

Capítulo 5 Análisis de rentabilidad

Se deben buscar estrategias para que este tipo de generación de energía sea aceptada por el público en general, no solo en la industria, sino en los hogares. Cabe destacar que éste tipo de sistemas puede ser viable para todo tipo de consumidor; siempre y cuando se tenga el espacio suficiente para la instalación del equipo. Por lo tanto hay que delimitar que es lo que se va a analizar.

Ciertamente existen muchos sectores a los cuales este tipo de sistemas son aplicables, pero debemos de ver la manera de que sea atractivo y rentable. En nuestro caso se analizará únicamente el sector doméstico, tomando en cuenta el factor del espacio, se contemplará solo casa-habitación unifamiliar ya que en el caso de departamentos, no hay el espacio suficiente.

Por lo tanto, lo que definirá el costo de cada watt que genere el sistema fotovoltaico se definirá por las tarifas domésticas. Este estudio se hará bajo las tarifas que la Secretaría de Energía (SE) fija y como compañía suministradora será la Comisión Federal de Electricidad (CFE). Éste estudio se realizará para el área metropolitana del centro del país. Por lo que sólo tomaremos Tarifa 1 y Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC).

5.1 Tarifas

5.1.1 Tarifa 1

Estos son los lineamientos que hace CFE:

1. Aplicación

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo de acuerdo a lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda.

Estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa de uso general.

2. Cuotas aplicables

- a. Cargos por energía consumida, para consumos de hasta 140 (ciento cuarenta) kilowatts-hora.
 - i. Consumo básico: \$ por cada uno de los primeros 75 (setenta y cinco) kilowatts-hora.
 - ii. Consumo intermedio: \$ por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores.
- b. Cargos por energía consumida, para consumos mayores de 140 (ciento cuarenta) kilowatts-hora.
 - i. Consumo básico: \$ por cada uno de los primeros 75 (setenta y cinco) kilowatts-hora.

- ii. Consumo intermedio: \$ por cada uno de los siguientes 50 (cincuenta) kilowatts-hora adicional a los anteriores.
- iii. Consumo excedente: \$ por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores.

3. Mínimo mensual

El equivalente a 25 (veinticinco) kilowatts-hora.

4. Depósito de garantía

El importe que resulte de aplicar el cargo por energía del consumo básico del numeral 2 a los consumos mensuales que se indican, según los casos:

100 (cien) kilowatts-hora para los servicios suministrados con 1 hilo de corriente.

300 (trescientos) kilowatts-hora para los servicios suministrados con 2 hilos de corriente.

350 (trescientos cincuenta) kilowatts-hora para los servicios suministrados con 3 hilos de corriente.

En el caso de los servicios con facturación bimestral, el depósito de garantía será dos veces el importe que resulte de aplicar lo anterior.

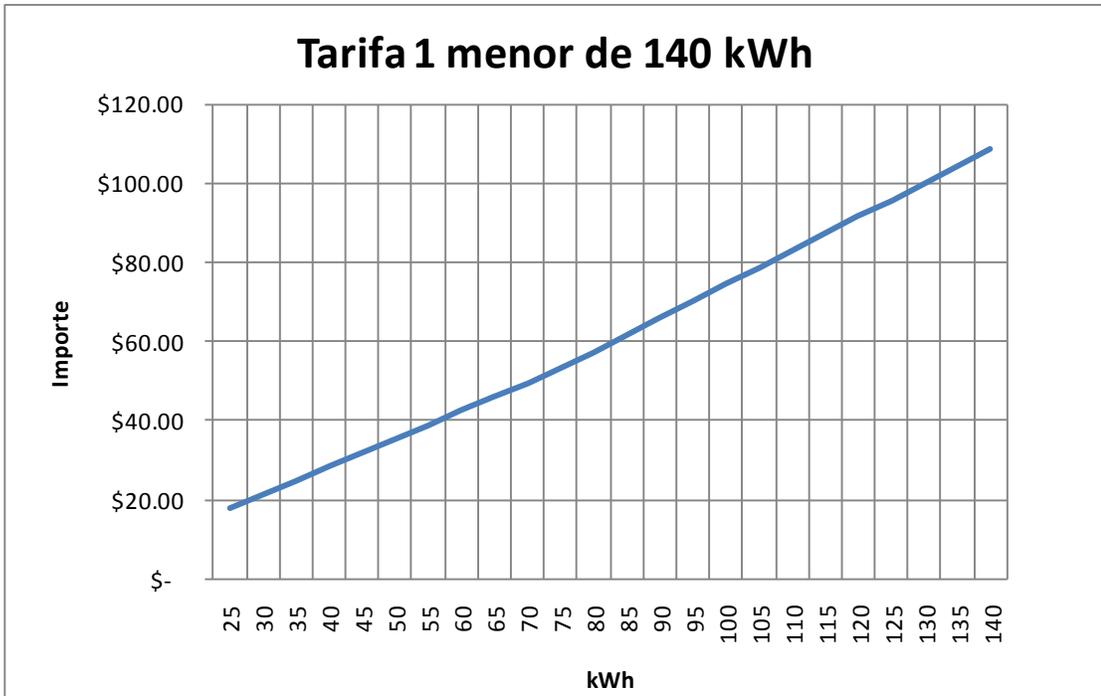
5.1.1.1 Cuotas aplicables⁶

Esta tarifa se divide en dos rubros:

- Consumo menor a 140 kWh
 - Consumo básico (hasta 75 kWh)
 - Precio por kWh \$0.709 M.N.
 - Consumo adicional (más de 75 kWh)
 - Precio por kWh \$0.852 M.N.
- Consumo mayor a 140 kWh
 - Consumo básico (hasta 75 kWh)
 - Precio por kWh \$0.709 M.N.
 - Consumo intermedio (siguientes 50 kWh)
 - Precio por kWh \$1.181 M.N.
 - Consumo excedente (consumo mayor de 125 kWh)
 - Precio por kWh \$2.497 M.N.

