

AVAL DEL TUTOR

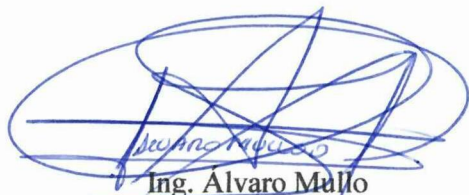
En mi calidad de Tutor del trabajo de investigación, nombrado por el H. Consejo de Postgrado de la Universidad Técnica de Cotopaxi:

CERTIFICO:

Que el Informe de Investigación Científica: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE GENERADOR ELÉCTRICO DE 500W; BASADO EN EL PRINCIPIO TERMODINÁMICO STIRLING, PARA LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI QUE SERVIRÁ COMO MÓDULO DIDÁCTICO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DURANTE EL PERIODO 2012-2013”**presentada por lospostulantes; Martínez Zambrano Ángel Fernando y Vilca Casa Alex Fernando, estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, reúnen los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del jurado examinador que el H. Consejo de Posgrado designe.

Latacunga, 5 Marzo de 2014

TUTOR



Ing. Alvaro Mullo

C.I.0502768542

DEDICATORIA

Especialmente dedico este trabajo a Dios por darme la fortaleza, sabiduría y la tenacidad para poder terminar con dos de mis objetivos principales trazados en mi vida, tanto mis estudios universitarios y así como también la tesis. Dedico a mis padres Cesar y María por enseñarme a valorar las cosas, por darme la oportunidad de estudiar. Dedico a Tatiana y a mi abuelita Luz María que me apoyaron en los momentos buenos y malos de mi vida; A mis hermanos Nelson, Edison, Aida y Thalía por el apoyo constante gracias.

Alex Vilca

Este trabajo de investigación que constituye el resultado de la constancia y deseos de superación lo dedico con mucho amor, a mis bellas hijas Fernanda y Valentina que son la razón de mi vivir, a quien deseo transmitirles el ejemplo de que con disciplina y sacrificio se puede alcanzar logros en el campo profesional y personal. De igual forma a mis queridos padres Antonio y María, a mi tía Delia y a mi esposa Anita, quienes siempre me apoyaron de una u otra forma para en este día poder cumplir la meta de graduarme de Ingeniero.

PARA ELLAS, CON MUCHO CARIÑO

Ángel Martínez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad por haberme acogido para hacer realidad mis metas; también agradezco a los docentes por que mediante ellos adquirí los conocimientos necesarios para llevar a cabo este proyecto. Al ingeniero Álvaro Mullo por guiarnos en el tema de tesis y por ayudarnos en nuestras dudas o inquietudes que hemos tenido durante la realización de este proyecto de tesis.

Alex Vilca

Mis sinceros agradecimientos de estima y gratitud a mis distinguidos maestros, quienes con entusiasmo y dedicación depositaron en nosotros sus valiosos conocimientos, y a la Universidad Técnica de Cotopaxi que me abrió sus puertas para prepararme y alcanzar la meta propuesta en este nuevo reto.

Ángel Martínez

RESUMEN

El motor Stirling es eficiente por que funciona en un ciclo cerrado, este tipo de motor utiliza el aire como flujo de trabajo y por ende el aire tiende a ser calentado mediante una cámara de calor. Cuando el aire está en la adición de calor incrementa el volumen, disminuye la presión a una temperatura constante, esto hace que el pistón del motor se expanda al punto muerto superior cuando el pistón esta en este punto del cilindro, se le denomina región fría del cilindro, esta región fría disminuirá la temperatura del fluido de trabajo es decir el aire incrementa su presión, disminuye el volumen y la temperatura de la zona fría se mantiene constante esto hace que el pistón baje al punto muerto inferior; este proceso es continuo si se tiene una temperatura alta en la cámara de calor. Los elementos móviles también son de mucha importancia es el caso del volante mediante este, elemento se puede acotar la fuerza de una persona con un impulso el motor rompe la inercia; el peso unitario del pistón es liviano pero, es resistente a altas temperaturas esto es necesario para el prototipo porque,este motor genera baja potencia. El motor no es contaminante para el medio ambiente puesto que puede utilizar energías renovables para la generación eléctrica en este caso puede ser la energía solar, la energía geotérmica, el calor mismo que produce las industrias entre otros.

Descriptor: Motor de Stirling; Generador eléctrico de Stirling; Motor térmico

ABSTRACT

The Stirling engine is efficient because it operates in a closed cycle, this type of engine uses air as the workflow and therefore the air tends to be warmed by a heat chamber. When the air is in the addition of heat increases the volume, the pressure decreases at a permanently temperature, this causes the engine piston has been expanded to the out upper point; when the piston is at this point of the cylinder, it is called the cold region of the cylinder, this cold area will decrease the temperature of the working fluid it means the air increases its pressure, decreases the volume and the temperature of the cold area, it is kept constant this makes the piston drops to the bottom out point; this process is continuous if we have a high temperature in the heat chamber. The mobile elements are also of great importance is the case of the steering wheel through this, you can narrow down element is the strength of a person with a boost engine breaks the inertia; the unit weight of the piston is lightweight but is resistant to high temperatures this is necessary for the prototype because, this engine generates low power. The engine is not pollute yourself since environment that you can use renewable energy for electricity generation in this case can be solar energy, geothermal energy, the same heat produced by industries among others.

Descriptors: Stirling engine; Stirling electric generator; Heat engine

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de docente del centro cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, yo Lic. Marco Paúl Beltrán Semblantes con la C.I. 050266651-4 CERTIFICO que he realizado la respectiva revisión del Abstract; con el tema: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE GENERADOR ELÉCTRICO DE 500W; BASADO EN EL PRINCIPIO TERMODINÁMICO STIRLING, PARA LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI QUE SERVIRÁ COMO MÓDULO DIDÁCTICO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DURANTE EL PERIODO 2012-2013**”cuyos Autores son: Martínez Zambrano Ángel Fernando y Vilca Casa Alex Fernando. Director de tesis Ing. Álvaro Mullo.

Latacunga, 5 Marzo del 2014

Docente:



Lic. Marco Paúl Beltrán

C.I. 050266651-4

INTRODUCCIÓN

En la actualidad en la Provincia de Cotopaxi no existe un generador eléctrico que utilice el principio termodinámico de Stirling, el mismo que servirá a la industria optimizando los recursos técnicos, económicos, al realizar las pruebas, ya que este generador tienen una vida útil bastante elevada.

La presente investigación está distribuida de la siguiente manera:

En el Capítulo I se da a conocer las bases teóricas de los motores de Stirling, los equipos a utilizar en el banco de pruebas con sus respectivas características, datos e información que serán utilizados en el diseño de todo el generador eléctrico.

Capítulo II se realiza una encuesta dentro de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con lo cual se analizará e interpretará la información recopilada por medio de las encuestas.

Capítulo III, se diseña y se acopla todos los elementos a utilizar, para la obtención de la energía eléctrica la cual, será un proyecto más estudio para los alumnos de la Universidad Técnica de Cotopaxi en cuanto, a la implementación del laboratorio de Ingeniería Electromecánica.

ÍNDICE GENERAL	PÁG.
PORTADA.....	i
AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL TUTOR.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
AVAL DE TRADUCCIÓN	viii
INTRODUCCIÓN	ix

CAPÍTULO I

1.Fundamentación teórica	1
1.1. Antecedentes investigativos.....	1
1.2. Marco teórico	2
1.2.1. Historia del motor térmico de Stirling	2
1.2.2. Principio de funcionamiento del ciclo Stirling	3
1.2.3. Diagrama de procesos del ciclo Stirling T-s y P-v.....	4
1.2.4. Tipos de motores Stirling.....	6
1.2.4.1. Motor de Stirling tipo alfa.....	6
1.2.4.2. Motor Stirling tipo beta.....	7
1.2.4.3. Motor Stirling tipo gamma.....	7
1.2.5. Efecto de la transferencia en el calentamiento y en el enfriamiento.....	8
1.2.6. Efecto de fugas de flujo de trabajo.....	9
1.2.7. Efecto de los espacios muertos	9
1.2.8. Análisis matemático del efecto de los espacios muertos	10
1.2.9. Acoplamiento biela manivela.....	10
1.2.10. Parámetros que afectan al funcionamiento de un motor Stirling	11
1.2.11. Ventajas y desventajas del motor Stirling.....	11
1.2.11.1. Ventajas.....	11
1.2.11.2. Desventajas	12
1.2.12. Aplicaciones del mecanismo biela manivela	12

1.2.13. Descripción térmica del ciclo Stirling	12
1.2.14. Forma de generar energía eléctrica	13
a) Generador eléctrico	13
b) Batería	14
c) Inversor	14
1.3. Mecanismos y elementos mecánicos	15
1.4. Mecanismo manivela corredera.	16
1.5. Resistencia de materiales	18

CAPÍTULO II

2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	20
2.1. Introducción de la encuesta	20
2.2. Metodología utilizada.....	21
2.3. Caracterización de la Universidad Técnica de Cotopaxi	23
2.3.1. Reseña histórica	23
2.3.2. Misión y Visión.....	24
2.4. Tamaño de la población	25
2.5. Análisis e interpretación de los resultados de la encuesta realizada, a los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.....	26
2.6. Conclusiones y recomendaciones general de la encuesta	35

CAPÍTULO III

3. Diseño y construcción del proyecto generador eléctrico basado en el principio de Stirling.....	36
3.1. Diseño y construcción del mecanismo	36
3.1.1. Cálculo del mecanismo	38
3.2. Análisis de resistencia de materiales.....	42
3.2.1. Propiedades de los materiales	42
3.2.2. Temperatura (δ)	46
3.3. Diseño de la cámara de calor	46
3.4. Análisis de curvas térmicas de Stirling	47
3.4.1. Eficiencia térmica de Stirling.....	47

3.4.2. Curvas térmicas de Stirling	47
3.5. Construcción de elementos de máquinas	53
3.5.1. Cilindro del desplazador	53
3.5.2. Cilindro del pistón.....	53
3.5.3. Brazo de biela.....	54
3.5.4. Pistón.....	55
3.5.5. Desplazador.....	56
3.6. Selección de elemento generador.....	57
3.6.1. Características del generador de imanes ferrita	57
3.6.2. Características del generador de imanes de neodimio	58
3.7. Análisis eléctrico del generador	60
3.8 Conclusiones y recomendaciones	63
3.8.1. Conclusiones	63
3.8.2. Recomendaciones.....	64
3.9. Bibliografía	65
3.10. Anexos	
Planos del motor Stirling	

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

1.1 Símbolos del mecanismo	17
----------------------------------	----

CAPÍTULO II

2.1 Datos de la primera pregunta de la encuesta	26
2.2 Datos de la segunda pregunta de la encuesta	27
2.3 Datos de la tercera pregunta de la encuesta	28
2.4 Datos de la cuarta pregunta de la encuesta.....	29
2.5 Datos de la quinta pregunta de la encuesta	30
2.6 Datos de la sexta pregunta de la encuesta	31
2.7 Datos de la séptima pregunta de la encuesta.....	32
2.8 Datos de la octava pregunta de la encuesta.....	33
2.8 Datos de la novena pregunta de la encuesta.....	34

CAPÍTULO III

3.1 Cálculos del mecanismo.....	40
3.2 Propiedades del aluminio	42
3.3 Propiedades del acero de plata	43
3.4 Propiedades del acero de transmisión	43
3.5 Propiedades del bronce fosfórico	44
3.6 Densidad del air.....	48
3.7 Peso del material	56
3.8 Resultados de generación eléctrica	60
3.9 Resultado del motor Stirling	61

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

1.1. Calentamiento isocórico.....	3
1.2 Expansión isotérmica	3
1.3 Enfriamiento isocórico	4
1.4 Compresión isotérmica	4
1.5 Diagrama T-S.....	5
1.6 Diagrama P-V.....	5
1.7 Motor de Stirling tipo alfa.....	6
1.8 Motor de Stirling tipo beta	7
1.9 Motor de Stirling tipo gamma	8
1.10 Efecto de la transferencia imperfecta de calor	8
1.11 Efectos de fugas del fluido de trabajo	9
1.12 Motor con tres zonas	10
1.13 Biela manivela.....	11
1.14 Diagrama esquemático del motor Stirling.....	13
1.15 Esquema del generador	14
1.16 Elementos que actúan para la generación eléctrica	15
1.17 Mecanismo manivela corredera	17

CAPÍTULO II

2.1 Representación gráfica de la encuesta.....	26
--	----

CAPÍTULO III

3.1 Cigüeñal desfasado a 90°	36
3.2 Volante de inercia	37
3.3 Esquema del cálculo cinemática de un motor Stirling con mecanismo biela-manivela	41
3.4 Cámara de calor.....	46
3.5 Zona fría y zona caliente del cilindro.....	53
3.6 Cilindro del pistón.....	54
3.7 Brazo de biela.....	54
3.8 Pistón.....	55
3.9 Desplazador.....	56
3.10 Curva de voltaje en vacío del generador ferrita	57
3.11 Curva de potencia y eficiencia del generador ferrita	58
3.12 Curva de voltaje en vacío del generador de neodimio	58
3.13 Curva de potencia y eficiencia del generador de neodimio	59
3.14 Comparación de la curva de potencia entre un generador de neodimio y un generador ferrita	59

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

VELÁZQUEZ D. (2007). Afirma que: “El motor Stirling se destaca por operar en un ciclo cerrado y mantener confinado el fluido de trabajo, haciendo a este el motor de aire caliente más estudiado de los últimos años” (p.5).

IBIDEM “El motor Stirling ha ganado más atención, ya que se observa en ellos una mejor eficiencia térmica, menos generación de contaminación por ruido, menos gastos de mantenimiento y en general una mayor limpieza en la generación de trabajo útil” (p.5)

LIRA G. & AGÜEROV. (2011). Dice que: “El ciclo ideal Stirling se compone de dos procesos isocórico (calentamiento y enfriamiento del fluido de trabajo a volumen constante) y dos isotérmicos (compresión y expansión a temperatura constante)” (p.19)

BAÑOSR. (2010). Afirma que: “Funcionamiento del motor Stirling es calentar y enfriar un medio de trabajo, ya sea aire, helio, hidrógeno o incluso alguna clase de líquido. Al calentar el medio de trabajo, conseguiremos que incremente su volumen, y se aprovechará ese movimiento para desplazar una parte del motor. Posteriormente, enfriaremos de nuevo el medio de trabajo, reduciendo su volumen, y consiguiendo que el motor vuelva a la posición inicial” (p.6)



CHÁVEZ F. &ORQUERA D. (2012). Sostiene que: “El motor Stirling tiene mucho que dar, es un motor altamente eficiente en comparación de otros motores, alrededor de un 60% de rendimiento, frente a un 30% del motor Otto, además un motor sumamente versátil que puede utilizar una gran variedad de fuentes de energías, lo que lo hace un motor ecológico y con un gran número de aplicaciones potenciales, por ello es importante su desarrollo” (p.1).

