ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN

"CALCULO DEL SISTEMA DE ELECTRIFICACIÓN SOLAR PARA CUBRIR LA DEMANDA DE ILUMINACIÓN EN UN BARCO TURÍSTICO EN EL ARCHIPIÉLAGO DE GALÁPAGOS"

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

PRESENTADA POR:

LUIS ALFREDO CUASAPAZ AGUIRRE

GUAYAQUIL – ECUADOR
AÑO 2004

AGRADECIMIENTO

A mi MADRE, DIRECTOR DE TESIS, y especialmente a mi ESPOSA, por su dedicación y paciencia.

A los SCOUTS y Buzos… realmente amigos.

A RINA, ALFREDO, GLADIS Y MIKI.

DEDICATORIA

A la MEMORIA DE MI PADRE, quien dio todo lo que pudo dar y luchó cuanto pudo luchar.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos ideas y doctrinas, expuestos en esta tesis, corresponden exclusivamente a su autor, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado corresponderá a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamentos de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL)

Luis Alfredo Cuasapaz Aguirre

RESUMEN

La actividades productivas del hombre y su afán por establecer un confort en su habitad lo han llevado a establecer acciones productivas en cada uno de sus medios de acción, teniendo muchas de estas actividades relacionadas con el ecoturismo y el traslado de turistas, siendo la empresa de visitas guiadas hacia el archipiélago de Galápagos una de las más prosperas y de mayor interacción con el medio, era lógico pensar en el interés de sus propietarios en la mejora de sistemas que estén apegados a el interés de conservación de su medio ambiente.

La empresa objeto de esta tesis es una de las más antiguas en Galápagos en desarrollar la actividad del ecoturismo como fuente de ingreso permanente, con excelentes resultados hasta el momento e ingresos aceptables para llamarlo una empresa rentable, conocedores además de los beneficios de las nuevas metodologías de generación de energía, y consientes del impacto generado por el consumo de combustible fósil, están dispuestos a ser parte de este estudio.

La utilización de la energía solar como fuente de generación de electricidad no es relativamente nueva o joven, es decir ya es una

tecnología implantada y “madura”, claro está pudiendo mejorarse a través de los años en cuanto a la eficiencia de los paneles captadores de la radiación solar, en la actualidad tenemos muchísimos adelantos en cuanto a la utilización de generación de energías por medio de combustibles renovables, sean estos del tipo solar, eólico, marreo motriz o geotérmico, en nuestro país ya se han instalado un sin número de sistemas fotovoltaicos o solares, en diferentes sitios de nuestra geografía.

En el desarrollo de esta tesis constará, en primera instancia la justificación de la selección del nuevo sistema de generación de energía como beneficio al medio ambiente y la empresa, Después se realizará una explicación del marco teórico en el que se genera energía eléctrica a través de los paneles y las celdas fotovoltaicas. Posteriormente se detallará las características eléctricas de la embarcación, cobertura de necesidades en cuanto a la iluminación y se realizaran los cálculos pertinentes para satisfacer las necesidades del yate durante la operación turística realizada.

El aporte académico que se persigue con el desarrollo de esta tesis es el de elaborar un documento que describa el “cómo hacer”, el costo, la factibilidad y los recursos utilizados de la generación de energía eléctrica por medio de paneles solares; entrando en el proceso de dar soluciones en cuanto a la mitigación de impactos generados por la actividad del

hombre en el medio ambiente y mostrar un ejemplo del uso de nuevas tecnologías limpias como beneficio de su consumidores. Mientras que el aporte para la empresa es la evaluación de la efectividad del nuevo sistema.

