

ANÁLISIS DE LA TECNOLOGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN GENERACIÓN  
DISTRIBUIDA Y CENTRALIZADA Y SUS BENEFICIOS ECONÓMICOS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES JURÍDICAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Ing. Carlos Ulises López Chávez

*Sumario: I. Nota Introdutoria. II: Generación Distribuida. III. Generación Centralizada. IV. Almacenamiento de Energía V. Eficiencia Energética VI. Impacto Ambiental VII. Conclusión. VIII. Bibliografía.*

I.	Nota Introdutoria .....	1
II.	Generación Distribuida .....	2
I.	Tarifas eléctricas para el sector residencial.....	5
II.	Impacto económico de la generación distribuida para el sector residencial .....	7
III.	Tarifas eléctricas para el sector comercial .....	8
IV.	Impacto económico de la generación distribuida en las tarifas comercial .....	9
V.	Beneficios Fiscales .....	11
VI.	Financiamiento.....	11
VII.	Evolución del precio de los paneles solares .....	13
VIII.	Capacidad actual en Generación Distribuida.....	13
III.	Generación Centralizada en Autoabasto.....	14
IV.	Almacenamiento de energía.....	16
V.	Eficiencia energética .....	17
VI.	Impacto Ambiental.....	17
VII.	Conclusión .....	19
VIII.	Bibliografía.....	21

## II. Generación Distribuida

“La Generación Distribuida se define como la generación de energía eléctrica que se encuentra interconectada a un circuito de distribución que contenga una alta concentración de Centros de Carga y que se refiere a Centrales Eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW que no requieren permiso para generar energía eléctrica. La Generación Distribuida puede ser localizada en las instalaciones de los Centros de Carga o fuera de éstos” <sup>1</sup>

Hasta antes del año 2011 en el que la Comisión Federal de Electricidad permitió los contratos de interconexión para proyectos menores de 500 kW de potencia, la única opción con la que contaba el usuario común para su casa, negocio o industria era la de contratar un servicio con CFE, dejando a los usuarios cautivos en el monopolio de consumo de energía eléctrica.

Esto tuvo como resultado el desarrollo de una nueva industria como lo son las empresas integradoras de techos solares, esta industria comienza ya a generar distintos empleos desde la necesidad de un conocimiento ingenieril para el cálculo del recurso solar y los conocimientos de eléctricos para realizar una instalación correcta, así como la asesoría para poder gestionar la electricidad para las instalaciones de los usuarios finales.

Las posibilidades que abre estas son grandes ya que en un futuro y con el crecimiento de estas podríamos observar la creación de compañías no solo de instalación de techos solares, si no también empresas de asesoría que le permitan administrar sus recursos energéticos a los usuarios, empresas de mantenimiento y verificación de plantas, compañías que se dediquen a certificar ante el mercado que el usuario al generar energías limpias de igual forma está ganando un bono

---

<sup>1</sup>Comisión Reguladora de Energía,” Manual de Interconexión de Centrales de Generación con Capacidad menor a 0.5 MW”, Diario Oficial de la Federación, 15 de diciembre de 2016 [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5465576&fecha=15/12/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5465576&fecha=15/12/2016)

## I. Nota Introductoria

*La transformación de las materias primas en productos manufacturados y también la vida de los organismos solo es posible si se dispone la capacidad para producir cambios. Estos cambios casi siempre están acompañados de la realización de lo que en Física se llama trabajo y comportan una transformación de energía desde unos objetos marginales hacia otros. Así pues, el coste intrínseco de los procesos de transformación de la materia asociados a cualquier actividad se mide, en última instancia, en energía. Sin energía no puede haber vida ni capacidad de actuación sobre el entorno.*

En este ensayo se busca exponer puntos relevantes para el entendimiento de las inversiones a largo plazo que son las renovables específicamente la generación de energía solar fotovoltaica “Paneles Solares”, buscando abarcar todos los puntos que podrían ser relevantes e indagar en su beneficios y áreas de mejora.

Intentando abarcar un poco de los puntos laterales que se tienen que ir ajustando y que son necesarios para la culminación de la tecnología.

Es importante mencionar como la tecnología solar es un sistema 100% modular, es decir que es el mismo tipo de equipo “panel solar” se usa para la construcción de los proyectos residenciales, industriales y parque solares.

La disponibilidad solar se encuentra en todas partes, aunque con sus variables de disponibilidad, pero accesible para casi cualquier usuario.

por un ingreso extra por su contribución al uso no carbónico de electricidad (Certificados de Energía Limpia)

La forma más simple de explicarlo es que al momento de que un usuario genera energía en su propio techo está dejando de utilizar electricidad que provenga muy probablemente de la quema de combustibles, reduciendo su huella de carbono.

Es muy interesante ver como la sociedad se comporta ante estos proyectos ya que sin mencionar el gran beneficio económico que analizaremos a continuación, es normal poder encontrarte con que hay gente realmente consciente de la situación climática actual y el gran entusiasmo de invertir y contribuir con un grano de arena. Particularmente para estos sistemas energéticos de generación distribuida las empresas integradoras se encuentran realizando un ardua labor en la concientización a la sociedad en el uso eficiente de la energía, es muy común que los usuarios residenciales o administradores de alguna empresa PYME, no tienen la menor idea de que es lo que están pagando en su consumo eléctrico, no saben con que tarifa eléctrica con la que cuenta, si su tarifa es correcta o si están pagando energía cara o barata, en términos básicos no saben ni siquiera el interpretar su recibo de CFE que llega mes con mes y que por ser un producto de necesidad vital debería de darse la importancia que merece.

Esto origina que el desconocimiento cree un resentimiento generalizado por el proveedor de cajón CFE, el cual como ya lo mencionamos era hasta hace unos años la única opción para suministro de electricidad.

No hace falta más que informar a la sociedad del uso de su energía, asesorar y proponer opciones de rentabilidad para sus casas y negocios, lo cual podría resultar en una población más consciente e inteligente en su consumo.

