

CAPITULO 3.

TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL SUMINISTRO DE ENERGÍA EN LA ESTACIÓN SENSORA DE CAMPO.

3.1 Introducción.

El Sistema de Alerta Sísmica de Oaxaca, es una herramienta importante que nos permite anticipar el arribo de energía sísmica potencialmente dañina a la Ciudad de Oaxaca con unos segundos de anticipación, dependiendo de la zona donde se origine un sismo fuerte.

Debido a esta necesidad el sistema debe de encontrarse en correcta operación, y para ayudar a reducir las posibles fallas que lleguen a presentarse, en el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico (CIRES), se cuenta con una descripción del tipo de fallas que se han detectado en el ejercicio de trabajos de campo, las cuales son:

- A. Mala calibración de partes electrónicas
- B. Defecto de radio enlace
- C. Defecto de conservación de partes eléctricas
- D. Vandalismo
- E. Partes con defecto de calidad
- F. Fenómenos meteorológicos
- G. Envejecimiento

Las que están relacionadas directamente con el suministro de energía eléctrica en la estación sensora, son las fallas de tipo defecto de conservación, fenómenos meteorológicos, partes con defecto de calidad y envejecimiento. Siendo esta última la que se presenta con mayor frecuencia y la que provoca mayores consecuencias en el sistema de alerta debido al agotamiento de las baterías; es de vital importancia mantener siempre en buen estado la fuente de alimentación de energía eléctrica, ya que de esta depende la operación de la estación de campo.

Para tratar de mitigar este tipo de fallas se ha optado por instalar paneles solares, que aporten un respaldo a las baterías, con lo que se tiene un sistema fotovoltaico para cada una de las estaciones sensoras, como se describió en el capítulo pasado. En algunos casos se cuenta con dos paneles en paralelo para aumentar la corriente y así poder garantizar la alimentación de la carga por un periodo de tiempo mayor.

Sin embargo este tipo de sistemas no han resultado del todo favorable, en muchos de los casos no ha podido contribuir a cargar las baterías de forma adecuada cuando la batería

presenta bajo voltaje, pues en muchos de los sitios donde se encuentran las estaciones sensoras las condiciones climatológicas y meteorológicas no son las más favorables para este tipo de sistemas fotovoltaicos. Además de que cuando se involucran los paneles solares, se suman otros tipos de fallas, entre las que se destacan fallas por vandalismo; se ha detectado que en algunas estaciones sensoras han tratado de robarse los paneles solares de formas en las que afectan la integridad de la torre y del equipo de comunicaciones, debido a que se intentan derribar con rocas y palos. Aunado a este tipo de fallas también se llega a presentar la falla de tipo fenómeno meteorológico, pues se han presentados ráfagas de viento que han derribado paneles solares, heladas que han ocasionado incluso el derribamiento de la torre y días muy nublados ó con lluvia, esto último es muy frecuente en las estaciones donde se tienen alturas por encima de los 2500 metros sobre el nivel del mar.

Por las condiciones orográficas del estado de Oaxaca las estaciones repetidores se encuentran en los sitios más altos para poder garantizar el radio enlace con las estaciones de campo típicas, y es en estos sitios donde las condiciones ambientales son más extremas, pues se presentan ráfagas de viento que han derribado paneles solares de tamaño considerable, e incluso han derribado o dejado inoperable algunas torres.

Del análisis de los trabajos que se han realizado en campo ha surgido la necesidad de tener que buscar un sistema que suministre la energía eléctrica de forma constante e ininterrumpida, que se vea lo menos posible afectado por los fenómenos naturales que prevalecen en las zonas donde se desean instalar. Así mismo a partir de este análisis histórico de fallas en campo debido al suministro de energía eléctrica, se concluyó que esta falla es de carácter crítico cuando se presenta en una estación de tipo repetidor; por lo que se determinó que se debe de dar prioridad a las estaciones de tipo repetidor, pues además de ser primordiales en el funcionamiento del sistema, son estas estaciones las que presentan mayor vulnerabilidad debido a su localización a sufrir alguna de las fallas antes mencionadas.

La idea es contar con un sistema de suministro de energía eléctrica que sea más confiable y que dependa de menos vigilancia, incluso del tipo inteligente que nos permita controlar y evitar mantenimientos correctivos que son los más críticos y menos deseados, pues no es posible omitir ningún tipo de falla en el suministro eléctrico.

Con esa necesidad se evalúan a continuación algunas de las formas de poder responder a los requerimientos indispensables para el funcionamiento del sistema. Incluyendo una descripción de las formas actuales con las que se suministra la energía eléctrica en algunas estaciones sensoras de campo.

3.2 Sistemas Fotovoltaicos.

Introducción a los Sistemas Fotovoltaicos.

El fenómeno fotovoltaico fue descubierto en 1839 y las primeras celdas solares de selenio fueron desarrolladas en 1880. Sin embargo, no fue sino hasta 1950 que se desarrollaron las celdas de silicio monocristalino que actualmente dominan la industria fotovoltaica. Las primeras celdas de este tipo tenían una eficiencia de conversión de solo 1%; ya para 1954 se había logrado incrementar la eficiencia al 6% en condiciones normales de operación, mientras en el laboratorio se lograron eficiencias cercanas a 15%. Las primeras aplicaciones prácticas se hicieron en satélites artificiales.

