



**Revista EDUCATECONCIENCIA.**

**Volumen 17, No. 18.**

**E-ISSN: 2683-2836**

**ISSN: 2007-6347**

**Periodo: Enero-Marzo 2018**

**Tepic, Nayarit. México**

**Pp. 158 - 166**

**Doi: <https://doi.org/10.58299/edu.v17i18.131>**

**Recibido: 26 de febrero del 2018**

**Aprobado: 28 de febrero del 2018**

**Publicado: 31 de marzo del 2018**

**Desarrollo metodológico para evaluación de riesgos de energías renovables**

**Methodological development for risk assessment of renewable energies**

#### **Autores**

**Teresa Ruiz Sánchez**

Universidad Autónoma de Nayarit

truizsmx@yahoo.com.mx

**Aarón Sánchez Juárez**

Universidad Nacional Autónoma de México

truizsmx@yahoo.com.mx

**Antonio Hidalgo Millán**

Universidad Autónoma de Nayarit

antonio.hidalgo@uan.edu.mx

**Raúl Delgado Delgado**

Universidad Autónoma de Nayarit

r.delgado@uan.edu.mx

## **Desarrollo metodológico para evaluación de riesgos de energías renovables**

### **Methodological development for risk assessment of renewable energies**

#### **Autores**

**Teresa Ruiz Sánchez**

Universidad Autónoma de Nayarit  
truizsmx@yahoo.com.mx

**Aarón Sánchez Juárez**

Universidad Nacional Autónoma de México  
truizsmx@yahoo.com.mx

**Antonio Hidalgo Millán**

Universidad Autónoma de Nayarit  
antonio.hidalgo@uan.edu.mx

**Raúl Delgado Delgado**

Universidad Autónoma de Nayarit  
r.delgado@uan.edu.mx

#### **Resumen**

Las tecnologías energéticas, incluyendo las energías renovables, conllevan a condiciones de peligro tales como acumulación de energía potencial, destellos, entre otras; esto podría causar inundaciones, accidentes automovilísticos, incendios, etc. Así, se requiere una evaluación de riesgos con el fin de minimizar sus consecuencias. Las evaluaciones deben integrar tanto estadísticas de accidentes de industrias similares como normativa internacional relacionada. Actualmente, en México, SEMARNAT regula las actividades riesgosas, sin embargo, solo es requerida para procesos con materiales peligrosos. En este trabajo se presenta una propuesta metodológica para la identificación y evaluación de riesgos. El resultado de esto apoya a la definición de zonas de exclusión, necesidades de normativa, planes y sistemas de emergencia.

**Palabras clave:** Evaluación de riesgos, tecnologías energéticas, energías renovables.

#### **Abstract**

Energy technologies, including renewable energies, lead to hazardous conditions such as potential energy accumulation, glares, among others; this could cause floods, car accidents, fires, etc. Thus, a risk assessment is required in order to minimize its consequences. The evaluations must be related to accidents similar to those of international regulations. Currently, in Mexico, SEMARNAT regulates risk activities, however, it is only

applicable for processes with hazardous materials. In this work a methodological proposal for the identification and evaluation of risks is presented. The result of this refers to the definition of exclusion zones, regulatory needs, plans and emergency systems.

**Keywords:** Risk assesment, energy technologies.

## Introducción

Dado el incremento en la demanda de energía eléctrica, así como los aspectos de sustentabilidad, el empleo de fuentes renovables de energía se ha extendido cada vez más. Por ello, el uso de estas fuentes de energía representa una estrategia adoptada en todo el mundo para disminuir tanto la dependencia de los combustibles fósiles como el impacto ambiental en la generación de energía eléctrica. En el 2016, la *International Renewable Energy Agency* (IRENA) reportó una capacidad total de generación eléctrica mundial de 2,011,332 MW con energías renovables. Esto representó un incremento de 8.8% con respecto al 2015 (IRENA, 2017). Así mismo, de acuerdo con el *Renewable Energy Policy Network for the 21st century* (REN21), a partir de 2015, la energía renovable proporcionó un estimado 19.3% de consumo de energía final global y en 2016, el sector eléctrico experimentó los mayores incrementos en la capacidad de energía renovable (REN21, 2017).