Es fácil explicar las grandes bondades de estos sistemas, que pensarían ustedes si llegar alguien a ofrecerles el pagar \$0.00 de electricidad, para los hogares representa un ingreso extra que antes era inimaginable olvidar y para las compañías o industria representaría el eliminar un gasto fijo que aumenta las utilidades de estas.

El funcionamiento de un techo solar es realmente sencillo de comprender, se trata de analizar el consumo promedio de algún centro de carga (casa, negocio o

industria), después con el recurso solar disponible, calcular el tamaño del sistema necesario, pueden ir desde sistemas pequeños en casas, hasta sistemas más robustos en industrias, requerido esto de una ingeniería más desarrollada.

Todos estos servicios son contratables con las nuevas empresas integradoras encargadas de asesorarte en tu consumo, de proveerte el equipo que se ajuste a tu necesidad, encargarse del seguimiento en la vida de tu sistema y ofrecerte opciones rentables para la adquisición de estas ya sea sistemas de financiamiento o arrendamiento de plantas.

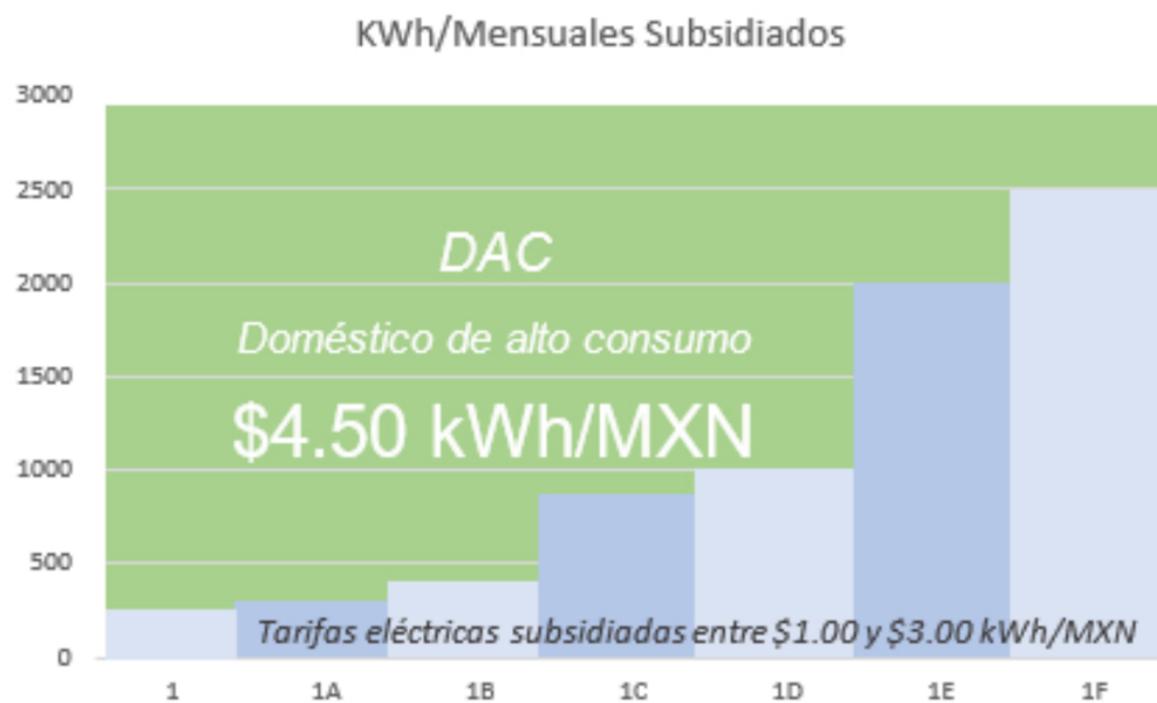
¿Qué beneficios obtendrías al adquirir un sistema? Retornos de inversión altamente convenientes, los sistemas solares en techo más que pensarse como un equipo de generación de energía, se pueden profundizar más en el que se está adquiriendo energía eléctrica por un periodo de al menos 25 años los cuales resultan ser la garantía general en el mercado de los paneles solares (La garantía va de 25 años generando el 80% de la energía que se generaba al ser un sistema nuevo), pero es muy probable que estos equipos se puedan seguir extendiendo en su funcionamiento por algunos años más con su respectivo decremento en generación, esto originado por la degradación de los materiales expuestos a la radiación solar específicamente el silicio del cual está compuesta la celda solar.

También es conveniente mencionar los beneficios que se establecieron para los sistemas, primero que nada, el cambio de medidor representaría un bajo costo en la inversión contra el proyecto y en algunos casos como lo son los de baja tensión el medidor no tiene costo, este es solicitado a CFE Suministro Básico por medio de un contrato de interconexión el cual por lo general es gestionado por la empresa dedicada a instalación de la micro central, este medidor a diferencia de los medidores eléctricos comunes registra tanto la entrada de energía en tu residencia como la aportación a la red eléctrica, en términos básicos el sistema se encuentra generando energía eléctrica durante el tiempo en el que el sol se encuentre presente y al mismo tiempo abasteciendo los equipos que se encuentren dentro del predio, si la energía generada es mayor a la consumida la energía escapa a la red y se registra un saldo a favor, algo que se puede pensar como el giro inverso del medidor, las aportaciones siguen registrándose en el transcurso del día y en el momento en

el que el sol se oculta es cuando el medidor vuelve a registrar ahora las entradas de energía, al final del periodo de facturación el usuario contara con un registro en salida de electricidad y otro de consumo, simplemente el suministrador CFE se encargará de cobrar el faltante de energía o guardar el excedente en algo que técnicamente es conocido como bolsa de energía y tiene un año de vigencia desde el momento en que la energía es inyectada a la red, si llegara a pasar un año y el usuario cuenta con saldos a favor CFE se encarga de liquidarlos a precio de red. Esto solo por mencionar una de las formas de trabajo titulada Net Metering ya que existen algunas otras como Net Billing o Venta total donde puedes vender el total de tu generación a precio de red, los sistemas solares se comparan directamente con la tarifa eléctrica de CFE, para que estos sean convenientes es necesario buscar la tarifa indicada para el desarrollo de estos.

