiento en el ITSA**

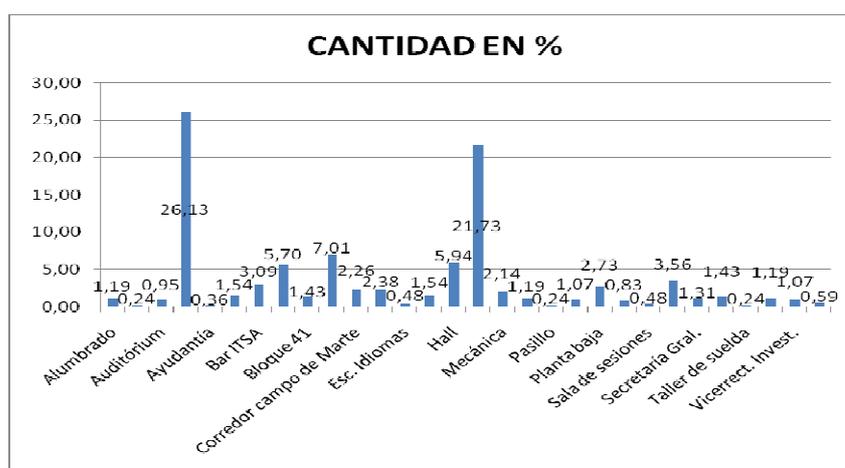
LUGAR	CANTIDAD	CANTIDAD EN %	Kwh-MES 20días Fact utiliz 0,5	% Kwh Mes en 0,5fact
Salón múltiple	30	3,56	128,60	1,75
Secretaría Gral.	11	1,31	68,60	0,93
Sist. De informac	12	1,43	96,60	1,31
Taller de suelda	2	0,24	160,00	2,17
Vicerr. Administ	10	1,19	74,40	1,01
Vicerrect. Invest.	9	1,07	55,00	0,75
Vicerrector académico	5	0,59	24,80	0,34
	842	100,00	7356,45	100,00

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Grupo administrativo logístico 123

Preguntas.

1.- Consumo en kw/h de la carga eléctrica de cada lugar del ITSA.



ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Grupo administrativo logístico 123

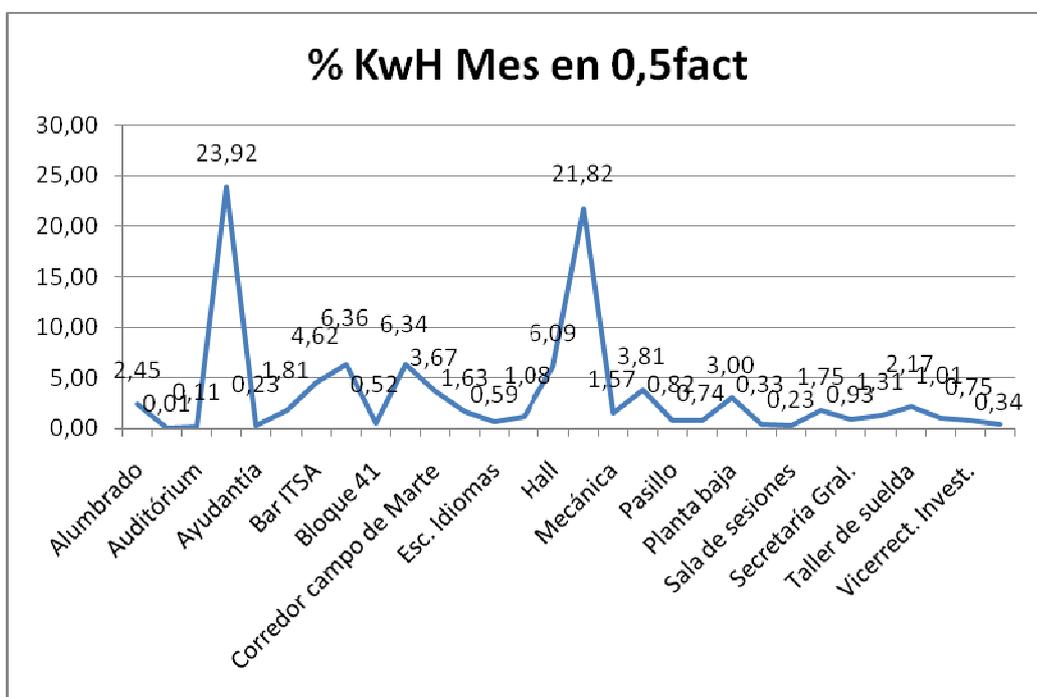
➤ **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS:**

Se puede mirar que en las aulas y en los laboratorios es donde mayor demanda eléctrica existe en lo que respecta al ITSA, las aulas con 220 elementos entre todas sus aulas se lleva el 26,13% mientras que los laboratorios con el 21,73% tiene 183 unidades que necesitan de electricidad para funcionar.

Se ve también que los ascensores, el pasillo y el taller de suelda son los que menos demanda tienen ya que tienen una cantidad de 2 en cada uno, por ejemplo los 2 ascensores tienen el 0,24% de todas las cantidades mostradas del ITSA.

➤ **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS:**

Las aulas (6x32) y las aulas 1.7-14 son las que mayor carga eléctrica tienen en todo el ITSA, puesto que todas deben tener la suficiente iluminación por el hecho de ser aulas, cada una tiene más de dos lámparas fluorescentes de 2x40w, así como los laboratorios debido a las fuentes, PCs, lámparas también de 2x40w así como reguladores, etc.



ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Grupo administrativo logístico 123

➤ **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS:**

En la línea muestra las categorías ordenadas según el porcentaje en kWh en mes con una factibilidad del 50%; las aulas con un 23,92% los laboratorios todos con un porcentaje total de 21,82%; siguiéndole la biblioteca y los canchones, con el 6,36% y con el 6,34% respectivamente. Los halls tienen el 6,09% donde le sigue el bar ITSA con 4,62%, y casi le alcanza la papelería con el 3,81% de uso en kWh por mes.

Se nota que así como no se permite el uso de los ascensores a los estudiantes del ITSA, son estos los que con un 0,01% de consumo en kWh al mes tienen el menor consumo de todo el ITSA.

Se puede ver que el alumbrado, auditorium, ayudantía, todos los baños entre los de estudiantes hombres y mujeres, así como los de personal ITSA; el bloque 41, el corredor Campo de Marte, el Dpto. de Carreras, la Escuela de Idiomas, Finanzas, Mecánica, los pasillos, Personal ITSA, planta baja, Rectorado, Sala de Sesiones, Salón Múltiple, la Secretaría Gral., el Sistema de información, el Taller de Suelta, el Vicerrectorado Administrativo, el Vicerrectorado Investigativo y el Vicerrectorado académico; son los que tienen el menor consumo en kWh al Mes con una factibilidad del 0,5.

➤ **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS:**

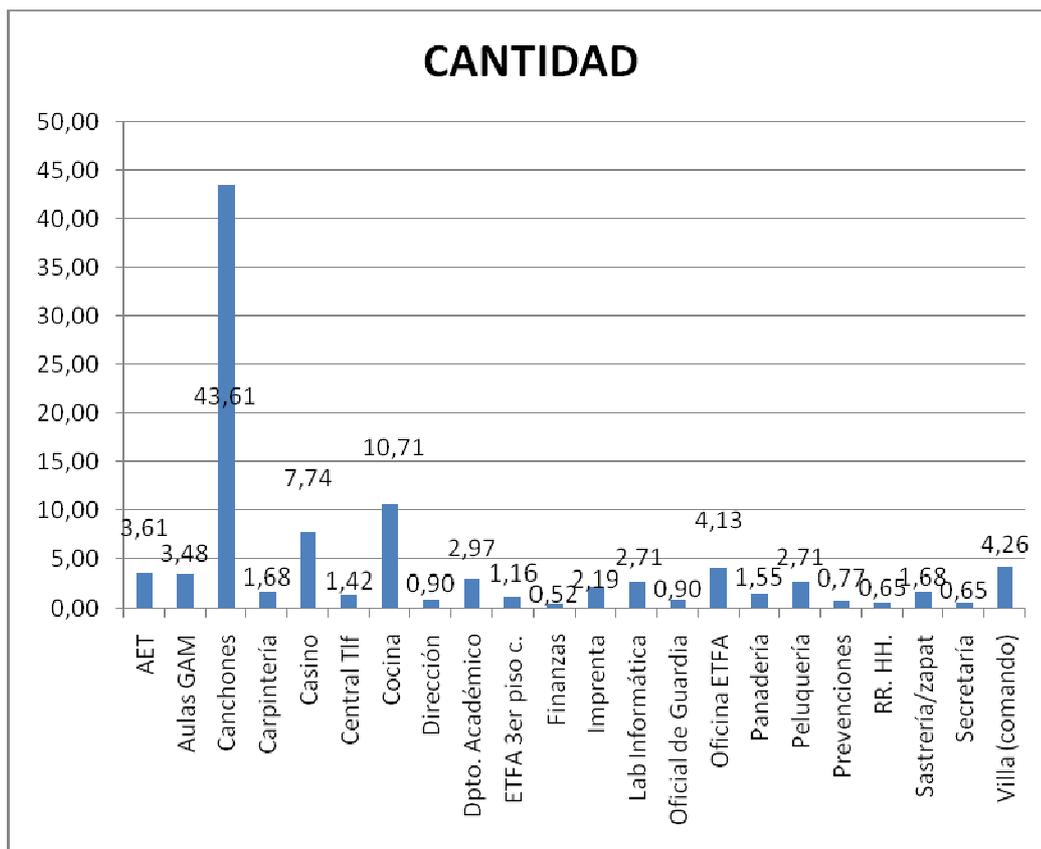
Es evidente que la menor demanda de kWh al Mes tienen las autoridades, el personal administrativo, en sí todo el ITSA; los lugares que si tienen un alto nivel de consumo al mes son los sitios que son apropiados para el aprendizaje y enseñanza de las distintas carreras, como las aulas y laboratorios.