ÍNDICE GENERAL

TITULO	PAG.
RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
ABREVIATURAS	VIII
SIMBOLOGÍA	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE PLANOS	XII
INTRODUCCIÓN	XII
1.- ANTECEDENTES	17
2.-JUSTIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ENERGÍA FOTOVOLTAICOS COMO TECNOLOGÍA PARA BENEFICIO DE LA EMPRESA Y EL MEDIO AMBIENTE	28
2.1 El medio ambiente como escenario de las actividades	30
2.2 Definición de impacto medio ambiental	35
2.3 Marco legal	36
2.4 Visión Comercial del uso de Paneles Solares	38
3.-TEORÍA DE TRABAJO DE LAS CELDAS FOTOVOLTAICAS	39
3.1Utilización de la energía solar como fuente de energía	39
3.1.1 Colectores y generadores solares	41
3.1.2 Condiciones generales de trabajo de	43

paneles solares	
3.2 Generalidades de las celdas fotovoltaicas	45
3.2.1 Definición de celdas fotovoltaicas	46
3.2.2 Teoría de generación de energía eléctrica	46
3.2.3 Aprovechamiento de energía generada	49
3.3 Acumulación de energía y diseños de sistemas eléctricos	50
3.3.1 Sistemas eléctricos	51
3.3.2 Elementos del sistema de generación de energía	53
3.3.2.1 Inversor de energía	55
3.3.2.1.1 Inversores en serie y paralelo	56
3.3.3 Acumuladores de energía	59
3.3.3.1 Funciones de la batería o acumulador	60
3.3.3.2 Tipos de acumuladores	61
3.3.3.3 Capacidad de carga y de trabajo de acumulador	63
3.3.4 Reguladores de energía	67
3.3.5 Mantenimiento y tiempo de vida de equipos	72
4.- CÁLCULOS Y MEDICIONES	76
4.1 Condiciones meteorológicas en la zona	76
4.1.1 Nivel promedio de radiación	77
4.1.2 Nubosidad y precipitaciones	84
4.2 Cálculo de demanda de energía para iluminación de la embarcación	85
4.2.1 Sistema eléctrico y planos de la embarcación	85
4.2.2 Horas de trabajo y elementos utilizados	89
4.3 Cálculo de paneles solares para cubrir demanda de iluminación	90

4.3.1 Definición de cantidad de elementos necesarios para acumular energía.	102
4.3.2 Ubicación de sistema dentro de la embarcación	103
4.4 Comparación de Costos de sistemas de generación eléctrica	106
4.4.1 Sistema de generación por medio de combustibles fósiles	106
4.4.1.1 Costos de equipos de generación por medio de combustibles fósiles	107
4.4.2 Sistemas de generación fotovoltaicas	108
4.4.2.1 Costos de equipos de generación fotovoltaicas	108
4.4.3 Análisis de costos	110
5.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1 Resultados obtenidos hasta el momento	
5.2 Conclusiones	
5.3 Recomendaciones	
APÉNDICES	130
BIBLIOGRAFÍA	147

ABREVIATURAS

PNG	Parque Nacional Galápagos
Km	kilómetros
INEC	Instituto Nacional De Estadísticas Y Censos
UNESCO	Organización para el desarrollo de la ciencia y tecnología de la ONU
CFN	Corporación Financiera Nacional
ONU	Organización De Las Naciones Unidas
BM	Banco Mundial
BID	Banco Interamericano De Desarrollo
HP	Caballos De Fuerza
V	voltios
J	joule
W	vatios
Wh	vatios hora
Kw	kilovatio
Kwh	kilovatio hora
H	hidrogeno
He	helio
URSS	Unión De Republicas Socialistas Soviéticas
EEUU	Estados Unidos De América
Ar	arsénico
Ga	galio
Si	silicio
Ge	germanio
AC	corriente alterna
DC	corriente continúa
FEM	fuerza electromotriz o potencial electromotriz
R	resistencia
CS	circuito en serie
CP	circuito en paralelo
I	intensidad de la corriente
E	voltaje
E_t	voltaje teórico
R_t	resistencia total
R	eficiencia del sistema
Z	impedancia
Hz	hertzio