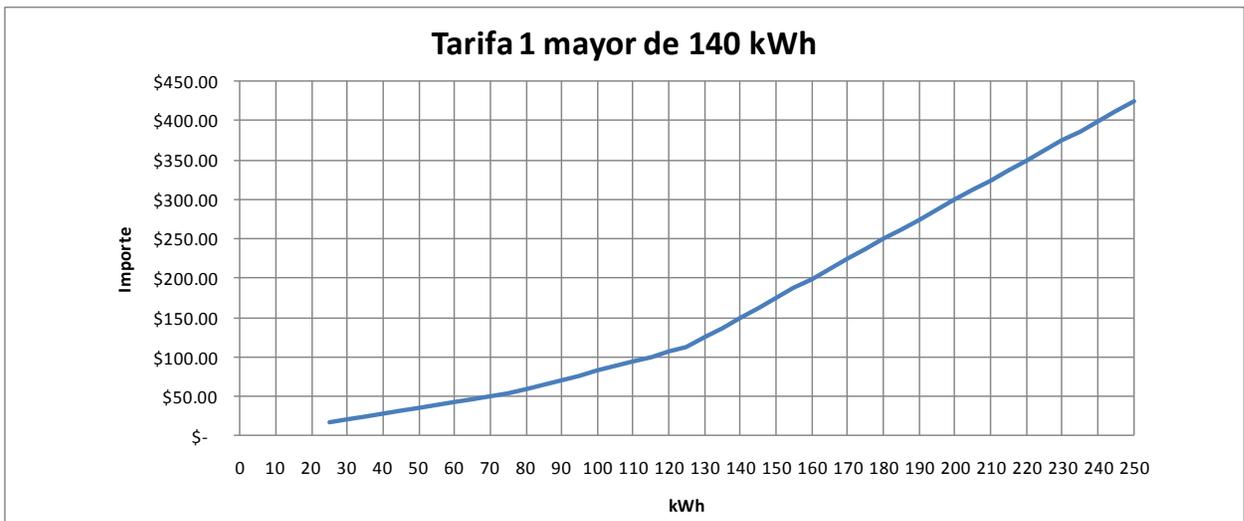
Las tarifas se comportan como lo muestran las siguientes gráficas:

⁶ Cuotas aplicables hasta diciembre de 2010



Gráfica 5-1 Comportamiento de la tarifa 1, consumo menor a 140 kWh

Como se observa en la gráfica existe un cambio de pendiente después de los 75 kWh, eso quiere decir que se ha aumentado el precio del kWh. Ésta tarifa sólo cubre hasta los 140 kWh.



Gráfica 5-2 Comportamiento de la tarifa 1, consumo mayor a 140 kWh

Como se puede observar se tienen dos cambios de pendientes, a 75 kWh y 125 kWh. Lo que nos quiere decir que al aumentar la pendiente mayor será el costo del kWh.

5.1.2 Tarifa DAC

Estos son los lineamientos que hace CFE:

1. Aplicación

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, considerada de alto consumo o que por las características del servicio así se requiera.

2. Alto consumo

Se considera que un servicio es de alto consumo cuando registra un consumo mensual promedio superior al límite de alto consumo definido para su localidad.

3. Consumo mensual promedio

El consumo mensual promedio registrado por el usuario se determinará con el promedio móvil del consumo durante los últimos 12 meses.

4. Límite de alto consumo

El límite de alto consumo se define para cada localidad en función de la tarifa en la que se encuentre clasificada:

Tarifa 1: 250 (doscientos cincuenta) kWh/mes

5. Temporada de Verano

El verano es el periodo que comprende los seis meses consecutivos más cálidos del año, los cuales serán fijados por el suministrador de acuerdo con los reportes elaborados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y que se detallan para cada una de las tarifas en el presente Acuerdo.

6. Cuotas aplicables

Para nuestro caso será la región central y consta de los siguientes conceptos:

Región	Cargo fijo	Cargo por energía consumida (\$/kWh)
Central	\$/mes	

7. Mínimo mensual

El cargo fijo, más el equivalente de 25 (veinticinco) kilowatts-hora.

8. Consumo mensual promedio menor al nivel de alto consumo

Cuando el usuario mantenga un Consumo Mensual Promedio inferior al Límite de Alto Consumo fijado para su localidad, el suministrador aplicará la Tarifa de Servicio Doméstico correspondiente.

9. Depósito de garantía

El Depósito de Garantía deberá cubrir el importe establecido en la tarifa de servicio doméstico correspondiente a la localidad.