**Análisis e interpretación de resultados de la proyección de la  
demanda en el consumo eléctrico de todo el Establecimiento en el  
ETFA/EPAE**

LUGAR	CANTIDAD	CANTIDAD EN %	KwH-MES 20-25-30 días Fact utiliz 0,5-0,7	% KwH Mes en 0,5-0,7fact
AET	28	3,61	466	4,48
Aulas GAM	27	3,48	171,4	1,65
Canchones	338	43,61	3900	37,47
Carpintería	13	1,68	93,0025	0,89
Casino	60	7,74	246,4	2,37
Central Tlf	11	1,42	110,4	1,06
Cocina	83	10,71	3330,316	31,99
Dirección	7	0,90	18,275	0,18
Dpto. Académico	23	2,97	133,2	1,28
ETFA 3er piso c.	9	1,16	40	0,38
Finanzas	4	0,52	23,2	0,22
Imprenta	17	2,19	94,26	0,91
Lab Informática	21	2,71	138,6	1,33
Oficial de Guardia	7	0,90	65,5	0,63
Oficina ETFA	32	4,13	174,95	1,68
Panadería	12	1,55	167,42	1,61
Peluquería	21	2,71	376	3,61
Prevenciones	6	0,77	51,8	0,50
RR. HH.	5	0,65	32,2	0,31
Sastrería/zapat	13	1,68	99,93	0,96
Secretaría	5	0,65	22,5	0,22
Villa (comando)	33	4,26	654,24	6,28
	775	100,00	10409,59	100,00

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Grupo administrativo logístico 123



ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Grupo administrativo logístico 123

#### ➤ ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS:

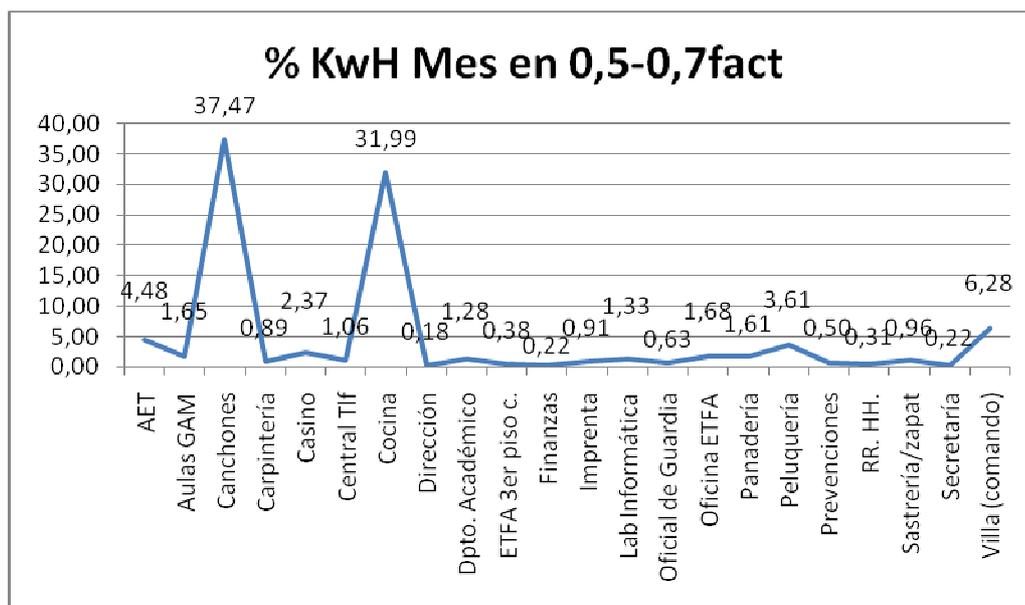
En ETFA y EPAE se destaca Finanzas porque a pesar de sus funciones tiene menor número de cosas eléctricas, obteniendo el 0,52% de detalles por lugar.

Se observa que los canchones son los que más cantidad de detalles tienen en todo lo que es ETFA y EPAE, justamente por lo que los militares tienen sus villas junto a los canchones, constando el uso de termostatos, mayor número de focos de 60w y lámparas fluorescentes de 2x40w, cada uno con un buen grado de consumo de horas al día, por lo tanto podemos ver que los canchones tienen el 43,61% de los detalles usados al mes con una factibilidad del 50 al 70%; y como aquí se tiene vida netamente militar tiene su propia cocina con cuartos fríos, lámparas, tv pantalla grande, licuadora, batidora, tanque termostato, una olla marmita que demanda

mucha corriente para su uso diario, entre muchas otras cosas, la cocina tiene el 10,71% de detalles que necesitan electricidad para su utilidad.

➤ **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS:**

Es notable que los canchones, la cocina y el Casino, tienen la mayor cantidad de cosas electricas.



ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Grupo administrativo logístico 123

➤ **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS:**

A juzgar la línea de categorías ordenadas se observa que los canchones son los que mayor uso kWh con factibilidad del 50 al 70% al mes tienen, por lo que se nota que el 37,47% es de los canchones, la cocina tiene el segundo lugar de más consumo eléctrico al mes con el 31,99%; siguiéndoles la Villa (comando), el AET porque es donde mayor cantidad de PC personales hay con un alto consumo de horas al día y la peluquería, cada uno con 6,28% 4,48% y 3,61% respectivamente.

La Dirección es el lugar en donde menor consumo hay en kWh al mes en el ETFA/EPAE.

Las Aulas GAM, carpintería, Central Tlf, Dpto. Académico, ETFA 3er piso c., Finanzas, imprenta, laboratorio informática, Oficial de guardia, oficina

ETFA, panadería, prevenciones, RR. HH., sastrería/zapat, Secretaría; son los lugares que menor consumo han demostrado tener al mes.

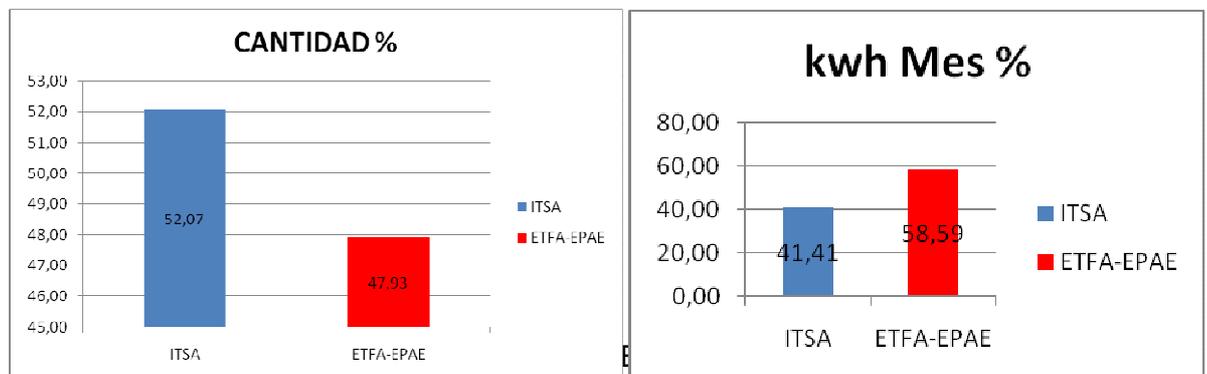
➤ **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS:**

Por lo tanto los canchones y la cocina son los lugares en donde mayor demanda eléctrica hay, debido a la vida militar. Siguiéndole la Villa (comando), el AET, la peluquería debido a las lámparas de alumbrado público así como otras cosas y el Casino, son los que tienen un alto consumo de kWh al mes en ese rango.

	CANTIDAD	CANTIDAD %	Kwh Mes con factor de factibilidad	kwh Mes %
ITSA	842	52,07	7356,45	41,41
ETFA-EPAE	775	47,93	10409,59	58,59
Establecimiento	1617	100,00	17766,04	100,00

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Grupo administrativo logístico 123



ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Grupo administrativo logístico 123

➤ **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS:**

En cantidad de unidades que necesitan de electricidad el ITSA tiene mayor número de cosas, ya que tiene 842 detalles con el 52,07%

mientras que el ETFA/EPAE con el 47,93% tiene 775 elementos que necesitan electricidad.

Pero en Kwh al mes con la factibilidad correspondiente el ITSA tiene el 41,41% y el ETFA/EPAE tienen un 58,59%, por el hecho de que con 7356,45KwH y 10409,59KwH tiene cada uno respectivamente.

