

Estudio tecnico economico de paneles solares interconectados a la red de distribución

C. González-León, J. Torres, J. P. Serrano, A. D.A. Rodríguez-Alejandro y N. González-Cabrera

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
Irapuato, Gto.; México
nestorgc@ieeee.org

Abstract— In this paper, a technical and economic study is carried out for the installation of solar panels in order to generate electric energy without storage for domestic use and interconnected to the electric distribution network, considering high consumption domestic users. With the finality of reducing the electricity bill consumption for final users. In this way, different scenarios are carried out considering the cost of the electric tariff without government subsidy as well as the recovery time for both scenarios, to justify the investment of the solar panels for residential consumers. It should be noted that the cost of solar photovoltaic systems and derivatives products contracted would be fully compensated with the savings produced using this technology and in compliance with current regulations regarding the new law on renewable energies and energy transition in Mexico.

Keyword— *Solar Panel, technical economic, final user, energy reform.*

Resumen— En este trabajo se realiza un estudio técnico - económico para la instalación de paneles solares con la finalidad de generar energía eléctrica sin almacenamiento para uso doméstico e interconectándose a la Red de Distribución Eléctrica, para usuarios Domésticos de Alto Consumo. Con la finalidad de reducir los costos de la factura de electricidad. De tal manera, se realizan diversos escenarios considerando el costo de la tarifa eléctrica sin subsidio gubernamental así como el tiempo de recuperación para ambos escenarios, para demostrar el beneficio de la instalación de paneles solares residenciales. Cabe destacar que el costo de los sistemas solares fotovoltaicos y productos derivados contratados quedaría totalmente compensado con el ahorro producido por el uso de esta tecnología y con apego a la normativa vigente respecto a la nueva ley de energías renovables y la transición energética en México.

Palabras claves— *Panel solar, técnico económico, usuario final, reforma energética.*

I. INTRODUCCIÓN

La reforma energética en México plantea la necesidad de contribuir a generar energía eléctrica a partir de nuevas fuentes de generación, y que estas permitan contribuir a tener un planeta más limpio y disminuir los daños que se causan al medio ambiente. Estas son las llamadas fuentes renovables, derivado de esto el sol es una de las fuentes de generación de energías renovables más limpias con las que se puede generar electricidad.

Es importante hacer énfasis que en los próximos años la reforma energética contempla realizar cambios en el sistema de administración de la generación de energía eléctrica. La Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.) será un jugador más en el mercado eléctrico, el cual el principal interés de esta es la generación, compra y venta de energía en el Sistema Eléctrico Nacional (S.E.N.). Así mismo, a partir de la reforma se abrirá a la industria privada la participación en el SEN el cual cambiará la dinámica del mercado de venta de energía, resultando en el aumento de los costos de las tarifas eléctricas aun siendo reguladas, el subsidio gubernamental será retirado. De tal manera, los usuarios finales, estarán en la posibilidad de considerar la autogeneración de electricidad que se requiere para el consumo de una casa habitación, instalando paneles solares, siendo esta una alternativa la cual llevara al usuario final a reducir los costos de la energía eléctrica. Para disminuir el costo de la tarifa en el consumo eléctrico de una casa habitación es importante hacer uso eficiente de la energía, aunado a esto, en los próximos años se presentará un costo muy elevado por este servicio, y se retirarán progresivamente los subsidios gubernamentales a la generación eléctrica.

El conocimiento del funcionamiento de los paneles solares, así como el dimensionamiento y diseño de una instalación solar fotovoltaica, proporciona las bases para que los usuarios finales tengan la capacidad de decidir si genera o no su propia energía, a partir de su recibo de luz, una de las ventajas de la instalación de paneles, es que existen diversos tipos de esquemas de conexión. Una solución para disminuir estos costos de operación en la generación es estar en el esquema de autogeneración, y los sistemas de generación fotovoltaicos interconectados a la red son una alternativa a esta problemática futura para el usuario básico y actual para el usuario de alto consumo.

