

ENERGÍAS RENOVABLES

GESTIÓN EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN
LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN



GESTIÓN EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN CONDOMINIOS OPORTUNIDADES, APLICACIONES Y BUENAS PRÁCTICAS

Câmara Brasileira de la Industria de la Construcción - CBIC

José Carlos Rodrigues Martins
Presidente

Nilson Sarti
Presidente de la Comisión de Medio Ambiente -CMA/CBIC

Geórgia Grace Bernardes
Coordinadora de Proyectos

Mariana Silveira Nascimento
Gestión de los Proyectos de Medio Ambiente y Sostenibilidad

Centro Brasileiro de Energía y Cambio del Clima – CBEM

Osvaldo Livio Soliano Pereira
Maria das Graças Pimentel de Figueiredo
Eduardo Filippo Oliveira Allatta

Apoyo
Lucas da Costa Corte Imperial

Diseño gráfico y diagramación
www.boibumbadesign.com.br

Corealización:



Realización:



Julio de 2016

Corealização:



*Iniciativa da CNI - Confederação
Nacional da Indústria*

Realização:



LISTADO DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de calentamiento solar típico.	18
Figura 2 - Conexión serie paralelo de células y módulos FV	19
Figura 3 - Módulos monocristalinos	20
Figura 4 - Módulos policristalinos	20
Figura 5 - Módulos amorfo	20
Figura 6 - Componentes básicos del SFCR	21
Figura 7 - Equipos y topología básica SFCR	21
Figura 8 - Sistema eléctrico tradicional	23
Figura 9 - Sistema eléctrico con inserción de generación distribuida	24
Figura 10 - Procedimientos y plazos para conexión	26
Figura 11 - Sistema de compensación de energía eléctrica	29
Figura 12 - Ángulos azimut y de inclinación.	36
Figura 13 - Efecto de sombra sobre los módulos, módulo izquierdo a-Si	40
Figura 14 - Configuración que debe ser evitada para módulos de	40
Figura 15 - Configuración que debe ser evitada para módulos de películas finas	40
Figura 16 - Estandares de sombras y uso de tecnologías de módulos FV	41
Figura 17 - Un string fotovoltaico en un inversor con un rastreador MPP (A), varios strings fotovoltaicos en un inversor con un rastreador MPP (B), varios strings fotovoltaicos en un inversor multistring con varios rastreadores MPP (C)	43
Figura 18 - Ejemplo de surgimiento de corriente inversa debido anomalía en una string	44
Figura 19 - Sistema de compensación de energía eléctrica	46
Figura 20 - Fijación en tejados de eternit	46
Figura 21 - Fijación en tejados de eternit	47
Figura 22 - Fijación en teja Americana o portuguesa	47

LISTADO DE FIGURAS

Figura 23 - Fijación en teja Americana o portuguesa	47
Figura 24 - Estructuras en tejados planos	48
Figura 25 - Estructuras en tejados planos	49
Figura 26 - Estructura tipo CarPort	49
Figura 27 - Estructura tipo CarPort	49
Figura 28 - Curva de aprendizaje tecnológico para módulos fotovoltaicos	53
Figura 29 - Evolución del precio de las tarifas de energía eléctrica en Brasil	54
Figura 30 - Sistema de generación FV instalado en el condominio	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 - Documentação necessária ao pedido de conexão com a rede da distribuidora	21
Tabla 2 - Comparação do custo pago a concessionário com custo da energia fotovoltaica	47
Tabla 3 - Porcentual de desconto en la cuenta de energía de la clase residencial, subclase bajo ingreso.	58

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
2. USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN LAS CONSTRUCCIONES	12
3. ENERGÍA FOTOVOLTAICA X CALENTAMIENTO SOLAR	16
4. MICRO Y MINIGENERACIÓN DISTRIBUIDA	22
5. SISTEMA DE COMPENSACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	28
Emprendimiento de múltiples unidades consumidoras (condominios)	31
Generación compartida	32
Autoconsumo remoto	32