➤ **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS:**

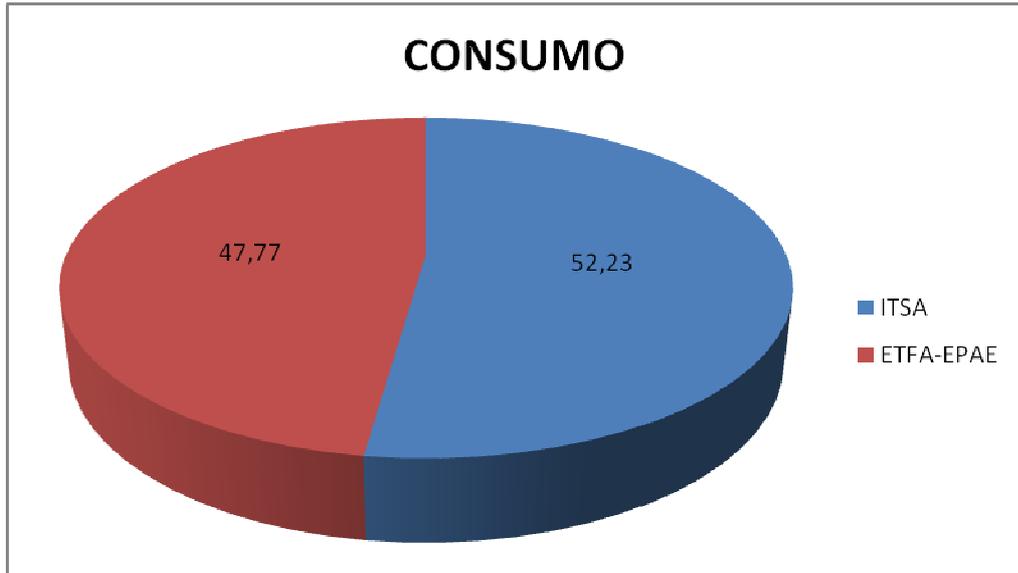
Aunque el ITSA tenga mayor número de unidades consume menos Kw en horas al día, o sea consume menos al mes; el ETFA/EPAE es el que a la final tiene mayor demanda eléctrica por más que tenga menos elementos que necesitan electricidad para su funcionamiento.

Aunque ya se sabe que ETFA/EPAE tiene mayor demanda eléctrica que el ITSA se hace un estudio de consumo horas día para saber que parte de todo el establecimiento tiene mayor número de horas utilizando unidades eléctricas.

POR CONSUMO	ITSA	ETFA-EPAE	TOTAL
h/d	578,15	528,75	1106,9
%	52,23	47,77	100

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Grupo administrativo logístico 123



ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Grupo administrativo logístico 123

➤ **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS:**

Se puede ver claramente que el ITSA con 578 horas con 15 min tiene el 52,23%, y el ETFA/EPAE tiene 528,75; o sea 529 horas con 15 min el 47,77% al día.

¿Por qué hay más de 24h diarias de uso? Esto se da porque el estudio hecho es sumando las horas de todas las unidades del Establecimiento.

➤ **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS:**

El ITSA en el uso de horas diarias tiene mayor tiempo que ETFA/EPAE.

**INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS GENERALES EN EL ESTABLECIMIENTO:**

En todo el establecimiento los lugares que más consumo en Kwh al mes con su factor de factibilidad correspondiente son:

**ITSA** → Aulas, laboratorios, biblioteca canchones.

**ETFA/EPAE** → Canchones, cocina, Villa (comando) AET.

Detalle	LUGAR	KwH Mes
Aulas	ITSA	1760,00
Laboratorios	ITSA	1605,20
Biblioteca	ITSA	468,00
Canchones	ITSA	466,40
Canchones	ETFA/EPAE	3900,00
Cocina	ETFA/EPAE	3330,32
Villa (comando)	ETFA/EPAE	654,24
AET	ETFA/EPAE	466,00
		12650,16

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

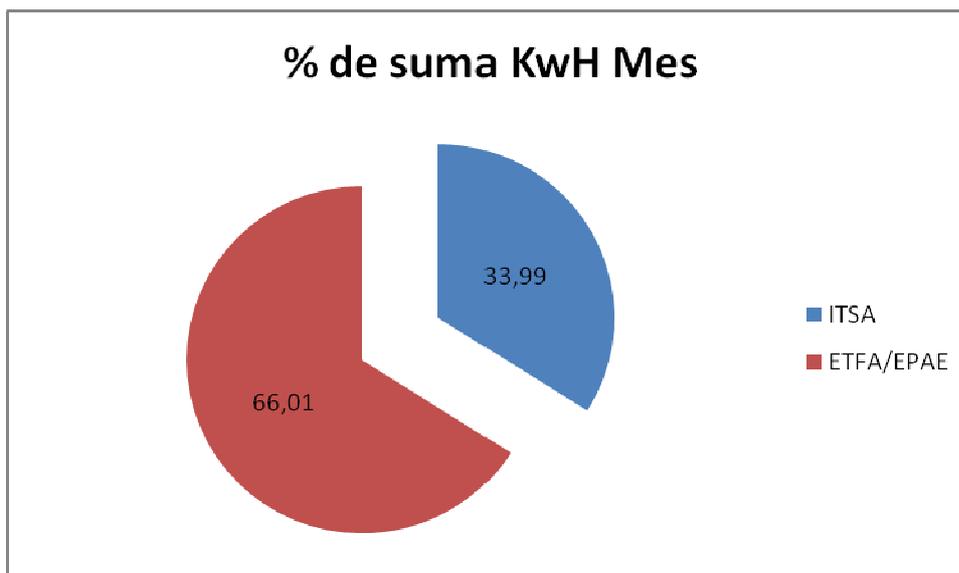
FUENTE: Grupo administrativo logístico 123

Por lo tanto con el total de la suma de los detalles más altos de cada lugar, 12650,16KwH al Mes con su factor de factibilidad tenemos:

Lugar	Suma KwH Mes	% de suma KwH Mes
ITSA	4299,60	33,99
ETFA/EPAE	8350,56	66,01
	12650,16	100,00

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Grupo administrativo logístico 123



ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

Información recolectada a docentes y estudiantes en el ITSA, que fue procesada, tabulada e interpretada.

➤ **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS:**

Con las muestras escogidas de cada lugar se nota que el ITSA tiene menor consumo en KwH al mes, ya que tiene el 33,99%, mientras que el ETFAs/EPAsE tiene el 66,01% de consumo eléctrico; tomando en cuenta a los detalles más altos de cada lugar.

- **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS:** Es evidente que la mayor demanda de energía eléctrica en el establecimiento es del ETFAs/EPAsE.

## ANEXO H

Información recolectada a docentes y estudiantes en el ITSA, que fue procesada, tabulada e interpretada

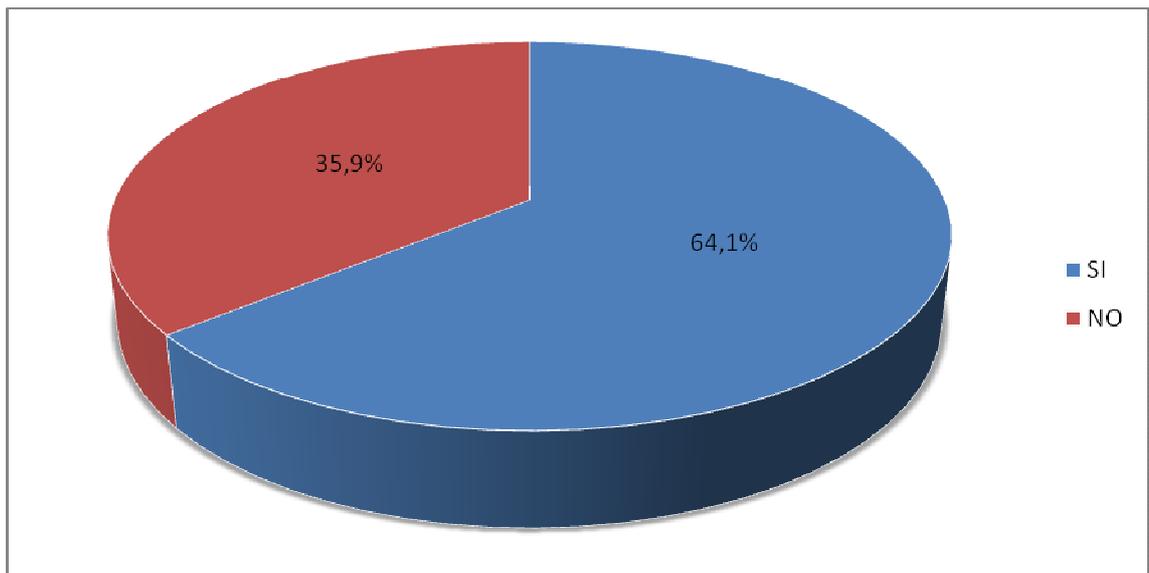
### PREGUNTA N° 1

**TABLA 1.1** ¿Conoce que países usan energías alternativas?

Categoría	Porcentaje	
SI	64,1%	164
NO	35,9%	92
Total	100,0%	256

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Encuestas realizadas al ITSA



ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Encuestas realizadas al ITSA

### ➤ ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS:

Se observa que el 64,1% es decir ciento veinte y dos (164) docentes conocen que países usan energías alternativas, siendo apenas el 35,9% o sea sesenta y ocho (92) encuestados no conocen de esto.

- **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS:** Es evidente que la gente del I.T.S.A. no tiene claro que países usan energías alternativas.