Mediante estos antecedentes se dice que el motor Stirling es óptimo para la generación de energía eléctrica porque, este puede funcionar en base a energía renovable y no renovable; posee una buena eficiencia de trabajo pero, este tipo de motores posee baja potencia.

1.2. MARCO TEÓRICO

1.2.1. Historia del motor térmico Stirling

Robert Stirling fue un clérigo Escocés es quien, diseñó en 1816 un motor térmico que funcionaba sin peligro de las explosiones y quemaduras que tenía la máquina de vapor.

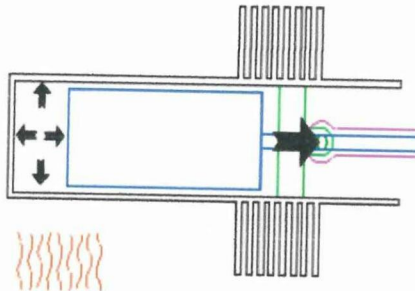
Este generador eléctrico está constituido por diferentes piezas mecánicas, es una máquina de combustión externa que funciona mediante un fluido en una cámara cerrada sin intercambio de masa con el ambiente. Está compuesta de dos cámaras, la primera a baja temperatura y la otra a alta temperatura. Tiene la ventaja de valerse de fuentes de energías como de calor de origen industrial, fuentes de energías alternativas este generador utiliza una energía renovable por ende este generador eléctrico no emitirá mucha contaminación ambiental porque utiliza energías renovables.

1.2.2. Principio de funcionamiento del ciclo Stirling

Un motor de Stirling consta de cuatro procesos termodinámicos, tal como son los siguientes:

- Calentamiento isocórico proceso 4-1; el flujo de trabajo se encuentra a volumen constante pero la presión se incrementa, donde, el pistón se encuentra en el punto muerto inferior (P.M.I.) como se aprecia en la figura 1.1.

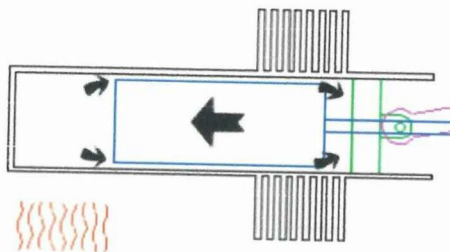
FIGURA 1.1. CALENTAMIENTO ISOCÓRICO



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_Stirling (fecha: 28/12/2012).

- Expansión isotérmica proceso 1-2; donde el aire se encuentra en el proceso de adición de calor este se expande, elevando el volumen reduciendo la presión a temperatura constante, y así el pistón se desplaza al punto muerto superior (P.M.S.) esto provoca que el mecanismo tenga movimiento.

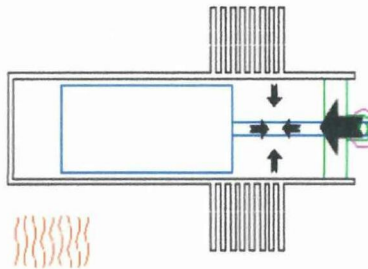
FIGURA 1.2 EXPANSIÓN ISOTÉRMICA



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_Stirling (fecha: 28/12/2012).

- Enfriamiento isocórico proceso 2-3; el flujo de trabajo queda expuesto a la región fría del cilindro el pistón baja rápidamente hacia la región caliente del cilindro permitiendo que la temperatura y la presión del aire disminuya, como se muestra en la siguiente figura 1.3

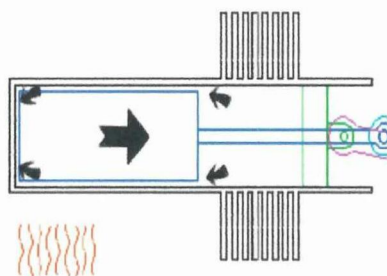
FIGURA 1.3. ENFRIAMIENTO ISOCÓRICO



Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_Stirling (fecha: 28/12/2012).

- Compresión isotérmica proceso 3-4; el volante conectado al cigüeñal hace que supere la inercia y el pistón de potencia genera movimiento en el sistema; el aire se comprime en este punto, la temperatura es menor se produce el rechazo de calor a temperatura constante y el volumen disminuye, figura 1.4.

FIGURA 1.4 COMPRESIÓN ISOTÉRMICA



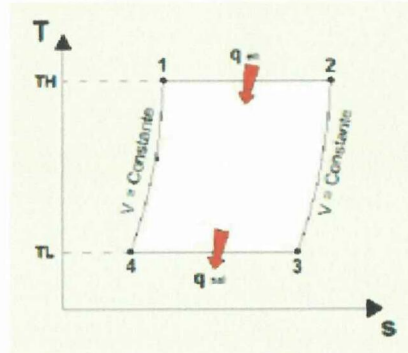
Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_Stirling (fecha: 28/12/2012).

1.2.3. Diagrama de procesos del ciclo Stirling

El diagrama Temperatura – Entropía, permite interpretar con más facilidad cada uno de los procesos térmicos descritos anteriormente. Cuanto mayor es el área del

ciclo mayor es la potencia de la máquina por lo tanto se puede manifestar que a mayor diferencia de temperatura entre la Temperatura alta (TH) y la temperatura baja (TL) mayor será la potencia del motor, el diagrama de procesos se muestra en la siguiente figura 1.5.

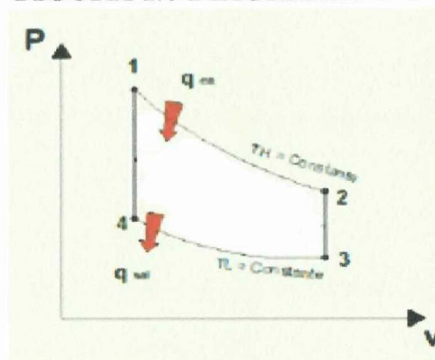
FIGURA 1.5 DIAGRAMA T-S



Fuente: http://www.sc.edu.es/sbweb/fisica_estadistica/termodinamica/stirling/stirling.xhtml (fecha: 05/12/2012)

Diagrama Presión – Volumen, permite demostrar que en los procesos 1-2 y 3-4; es decir, en el proceso de compresión isotérmica tanto la temperatura alta (TH) como la temperatura baja (TL) es constante, pero el volumen disminuye. Este proceso se representa en la siguiente figura 1.6.

FIGURA 1.6 DIAGRAMA P-V



Fuente: http://www.sc.edu.es/sbweb/fisica_estadistica/termodinamica/stirling/stirling.xhtml (fecha: 05/12/2012)

1.2.4. Tipos de motores Stirling

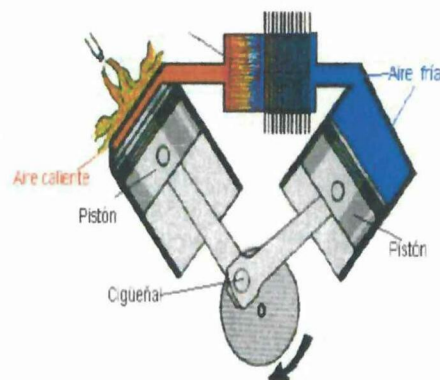
Existen tres tipos de motores Stirling, estos cumplen la misma función pero con diferentes acoples y mecanismos, los pistones o alguna otra pieza que genere movimiento deben acoplarse al mecanismo diseñado, a continuación se describe los siguientes tipos de motores.

- a) Motor de Stirling Tipo Alfa
- b) Motor de Stirling Tipo Beta
- c) Motor de Stirling Tipo Gamma

1.2.4.1. Motor de Stirling Tipo Alfa

Este tipo de motor está compuesto de dos cilindros uno se encuentra en la zona fría y el otro en la zona caliente en los dos cilindros siempre abra perdidas de aire. “Esto significa que, en el cilindro de aire caliente se produce la perdida de aire debido a que la expansión del aire es mayor que la del cilindro frio” (FALCONI, 2009, p.9). Los pistones están conectados en un cigüeñal esto hace que la relación de potencial y volumen sean elevados, entre el pistón de potencia y el pistón de desplazamiento están desfasados a 90° como se ve en la figura 1.7.

FIGURA 1.7 MOTOR DE STIRLING TIPO ALFA



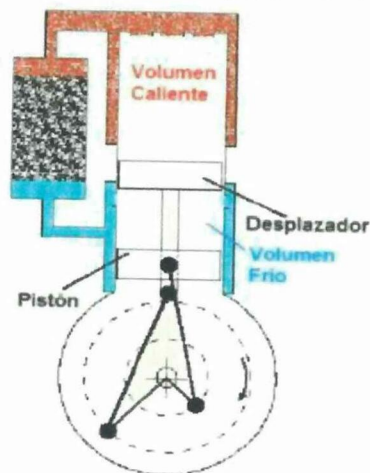
Fuente: Chávez F. “Modelamiento energético de un motor de Stirling”.

1.2.4.2. Motor de Stirling Tipo Beta

Este tipo de motor se diferencia del alfa porque tiene un solo cilindro, con dos zonas una caliente y otra fría. En el interior del cilindro está un desplazador que posibilita el movimiento de aire, y centrado con este, se encuentra el pistón de potencia, que está desfasado a 90° respecto al desplazador.

Este tipo de motor trabaja como un ciclo cerrado y permite que sea más eficaz, pero también es más complejo y voluminoso como se muestra en la siguiente figura 1.8.

FIGURA 1.8 MOTOR DE STIRLING TIPO BETA

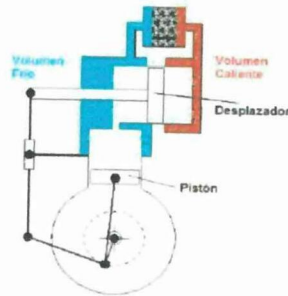


Fuente: ENRÍQUEZ L. "Motor de Stirling".

1.2.4.3. Motor de Stirling Tipo Gamma

Este tipo de motor es parecido al beta y alfa, lo que lo diferencia del tipo beta es que tiene dos cilindros interconectados, unidos por un cigüeñal, en el cilindro se encuentra el desplazador, mismo que hace pasar al aire entre las dos zonas a través del regenerador y el otro el pistón de potencia desfasado a 90° como se ilustra la siguiente figura 1.9

FIGURA. 1.9 MOTOR DE STIRLING TIPO GAMMA

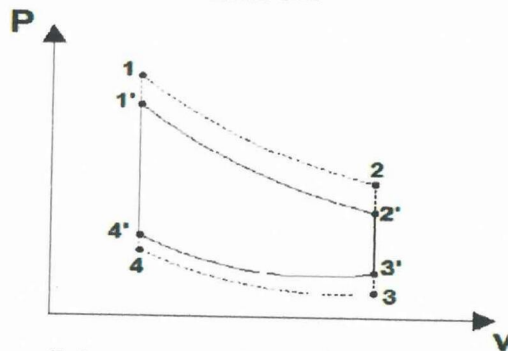


Fuente: ENRÍQUEZ L. "Motor de Stirling".

1.2.5. Efecto de la transferencia en el calentamiento y en el enfriamiento.

La transferencia incompleta en la zona caliente produce una menor temperatura de calentamiento y también produce una disminución de presión y trabajo como se puede ver en el proceso 1'-2' del diagrama P-V de la fig. 1.10. De la misma forma la transferencia de calor incompleta en la zona fría causa un aumento en la temperatura de enfriamiento (WARK, 2008). Por eso se necesita mayor trabajo para comprimir al fluido de trabajo esto se da en el proceso 3'-4'. Mediante este proceso se obtiene como resultado un mejor trabajo neto como se representa en la figura 1.10.

FIGURA 1.10 EFECTO DE LA TRANSFERENCIA IMPERFECTA DE CALOR

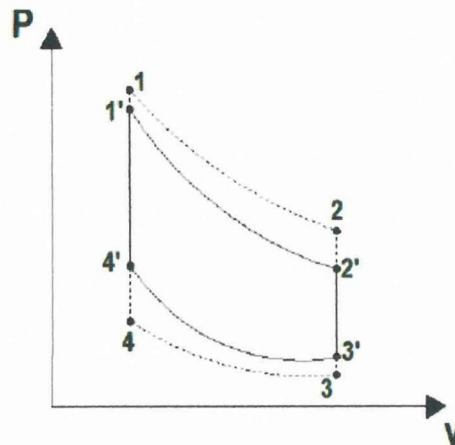


Fuente: <http://es.scribd.com/doc/15905540/Ciclos-termodinamicos> (fecha: 02/11/2012)

1.2.6. Efecto de fugas de flujo de trabajo

“El flujo de trabajo alcanza su máxima temperatura después del calentamiento, se pierde masa y presión de manera que se genera una disminución de trabajo” (ENRÍQUEZ & GUADALUPE, 2011, p.18). Como se ve en el proceso 1'-3' de la figura 1.11. Esto produce que se tenga un menor trabajo neto.

FIGURA 1.11 EFECTOS DE FUGAS DEL FLUIDO DE TRABAJO



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/15905540/Ciclos-termodinamicos> (fecha: 02/11/2012)

1.2.7. Efecto de los espacios muertos

En los motores Stirling se debe tener lo menos posible de espacios muertos. Porque esto produce una disminución en el trabajo de salida del motor por las pérdidas de presión que ocasionan a causa de los volúmenes que no se ocupan.

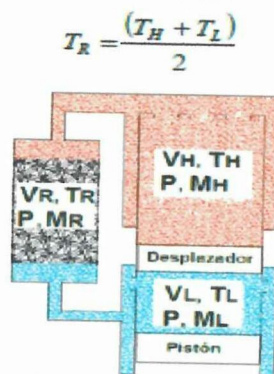
En el ciclo ideal se dice que el aire frío y caliente ocupan todo el espacio, pero esto en la realidad no se puede alcanzar, porque en la fase caliente del ciclo, parte del aire frío estará en el lado caliente, lo que producirá una pérdida de presión. Para esto se reduce al mínimo los espacios muertos en la zona caliente, en la zona fría porque estos representan una masa que no genera ni consume trabajo y esto

no se quiere que ocurra porque este motor tendría una disminución en el trabajo de salida.