### I. Tarifas eléctricas para el sector residencial

Para el caso residencial CFE define unas tarifas subsidiadas y a un costo bastante bajo, hasta el momento en el que el consumo del servicio supera el nivel subsidiado, entonces pasas en automático a la tarifa de “Domicilio Ato Consumo” o DAC. <sup>2</sup>



<sup>2</sup>Elaboración propia, Página oficial CFE, Tarifas, conoce tu tarifa, residencial, 14 de octubre de 2019, <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRE Casa/Tarifas/TarifaDAC.aspx>

Las tarifas eléctricas mencionadas anteriormente son como CFE clasifica a la región en cuanto a un consumo eléctrico moderado, estas se encuentran apoyadas

directamente por un subsidio gubernamental, es hasta el momento en el que el usuario llega a la tarifa de DAC cuando paga el costo real de la energía.

Según Forbes México en su artículo *“La administración de AMLO gastará 70,000 mdp en subsidios a la luz”*<sup>3</sup> que la energía se mantenga con costos bajos pero pagados por el estado, no es necesariamente una solución ya que el usuario en realidad no tiene conciencia lo que está pagando, además de eso el subsidio al igual que el consumo de la electricidad va en aumentando, pasando de los 52,000 mdp en 2019 a 70,000 mdp para 2020 un aumento presupuestal del 31%

Al contrario de que el subsidio disminuya el gasto va en constante aumento, cuando una manera mas eficiente de usar ese recurso podría ser el de por ejemplo financiar proyectos de techos solares para los usuarios.

Este no es un problema único de México ya que existen muchos países que destinan una parte importante de su PIB para el alivio en los precios de las tarifas eléctricas, volviendo al tema anterior, estos no cuentan con una generación de energía económica, ese es el motivo por el cual tiene destinar cantidades importantes de recurso a amortizar al usuario. <sup>4</sup>

---

<sup>3</sup>Solís, Arturo, “La administración de AMLO gastará 70,000 mdp en subsidios a la luz”, Forbes México, 10 de septiembre de 2019 <https://www.forbes.com.mx/gobierno-de-amlo-gastara-70000-mdp-en-subsidiar-la-luz/>

<sup>4</sup>Defensoría del Pueblo, ¿CUÁNTO DESTINAN LOS PAÍSES A SUBSIDIAR EL CONSUMO DE ENERGÍA? 29 de abril de 2018 <https://www.forbes.com.mx/gobierno-de-amlo-gastara-70000-mdp-en-subsidiar-la-luz/>

## **II. Impacto económico de la generación distribuida para el sector residencial**

Una de las tarifas más convenientes es la DAC, por su alto costo y por ser el precio real de la energía, sin el subsidio gubernamental.

La inversión para estos proyectos residencias de alto consumo podrían ir desde los \$30,000 MXN e ir aumentando conforme sea la necesidad del usuario, a partir de ahí el usuario empezaría a recibir facturas más económicas y en el mejor de los casos solamente pagar el cargo fijo.

La ventaja de estos sistemas es que, por el alto costo de sus tarifas, la inversión del sistema solar comparada con el ahorro de la energía se recuperaría en plazos de aproximadamente 4 años, esto quiere decir que, de los 25 años garantizados, el usuario terminaría con mínimo unos 21 años de energía gratuita.

El retorno de inversión se puede explicar de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Gasto anual del usuario } \$24,000 \text{ pesos}}{\text{Tarifa DAC } \$4.50 \text{ kWh/pesos}} = 5,333.33 \text{ kWh/anuales}$$

Para fines de este análisis estimaremos un consumo anual de unos \$24,000 MXN al año y la tarifa eléctrica actual DAC

5.5 horas de radiación eficiente x 1 panel solar de 250W x perdidas de generacion 10%

$$= 1,237.5 \frac{\text{Wh}}{\text{diarios}} = 1.23 \frac{\text{kWh}}{\text{diarios}} \times 365 \text{ dias} = 451.68 \text{ kWh anuales}$$

El cálculo de la generación comenzaría con una estimación de horas eficientes diarias de radiación solar yéndonos a un caso bastante drástico, multiplicado por un panel solar de 250W y una resta de perdidas por diversos temas técnicos como lo son perdidas de calor, perdidas de transformación y perdidas eléctricas, esto finalmente para obtener una generación diaria y posterior proyectar a un año.

$$\frac{\text{Consumo del usuario } 5,333.33 \frac{\text{kWh}}{\text{anuales}}}{\text{Generacion anual de un panel solar } 451.68 \text{ kWh}} = 11.8 \approx 12 \text{ paneles solares}$$

Para este caso particular el usuario requeriría de 12 paneles de 250W un sistema de 3 kW tendría un costo aproximado en el mercado de \$ 1.80 USD/Watt instalado (El costo puede ir de los \$1.80 USD a \$1.00 USD dependiendo el tamaño del equipo y la empresa que instale el sistema, como referencia el estudio de ABM propone un precio promedio de 1.75 USD <sup>5</sup>). Dando un monto de inversión aproximado de \$ 102,600 MXN, dividido entre el gasto anual de CFE obtendríamos como resultado 4.2 años en el retorno de inversión.

### **III. Tarifas eléctricas para el sector comercial**

Al analizar las tarifas comerciales podemos centrarnos únicamente en las mas comunes como lo son PDBT (Pequeña Demanda Baja Tensión), GDMTO (Gran Demanda Media Tensión Ordinaria) y GDMTH (Gran Demanda Media Tensión Horaria).

La primera de estas se puede explicar de una manera muy sencilla ya que es muy similar a la tarifa DAC, solo que esta es la que CFE aplica para los centros de carga que tengan algún tipo de giro comercial, esta puede rondar en los \$3.50 kWh/MXN la cual sigue siendo muy atractiva para el uso de la generación distribuida.