En México, entre las tecnologías renovables disponibles que juegan un papel clave se encuentran la solar, eólica y geotérmica, siendo la solar la que cuenta con mayor potencial de generación eléctrica probado y posible. Así, como resultado de la Reforma Energética, en noviembre de 2017, se obtuvo uno de los precios más económicos del mundo con 20.57 dólares por MWh de generación con la tecnología de solar fotovoltaica. Adicionalmente, se aprecia que esta tecnología ha evolucionado rápidamente en este país desde el 2006, como puede observarse en la figura 1 (SENER, 2018).

## Revisión bibliográfica (marco teórico)

Uno de los parámetros que debe ser considerado dentro de la sustentabilidad de las energías renovables es la seguridad. Por ello, en 2013, en *Paul Scherrer Institut* (PSI) en Suiza, se realizó una evaluación comparativa de riesgos de accidentes en la industria

energética. Para ese entonces dado que aún no se reportaban accidentes severos en algunas instalaciones energéticas con tecnologías renovables tales como las plantas fotovoltaicas se utilizó el juicio de expertos (Burgherr y Hirschberg, 2014). Posteriormente, Sovacool y su grupo al. realizaron un análisis de datos históricos de accidentes el sector energético del periodo de 1874 a 2014 y encontraron que este sector ha reportado 1085 accidentes con 211,529 muertes humanas y \$344.4 mil millones en daños, siendo la energía eólica la que encabeza la lista con los accidentes más frecuentes por TWh generado. El equipo de investigación analizó archivos, artículos académicos y datos de la red, pero encontró solo una muestra relativamente pequeña de accidentes para sistemas de energía con fuente solar y geotérmica (80 % de los datos encontrados correspondían a accidentes en Europa o América del Norte). En la figura 2 se muestra la contribución (porcentaje) de cada una de las tecnologías energéticas en función de la frecuencia de accidentes, considerando el período de 1874-2014. Esto recalca la importancia de contar una regulación mundial para formalizar la presentación de informes y verificación de datos básicos de accidentes energéticos especialmente en relación con la frecuencia, causa, muertes y daños a la propiedad (Sovacool et. al, 2015).

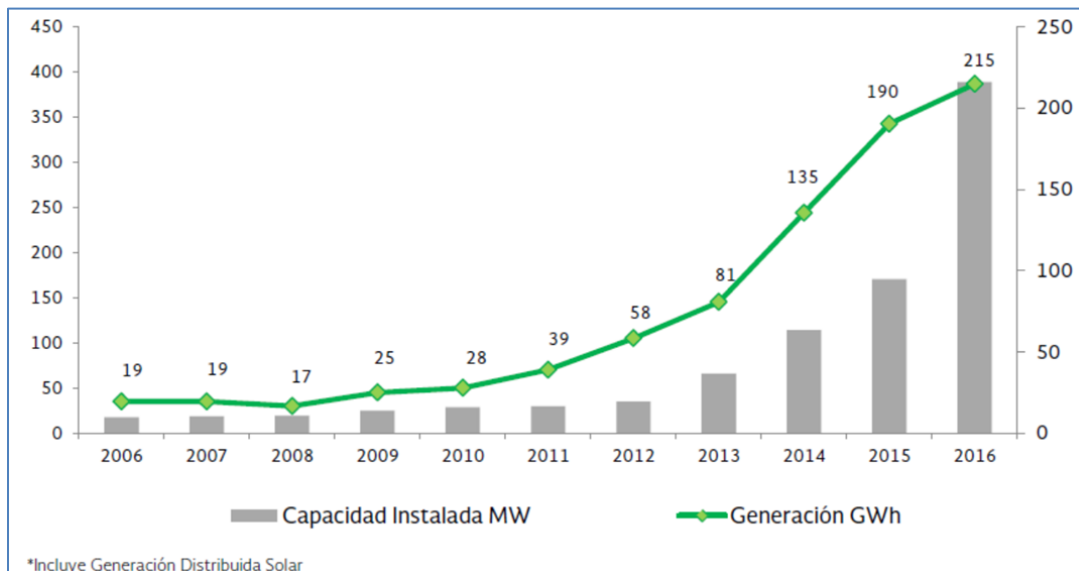


Fig. 1. Evolución de la capacidad y generación de energía solar fotovoltaica en México, 2006-2016 (MW, GWh) Fuente: SENER, 2018.