1.2.8. Análisis matemático del efecto de los espacios muertos

La temperatura en el volumen caliente es constante T_H , y la temperatura a volumen frío es constante T_L , Se asume que el regenerador posee una temperatura T_R que puede ser aproximadamente como el promedio entre la temperatura de la zona fría y la zona caliente (ENRÍQUEZ & GUADALUPE, 2011). Como se puede apreciar en la figura 1.12

FIGURA 1.12 MOTOR CON TRES ZONAS

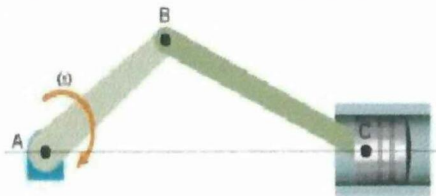


Fuente: ENRÍQUEZ L. "Motor de Stirling".

1.2.9. Acoplamiento biela manivela

El acoplamiento biela manivela se refiere al mecanismo que se utiliza para realizar la acción de trabajo, este mecanismo se puede ver en la figura 1.13.

FIGURA 1.13 BIELA MANIVELA



Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Mecanismo_biela-manivela (fecha: 30/12/2012)

Este mecanismo permite que el pistón se desplace hacia el PMI y al PMS el movimiento rectilíneo de los pistones permite que el cigüeñal tenga un movimiento circular, mediante el cual será aprovechado para la generación de electricidad.

1.2.10. Parámetros que afectan al funcionamiento de un motor Stirling.

- a) Al tener fugas del fluido de trabajo en el proceso térmico.
- b) Al no tener un mecanismo eficiente produce pérdidas de fuerza.
- c) Cuando no se tiene una adición de calor de alta temperatura.

1.2.11. Ventajas y desventajas del motor Stirling

1.2.11.1. Ventajas

- Su elevado rendimiento puede alcanzar el rendimiento del ciclo ideal de Carnot.
- Posee una baja cantidad de elementos móviles, sobre todo en comparación del motor de combustión interna.
- Por el hecho de que el ciclo es cerrado hace que no emane muchos gases.
- Como intercambian calor con el exterior se puede realizar la adición de calor también utilizando energía solar, combustibles fósiles, entre otros tipos de energía.
- Bajo nivel de ruido y la vibración que produce es mínima.

1.2.11.2. Desventajas

- Baja densidad de potencia debido a la combustión externa.
- Problemas al momento de sellar el flujo de trabajo, debido a que tenemos que aprovechar al máximo el flujo de trabajo.
- Largo tiempo de encendido y apagado del motor.
- Se requiere una cámara grande para la transferencia de calor, porque mediante esto tendremos más adición de calor.

1.2.12. Aplicaciones del mecanismo biela manivela

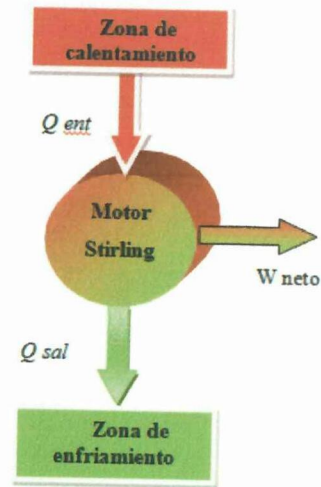
Las diversas aplicaciones que se está dando a este tipo de motores son porque tiene la facilidad de construcción, su buen rendimiento y también porque puede trabajar con diversas fuentes de energía. Esto hace que el motor tenga muchas aplicaciones en diferentes áreas como puede ser en hogares, industrias, centrales eléctricas, transporte terrestre, entre otros.

1.2.13. Descripción térmica del ciclo Stirling

El motor Stirling utiliza un fluido compresible como flujo de trabajo que en este caso es el aire. “El motor teóricamente puede ser muy eficiente para convertir calor en trabajo mecánico; el límite térmico para el proceso del motor Stirling depende del combustible que se utilice” (V. A. KIRILLIN, 2007, p.115).

El volumen muerto de un motor de Stirling se refiere al volumen del fluido de trabajo conteniendo en el espacio muerto total dentro del motor. Es lógico que el motor Stirling vaya a tener inevitablemente un volumen muerto, en la grafica 1.14 se describe el ciclo térmico.

FIGURA 1.14 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL MOTOR STIRLING



Fuente: Postulantes

1.2.14. Forma de generar energía eléctrica

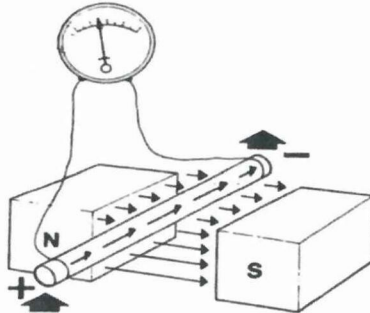
Para poder mover el mecanismo del motor se utiliza el método térmico de Stirling; para la generación de energía eléctrica también se utiliza los siguientes elementos eléctricos:

a) Generador Eléctrico

Este es un, dispositivo eléctrico capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica.

Un generador eléctrico consta de dos partes fundamentales, el inductor constituido como rotor, es el que crea el campo magnético y el inducido o estator que es el conductor el cual es atravesado por las líneas de fuerza de dicho campo. Los generadores de imanes de ferrita y los de imanes de neodimio son diferentes, las razones se especificara más adelante, en la figura 1.15 se observa un esquema del generador.

FIGURA 1.15 ESQUEMA DEL GENERADOR



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/esquema_generacion
(Fecha: 24/12/2012)

b) Batería

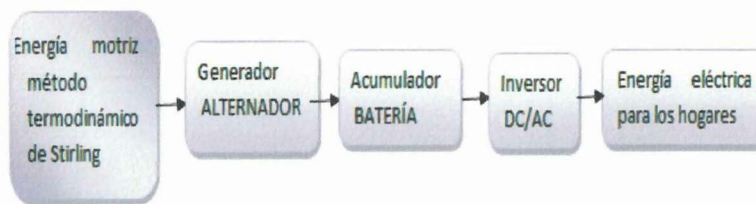
Una batería es un dispositivo electroquímico el cual almacena energía en forma química. Cuando se conecta a un circuito eléctrico, la energía química se transforma en energía eléctrica. Todas las baterías son similares en su construcción y están compuestas por un número de celdas electroquímicas. Cada una de estas celdas está compuesta de un electrodo positivo y otro negativo además de un separador. Cuando la batería se está descargando un cambio electroquímico se está produciendo entre los diferentes materiales en los dos electrodos. Los electrones son transportados entre el electrodo positivo y negativo mediante un circuito externo como en este caso es el aerogenerador, este alimentara o cargará a la batería cada vez que lo requiera. (LIRA & AGÜERO, 2011, p.64)

c) Inversor

La necesidad de utilizar energía eléctrica en corriente alterna es indispensable en cualquier lugar. En espacios donde no llega la red pública, se hace necesario utilizar sistemas de energía alternativa, que consisten en almacenar energía, como por ejemplo en una batería. El problema de estas, es que solo entregan corriente

directa (DC) y la mayoría de electrodomésticos trabajan con corriente alterna (AC). Por esta razón el inversor toma importancia, para convertir la corriente continua en corriente alterna. Esquema de la generación eléctrica y los elementos que intervienen se encuentra en la figura 1.15.

FIGURA 1.16 ELEMENTOS QUE ACTÚAN PARA LA GENERACIÓN ELÉCTRICA



Fuente: Postulantes

1.3. MECANISMOS Y ELEMENTOS MECÁNICOS

Se llama mecanismo a la máquina simple en un conjunto, que a través de sólidos resistentes, elementos elásticos, móviles unos respecto de otros, unidos entre sí mediante diferentes tipos de uniones, llamadas así pares cinemáticas (pernos, uniones de contacto, pasadores, entre otros), cuyo propósito es la transmisión de la energía mecánica.

Un mecanismo no se considera como una masa puntual y, debido a que los elementos que conforman a un mecanismo presentan combinaciones de movimientos relativos de rotación y traslación, es necesario tomar en cuenta conceptos como centro de gravedad, momento de inercia y velocidad angular. (SERWAY & JEWETT, 2008).

La mayoría de veces un mecanismo puede ser analizado utilizando un enfoque bidimensional, lo que reduce el mecanismo a un plano.

Los elementos mecánicos y constructivos abarca una gran gama de elementos, al desglosar cada uno de ellos permite conocer a fondo su utilización y aplicación. Las aplicaciones fundamentales de elementos mecánicos son específicos para lo que se está ejecutando, así también los elementos constructivos son definidos de tal forma que solo tiene un objetivo final, el cual permite satisfacer una necesidad específica según sea requerida.

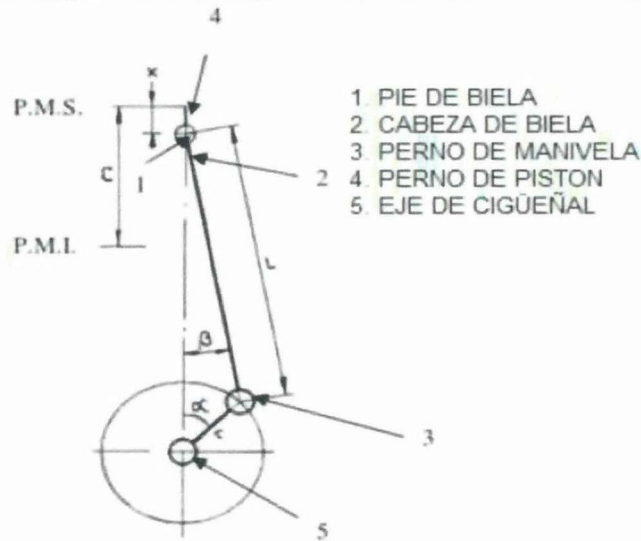
Dentro de estos elementos mecánicos encontramos chavetas, lengüetas, resortes, engranajes, tipos de aceros, rodamientos, cadenas, pasadores entre otros , así también dentro de los elementos constructivos encontramos ménsulas, cerchas, placas bases, columnas entre algunos tipos.

Cada elemento definido permite analizar y comprender más a fondo cuál es su función principal, teniendo en cuenta sus normas y medidas adecuadas, también como sus materiales a utilizar para su definida aplicación.

1.4. MECANISMO MANIVELA CORREDERA

Es un mecanismo que transforma un movimiento rotacional en un movimiento de traslación, o viceversa. El ejemplo más común está en el motor de combustión interna de un automóvil, en el cual el movimiento lineal del pistón producido por la explosión de la gasolina se transmite a la biela y se convierte en movimiento circular en el cigüeñal, como se observa en la figura 1.17.

FIGURA 1.17 MECANISMO MANIVELA CORREDERA



Fuente: Postulantes

Para determinar los cálculos del mecanismo se basa en la siguiente tabla 1.1.

TABLA 1.1. 3 SÍMBOLOS DEL MECANISMO

N	Descripción	Designación	Unidad
1.	Radio del cigüeñal	r	mm
2.	Longitud de la biela	L	mm
3.	Carrera del pistón	C	mm
4.	Desplazamiento del pistón	D	mm
5.	Numero de revoluciones	N	rpm
6.	Angulo de fase	α	$^{\circ}$
7.	ángulo de la biela	β	$^{\circ}$
8.	Índice de inclinación	λ	$^{\circ}$

Fuente: Postulantes

Mediante la figura 1.17 se realiza el análisis matemático:

$$C = r(1 - \sin(\alpha)) + L(1 - \cos(\beta)) \quad \text{Ecu. 1.1}$$

$$r \sin(\alpha) = L \sin(\beta) \quad \text{Ecu. 1.2}$$

Despejando la ecuación 1.2 queda la siguiente expresión

$$\sin(\beta) = \frac{r \sin(\alpha)}{L} \quad \text{Ecu. 1.3}$$

Fórmula del índice de inclinación:

$$\lambda = \frac{r}{L} \quad \text{Ecu. 1.4}$$

Reemplazando la ecuación 1.4 se obtiene la siguiente expresión:

$$\sin(\beta) = \lambda \sin(\alpha) \quad \text{Ecu. 1.5}$$

1.5. RESISTENCIA DE MATERIALES

La resistencia de un elemento se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo.

Para el diseño mecánico de elementos con geometrías complicadas la resistencia de materiales. "Esto significa que suele ser insuficiente y es necesario usar técnicas basadas en la teoría de la elasticidad o la mecánica de sólidos deformables más generales. Esos problemas planteados en términos de tensiones y deformaciones pueden entonces ser resueltos de forma muy aproximada con métodos numéricos como el análisis por elementos finitos" (RINCÓN, 2009, p.16).

Esfuerzo: Caracteriza la intensidad de las fuerzas que causan el estiramiento, aplastamiento o torsión, generalmente con base en una "fuerza por unidad de área".

Deformación: Describe el cambio de forma resultante de un material.

Ley de Hooke: La deformación es proporcional a la fuerza aplicada, y se calcula:

$$\text{Esfuerzo} / \text{Deformación} = \text{Módulo de Elasticidad}$$

Tensión: Cuando sobre un elemento actúa una fuerza externa perpendicular a su sección transversal, el efecto que produce es un alargamiento longitudinal al que se le asocia una disminución en la sección transversal.

Esfuerzo de tensión: En la sección transversal como el cociente de la fuerza perpendicular y el área de la sección:

$$\text{Esfuerzo de tensión} = F / A.$$

Deformación por tensión: El cambio fraccionario de la longitud o estiramiento de un cuerpo sometido a un esfuerzo de tensión.

Teoría y procedimiento: Existen varios casos prácticos que implican esfuerzos combinados que se pueden resolver sin recurrir a los procedimientos más rigurosos y tardados.

CAPÍTULO II

2. PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

2.1. INTRODUCCIÓN

En el desarrollo del presente capítulo, se procede a realizar el análisis partiendo de los datos obtenidos en la Universidad Técnica de Cotopaxi, con lo cual se espera confirmar nuestra hipótesis, de trabajo y determinar la factibilidad de diseñar e implementar un generador eléctrico basado en un principio termodinámico de Stirling, para la “Universidad Técnica de Cotopaxi”.