Derivado de la reforma energética, la cual en la segunda etapa planea la integración de los usuarios finales como una parte activa del sistema, así como el incremento de las energías renovables entre estos. En este trabajo se realiza un estudio técnico - económico para la instalación de paneles solares con la finalidad de generar energía eléctrica sin almacenamiento para uso doméstico e interconectándose a la Red de Distribución Eléctrica, para usuarios Domésticos de Alto Consumo (DAC), con la finalidad de reducir el costo de la energía para usuarios DAC. Así mismo, se realizan diversos escenarios considerando el costo de la tarifa eléctrica sin subsidio gubernamental así como el tiempo de recuperación para ambos escenarios. Cabe destacar que el costo de los sistemas solares fotovoltaicos y productos derivados contratados quedaría totalmente compensado con el ahorro producido por el uso de esta tecnología y con apego a la normativa vigente respecto a la nueva ley de energías renovables y la transición energética en México. El resto del artículo está dividido en sección II trabajos relacionados a la instalación de paneles solares, sección III dimensionamiento de un sistema de generación fotovoltaico, la sección IV revisa la metodología propuesta para el análisis técnico económico de un sistema fotovoltaico interconectado a la red.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

Dentro de los estudios generación eléctrica y su aplicación a los paneles solares, como es presentado en Campen-Guidi [1] se estudia la generación fotovoltaica de energía para la agricultura y desarrollo rural sostenibles, con la finalidad de lograr un mayor compromiso económico y político en los proyectos y programas de energía foto voltaicos (FV). Gasquet [2] describe los principios teóricos de la generación fotovoltaica. Además, se analiza a detalle los elementos necesarios para el diseño de una instalación fotovoltaico. Así mismo el trabajo proporciona diversos datos para obtener información de diversos fabricantes de paneles solares [2]. Lorenzo [3] realiza un estudio el cual profundiza los diversos aspectos que rigen el comportamiento de la generación de energía a través de la radiación solar, aclarando conceptos relacionados con la energía solar, detallando las bases teóricas que sustentan la actual tecnología de generación FV fotovoltaica. Molina [4] investiga el método de Seguimiento del Punto de Máxima Potencia (SPMP) de sistemas FV más utilizados en la actualidad. Proponiendo modelos detallados de los paneles para generación solar complementada con un sistema electrónico de acondicionamiento de potencia para la conexión con la red eléctrica. El sistema es implementado en SimPowerSystems de MATLAB/Simulink. Los autores Claudio-Estrada [5] se enfocan en un análisis de la necesidad de obtener energías alternativas y su aprovechamiento en el mundo, en particular la energía solar, para enfrentar el agotamiento de los yacimientos de combustibles fósiles y garantizar la conservación del medio ambiente. Así como las diversas tecnologías de energía solar y sus aplicaciones. Fernández [6] realiza un estudio de viabilidad de generación de energía eléctrica basado en energías renovables para países en vías de desarrollo, donde se plantean los problemas técnicos para el aprovechamiento de energía solar como son la disponibilidad de radiación geográfica por su carácter de incontrolable y variable en la superficie terrestre de tal manera que el análisis de un procedimiento de captación y transformación sean el camino para la disponibilidad energética. Ramos Heredia [7] presenta un estudio en el que se detallan, las diversas experiencias de los autores con la División

Fotovoltaica del Centro de Investigaciones de Energía Solar (pionera en Cuba en la electrificación rural vía fotovoltaica) a lo largo de alrededor de 20 años de trabajos en esta área. Los trabajos están dirigidos a exponer la labor desplegada en los estudios de viabilidad técnico-económica y desarrollo de metodologías para el diseño, montaje y mantenimiento de los Sistemas FV de pequeña y mediana potencia en clima tropical, así como el desarrollo de componentes FV (tales como reguladores de carga, luminarias, cercas eléctricas, etc.) con vistas al futuro desarrollo de la industria cubana. En 2011 en México se realizó un análisis del mercado fotovoltaico, con la finalidad de tener una perspectiva de la situación tecnológica ante los cambios de la transición energética [8]. Trujillo [9] realizó un estudio para la CFE y secretaria de Energía (SENER), en el cual publico los resultados del proyecto de autogeneración de energía eléctrica en el sector doméstico de Baja California, para establecer los estudios de factibilidad y los resultados de implementar la tecnología solar fotovoltaica para su autonomía, realizando estudios económicos. Concluyendo que, al ser un proyecto financiado por el gobierno, no implicó una inversión inicial para los usuarios. Hernández [10] realizó una investigación sobre los cambios de la generación y autogeneración brindando un panorama general de la Generación Distribuida y su reestructuración a micro redes.

III. DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE GENERACION FOTOVOLTAICO

El adecuado diseño de un sistema de generación fotovoltaica dependerá del correcto dimensionamiento de los elementos que la componen y los factores que influyen en su funcionamiento. Principalmente el espacio disponible para generar la mayor cantidad de energía eléctrica, aprovechando la máxima superficie y tiempo de incidencia de la radiación solar en los módulos solares. En la figura 1 se muestra el diagrama para el cálculo del dimensionamiento de los paneles solares.