La segunda que es la GDMTO es una tarifa que se aplica a usuario con un consumo mas considerable y se encuentran conectados directamente a las redes de media tensión a diferencia de las tarifas anteriores, esta cobra lo que se podría denominar como dos productos que van de la mano, pero se facturan de manera diferente, energía y potencia.

La Potencia es el consumo instantáneo y la energía es el uso continuo de esta. Estos dos registros son tomados por el medidor, este se encuentra midiendo por intervalos quince minútales y registrando el valor más alto instantáneo, al final de la facturación se cobra el valor más alto registrado en el mes y el total de la energía que está entrando al predio, si contáramos con un consumo plano de 25kW,

---

<sup>5</sup>Asociacion de Bancos de México ABM ,Mercado de energía fotovoltaica de baja escala, 2017, [https://www.abm.org.mx/descargas/Paneles\\_Solares\\_2017.pdf](https://www.abm.org.mx/descargas/Paneles_Solares_2017.pdf)

significaría que tendríamos encendido un equipo de esa capacidad, durante las 24 horas de todos los días del mes dando como resultado un consumo de  $25 \text{ kW} \times 24 \text{ horas} \times 30 \text{ días} = 18,000 \text{ kWh mensuales}$ , esto significa que contaríamos con 2 cobros uno por 25kW de potencia y otro por 18,000 kWh de energía.

Las tarifas son mas accesibles para este sector hablando de energía podríamos estar entre \$1.00 kWh/MXN y \$1.50 kWh/MXN pero con un costo agregado de potencia que puede ir entre \$250 kW/ MXN a \$300 kW/MXN.

Y finalmente la tarifa GDMTH que es muy similar a la anterior mencionada, el cobro de potencia es similar, pero con la variante de que el precio de la energía varía según el horario de consumo, con los costos mas bajos en los horarios de menor saturación de la red y costos mas alto a mayor tráfico en las redes. Los precios de la electricidad para el consumo más económico ronda en \$ 1.00 kWh/MXN, para tarifa intermedia que es la mayor parte del día \$1.50 kWh/MXN y horario punta de \$2.00 kWh/MXN y un costo de potencia de unos \$350 kW/MXN

#### **IV. Impacto económico de la generación distribuida en las tarifas comercial**

Realizando el mismo tipo de ejercicio podemos ver como la tarifa eléctrica por ser muy barata vuelve la inversión menos atractiva ya que el sistema solar al funcionar en horarios limitados a la radiación, no es seguro que puede reducir el registro de potencia, por eso solamente contribuiría a la aportación de energía.

Esto era un problema hasta el momento de la modificación de la metodología de cobro de potencia que CFE establece, el cobro será lo que resulte como mínimo de la siguiente formula:

$$\text{mín} \{D_{\text{maxpunta}}, [Q_{\text{mensual}} / (24 * d * F.C.)]\} \quad ^6$$

---

<sup>6</sup> Página oficial CFE Tarifas conoce tu tarifa para negocios e industrias, 15 de octubre de 2019, <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRENegocio/Tarifas/GranDemandaMTH.aspx>

Al sustituir con valores hipotéticos en los cuales se suministró el 100% de la energía por medio de un proyecto de generación distribuida y se registró un pico de potencia de 25kW en una tarifa GDMTO, obtendríamos el siguiente resultado:

$$\text{mín} \{50kW, [0/(24 * 30 * 0.55)]\} = \text{mín} \{25kW, 0\} = 0.$$

Por lo planteado anteriormente podemos establecer que un registro de energía en cero sería a la vez un registro de no cobro por potencia y finalmente nos reflejaría un beneficio como el siguiente:

$$(108,000 \text{ kWh/año} * \$ 1.25 \text{ kWh pesos}) + (50 \text{ kW} * \$ 350 \text{ kW/pesos} * 12 \text{ meses}) = \$ 345,000 \text{ MXN/año}$$

$$\frac{\text{Consumo del usuario } 108,000 \frac{\text{kWh}}{\text{anuales}}}{\text{Generacion anual de un panel solar } 451.68 \text{ kWh}} = 239 \approx 240 \text{ paneles solares}$$

Para este caso particular el usuario requeriría de 240 paneles de 250W un sistema de 60 kW tendría un costo aproximado en el mercado de \$ 1.30 USD/Watt instalado (El costo puede ir de los \$1.80 USD a \$1.00 USD dependiendo el tamaño del equipo y la empresa que instale el sistema). Dando un monto de inversión aproximado de \$ 1,710,000 MXN, dividido entre el gasto anual de CFE obtendríamos como resultado 4.9 años en el retorno de inversión

## **V. Beneficios Fiscales**

Uno de los beneficios que otorga el FISCO es el de la deducción del 100% de la inversión en el primer año, condicionado a mantener el equipo en operación por lo menos 5 años. <sup>7</sup>, es decir que aun con los bajos retornos de inversión que se pueden manejar en estas inversiones, se puede reducir aun mas el tiempo de su amortización, gracias a los beneficios de la deducción de este producto.

## **VI. Financiamiento**

Los beneficios mencionados anteriormente en efecto parecen bastante atractivos, pero un punto bastante relevante de analizar es que no cualquier PYME ni cualquier usuario residencial podría desembolsar ese tipo de cantidades, por lo general las empresas venden los sistemas de contado y esto hace que estos productos no sean accesibles para todos los usuarios.