En el proyecto se utilizo como elemento de aprendizaje entre el alumno y el docente, para adquirir nuevos conocimientos prácticos, generando destreza y experiencia en los alumnos, con el fin de tener profesionales de calidad.

Para presentar los resultados de nuestra investigación se detalla en una representación gráfica los resultados con una descripción detallada. Es viable comparar cada uno de los datos obtenidos, puesto que nuestro estudio se compone de varios resultados y de análisis, con la consecuencia de que estos conllevan, en cuanto a similitudes y diferencias en el resultado que arroje la encuesta, ya que las preguntas tienen un propósito específico de ver si es necesario la realización del proyecto, el mismo que es el objeto de nuestro estudio. Sin embargo, a pesar de que el estudio permitirá observar y determinar las causas del problema lo cual será nuestro principal objetivo con la presente investigación, permitirá la verificación de la hipótesis planteada.



En nuestra investigación se utilizó la metodología cuasi-experimental, la encuesta como técnica y los resultados de la estadística descriptiva para la obtención de datos reales de los alumnos de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con ello se podrán conocer los tipos de generación eléctrica que existe para la obtención de energía eléctrica.

Para las gráficas del análisis e interpretación de datos del proyecto, se aplicó con la ayuda de un programa que es el Microsoft Excel y obtener una mejor ilustración y explicación en el contenido del proyecto de tesis.

2.2. METODOLOGÍA UTILIZADA

Se utilizó el método cuasi-experimental. “Esto significa que: El método cuasi-experimental es particularmente útil para estudiar problemas en los cuales no se puede tener control absoluto de las situaciones, pero se pretende tener el mayor control posible aún cuando se estén usando grupos ya formados. Dicho de otra forma, el cuasi-experimento se utiliza cuando no es posible realizar la selección aleatoria de los sujetos participantes en dichos estudios. Por ello, una característica de los cuasi-experimentos es el incluir grupos intactos, es decir, grupos ya constituidos” (SANTORO D; 2007).

En la aplicación de esta investigación el método cuasi-experimental sirvió para detectar errores, despejar dudas del conocimiento, realizar aplicaciones y corregir errores; para ello, se utilizó los siguientes procedimientos:

- Una necesidad sentida.
- Formular un problema.
- Plantear una hipótesis.
- Recolección de datos.
- Conclusiones y recomendaciones.

Para precisar el trabajo de obtención de datos, se aplica la técnica de investigación de campo, la cual permite estar en el lugar en que se desarrolla o producen los acontecimientos, en contacto directo con quien o quienes son los gestores del problema que se investiga. Aquí se obtiene la información de primera en forma directa, con la ayuda de la herramienta estadística como es la encuesta.

TÉCNICA DE LA INVESTIGACIÓN

Las Técnicas de Investigación “significa que: Es el conjunto de instrumentos y medios a través del cual se efectúa el método y solo se aplica a una ciencia. La diferencia entre método y técnica es que el método es el conjunto de pasos y etapas que debe cumplir una investigación y este se aplica a varias ciencias mientras que técnica es el conjunto de instrumentos en el cual se efectúa el método” (BONILLA & ANRINO; 2009).

LA ENCUESTA

La encuesta es una técnica de adquisición de información de interés sociológico, mediante un cuestionario previamente elaborado, a través del cual se puede conocer la opinión o valoración del sujeto seleccionado en una muestra sobre un asunto dado.

En la encuesta a diferencia de la entrevista, el encuestado lee previamente el cuestionario y lo responde por escrito, sin la intervención directa de persona alguna de los que colaboran en la investigación.

2.3. CARACTERIZACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

2.3.1. Reseña Histórica

En Cotopaxi el anhelado sueño de tener una institución de Educación Superior se alcanza el 24 de enero de 1995. Las fuerzas vivas de la provincia lo hacen posible, después de innumerables gestiones y teniendo como antecedente la Extensión que creó la Universidad Técnica del Norte.

El local de la UNE-C fue el primera hogar administrativo; luego las instalaciones del colegio Luis Fernando Ruiz que acogió a los universitarios; posteriormente el Instituto Agropecuario Simón Rodríguez, fue el escenario de las actividades académicas: para finalmente instalarse en casa propia, merced a la adecuación de un edificio a medio construir que estaba destinado a ser un Centro de Rehabilitación Social.

En la actualidad son cinco hectáreas las que forman el campus y 82 las del Centro Experimentación, Investigación y Producción Salache.

Se define con claridad la postura institucional ante los conflictos internacionales y locales; es una entidad que por principio defiende la autodeterminación de los pueblos, respetuosos de la equidad de género. Son antiimperialistas porque rechazamos frontalmente la agresión globalizadora de corte neoliberal que privilegia la acción fracasada economía de libre mercado, que impulsa una propuesta de un modelo basado en la gestión privada, o tratade matizar reformas a la gestión pública, de modo que adopte unestilo de gestión empresarial.

En estos 18 años de vida institucional la madurez ha logrado ese crisol emancipador y de lucha en bien de la colectividad, en especial de la más apartada y urgida en atender sus necesidades. El nuevo reto institucional cuenta con el compromiso constante de sus autoridades hacia la calidad y excelencia educativa.

2.3.2. Misión y Visión

Misión

La Universidad "Técnica de Cotopaxi", es pionera en desarrollar una educación para la emancipación; forma profesionales humanistas y de calidad; con elevado nivel académico, científico y tecnológico; sobre la base de principios de solidaridad, justicia, equidad y libertad, genera y difunde el conocimiento, la ciencia, el arte y la cultura a través de la investigación científica; y se vincula con la sociedad para contribuir a la transformación social-económica del país.

Visión

En el año 2015 seremos una universidad acreditada y líder a nivel nacional en la formación integral de profesionales críticos, solidarios y comprometidos en el cambio social; en la ejecución de proyectos de investigación que aporten a la solución de los problemas de la región y del país, en un marco de alianzas estratégicas nacionales e internacionales; dotada de infraestructura física y tecnología moderna, de una planta docente y administrativa de excelencia; que mediante un sistema integral de gestión le permite garantizar la calidad de sus proyectos y alcanzar reconocimiento social.

2.4. TAMAÑO DE LA POBLACIÓN

La siguiente investigación se lo realizo en la “Universidad Técnica de Cotopaxi” del cantón Latacunga provincia Cotopaxi

El universo de estudio está constituido por estudiantes de la especialidad de Ingeniería Electromecánica, los niveles son: quinto, sexto y octavo de la institución en la que se realizara esta encuesta. Este proyecto se lleva acabo debido a que se tienenserios problemas con los estudiantes en la parte de conocimientos prácticos.

TAMAÑO DE LA POBLACIÓN

POBLACIÓN	N
Quinto	3
Sexto	3
Octavo	5
TOTAL	14

Fuente: Postulantes

2.5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA REALIZADA, A LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

PREGUNTA N° 1 DE LA ENCUESTA

1. ¿Hace falta un generador eléctrico basado en el principio termodinámico de Stirling, como banco de pruebas para el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi?

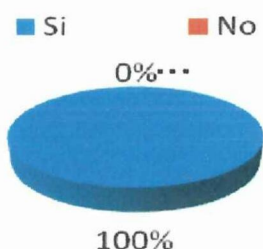
TABLA N° 2.1 DATOS DE LA PRIMERA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	14	100%
No	0	0%
TOTAL	14	100%

Fuente: Encuesta realizado a los estudiantes de la especialidad de Ing. Electromecánica los niveles 5to, 6to y 8vo en la fecha 2012-12-26.

Elaboración: Postulantes.

FIGURA N° 2.1. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA PRIMERA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.



INTERPRETACIÓN

En la tabla N° 1 contiene datos de la encuesta aplicado a 14 estudiantes, los 14 encuestados que representan el 100%, sostienen que si hace falta un generador eléctrico basado en el principio termodinámico de Stirling.

CONCLUSIÓN

Los datos obtenidos permiten concluir que los estudiantes necesitan de un generador eléctrico térmico como banco de pruebas para el laboratorio de la UTC.

PREGUNTA N° 2 DE LA ENCUESTA.

2. ¿Es conveniente construir un generador eléctrico térmico menos contaminante para el medio ambiente?

TABLA N° 2.2 DATOS DE LA SEGUNDA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	14	100%
No	0	0%
TOTAL	14	100%

Fuente: Encuesta realizado a los estudiantes de la especialidad de Ing. Electromecánica los niveles 5to, 6to y 8vo en la fecha 2012-12-26.

Elaboración: Postulantes.

FIGURA N° 2.2. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SEGUNDA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.



INTERPRETACIÓN

La tabla N° 2 contiene datos de la encuesta aplicado a 14 estudiantes, los 14 alumnos que representan el 100% sostienen que si es posible construir un generador térmico menos contaminante.

CONCLUSIÓN

Los datos obtenidos permiten concluir que si hace falta un generador eléctrico térmico menos contaminante.

PREGUNTA N° 3 DE LA ENCUESTA

3. Al utilizar la quema de basura, paja y hojas secas se produce una energía para el generador eléctrico térmico, por este motivo no se utilizará los combustibles derivados de petróleo como: diesel, gasolina, gas y bunker. ¿piensa usted que es conveniente?

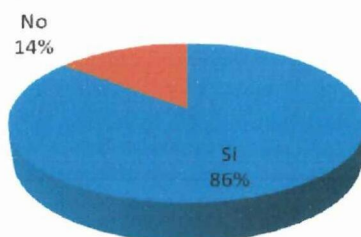
TABLA N° 2.3DATOS DE LA TERCERA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	12	86%
No	2	14%
TOTAL	14	100%

Fuente: Encuesta realizado a los estudiantes de la especialidad de Ing. Electromecánica los niveles 5to, 6to y 8vo en la fecha 2012-12-26.

Elaboración: Postulantes.

FIGURA N° 2.3. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TERCERA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.



INTERPRETACIÓN

La tabla N° 3 contiene datos de la encuesta aplicado a 14 estudiantes, 12 de los estudiantes que representan el 86% dicen que si hace falta un generador eléctrico que utilice como energía la paja, basura y hojas secas; los 2 estudiantes dicen que no hace falta un generador eléctrico que utilice como energía la paja, basura y hojas secas.

CONCLUSIÓN

Los datos obtenidos permiten concluir que es importante la quema de basura, paja y hojas secas para la generación de energía.

PREGUNTA N° 4 DE LA ENCUESTA

4. Si se construye el generador eléctrico permite observar los tipos de materiales que se utilizará para su respectivo ensamblaje, por ende permite analizar la resistencia de los materiales. ¿Es conveniente el análisis de la resistencia de materiales a temperaturas altas?

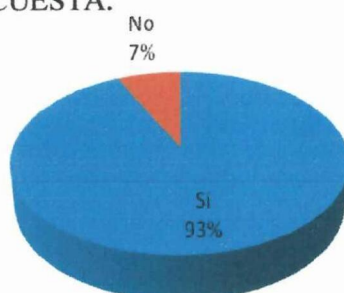
TABLA N° 2.4 DATOS DE LA CUARTA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	13	93%
No	1	7%
TOTAL	14	100%

Fuente: Encuesta realizado a los estudiantes de la especialidad de Ing. Electromecánica los niveles 5to, 6to y 8vo en la fecha 2012-12-26.

Elaboración: Postulantes.

FIGURA N° 2.4. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TERCERA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.



INTERPRETACIÓN

La tabla N° 4 contiene datos de la encuesta aplicado a 14 estudiantes, 13 de ellos que representan el 93% manifiestan que, si hace falta el estudio de resistencia de materiales a altas temperaturas, este análisis se aplicara en el proyecto; un estudiante es decir el 7% admite que, no hace falta el estudio de resistencia de materiales a altas temperaturas.

CONCLUSIÓN

Los datos obtenidos permiten concluir que es primordial el estudio de resistencia de materiales a altas temperaturas.

PREGUNTA N° 5 DE LA ENCUESTA

5. El generador eléctrico permite el análisis de mecanismos para la ejecución de movimiento. ¿Por esta razón es factible la construcción del generador eléctrico?

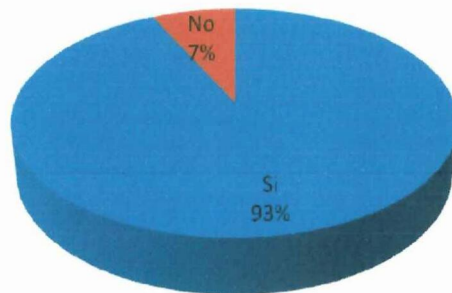
TABLA N° 2.5 DATOS DE LA QUINTA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	13	93%
No	1	7%
TOTAL	14	100%

Fuente: Encuesta realizado a los estudiantes de la especialidad de Ing. Electromecánica los niveles 5to, 6to y 8vo en la fecha 2012-12-26.

Elaboración: Postulantes.

FIGURA N° 2.5. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TERCERA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.



INTERPRETACIÓN

La tabla N° 5 contiene datos de la encuesta aplicado a 14 estudiantes, 13 encuestados que representan el 93% determinan que, si hace falta el estudio de mecanismos; un estudiante que representa el 7% dice que no hace falta el estudio de mecanismos.

CONCLUSIÓN

Los datos obtenidos permiten concluir que es de vital importancia el estudio y análisis de mecanismos.

PREGUNTA N° 6 DE LA ENCUESTA

6. ¿Este proyecto de generación eléctrica basado en el principio termodinámico de Stirling es apto para la generación de energía eléctrica de alta potencia?

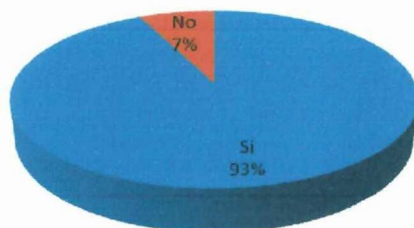
TABLA N° 2.6 DATOS DE LA SEXTA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	13	93%
No	1	7%
TOTAL	14	100%

Fuente: Encuesta realizado a los estudiantes de la especialidad de Ing. Electromecánica los niveles 5to, 6to y 8vo en la fecha 2012-12-26.

Elaboración: Postulantes.

FIGURA N° 2.6. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TERCERA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.