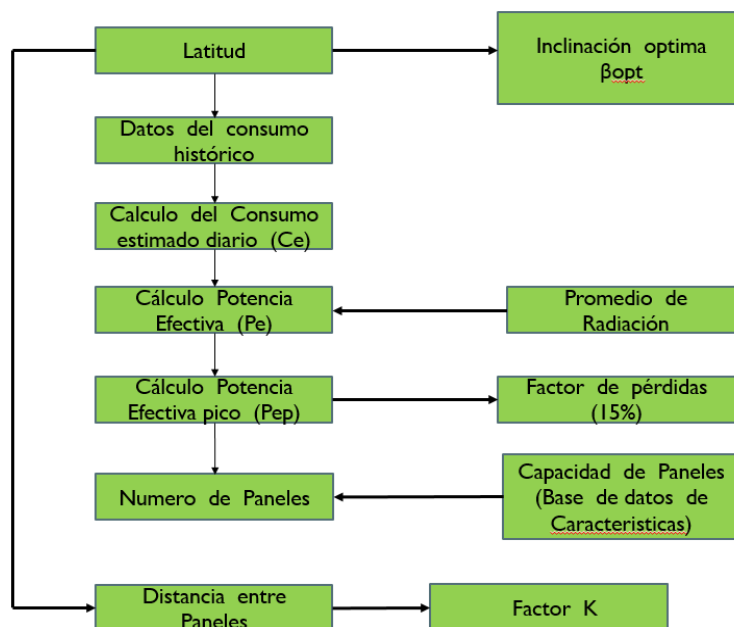


Fig. 1. Diagrama para el dimensionamiento de los paneles solares.

El primer dato que determina si es viable o no una instalación de generación fotovoltaica es la ubicación geográfica, por el nivel de irradiación que se pueda aprovechar al máximo. La ubicación geográfica de un punto sobre la superficie terrestre viene determinada por sus coordenadas latitud (se representa por l o ϕ) y longitud (L).

La radiación solar está determinada por la ubicación geográfica del lugar, esta magnitud (H) se mide en W/m^2 . Esta puede ser calcula por:

$$H = I \cdot \Delta t \quad (1)$$

Donde I es la insolación del lugar, Δt es la diferencia de temperatura entre insolación del lugar por periodo de tiempo.

A partir de la radiación solar se calcula el número de paneles a instalar. Se debe tener en cuenta:

- La demanda energética en los meses más desfavorables.
- Las condiciones técnicas óptimas de orientación e inclinación, dependiendo del lugar de la instalación.

El cálculo de la inclinación óptima de una superficie fija, se estudia utilizando la fórmula basada en análisis estadísticos de radiación solar anual considerando diversas inclinaciones situadas en lugares con latitudes diferentes, la cual proporciona una inclinación óptima en función de la latitud del lugar, el cual es descrito en la ecuación (2):

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 \times |\varphi| \quad (2)$$

donde, β_{opt} es el ángulo de inclinación óptima (grados), $|\varphi|$ = latitud del lugar, sin signo (grados). Posteriormente se aplica el coeficiente de factor de irradiación y se calcula de la siguiente forma [11]:

Para ángulos de inclinación $15^\circ < \beta < 90^\circ$:

$$FI = 1 - 1.2 \times (10 - 4\beta - \beta_{opt2}) + 3.5 \times 10 - 5 \times \alpha_2 \quad (3)$$

La Hora Solar Pico (HSP), es definida como una unidad encargada de medir la irradiación solar y definirla como el tiempo (en horas) de una supuesta pero muy cercana a la precisión de irradiación solar constante de $1000 W/m^2$. Calcular la HSP va a determinar la cantidad útil de horas de las que dispondremos [12]. Si se quiere evaluar la energía que el panel fotovoltaico puede producir diariamente, se requiere conocer cuántas horas diarias con una radiación de $1.000 W/m^2$ equivalen a la radiación total diaria (la correspondiente a la inclinación del panel fotovoltaico). Y pueden estimarse con la ecuación (4):

$$HSP_\beta = \frac{R\beta}{I_\beta(CEM)} \quad (4)$$

Donde, HPS_β son las horas pico solar para una inclinación β , $R\beta$ es la radiación media diaria en kWh/m^2 día para una inclinación. I_β es la potencia de radiación incidente en kW/m^2 . Para las Condiciones Estándar de Medida (CEM) su valor es $1 kW/m^2$. [13].