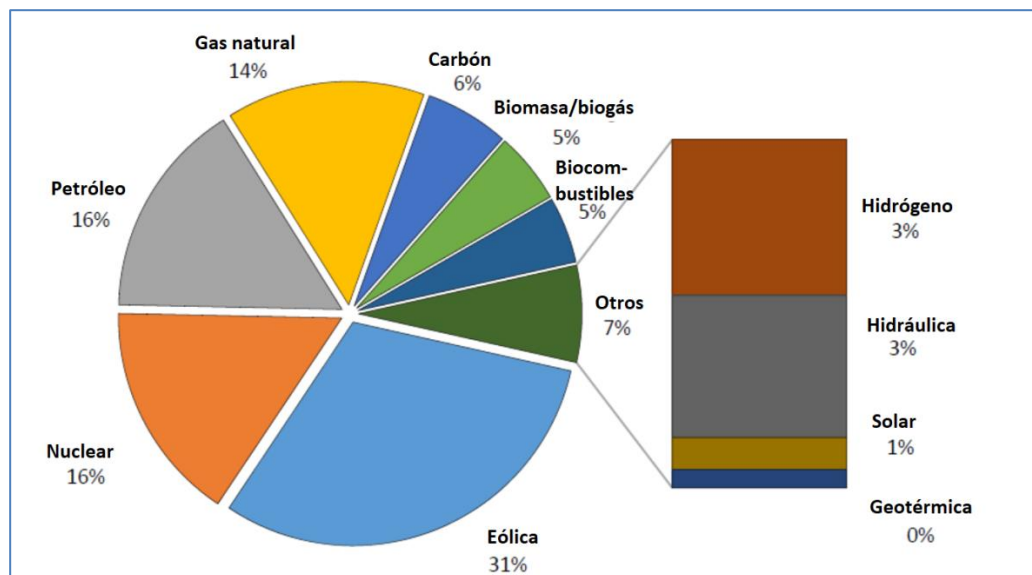


Fig. 2. Porcentaje de contribución por tipo de tecnología en los accidentes de la industria energética considerando el período de 1874-2014. Fuente: Sovacool et. al, 2015.

No obstante, lo anterior, en México la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) establece que: “Cuándo se considera que un establecimiento realiza una Actividad Altamente Riesgosa? Cuando maneja cantidades iguales o superiores de una o más sustancias señaladas en el Primer y/o Segundo Listados de Actividades Altamente Riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y 4 de mayo de 1992 respectivamente...” (SEMARNAT, 2018).

Como ejemplo de accidentes ocasionados por las tecnologías energéticas renovables, en donde no se encuentran involucradas sustancias peligrosas se tiene que, en la tecnología fotovoltaica, el deslumbramiento o resplandor de la luz solar directa ha sido reconocido, desde hace muchos años, como un peligro potencial para los conductores y pilotos de aeronaves. De acuerdo con datos estadísticos de Estados Unidos, reportados por la *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA) se estima que el deslumbramiento ocasiona casi 200 defunciones y miles de accidentes en vehículos de motor anualmente. De igual manera, la *Federal Aviation Administration* (FAA) ha

informado que el destello por luz solar directa contribuyó a casi una docena de accidentes, en promedio cada año, en la aviación durante un estudio de 11 años (Nakagawara et. al., 2003; Costantinou, 1998).

## Metodología

Dado los antecedentes de las limitantes en la evaluación de riesgos de las tecnologías energéticas en nuestro país, así como la evidencia de que aún en ausencia de sustancias peligrosas, estas instalaciones pueden dar a lugar a accidentes severos, se presenta una propuesta metodológica. En la figura 3 se muestra el esquema representativo de esta propuesta.