Aun cuando fueron desarrolladas en el contexto de los programas espaciales, ya para finales de la década de los setentas las celdas fotovoltaicas comenzaban a ser utilizadas en aplicaciones terrestres como en el suministro de pequeñas instalaciones (varios Watts de potencia) en sistemas de telecomunicación, televisión rural, y otras.

En la actualidad las instalaciones con capacidades de uno a diez kW están siendo más comunes alrededor del mundo para aplicaciones agroindustriales como el bombeo de agua, refrigeración, preservación de productos perecederos, o desalación de agua. En 1982 se construyó la primera planta fotovoltaica de potencia, con una capacidad de 1MW, en el estado de California en los Estados Unidos. Esta planta genera suficiente electricidad para satisfacer las necesidades de 300 a 400 casas-habitación en su zona de servicio. Tiempo, después en el mismo estado, se instaló otra planta fotovoltaica de potencia con una capacidad de 6.5 MW, que produce cerca de 14 millones de kWh al año, energía eléctrica suficiente para abastecer las necesidades de más de 2,300 casas típicas en el área.

Las celdas solares fotovoltaicas son dispositivos que convierten la luz solar directamente en electricidad, sin necesidad de equipos mecánicos. Las celdas solares están hechas de delgadas capas de material semiconductor, usualmente silicio, están unidas a contactos de metal para completar el circuito eléctrico, y encapsuladas en vidrio o plástico.

Las celdas fotovoltaicas se fabrican principalmente con silicio, el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre, el mismo material semiconductor usado en las computadoras. Cuando el silicio se contamina o dopa con otros materiales de ciertas características, obtiene propiedades eléctricas únicas en presencia de luz solar. Los electrones son excitados por la luz y se mueven a través del silicio; este es conocido como el efecto fotovoltaico y produce una corriente eléctrica directa. Las celdas fotovoltaicas no tienen partes móviles, son virtualmente libres de mantenimiento y tienen una vida útil de entre 20 y 30 años.

Por otra parte las celdas de película delgada, entre ellas el silicio amorfo, han alcanzado cierto grado de popularidad debido a su bajo costo, sin embargo su baja durabilidad, debido a la degradación, las sitúa por debajo de las celdas cristalinas.

La conversión directa de la parte visible del espectro solar es, quizá, la vía más ordenada y estética de todas las que existen para el aprovechamiento de la energía solar. Desafortunadamente esta tecnología no se ha desarrollado por completo en México. Si bien los módulos fotovoltaicos son relativamente simples, su fabricación requiere de tecnología sofisticada que solamente está disponible en algunos países como Estados Unidos, Alemania, Japón y España entre otros.

Las celdas fotovoltaicas (FV) individuales tienen una producción eléctrica limitada, la cual puede ser utilizada para operar equipos pequeños tales como juguetes, relojes y calculadoras de bolsillo. Para incrementar la salida (voltaje y amperaje) de una fuente FV, las celdas individuales se unen eléctricamente en diferentes formas. El módulo FV es el conjunto más básico de celdas FV, el cual puede incluir desde menos de una docena hasta cerca de 100 celdas. El panel FV comprende grupos de módulos, mientras que el arreglo FV es la combinación de paneles en arreglos serie y/o paralelo.

El Centro de Investigación en Energía y el Instituto de Física, ambas de la UNAM, han desarrollado cierta actividad, principalmente en la tecnología de películas delgadas, probando diferentes técnicas de deposición y analizando varios compuestos. A la fecha no han logrado obtener prototipos, motivo por el que se puede aseverar que el desarrollo fotovoltaico en México es realmente incipiente.

3.2.1 Descripción del Sistema Fotovoltaico.

Un sistema fotovoltaico es el conjunto de dispositivos cuya función es transformar la energía solar directamente en energía eléctrica, acondicionando esta última a los requerimientos de una aplicación determinada. Consta principalmente de los siguientes elementos:

- 1) Arreglos de módulos de celdas solares.
- 2) Estructura y cimientos del arreglo.
- 3) Reguladores de voltaje y otros controles típicamente un controlador de carga de batería, un inversor de corriente cd/ca o un rectificador ca/cd.
- 4) Baterías de almacenamiento eléctrico y recinto para ellas.
- 5) Instrumentos.
- 6) Cables e interruptores.
- 7) Red eléctrica circundante.
- 8) Cercado de seguridad.

Un sistema fotovoltaico no siempre consta de la totalidad de los elementos arriba mencionados. Puede prescindir de uno o más de éstos, dependiendo del tipo y tamaño de las cargas a alimentar, el tiempo, hora y la naturaleza de los recursos energéticos disponibles en el lugar de instalación.

3.2.2 Funcionamiento del Sistema Fotovoltaico.

En un sistema típico, el proceso de funcionamiento es el siguiente: la luz solar incide sobre la superficie del arreglo fotovoltaico, donde es transformada en energía eléctrica de corriente directa por las celdas solares; esta energía es recogida y conducida hasta un controlador de carga, el cual tiene la función de enviar toda o parte de esta energía hasta el banco de baterías, en donde es almacenada, cuidando que no se excedan los límites de sobrecarga y sobredescarga; en algunos diseños, parte de esta energía es enviada directamente a las cargas.

