



Conciencia Tecnológica

ISSN: 1405-5597

contec@mail.ita.mx

Instituto Tecnológico de Aguascalientes  
México

López Torres, Virginia Guadalupe; Alcalá Álvarez, Carmen; Moreno Moreno, Luis Ramón  
La Cadena de Suministro de la Energía Solar  
Conciencia Tecnológica, núm. 43, enero-junio, 2012, pp. 18-23  
Instituto Tecnológico de Aguascalientes  
Aguascalientes, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94424470003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## **La Cadena de Suministro de la Energía Solar**

Investigación

Dra. Virginia Guadalupe López Torres, Dra. Ma. Carmen Alcalá Álvarez, Dr. Luis Ramón Moreno Moreno  
Universidad Autónoma de Baja California, México, DES Económico Administrativas  
Boulevard Zertuche y Boulevard de Los Lagos s/n, Fracc. Valle Dorado, Ensenada, Baja California  
C.P. 22890, tel. 01 (646) 1766600 ext. 161, fax 01 (646) 1766600 ext. 117, virginia.lopez@uabc.edu.mx

### **Resumen**

Se presenta la cadena de suministro instalada en México para el mercado de la energía solar, con base a una investigación exploratoria realizada en bases de datos especializadas de empresas dedicadas a la fabricación, proveeduría, comercialización y prestación de servicios de sistemas solares. Los resultados indican la no existencia en México de una cadena de suministro articulada, sólo se perciben eslabones aislados, por ello se plantea que el gobierno a través de políticas públicas fomente su desarrollo a fin de fortalecer este segmento de mercado.

**Palabras clave:** cadena de suministro, energía solar.

### **Abstract**

Presenting the supply chain installed in Mexico for the solar energy market, based on exploratory research conducted in specialized databases of companies engaged in the manufacture, supply, service and marketing of solar systems. The results indicate the non-existence in Mexico of an articulated supply chain, only isolated links are perceived, there for it is argued that the government through public policy encourages their development in order to strengthen this market segment.

**Key words:** supply chain, solar energy.

### **Introducción**

El desarrollo tecnológico e industrial a nivel mundial ha propiciado que actualmente se requieran grandes cantidades de energía para la producción de bienes y servicios, la cual se obtiene primordialmente del petróleo y sus derivados. En el entendido de que estos energéticos no son renovables, es prioritario el utilizarlos de forma racional y eficiente, al mismo tiempo que se desarrollan otras fuentes de suministro

de energía. Estas últimas, en buena medida deberán ser renovables y con un mínimo de impacto ambiental, como la solar o la eólica.

La intensa generación de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por la quema de combustibles fósiles y la progresiva acumulación de este compuesto en la atmósfera está perturbando los patrones climáticos, lo que se manifiesta a través de los gases de efecto invernadero. Científicos de todo el mundo estiman que de mantenerse la actual tendencia, las alteraciones climáticas se agravarán con consecuencias catastróficas. En ese marco, empieza a emerger una nueva economía climática como resultado de la escasez de recursos, los graves efectos del calentamiento global y la innovación industrial. Ante ello, es importante empezar a explotar el potencial solar de México, y particularmente el de Baja California (B.C.), entidad donde tres de sus cinco municipios (Ensenada, Mexicali y Tecate) presentan niveles de radiación solar directa (DNI) por encima de 6.5 KW/m<sup>2</sup>/día [1].

Es importante señalar que para detonar las fuentes de energía renovable en el país, se hace necesario constituir un marco regulatorio que clarifique las condiciones del mercado, dado que prevalece el doble discurso; por un lado se dice que México se volverá un país de bajo carbono en algunos años, pero el sector de energía no camina en esa dirección. Por otro lado, no se posee una estructura de empresas en el sector, tampoco se tiene el personal capacitado, los mercados y agentes financieros.

Un cuestionamiento pertinente es: ¿Cuántos expertos en energías renovables y eficiencia energética existen en el país? La respuesta no se tiene, pero se sabe de la necesidad de una masa crítica de actores pensantes, capaces de conducir la transición a la economía del futuro, es decir, una economía baja en carbono. También son importantes otros actores como los fabricantes, sus proveedores y distribuidores. Por ello el objetivo del presente artículo es ilustrar la cadena de suministro para la energía solar instalada en México a través de un modelo y un Road-map.