Conviene mencionar que el dato HSP se obtiene de base de datos de observatorios meteorológicos y la NASA, como ejemplo de múltiples sitios de consulta que se encuentran en la web. El número de paneles de un sistema de generación fotovoltaico se determina a partir de las necesidades de consumo y su disposición de conexión que puede ser en serie o en paralelo, esto en función de la tensión nominal de suministro y la corriente que se requiera generar.

Para calcular la energía que genera un panel solar durante un día se debe utilizar la ecuación (5):

$$E_{panel} = I_{panel} \times V_{panel} \times HSP \times 0.9 \quad (5)$$

Dónde E_{panel} es la energía generada por un panel solar (Wh/día), I_{panel} es la corriente máxima del panel, V_{panel} es el voltaje máximo del panel, 0.9 es el Coeficiente del rendimiento del panel (entre 85-90%)

Posteriormente se requiere hacer el cálculo del número de paneles solares. Se utiliza la ecuación 6 a o 6 b, en función de la localización y tipo de panel solar:

$$N_{mod} = \frac{C_{ed}}{PM} \times HSP \times P_R \tag{6 a}$$

ó en función de la Potencia efectiva pico calculado

$$N_{mod} = \frac{PEP}{PM \text{ del Modulo}} \tag{6 b}$$

Dónde, C_{ed} es el consumo estimado diario (Watts h), PM es la potencia pico del módulo seleccionado, HSP del mes más crítico del año, PEP es la potencia efectiva Pico, P_R es el rendimiento energético, donde se tiene en cuenta las siguientes consideraciones de pérdidas:

- Pérdidas por dispersión de potencia, estas se estiman en un 3% de la PM
- Pérdidas por incremento de temperatura de las células fotovoltaicas del módulo. Para calcular este factor se utiliza la ecuación (7):

$$P_T = K_T \times (T - 25^0 C) \tag{7}$$

Dónde K_T es el coeficiente de temperatura del panel, por lo regular viene dado en la placa de datos del fabricante, si esto no sucediera, se toma por defecto el valor de $0.003^0 C$, T_c es la temperatura media mensual a la que trabajan los paneles solares, esta se calcula con (8):

$$T_c = T_{amb} + \frac{[(T_{onc} - 20^0 C) \times E]}{800} \tag{8}$$

Dónde, T_{amb} es la temperatura ambiente media mensual del lugar dónde se instalan los paneles solares, T_{onc} es la temperatura de operación nominal del panel, por lo general proporcionado también por el fabricante. E, es la radiación solar media en un día soleado del mes más crítico. Finalmente, el PR (Performance Ratio) o rendimiento energético de la instalación, definido como la eficiencia se obtiene de la ecuación (9):

$$PR = 100\% - (\text{Pérdidas totales}) \tag{9}$$

La distancia entre paneles se puede obtener con la siguiente ecuación:

$$d = h \times k \tag{10}$$

Donde K es un coeficiente adimensional dado por:

$$k = \frac{1}{\tan(61^0 - \text{latitud})} \tag{11}$$

La figura 1 nos muestra las consideraciones para el cálculo de la distancia mínima entre paneles y crear sombra entre ellos [2].

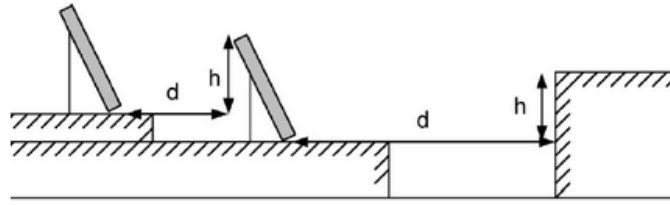


Fig. 2. Distancia mínima entre paneles.

Esta consideración es útil para conocer el área que ocupará el campo de generación con los paneles para su instalación.

A. *Análisis económico de la inversión de la generación fotovoltaica*

Para la instalación de paneles solares, es necesario el análisis económico, ambiental y legal, considerando estos puntos se puede tomar una decisión de invertir o no, en los paneles ya que para el usuario es un gasto significativo, que se recupera en un promedio de 10 años, lo cual se demuestra en la siguiente sección.

