

## Tabla de Contenido

Tema	Página
Resumen	ii
Abstract	iii
Dedicatorias	iv
Agradecimientos	v
Índice	vi
Índice de Figuras.	xi
Índice de Tablas.	xiii
Glosario de Acrónimos y Variables.	xiv
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1 Introducción.	1
1.2 Generalidades.	2
1.3 Clases de Sismos.	2
1.3.1 Sismicidad de México	3
1.3.2 Las Ondas Sísmicas.	4
1.3.3 Tipos de Ondas.	4
1.3.4 Riesgo Sísmico en México.	5
1.4 Motivación.	6
1.5 Hipótesis.	6

---

1.6 Objetivos.	7
----------------	---

1.7 Contenido.	7
----------------	---

## CAPÍTULO II

### REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA EN ESTACIONES SENSORAS DE CAMPO

2.1 Introducción.	10
-------------------	----

2.2 La Estación Sensora de Campo.	11
-----------------------------------	----

2.2.1 El Equipo de Radiocomunicaciones.	13
---	----

2.2.2 El Equipo de Medición y Procesamiento.	14
--	----

2.2.3 Pruebas de la Tarjeta de Adquisición de Datos.	14
--	----

2.3 Operación de la Estación Sensora de Campo.	16
--	----

2.4 La Estación Repetidora.	20
-----------------------------	----

2.4.1 Elementos de la Estación Repetidora.	20
--	----

2.5 Requerimientos Energeticos de la Estación Sensora de Campo.	23
---	----

2.6 Soluciones Actuales.	24
--------------------------	----

## CAPÍTULO III

### TECNOLOGIAS DISPONIBLES PARA EL SUMINISTRO DE ENERGIA EN LA ESTACIÓN SENSORA DE CAMPO

3.1 Introducción.	26
-------------------	----

3.2 Sistemas Fotovoltaicos.	27
-----------------------------	----

3.2.1 Descripción del Sistema Fotovoltaico.	29
---	----

3.2.2 Funcionamiento del Sistema Fotovoltaico.	30
--	----

3.2.3 Energía Solar.	30
----------------------	----

3.3 Baterías.	32
---------------	----

---

3.3.1 Baterías de Plomo.	32
3.3.2 Baterías Selladas, Gelificadas.	33
3.3.3 Baterías Solares.	33
3.3.4 Electrolito Absorbido.	34
3.3.5 Niquel-Cadmio.	34
3.4 Problemas Típicos con las Baterías Recargables.	34
3.5 Red Eléctrica.	37
3.6 Celdas de Combustible.	38
3.6.1 Antecedentes.	38
3.6.2 Descripción.	39
3.7 Otros.	40
3.8 Discusión.	41

#### CAPÍTULO IV

#### CELIDAS DE COMBUSTIBLE PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA EN LA ESTACIÓN SENSORA DE CAMPO.

4.1 Introducción	45
4.2 Principios de Operación de la Celda de Combustible.	45
4.3 Tipos de Celdas de Combustible.	46
a) PAFC: Celda de Combustible de Ácido Fosfórico.	47
b) PEMFC: Celda de Combustible de Intercambio Protónico.	47
c) MCFC: Celda de Combustible de Carbonato Fundido.	47
d) SOFC: Celda de Combustible de Oxido Sólido.	47
e) Tipo Alcalinas.	48
f) Otras Celdas de Combustible.	48
4.4 Ventajas de las Celdas Tipo PEM.	48
4.4.1 Los Principales Beneficios.	48
4.5 Principio de Operación de las PEM.	49

---

4.5.1 Principales Componentes de las PEM.	50
4.6 Aplicaciones.	51
4.6.1 Celdas de Combustible en Vehículos.	51
4.6.2 Uso Doméstico e Industrial.	53
4.7 Aplicaciones al SASO	54
4.8 Dimensionamiento de las Celdas de Combustible.	54
4.8.1 Valores de Tensión.	54
4.8.2 Parametro de Diseño.	54
4.9 Rendimiento de las Celdas de Combustible.	55
4.10 El Hidrógeno como Aportador Enégetico.	56
4.10.1 Obtención del Hidrógeno.	57
4.10.2 Métodos de Optención y Almacenamiento.	58
4.11 Producción de Hidrógeno en nuestro País.	60
4.12 Energía de las Celdas de Combustible.	61
4.13 Potencia y Energía de las Celdas de Combustible.	64
4.14 Implementación de las Celdas de Combustible en un Sistema Aislado.	66
4.15 Discusión	68
CAPÍTULO V	
CASO DE ESTUDIO DE LA CELA DE COMBUSTIBLE	
5.1 Introducción.	72
5.2 Definición del Caso de Estudio.	72
5.2.1 Modelo de la PEMFC	72
5.3 Caso 1: Comportamiento típico de la ESDECA.	74
5.4 Caso 2: Comportamiento Atípico en ESDECA.	76

---

5.5 Caso 3: Comportamiento típico de una ESREPE.	78
5.6 Caso 4: Comportamiento atípico de una ESREPE	81
5.7 Discusión.	82