## Fundamentos teóricos

Young y Esqueda [2], señalan que el concepto de cadena de suministro, es un término incorporado recientemente al lenguaje de la ciencia de los negocios, atribuido a Robert Lutz durante sus tiempos en Chrysler. Además, para estos autores, el concepto desde su introducción, tiene como significado una serie de entidades conectadas por medio de la relación comprador-vendedor, que se inicia con las materias primas hasta llegar al producto terminado en manos del consumidor final.

Para Araneda y Moraga [3], la cadena de suministro se compone de todas las partes involucradas, directa o indirectamente, en satisfacer las necesidades de los clientes. Estos autores, a su vez citan a Garrido para indicar que las actividades relacionadas con la cadena de suministro se pueden clasificar en cuatro áreas: localización de recursos, producción, inventario y transporte-distribución.

Por otro lado, el concepto gestión de la cadena de suministro (en inglés: supply chain management, SCM), hace alusión a los medios por los cuales las empresas abordan la creación, distribución y venta de sus productos [4]. “Una cadena de suministro consta de dos o más organizaciones legalmente separadas que están conectadas por flujos de materiales, de información y financieros” [5].

Cárdenas y Urquiaga [6] citan al Consejo de Profesionales en Administración de la Cadena de Suministros (CSCMP por sus siglas en inglés), para definir la administración logística como “la parte de la administración de la cadena de suministros que planea, implementa y controla la eficiencia y efectividad del flujo, flujo de retorno y almacenamiento de bienes y servicios, y la información relacionada, entre el punto de origen y el punto de consumo, con el propósito de satisfacer los requerimientos del consumidor”. Vallet-Bellmunt [7] señala que en la literatura sobre la cadena de suministro, el papel de la integración es considerado como el principal factor para mejorar los resultados.

Drucker sostiene que los componentes más importantes a evaluar en cualquier ambiente son los clientes, los competidores, los proveedores, las regulaciones gubernamentales y las condiciones macroeconómicas. Los clientes se evalúan en función de sus demandas o necesidades actuales y futuras. Los competidores se evalúan para determinar su posicionamiento para competir efectivamente. Los proveedores se evalúan en función de sus capacidades para cumplir con los requisitos de calidad, las cantidades requeridas, las expectativas de precios y las

capacidades logísticas para hacer las entregas en los lugares esperados cuando se requieran [2].

Las cadenas de suministro globales se construyen con base en una combinación de compradores, vendedores, empresas de transporte y diferentes intermediarios que tienen la responsabilidad del flujo de elementos físicos, el flujo de información o ambos. En este proceso están incluidos los agentes aduaneros, los consolidadores de carga en contenedores (*nonvessel operating common carriers*, N-VOCC), los responsables del empaque del producto, los transportistas terrestres, las líneas aéreas, las navieras, los puertos, las almacenadoras, las aduanas e innumerables agencias gubernamentales que tienen responsabilidades asociadas a la entrada y salida de bienes de una jurisdicción dada. Los importadores ensamblan combinaciones de todos estos agentes en forma de redes que pueden ser muy frágiles, por un lado, y sustancialmente inflexibles, por el otro [2].

En el caso de la industria de la energía solar, la principal dificultad es la instalación y mantenimiento que presentan los generadores de electricidad a partir de ésta, además del transporte de la electricidad generada hasta las redes de subtransmisión. Este tipo de generación, debido a su baja potencia y a los altos costos de instalación no es capaz de financiar individualmente una línea de conducción extremadamente larga para la salida al mercado de la energía producida. Por esta razón, típicamente para este tipo de generación la conexión a las redes de distribución es la mejor opción. El problema de esto, es que los recursos energéticos renovables se encuentran alejados de los grandes centros de consumo y en lugares donde las líneas de abastecimiento de energía están planificadas para abastecer pequeños consumos rurales, por lo que generalmente las redes de distribución requieren de ampliaciones que permitan incorporar la electricidad generada a través de fuentes renovables.

El Departamento de Energía Estadounidense [8], argumenta que es urgente el diseño de redes eléctricas eficientes que permitan transportar la energía renovable a los usuarios. Esta agencia en su visión de red 2030 llama a la construcción de un sistema eléctrico del siglo XXI que conecte a todos a una electricidad abundante, accesible, limpia, eficiente y confiable, todo el tiempo y en cualquier lugar. Señala que esto se puede alcanzar mediante una red inteligente, la cual integre avanzadas funciones a la red eléctrica nacional, mejore la confiabilidad, la eficiencia y la seguridad, y también contribuya a la meta de reducir las emisiones de carbono. Enfatiza que estos avances se conseguirán a través de la modernización de la red eléctrica, con tecnologías de punta, como microprocesadores,

computación avanzada y tecnologías de la información. También destaca la necesidad de contar con la mejor fuerza de trabajo formada por científicos, ingenieros, técnicos y profesionales de los negocios, para poder hacer posible la visión.