INTERPRETACIÓN

La tabla N° 6 contiene datos de la encuesta aplicado a 14 estudiantes, 13 alumnos encuestados que representan el 93% confirman que, es posible la utilización del principio termodinámico de Stirling para la generación de energía eléctrica de alta potencia; un estudiante que representa el 7% sostiene que, no es factible la utilización del principio termodinámico de Stirling para la generación de energía eléctrica de alta potencia.

CONCLUSIÓN

Los datos obtenidos permiten concluir que, es dable la utilización del principio termodinámico de Stirling para la generación de energía eléctrica de alta potencia.

PREGUNTA N° 7 DE LA ENCUESTA

7. ¿Al construir un generador eléctrico térmico los estudiantes tendrán nuevas ideas para mejorar la eficiencia de trabajo de este equipo de estudio?

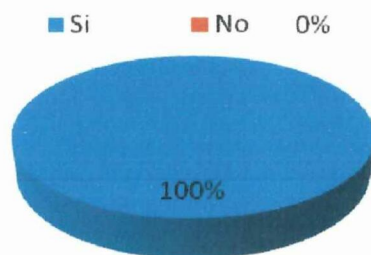
TABLA N° 2.7 DATOS DE LA SÉPTIMA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	14	100%
No	0	0%
TOTAL	14	100%

Fuente: Encuesta realizado a los estudiantes de la especialidad de Ing. Electromecánica los niveles 5to, 6to y 8vo en la fecha 2012-12-26.

Elaboración: Postulantes.

FIGURA N° 2.7. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TERCERA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.



INTERPRETACIÓN

La tabla N° 7 contiene datos de la encuesta aplicado a 14 estudiantes, 14 de los encuestados que representan el 100% sostienen que, si se construye un generador eléctrico térmico, los estudiantes tendrán nuevas ideas para mejorar la eficiencia de trabajo de este equipo.

CONCLUSIÓN

Los datos obtenidos permiten concluir que, los estudiantes necesitan de equipos para estudios térmicos, para así mejorar los equipos de térmicos.

PREGUNTA N° 8 DE LA ENCUESTA

8. ¿Este tipo de generador eléctrico térmico puede ser utilizado en lugares de la provincia de Cotopaxi donde no cuentan con energía eléctrica ni con los derivados de petróleo?

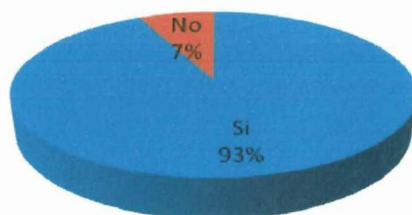
TABLA N° 2.8 DATOS DE LA OCTAVA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	13	93%
No	1	7%
TOTAL	14	100%

Fuente: Encuesta realizado a los estudiantes de la especialidad de Ing. Electromecánica los niveles 5to, 6to y 8vo en la fecha 2012-12-26.

Elaboración: Postulantes.

FIGURA N° 2.8. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TERCERA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.



INTERPRETACIÓN

La tabla N° 8 contiene datos de la encuesta aplicado a 14 estudiantes, 13 encuestados que representan el 93% afirman que, es indispensable este tipo de generador eléctrico térmico porque, se puede utilizar en lugares de la provincia de Cotopaxi donde no cuentan con energía eléctrica; un alumno que representa el 7% sostiene que, no es importante este tipo de generador eléctrico térmico para la provincia de Cotopaxi en los lugares donde no cuentan con energía eléctrica.

CONCLUSIÓN

Los datos obtenidos permiten concluir que, este equipo de generación eléctrica es indispensable para la utilización en lugares de la provincia de Cotopaxi, donde no cuentan con el servicio de energía eléctrica.

PREGUNTA N° 9 DE LA ENCUESTA

9. ¿Es importante la implementación de este equipo para realizar varias pruebas de estudio de generación eléctrica?

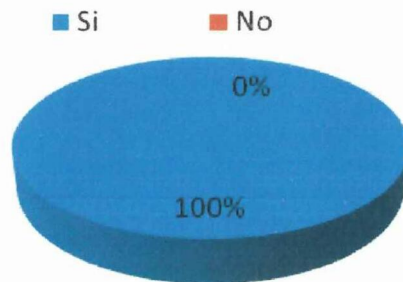
TABLA N° 2.9 DATOS DE LA NOVENA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Si	14	100%
No	0	0%
TOTAL	14	100%

Fuente: Encuesta realizado a los estudiantes de la especialidad de Ing. Electromecánica los niveles 5to, 6to y 8vo en la fecha 2012-12-26.

Elaboración: Postulantes.

FIGURA N° 2.9. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TERCERA PREGUNTA DE LA ENCUESTA.



INTERPRETACIÓN

La tabla N° 9 contiene datos de la encuesta aplicada a 14 estudiantes, los 14 estudiantes que representan el 100% mantienen que, es importante la implementación de este equipo para realizar varias pruebas de estudio de generación eléctrica.

CONCLUSIÓN

Los datos obtenidos permiten concluir que, los estudiantes necesitan de este equipo de estudio de generación eléctrica para mejorar el conocimiento práctico.

2.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERAL DE LA ENCUESTA

CONCLUSIONES:

1. La encuesta realizada permite concluir que, el proyecto a realizar es necesario para los estudiantes de la UTC, por que permite el análisis de barias materias de estudio como: resistencia de materiales, principios termodinámicos y mecanismo.
2. Estos datos estadísticos permite concluir que, los alumnos optan por tener en el laboratorio de la UTC un equipo de generación eléctrica, basadoen el principio termodinámico de Stirling.

RECOMENDACIONES:

1. Para realizar la encuesta las preguntas deben ser planteadas correctamente para que los encuestados entienda la pregunta y respondan según ellos crean conveniente.
2. Los estudiantes encuestadas deben conocer del tema que se está realizando, como en este caso se encuesto a los estudiantes que tienen conocimiento de termodinámica, resistencia de materiales, mecanismos; mediante esto tendremos respuestas coherentes.

La encuesta realizada a los estudiantes de sexto, séptimo y octavo ciclo la Universidad Técnica De Cotopaxi de la carrera de ingeniería electromecánica, se encuentra en el anexo A 5-5.

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROYECTO GENERADOR ELÉCTRICO BASADO EN EL PRINCIPIO DE STIRLING

3.1. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MECANISMO

En este capítulo se realizo el análisis cinemático del mecanismo biela-manivela, las partes móviles y la especificación de como se lo construyo.

El cigüeñal está desfasado 90° construido en un eje de Acero AISI 1010 el diámetro del cigüeñal es de 10mm

FIGURA 3.1 CIGÜEÑAL DESFASADO A 90°



Fuente:Postulantes

Volante de inercia permite romper el torque del generador eléctrico para que este tienda a transmitir energía mecánica; las dimensiones del volante se encuentran en el plano numero 6. Para realizar las dimensiones del volante se baso en el siguiente cálculo:

El radio máximo del volante se definió mediante la siguiente expresión:

$$R_{vmax} = \sqrt{\frac{\sigma_{vadm}}{\rho_v * w_{vmax}^2}}$$
$$R_{vmax} = 0.202$$
$$R_{vmax} = 202mm$$

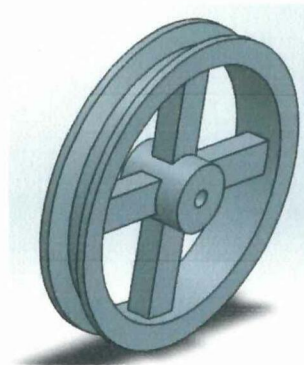
Donde:

σ_{vadm} : Tensión admisible del volante (2.6MPa), ver tabla 3.2

ρ_v : Densidad del material que en este caso es el aluminio el valor se obtiene en la tabla 3.2 de propiedades del material 2810(kg/m^3).

w_{vmax}^2 : Velocidad angular del volante de inercia del motor es 150 (rad/s).

FIGURA 3.2VOLANTE DE INERCIA



Fuente: Postulantes

3.1.1. Cálculo del mecanismo

Los cálculos son de las ecuaciones enunciadas anteriormente.

Mediante la ecuación 3.1 se puede calcular la carrera del pistón

$$C = r(1 - \sin(\alpha)) + L(1 - \cos(\beta))$$
$$C = 2,84\text{cm}$$

Ángulo de la biela ecuación 3.2 en un determinado ángulo de fase

$$\sin(\beta) = \frac{r \sin(\alpha)}{L}$$
$$\beta = 289^\circ$$

Índice de inclinación ecuación 3.3

$$\lambda = \frac{r}{L}$$
$$\lambda = 0,583$$

Velocidad de pistón ecuación 3.4

$$VP = \frac{n * \pi}{30} r(\sin(\alpha) + \frac{\lambda}{2} \sin(2\alpha))$$

Velocidad media del pistón ecuación 3.5

$$VMP = \frac{C * n}{30}$$

Velocidad angular ecuación 3.6

$$W = \frac{n * \pi}{30}$$

$$W = 263,183\text{rpm}$$

Aceleración ecuación 3.7

$$a = W^2 r (\cos(\alpha) + \frac{\lambda}{2} \cos(2\alpha))$$

El pistón adquiere una fuerza que es aplicada hacia el cigüeñal, la fuerza que se obtiene no es lo suficiente para romper el torque por este motivo, se sobre pasa la fuerza de la inercia o el torque con la ayuda de una fuerza exterior que en este caso lo realizara el que pone en funcionamiento el equipo, se rompe la inercia y el mecanismo tiende a tener un movimiento constante.

Cálculo de la fuerza ecuación 3.8.

$$F_{\max} = A(P_{\max} - P_{\text{amb}})$$

$$F_{\max} = \pi(R)^2(P_{\max} - P_{\text{amb}})$$

Momento de torsión o torque del mecanismo ecuación 3.9.

$$\tau = F * d$$

TABLA 3.1 CÁLCULOS DEL MECANISMO

α°	r (cm)	L (cm)	Λ	β°	VMP (m/s)	W (rpm)
0	3,5	6	0,58	0,00	0,0396	41,88
20	3,5	6	0,58	11,5	0,0396	41,88
40	3,5	6	0,58	22,0	0,0396	41,88
60	3,5	6	0,58	30,3	0,0396	41,88
80	3,5	6	0,58	35,0	0,0396	41,88
100	3,5	6	0,58	35,0	0,0396	41,88
120	3,5	6	0,58	30,3	0,0396	41,88
140	3,5	6	0,58	22,0	0,0396	41,88
160	3,5	6	0,58	11,5	0,0396	41,88
180	3,5	6	0,58	0,00	0,0396	41,88
200	3,5	6	0,58	-11,5	0,0396	41,88
220	3,5	6	0,58	-22,0	0,0396	41,88
240	3,5	6	0,58	-30,3	0,0396	41,88
260	3,5	6	0,58	-35,0	0,0396	41,88
280	3,5	6	0,58	-35,0	0,0396	41,88
300	3,5	6	0,58	-30,3	0,0396	41,88
320	3,5	6	0,58	-22,0	0,0396	41,88
340	3,5	6	0,58	-11,5	0,0396	41,88
360	3,5	6	0,58	0,00	0,0396	41,88

Fuente: Postulantes

Ventajas del mecanismo

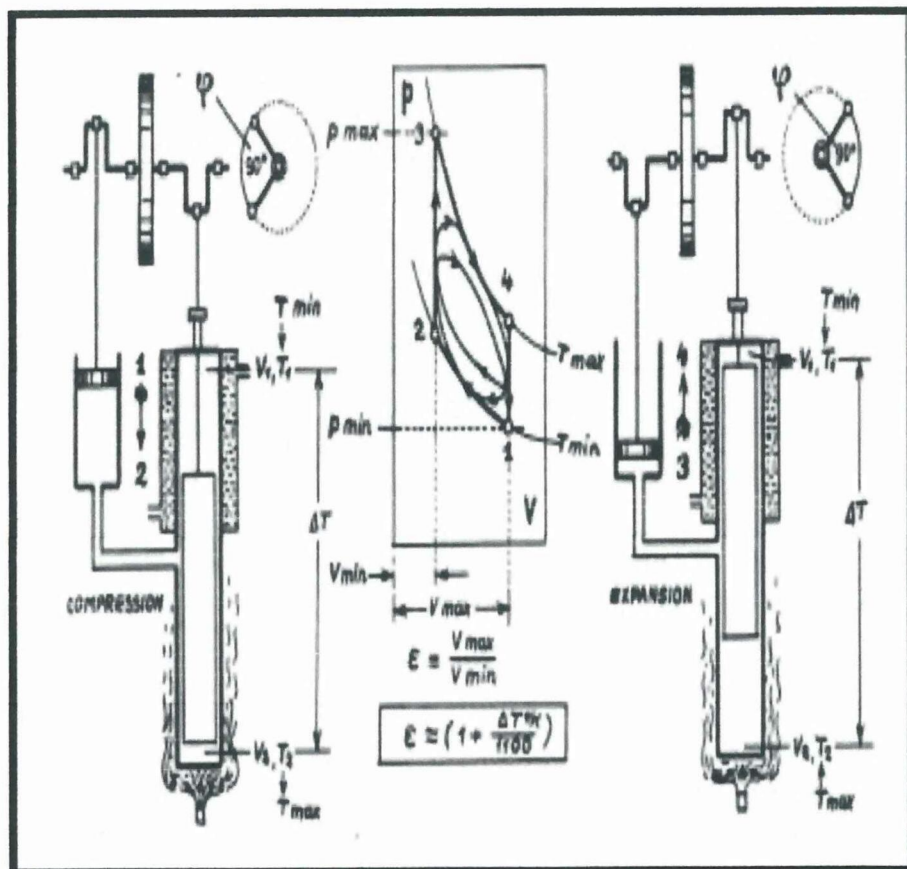
- Este mecanismo permite obtener uno de los mejores ciclos para el motor Stirling.
- Proporciona un balance dinámico perfecto entre sus partes.
- El aporte de calor es externo, por lo que las condiciones de combustión son flexibles.
- Funciona con cualquier fuente de calor, no solo por combustión, por lo que se puede utilizar fuentes de calor como solar, geotérmica, nucleares, biológicas, etc.
- Arrancan con facilidad (despacio y después del calentamiento inicial)
- Son extremadamente flexibles pudiéndose utilizar para cogeneración en invierno y como refrigeración en verano.