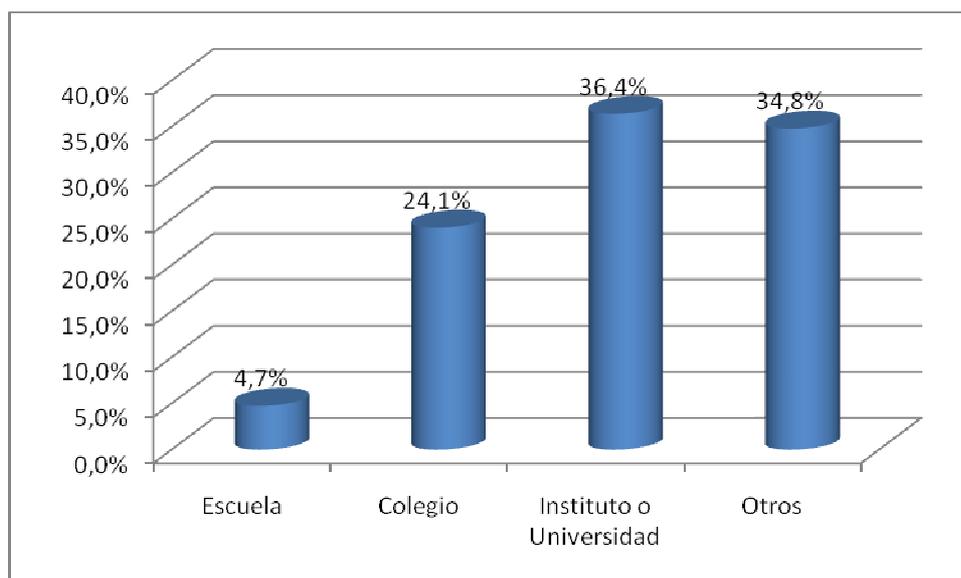
## PREGUNTA Nº 2

**TABLA 2.1** ¿Dónde obtuvo conocimiento de energías limpias?

Categoría	Porcentaje	
Escuela	4,7%	15
Colegio	24,1%	76
Instituto o Universidad	36,4%	115
Otros	34,8%	110
Total	100,0%	316

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Encuestas realizadas al ITSA



ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Encuestas realizadas al ITSA

## ➤ **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS:**

Se mira que mucho personal en el I.T.S.A. a tenido conocimiento en Institutos o Universidades o en otros como por una TV siendo 36,4% que sale de ciento quince (115) así como 34,8% de ciento diez (110)

respuestas respectivamente; aunque muchos de estos mismos ya han adquirido conocimiento en las escuelas y colegios. En las Escuelas un 4,7% con quince (15) y en los colegios un 24,1% con setenta y seis (76) respuestas.

➤ **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS:** Definitivamente se debe dar el ejemplo sobre energías alternativas en el I.T.S.A. para que las autoridades puedan influenciar mayor conocimiento a los estudiantes y demás personal del Establecimiento.

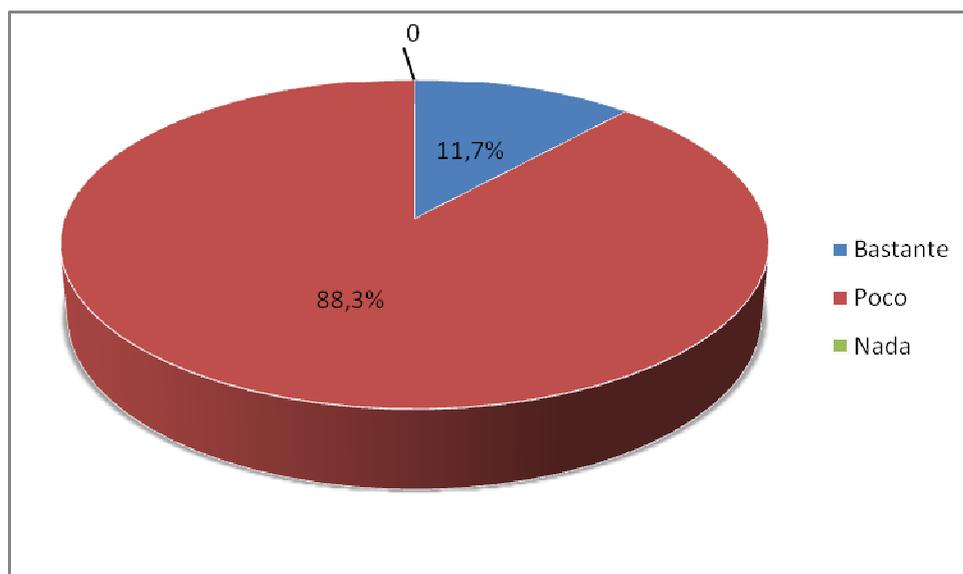
### PREGUNTA Nº 3

**TABLA 1.1** ¿Qué conoce sobre energías alternativas?

Categoría	Porcentaje	
Bastante	11,7%	30
Poco	88,3%	226
Nada		0
Total	100,0%	256

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Encuestas realizadas al ITSA



ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Encuestas realizadas al ITSA

➤ **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS:**

Aguzar los resultados se nota que todo el personal del I.T.S.A. sabe algo como el 88,3% es decir doscientos veinte y seis (226) saben poco, siendo apenas el 11,7% o sea treinta (30) los que consideran saber bastante sobre energías alternativas.

➤ **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS:** Después de que hayan las tesis sobre energías alternativas la gente del I.T.S.A. podrá consultar y aprender lo suficiente sobre las energías alternativas.

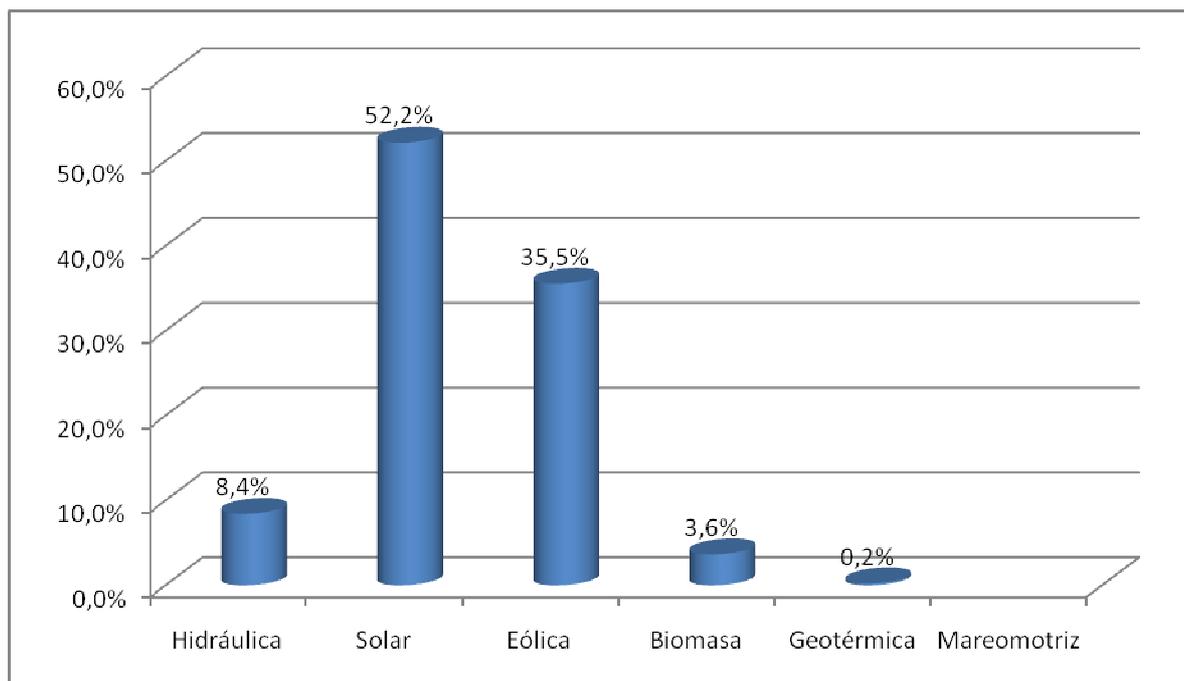
**PREGUNTA Nº 4**

**TABLA 1.1** ¿Qué energías limpias se podrían utilizar en el I.T.S.A.?

Categoría	Porcentaje	
Hidráulica	8,4%	37
Solar	52,2%	229
Eólica	35,5%	156
Biomasa	3,6%	16
Geotérmica	0,2%	1
Mareomotriz		0
Total	100,0%	439

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Encuestas realizadas al ITSA



ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Encuestas realizadas al ITSA

#### ➤ **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS:**

Como algunos tipos de energías alternativas se podrían usar en el I.T.S.A. se usa como gráfico las barras ya que como total no hay un 100%. Observándose a la energía solar como la trascendental con 52,2% es decir doscientos veinte y nueve (229) respuestas, así como la gente se da cuenta que en Latacunga hay gran influencia de viento ya que el 35,5% de respuestas a esta categoría dicen que si equivalente a ciento cincuenta y seis (156) afirmaciones; un 8,4% o sea treinta y siete (37) confirmaciones apuestan a la energía hidráulica. La energía que es imposible es la mareomotriz.

Y por último la energía geotérmica y la biomasa tienen un 0,2% equivalente a uno (1) y 3,6% equivalente a diez y seis (11) apoyos al sí en esta categoría, respectivamente.

➤ **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS:** Es notable que por existir el Sol el viento y el agua del río Aláquez, las energías que se

podrían aprovechar en el I.T.S.A. son las Energías solar, eólica e hidráulica.