México también debería plantearse una visión de largo plazo y crear políticas públicas que potencien el desarrollo de un mercado de energías renovables y su correspondiente cadena de suministro. De acuerdo con Francisco Solís Baeza, director comercial de Conermex, México tardará alrededor de 10 años en desarrollar proveeduría nacional para la fabricación de paneles solares, debido a que se requiere un mercado de 60 megawatts (MW) para ser rentable y apenas en 2011 alcanzó los 10 MW [9].

### Materiales y métodos

Para el logro del objetivo planteado en el presente documento se revisaron las siguientes bases de datos: 1) Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM), 2) Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), 3) Asociación de la Industria Maquiladora, 4) Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA) y el directorio de productos y servicios sustentables 2011-2012 de la Secretaría de Economía. Además de realizar búsquedas directas en internet. En dichas revisiones se trató de ubicar a las empresas que fabrican, comercializan o brindan servicios de instalación y mantenimiento de paneles solares, sistemas fotovoltaicos o sistemas de energía que funcionen con la irradiación del sol. Para identificar a las Instituciones de Educación Superior (IES) que ofertan programas académicos relacionados con la energía solar, así como identificar los centros de investigación especializados en las mismas, se consultó el catálogo de carreras de licenciatura en universidades e institutos tecnológicos del 2007 de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) [10].

### Resultados y discusión

Los resultados de la investigación ponen de manifiesto que la cadena de suministro instalada en el país para atender el mercado de la energía solar es incipiente. Dentro de las empresas dedicadas a la manufactura de productos solares se han encontrado cinco empresas. La tabla 1 ilustra información de las mismas.

Respecto a los distribuidores y prestadores de servicios se debe destacar que la mayoría de las

empresas identificadas se localizan en el centro del país, conformando una cadena con pocos eslabones (ver tabla 2 y figura 1).

Planta	Ubicación e inicio operaciones
Sanyo Energy	Monterrey, diciembre 2009
Kyocera	Tijuana, 1987
Unisolar	Tijuana, 1992
Siliken	Tijuana, mayo 2011.
Alt Energy de México	León.

**Tabla 1.** Plantas de productos solares

Fuente: Elaboración propia

Tipo de eslabón	Número de Establecimientos
Distribuidores de paneles solares, plantas de energía, sistemas de calentamiento de agua y otros equipos	71
Instalación y Mantenimiento	6
Diseño, construcción y operación de plantas de generación. Soluciones para energía eléctrica y soluciones integrales.	7
Asesoría jurídica	3
Insumos para la Industria Solar Fotovoltaica	2

**Tabla 2.** Eslabones de la Cadena de suministro de la energía solar

Fuente: Elaboración propia

Un eslabón muy importante en esta cadena son las instituciones educativas encargadas de formar al personal especializado que ha de laborar en las empresas ya sean proveedores, fabricantes o distribuidores. Es pertinente destacar que a nivel licenciatura son muy pocas las IES que cuentan con programas especializados en energía solar, todos ellos se definen como estudios de ingeniería (ver figura 2); el presente estudio no contempló la educación a nivel técnico, la cual también es muy necesaria para el desarrollo del sector.

Las tareas de investigación y desarrollo tecnológico son otro eslabón necesario para fortalecer esta cadena de suministro; en el país sobresalen cuatro centros de investigación especializados en el tema, ellos son: el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN), el Centro de Investigación en Energía (CIE) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) de la Secretaría de Energía (Sener) y el Centro de Investigación Científica de Yucatán.

Para dar certidumbre a las empresas de la cadena de suministro, particularmente las generadoras de energía es necesario que en la cadena se incluyan las dependencias del gobierno federal, responsables de

definir leyes y políticas públicas del sector, ellas son: Comisiones de Energía del Senado y de la Cámara de Diputados, la Secretaría de Energía (Sener), la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE)<sup>1</sup>, Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), y la Comisión Reguladora de Energía (CRE).

En general, en México la cadena de suministro para la energía solar se conforma de cinco fábricas, dos proveedores de insumos, 71 comercializadores, seis empresas especializadas en la instalación, tres empresas que brindan asesoría jurídica y siete que diseñan proyectos. La figura 1 muestra el Road-map de la energía solar en México.