Desventajas:

- El trabajo realizado por un motor Stirling tiende a ser constante y para ajustarlo se requiere un diseño cuidadoso y mecanismos adicionales. Generalmente se hace variando el desplazamiento del motor o la cantidad de fluido de trabajo. Esta característica es menos crítica en el caso de motores de propulsión híbrida eléctrica o en la producción de electricidad de base de carga, donde esa producción constante es deseable.
- Está constituido con numerosas partes móviles.

FIGURA 3.3 ESQUEMA DEL CÁLCULO CINEMÁTICO DE UN MOTOR STIRLING CON MECANISMO BIELA-MANIVELA.



Fuente: NAVARRETE R. "Principio de funcionamiento de un motor Stirling".

3.2. ANÁLISIS DE RESISTENCIA DE MATERIALES

3.2.1. Propiedades de los materiales

A continuación se detalla las propiedades de los materiales utilizados para la construcción del motor en las siguientes tablas, estas propiedades de los materiales también se tomaron en cuenta para los diferentes cálculos realizados.

Las tablas se puede obtener mediante el diseño realizado en solidworks, este programa permite simular las fallas de los materiales y los errores de construcción del motor Stirling, o puede ser de cualquier otro diseño de maquinas.

TABLA 3.2 PROPIEDADES DEL ALUMINIO

NOMBRE DEL MATERIAL	7075-T6 Plate (SS)	
PROPIEDADES DEL MATERIAL	VALOR	UNIDADES
Módulo elástico	7.2e+010	N/m ²
Coefficiente de posición	0.33	NA
Módulo cortante	2.69e+010	N/m ²
Densidad del material	2810	kg/m ³
Límite de tracción	5.7e+008	N/m ²
Límite elástico	5.05e+008	N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica	2.4e-005	Kelvin
Conductividad térmica	130	W/(m.K)
Calor específico	960	J/(kg.K)
Factor de endurecimiento	0.85	NA
Tensión admisible	2.6	Mpa

Fuente: Postulantes

TABLA 3.3 PROPIEDADES DEL ACERO DE PLATA

NOMBRE DEL MATERIAL	Malleable Cast Iron	
PROPIEDADES DEL MATERIAL	VALOR	UNIDADES
Módulo elástico	1.9e+011	N/m ²
Coefficiente de posición	0.27	NA
Módulo cortante	8.6e+010	N/m ²
Densidad del material	7300	kg/m ³
Límite de tracción	4.1361e+008	N/m ²
Límite elástico	2.7574e+008	N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica	1.2e-005	Kelvin
Conductividad térmica	47	W/(m.K)
Calor específico	510	J/(kg.K)

Fuente: Postulantes

TABLA 3.4 PROPIEDADES DEL ACERO DE TRANSMISIÓN

NOMBRE DEL MATERIAL	AISI 1010 Steel, hot rolled bar	
PROPIEDADES DEL MATERIAL	VALOR	UNIDADES
Módulo elástico	2e+011	N/m ²
Coefficiente de posición	0.29	NA
Módulo cortante	8e+010	N/m ²
Densidad del material	7870	kg/m ³
Límite de tracción	3.25e+008	N/m ²
Límite elástico	1.8e+008	N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica	1.22e-005	Kelvin
Conductividad térmica	51.9	W/(m.K)
Calor específico	448	J/(kg.K)

Fuente: Postulantes

TABLA 3.5 PROPIEDADES DEL BRONCE FOSFÓRICO

Phosphor bronze 10% D, UNS C52400	
NOMBRE DEL MATERIAL	
PROPIEDADES DEL MATERIAL	VALOR UNIDADES
Módulo elástico	1.1e+011 N/m ²
Módulo cortante	4.1e+010 N/m ²
Densidad del material	8780 kg/m ³
Límite de tracción	4.55e+008 N/m ²
Límite elástico	1.93e+008 N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica	1.84e-005 Kelvin
Conductividad térmica	50 W/(m.K)

Fuente: Postulantes

Fórmula para el cálculo de esfuerzo normal: ecuación 3.10.

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

Donde:

σ = Esfuerzo normal

F= Carga axial

A= Área de la sección transversal

Unidades del esfuerzo normal:

MKS	Inglés	S. Internacional
$\frac{Kg}{cm^2}$	$\frac{lb}{in^2}$: (psi)	$\frac{N}{m^2}$: (pascal)

Formula de la deformación: ecuación 3.11.

$$\varepsilon = \frac{\delta}{l}$$

Donde:

ε = deformación

δ = Alargamiento de la barra

L= Longitud sin la deformación de la barra

- **Rigidez:** Capacidad de oponerse a las deformaciones
- **Resistencia:** Capacidad de oponerse a la rotura
- **Ductilidad:** Capacidad de deformarse antes de romperse.

Según la Ley de Hooke:

Ecuación 3.12.

$$\sigma = E\varepsilon$$

$$\frac{F}{A} = E \frac{\delta}{l}$$

Ecuación 3.13.

$$\delta = \frac{FL}{AE}$$

Con esta expresión puede calcularse la deformación conociendo la carga F la longitud de la barra L , la sección transversal A y el módulo de elasticidad E (en la zona elástica).

3.2.2. Temperatura (δ)

Si se un material es sometido a una temperatura alta este tiende a tener una deformación o el material se dilata en otras palabras se vuelve líquido, por esta razón se analizara con las siguientes expresiones el alargamiento, el esfuerzo normal y la dilatación del material:

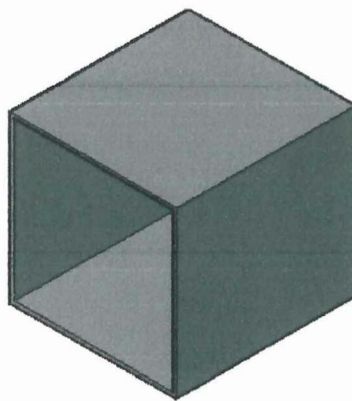
Ecuación 3.14. $\delta = \alpha L \Delta T$

Ecuación 3.15. $\sigma = \alpha E \Delta T$

3.3. Diseño de la Cámara de calor.

La cámara de calor es de Acero AISI 1010 Steel esto es para que soporte calor, la cámara debe soportar temperatura alta, no tiene que existir deformación tampoco dilatación, cuyas dimensiones son realizadas de acuerdo al espacio que se requiere para quemar la paja, leña o basura; las dimensiones de la son: 400X400X5(mm) en la siguiente figura se observa la cámara.

FIGURA 3.4 CÁMARA DE CALOR



Fuente: Postulantes

3.4. ANÁLISIS DE CURVAS TÉRMICAS DE STIRLING

3.4.1. Eficiencia térmica de Stirling.

La eficiencia térmica de una máquina siempre es menor a la unidad porque T_H (temperatura alta) y T_L (Temperatura baja) se definen como cantidades positivas.

La eficiencia térmica es una medida de la eficiencia térmica del motor el calor que recibe se convierte en trabajo, si se aprovecha al máximo la eficiencia de la máquina se tendrá menos consumo de combustible, menos costos y por ende menos contaminación; entonces la formula se define de la siguiente manera.

Ecuación 3.16.
$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

3.4.2. Curvas térmicas de Stirling.

Para realizar el análisis térmico en cada proceso de Stirling se tomara en cuenta los siguientes parámetros; la ecuación del gas ideal, proceso de volumen constante y de la temperatura constante, mediante esto se calcula la presión, temperatura y volumen en el ciclo Stirling.

La presión alta (P_{TH}) es en el cilindro de la zona caliente y la presión baja se da en el cilindro de la zona fría (P_{TL}), para analizar cuanta presión se tiene en esta parte de las cámaras se basa en la siguiente ecuación:

Ecuación 3.17.
$$P_{TH} = \rho \frac{R' * T_H}{M}$$

Ecuación 3.18.
$$P_{TL} = \rho \frac{R' * T_L}{M}$$

Ecuación 3.19.
$$\rho = \frac{m}{v}$$

Para la obtención de la densidad del aire (ρ) se observa en la siguiente tabla 3.6.

TABLA 3.6 DENSIDAD DEL AIRE

Altitud (pies)	Altitud (metros)	Temp. ° C	Presión " Hg	Densidad ρ
0	0	15	29,92	1,000
1.000	305	13	28,86	0,971
2.000	610	11	27,82	0,943
3.000	914	9,1	26,82	0,915
4.000	1.219	7,1	25,84	0,888
5.000	1.524	5,1	24,90	0,862
6.000	1.829	3,1	23,98	0,836
7.000	2.134	1,1	23,09	0,811
8.000	2.438	-0,8	22,22	0,786
9.000	2.743	-2,8	21,39	0,762
10.000	3.048	-4,8	20,58	0,738
11.000	3.353	-6,8	19,79	0,715
12.000	3.658	-8,8	19,03	0,693
13.000	3.962	-10,7	18,29	0,671
14.000	4.267	-12,7	17,58	0,650
15.000	4.572	-14,7	16,89	0,629
16.000	4.877	-16,7	16,22	0,609
18.000	5.486	-20,7	14,94	0,570
20.000	6.096	-24,6	13,75	0,533
22.000	6.706	-28,6	12,64	0,498
24.000	7.315	-32,5	11,60	0,464
26.000	7.925	-36,5	10,63	0,432
28.000	8.534	-40,5	9,72	0,403
30.000	9.144	-44,4	8,88	0,374

Fuente: Cengel "Termodinamica"

$$\rho = \frac{m}{V_{PMI} + V_{PMs}}$$

$$0,943 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{m}{0,0000219\text{m}^3 + 0,0000267\text{m}^3}$$

$$m = 0,0000458\text{kg}$$

Una vez analizado las respectivas formulas se realiza los siguientes cálculos; se calcula el volumen del cilindro, se tiene dos volúmenes:

- El primer volumen es cuando el pistón se encuentra en la zona del PMI.

- Segundo volumen es cuando el pistón está en la zona del PMS.

Ecuación 3.20.

$$v_{PMI} = \frac{\pi}{4} h_i (D^2 - d^2)$$

$$v_{PMI} = \frac{\pi}{4} 14 \text{cm} (8 \text{cm}^2 - 6 \text{cm}^2)$$

$$v_{PMI} = 21,991 \text{cm}^3$$

$$v_{PMI} = 0,0000219 \text{m}^3$$



Fuente: Postulantes

Ecuación 3.21.

$$v_{PMS} = \frac{\pi}{4} h_s (D^2 - d^2)$$

$$v_{PMS} = \frac{\pi}{4} 17 \text{cm} (8 \text{cm}^2 - 6 \text{cm}^2)$$

$$v_{PMS} = 26,703 \text{cm}^3$$

$$v_{PMS} = 0,0000267 \text{m}^3$$



Fuente: postulantes

La temperatura T_H es de 180°C y la temperatura T_L es de 70°C y de acuerdo las ecuaciones 3.16 y 3.17 matemáticas se realiza el respectivo análisis de las presiones tanto en la zona fría y zona caliente se llega al siguiente resultado matemático:

$$P_{TH} = 0,89 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \frac{(0,08209 \text{Latm/mol. K}) * 453\text{K}}{0,0289 \text{kg/mol}}$$

$$P_{TH} = 11,451 \text{atm} = 1159986,3 \text{Pa}$$

$$P_{TL} = 0,89 \text{kg/m}^2 \frac{(0,08209 \text{Latm/mol. k}) * 343\text{K}}{0,0289 \text{kg/mol}}$$

$$P_{TL} = 8,671 \text{atm} = 878372,3 \text{Pa}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{70}{180}$$

$$\eta_{th} = 61\%$$

Ecuación para el cálculo de calores específicos, el dato del C_v se obtendrá mediante la Tabla:

Ecuación 3.22.

$$Q = mc_v(T_1 - T_4)$$

$$Q = 0,05\text{kg} * 0,2870\text{KJ/Kg. K}(453\text{K} - 343\text{K})$$

$$Q = 1,578\text{KJ}$$

La ecuación de estado de gas ideal permite analizar el comportamiento P-V-T de un gas, el aire está considerado como un gas ideal porque implica presiones bajas y temperaturas altas, la densidad del gas disminuye y se comporta como un gas ideal. Los franceses J. Charles y J. Gay-Lussac determinaron de modo experimental que a bajas presiones el volumen de un gas es proporcional a su temperatura, la relación del gas permite calcular la salida de trabajo del ciclo.

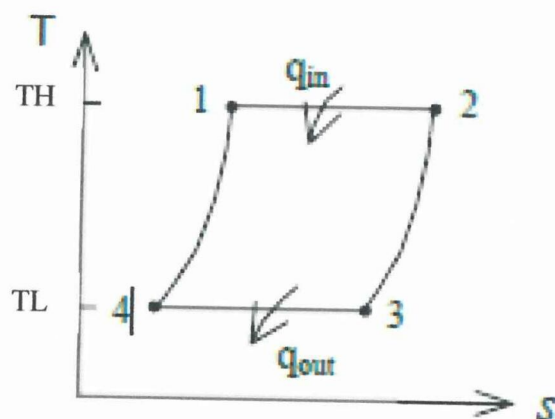
Ecuación 3.23.

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{T_3 P_1}{T_1 P_3} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \frac{363\text{K} * 1159986,3\text{Pa}}{453\text{K} * 878372,3\text{Pa}}$$

$$\frac{V_3}{V_1} = 1,058$$



La entropía es una propiedad que no se conserva, por lo tanto no existe algo como el principio de conservación de la entropía. Ésta se conserva solo durante el proceso reversible idealizado y se incrementa durante todos los procesos reales.