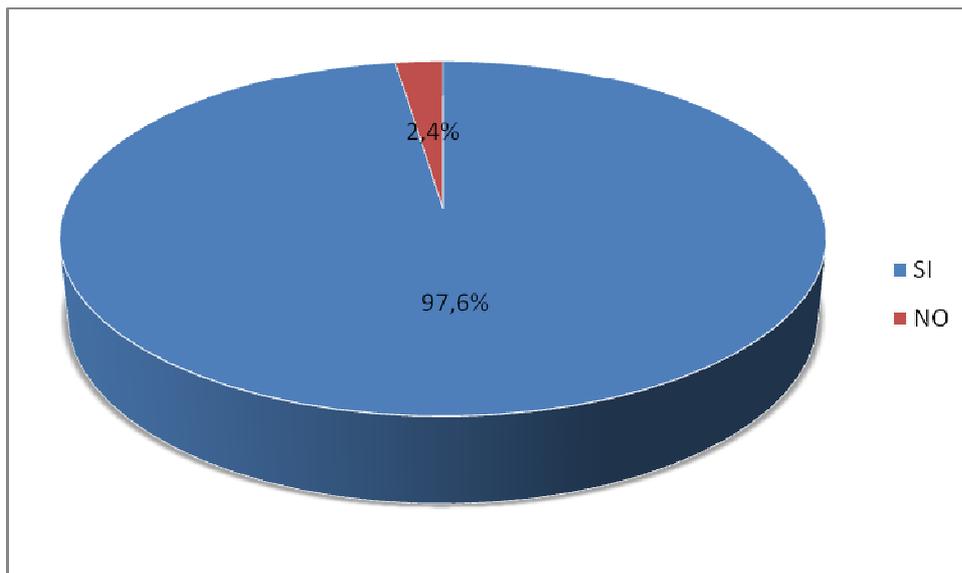
### PREGUNTA Nº 5

**TABLA 1.1** ¿Cree usted que el uso de energías alternativas es la solución para evitar la contaminación ambiental?

Categoría	Porcentaje	
SI	97,6%	249
NO	2,4%	6
Total	100,0%	255

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Encuestas realizadas al ITSA



ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Encuestas realizadas al ITSA

### ➤ ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS:

Del 100% de respuestas tomando a las dos categorías se puede ver que dicen si al uso de las energías alternativas como apoyo a la solución sobre la contaminación ambiental doscientos cuarenta y nueve (249)

personas o sea el 97,6% pero hay seis (6) personas equivalente al 2,4% que creen que no es una solución a esto.

➤ **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS:** Es notable que la mayoría de las personas del I.T.S.A. dicen que si es una solución para la degradación del medio ambiente, por tanto tesis sobre energías limpias deben haber en el Establecimiento como Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico que es.

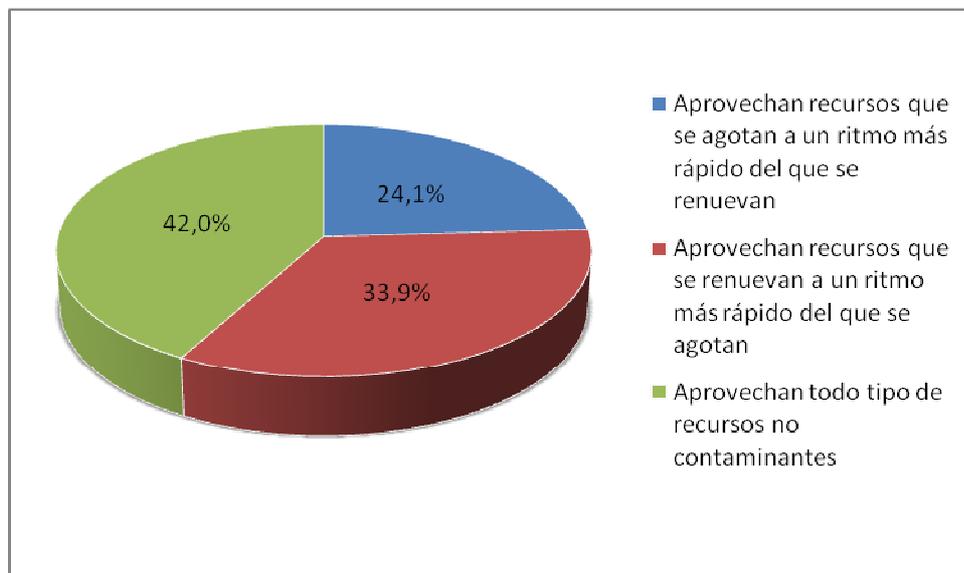
## PREGUNTA Nº 6

**TABLA 1.1** Las llamadas energías renovables

Categoría	Porcentaje	
Aprovechan recursos que se agotan a un ritmo más rápido del que se renuevan	24,1%	62
Aprovechan recursos que se renuevan a un ritmo más rápido del que se agotan	33,9%	87
Aprovechan todo tipo de recursos no contaminantes	42,0%	108
Total	100,0%	257

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Encuestas realizadas al ITSA



ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Encuestas realizadas al ITSA

➤ **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS:**

Se observa que el 42% es decir ciento ocho (108) personas dicen que las energías renovables aprovechan todo tipo de recursos no contaminantes un 33,9% o sea ochenta y siete (87) dicen que aprovechan recursos que se renuevan a un ritmo más rápido del que se agotan, mientras que sesenta y dos (62) es decir el 24,1% del 100% de personas encuestadas dicen que aprovechan recursos que se agotan a un ritmo más rápido del que se renuevan.

➤ **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS:** La mayoría de la gente a la que se le encuestado nos responde diciendo las energías renovables aprovechan todo tipo de recurso no contaminante como son aire, sol, agua, etc.

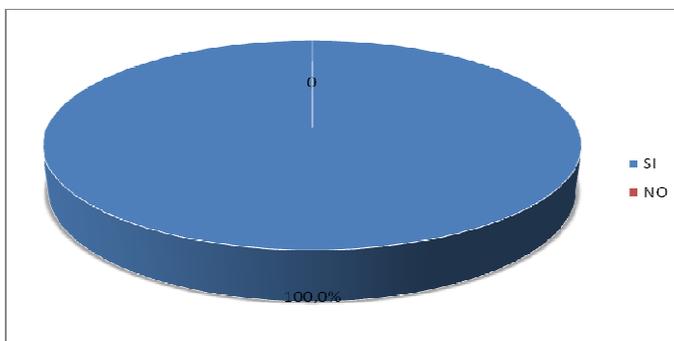
**PREGUNTA Nº 7**

**TABLA 1.1** ¿Cree usted que es necesario que el I.T.S.A. de cursos, seminarios, talleres, etc. acerca de energías limpias?

Categoría	Porcentaje	
SI	100,0%	256
NO		0
	100,0%	256

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Encuestas realizadas al ITSA



ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Encuestas realizadas al ITSA

➤ **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS:**

Se puede mirar en el gráfico que el total 100% de las personas encuestadas doscientos cincuenta y seis (256), dicen que es necesario que el I.T.S.A. de cursos, seminarios, talleres, etc. acerca de energías limpias.

➤ **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS:** Quiere decir que el I.T.S.A. como Instituto Tecnológico en la aviación debe tratar temas sobre las llamadas energías limpias o renovables.

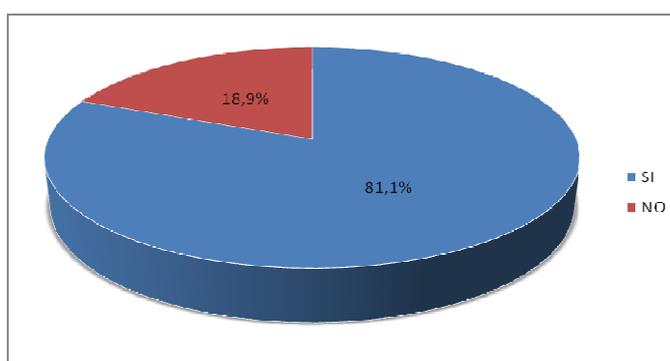
**PREGUNTA Nº 8**

**TABLA 1.1** ¿Califica usted al I.T.S.A como una entidad que tiene recursos necesarios para implementar fuentes energéticas alternativas para su auto consumo?

Categoría	Porcentaje	
SI	81,1%	193
NO	18,9%	45
	100,0%	238

ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Encuestas realizadas al ITSA



ELABORADO POR: Olovacha Santiago/ Mora Gustavo

FUENTE: Encuestas realizadas al ITSA

➤ **ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS:**

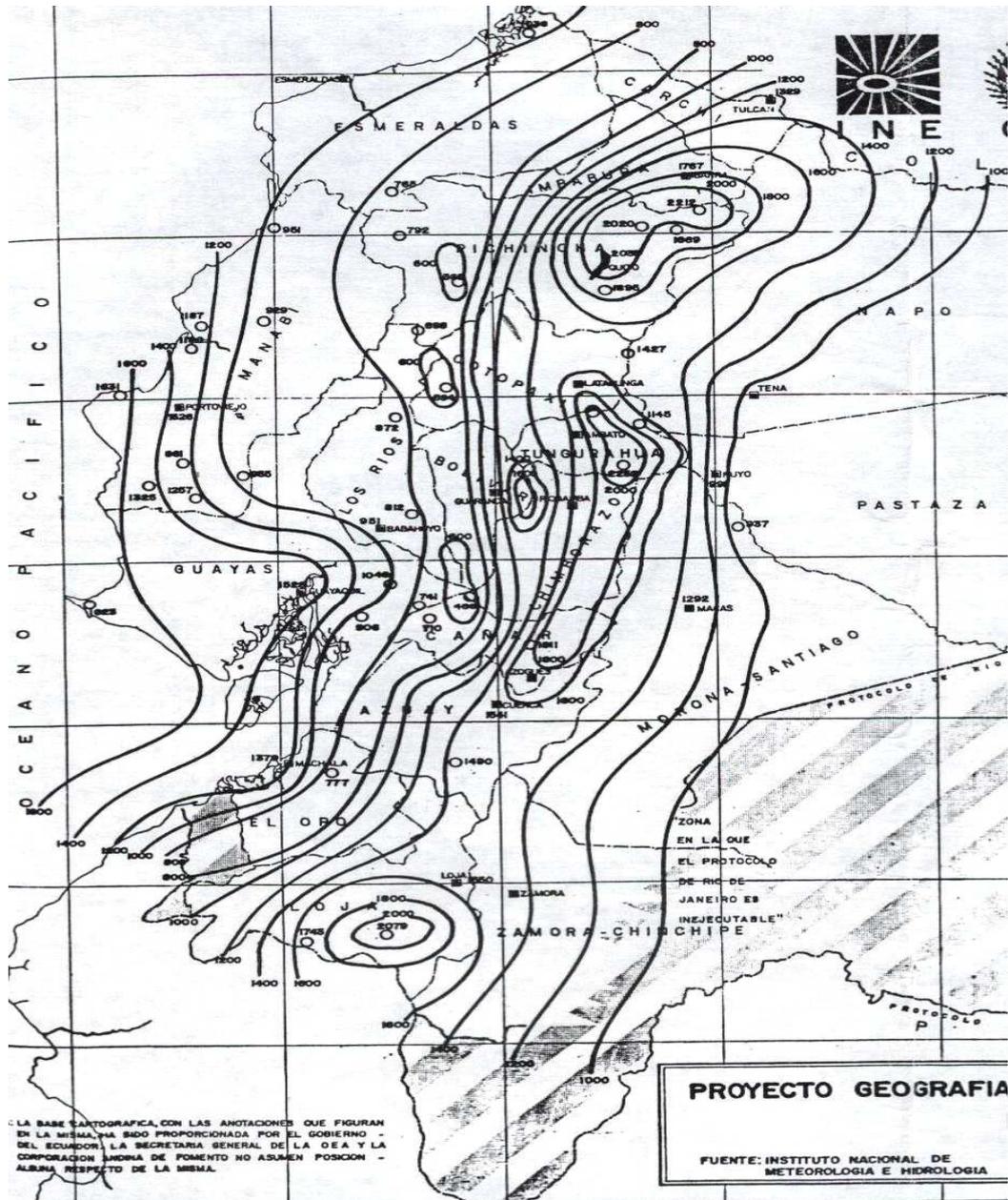
Se observa que el 81,1% es decir ciento noventa y tres (193) personas del I.T.S.A. afirman diciendo que el I.T.S.A tiene los recursos necesarios