10. Suministro en media tensión

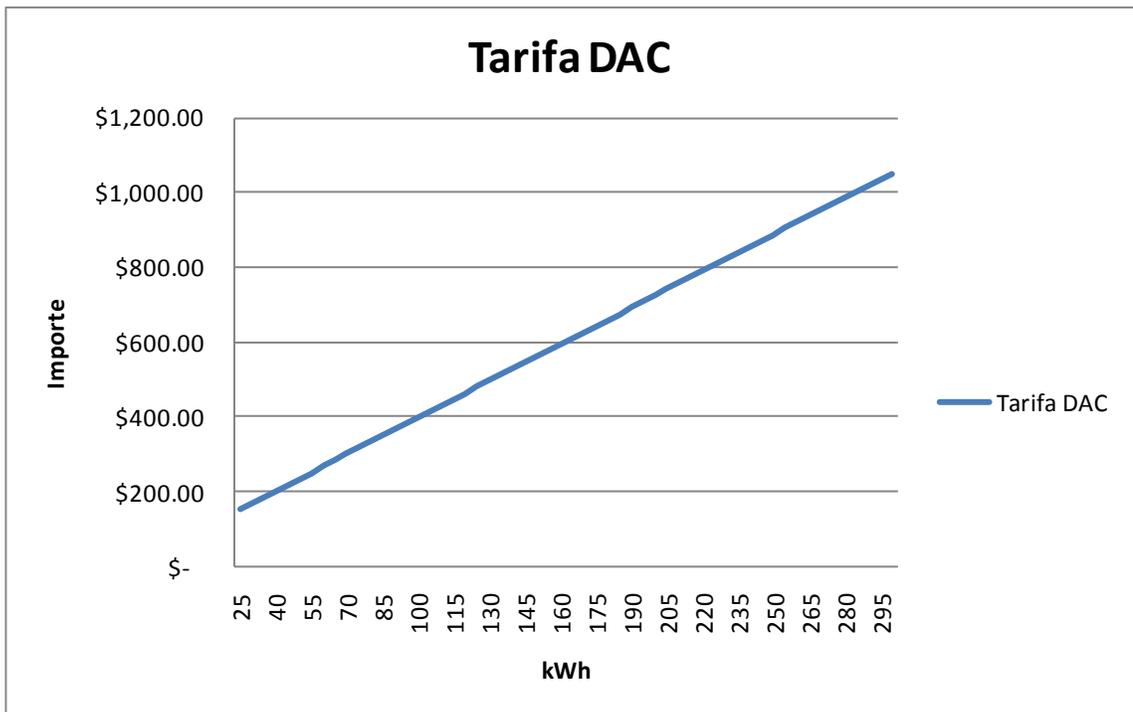
Los usuarios podrán ser suministrados en media tensión con la tarifa horaria correspondiente.

5.1.2.1 Cuotas aplicables⁷

Cuando se rebaza el consumo permitido por la Tarifa 1 se considera al usuario en Tarifa DAC (consumo mayor a 250 kWh). En esta Tarifa se encuentran los siguientes conceptos:

- Cargo fijo
 - \$71.68 M.N.
- Cargo por energía consumida
 - Precio por kWh \$3.26 M.N.

La tarifa DAC se comporta como en la siguiente gráfica:

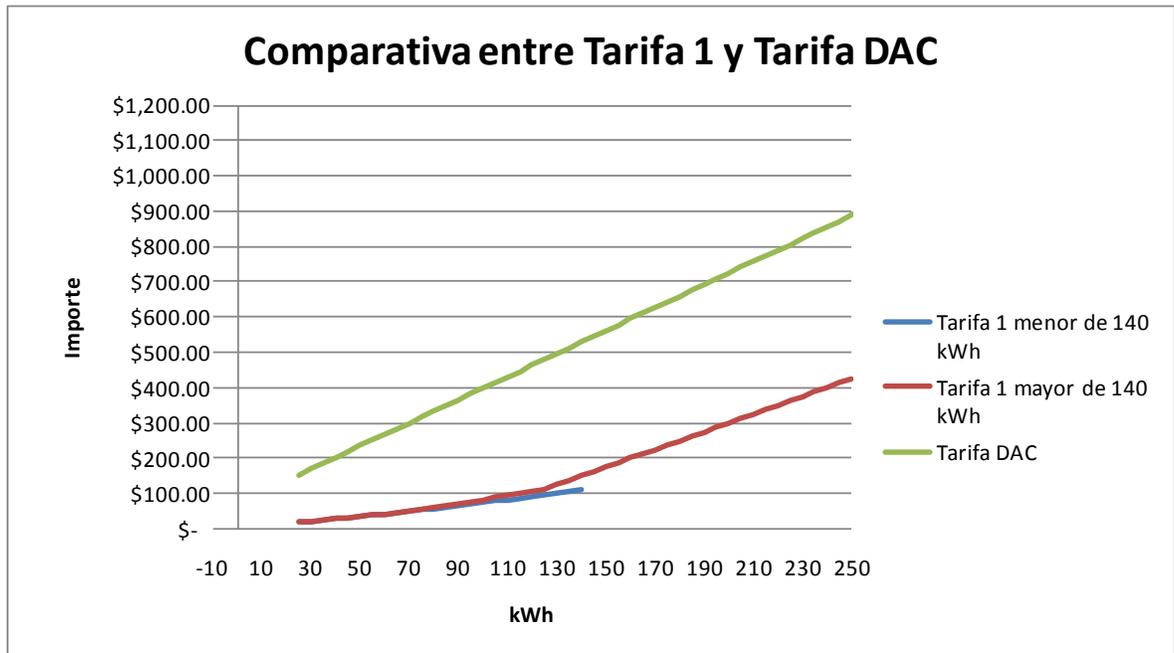


Gráfica 5-3 Comportamiento de la Tarifa DAC, consumo mayor a 250 kWh

La separación de la curva al eje de las abscisas se debe al cargo fijo.