Para la evaluación, calcularemos el beneficio neto que produce a lo largo del ciclo de vida de nuestro sistema fotovoltaico (SF). Los beneficios son calculados mediante la relación siguiente:

$$VPN = -INV + \sum_i^n \frac{S_t}{(1+i)^t} \tag{12}$$

ó

$$VPN = \text{Beneficios} - \text{Costos} \tag{13}$$

Dónde VPN es el Valor presente Neto

La inversión de una nueva tecnología energética tiene un costo al implementar el sistema fotovoltaico. La ventaja de este método radica en que la comparación se hace respecto a los precios y tarifas de la energía. Un sistema fotovoltaico interconectado a la red (SFVIR) tendrá altos beneficios netos cuando sea instalado en un área donde la red eléctrica este altamente congestionada, con alta insolación y los precios de los combustibles sean altos, además de considerar los apoyos gubernamentales con los que se cuentan en el país.

IV. METODOLOGIA PROPUESTA PARA EL ANALISIS TECNICO ECONOMICO DE UN SFVIR

La energía que puede inyectar un sistema fotovoltaico conectado a red (SFVIR) depende principalmente de la potencia conectada (W) y de la radiación que cae sobre la superficie de los módulos, y la eficiencia del propio sistema. El diagrama de flujo de la figura 3 resume el diseño de la metodología.

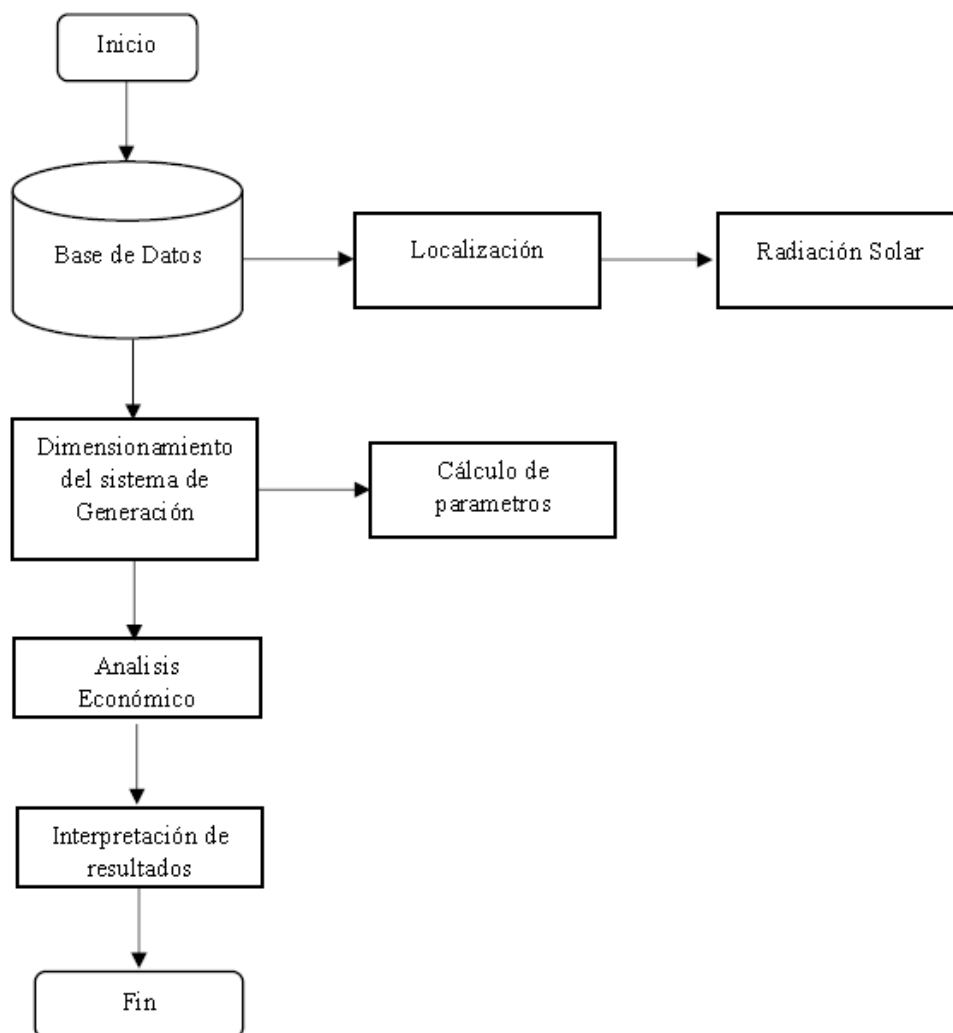


Fig. 3. Diagrama de flujo que genera la metodología

Como primer paso se tiene la adquisición de datos, los cuales consideran la localización geográfica donde están ubicados los paneles solares, así como la radiación que se refleja en tal punto.