para implementar fuentes energéticas alternativas para su auto consumo, siendo apenas el 18,9% o sea cuarenta y cinco (45) encuestados los que no creen que el I.T.S.A. pueda implementar las mismas.

➤ **INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS:** El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico debe implementar fuentes energéticas alternativas.

# Anexo I

## Aprovechamiento de la Energía Solar OLADE



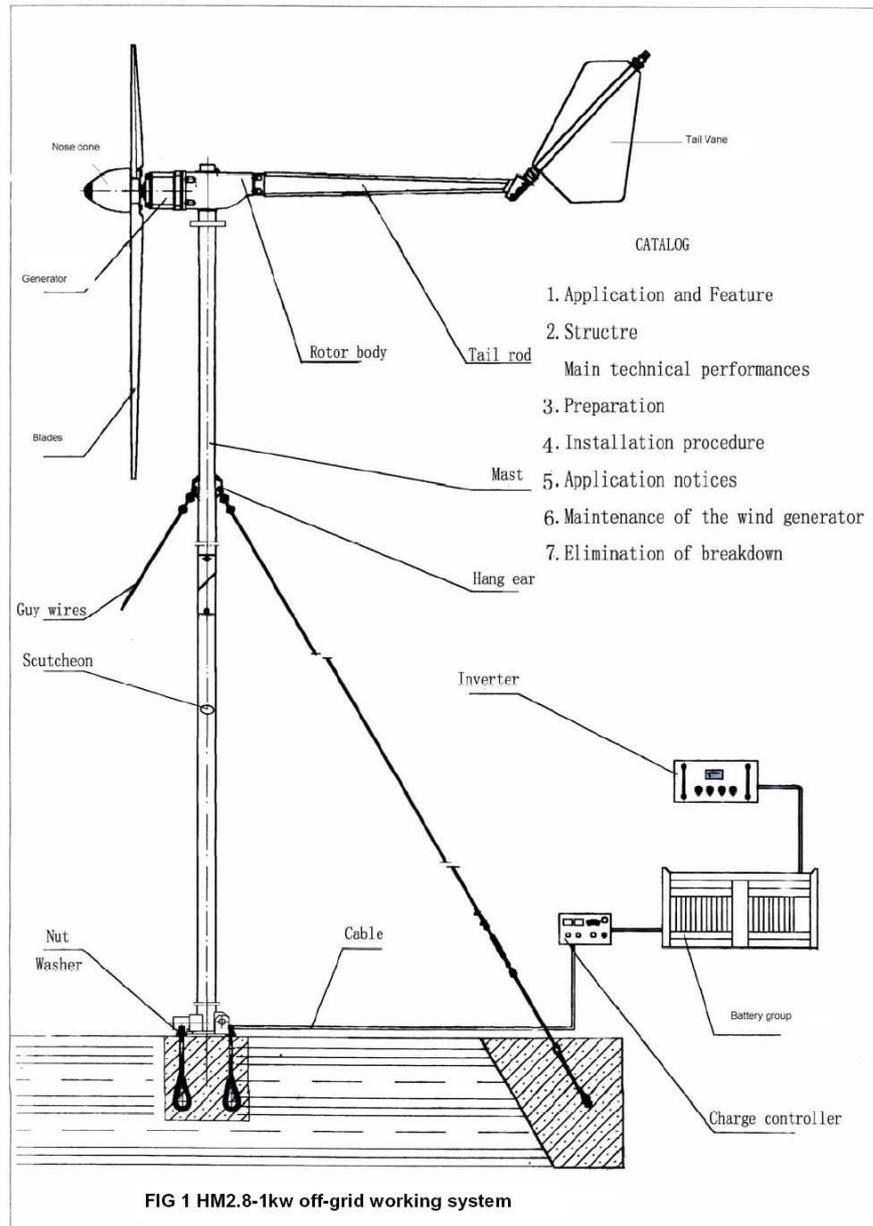
Isohelias Anuales del Ecuador INE 1981

Región	Radiación media
Interandina	4.5 kWh/m <sup>2</sup> año.
Costa	3.5 kWh/m <sup>2</sup> año.
Amazónica	3.8 kWh/m <sup>2</sup> año.
Galápagos	4.5 kWh/m <sup>2</sup> año.

Fuente: Proyecto OPET América Latina y Caribe

## Anexo J

### Manual aerogenerador Exmorth 1 KW



### 1. Application

The wind power generator is an equipment to convert wind energy into electric power which is changed into storage battery group. It can be widely used in rich wind areas but without normal energy supply from any power system. It is capable of providing power for lighting, TV, telecommunication equipment and so on.

## **2. Structure and Main performance**

The unit is mainly composed of wind rotor, permanent magnet generator, tail vane, stand, electric controller, storage batteries, electric inverter, electric cable, etc. (Fig1)

### **Main technical performances**

Rotor Diameter (m) 2.8

Material and number of the blades Reinforced fibber glass\*3

Rated power/maximum power 1000/1500

Rated wind speed (m/s) 8

Startup wind speed (m/s) 2.5

Working wind speed (m/s) 3–25

Survived wind speed 50

Rated rotate speed(r/min) 380

Working voltage DC24V/DC48V

Generator style Three phase, permanent magnet

Charging method Constant voltage current saving

Speed regulation method Tail turning and electric magnet

Tower height (m) 9

Life time 15 years

## **3. Preparation**

3.1 Filling in electrolyte and do initial charge according to technical regulations.

3.2 Unpack and check the machine parts.

3.3 Choose an open and flat place with no barriers around for wind turbine installation.

To avoid circuit power loses, should make the distance between wind turbine and batteries as short as possible, usually it should be less than 30m.

### **3.4 Foundation installation.**

3.41 Dig a cubic hole in the center of the ground with size of 40X40X40cm. Then dig four triangular pits at the place of A, B, C, and D, which are symmetrically 4 meters from the central hole in four directions. The diagonals of A-C and B-D vertically intersect at the center of square hole. The depth and side length are 70cm. (Fig 2)

3.42 Fix the 4 foundation bolts onto the base plate. Screw on the M16 nuts respectively until the top of bolt is 15mm out of nut. Let the axe of pin dead against BD or AC. The Base plate should be 4-5cm above the ground. Then adjust the base plate in level and concrete the cubic hole. The mixture ratio of concrete is cement: sand: cobble= 1:2:3.

3.43 Hold the top of chain, and put the anchor horizontally into the base of pit following the outboard side. Lay crushed stone (about 2~5kg) into the pits, then concrete them; Lay crushed stone into the pits and concretes them again. Repeat until cram the triangular pit. Finally draw the guy wires toward the ground center with an angle of 60-degree from the ground. Hold the chain□Cconcrete the pit until the middle part of the top link, the other half is out of the concrete. (Fig 3)

3.44 The protection period of the concrete basement is 100 hours. During this period, don't install the wind turbines.

### **4. Installation procedure**

4.1 Select a sunshine day without wind (wind speed smaller than 3m/s)

4.2 Adjust the Base plate in level, then put the washer onto the foundation bolt, fasten the nuts. Fit together the upper, middle, lower mast. Fall the mast on the "A" pit. Link the mast bottom to the base plate with Ö16 pin, then put on the washer and connects them with ringent pin.

4.3 Draw the guy wires in four directions. Bend the tip of the steel wire to a ferrule, the length of which is about 20cm. Then fasten it with two wire-clamps. Put the rings for guy wires onto the top of mast. Then close upon the four ferrules and thrill through the annulus of the ring respectively. Finally shove them to the outshoot of mast.

4.4 Put the heart ringer for steel wire across the “o” loop of turnbuckle, and then rip the steel wire into the heart ringer. Bend for a ferrule; no less than 30cm long, fasten with wire-clamps. Hook the turnbuckles of A, B and D pits to the chain of anchor. Draw back the mast, and then hook the turnbuckle and anchor chain. Adjust the length of steel wire through turnbuckles to plumb the mast. Install the stay bar to the lower mast□Cfix up it with M12 bolts. Untie “U” shape screw between anchor and turnbuckle of pit C.