La energía almacenada es utilizada para abastecer las cargas durante la noche o en días de baja insolación, o cuando el arreglo fotovoltaico es incapaz de satisfacer la demanda por sí solo. Si las cargas a alimentar son de corriente directa, esto puede hacerse directamente desde el arreglo fotovoltaico o desde la batería; si, en cambio, las cargas son de corriente alterna, la energía proveniente del arreglo y de las baterías, limitada por el controlador, es enviada a un inversor de corriente, el cual la convierte a corriente alterna. [1].

3.2.3 Energía Solar.

En 1975 el Instituto de Ingeniería de la UNAM generó la primera versión de los mapas de irradiación global diaria promedio mensual para México, utilizando datos de insolación de 54 estaciones meteorológicas del Sistema Meteorológico Nacional (SMN). Posteriormente, mediante la ampliación de la base de datos proporcionada por el SMN, se publicó la actualización de dichos mapas de irradiación. El modelo aplicado por el Dr. R. Almanza [2], investigador del Instituto de Ingeniería, tiene desviaciones menores del 10 por ciento y fue desarrollado en la India, situación que hizo más confiable su aplicación en México, ya que tanto la latitud, como los climas en ambos países son semejantes. Actualmente este modelo es el más consultado en México para estimar las cantidades totales de radiación diarias sobre superficies horizontales. [3]

Esta información puede permitir elaborar un mejor diagnóstico de los lugares donde sea viable implementar un sistema fotovoltaico.

Además en base al trabajo de campo se tienen referencias que pueden indicar el lugar de las zonas en las que no es funcional contar con un sistema fotovoltaico, pues las condiciones climatológicas no son las óptimas para obtener el mejor rendimiento de un sistema como el fotovoltaico. De estas observaciones surge la necesidad de poder contar con un suministro de energía alternativo al que se tiene actualmente, además de que se pueda contar con un

sistema que logre brindar mayor confiabilidad y autonomía al sistema, que permita reducir el número de fallas por un bajo nivel de voltaje y garantice la correcta operación del sistema de alerta sísmica.

La figura 3.1 muestra las condiciones climatológicas típicas en la época de invierno a verano, en la región de la montaña, donde se encuentra la estación repetidora Corral de Piedra, que en la tabla 2.2 del capítulo 2, se observa que es la estación repetidora con mayor altura de todo el sistema, con una altura de 3301 metros sobre el nivel del mar. En este repetidor se concentran los datos enviados de 5 estaciones entre ellas se encuentran también estaciones repetidoras, por lo cual la correcta operación de esta estación es indispensable para el sistema de alerta sísmica de Oaxaca. Como se puede observar en la imagen las celdas solares no siempre pueden captar la energía solar debido a las malas condiciones atmosféricas, las cuales en estos sitios de grandes alturas puede alcanzar hasta 5 días continuos nublados, y en estos largos periodos la eficiencia de las celdas solares disminuye considerablemente.



Fig. 3.1. Aspectos de las condiciones climatológicas en estación repetidora Corral de Piedra

Es muy común encontrar este tipo de condiciones climatológicas en varias regiones altas donde se encuentran las estaciones repetidoras como se muestra en la figura 3.1.

Como se menciona anteriormente en el sistema fotovoltaico se cuenta con un banco de baterías, que de acuerdo a las especificaciones de marca y tipo de batería, para cada una de ella se presentan diferencias que son notables en su relación de tiempo de vida útil, es por ello que ahora se hace un análisis de las baterías y tipos que se utilizan en un sistema fotovoltaico, además de las que se utilizan en el CIRES.

3.3 Baterías.

La diferencia entre el termino pila y baterías, es que la pila hace alusión a los generadores eléctricos no recargables, mientras que la batería se aplica generalmente a los que si se pueden recargar. En el CIRES se han utilizados diferentes marcas de baterías y de diferentes capacidades, se manejan principalmente tres tipos de baterías que son:

1. Baterías de 7 Ah a 12 Volts.
2. Baterías de 25 Ah a 12 Volts.
3. Baterías de 55 Ah a 12 Volts.

La diferencia de capacidades va en función del tipo de carga que se desea alimentar, por ejemplo en una estación sensora de campo típica, se tiene una batería de 55 Amperes para alimentar el equipo sensor y un arreglo en paralelo de dos baterías de 25 Amperes para el equipo de comunicaciones.

Aunque en algunas ocasiones la marca pudiera llegar a variar, el tipo y capacidad de la batería no, y a continuación se describe los diferentes tipos de baterías disponibles en el mercado.

3.3.1 Baterías de plomo - ácido de electrolito líquido.

Las baterías de plomo - ácido se aplican ampliamente en los sistemas de generación fotovoltaicos. Dentro de la categoría plomo - ácido, las de plomo - antimonio, plomo - selenio y plomo - calcio son las más comunes. La unidad de construcción básica de una batería es la celda de 2 Volts.

Dentro de la celda, la tensión real de la batería depende de su estado de carga, si está cargando, descargando o en circuito abierto. En general, la tensión de una celda varía entre 1,75 Volts y 2,5 Volts, siendo el promedio alrededor de 2 Volts, tensión que se suele llamar nominal de la celda.

Cuando las celdas de 2 Volts se conectan en serie (positivo a negativo) las tensiones de las celdas se suman, obteniéndose de esta manera, baterías de 4, 6, 12 Volts, etc. Si las baterías están conectadas en paralelo (positivo a positivo y negativo a negativo) las tensiones no cambian, pero se sumaran sus capacidades de corriente. Solo se deben conectar en paralelo baterías de igual tensión y capacidad.