⁷ Cuotas aplicables hasta diciembre de 2010

5.1.3 Comparación entre tarifas



Gráfica 5-4 Comparativa entre Tarifa 1 y Tarifa DAC

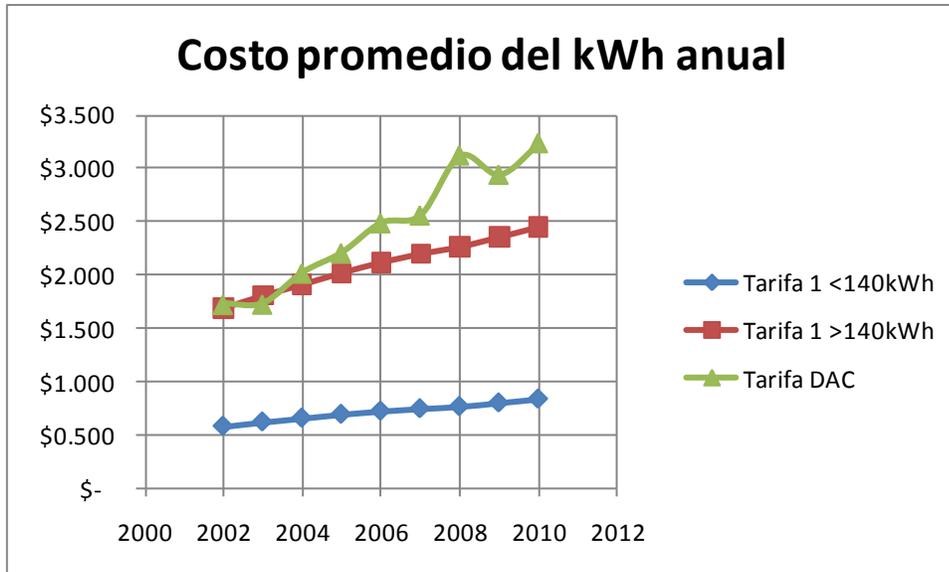
Dado que cada Tarifa depende del consumo que se tenga al finalizar cada mes, se puede observar en la gráfica la pendiente cada vez es más pronunciada conforme aumenta el consumo y cambia la Tarifa. Lo que quiere decir que si el usuario tiene un gran consumo de energía, cualquier ahorro que haga será significativo en sus costos de consumo.

5.1.4 Tarifas en el futuro⁸

Llevando a cabo un vaciado de costos de cada una de las tarifas mencionadas, se observa que aumentan los costos del kWh año con año como se muestra en la Gráfica 5-5. Donde se tiene un crecimiento a una tasa promedio anual de:

- 4.45% para la Tarifa 1, consumo menor a 140 kWh.
- 4.54% para la Tarifa 1, consumo mayor a 140 kWh.
- 7.24% para la Tarifa DAC.

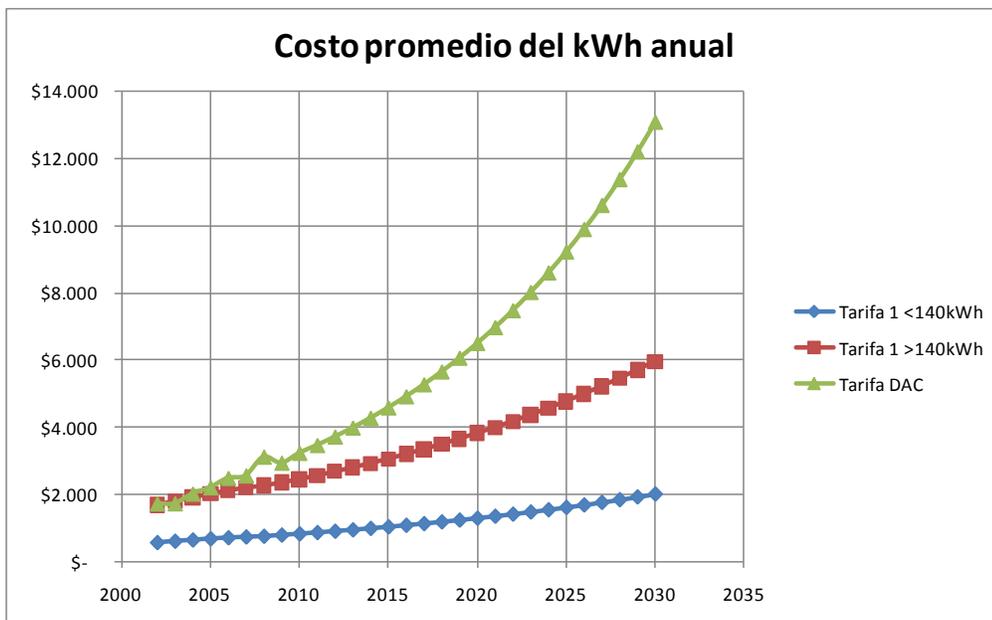
⁸ Datos obtenidos de www.cfe.gob.mx 13/10/2010.