Connect the steel wire of C pit and the top of stay bar and fasten it. Then adjust until the steel wire between stay bar and mast in strain state.

4.5 Put a 1m bracket into pit A. Loose the “U” shape screw buckle in pit B and pit D (About 5cm length). Untie the link of the “U” shape screw and the ground anchor chain in pit C. Fall down the mast slowly; support the steel wire pothook with 20cm height stow-wood.

4.6 Insert the cable through the bottom to the top of the mast with a steel wire(□2~3mm) and extend out about 20 to 50cm. Connect the 3 thrum of the cable (which derivative from the slip ring) with the terminal block.

Connect the 3 thrum of the cable which derivative from the slip ring with the terminal block.

4.7 Install the generator onto the mast top through the sleeve. Fasten the screw.

4.8 Assemble the tail rod to the rotating body, setting the M10 holes correctly, insert the spring washer; screw the four M10X25 inner six angle nuts tightly. (FIG5)

4.9 There are two holes can be chosen on the trough shape clamp of the tail rod and two holes distributing on the two sides of the tail vane tie-in’s axes, whose diameter is 11. Insert the tie-in of tail vane into the trough shape clamp of the tail rod, insert M10X60 bolt into the  $\varnothing 11$  holes correctly, put on washer 10, spring washer 10 and M10 self-locked nuts, Adjust the tail rod angle against the level plane according to the local wind resources and electricity consumptions (it can be adjusted to four angles). Decrease the angle can increase the rotating speed of the rotor. Then

insert the screw shaft into  $\varnothing 11$ , screw the adjusting bolt and nut (M10). After adjusting, tighten the two self-locked nuts. (See fig.6).

4.10 Before leaving the factory, every rotor had been assembled and passed the balance adjustment. For easy transport, the rotor had been disassembled. When reassembling the rotor, please check the marks on the parts, so as to make them return to the former positions, then fit the M10×80 screws, washers, M10 self-locked nuts one by one. Tighten the nuts with a small force first, then measuring the distances between the centre point to the tip end of blades a, b, c, the distance among the three sizes should less than 5mm, then tighten the nuts firmly. The tighten torque should be 40 – 45 N.m (see fig.7).

4.11 Assemble the blade-rotor on the axes of generator, put on the flat washer, spring washer one by one, and then screw the self-locked nut tightly□B

4.12 Assemble the nose cone to the rotor hub with M6 screws, spring washers and flat washers.

4.13 Draw backs the mast through chain jack; connect the screw buckle of pit C to the anchor. Adjust the length of the screw buckle in four directions. Strain the steel wires to make the mast in its vertical position. Strain the steel wire until it can rebound lightly when gives a transverse force.

4.14 Check the wire block, screw buckle and all connecting point. Make sure it is safety. Then wrap and blocked them with galvanized wire. Put anticorrosive grease on wire block, screw buckle and all links where necessary.

4.15 The two connectors of battery is anode and cathode, connect them in series to be a group. Choose the lead whose sectional area is 6 square millimeters as connect wire. The wire of anode is marked by red color; and cathode is marked by black (or yellow, or blue). All connect point should fix up by splicing fitting to ensure electric conduction is good. In order to prevent acid corruptness of the splicing fitting and connecting pole, spread a layer of protection grease on them.

4.16 Connect the red wire of anode of the batteries to the anode pole of the controller or control-Inverter; then, connect the black wire of cathode of the batteries to the cathode pole the controller or control-Inverter. Connectors must be tightened firmly and ensure good electric conduction.

4.17 Connect the 3 output wires of the generator to the 3-connector poles of the controller or control-inverter respectively. During the process of connecting, the “open & close” switch on the controller or control-inverter box should keep on “close” position.

4.18 According to different requirements, there are two kinds of output: DC and AC. Please connect according to marks on the socket. Take care for safe operation when the output is AC220V

## **5. Application notice**

### **5.1 Application principles**

5.1.1 Please read the specification carefully before using. Do not install or uninstall in windy day.

5.1.2 The off-grid wind turbine charges the batteries through controller. When there is no wind, it consumes the electricity from the battery group. Therefore, after discharging, the batteries should be recharged timely, especially for lead-acid batteries. If the batteries cannot be recharged timely after over discharging, the working life of the batteries will be reduced. So, the users should regulate the consuming of electricity according to local wind condition and the output of the wind generator.

5.1.3 After passing full wave bridge rectification, the 3-phase AC electricity generated by wind generator output in DC24V, 36V, 48V, or 120V. And then charge the battery. The voltage of the battery group should be equal to the DC voltage of the wind generator (after rectification), so the engineery can exert its full efficiency. The input DC voltage of matched inverter should be equal to the working voltage of wind turbine.

5.1.4 The input DC voltage of the matched inverter should be equal with working voltage of the wind generator (after rectification).

## **5.2 Safety regulations**

5.2.1 Forbidden the wind generator running without any load, or running at a very high rotating speed continually.

5.2.2 Checking the tower condition regularly, if there are any loosen phenomenon, it should be tighten immediately, so as to prevent the falling down of the wind turbine.

5.2.3 When running speed of the rotor is higher, people are forbidden to stay under the wind turbine.

5.2.4 When wind speed is more than 24 m/s, the wind turbine should be stopped artificially.

5.2.5 When vibration or strange noise is found during working, please stop the wind turbine and check the reasons.

5.2.6 The power supply line of the wind generator should be arranged independently, it can not be mixed used with other power supply lines. DC power supply is more safe and economic for illuminators; for home electric appliances, the AC power supply line (from inverter) should be used; it is suggested that the connector of the refrigerator should insert in the special plug seat with time-lapse function

5.2.7. When connect the electric line of the wind generating system, the battery lines must be first connected to the controller & inverter box, then connect the three lines of the generator to the controller. When disconnect the electric line of the wind generating system, the three generator lines must be first disconnected from the controller, then disconnect the two lines of the battery group from the controller & inverter box.

5.2.8 The “open & close” switch on the controller & inverter box should keep at “open” position in normal conditions. Only when the batteries have been full charged or for protect the system against

storm wind, the switch can be put on “close” position. It is not allowed to move the switch when wind is stronger and rotor is rotating at high speed, turning the switch to “close” position when rotor is rotating slowly.

5.2.9. The batteries should be set on a place where far from fare resource and heat resource, the gas generated from charging and discharging process should be easy go out of the room.

5.3. Keep the rotor balance, eliminate vibration when the blades lost balance caused by outside damage and create strong vibration, the wind generator must be stopped and checked, until the trouble is eliminated. The attached special tools should be used for disassembling the rotor, remove the nut and washer from the axes end of generator first, screw the special sleeve onto the hub firmly, then drive the M16×30 screw into the sleeve, so as to remove the rotor from the shaft of the generator(see fig.8). After repairing, the un-balance torque should less than 0.02N.m.

## **6. The maintenance of the wind turbine**

The products are divided into two kinds: common product and high quality product (no maintenance), the common product need following maintenances regularly.

6.1. Checking, cleaning and lubricating all rotating parts one time per year.

6.2 Before rain season, cleaning outside and paint antirust grease on the surface of all fixed connecting parts once a year.

6.3 Lubricating and maintenance bearing of generator one time per operating year.

6.4. Cleaning, rust removing and painting all exposed parts one time per every two years.

## 7. Elimination of breakdown

The wind generator is designed and manufactured according to trouble-free and non-maintenance principle, if the installation and operation are correct, the breakdown will not appear in normal conditions. In case of breakdown has happened, please consult following table.

<b>Breakdown</b>	<b>reason</b>	<b>eliminating method</b>
<b>wind generator vibrating strongly</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pull rope of steel wire is loose.</li> <li>2. Fixed bolts of blades are loose.</li> <li>3. Blade is defective caused by outside force.</li> <li>4. Ices over on the surface of blades, cause unbalance.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tighten the steel wire rope appropriate.</li> <li>2. Tighten the loose parts.</li> <li>3. Replace a new one and adjust the rotor to balance state again.</li> <li>4. Eliminating the attached ices.</li> </ol>
<b>Direction regulating is ineffective</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. There is too much greasy filth in the rotating body. Rotating part is deformed by Outside force.</li> <li>2. The clearance between vertical shaft and sleeve is too small, or there is no movable axial clearance.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Leaving away the dirty filth, and make a lubricating maintenance.</li> <li>2. Recover and correct the deformation.</li> </ol>
<b>Unusual noise</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fixed parts is loose</li> <li>2. Generator bearing is damaged</li> <li>3. Wind rotor is rubbing with other part.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Put the wind turbine down to the ground, check every fixed part, and take measures.</li> <li>2. Replace the damaged bearing.</li> <li>3. Checking and eliminating the trouble.</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Blade pitch control is ineffective.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Checking and eliminating the trouble, then making</li> </ol>