Se puede hacer una clasificación de las baterías en base a su capacidad de almacenamiento de energía (medido en Ah a la tensión nominal) y a su ciclo de vida (número de veces en que la batería puede ser descargada y cargada a fondo antes de que se agote su vida útil).

La capacidad de almacenaje de energía de una batería depende de la velocidad de descarga. La capacidad nominal que la caracteriza corresponde a un tiempo de descarga de 10 horas. Cuanto mayor es el tiempo de descarga, mayor es la cantidad de energía que la batería entrega. Un tiempo de descarga típico en sistemas fotovoltaicos es 100 hs. Por ejemplo, una batería que posee una capacidad de 80 Ah en 10 hs (capacidad nominal) tendrá 100 Ah de capacidad en 100 hs.

Dentro de las baterías de plomo-ácido, las denominadas estacionarias de bajo contenido de antimonio son una buena opción para operar en sistemas fotovoltaicos. Ellas poseen unos 2500 ciclos de vida cuando la profundidad de descarga es de un 20 % (es decir que la batería estará con un 80 % de su carga) y unos 1200 ciclos cuando la profundidad de descarga es del 50 % (batería con 50 % de su carga).

Las baterías estacionarias poseen además, una baja auto-descarga (3 % mensual aproximadamente contra un 20 % de una batería de plomo-ácido convencional) y un reducido mantenimiento.

Dentro de estas características se encuadran también las baterías de plomo-calcio y plomo-selenio, que poseen una baja resistencia interna, valores despreciables de gasificación y una baja auto descarga.

3.3.2 Baterías Selladas: Gelificadas.

Estas baterías incorporan un electrolito del tipo gel con consistencia que puede variar desde un estado muy denso al de consistencia similar a una jalea. No se derraman, pueden montarse en casi cualquier posición y no admiten descargas profundas.

3.3.3 Baterías Solares.

Las baterías utilizadas en los sistemas fotovoltaicos se denominan baterías solares. Como estas baterías también admiten un alto porcentaje de descarga, suelen llamarse asimismo baterías de ciclo profundo. Los voltajes nominales más comunes son 6 y 12 V. sin embargo también se ofrecen baterías de 25 y 48 V para sistemas con cargas de alto consumo [3].

3.3.4 Electrolito absorbido.

El electrolito se encuentra absorbido en una fibra de vidrio microporoso o en un entramado de fibra polimérica. Al igual que las anteriores no se derraman, admiten cualquier posición y admiten descargas moderadas.

Tanto estas baterías como las Gelificadas no requieren mantenimiento en forma de agregado de agua, no desarrollan gases evitando el riesgo de explosión, pero ambas requieren descargas poco profundas durante su vida de servicio.

3.3.5 Níquel – Cadmio.

Las principales características son:

- 1) El electrolito es alcalino
- 2) Admiten descargas profundas de hasta el 90% de la capacidad nominal
- 3) Bajo coeficiente de autodescarga
- 4) Alto rendimiento ante variaciones extremas de temperatura
- 5) La tensión nominal por elemento es de 1,2 Volts
- 6) Alto rendimiento de absorción de carga (mayor al 80 %)
- 7) Muy alto costo comparadas con las baterías ácidas
- 8) Al igual que las baterías de plomo - ácido, estas se pueden conseguir en las dos versiones, estándar y selladas, utilizando la mas conveniente según la necesidad de mantenimiento admisible para la aplicación prevista. Dado su alto costo, no se justifica su utilización en aplicaciones rurales. [4]

3.4 Problemas típicos con las baterías recargables.

a) Bajas temperaturas y congelamiento del electrolito:

La temperatura que alcanza el electrolito está determinada por la temperatura ambiente, ya que después de una hora la temperatura del electrolito alcanza un valor muy cercano al ambiental. Si bien la corriente que circula por la batería crea una leve disipación de calor debido a la resistencia interna, este valor es sumamente bajo como para superar la acción de una temperatura ambiente muy por debajo de los 25° C, que es el valor de temperatura ideal de trabajo para una batería de cualquier tipo.

Al bajar la temperatura del electrolito la actividad química disminuye, y consecuentemente el número de cargas libres se reduce. En términos eléctricos esta menor actividad química

se manifiesta en un aumento de la resistencia interna de la batería. Este aumento disminuye el voltaje de salida y consecuentemente la corriente en la carga.

Cuando la temperatura alcanza valores por debajo de los 0° C, el estado de carga de la batería determinaría la posibilidad de congelamiento del electrolito.

Al congelarse el electrolito se expande, la fuerza de expansión distorsiona las placas, y hasta puede llegar a quebrar la caja. En ambos casos el daño es permanente y la batería debe ser descartada y reemplazada.

b) Altas temperaturas:

Cuando la temperatura ambiente se eleva, la acción química se acelera, disminuyendo el valor de la resistencia interna. Lo que genera que aumenta la actividad química, que se traduce en una reducción de la vida útil de la batería; ya que se acelera el desgaste de la superficie activa de los electrodos.

c) Sulfatación:

Este es el mayor problema cuando se usan baterías del plomo-ácido con electrolito líquido. Se observa que la descarga de la batería forma un depósito de sulfato de plomo en ambas placas. Si el balance energético no puede ser alcanzado para la mayoría de los días en que el sistema permanece activo, el depósito de sulfato de plomo comienza a crecer en espesor. La corriente de carga que circula por las terminales no consigue desprenderlo totalmente, reduciendo la superficie activa de las placas, lo que acorta rápidamente la vida útil de la batería. [5] Las causas más habituales de la sulfatación en una batería son:

1. Dejar descargada a la batería por mucho tiempo.
2. Sobrecargas demasiado frecuentes.

Este fenómeno toma lugar en baterías que permanecen en depósito por largo tiempo, sin ser recargadas. En ocasiones las baterías que se compran para ser llevadas a campo se encuentran con voltajes bajos, siendo esta una falla que afecta directamente en el redimiendo de la batería. Además la posibilidad de sulfatación de las placas se incrementa si el sistema fotovoltaico está instalado en un lugar donde los periodos nublados son de larga duración, como se mencionó anteriormente algunas estaciones sensoras se localizan en lugares no favorables que presentan nubosidad y bajas temperaturas por largos periodos.

El proceso de sulfatación se acelera cuando la temperatura del electrolito se eleva, este es otro factor que intervine en algunas estaciones sensoras, principalmente las que se localizan cercanas a la costa, donde se registran temperaturas por encima de los 30 C la mayor parte del año.

Las baterías que se han venido utilizando en el CIRES son del tipo acidas de plomo selladas, que en las últimas valoraciones se ha observado que han contribuido al

mejoramiento del rendimiento energético, sin embargo no han mejorado sustancialmente el conflicto de fallas por falta de suministro eléctrico. Las figuras 3.2 y 3.3 muestran el deterioro de las baterías en campo, por efectos causados por la temperatura que alcanza la batería al operar en las estaciones de campo.

Algunas de las desventajas más notables son:

- a. Sólo permiten un número limitado de ciclos completos de descarga. Así que no son ideales para sistemas donde se tengan descargas profundas, constantes y por largos periodos de tiempo.
- b. Dañan el medio ambiente, el plomo es altamente toxico y dañino, si se filtra puede contaminar mantos acuíferos, ríos y arroyos.
- c. En bajas temperaturas el funcionamiento de la batería se ve severamente afectado.
- d. Si el tiempo de descarga es largo se producen lecturas de una capacidad de batería más alta que sus valores nominales.



Figura 3.2 Aspectos generales del deterioro de las baterías. Derramamiento del ácido



Figura 3.3 Aspecto que muestra el deterioro de las baterías en campo.

En algunos casos como se muestra en la figura 3.2 se han encontrado baterías que han explotado y el ácido escurre por la batería, lo cual provoca corrosión en las terminales de alimentación y la exposición directa de este ácido contenido en las baterías afecta la piel y ojos del personal que acude a reemplazar las baterías. Además hay que considerar la contaminación del subsuelo pues el ácido escurre y se filtra por debajo del gabinete llegando a la tierra cercana a la estación, lo que provoca una gran cantidad de contaminación.

En el centro se colabora para mantener un ambiente limpio y por tal razón las baterías que son desechadas se reciclan.

3.5 Red Eléctrica.

Otra alternativa para brindar el ministro de energía eléctrica es mediante la interconexión a la red eléctrica local, actualmente en el sistema del estado de Oaxaca no se tiene ninguna estación de campo alimenta con esta opción. Principalmente por razones relacionadas con la calidad de la energía que se tiene en los lugares donde se localizan las estaciones sensoras, en muchos de ellos el servicio es irregular lo que genera muchas interrupciones.

Además por experiencias del trabajo de campo con las estaciones que se encuentran en el estado de Guerrero, y que son alimentadas con la red eléctrica, se ha notado que la energía suministrada no es constante, pues presenta muchas fluctuaciones de voltaje. Lo que repercute directamente sobre el equipo sensor, ya que este es sensible ante fluctuaciones de voltaje, que pueden derivar en un desajuste de los parámetros eléctricos de éste, y que haga que dictamine mal el envío de mensaje de sismo.

En base a la experiencia recibida en trabajos anteriores de instalación y mantenimiento de las estaciones, e incluso con sondeos de la gente que vive en las comunidades cercanas a las estaciones de campo, se ha comentado que los servicios eléctricos en general son muy deficientes, cuando se presenta una falla han tardado en dar atención incluso meses para reparar la falla; ya que en muchos lugares el acceso es complicado y esto es otro factor que retarda aún más el corregir oportunamente una falla.

Por lo tanto no se puede garantizar que el sistema opere correctamente de forma ininterrumpida e incluso los costos de mantenimiento serían más elevados que los actuales.

3.6 Celdas de Combustible.

La utilización de las celdas de combustibles como fuente de alimentación en los sistemas de telecomunicaciones ha resultado muy eficiente y funcional. Por lo que en este trabajo se refiere, se planteará la propuesta de la implementación de las celdas de combustible para el suministro de las estaciones. Es una tecnología que utiliza el hidrógeno como combustible y que representa una forma de energía limpia y amigable con el ambiente, que cubre con los requerimientos energéticos y que brinda confiabilidad en el suministro de energía eléctrica. Asimismo las celdas de combustible que utilizan el hidrógeno como combustible, brindan una buena autonomía que podría disminuir sustancialmente el número de mantenimientos preventivos a causa de fallas por batería baja o por fallas derivadas de ésta.