El proceso de este sistema termodinámico es degradado por la presencia de irreversibilidades; y la generación de entropía es una medida de la irreversibilidad presente durante el proceso térmico. A mayor magnitud de irreversibilidad, mayor generación de entropía. El proceso de cálculo de la entropía se realiza mediante la fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Ecuación 3.24.} \quad S_2 - S_1 &= C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R' \ln \frac{V_2}{V_1} \\ S_2 - S_1 &= (0,2870 \text{KJ/Kg. K}) * \ln (1.058) \\ \mathbf{S_2 - S_1} &= \mathbf{0,0161 \text{KJ/Kg. K}} \end{aligned}$$

El calor es la forma de energía que se transfiere entre dos sistemas debido a una diferencia de temperatura. Entonces no puede haber transferencia de calor entre dos sistemas que se encuentran a una misma temperatura, mediante la siguiente expresión se obtiene el calor de entrada.

$$\begin{aligned} \text{Ecuación 3.25.} \quad Q_{in} &= m T_H (S_2 - S_1) \\ Q_{in} &= 0.05 \text{Kg} * 453 \text{K} (0,0161 \text{KJ/Kg. K}) \\ \mathbf{Q_{in}} &= \mathbf{0,364 \text{KJ}} \end{aligned}$$

Estos análisis de presión, entropía y calor de entrada permiten obtener el trabajo neto de salida del motor de Stirling

$$\begin{aligned} \text{Ecuación 3.26.} \quad W_{net,out} &= \eta_{th} Q_{in} \\ W_{net,out} &= 0,61 * 0.364 \text{KJ} \\ \mathbf{W_{net,out}} &= \mathbf{0.222 \text{KJ}} \end{aligned}$$

3.5. CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS

3.5.1. Cilindro del desplazador

Este cilindro esta hecho de un material de acero AISI 1010 Steel las medidas están en el plano numero 006, este tipo de material tiene una buena transferencia de calor, adecuado para realizar la construcción.

El cilindro del desplazador tiene dos zonas la fría y caliente en la parte inferior del cilindro la temperatura alta esto hace incrementar el volumen, en la parte superior del cilindro la temperatura baja y por ende disminuye el volumen en la siguiente figura 3.5se observa el cilindro.

FIGURA 3.5ZONA FRÍA Y ZONA CALIENTE DEL CILINDRO

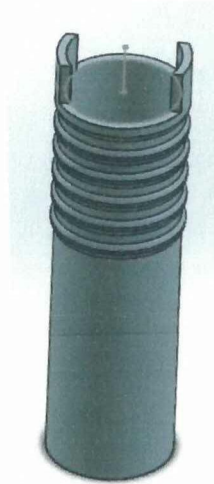


Fuente: Postulantes

3.5.2. Cilindro del pistón

Este elemento esta hecho de un material de acero AISI1010 Steel, las dimensiones se lo presenta en el plano numero 005; en este cilindro adsorbe y expulsa aire es decir, este cilindro actúa como un regenerador de aire en el instante que el desplazador se encuentra en el punto muerto superior (PMS) el aire caliente fluye hacia el cilindro del pistón y por lo cual hace que el pistón este en el PMS y el desplazador desciende al punto muerto inferior (PMI), en la figura 3.6 se encuentra el cilindro del pistón.

FIGURA 3.6 CILINDRO DEL PISTÓN

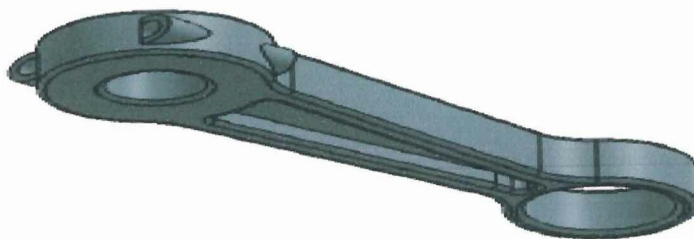


Fuente: Postulantes

3.5.3. Brazo de Biela

El brazo de biela tiene las dimensiones estándar la serie de esta biela es MOT. 1.0L-(999cc), 12val., SOHC; es de un material de Aluminio 7075-T6, este es para que resista el calor del sistema térmico; el brazo de biela está acoplado al pistón como también al cigüeñal de igual manera el otro brazo de biela está acoplado al desplazador y al cigüeñal desfasado 90°

FIGURA 3.7 BRAZO DE BIELA



Fuente: Postulantes

3.5.4. Pistón

Este pistón es de una moto marca honda cuya serie es MOT. 1.0L-(999cc), 12val., SOHC; tiene una resistividad a la temperatura de 600°C como, el aluminio 7075-T6 posee un peso unitario liviano, este peso se observa en la tabla 3.7, se le realizo su selección de acuerdo a las dimensiones determinadas en el plano. Para el motor construido se optó por una diferencia de 0,5 centésimas de milímetro para aligerarlo y reducir la fricción entre el pistón y el cilindro.

FIGURA 3.8 PISTÓN

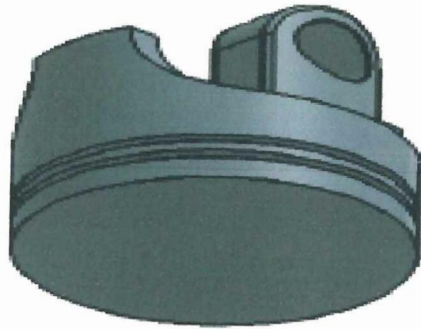


Figura: Postulantes

La tabla del peso unitario es indispensable para seleccionar un material adecuado, el material debe ser liviano y resistente a la temperatura, en este caso el aluminio es el que tiene el peso unitario de 0.098 lb/pulg^2 a diferencia del Magnesio pero este último no tiende a resistir una temperatura elevada como es de 200°C.

TABLA 3.7 PESO DEL MATERIAL

MATERIAL	PESO UNITARIO		
	lb/pulg ²	lb/ft ²	KN/m ²
Aluminio	0.098	169	26.6
Cobre al berilio	0.297	513	80.6
Latón	0.309	534	83.8
Acero – carbono	0.282	487	76.5
Fundición de hierro	0.260	450	70.6
Cobre	0.322	556	87.3
Plomo	0.411	710	111.5
Magnesio	0.065	112	17.6
Níquel plata	0.316	546	85.8
Acero inoxidable(18-8)	0.280	484	76

Fuente:RINCÓN “Resistencia de materiales”

3.5.5. Desplazador

Se construyo de un material de aluminio este desplazador tiene la misma diferencia del pistón, a este elemento mecánico al igual que todos son correctamente diseñados para evitar fugas del fluido de trabajo, en la siguiente figura se ve este elemento.

FIGURA 3.9 DESPLAZADOR



Fuente: postulantes

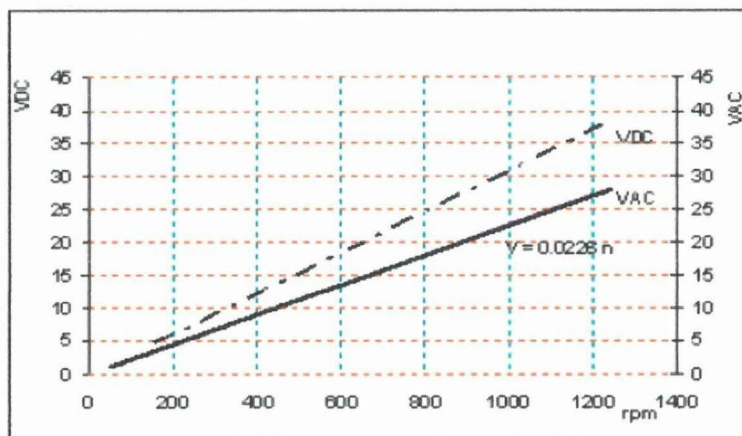
3.6. SELECCIÓN DE ELEMENTO GENERADOR

La velocidad del prototipo es de 350 RPM, no se puede utilizar otro tipo de generadores eléctrico, porque estos necesitan de 700 rpm para generar energía sabiendo que el motor de Stirling posee bajas RPM, por esa razón se decidió utilizar generadores eólicos (más conocidos como aerogeneradores) para la generación de energía eléctrica. Los aerogeneradores generan corriente a bajas revoluciones (a partir de 100RPM). Para la selección del generador eléctrico se debe conocer sus características y escoger de acuerdo al tipo de uso que se quiere darle.

3.6.1. Características del generador de imanes ferrita:

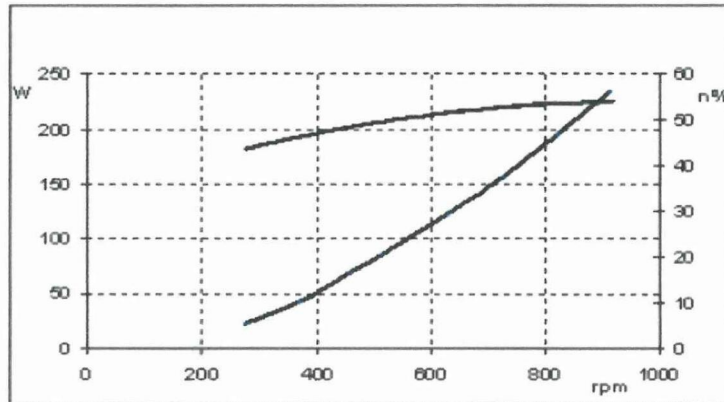
- Constante de construcción (K'): 0,013
- Resistencia sincrónica (Xs): 0,29 Ω
- Resistencia de una fase (R): 0,35 Ω
- Rango de generación de potencia (P): 100 a 230 W
- Eficiencia (η): 50 - 54%
- Velocidad de giro del rotor: 400 a 900 RPM

FIGURA 3.10 CURVA DE VOLTAJE DEL GENERADOR FERRITA



Fuente: Catalogo "Generador de ferrita"

FIGURA 3.11 CURVA DE POTENCIA Y EFICIENCIA DEL GENERADOR FERRITA

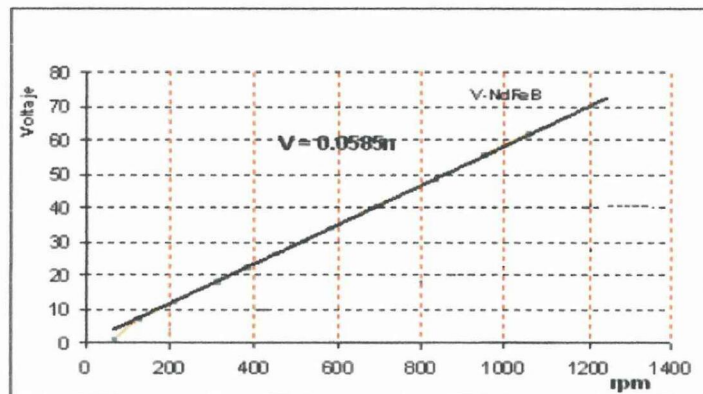


Fuente: Catalogo "Generador de ferrita"

3.6.2. Características del generador de imanes de neodimio:

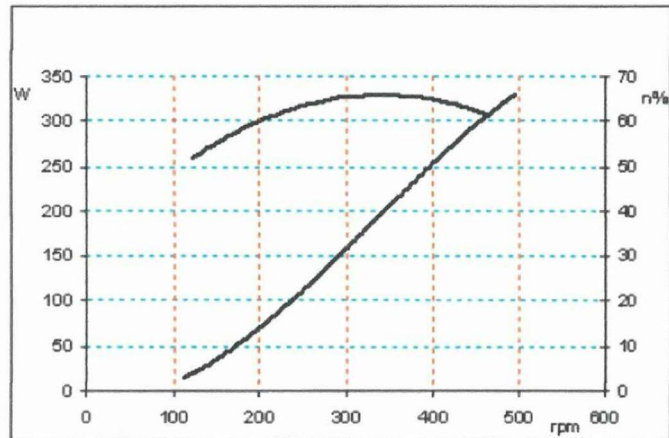
- Constante de construcción (K'): 0,0338
- Resistencia sincrónica (X_s): 0,51 Ω
- Resistencia de una fase (R): 0,4 Ω
- Rango de generación de potencia (P): 100 a 300 W
- Eficiencia máxima (η): 66%
- Velocidad de giro del rotor: 200 a 450 RPM

FIGURA 3.12 CURVA DE VOLTAJE DEL GENERADOR DE NEODIMIO



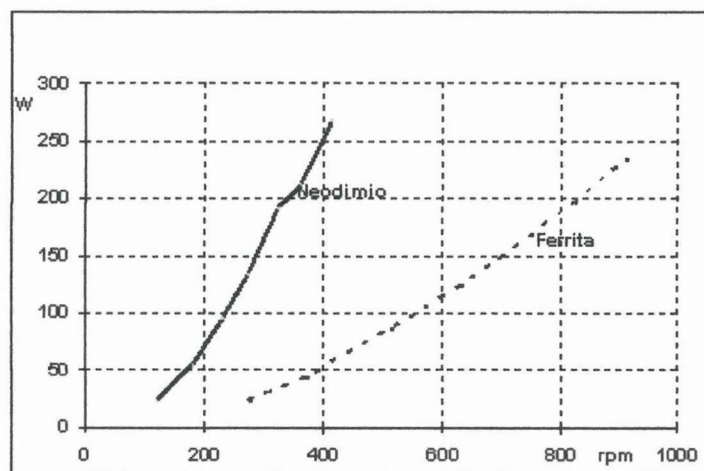
Fuente: Catalogo "Generador de Neodinamo"

FIGURA 3.13 CURVA DE POTENCIA Y EFICIENCIA DEL GENERADOR DE NEODIMIO



Fuente: Catalogo "Generador eolico"

FIGURA 3.14 COMPARACIÓN DE LA CURVA DE POTENCIA ENTRE UN GENERADOR DE NEODIMIO Y UN GENERADOR FERRITA



Fuente: Catalogo "Generador eolico"

Como se observa en las figuras, los generadores de imanes de neodimio alcanzan mayores potencias a bajas velocidades, pero también, el torque necesario para moverlo es mayor.

El rango de trabajo en donde se alcanzan las mayores eficiencias de los generadores de neodimio es de 190 a 450 RPM, y para los generadores de imanes ferrita es de 400 a 900 RPM. También se observa que los generadores de neodimio tienen mayor eficiencia que el de ferrita.

De acuerdo a lo analizado en las curvas de los generadores ferrita y neodimio, lo recomendable es utilizar el generador de neodimio, debido a que éste carga a la batería a bajas revoluciones (170-230 RPM) y el tiempo de demora para cargar la batería es de 2 horas; entonces el generador de neodimio se utilizó para la generación de energía eléctrica.

3.7. ANÁLISIS ELÉCTRICO DEL GENERADOR.

Mediante estos análisis permite obtener resultados reales de todo el equipo en funcionamiento, a continuación se detalla todos los análisis realizados.

Resultados del motor Stirling

Revoluciones por minuto 200, equipo que se utilizó para medir las RPM es el tacómetro, estas Revoluciones del motor está con carga; los resultados al vacío es decir sin carga el motor tiene una capacidad de 350 RPM. A continuación se detalla en la tabla 3.8 y 3.9 los resultados obtenidos.