**Figura 1.** Road-map Energía solar en México

Fuente: Elaboración propia con imagen de <http://maps.google.com.mx/>

Según Rosagel [9], en México existe un mercado potencial para los sistemas fotovoltaicos de al menos 500,000 usuarios que pagan una tarifa de alto consumo de electricidad en sus recibos. Destaca la necesidad de un esquema de financiamiento para incentivar el mercado doméstico, pues el costo de un watt producido a través de paneles solares es de dos dólares aproximadamente y el monto requerido para su instalación oscila entre los 1,300 y 20,000 dólares o más dependiendo del proyecto.

Es pertinente señalar que la Ley del Impuesto sobre la Renta (LISR) en su artículo 40 establece la deducción al 100% en maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables en el año fiscal que haya sido adquirido, pero este apoyo fiscal sólo es aplicable a empresas y personas físicas con actividad empresarial [11]. No aplica a usuarios.

<sup>1</sup> Promueve la eficiencia energética y se constituye como órgano de carácter técnico en materia de aprovechamiento sustentable de la energía.

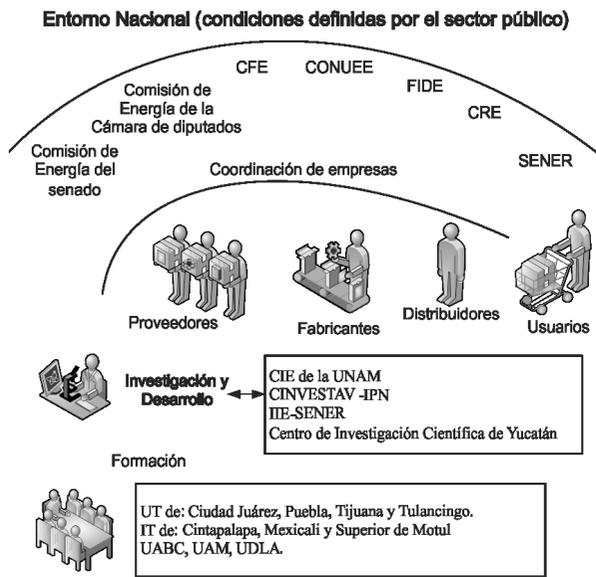
En el Distrito Federal, el Código Financiero, artículo 265 H señala que las empresas o instituciones que apoyen programas de mejoramiento de condiciones ambientales, tienen derecho a una reducción equivalente al 50%, respecto del Impuesto sobre Nóminas; y las empresas de servicios e industriales que adquieran, instalen y operen tecnologías, sistemas, equipos y materiales o realicen acciones que acrediten prevenir o reducir las emisiones contaminantes establecidos por las normas oficiales mexicanas y las ambientales para el Distrito Federal, podrán obtener una reducción de hasta el 25% del Impuesto Predial [12].

En Alemania, el fuerte desarrollo fotovoltaico se dio a consecuencia de una ley del gobierno para fomentar la energía verde, el gobierno paga tres veces más al generador, por ello el usuario percibe como una inversión el instalar módulos fotovoltaicos en el techo de su casa y generar energía para su consumo y en exceso, la cual transfiere a la compañía eléctrica estatal, recibiendo créditos por la energía generada y no consumida.

El marco legal de la energía solar en el país está regulado por la Ley del servicio público de energía eléctrica (de 1975, última reforma en 2011), en ella se señala que: Para efectos de la fracción III del artículo 11 de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, la Sener fija como meta una participación máxima de 65% de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica para el año 2024, del 60% en el 2035 y del 50% en el 2050. Los porcentajes restantes deberán cubrirse mediante la participación de las energías renovables [13]. Lo que representa una oportunidad para el mercado de la energía solar.

Teniendo en cuenta los resultados de la investigación que indican una incipiente cadena de suministro para el mercado de la energía solar, se plantea la necesidad de diseñar políticas públicas que propicien el desarrollo de una cadena de suministro integrada como la que se muestra en la figura 2.

Para lo cual el país requiere atraer inversión extranjera y promover la inversión nacional en la instalación de fábricas de sistemas solares de generación de energía, a través de un paquete de incentivos de política pública que incluya aquellos que han resultado ser exitosos en otros países. Lo anterior, por un lado, implicaría el desarrollo de proveedores locales y nacionales y por otro, posibilitaría la creación de centros de investigación regionales en energías renovables.