<p><b>The rotating speed of the wind rotor is reduced obviously.</b></p>	<p>2. Stator winding is short –circuit or output circuit is short pass. 3. Break disk is rubbing. 4. Switch is set at “close” position:</p>	<p>lubrication and maintenance. 2. Find out short circuit position, split the lines and isolate them. 3. Readjust the break gap. 4. Set switch at “open” position.</p>
<p><b>The output voltage of the generator is low</b></p>	<p>1. The rotating speed of the generator is low. 2. Permanent magnet rotor has lost its magnet. 3. The conductivity of connects point between slip ring and outputcircuit is weak. 4. There is short circuit in rectifier. 5. Circuit line of low voltage electricity transmit is too long, or the diameter of wire is too thin.</p>	<p>1. Finding out the reason, restoring to normal rotating speed. 2. Charging magnet, or change the rotor of generator. 3. Cleaning slip ring and contact point, so as to reduce resistance. 4. Replace. 5. Shortening the circuit line or increase the diameter of the wires, so as to reduce circuit electricity loss.</p>
<p><b>There are not output electric current in AC circuit of the Generator</b></p>	<p>1. There are circuit break in AC lines of the generator, or the fuse is fused. 2. There are circuit break in output line. 3. Stator winding is burnt, circuit is broken.</p>	<p>1. Find out the reason, and connect the wires. 2. Find out the break point, then connect the wires. 3. Disassemble, then repair and recover it</p>
<p><b>AC output is</b></p>		

<p><b>in normal condition, but there is not DC output current</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. DC fuse is fused.</li> <li>2. Output circuit is broken.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Replace.</li> <li>2. Find out the break point and connect the wires.</li> </ol>
<p><b>Output capacity of the batteries is insufficient</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Output voltage of the generator is too low, or electricity is generated at all.</li> <li>2. The connector of the battery is corroded by acid, conductivity is weak.</li> <li>3. Battery is failure</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Checking and eliminating the trouble.</li> <li>2. Cleaning the connectors, enable them have a good contact and tighten the connectors.</li> <li>3. Replace the damaged battery</li> </ol>

# Pictures

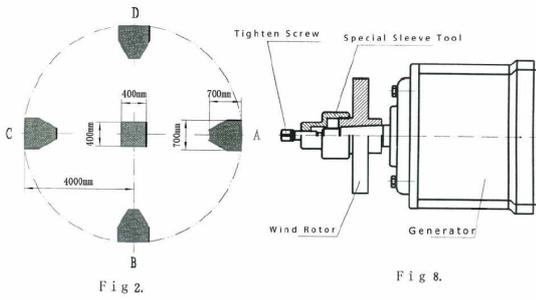
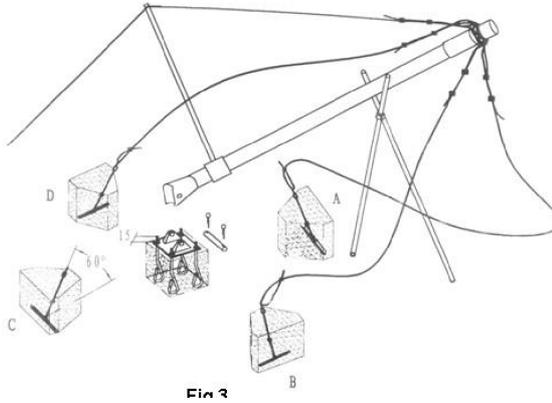


Fig 2.

Fig 8.

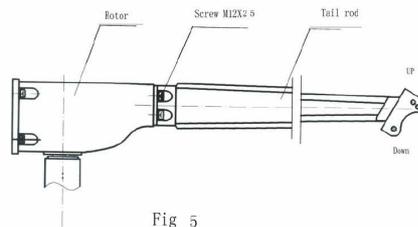


Fig 5

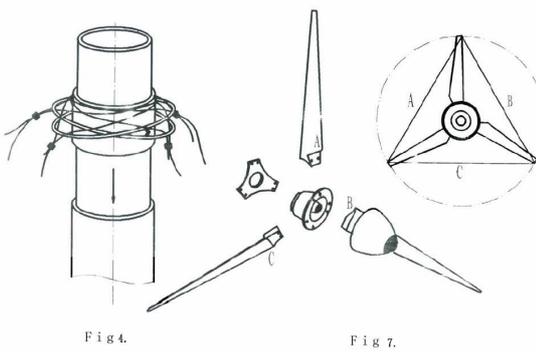
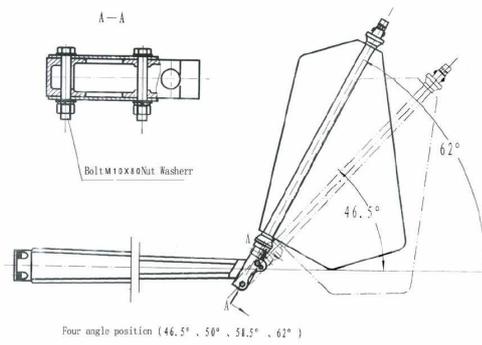


Fig 4.

Fig 7.



Four angle position (46.5° , 50° , 51.5° , 61° )

## **ANEXO K SEVERIDAD DE VIBRACIONES**

Las normas de severidad de vibraciones de maquinarias se basan en dos parámetros de vibración: amplitud y frecuencia.

### **Carta de Rathbone.**

Es la primera tabla (no norma) de amplia aceptación en el ámbito industrial. La carta dispone de dos escalas logarítmicas: frecuencia en Hertz y de amplitudes en desplazamiento (Pico), mediante las cuales podemos determinar directamente la severidad de la vibración. Las principales limitaciones de dicha carta de severidad de vibraciones son las siguientes.

La carta no tiene en cuenta el tipo de máquina, la potencia y la rigidez de los anclajes.

La carta es aplicable solamente a los equipos rotativos y no alternativos u otros sistemas industriales. Cuanto mayor es la frecuencia, la amplitud de vibración en desplazamiento tiene que ser menor para que se conserve la severidad. Fue creada para maquinas de bajas RPM que para el momento de su creación era ideal (años 1930), hoy DIA se considera obsoleta.

### **Norma ISO 10816.**

Vibración mecánica de maquinas con velocidades de operaciones entre 100 y 200 rev/s, bases para la especificación de estándares de evaluación. Las características más relevantes de esta norma son:

- Es aplicable a los equipos rotativos cuyo rango de velocidades de giro esta entre 600 y 12000 RPM.
- Los datos que se requieren para su aplicación son el nivel global de vibración en velocidad – valor eficaz RMS, en un rango de frecuencia entre 10 y 1000 Hz, distinguiendo varias clases de equipos rotativos:

### **Clasificación de la maquinaria.**

Cuando se evalúa maquinaria y equipo es necesario conocer los rangos de clasificación y tipo de grupo. Hay los siguientes tipos de maquinas y rangos reconocidos internacionalmente (ISO 2372 VDI 2056). Los limites para el rigor de vibraciones es (mm/s) se muestran en la siguiente tabla.

GRUPO K. Maquinaria pequeña hasta un 1Kw. (por ejemplo motores de producción).

Estado de prueba	Rigor de vibración (mm/s)
Bueno	0 a 0.71
Aceptable	0.72 a 1.80
Permisible	1.81 a 4.5
peligroso	Mayor a 4.5

GRUPO M. Maquinaria de tamaño medio hasta un 75 Kw. (por ejemplo motores eléctricos sin cimentación especial).

Estado de prueba	Rigor de vibración (mm/s)
Bueno	00 a 1.12
Aceptable	1.13 a 2.80
Permisible	2.81 a 7.10
peligroso	Mayor a 7.10

GRUPO G. Maquinaria grande sobre cimentación pesada.

Estado de prueba	Rigor de vibración (mm/s)
Bueno	00 a 1.80
Aceptable	1.81 a 4.50
Permisible	4.51 a 11.20
peligroso	Mayor a 11.20

## HOJA DE VIDA

### DATOS PERSONALES

NOMBRE: Wilson Santiago Olovacha Toapanta

NACIONALIDAD: Ecuatoriano

FECHA DE NACIMIENTO: 07 de Febrero de 1987

TELÉFONOS: 097466603/091413281

CORREO ELECTRÓNICO: wsotsantiago@hotmail.com

DIRECCIÓN: Parroquia Pasa- Cantón Ambato



### ESTUDIOS REALIZADOS

- Escuela fiscal mixta Juan Espín.
- Colegio Nacional Pasa - Centro Educativo Diocesano San Pio X

### TÍTULOS OBTENIDOS

- Bachiller Físico Matemático
- Suficiencia en Ingles "The Aeronautical Superior Institute and the Language School".

### EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PREPROFESIONALES

#### EXPERIENCIA LABORAL

- Practicas realizadas en la Fuerza Aérea Ecuatoriana con una duración de 720 horas en Mantto de Aviones GV- 1
- Practicas realizadas en la Fuerza Aérea Ecuatoriana durante 4 meses en Mandos de vuelo programa GV-1.
- Programa Mi Primer Empleo en la Base Aérea Cotopaxi durante 480 horas.
- Docente del Colegio intercultural Bilingüe Jatari Unancha.
- Docente del Centro Educativo Tomas Martínez.

## **CURSOS Y SEMINARIOS**

- III Jornadas de Ciencia y Tecnología ITSA
- Curso English Training “Buddy English”
- IV Jornadas de Ciencia y Tecnología ITSA
- Seminario en Preparación y Evaluación de Proyecto ITSA

## **CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

Yo, WILSON SANTIAGO OLOVACHA TOAPANTA, Egresado de la carrera de Mecánica aeronáutica mención motores, en el año 2008, con Cédula de Ciudadanía N° 180430223-8, autor del Trabajo de Graduación ENSAMBLAJE DE UN AEROGENERADOR CON SU RESPECTIVA TORRE DE SOPORTE PARA EL ITSA, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

---

Wilson Santiago Olovacha Toapanta

Latacunga Noviembre 08 del 2009

**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

**DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE  
RESPONSABILIZA EL AUTOR**

---

**WILSON SANTIAGO OLOVACHA TOAPANTA**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

---

**Ing. José Guillermo Trujillo Jaramillo Director de la Carrera de  
Mecánica Aeronáutica**

Latacunga Enero 18 del 2010