3.6.1 Antecedentes.

Aunque el principio de funcionamiento de las celdas de hidrógeno o de combustible (C.C.) fue descubierto en el año de 1839, por William Grove, jurista y físico aficionado británico, no fue hasta principios de los años de 1960 en que fue aplicada en las misiones espaciales de la Nasa, Apolo y Géminis, para suministrar energía eléctrica y agua potable y la industria las reconoció como una opción técnica, pero en ese momento enfrentaban aún barreras tecnológicas y altos costos de producción.

En años más recientes, alrededor de 60 empresas en todo el mundo, de las cuales siete de éstas se encuentran dentro de las 10 más grandes del mundo en cuanto a ganancias se refiere, trabajan en su investigación, desarrollo y determinación de sus potenciales

aplicaciones, con el objeto de hacerlas más confiables, durables y reducir su costo. Se considera que esta tecnología revolucionará el mundo como en su momento lo hizo el motor de combustión interna, teniendo impactos positivos tanto económicos como en el medio ambiente.

3.6.2 Descripción.

Las celdas de combustible son equipos que a través de las reacciones electroquímicas, la reducción del oxígeno y la oxidación de un combustible (regularmente hidrógeno), transforman la energía química de estos elementos, en eléctrica y calorífica.

Una celda de combustible genera electricidad combinando hidrógeno y oxígeno electroquímicamente sin ninguna combustión de una manera directa y por lo tanto eficientemente. Estas celdas no se agotan como lo haría una batería en tanto se les alimenta el combustible hidrógeno y el oxidante. Así generarán energía eléctrica y calor mientras se les provea de combustible, siendo los únicos subproductos generados agua 100% pura y ya que esta reacción es exotérmica producirán también calor. La manera en que las celdas de combustible operan es mediante una celda electroquímica que consiste en dos electrodos, un ánodo y un cátodo, separados por un electrólito.

El combustible al fluir en la celda a través del electrodo negativo, y mediante un catalizador de platino que propicia la separación del hidrógeno en iones, siendo estos transportados a través de un electrolito, los que alcanzan el electrodo positivo, al combinarse con el oxígeno generan agua. Los electrones que no cruzan a través del electrolito fluyen por un circuito eléctrico externo con lo que se genera un voltaje, que al conectar una carga produce una corriente eléctrica.

El mayor beneficio del uso de hidrógeno como combustible se alcanza cuando éste se emplea en dispositivos de generación de energía eléctrica llamados Celdas de Combustible. El oxígeno, que puede provenir del aire, pasa sobre el cátodo ó electrodo positivo, mientras que un combustible como el gas hidrógeno lo hace sobre el ánodo. Cuando el hidrógeno es ionizado en el ánodo, el gas se oxida y pierde un electrón, al ocurrir esto el electrón toma un camino fuera de la celda de combustible significando una corriente eléctrica. Al final ambos elementos hidrógeno y oxígeno se vuelven a reunir para formar agua [6].

La energía aprovechable de esta reacción está dada por la diferencia de potencial ó voltaje entre ambos electrodos. Por otra parte, la corriente generada depende de la eficiencia de la celda y del área aprovechada para la reacción. Estos dos factores son de suma importancia tecnológica ya que de ellos dependerá la eficiencia y por lo tanto, la potencia utilizable de estas fuentes generadoras de electricidad. Así, para generar cantidades útiles de energía eléctrica las celdas de combustible pueden ser configuradas a partir de varias celdas unitarias conectadas en serie, además de variar el área de sus electrodos y obtener así el voltaje, la corriente y por lo tanto la potencia, apropiados para la aplicación final.

Existen varios tipos de celdas de combustible pero de manera general se pueden dividir en aquellas de baja temperatura y celdas de alta temperatura. Las primeras aunque son menos eficientes presentan ventajas sobre las segundas debido a una menor complejidad de sus sistemas, una mayor velocidad de respuesta y la posibilidad de ser más compactas.

Las celdas de baja temperatura son las que más desarrollo han sufrido e incluyen las celdas de electrolito polimérico (PEFC ó PEMFC), las de ácido fosfórico (PAFC) y las alcalinas (AFC), requieren el uso de hidrógeno generalmente de alta pureza y pueden ser obtenidas (aunque de manera limitada) con compañías que las desarrollan.

Las de alta temperatura son altamente eficientes y presentan ventajas como la capacidad de generación de mediana y alta potencia, así como la de poder utilizar combustibles antes de su transformación en hidrógeno. Un ejemplo de ello es el uso de gas natural en celdas de alta temperatura en donde internamente el metano se transforma en hidrógeno y posteriormente en electricidad. A pesar de las ventajas de las celdas de combustible de alta temperatura como las de óxido sólido (SOFC) y las de carbonatos fundidos (MCFC), éstas celdas aún no alcanzan un grado de comercialización.

3.7 Otros: Microgeneradores Eólicos.

Otra alternativa al suministro de energía eléctrica puede ser la instalación de un sistema de microgeneradores eólicos, que hoy en día se están convirtiendo en una alternativa real al suministro de energía, pues son capaces de generar energía de forma limpia y sustentable.

Estas aplicaciones están comenzando a ser utilizadas en los últimos años debido en gran medida al cambio climático y los problemas que de este se derivan. Este tipo de micro eólicas ya son una realidad en la Comunidad Europea, mientras que en México apenas se comienza a experimentar con estas nuevas tecnologías.