**Figura 2.** Cadena de suministro de la Energía solar.  
Fuente: Elaboración propia con base a [13]

### Conclusiones

El siglo XXI está siendo testigo de los efectos de la modernidad, particularmente de aquella que genera considerables impactos al medio ambiente y que es causa del cambio climático.

La gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero liberadas al medio ambiente, para satisfacer las necesidades de la población mundial, han producido grandes cambios en diversas regiones del planeta, tales como sequías agudas, tormentas cada vez más destructivas, inundaciones, así como procesos de erosión que se han generalizado y que han causado desequilibrios ambientales de consideración; que de no revertirse, podrán resultar en condiciones catastróficas a mediano plazo. Por ello y a fin de aprovechar la ventaja comparativa que se tiene en varias localidades del país y en particular en Baja California respecto a los niveles óptimos de DNI, se hace necesario impulsar el desarrollo de una cadena de suministro integrada y robusta, que permita detonar el crecimiento del mercado de la energía solar.

### Referencias

- [1] López .V., Marín E. y Moreno L. (2010), “El tratado de Kyoto y la generación y uso de energía solar y eólica, como estrategia de reducción de gases de efecto invernadero: caso Baja California, México”, ponencia presentada en *III Coloquio Nacional de Estudios sobre Competitividad*, (Mexicali, B.C.) (30 de septiembre y 1 de octubre de 2010), p. 129-150.
- [2] Young R. y Esqueda P. (2005) Vulnerabilidades de la cadena de suministros: consideraciones para el caso de América Latina, *Revista Latinoamericana de Administración*, 34, CLADEA, Bogotá, p. 63-78.
- [3] Arandeda M. y Moraga S. (2005), La decisión de localización en la cadena de suministro, *Ingeniería Industrial*, Año 4. N°1 - Segundo Semestre, p. 29-39.
- [4] Rubiano O. (2003), Mejora del Rendimiento Operativo y Financiero de las Cadenas de Suministro mediante el uso de las Herramientas de Colaboración basadas en Internet. Un Enfoque Sistémico, *Ingeniería y Competitividad*, volumen 4, No. 2 – Abril, p. 34-41.
- [5] Cannella S., Ciancimino E., Framinaninan J. y Disne (2010), Los cuatros arquetipos de cadenas de suministro, *Universia Business Review*, segundo trimestre, p 134-149.
- [6] Cárdenas A. y Urquiaga R. (2007) Logística de operaciones: integrando las decisiones estratégicas para la competitividad, *Industrial*, Vol. XXVIII/No. 1, p. 37-41
- [7] Vallet-Bellmunt T. (2010), Las relaciones en la cadena de suministro no son tan peligrosas, *Universia Business Review*, segundo trimestre, p.12-33
- [8] Department of Energy U.S. “Electric Vision”, [http://energy.gov/oe/DocumentsandMedia/Electric\\_Vision\\_Document.pdf](http://energy.gov/oe/DocumentsandMedia/Electric_Vision_Document.pdf), visitado el 12 de junio de 2009.
- [9] Rosagel S. “Paneles solares chinos para México”, <http://cache.cnnexpansion.com/manufactura/2011/01/26/paneles-solares-chinos-para-mexico>, visitado el 12 de febrero de 2011.
- [10] Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior “Catálogo de Carreras de Licenciatura en Universidades e Institutos

- Tecnológicos2007” [http://www.anuies.mx/servicios/catalogo\\_nvo/Catalogo\\_2007Version%20Final\\_red.pdf](http://www.anuies.mx/servicios/catalogo_nvo/Catalogo_2007Version%20Final_red.pdf), visitado el 12 de febrero de 2011.
- [11] Diario Oficial de la Federación “Ley del Impuesto sobre la Renta” <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/82.pdf>, visitado el 10 de julio de 2010.
- [12] Gobierno del Distrito Federal “Código financiero del Distrito Federal”, <http://www.cultura.df.gob.mx/transparenciaNEW/codigofinanciero.pdf>, visitado el 4 de agosto de 2011.
- [13] Diario Oficial de la Federación “Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética” <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAERFTE.pdf>, visitado el 10 de julio de 2010.
- [14] Mentzer, J. et al. (2001). Defining Supply Chain Management. Journal of Business Logistics. Vol. 22, # 2, pp.1-25.

**Artículo recibido:** 15 de septiembre de 2011

**Aceptado para publicación:** 20 de abril de 2012