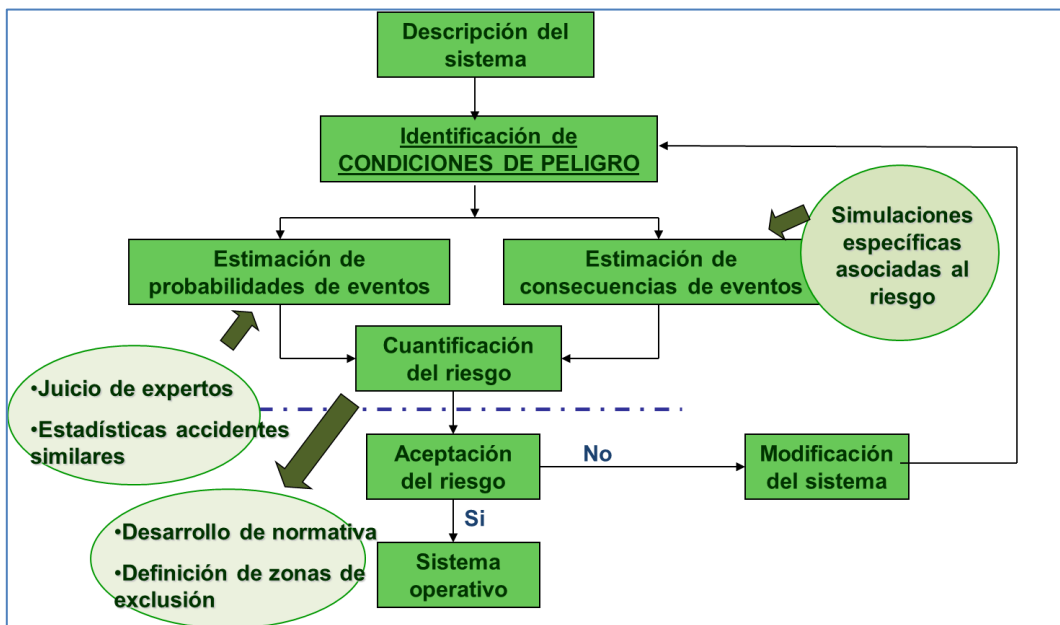


Fig. 3. Esquema de la propuesta metodológica para evaluación de riesgos de tecnologías energéticas.

Como puede observarse en el esquema, para la evaluación del riesgo es necesario tanto la estimación de las probabilidades de eventos indeseados como de las consecuencias. Sin embargo, para la estimación de probabilidades de las tecnologías que utilizan sustancias peligrosas como las termoeléctricas y de ciclo combinado, ya existen técnicas ampliamente utilizadas y recomendadas por la SEMARNAT tales como *Hazard and Operability*

*Analysis* (HAZOP), Análisis de Árboles de Fallas (FTA, por sus siglas en inglés) entre otras. Así mismo, para la evaluación de consecuencias de dichas tecnologías, se aceptan las simulaciones realizadas con el programa de cómputo PHAST complementarias a la técnica de Análisis de Árboles de Eventos (ETA, por sus siglas en inglés).

Así, en el esquema se presenta que para la estimación de las tecnologías energéticas que no utilizan sustancias peligrosas, la estimación de las probabilidades de los eventos indeseados se debe hacer a través de juicio de expertos en las tecnologías considerando el entendimiento de los modos y mecanismos de falla de cada sistema. De igual manera, la evaluación de las consecuencias debe hacerse con base en mediciones empíricas o simulaciones específicas al sistema, por ejemplo para la condición de destello y sus efectos, la FAA comenzó a exigir los modelos cuantitativos para los nuevos proyectos e inicia trabajos con *Sandia National Laboratories* (SNL) del Departamento de Energía (DOE, por sus siglas en inglés) (ACRP, 2014). Como resultados, estos laboratorios desarrollaron el programa de cómputo “Análisis de Peligros y deslumbramiento solar” (SGHAT, *Solar Glare Hazard Analysis Tool*) (SNL, 2017).

Una vez que se tiene las dos componentes del riesgo, debe definirse si está dentro del nivel de ser aceptado; en nuestro país una de las instituciones que definen este nivel es el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). No obstante, se puede considerar alguna referencia de otras industrias en donde se indica que el riesgo social debe estar en el rango menor a  $1E-06$  (Manga y Videla, 2014).