Las posibles aplicaciones son muchas y variadas desde:

1. Sistemas de bombeo y drenaje, para las áreas de cultivo.
2. Necesidades de alumbrado público como en carreteras, viaductos, túneles, faros semáforos, estacionamientos, etc.
3. Alimentación de zonas aisladas desde el punto de vista energético, ya que no resulta económicamente rentable llevar hasta allí la red eléctrica; como puede ser una isla, bahía, o espacios naturales protegidos.
4. En Telecomunicaciones.

En lo que se refiere al área de las comunicaciones ya se tienen aplicaciones muy relacionadas con la alimentación de sistemas de telecomunicaciones, como por ejemplo en repetidores, antenas de telefonía móvil instaladas lejos de la red eléctrica. [7]

Es aquí donde en base a las condiciones físicas del lugar donde se localizan algunas estaciones sensoras, sea muy viable contar con un sistema de micro eólica, que pueda responder a las necesidades del suministro eléctrico requerido. Además de que en combinación con el sistema fotovoltaico que actualmente se tiene, puede brindar un mejor respaldo y así tener un mejor complemento al suministro de energía eléctrica.

Actualmente se están llevando a cabo muchos desarrollos de parques eólicos en el estado de Oaxaca, esto derivado de su buen nivel de viento la mayor parte del año y de sus condiciones climatológicas y orográficas.

Con base en las condiciones ambientales existentes en el lugar donde se encuentre una estación sensora, se puede tener un mejor dictamen de que sistema conviene implementar, para garantizar el suministro de energía eléctrica requerida por una estación sensora, así se lograra optimizar más los recursos existentes y se aprovecharían otros recursos que pueden mitigar las fallas derivadas del suministro de energía eléctrica, en comparación de cuando sólo se cuenta con un sistema de alimentación eléctrico, que no siempre es el más adecuado para cada tipo de estación.

3.8 Discusión

En resumen existen muchos factores a considerar, desde el lugar donde se localiza la estación de campo hasta la función que esta realiza, pues como se mencionó anteriormente la parte de más vigilancia del sistema son las estaciones repetidoras ya que en ellas se concentra la información de las estaciones típicas. Además de que el estado de Oaxaca cuenta con una gran diversidad geográfica, que permitirá identificar de forma atinada y correcta lo que se requiere en cada zona del estado.

El sistema de alerta sísmica de Oaxaca cuenta con estaciones sensoras en todo el estado, lo que hace que existan diferencias entre las estaciones que se localizan cercanas a la costa, de las que se encuentran tierra adentro como en el caso de la parte norte del estado. Así mismo las condiciones que se tienen en la capital de estado, son diferentes a las que se tienen en la frontera con el estado de Guerrero. Con en el análisis de las condiciones que se tienen en campo, se da pauta a la utilización de sistemas generación eléctrica alternativos o complementarios al que se utiliza actualmente.

Aunque existen otras alternativas energéticas, sólo se evaluaron aquellas que se adecuaron mejor al tipo de carga que se desea alimentar, a las condiciones físicas de los lugares donde se propone su instalación y a la infraestructura actual de las estaciones de campo.

Es por esto que con base en los análisis del trabajo de campo y de acuerdo a las características de cada sistema para el suministro de energía eléctrica en la estación sensora, se propone la utilización de las celdas de combustible de hidrógeno, como sistema alterno para el suministro de energía eléctrica. El escenario donde se puede aprovechar la utilización de las celdas de combustible es desde las estaciones repetidoras hasta la estación central. En el capítulo siguiente se detallan los tipos y características de las celdas de hidrógeno que existen.

Una posibilidad para trabajos futuros es la utilización de un sistema redundante, que permita, no sólo disponer de la energía del sol, además se puede aprovechar la energía del viento a través de los micro generadores eólicos, que sumado a las celdas de combustible darían forma a una forma tecnológicamente adecuada para el suministro de las estaciones sensoras de campo. La utilización de este tipo de sistema en sitios remotos, donde los paneles solares siguen siendo la fuente principal de energía, aunado a un banco de baterías que se hace cargo del suministro durante la noche.

Las celdas de combustible pueden ser utilizadas en el caso de un largo periodo en el que el sol no brille, y se necesite contar con una mayor capacidad de suministrar energía de la que puedan aportar las baterías de respaldo. Antes de que las baterías estén totalmente descargadas se envía un mensaje de alerta, que avisa al personal correspondiente, para recargar el depósito de hidrógeno, dichos mantenimientos se hace cuando sea absolutamente necesario o programados por consumo.

Realizando un análisis parte por parte, la energía del viento es ahora más importante que nunca. Es una fuente de grandes cantidades de energía, que cada día se incrementa más su aprovechamiento. Con los avances recientes la energía eólica es competitiva económicamente contra las fuentes fósiles, especialmente en aéreas donde la electricidad es muy cara o no se cuenta con una conexión cercana al sistema eléctrico.

La energía contenida en el viento varía con respecto a la velocidad de éste, una desventaja del viento como fuente de energía, es la inherente variabilidad que sufre. La energía eólica puede ser producida sólo cuando la velocidad del viento se encuentra dentro del rango de operación de las turbinas de los aerogeneradores, por lo que la solución tradicional para este problema, en sistemas rurales o remotos, es la implementación de micro-eólicas acompañadas de otras fuentes de generación.