Gráfica 5-5 Costo promedio del kWh anual desde el año 2002 al 2010

Ya que los módulos fotovoltaicos tienen una vida útil de 20 años, es necesario para la planeación del sistema fotovoltaico predecir el costo del kWh. En la Gráfica 5-6 se puede observar la tendencia del aumento de costo en cada una de las Tarifas domésticas, donde los costos del kWh a 2030 se extrapolan a:

- \$1.997 M.N. para la Tarifa 1, consumo menor a 140 kWh.
- \$5.96 M.N. para la Tarifa 1, consumo mayor a 140 kWh.
- \$13.01 M.N. para la Tarifa DAC.



Gráfica 5-6 Interpolación del costo del kWh hasta el año 2030

5.2 Selección del sistema fotovoltaico

Seleccionamos la cantidad de energía que va a suministrar el sistema fotovoltaico en kWh al mes. Posteriormente obtenemos los kWh/día con la siguiente ecuación:

Ecuación 5.1

$$kWh/día = \frac{kWh}{30.4}$$

Posteriormente se obtiene la eficiencia total del sistema, para nuestro caso se utiliza un valor conservador de $\eta = 0.716$ para sistemas isla con baterías y $\eta = 0.838$ para sistemas interconectados sin baterías. Para el sistema interconectado debido al reducido número de componentes tiene menores pérdidas.

Para obtener la energía total que se va a suministrar se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 5.2

$$kWh_{reales} = (2 - \eta) \times (kWh/día)$$

Para obtener la potencia en los módulos se utiliza la irradiación diaria promedio (IDP), para el presente documento se utilizó una IDP de 5.36⁹. Estos valores se obtienen de tablas en manuales acerca del tema. Con la siguiente ecuación se obtiene la potencia a usar con módulos fotovoltaicos en watts:

Ecuación 5.3

$$P_{mf} = \frac{kWh_{reales}}{IDP} \times 1000$$

El redondeo a los valores comerciales depende del criterio del diseñador.

Para la selección de baterías es necesario primero obtener los Ah que se requieren con la siguiente ecuación, donde se debe definir el voltaje que los módulos fotovoltaicos entregarán al sistema:

Ecuación 5.4

$$A_{disponibles} = \frac{P_{mf \text{ redondeado}}}{\text{Voltaje del sistema}}$$

Recordando la ecuación de la sección “3.6.2 Determinación del banco de baterías” debemos obtener los días de almacenamiento requeridos (DAR):

Ecuación 5.5

$$\text{Días de almacenamiento requeridos} = -0.48T_{min} + 4.58$$

⁹ Mesenger, Roger A. and Ventre, Jerry. *Photovoltaic Systems Engineering*. s.l. : CRC Press, 2004. Anexo A.

Una vez obtenidos los DAR se procede a calcular los Ah que se van a requerir de las baterías:

Ecuación 5.6

$$Ah_{necesarios} = A_{disponibles} \times DAR$$

El redondeo al valor comercial depende del diseñador.

La selección del controlador de carga depende de muchas características ya mencionadas anteriormente, pero uno de los datos más importante que proporciona el fabricante es la capacidad de corriente en Amperes del controlador. El controlador de carga recargará las baterías en el menor tiempo posible, dependiendo también de la corriente que puedan entregar los módulos fotovoltaicos. Por ejemplo, si se tiene un arreglo fotovoltaico de 1200W, y se requiere recargar 2 baterías de 100Ah cada una. Utilizando la Ecuación 5.4 y Ecuación 5.6 respectivamente obtenemos:

$$A_{disponibles} = \frac{1200}{12} = 100 A$$

$$Ah_{necesarios} = 100 \times 2.0072 \approx 200Ah$$

Obtenidos esos datos se divide el tiempo de carga deseado para el valor de las baterías de 200 Ah:

a 5 hrs. de recarga	a 10 hrs. de recarga	a 20 hrs. de recarga
40 A	20 A	10 A

Tabla 5-1 Capacidad del controlador de carga según el tiempo de recarga deseado

Como se puede observar, la selección de éste dispositivo depende del tiempo al que se quiera recargar el banco de baterías y de la corriente disponible proporcionada por el arreglo fotovoltaico.

La selección del inversor depende de la potencia máxima que entregue el arreglo fotovoltaico, en el caso del sistema interconectado y del banco de baterías en el caso del sistema isla con baterías.

5.3 Costos y análisis mediante el método de Costos de Ciclo de vida Útil (CCVU)

El análisis mediante costos de ciclo de vida útil es un método de comparación de costos que permite evaluar inversiones o adquisiciones de equipo cuyo ciclo esperado de vida es mayor a un año. La premisa de dicho análisis consiste en obtener y sumar los costos de la adquisición, mantenimiento y costos de operación del equipo durante toda su vida esperada de trabajo, lo cual es especialmente útil para comparar distintas opciones de compra y observar cuál de ellas incurre en los menores costos totales. Para realizar lo anterior se toma en cuenta el costo presente de los productos y servicios que consiste en considerar que todos los gastos se

realizan en el presente, para lo cual se considera la tasa de descuento anual (también llamada de inversión o rendimiento) y la tasa de inflación anualizada, ambas de acuerdo a la aplicación del dinero. Esto último quiere decir que dependiendo de la aplicación a la cual está destinada la inversión se utilizaran las tasas correspondientes a dichos conceptos. En el caso del presente trabajo se utiliza como tasa de descuento la tasa de interés objetivo publicada por el Banco de México al día 15 de octubre de 2010 y como tasa de inflación la tasa de inflación promedio de la última década para productos y servicios también publicada por el Banco de México.