Existen ya bancos privados que extienden la mano a este tipo de tecnologías y pueden volverse una opción viable, pero hay otras opciones como lo son los mecanismo de apoyo de la iniciativa de CFE, los créditos de FIDE (Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica), desde el 2013 han aportado créditos a 2,044 proyectos de techos solares e instalado un total de 16 MW, manejando una tasa de interés accesible para el cliente y un extra de una programa llamado FOTEASE (Fondo para la Transición Energética y el aprovechamiento Sustentable de la Energía) que otorga a los usuarios un apoyo del 10% de la inversión a fondo perdido y el restante es manejado por la fiduciaria. <sup>8</sup>

---

<sup>7</sup>Ley de impuesto sobre la renta, *Artículo 34. Los por cientos máximos autorizados, tratándose de activos fijos por tipo de bien son los siguientes:*

*XIII. 100% para maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables o de sistemas de cogeneración de electricidad eficiente,*  
[http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR\\_301116.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR_301116.pdf)

<sup>8</sup>Página oficial Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica  
[http://www.fide.org.mx/?page\\_id=14828](http://www.fide.org.mx/?page_id=14828)

Existen algunos otros mecanismos de empresas extranjeras como Tesla los cuales lanzaron un plan de arrendamiento de planta en la cual el cliente no necesita realizar ningún desembolso inicial para adquirir su sistema, en vez de eso la empresa se queda como la propietaria del sistema y el usuario de la energía paga un tarifa mensual que resulta menor a la de su suministro eléctrico, como se menciona en el articulo publicado en The Verge <sup>9</sup>

A continuación, ejemplificaremos uno de esos casos de arrendamiento con la tarifa residencial de alto consumo de México, según el articulo Tesla realizara un cargo mensual a sus usuario por la cantidad de \$100 USD mensuales por un sistema de 7.6 kW el cual generaría entre 19 kWh/diarios y 28 kWh/diarios, tomando como ejemplo la tarifa DAC:

$$\begin{aligned} 23 \text{ kwh/diarios} * 4.5 \text{ kWh/MXN} &= 103.5 \text{ MXN/diarios} * 30 \text{ dias} \\ &= 3,105 \text{ MXN/mensuales} \end{aligned}$$

Tomando la media de las producciones estimadas en kWh/diarios que Tesla presenta para los estados de Arizona, California, Connecticut, Massachusetts, Nueva Jersey y Nuevo México, comparado con la tarifa eléctrica ya mencionada tenemos que la mensualidad de \$100 USD \* 19 T.C. = \$ 1,900 MXN/mes, comparado con los \$ 3,105 MXN/mes, estaría generando un ahorro aproximado del 61% a lo largo de la vida del proyecto sin necesidad de que el usuario tenga que realizar inversión alguna pero adquiriendo el compromiso de la compra de esa energía.

---

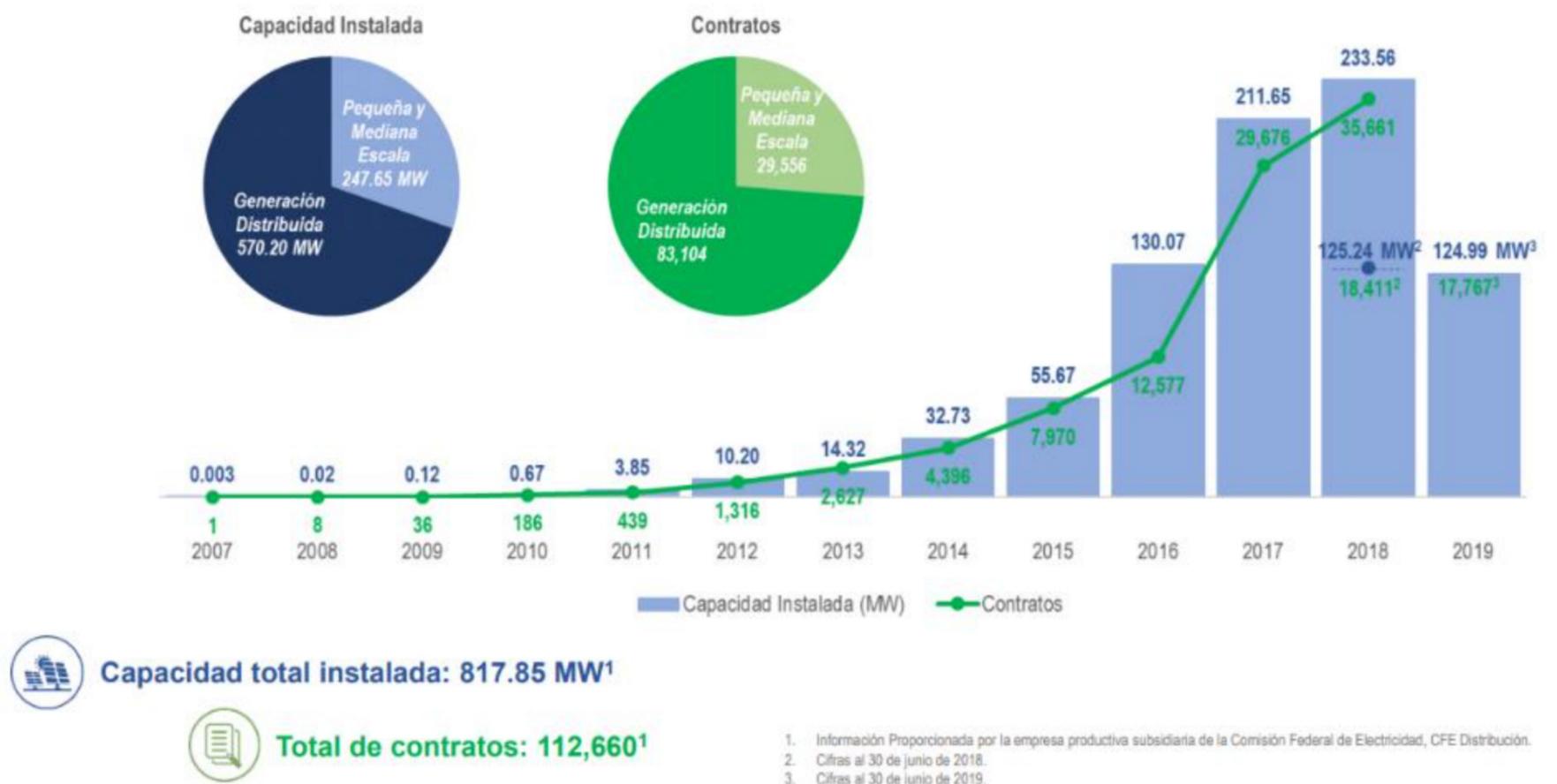
<sup>9</sup>Fuente: O’kane, Sean, The Verge, “Tesla launches a rental plan to help its slumping home solar panel business” 19 de Agosto de 2019 <https://www.theverge.com/2019/8/19/20812060/tesla-solar-panel-rental-subscription-price-lease-elon-musk-cancellation-fee>