6. APLICACIONES DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN CONDOMINIOS	34
Definición del local de instalación y premisas de proyecto	35
Orientación e inclinación de los paneles fotovoltaicos	36
Relación entre area y energía producida	38
Sombreado	39
Infraestructura eléctrica	42
La cuestión arquitectónica y de la integración en la construcción	45
Condominio Horizontal	45
Condominio Vertical	48
7. VIABILIDAD ECONÓMICA	50
Precio del Watt-pico (Wp)	52
Tarifas de energía eléctrica	54
Comparación entre precio del watt pico y tarifas	54
8. EJEMPLOS DE APLICACIÓN EN HABITACIONES DE INTERÉS SOCIAL	56
9. POLÍTICAS DE FOMENTO Y FINANCIACIÓN	64
BNDES	65
Banco do Brasil y Caixa Econômica Federal	66
Banco de Nordeste	67
Bancos Privados	67
10. CONSIDERACIONES FINALES	68

7 INTRODUCCIÓN

■ La generación de energía eléctrica con las explotaciones de fuentes renovables es actualmente una tendencia creciente en distintos países, en los cuales se verifica también la concesión de incentivos para la generación distribuida de pequeño porte.

Los incentivos a la generación distribuida, localizada cerca los centros de consumo, proporcionan diversas ventajas para el sistema eléctrico, las cuales sean: posponen inversiones en la expansión de los sistemas de transmisión y distribución y reducen el cargamento de esas redes y las pérdidas de los sistemas, tienen bajo impacto ambiental, quitando o reduciendo emisiones de gases del efecto invernadero, y permiten la diversificación de la matriz energética.

En los últimos años está agrandándose en Brasil la discusión acerca la necesidad de incentivar el uso de fuentes renovables alternativas que posibiliten la expansión y diversificación del parque generador de electricidad del país, incluyéndose en ese tema la inserción de las pequeñas unidades generadoras, los micros y pequeños generadores distribuidos. Otra cuestión igualmente importante que también está incluida en esa discusión es la de la eficiencia en el uso de la energía.

El uso eficiente de la energía significa no solamente utilizar apenas la energía necesaria y suficiente para el desempeño de determinada actividad, sin desperdicio ni comprometimiento de la calidad de la actividad, sino también minimizar al máximo el impacto en la demanda al sistema energético y, por consecuencia, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que, globalmente, son mayoritariamente oriundos de la producción de energía eléctrica y usos de energía, tendencia también creciente en Brasil. Las emisiones de gases de efecto invernadero y su impacto en los cambios climáticos es, sin dudas, el más importante problema ambiental que tenemos hoy en la Tierra.