PWM	Modulación De Ancho De Pulsos
RS	reguladores en serie
RP	reguladores en paralelo
Pb	plomo
Ni	níquel
Cd	cadmio
Li	litio
Po	polonio
FV	fotovoltaico
AGM	electrolito inmovilizado
Kg	kilogramo
g	gramo
°C	grado centígrado
P_d	profundidad de descarga
Amp; A	amperio
AH; Ah; amph	amperio hora
INHAMI	Instituto nacional de hidrografía y meteorología
H_e	heliofania
mm	milímetros
N_{panel}	numero de paneles
P_t	potencia total
P_1	potencia de elementos incandescentes
P_2	potencia de elementos fluorescentes
$k_b : c_1$	Coeficiente por pérdidas del rendimiento de la batería:
$k_c : c_3$	Coeficiente de pérdidas en el convertidor
$k_v : c_4$	Coeficiente de pérdidas varias
$k_a : c_2$	Coeficiente de auto descarga diario
N:D:	Número de autonomía del sistema
$p_d : P_d$	Profundidad de descarga diaria de la batería

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	TITULO	PAG.
1.1	Recorrido de la embarcación	21
1.2	Distribución arquitectónica del Catamarán	23
2.1	Ingreso de turistas a Galápagos	30
2.2	Distribución de turistas por modalidad de hospedaje	33
3.1	Modelos de Paneles Solares	40
3.2	Esquema eléctrico de una célula fotovoltaica	47
3.3	Representación de la diferencia de potencial con respecto al tiempo	49
3.4	Diagrama de circuitos en serie y en paralelo	51
3.5	Inversor de conmutación forzada	56
3.6	Partes principales de una batería	64
3.7	Conexiones de regulador en serie	67
3.8	Conexiones de regulador en paralelo	68
3.9	Regulador de voltaje para celdas fotovoltaicas	71
4.1	Promedios de horas mensuales de Heliofania desde el año 2004 hasta el año 2009	78
4.2	Promedio de radiación mensual por año	79
4.3	Promedio de radiación solar diario por año	80
4.4	Promedio de radiación sola solar por año entre julio y enero	82

4.5	Diseño de cubierta principal	85
4.6	Camarotes diagrama eléctrico y diseños	86
4.7	Esquema eléctrico de cubierta principal	87
4.8	Esquema eléctrico cubierta superior	87
4.9	Esquema del sistema mixto	102
4.10	Disposición de paneles solares	103
4.11	Disposición de paneles solares sobre la cubierta alta	104
4.12	Esquema base de la instalación del sistema	105
4.13		

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	TITULO	PAG.
1	Recorrido de la embarcación	22
2	Dimensiones, áreas y distribución del barco	25
3	Registro total de pasajeros desde 1978	31
4	Total de turismo por modalidad de hospedaje	32
5	Horas de Heliofania mensual	77
6	Horas de MENOR Heliofania	81
7	Listado de equipos de uso eléctrico	88
8	Elementos de iluminación y potencia	91
9	Uso promedio de iluminación en horas	91
10	Promedio de uso de cada elemento fluorescente	96
11	Especificaciones de generador fotovoltaico seleccionado	99
12	EQUIPOS DEL SISTEMA	101
13		

INTRODUCCIÓN

Las actividades productivas del hombre lo llevan a interactuar con el medio, esas interacciones dejan huellas en el marco de acción, lo que conocemos como impacto ambiental, en la búsqueda de nuevas actividades productivas se tiene enmarcado el respeto hacia el medio ambiente, mediante estudios que evalúen los impactos ambientales, estos estudios sirven como armas para mitigar esos impactos, muchos de ellos nos llevan o concluyen que el cambio de energía primaria para la generación de electricidad, de combustibles fósiles a recursos renovables, es una salida para tener actividades productivas mas amistosas con el medio.

La energía solar, energía que nos rodea y se muestra a cada momento, es una de las energías provenientes de recursos renovables, que claramente dejan de contribuir al efecto invernadero, pues su emisión de gases es nula, con respecto a la de generadores estacionarios o plantas de energía a combustible fósil. La muestra de este trabajo es el cálculo de la demanda de energía para iluminación de un barco turístico en las Islas Galápagos, a fin de determinar un sistema alternativo fotovoltaico con todos sus elementos de operación.

La tecnología sigue avanzando y la esperanza que en un periodo de tiempo no muy largo, el hombre tenga sus ojos puestos en tipos de energía como la fotovoltaica, una energía que necesita ser reforzada en su madurez y su difusión en nuestro país.