El segundo paso es el dimensionamiento del sistema fotovoltaico a ser instalados, el cual considera, el número de paneles, la distancia entre los mismos, así como la energía que estos generaran.

El siguiente paso es realizar el análisis económico, el cual comienza, con la cotización de los paneles y el alcance que el usuario esté dispuesto a considerar dentro de este punto. Así mismo hacer una evaluación sobre el capital inicial a invertir y el tiempo de recuperación de este.

Finalmente, se interpretan los resultados, en este punto. Primero se considera, si la tecnología a invertirse es acorde con el periodo de recuperación. Otro punto importante es considerar, es si se tiene el suficiente espacio, así como diversas configuraciones del número de paneles a instalar.

IV. CASOS DE ESTUDIO

En esta sección se realizan dos casos, para demostrar que la instalación de los paneles solares reduce el pago de la energía.

Caso 1.- Inversión de los paneles para un usuario normal.

Caso 2.- Inversión de los paneles considerando un usuario DAC

A Caso 1

Estimación del consumo de energía, este cálculo se realiza en base a la facturación de energía eléctrica de la vivienda. Así se estimará la potencia demandada máxima, como se muestra en la tabla I.

Tabla I. Consumo historico de electricidad (un año).

Facturación bimestral	Consumo kW	Importe \$
1	270	295
2	299	373
3	253	274
4	384	674
5	341	490
6	413	776
Promedio anual	326.66	480.33
Consumo estimado diario	5.44	

Cálculo de la Potencia efectiva necesaria, la cual se obtiene tomando en cuenta la radiación solar promedio anual (obtenida de datos meteorológicos), en este caso se considera: 5.91 kWh/m²/d. De ahí podemos obtener:

Tabla II. Calculo de las diversas potencias para obtener los paneles.

	Potencia Efectiva (Watts)	Potencia Efectiva pico (Watts)	Numero de paneles
Valor	921.04	1083.574	4.334295478

El resultado final de numero de paneles para la capacidad de carga considerada es de 4.33 paneles, debido a que no se venden 0.33 paneles solares se puede considerar 4 o 5 paneles. En este caso se consideran 5 paneles, con los que se obtendrá una generación de 1250 W*h. A continuación, de datos técnicos se obtienen las características eléctricas (potencia) y físicas (dimensiones) del panel.

Se tomará como base la estimación económica, proporcionada por la empresa [14], dada para el sistema de generación estimado de 5.44 KW*h, llegando a considerar un sistema de 6 KW*hr, correspondiente al inmediato superior. El costo del conjunto de paneles es \$49,980.00 M.N. Se realiza un estudio económico, el cual se muestra a continuación en la figura 4. El cual considera el costo de consumo anualizado por la inversión inicial y la aportación gubernamental. En la línea azul se presenta el Costo Real de la Energía (CRE), en barras azules se muestra el Costo de la Energía con Apoyo Gubernamental (CEAG), en la línea roja se muestra el Tiempo de Amortización Sin Apoyo

Gubernamental (TASAG), en la línea rosa se tiene el Tiempo de Amortización Con Apoyo Gubernamental (TACAG).

Del análisis podemos observar, si se considera en la inversión inicial el apoyo gubernamental, que se reduce considerablemente el tiempo de recuperación de la inversión de 22 años (sin apoyo gubernamental) a solo 7 años, debido a que el apoyo considera un importe del 80% del costo de la inversión.