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES FINALES Y TRABAJO FUTURO

6.1 Conclusiones.	85
6.2 Trabajo Futuro.	86

## APÉNDICE A

EL CENTRO DE INSTRUMENTACIÓN Y REGISTRO SÍSMICO	88
---	----

## Índice de Figuras.

Figura	Título
2.1	Mapa del estado de Oaxaca que muestra la localización de las estaciones sensoras de campo.
2.2	Tren de Comunicaciones del Sistema de Alerta Sísmica
2.3	Aspecto general de una estación sensora de campo típica
2.4	Aspecto del equipo de medición y procesamiento de la estación sensora de campo.
2.5	Aspecto de los ejes de monitoreo del sensor.
2/6	Aspectos del diagrama de operación de la estación de campo.
2.7	Funcionamiento del sistema de alerta sísmica ante la ocurrencia de un sismo con magnitud mayor a 5.5 grados.
2.8	Aspectos del diagrama de operación de la estación repetidora.
2.9	Descripción de las partes que componen la estación repetidora.
2.10	Equipo de comunicaciones de la estación repetidora dentro del gabinete de protección.
3.1	Aspectos de las condiciones climatológicas en estación repetidora corral de Piedra.
3.2	Aspecto del deterioro de las baterías en campo. Derramamiento de ácido.
3.3	Aspecto que muestra el deterioro de las baterías en campo.
3.4	Aspecto de un sistema híbrido con celdas de combustible.
4.1	Aspectos de la membrana de la celda de combustible tipo PEM.
4.2	Componentes de la celda tipo PEM.
4.3	Proceso de generación y distribución del hidrógeno.
5.1	Curva de demanda de la estación sensora de campo típica.
5.2	Variación en la corriente entregada por la celda caso 1.

- 5.3 Variación del voltaje entregado por la celda caso 1.
- 5.4 Potencia entregada por la celda de combustible caso 1.
- 5.5 Curva de demanda de la estación de campo, atípico.
- 5.6 Corriente entregada por la celda de combustible caso 2.
- 5.7 Voltaje entregado por la celda caso 2.
- 5.8 Potencia entregada por la celda de combustible caso 2.
- 5.9 Curva de demanda de la estación repetidora típica.
- 5.10 Corriente entregada por la celda de combustible caso 3.
- 5.11 Voltaje entregado por la celda de combustible caso 3.
- 5.12 Potencia entregada por la celda de combustible caso 3.
- 5.13 Curva de demanda de la estación repetidora atípica.
- 5.14 Corriente entregada por la celda de combustible caso 4.
- 5.15 Voltaje entregado por la celda de combustible caso 4.
- 5.16 Potencia entregada por la celda de combustible caso 4.
- 5.17 Diagrama de bloques de la celda de combustible tipo PEM utilizada en la simulación.
- 5.18 Bloque de voltaje de salida de la celda de combustible.

## Índice de Tablas

Tabla	Título
2.1	Voltajes de Operación de la tarjeta de adquisición de datos.
2.2	Localización de las estaciones de campo del SASO.
2.3	Manual de Operación, Especificaciones Técnicas.
5.1	Demanda energética de una estación de campo típica.
5.2	Demanda energética de una estación repetidora.

## Glosario de Acrónimos y Variables.

- Acrónimos.

ESDECA	Estación Sensora de Campo.
ESREPE	Estación Repetidora de Campo.
ESCERE	Estación Central de Registro.
SASO	Sistema de Alerta Sísmica de Oaxaca.
SAS	Sistema de Alerta Sísmica.
SASMEX	Sistema de Alerta Sísmica de México.
MEMS	Micro Sistemas Electromecánicos.
CIRES	Centro de Instrumentación y Registro Sísmico.
IEPCO	Instituto Estatal de Protección Civil de Oaxaca.
CA	Corriente Alterna.
CD	Corriente Directa.
FF	Celda de Combustible
Fm	Frecuencia Modulada
V	Voltaje.
R	Resistencia.
i.	Corriente.
H	Hidrógeno.
Kg	Kilogramo.
SI	Sistema Internacional de Unidades
cm <sup>2</sup>	Centímetros Cuadrados.
SCFH	Pies Cúbicos Estándar por Hora.
SCMH	Metros Cúbicos Estándar por Hora.
PEM	Membrana de Intercambio de Protones.

---

H <sup>+</sup>	Protones.
C	Coulomb.
kJ	Kilo Joules.
W	Watts.
GLP	Gas Licuado de Petróleo.
PAFC	Celda de Combustible de Ácido Fosfórico.
MCFC	Celda de Combustible de Carbonato Fundido.
°F	Grados Faraday.
SOFC	Celda de Combustible de Óxido Sólido.
NASA	Agencia Espacial Norteamericana.
Tx	Transmisor.
hp	Caballos de fuerza.
Rx	Receptor.
NiCd	Niquel-Cadmio.
CPH	Celda de Combinación Calor y Energía.

- Variables y Unidades.

O <sub>2</sub>	Oxígeno.
H <sub>2</sub> O	Agua.
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono.
mW	Mega Watts.
kW	Kilo Watts.
A	Amper.
kA	Kilo Amperes.
KVA	Kilo Volts Amperes.

°C	Temperatura en el SI
V <sub>a</sub>	Voltaje de Activación.
V <sub>r</sub>	Voltaje de Resistencia.
V <sub>c</sub>	Voltaje de Concentración.
e	Electrón.
Gf	Energía Libre de Gibbs de Formación.
ΔGf	Incremento de Energía Libre de Gibbs de Formación.
N	Número de Abogado.
F	Constante de Faraday.
E	Energía.
P	Potencia.
H	Entalpía.
ms	Milisegundo.
kHz	Kilo Hertz.
NO <sub>x</sub>	Óxidos de Nitrógeno.
SO <sub>x</sub>	Óxidos de Azufre.