En el mercado existen muchos fabricantes en el sector fotovoltaico, cada uno ofrece diversas tecnologías en cada uno de los componentes que conforman todo el sistema fotovoltaico. Para nuestro fin se hizo cotizaciones con distintos proveedores para obtener tanto los componentes que se requieren al mejor precio posible. Para obtener el costo total del sistema se tomó en cuenta la carga que se deseaba satisfacer, cotizando con los valores comerciales más cercanos a los obtenidos. También se cotizó con los siguientes conceptos:

- Materiales
 - Arreglo fotovoltaico
 - Soportes del arreglo fotovoltaico
 - Controlador
 - Baterías
 - Inversor
 - Cableado y tubería
- Instalación
 - Mano de obra
 - Herramienta
 - Otros materiales
 - Transporte
- Costos indirectos
- Utilidad
- Costos de operación
 - Mantenimiento anual
 - Reemplazo de componentes

Ya que los módulos fotovoltaicos tienen una vida útil de 20 años, se planearon los costos para dicho tiempo. Los conceptos necesarios para el análisis de CCVU se describen brevemente en el siguiente apartado.

5.3.1 Costo de ciclo de vida útil

Para determinar los costos a futuro de nuestro sistema fotovoltaicos –sobre todo en el concepto de costos de operación- es necesario hacer un análisis del dinero en el tiempo. Existen dos fenómenos que afectan al dinero en el tiempo. La inflación (i) es una medida del decremento del valor del dinero y la tasa de descuento (d) es una medida financiera que se

aplica para determinar el valor actual de un pago futuro donde va relacionado con la tasa de interés.

El factor de costo presente, que no dice el valor actual de un producto que será comprado en n años, se define como:

Ecuación 5.7

$$Pr = \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^n$$

Por lo tanto para determinar el costo presente de algún producto que será adquirido en n años está dado por:

Ecuación 5.8

$$CP = Pr \times C_0$$

Donde C_0 es el costo del producto en el momento de la inversión.

El factor de costo presente acumulativo está definido por:

Ecuación 5.9

$$Pa = \frac{1-x^n}{1-x} = \frac{CP}{C_0}$$

Donde:

Ecuación 5.10

$$x = \frac{1+i}{1+d}$$

Se tiene que tomar en cuenta que para estas ecuaciones se asume que los servicios o productos del sistema son adquiridos al inicio del año. Si por el contrario se hace el cambio de equipo al final de su vida útil se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 5.11

$$Pa_1 = xPa$$

Para obtener el costo de ciclo de vida útil (CCVU) se suman todos los costos de los equipos y materiales con su CP, para el cálculo de equipo que será cambiado e n años se calcula con la Ecuación 5.7 y para calcular el costo del mantenimiento para n años, se utiliza la Ecuación 5.11.

5.3.2 Costo de ciclo de vida anualizado

A veces es necesario hacer un análisis con una base anual, por lo que se puede obtener el costo ciclo de vida útil anualizado (CCVAU) de la siguiente manera:

Ecuación 5.12

$$CCVUA = \frac{CCVU}{Pa_1}$$

5.3.3 Costo del kWh generado

Una de las aplicaciones del CCVUA es la posibilidad de obtener el costo del kWh que genere nuestro sistema fotovoltaico, y es simplemente el CCVUA dividido entre la cantidad de energía generada al año:

Ecuación 5.13

$$$/kWh = \frac{CCVUA}{kWh/año}$$

5.4 CCV de los sistemas fotovoltaicos

Ya que las configuraciones de interconexión sin baterías e isla con baterías son los sistemas más accesibles económicamente, a continuación se presentan las cotizaciones de costos para diferentes capacidades de sistemas fotovoltaicos. Para ver los conceptos desglosados consultar el véase Anexo 5.

5.5 Metodología utilizada para el análisis económico

a) Recopilación de información

Inicialmente se recabó información relacionada con las tarifas de energía eléctrica aplicables al sector doméstico en la zona del Valle de México ya que es el mercado de interés para las aplicaciones residenciales de generación de energía fotovoltaica presentadas en este trabajo. Se obtuvo información de las tarifas vigentes de acuerdo a los intervalos de consumo que establece CFE para este sector, en específico para Tarifa 1 y Tarifa DAC, en especial los lineamientos, costos adicionales aplicables a cada tarifa y el costo del kWh. Se realizaron gráficas comparativas entre dichas tarifas para mostrar la diferencia en el costo del kWh de acuerdo con el nivel de consumo. Asimismo se recopiló información de la inflación de los costos de la energía eléctrica para dichas tarifas en la pasada década, con el fin de realizar análisis a futuro y comparaciones con los costos de la energía entregada por los sistemas fotovoltaicos anteriormente mencionados (*Véase 5.1 Tarifas*).