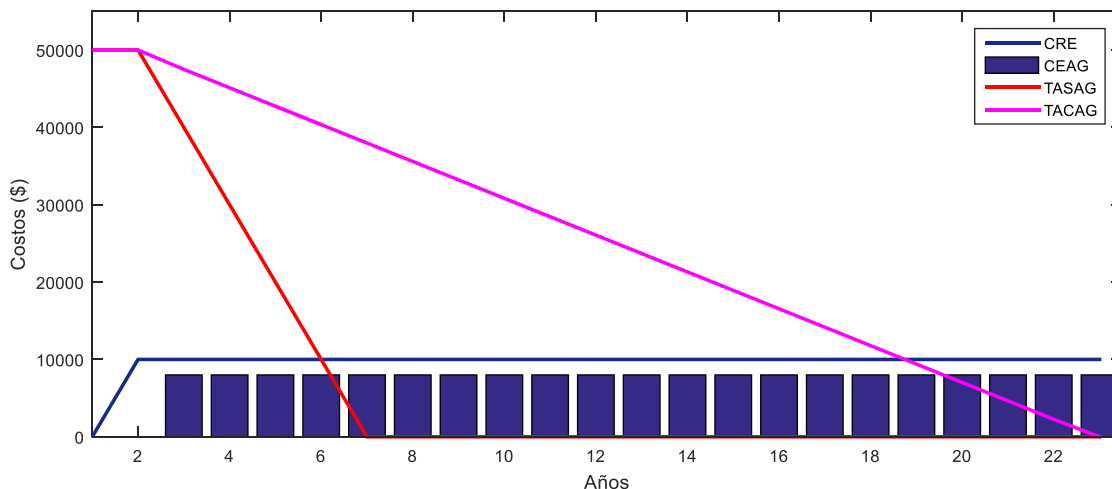


Fig. 4 Análisis económico considerando regular.

La tabla III, presenta el Tiempo de Amortización con Apoyo Gubernamental (TACAG), y el Tiempo de Amortización sin Apoyo Gubernamental (TASAG). Podemos observar que la facturación anual de energía para un usuario regular es de aproximadamente de \$ 11,436 M. En el cual con el subsidio en la generación de energía este alcanza \$ 9,149 M.N. Un total de 80% con respecto a no tener apoyo en la generación de energía.

Tabla III. Resultado tecnico economico de la inversion de paneles solares.

Inv. Inicial	Consumo KWh/año	Facturación Anual (20%) (\$)	Aportación Gubernamental (80%) (\$)	Facturación Real de Generación (\$)	TACAG (Años)	TASAG (Años)	Facturación C/apoyo (\$)	Facturación S/Apoyo (\$)
\$49980	1960	2287.3	\$9,149.21	11436.51	21.85	8.37	\$457.46	\$2287.3

De la tabla III, se demostró que al no considerar el subsidio del gobierno en la generación de electricidad este se ve reflejado en los costos de facturación. Los cuales a su vez se reflejan en tiempo de recuperación de la inversión, al instalar los paneles.

B Caso 2

A continuación, se aplica la misma metodología descrita en el caso 1. Para un usuario DAC (Domestica de Alto Consumo). Los datos de consumo históricos de este usuario se observan en la tabla IV.

Tabla IV. Consumo historico de electricidad (un año) para usuario DAC.

Facturación bimestral	Consumo kW	Importe \$
1	900	8262
2	1003	9207.54
3	1600	14688
4	1200	11016
5	1102	10116.36
6	974	8941.32
Promedio anual	1129.8	49,389.86
Consumo estimado diario	18.83	

De [14] se obtiene que el costo de la inversión inicial es \$172864.5 ya que se necesitan al menos 17 paneles. En la figura 5, puede observarse la gráfica que resume la relación de la inversión inicial, tiempo de amortización de la inversión, costo real de producción, pago actual.

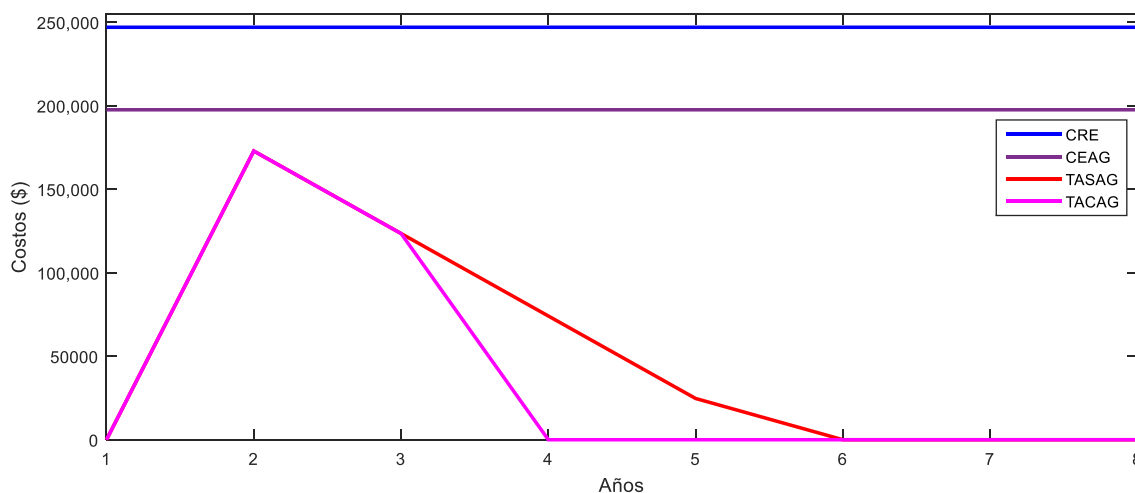


Fig. 5 Análisis técnico económico considerando a un usuario DAC.