## Resultados y Conclusiones

Todas las tecnologías energéticas conllevan a situaciones de riesgos que pueden dar como resultado accidentes severos. Por ello, dentro de las condiciones que deben ser evaluadas en las etapas de diseño de las tecnologías energéticas de fuentes renovables y su relación con estas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Relación de condición de peligro y tecnología energética asociada.

Condición de riesgo	Tecnología energética
Almacenamiento de energía potencial	Hidroeléctricas y eólicas
Incremento de energía cinética	Eólicas y maremotriz
Altos voltajes	Fotovoltaica
Alta temperatura	Geotérmica, solar térmica y biocombustibles
Destellos	Fotovoltaica
Altas presiones	Geotérmica y biomasa.

Las evaluaciones de riesgos de instalaciones energéticas deben considerar las condiciones geográficas y densidad de población, así como zonas de afectación. El AR es necesario para prevenir accidentes severos y emitir normativas que controlen los impactos, la definición de zonas de exclusión asociados al desarrollo de planes de emergencia, así como el diseño e introducción de sistemas de mitigación. Dado que cada tecnología tiene sus particularidades es necesario realizar esfuerzos conjuntos para el desarrollo de normativa y herramientas predictivas tales como programas de cómputo.

## Referencias

- Airport Cooperative Research Program, ACRP 108 (2014). Guidebook for Energy Facilities Compatibility with Airports and Airspace. Recuperado de <http://www.trb.org/Publications/Blurbs/170609.aspx>
- Burgherr P and Hirschberg S (2014). Comparative risk assessment of severe accidents in the energy sector. *Energy Policy*. 74, S45-S56.
- Costantinou, M (1998). Glaring Danger—Bright Sun, Deadly Collisions. Recuperado de <http://www.sunposition.com/GlaringDanger.html>
- International Renewable Energy Agency (2017). Renewable Energy Statistics 2017. The International Renewable Energy Agency. Recuperado de <http://www.irena.org/publications/2017/Jul/Renewable-Energy-Statistics-2017>



- Manga R. y Videla Ivanssevich (2014). Taller de seguridad de procesos – ARPEL. Análisis de Peligros y Riesgos. Recuperado de <https://www.recope.go.cr/wp-content/uploads/2014/03/06b-Analisis-de-Riesgo-e-Identificacion-de-Peligros.pdf>
- Nakagawara, V., K. Wood, and R. Montgomery (2003). Natural Sunlight and Its Association to Aviation Accidents: Frequency and Prevention. Recuperado de [http://www.aerohabitat.eu/uploads/media/18-05-2003\\_-\\_DOT\\_FAA\\_-\\_Luce\\_solare\\_e\\_incidenti\\_aerei\\_500\\_KB\\_.pdf](http://www.aerohabitat.eu/uploads/media/18-05-2003_-_DOT_FAA_-_Luce_solare_e_incidenti_aerei_500_KB_.pdf)
- Renewable Energy Policy Network for the 21st century (2017). Renewables 2017 Global Status Report. Recuperado de [http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399\\_GSR\\_2017\\_Full\\_Report\\_0621\\_Opt.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399_GSR_2017_Full_Report_0621_Opt.pdf)
- Sandia National Laboratories (2017). Solar Glare and Flux Mapping Tools. Recuperado de <https://share.sandia.gov/phlux>
- Secretaría de Energía (2018). Prospectiva de Energías Renovables 2017-2031. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/284345/Prospectiva\\_del\\_Sector\\_Elctrico\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/284345/Prospectiva_del_Sector_Elctrico_2017.pdf)
- SEMANAT (2018). Información adicional al trámite SEMARNAT-07-008 Presentación del estudio de riesgo para empresas que realizan actividades altamente riesgosas. Recuperado de <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/tramite-semarnat-07-008>
- Sovacool B.K., Kryman M. and Laine E. (2015). Profiling technological failure and disaster in the energy sector: A comparative analysis of historical energy accidents. *Energy*. 90-Part 2, 2016-2027.