Adicionalmente se recopiló información acerca de la implementación, dimensionamiento y características de los sistemas de generación fotovoltaica, datos técnicos aplicables a la zona del Valle de México y lineamientos requeridos por CFE para la interconexión de dichos sistemas al Sistema Eléctrico Nacional, misma información que está integrada en el Capítulo 3 y 4 del presente trabajo.

b) Cotización de equipos e investigación de mercado

Consecuentemente se procedió a realizar cotizaciones del equipo necesario para la implementación de los sistemas de generación fotovoltaica. Se optó por cotizar los materiales y equipos necesarios para dos de las configuraciones de sistemas generadores presentadas en este trabajo:

- Sistema aislado con baterías
- Sistema interconectado sin baterías

Lo anterior se decidió con base en las necesidades del sector doméstico donde se requiere la disponibilidad del suministro eléctrico durante horarios nocturnos, lo cual descartó el sistema aislado sin baterías. También se descartó el análisis para el sistema interconectado con baterías ya que un simple análisis cualitativo revela que este utiliza una mayor cantidad de componentes de alto costo que los demás sistemas y aunque es una opción posible resulta económicamente incosteable comparada con los restantes dos sistemas.

Los equipos se cotizaron teniendo en mente consumos eléctricos para el sector residencial desde 10 kWh/mes pensando en que el usuario querrá abatir la energía consumida de la compañía suministradora para incluso hacer un cambio de Tarifa. Se prefirió cotizar la mayoría de los equipos en compañías distribuidoras presentes en la zona del Valle de México y Zona Metropolitana; pero también se cotizaron algunos equipos en otras entidades en cuyo caso se incorporó el costo del envío hasta el Distrito Federal. Se cotizó también equipo adicional necesario para la instalación de los sistemas de generación, como soportes y cableado.

c) Dimensionamiento de equipos y establecimiento de costos

Posteriormente se procedió a tabular distintos valores de consumo en kWh/mes para el intervalo mencionado en el Inciso b) de este apartado. Se tabularon valores en incrementos de 5 kWh/mes para los valores de carga de 10 hasta 25 kWh/mes y posteriormente se tabularon incrementos de 25 kWh/mes para valores de carga 25 hasta 300 kWh/mes. Los valores de carga establecidos se pueden observar en la Tabla 5-2.

<i>Valores de carga (kWh/mes)</i>	<i>Valores de carga (kWh/año)</i>
10	120
15	180
20	240
25	300
50	600
75	900
100	1200
125	1500
150	1800
175	2100
200	2400
225	2700
250	3000
275	3300
300	3600

Tabla 5-2 Valores de carga establecidos para el análisis en kWh/mes y kWh/año

Una vez con dichos valores establecidos se procedió a realizar el dimensionado del sistema con base en los valores de carga diaria (kWh/día) y con las horas pico de sol promedio que recibe la zona del Valle de México. Los valores resultantes se redondean y ajustan para elegir la capacidad adecuada del arreglo fotovoltaico para cubrir dicha carga. A su vez con base en la potencia del arreglo fotovoltaico requerido se dimensionó el resto de los componentes del sistema, a saber, el inversor, y en su caso el controlador de carga y baterías (*Véase 5.2 Selección del sistema fotovoltaico*).

Una vez dimensionados los componentes activos del sistema se añadieron los costos de los componentes necesarios para la instalación (soportes, cableados, accesorios) así como los costos derivados de la instalación del sistema (mano de obra, herramienta, utilidad y costos indirectos) Para algunos de estos conceptos se establecieron porcentajes respecto al costo de los componentes principales del sistema y para otros se estableció un cargo fijo. Estos cargos son representativos y sirven como una referencia acertada para calcular el costo total de adquisición del sistema. Los costos establecidos para cada concepto se muestran en la Tabla 5-3. Los porcentajes de los conceptos de “otros materiales”, “transporte”, “costos indirectos” y “utilidad” están referenciados al costo total del material.

<i>Concepto</i>	<i>Porcentaje</i>
Cableado y tubería	5%
Mano de obra	\$500 para capacidades ≤ 175 kWh/mes \$1000 para capacidades > 175 kWh/mes
Herramienta	5% respecto a Mano de obra
Otros Materiales	7%
Transporte	2%
Costos Indirectos	10%
Utilidad	10%

Tabla 5-3 Porcentajes y costos fijos relacionados con la instalación del sistema

El costo total del sistema lo integran la suma de los costos de los componentes del sistema más los costos asociados con la instalación. Esto se realizó para cada uno de los valores de carga establecidos, tanto para el sistema aislado como para el sistema interconectado, tomando en cuenta los componentes necesarios para implementar el sistema en cada caso. En total se calcularon los costos de 15 sistemas interconectados y 15 sistemas aislados.

d) Obtención de los Costos de Ciclo de Vida Útil (CCVU)

Una vez calculados los costos totales, se procedió a realizar el análisis de costos mediante el método de costos de ciclo de vida útil. Con el fin de establecer el costo total del sistema durante su ciclo de vida útil para así poder realizar un análisis económico acertado y compararlo con los costos estimados de energía eléctrica durante los próximos años.

Ya que este tipo de análisis requiere del establecimiento de precios de mantenimiento y operación se procedió a establecerlos para cada sistema. En cada caso se tomaron en cuenta las especificaciones disponibles para cada componente que integra el sistema, en especial la garantía que ofrece el fabricante sobre dichos componentes y de ser posible el tiempo esperado de vida si es que el fabricante lo proporciona. Con base en esto se propusieron los tiempos de reemplazo de los componentes del sistema que así lo requerirían durante el tiempo de vida útil del sistema, tomando como tiempo estimado de vida del sistema de generación fotovoltaico un plazo de 20 años, lo cual representa un número conservador del ciclo de vida útil de los paneles fotovoltaicos.

