UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

UNA FUENTE ALTERNA DE ENERGIA ELECTRICA Y SUS APLICACIONES

POR

ING. NOE PONCE MERAZ

T E S I S

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
DE LA INGENIERIA ELECTRICA
CON ESPECIALIDAD EN ELECTRONICA

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. JUNIO DEL 2000

N P M

UNA FUENTE ALTERNA DE ENERGIA ELECTRICA
Y SUS APLICACIONES

TM
Z5853
.M2
FIME
2000
P6

2000

1020136700

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

UNA FUENTE ALTERNA DE ENERGIA ELECTRICA
Y SUS APLICACIONES

POR

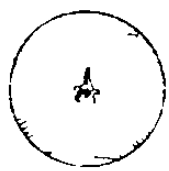
ING. NOE PONCE MERAZ

T E S I S

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
DE LA INGENIERIA ELECTRICA
CON ESPECIALIDAD EN ELECTRONICA

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. JUNIO DEL 2000

6



TESIS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

UNA FUENTE ALTERNA DE ENERGIA ELECTRICA Y SUS APLICACIONES

POR

ING. NOE PONCE MERAZ

TESIS

En opción al Grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica

Con especialidad en Electrónica

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. JUNIO DEL 2000

FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

UNA FUENTE ALTERNA DE ENERGIA ELECTRICA Y SUS APLICACIONES

POR

ING. NOE PONCE MERAZ

TESIS

En opción al Grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica

Con especialidad en Electrónica

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. JUNIO DEL 2000

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la presente tesis **"UNA FUENTE ALTERNA DE ENERGIA ELECTRICA Y SUS APLICACIONES"**, realizada por el alumno Ing. Noé Ponce Meraz, matricula 483270, sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica con Especialidad en Electrónica.

El Comité de Tesis

M.C. Paz Vicente Cantú Gutiérrez
Asesor

M.C. Roberto Villarreal Garza
Coasesor

M.C. Evelio Prisciliano González Flores
Coasesor

Vo.Bo.

M.C. Roberto Villarreal Garza
División de Estudios de Post-grado

San Nicolás de I os Garza, N.L. a 15 de Junio del 2000

DEDICATORIA

A mis Padres el Sr. Noé Ponce Argüelles y Sra. Aurora Meraz de Ponce, gracias por darme la vida, por enseñarme todo lo que he aprendido, gracias a ustedes me encuentro hoy donde estoy, les agradezco todo el apoyo que me brindaron el cuál me ha ayudado ha trazar un camino de "Corazón".

A mi esposa Maritza sin ti hubiera sido imposible la realización de este trabajo, tu personalmente me apoyaste con tu amor, paciencia y tus excelentes comentarios, muchas gracias por la confianza que en mi has depositado como guía de nuestros caminos.

Gracias a mi hijo Noé Adiel por que fortaleces mi espíritu, con tu nacimiento y crecimiento de este amor que siento por ti, saldando en parte la deuda moral hacia ti y la comunidad.

Agradezco a mis hermanos Juanis, Adauto, Orlando y Carlos por el cariño y respeto que me han proporcionado.

Por último a Dios por darme la vida y salud, gracias te doy por el logro de tan anhelada meta.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor Vicente Cantú por su tiempo dedicado, por su apoyo, por la confianza que me brindaste y por el interés que muestras para que tus alumnos se desarrollen.

A todos mis maestros de graduados por sus clases compartidas, por la orientación hacia el camino de la investigación, muchas gracias.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica le doy gracias por la oportunidad que me ofreció al concederme un lugar en esta Institución facilitándome la realización de mis estudios.

PROLOGO

Tome la decisión de elaborar esta tesis con la finalidad de visualizar una alternativa diferente de generación de energía eléctrica en lugares donde es muy difícil llevar la convencional, así mismo aprovechar la energía fotovoltaica por los beneficios que representan en el impacto al medio ambiente casi nulos, generalmente es silencioso, no produce contaminación, no requiere combustible y la fabricación de los módulos solares es a base de silicio elemento no tóxico, que es el segundo componente más abundante en la corteza terrestre.

Esta tesis es el resultado de la experiencia que obtuve en la implementación de sistemas alternos de energía eléctrica, para empresas privadas, Empresas Paraestatales de Gobierno como Petróleos Mexicanos, Comisión Federal de Electricidad, Fideicomiso de Riesgo Compartido, además de Cursos proporcionados por Sandia National Laboratories dependencia perteneciente al Gobierno de los Estados Unidos Americanos.