TABLA 3.8 RESULTADOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Generador neodimio	Rectificador	Batería	Inversor
* 200rpm	Ingresas	* 12 voltios CC	Ingresas
* 13 Voltios CA	* 13 voltios CA Salidas	* Tiempo de duración de la carga, 8 horas	* 13 voltios CC Salidas * 120 voltios CA * Potencia 1KW

Fuente: postulantes



TABLA 3.9 RESULTADOS DEL MOTOR STIRLING

Motor de Stirling	
RPM en vacío	350 rpm
RPM con carga	200 rpm
Temperatura	180 C°

Fuente: Postulantes

NOMENCLATURA

C: Carrera del pistón

C_v = Calor específico a volumen constante es el siguiente dato 0,2870KJ/Kg. K

h_i = Altura entre el cilindro inferior y el pistón, este se encuentra en el punto muerto inferior

h_s = Altura entre el cilindro inferior y el pistón, este se encuentra en el punto muerto superior

PMI: Punto muerto inferior del pistón

PMS: Punto muerto superior del pistón

P_{TH} = Presión alta

P_{TL} = Presión baja

Q= Transferencia de calor

ρ = Densidad del aire

R= radio del cilindro

r= radio del cigüeñal

R' =Constante del gas (0,08209Latm/mol. K)

S= Entropía

T_H = Temperatura alta

T_L = Temperatura baja

M= Peso molar del flujo de trabajo constante 0.0289kg/mol

m= Masa del aire

η_{th} = Eficiencia térmica del motor Stirling

v_{PMI} = Volumen del cilindro en el punto muerto inferior

v_{PMS} = Volumen del cilindro en el punto muerto superior

$W_{net,out}$ = Trabajo neto del ciclo térmico.

W= Velocidad angular del pistón

β = Ángulo del brazo de la biela

α = Ángulo de desfase

λ = Índice del ángulo de inclinación del cigüeñal

F_{max} = Fuerza máxima del pistón

3.8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.8.1. Conclusiones:

1. Es un motor de combustión externa que, necesita de mucha precisión en la construcción de los cilindros ya que puede existir un espacio amplio entre el pistón y el cilindro, este tiende a tener una pérdida de trabajo muy elevado y no permitirá que el prototipo funcione.
2. El principio de funcionamiento es el trabajo hecho por la expansión y contracción del aire; por este motivo se aprovechará al máximo la energía entregada por este principio térmico.
3. Su ciclo de trabajo se conforma mediante 2 transformaciones isocóricas (calentamiento y enfriamiento a volumen constante) y dos isotermas (compresión y expansión a temperatura constante), es decir esta máquina necesita de una diferencia de temperatura entre la zona caliente y la zona fría para obtener una buena eficiencia de trabajo.
4. El regenerador tiene la función de recuperar parte de la energía que se cede en uno de los procesos isocórico donde se enfría el gas de trabajo para aportarlo de nuevo en el proceso isocórico restante.
5. El motor Stirling es el único capaz de aproximarse teóricamente al rendimiento máximo teórico conocido como rendimiento de Carnot.

6. A más diferencia de temperaturas, mayor es el área del ciclo termodinámico, Conforme la diferencia de temperaturas entre focos va aumentando, la velocidad del motor aumenta lentamente.

3.8.2. Recomendaciones:

1. Al realizar la construcción del motor de Stirling se debe, respetar los planos para que, al momento del ensamble todos los elementos construidos deben acoplarse fácilmente, y por ende no realizar algún proceso de acople mediante forcejeo, si se produce algún forcejeo en uno de los elementos puede que esta pieza no funcione acorde a lo requerido.

2. El motor debe ser hermético, no puede perder aire, si aprovechamos al máximo el fluido de trabajo se obtendrá una buena eficiencia, los cilindros y los pistones deben estar estructurados como se lo indica en los planos.

3. Cuando se realice el proceso de soldadura se tiene que compactar bien el material para que no existan fugas de aire y también la cámara de calor no debe tener fugas para aprovechar todo el calor de la fogata producida por la leña.

4. El pistón tiene que ser construido de un material liviano, ya que este proceso térmico no tiene mucha fuerza de trabajo, no tiene que ser frágil y tiene que soportar temperaturas elevadas para que, no exista deformación del material.

5. Al poner en funcionamiento el motor Stirling se tiene que dar una fuerza adicional al volante para que, rompa la inercia esto se lo realiza mediante la fuerza de una persona.

3.9. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía Citada:

- BAÑOS, Raúl; Estudio de la Utilización de Motores de Dos Tiempos en Plantas de Potencia. (En línea). Primera Edición. México. 2010. Pág. 6
- CHÁVEZ, Fabián; Modelamiento Energético y Mecánico de un Motor Stirling Tipo beta Para la Generación de 70W. (En línea). Editorial, UTPL. Primera Edición, Ecuador. 2012. Pág. 1
- LIRA G. & AGÜERO V. Generación de Energía Eléctrica con un Motor Stirling Empleado un Combustible Gaseoso. (En línea). Primera Edición Digital. Perú. 2011. Pág. 19
- VELÁSQUEZ Darío; Estudio Teórico del Regenerador Para un Motor Stirling. (En línea). Editorial, México, D.F. México. 2007. Pág. 5

Bibliografía Consultada:

- ARNAU Jaime; Metodología de la Investigación en Ciencias del Comportamiento, Editorial, Compobell. S.A., Murcia, España, 2008.
- AUILAR F. Rath; Diseño de Proyectos, Editorial, UTPL, Quinta Edición, Loja, Ecuador, 2010.
- BONILLA Carlos, & ANRINO Patricio, Metodología de la Investigación Científica, Editorial, Kapelusz, Tercera Edición, Buenos Aires, Argentina, 2009
- GERE James, Mecánica de Materiales, Editorial. Timoteo García, Séptima Edición, Santa Fe, México, 2009.
- LIRA & AGÜERO. Generación de Energía Eléctrica con un Motor Stirling Empleado un Combustible Gaseoso. (En línea). Primera Edición Digital. Perú. 2011.
- RINCÓN Esther, Resistencia de Materiales, Editorial. Visión Net, Madrid, España, 2009.

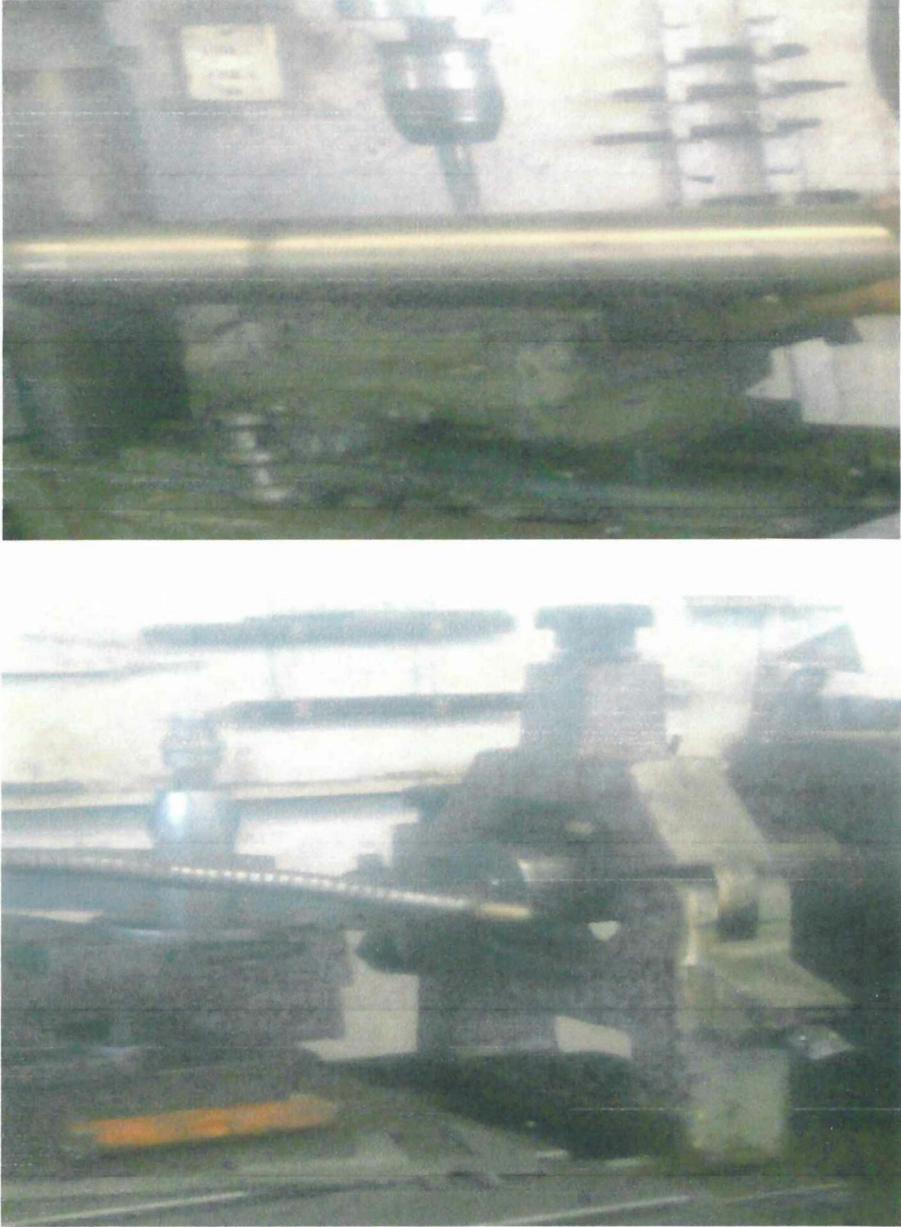
- WARK Kenneth, Termodinámica, Editorial. Concepción Fernández Madrid, Sexta Edición, Madrid, España, 2008.
- GORDON J. Van Wylen & Richard E; Sontang. Fundamentos de Termodinámica. Editorial Limusa 2006.
- KENNETH Wark, Termodinámica. McGraw Hill, Primera Edición en Español 2008.
- RICHARD E. Balzhiser & Michael Samnells; Termodinámica para ingenieros. Editorial Prentice Hall 2007.
- V. A. Kirillin y otros. Termodinámica Técnica. Editorial Hir 2007.
- BEJAN A. Advanced Engineering Thermodynamics, John Wiley 2009.
- MÁRQUEZ Manuel; Combustión y Quemadores. Marcombo 2008.
- DANIEL Santoro; Técnicas de investigación. Editorial Fondo De Cultura Económica USA, 2004

Bibliografía web

- http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_Stirling (Fecha de consulta 18/10/2013 hora 15:50)
- <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5157/1/T-ESPE-033127.pdf> (fecha de consulta 19/10/2013 hora 19:20)
- http://azul.bnct.ipn.mx/tesis/repositorio/1475_2006_ESIME-ZAC_MAESTRIA_omana_velazquez_dario.pdf (fecha de consulta 20/09/2012 hora: 17:23)
- http://www.cab.cnea.gov.ar/ieds/hyfuseen_2011/extras/trabajos/11-186.pdf (fecha de consulta 21/09/2012 hora: 13:33)
- <http://www.slideshare.net/metodos251/diseo-cuasiexperimental-2101247> (fecha de consulta 16/10/2012 hora: 17:10)
- <http://www.slideshare.net/YACARLA/tipos-de-investigacion-5638190> (fecha de consulta 16/10/2012 hora: 17:30)
- <http://juantovar.blogspot.es/1212767700/> (fecha de consulta 16/10/2012 hora: 18:05).

- <http://es.scribd.com/doc/58039076/ciclos-termodinamicos>(fecha de consulta 18/10/2012 hora: 13:08).
- http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_Stirling(fecha de consulta 18/10/2012 hora: 13:33).

3.10. ANEXOS

ANEXO A	Construcción del cilindro	1-6
 <p>The first photograph shows a close-up of a cylindrical metal part being worked on by a lathe. The part is mounted on a lathe bed, and a cutting tool is visible. The background is slightly blurred, showing a workshop environment with a sign on the wall.</p> <p>The second photograph shows a wider view of the lathe setup. A cylindrical metal part is mounted on the lathe bed, and a cutting tool is positioned to work on it. The lathe's headstock and tailstock are visible, along with the workpiece.</p>		

ANEXO A	Construcción del cigüeñal	2-6
----------------	----------------------------------	------------



ANEXO A	Proceso de corte para la cámara de calor	3-6
----------------	---	------------



ANEXO A	proceso de pulir las piezas que tienen filos cortantes	4-6
----------------	---	------------



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas****Ingeniería Electromecánica****ENCUESTA**

Esta encuesta es para la recolección de datos y poder solucionar un problema mediante los análisis de cada uno de los encuestados; por favor contestar las siguientes preguntas según usted crea conveniente.

Seleccione una respuesta de cada pregunta y marque con una X la respuesta que usted crea que es la correcta.

1. ¿Hace falta un generador eléctrico basado en el principio termodinámico de Stirling, como banco de pruebas para el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi?
SI NO
2. ¿Es conveniente construir un generador eléctrico térmico menos contaminante para el medio ambiente?
SI NO
3. Al utilizar la quema de basura, paja y hojas secas se produce una energía para el generador eléctrico térmico, por este motivo no se utilizará los combustibles derivados de petróleo como: diesel, gasolina, gas y bunker. ¿piensa usted que es conveniente?
SI NO
4. Si se construye el generador eléctrico permite observar los tipos de materiales que se utilizará para su respectivo ensamblaje, por ende permite analizar la resistencia de los materiales. ¿Es conveniente el

análisis de la resistencia de materiales a temperaturas altas?

SI

NO

5. El generador eléctrico permite el análisis de mecanismos para la ejecución de movimiento. ¿Por esta razón es factible la construcción del generador eléctrico?

SI

NO

6. ¿Este proyecto de generación eléctrica basado en el principio termodinámico de Stirling es apto para la generación de energía eléctrica de alta potencia?

SI

NO

7. ¿Al construir un generador eléctrico térmico los estudiantes tendrán nuevas ideas para mejorar la eficiencia de trabajo de este equipo de estudio?

SI

NO

8. ¿Este tipo de generador eléctrico térmico puede ser utilizado en lugares de la provincia de Cotopaxi donde no cuentan con energía eléctrica ni con los derivados de petróleo?

SI

NO

9. ¿Es importante la implementación de este equipo para realizar varias pruebas de estudio de generación eléctrica?

SI

NO