## VII. Evolución del precio de los paneles solares

Como toda tecnología nueva los costos al principio pueden ser altos y poco rentables, pero la penetración de los sistemas fotovoltaicos a nivel mundial ha logrado diversos avances, la investigación y desarrollo de la mejora de los materiales y aumento de su producción en masa pueden ser el motivo por el cual los costos por Watt han pasado de de 1.81 USD/Watt en 2010 a 0.70 USD/Watt según el artículo de Forbes. <sup>10</sup>

## VIII. Capacidad actual en Generación Distribuida

Por todo lo mencionado anteriormente, la generación distribuida ha ido creciendo a un paso constante, como podemos ver según la información que nos proporciona la Comisión Reguladora de energía a tenido un aumento considerable y acumulado un total de 817 MW. <sup>11</sup>



<sup>10</sup>Muciño, Francisco, ¿Se aproxima el 'boom' de la energía solar?, Forbes, 1 de enero 2015 <https://www.forbes.com.mx/se-aproxima-el-boom-de-la-energia-solar/>

<sup>11</sup>Comisión Reguladora de Energía, Generación Distribuida

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/483322/Estadisticas\\_GD\\_2019-1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/483322/Estadisticas_GD_2019-1.pdf)

Ahora un punto relevante es como ira en aumento en el futuro, hay algunos factores que valen la pena mencionar, como lo son la constante baja en los precios del silicio USD/Watt, la evolución en las empresas integradoras de techos solares, los nuevos esquemas de trabajo de régimen común los cuales le permiten a los usuarios compartir energía por medio de esquemas sencillos y el mas relevante de todos, el cambio en la metodología de cargo por potencia de CFE Suministro Básico, el cual fue explicado en el capítulo “Tarifas eléctricas para el sector comercial” este no estaba vigente hasta antes del año en curso, esto quiere decir que la mayor parte de la capacidad instalada en media tensión, generaba menos ahorros de lo que está aportando en la actualidad, se estaría pasando de retornos de inversión para media tensión de 10 años a 5 años, lo cual haría que estos proyectos fueran a la alza, claramente aumentaría la capacidad, ya que es en estas tarifas donde es permitida una capacidad de interconexión mas grande.

### **III. Generación Centralizada en Autoabasto**

La generación centralizada puede verse como la que concentra la generación de energía en un solo punto y la distribuye a través de redes eléctricas de transmisión y distribución las oportunidades que pueden generar estas son variadas ya que puede trabajar en distintos esquemas uno de ellos el Autoabasto.

Esta alternativa fue la primera opción implementada por el gobierno federal en el cual los proyectos resultan bastante rentables por sus costos de transmisión de energía.

Llamados auto abasto ya que legalmente se manejan como una sociedad de empresas privadas las cuales forman un grupo accionaria con el generador y establecen contratos de compra de energía a largo plazo PPA (Power Purchase Agreement) estos establecen precios de energía y potencia y a su vez dejan claro las salidas legales y las reglas para que ninguno de los dos participantes incumpla con lo acordado.

Un notable beneficio es que el usuario a diferencia de las inversiones que tiene que realizar para los proyectos de generación distribuida, aporta una casi nula inversión para adquirir alguno de estos contratos, pero si se limita en que las empresas necesitan de centros de carga que consuman volúmenes de energía considerable o muchos pequeños centros de carga en tarifas comerciales a los cuales se les distribuiría energía en cualquier parte del país.

Lamentablemente estos proyectos fueron los establecidos hasta antes de la nueva Ley de la Industria Eléctrica y tienen un límite de operación de diciembre de 2019 y a partir de ahí funcionan con un esquema diferente al mencionado.

La diferencia en el desarrollo de estos proyectos radica en el volumen, comparándolos con proyectos de techos solares los precios de \$ 1.80 USD/Watt a \$ 1 USD/Watt instalado, estos por su volumen de implementación podrían llegar a los 0.6 USD/Watt para gran escala y con condiciones aceptables de desarrollo.

Otra notable diferencia es que la generación distribuida requiere de un pequeño y casi nulo costo de operación, cuando estos proyectos requieren de un gasto que se deriva de mantener los permisos ante la Comisión Reguladora de Energía, los costos de la transmisión eléctrica, seguimientos ambientales, Operación y Mantenimiento del parque y Administración de los activos, solo por mencionar algunos

Para el entendimiento completo de estos proyectos, podemos modelar un proyecto de 60 MW que tendría las siguientes características CAPEX \$ 45 MMUSD y un OPEX de \$ 3 MMUSD contando con un rango de 8% a 18% de Tasa Interna de Retorno de Inversión que depende de muchos factores como lo son los precios establecidos por la venta de la energía a largo plazo, la ubicación del proyecto y las adecuaciones a las líneas de transmisión eléctrica, por mencionar algunos.

#### **IV. Almacenamiento de energía**

No se puede negar que el proponer un cambio en el esquema energético es un gran reto, la energía solar tiene grandes beneficios y usos, desde llevar energía eléctrica sin necesidad de redes a lugares remotos, hasta tener la capacidad de con un espacio reducido generar la energía necesaria para una residencia o negocio, pero el hecho de que esta depende directamente de las condiciones climáticas es una realidad, si proyectamos esto al crecimiento que estas pueden tener, podrían surgirnos una serie de problemas como lo son la intermitencia.

La solución mas real en la actualidad seria la del almacenamiento de energía eléctrica, existen ya muchos avances en ello, como sistemas de bombeo/hidroeléctrico, que durante el pico de generación, elevan el fluido a nivel de presa y después cuando la generación renovable disminuye, encienden el generador y por medio de la fuerza de gravedad aportan en la nivelación eléctrica de las redes.