Es importante mencionar que esta información sirve como guía para efectuar cálculos de capacidad de diferentes sistemas fotovoltaicos como generación de energía eléctrica, en él se describen tres proyectos que ilustran la amplia variedad de aplicaciones en que se están utilizando los sistemas de energía fotovoltaica como una fuente alterna.

Dichos proyectos fueron instalados en América Latina y se incluyen dibujos detallados que permiten visualizar fácilmente la forma en que se puede instalar un sistema No se ha intentado especificar las marcas de los componentes utilizados en los ejemplos, pero se recomienda al lector que compare las características de desempeño y el precio de los componentes que se ofrecen en el mercado, y que por lo general existen Empresas del ramo que constituyen la mejor fuente de información local por que poseen experiencia en el diseño e implementación de los sistemas fotovoltaicos.

INDICE

1. Síntesis 1
2. Introducción 2
   2.1. Objetivo 3
   2.2. Justificación 3
   2.3. Metodología 4
   2.4. Revisión bibliográfica 4
3. Fuente de energía eléctrica 5
   3.1. Sistemas de energía convencional 5
   3.2. Sistemas de energía fotovoltaicos 6
4. Historia de los sistemas fotovoltaicos 8
5. Especificaciones y diseño de un sistema 10
   5.1. Factores económicos 10
   5.2. Procedimientos para el proyecto 13
   5.3. Ejemplo especifico 14
   5.4. Calculo de la carga 15
      5.4.1. Estimación 15
      5.4.2. Selección del voltaje 18
      5.4.3. Ejemplo especifico 21
   5.5. El recurso solar 22
      5.5.1. Mes determinante para el diseño 22
      5.5.2. Selección de datos 24
      5.5.3. Descripción 25
      5.5.4. Mediciones 28
      5.5.5. Ejemplo especifico 29

5.6. Baterías 31
5.6.1. Capacidad 31
5.6.2. Disponibilidad del sistema 36
5.6.3. Mantenimiento 40
5.6.4. Tipos 41
5.6.5. Peligros 43
5.6.6. Selección y adquisición 44
5.6.7. Ejemplo especifico 44
5.7. Arreglos fotovoltaicos 47
5.7.1. Capacidad 47
5.7.2. Características 51
5.7.3. Orientación 58
5.7.4. Ejemplo especifico 59
5.8. Indicador híbrido 62
5.8.1. Relación del arreglo fotovoltaico a la carga 62
5.9. Controladores 64
5.9.1. Especificaciones 64
5.9.2. Tipo 68
5.9.3. Instalación 69
5.10. Inversores y transformadores 70
5.10.1. Hoja de especificaciones 70
5.10.2. Características 72
5.10.3. Instalación 77
5.10.4. Ejemplo especifico 77
5.11. Interconexión del sistema 79
5.11.1. Tipo y calibre de los conductores 79
5.11.2. Interruptores y fusibles 84
5.11.3. Conexiones 86

5.12. Instalación del sistema 89
5.12.1. Arreglo fotovoltaicos 89
5.12.2. Baterías 95
5.12.3. Equipos electrónicos 95
5.12.4. Conexión a tierra 96
5.12.5. Ejemplo especifico 98
5.13. Mantenimiento 100
5.13.1. Mantenimiento periódico 100
5.13.2. Localización de fallas 102
5.13.3. Ejemplo especifico 105
5.14. Economía: calculo del costo del ciclo de vida útil 107
5.14.1. Descripción 107
5.14.2. Calculo del CCVU 108
5.14.3. Notas técnicas 111
5.14.4. Ejemplo especifico 116
6. Aplicaciones especificas 121
6.1. Sistemas de bombeo de agua 121
6.1.1. Uso 121
6.1.2. Capacidad 125
6.1.3. Características 127
6.1.4. Instalación 129
6.2. Sistemas híbridos 132
6.2.1. Uso 132
6.2.2. Capacidad 136
6.2.3. Selección del generador 140
6.2.4. Control 142
7. Proyectos específicos 143
7.1. Comunicaciones 146
7.1.1. Repetidora de radio 150
7.2. Aplicaciones residenciales 162

7.2.1. Sistema de corriente alterna 162
7.3. Bombeo de agua 180
7.3.1. Bomba sumergible de corriente alterna 185

8. Conclusiones y recomendaciones 197
Bibliografía 199
Lista de tablas 201
Lista de figuras 203
Apéndice A 205
Apéndice B 228
Glosario 302
Resumen autobiográfico 329