La tabla V nos presenta el resultado técnico económico de la inversión de paneles solares para un usuario DAC. Podemos apreciar, similar al caso 1, que, al considerar el apoyo gubernamental en la generación de energía, el tiempo de recuperación de la inversión se alarga 5 años más comparado, a que no se tenga apoyo.

Tabla V. Resultado tecnico economico de la inversion de paneles solares caso 2.

Inv. Inicial	Consumo KWh/año	Facturación Anual (20%) (\$)	Aportación Gubernamental (80%) (\$)	Facturación Real de Generación (\$)	TACAG (Años)	TASAG (Años)	Facturación C/apoyo (\$)	Facturación S/Apoyo (\$)
\$172864.5	6779	49389.86	\$197559.43	246,949.29	4	6	9877.9	172864

Es importante recalcar, que, ante la reforma energética, se busca reducir paulatinamente el apoyo o subsidio gubernamental en la facturación de la energía eléctrica. Por tal razón, es importante considerar alternativas, para reducir los costos de facturación energética. Así mismo, aunque no está dentro del alcance de este trabajo, en la segunda etapa del mercado eléctrico, se busca involucrar al usuario como parte activa del mercado eléctrico. En el cual el usuario es integrado a diversos programas de gestión de la demanda, los cuales también pueden ser considerados dentro análisis técnico económico para trabajos futuros.

V. CONCLUSIONES

Del trabajo realizado se concluye que:

1. Factores como las nuevas políticas ambientales a nivel nacional así como internacional plantean la necesidad del desarrollo y uso de tecnologías limpias utilizando fuentes renovables como el sol, el viento, y a la biomasa en la generación de Electricidad. En México la transición energética deriva en un cambio en el mercado eléctrico nacional en cuanto a su operatividad y administración favoreciendo con las nuevas leyes, a la interconexión con fuentes de generación con energías renovables.
2. Un sistema SFVCR tendrá altos beneficios netos cuando sea instalado en un área donde la red eléctrica este altamente congestionada, con alta insolación y los precios de los combustibles sean altos.
3. El beneficio económico no es inmediato hasta pasado el tiempo de amortizar la inversión inicial.

REFERENCIAS

- [1]. B. Campen, D. Guidi (2000). Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural sostenibles. Documento de Trabajo sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales, 3, 99-191.
- [2]. I. H. L. Gasquet (2004). Conversión de la Luz Solar en Energía Eléctrica. Manual Teórico Práctico sobre los sistemas Fotovoltaicos. Texas: Solartronic.
- [3]. E. Lorenzo (2006). Radiación Solar y dispositivos Fotovoltaicos. Electricidad solar fotovoltaica, 2, 252-260.
- [4]. G. Molina (2007). Análisis y simulación de algoritmos de control para el seguimiento del punto de máxima potencia de sistemas solares fotovoltaicos conectados a la red. Avances en energías Renovables y Medio Ambiente, 2, 8-18.
- [5]. C. A. Claudio, A. Estrada (2011). Las energías renovables: la energía solar y sus aplicaciones. Revista digital universitaria, 11, 3-27.
- [6]. G. V. Fernández (2010). Estudio de viabilidad de un sistema de generación de energía eléctrica basado en energías renovables para países en vías de desarrollo (Tesis Licenciatura). Universidad Carlos III de Madrid.
- [7]. R. Ramos Heredia (2011). 18 años de experiencias del CIES en electrificación rural fotovoltaica. Perú: Guzlop-editoras.
- [8]. E. R. S. García (2011). La industria fotovoltaica en México. Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales, 2, 5-10.
- [9]. H. M. Trujillo (2013). Autogeneración de energía eléctrica en el sector doméstico de Baja California. Comercio Exterior, 63, 1-11.
- [10]. J. M. Hernández (2015). La generación distribuida y el futuro (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México.
- [11]. F. P. F. Adler (2013). Energía solar Fotovoltaica. Notas del curso instalaciones industriales Universidad nacional de mar de plata.
- [12]. Manual para el Cálculo de la Hora solar pico (HSP), Energema, 1-8.

[13].Manual de Energía Solar Térmica: Manual del Proyectista, Junta de castilla y león.

[14].Catalogo de costos (15 de abril del 2017). Recuperado de <http://www.ecotecnia.com.mx/>