También se propusieron los costos de mantenimiento para cada tipo de sistema. Se estableció un costo fijo programado para visitas de mantenimiento anual para cada tipo de sistema cuyos valores se muestran en la Tabla 5-4.

Costos de mantenimiento anual	
<i>Sistema Aislado</i>	\$500.00
<i>Sistema Interconectado</i>	\$250.00

Tabla 5-4 Costos de mantenimiento anual establecidos para cada tipo de sistema

Una vez con estos conceptos establecidos se procedió a clasificar los costos del sistema en los siguientes rubros como los muestra la Tabla 5-5.

Rubro	Concepto	Rubro	Concepto	Rubro	Concepto
Materiales	<i>Paneles</i>	Instalación	<i>Mano de obra</i>	Costos de Operación	<i>Mantenimiento Anual</i>
	<i>Inversor</i>		<i>Herramienta</i>		<i>Reemplazos</i>
	<i>Controlador (si aplica)</i>		<i>Otros Materiales</i>		
	<i>Baterías(si aplica)</i>		<i>Transporte</i>		
	<i>Soportes</i>		<i>Costos Indirectos</i>		
	<i>Cableado y tubería</i>		<i>Utilidad</i>		

Tabla 5-5 Clasificación de costos del sistema de generación fotovoltaica

Utilizando el análisis de costos mediante el método de CCVU se procedió a calcular los factores de costo presente para cada una de las configuraciones de sistemas propuestas de acuerdo al tiempo establecido para el reemplazo de componentes para cada una de ellas. Una vez hecho esto se calculó el costo presente de cada uno de los reemplazos previstos. Para el caso de los costos de mantenimiento anual se utilizaron los factores de costo presente acumulativo calculados a 20 años, considerando que el mantenimiento se realiza al final de cada año de operación del sistema.

Ya calculados todos los conceptos necesarios el CCVU del sistema se integró con la suma de todos ellos. Se obtuvo el CCVU anualizado del sistema usando el factor de costo presente acumulativo a 20 años utilizando la Ecuación 5.12 y el costo por unidad de energía en kWh se obtuvo utilizando la Ecuación 5.13 y la capacidad de generación correspondiente para cada sistema. Finalmente se calcularon los porcentajes de cada concepto respecto al CCVU total de cada sistema y se condensó la información en una tabla de análisis de CCVU para cada uno de los sistemas propuestos. Dichas tablas se pueden consultar en el Anexo 5. Utilizando el costo por kWh generado se generaron gráficas comparativas de costos por unidad de energía generada respecto a la capacidad instalada de generación al mes tanto para los sistemas interconectados como para los sistemas aislados.

e) Determinación de costos de acuerdo a la carga y la tarifa

Utilizando la información recabada en el Inciso a) con respecto a las tarifas vigentes y la inflación en el precio de las mismas durante la última década; se procedió a hacer el cálculo del costo de la energía eléctrica durante los próximos 20 años considerando la inflación promedio para cada uno de los valores mostrados en la Tabla 5-6. Esto se realizó para cada una de las tarifas y en los intervalos que se muestran en la tabla a continuación.

Los intervalos de cálculo corresponden al límite máximo de consumo que se puede alcanzar en cada tarifa redondeados al nivel de tabulación superior más cercano, con excepción de la tarifa DAC cuyo límite superior será determinado por el consumo eléctrico del usuario.

Tarifa	Intervalo de cálculo
Tarifa 1 menor de 140 kWh	120 - 1800 kWh/año
Tarifa 1 mayor de 140 kWh	120 - 3000 kWh/año
Tarifa DAC	120 - 3600 kWh/año

Tabla 5-6 Intervalos de análisis de costos de acuerdo a las tarifas aplicables

El cálculo se realizó considerando el consumo anual y para cada año se consideró un incremento correspondiente al promedio de la inflación de la tarifa eléctrica correspondiente durante los últimos 8 años (la inflación fue calculada por separado para cada tarifa, consultar Anexo 6). Éste cálculo se realizó para los próximos 20 años en cada una de las tarifas e intervalos especificados. Finalmente se sumó el costo de cada año de consumo eléctrico y se obtuvo el costo total asociado a cada caso durante los 20 años.

f) Determinación de la rentabilidad y tiempo de retorno

Con los datos obtenidos anteriormente se realizó una comparativa que permitiera conocer la rentabilidad de la implementación del sistema de generación fotovoltaico en cada caso. Se comparó el costo total de la energía eléctrica durante 20 años para los intervalos de carga establecidos contra el CCVU del sistema correspondiente que permitiera suministrar la misma cantidad de energía. Lo anterior se calculó para las 2 tarifas aplicables al sector doméstico en los intervalos mostrados en la Tabla 5-6.

Se calculó además el tiempo de retorno de la inversión total del sistema redondeado hacia el año superior más próximo. Adicionalmente se calculó la diferencia por año y para cada caso entre el costo de la energía eléctrica suministrada por CFE y el costo de la energía suministrada anualmente por el sistema fotovoltaico. Las tablas comparativas se pueden consultar en el Anexo 6.