Otras alternativas que están siendo exploradas son el almacenamiento por baterías de litio las cuales presentan beneficios como lo son la resiliencia, el alivio en las redes eléctricas, fin de la intermitencia, nivelación de voltaje entre otros.

Si bien son sistemas en desarrollo y como toda nueva innovación los costos necesitan mejorar, esto se podría alcanzar en conjunto con el desarrollo de los autos eléctricos e híbridos, los cuales también funcionan con esta tecnología de litio, si en algún momento en el futuro llegar a haber un boom de la movilidad eléctrica, la comercialización del litio se volvería más económica y beneficiaria al almacenamiento de energía eléctrica.

Otro tema relevante es que los beneficios del almacenamiento no son tan monteizables, es decir se puede observar grandes mejoras en las redes, pero como obligar a las empresas a que inviertan en estas tecnologías si rentablemente no podemos darles una respuesta, creo que esto correspondería más bien a un plan

de integración de almacenamiento eléctrico con redes de transmisión y distribución, proponiendo una alternativa que podría financiarse con la rentabilidad de lo que son las renovables.

## **V. Eficiencia energética**

Eficientar antes que energizar, la eficiencia energética también a dado grandes pasos y en conjunto con la digitalización, se están desarrollando proyectos en conjunto los cuales podrían ir a la raíz del problema, si reduces todo a términos básicos y puedes concientizar a las empresas y usuarios de como reducir sus consumos y controlar su tarifa eléctrica lograrías grandes beneficios.

## **VI. Impacto Ambiental**

La imagen que tienen los paneles solares o la que la sociedad ha establecido es la de una alternativa 100% limpia y sin generación de CO<sub>2</sub>, la cual finalmente resulta verdadera podríamos pensar en que en el único momento que estas tecnologías contaminan es a la hora de su fabricación y al usarlas estamos evitando la generación de energía por otra tecnología de hidrocarburos, por ejemplo.

Pero igual de importante resaltar que estas cuentan con vidas útiles bastante comunes las cuales pueden ir de garantías por generación al 80% en 25 años con tiempos estimados de vida de 30 o 40 años con obviamente un decremento en su eficiencia, esto nos lleva a pensar que en México fue hasta el 2011 que la CFE permitió los contratos de interconexión reconocidos como generadores exentos.

Si en el 2011 se comenzaron a instalar paneles solares llegara un momento por ejemplo en el 2040 en el cual tendremos una generación de residuos bastante preocupante, es importante mirar fuera y ver que alternativas están tomando en otros países, la PV Cycle es una organización sin fines de lucro que ofrece servicios de gestión de residuos en todo el mundo, por medio de sus socios se encarga de recolectar, almacenar y reciclar estos residuos lo cual evita que estos lleguen a contaminar ya que el silicio del cual están formados podría considerarse como un residuo electrónico que hay que controlar, así como brindar servicios para diferentes equipos eléctricos y electrónicos, baterías y residuos industriales, en conjunto con

eso y para impulsar el progreso participa en actividades de I+D promoviendo la innovación en la industria eléctrica., desarrollando proyectos que buscan el completo reciclaje de los equipos solares y su mejora en eficiencia. <sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> PV Cycle, 15 de octubre de 2019 <http://www.pvcycle.org/homepage/>

De acuerdo con la información actual hasta el momento, se cuenta con una capacidad de energía solar de aproximadamente 817 MW solo en casas y negocios (generación distribuida) y 2,104 MW parque solares <sup>13</sup> dando un total de 2,921 MW, podríamos pensar en que ya contamos con 11.68 millones de paneles solares de aproximadamente 25kg, los cuales nos representarían unas 292,100 toneladas de residuos mas los que se sigan acumulando para el 2050 y los cuales hay que tratar manera responsable.

Sumado a todo esto el reciclaje de paneles solares se volverá una oportunidad rentable de negocio según el artículo “El reciclaje de paneles solares, un súper negocio de 13,500 millones de euros al año” <sup>14</sup> el valor de las materias primas recuperables podría llegar hasta los 450 millones de USD en 2030 y superar los 15 mil millones de USD en 2050, todo esto podría contribuir a la transición a este tipo de tecnología cerrando el ciclo de vida de los módulos fotovoltaicos.

No minimicemos en ningún momento que aun así estas siguen siendo una alternativa altamente eficiente en la no generación de bióxido de carbono. De cualquier forma aunque no 100% perfecta es hasta ahora una de las mejores alternativas.

---

<sup>13</sup> Loredó, Diana, El Financiero, 31 de diciembre de 2018, <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/2018-cierra-con-38-parques-solares-en-operacion-comercial>

<sup>14</sup> Raso, Concha, energía hoy, 28 de julio de 2016 <https://energiahoy.com/2016/07/28/el-reciclaje-de-paneles-solares-un-super-negocio-de-13500-millones-de-euros-al-ano/>

## VII. Conclusión

Como bien se sabe estamos actualmente en la era de los hidrocarburos y en una economía basada en ellos, no ocurrirá probablemente una transmisión completa en un corto plazo, pero hay que pensar en que es lo que se necesita para que esto pase se tiene que ir empezando a establecer las bases , no podemos pensar en que la energía solar es la solución total a los problemas, pero si en que esta puede ser un complemento importante, primero que nada es fundamental pensar en el reducir el consumo por medio de prácticas de eficiencia energética, por control de cargas y uso inteligente de los periodos pico de las redes.

También es importante mencionar que ningún proceso es físicamente perfecto, para lograr mantener el nivel de consumo energético de la sociedad actual se tienen que realizar grandes esfuerzos en todas las áreas que vayan relacionadas a estas, si bien la energía solar no podría ser la solución de manera absoluta, es una potencial opción del abanico energético, que podría ir complementada con otras alternativas de generación, ningún proceso es 100% perfecto, pero lo que si es un hecho es que todos los proceso tienen mejoras y se pueden seguir haciendo más eficientes.