Una alternativa es complementar la energía eólica con celdas de combustible de hidrógeno, adicionalmente las celdas continuaran operando con eficiencia dentro de la demanda y las condiciones de la carga. Con una eficiencia mayor a la que puede ofrecer unas baterías. El hidrógeno puro es limpio y no contaminante, pero debe considerarse que la fuente de hidrógeno pueda ser recargado dentro de la misma fuente de energía. El hidrógeno es potencialmente re generable si se utiliza un electrolizador, que puede ser una fuente de

energía como la eólica o la solar. Además el hidrógeno generado a partir de la electrolisis es mucho más puro que el hidrógeno derivado de reformación de hidrocarburos [7].

Las celdas de combustible por si mismas pueden ser una fuente de energía limpia. Esto puede ser posible cuando se integra la generación del hidrógeno, en el mismo sitio por medio del electrolizador y cuando la energía solar y eólica excedan la demanda de la carga, se producirá el hidrógeno que será almacenado en un tanque contenedor, listo para su utilización, cuando la velocidad del viento no sea necesaria o en la noche cuando no puedan ser aprovechada la energía solar.

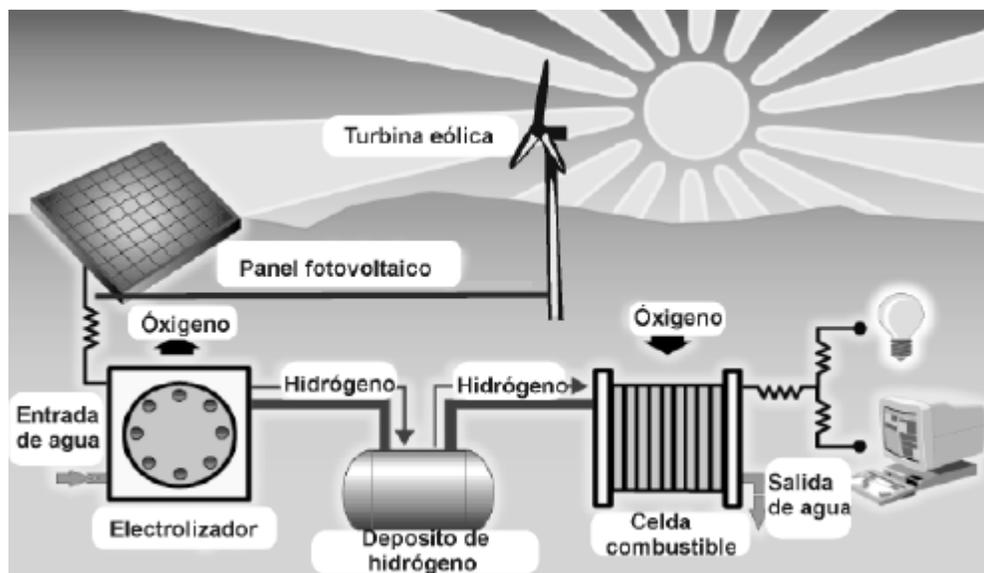


Figura 3.4 Aspecto de un sistema híbrido con celdas de combustible [4].

Cuando se tenga plenamente afianzada la utilización de un sistema redundante como el mostrado en la figura 3.4. Donde se aprovecharían al máximo las fuentes de generaciones renovables y no contaminantes. El sistema se convertiría prácticamente en un sistema ideal, pues sería un ciclo de trabajo cerrado, donde los residuos de la celda agua y calor, pueden ser provechados o reutilizados para los fines que mejor convenga. Pues en definitiva contar con un sistema donde se pueda generar el hidrógeno localmente se presume como la mejor alternativa, pues se convertiría en un proyecto muy ambicioso, desde el momento en que deja de acudir a los lugares para recargar los tanques de combustible se logra una independencia total del sistema. Además es una solución altamente tecnológica que se pone a la vanguardia con los sistemas inteligentes ya utilizados en otros lugares del mundo, donde las condiciones de aprovechamiento de los recursos energéticos renovables tienen gran impacto a nivel social y económico. En el margen de las condiciones y características ambientales de muchas regiones en el estado de Oaxaca, es muy viable poder implementar un sistema de este tipo para contribuir con el desarrollo y modernización energética en sistemas aislados como el que demanda el Sistema de Alerta Sísmica Mexicano.

Referencias

- [1] “*Sistemas Fotovoltaicos*”, SAECSA Energía Solar. México. Pagina visitada 13 de enero de 2011. <http://saecsaenergiasolar.com/fotovoltaico/introduccion/>
- [2] Rafael Almanza Salgado, “*Ingeniería de la Energía Solar*”, México 1994.
- [3] “*El Paso Solar*”, Energy Associaton EPSEA, Capitulo 5 Baterías Recargables. España 2005.
- [4] Comisión Nacional Para el Uso Eficiente de la Energía CONUEE. Pagina visitada 5 de octubre de 2010.
http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_2080_hidrógeno?page=3
- [5] “La Batería” Energía Solar Fotovoltaica, Curso de Energía Solar Fotovoltaica, Capitulo 9. Pagina visitada 5 de febrero 2011.
http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/la-bateria_29.html
- [6] “*Instalaciones Micro-Eólicas*” Confederación de Consumidores y Usuarios CECU, España. Pagina visitada 13 de agosto 2010.
<http://www.cecuc.es/campanas/medio%20ambiente/res&rue/htm/dossier/1%20eolica.htm>
- [7] Bei Gou, Woon Ki Na, Bill Diong. “*Fuel Cells, Modeling, Control, and Applications*”, Capítulo 8, CRC Press 2010.