Según el artículo de “Desafíos de un modelo energético sostenible” <sup>15</sup> si el crecimiento sigue aumentando como lo dicta su tendencia, no habría tecnología ni renovable, ni no renovables capas de suministrar la energía necesaria para la nación.

En el artículo se habló sobre las grandes afectaciones de los terrenos y la poca densidad energética con la que cuentan las renovables, lo cual termina siendo una realidad, ahí mismo se limita la energía solar a una generación nacional de 200 TW/h anuales donde con una razón de 1.1 GW/h por MW y un área requerida de 1,150 Km<sup>2</sup> con una conversión de 160 MW por Km<sup>2</sup>.

---

<sup>15</sup> Ocampo Téllez, Edgar, Desafíos de un modelo energético sostenible, Energía a debate, noviembre-diciembre de 2017 <https://www.energiaadebate.com/blog/2729/>

Al analizarlo no se aclara si se está limitando la potencia por temas de transmisión eléctrica o de recurso energético, ya que si dejamos de lado la transmisión eléctrica y la infraestructura necesaria para su transporte y tomando una equivalencia de 2.73 GWh/MW para proyectos solares al norte de México y una razón de 30MW por Km<sup>2</sup>, serian necesaria la instalación de 73,260 MW contra los 185,000 MW mencionados, esto requeriría según nuestros cálculos un área de 2,442 km<sup>2</sup> un área mayor a la mencionada anteriormente, pero que equivaldría al 1% del desierto del norte de México, situado entre Sonora y Baja California (230,635 km<sup>2</sup>) el cual cuenta con una radiación optima para el desarrollo de estos proyectos.

Si nuestros cálculos son correctos podríamos pensar en que la limitante iba mas bien referida a la capacidad de transmisión, ya que contamos con mucha mas área de la planteada para seguir desarrollando la tecnología solar fotovoltaica.

---

<sup>16</sup> EcuRed, Desierto de Sonora, [https://www.ecured.cu/Desierto\\_de\\_Sonora](https://www.ecured.cu/Desierto_de_Sonora)

## VIII. Bibliografía

<sup>1</sup>Comisión Reguladora de Energía,” Manual de Interconexión de Centrales de Generación con Capacidad menor a 0.5 MW”, Diario Oficial de la Federación, 15 de diciembre de 2016 [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5465576&fecha=15/12/2016](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5465576&fecha=15/12/2016)

<sup>2</sup>Elaboración propia, Página oficial CFE, Tarifas, conoce tu tarifa, residencial, 14 de octubre de 2019, <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Tarifas/TarifaDAC.aspx>

<sup>3</sup>Solís, Arturo, “La administración de AMLO gastará 70,000 mdp en subsidios a la luz”, Forbes México, 10 de septiembre de 2019 <https://www.forbes.com.mx/gobierno-de-amlo-gastara-70000-mdp-en-subsidiar-la-luz/>

<sup>4</sup>Defensoría del Pueblo, ¿CUÁNTO DESTINAN LOS PAÍSES A SUBSIDIAR EL CONSUMO DE ENERGÍA? 29 de abril de 2018 <https://www.forbes.com.mx/gobierno-de-amlo-gastara-70000-mdp-en-subsidiar-la-luz/>

<sup>5</sup>Asociación de Bancos de México ABM ,Mercado de energía fotovoltaica de baja escala, 2017, [https://www.abm.org.mx/descargas/Paneles\\_Solares\\_2017.pdf](https://www.abm.org.mx/descargas/Paneles_Solares_2017.pdf)

<sup>6</sup> Página oficial CFE Tarifas conoce tu tarifa para negocios e industrias,15 de octubre de 2019, <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRENegocio/Tarifas/GranDemandaMTH.aspx>

<sup>7</sup>Ley de impuesto sobre la renta, *Artículo 34. Los por cientos máximos autorizados, tratándose de activos fijos por tipo de bien son los siguientes:*  
*XIII. 100% para maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables o de sistemas de cogeneración de electricidad eficiente,*  
[http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR\\_301116.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LISR_301116.pdf)

<sup>8</sup>Página oficial Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica [http://www.fide.org.mx/?page\\_id=14828](http://www.fide.org.mx/?page_id=14828)

<sup>9</sup>Fuente: O’kane, Sean, The Verge, “Tesla launches a rental plan to help its slumping home solar panel business” 19 de Agosto de 2019

<https://www.theverge.com/2019/8/19/20812060/tesla-solar-panel-rental-subscription-price-lease-elon-musk-cancellation-fee>

<sup>10</sup> Muciño, Francisco, ¿Se aproxima el 'boom' de la energía solar?, Forbes, 1 de enero 2015 <https://www.forbes.com.mx/se-aproxima-el-boom-de-la-energia-solar/>

<sup>11</sup> Comisión Reguladora de Energía, Generación Distribuida [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/483322/Estadisticas\\_GD\\_2019-1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/483322/Estadisticas_GD_2019-1.pdf)

<sup>12</sup> PV Cycle, 15 de octubre de 2019 <http://www.pvcycle.org/homepage/>

<sup>13</sup> Loredó, Diana, El Financiero, 31 de diciembre de 2018, <https://www.elfinanciero.com.mx/economia/2018-cierra-con-38-parques-solares-en-operacion-comercial>

<sup>14</sup> Raso, Concha, energía hoy, 28 de julio de 2016 <https://energiahoy.com/2016/07/28/el-reciclaje-de-paneles-solares-un-super-negocio-de-13500-millones-de-euros-al-ano/>

<sup>15</sup> Ocampo Téllez, Edgar, Desafíos de un modelo energético sostenible, Energía a debate, noviembre-diciembre de 2017 <https://www.energiaadebate.com/blog/2729/> (Lectura recomendada)

<sup>16</sup> EcuRed, Desierto de Sonora, [https://www.ecured.cu/Desierto\\_de\\_Sonora](https://www.ecured.cu/Desierto_de_Sonora)