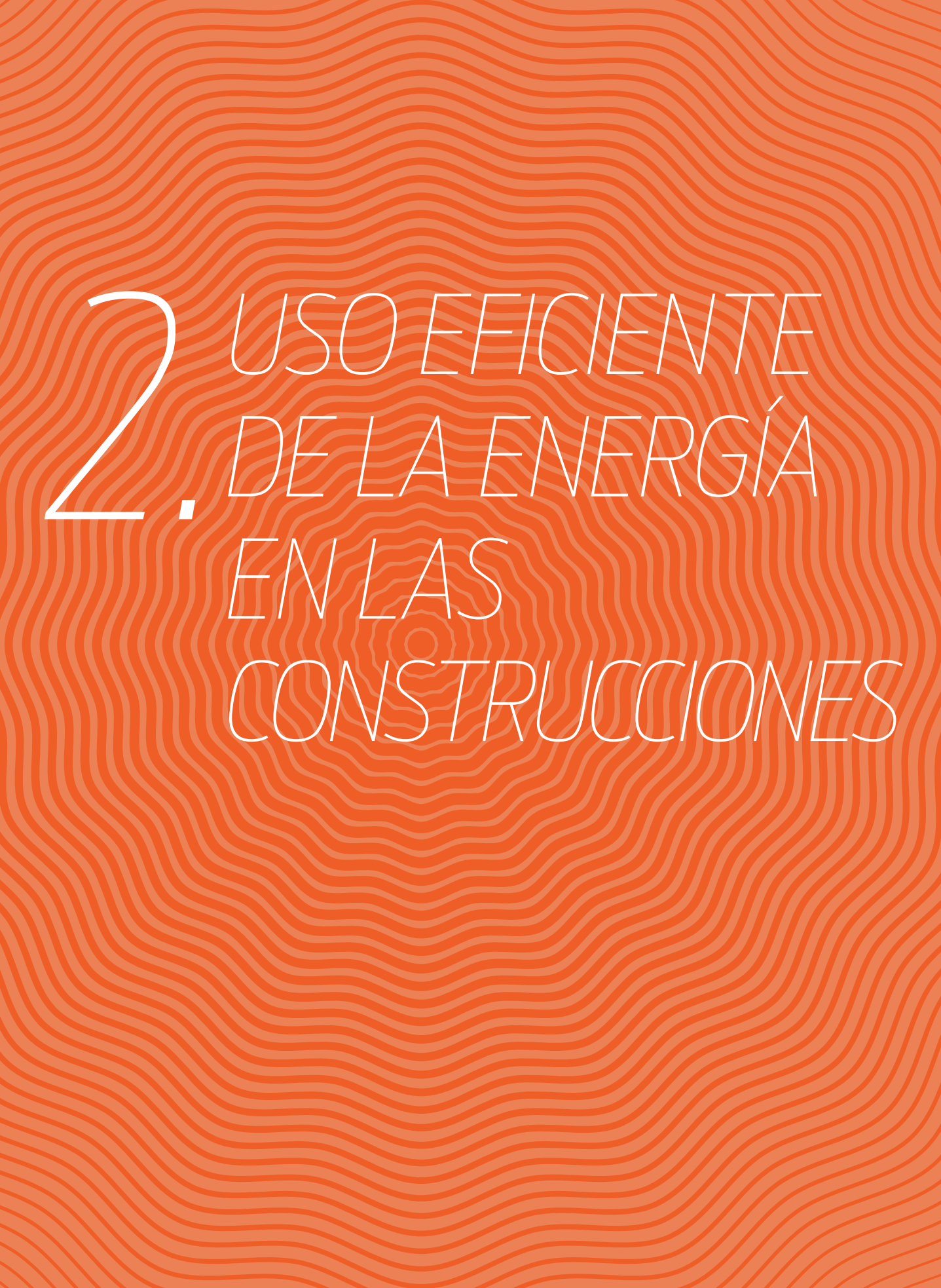
Así, siendo las edificaciones un espacio donde gran parte de la energía producida es consumida, la agilidad de su uso, el direccionamiento para edificaciones neutras en consumo de energía o hasta exportadoras de energía se constituye no solamente en un reto, sino también una oportunidad para el sector de la construcción.

La energía utilizada en una actividad o por un equipo están relacionadas a cuestiones comportamentales y las cuestiones tecnológicas. Cambios comportamentales son obtenidos a través de la educación, campañas de concientización, procedimientos, capacitación, entrenamiento; ya las cuestiones tecnológicas que promuevan el uso eficiente de la energía dependen de las características y condiciones del sistema energético en el área, de las edificaciones y de los equipos utilizados.

Entre las fuentes de energía renovables, la energía solar fotovoltaica presenta múltiples ventajas, pues además de ejercer un papel complementario a las hidroeléctricas, principal fuente de generación del País, reduce el aumento del pico de la demanda de energía durante el día, no produce emisiones durante la generación de energía eléctrica, dispensa el uso de combustibles, el que reduce el coste de generación. Además de eso, como la generación puede ser hecha junto a los locales de consumo/carga, minimiza las necesidades de nuevas líneas de transmisión y aumenta la seguridad energética.

Gracias al tamaño de su territorio y de la alta irradiación solar, Brasil puede ampliar considerablemente la participación de la fuente solar fotovoltaica en su matriz energética. Según el Plan Decenal de Expansión 2024, elaborado por la Empresa de Investigación Energética del Ministerio de Minas y Energía, los sistemas de pequeño porte deben responder por 1,6 TWh en 2024, debido a la penetración de sistemas de generación solar fotovoltaica en las clases residenciales y comerciales.

El objetivo de este documento es presentar informaciones de como el uso de sistemas solares fotovoltaicos en residencias para producción de energía eléctrica puede reducir la demanda de energía del sistema eléctrico y contribuir para diversificar la matriz energética brasileña.



2. USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN LAS CONSTRUCCIONES

Según los datos del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), globalmente las construcciones fueron responsables por 32% del consumo total de energía final en el mundo, 19% de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con las energía y un tercio de las emisiones de carbono negro en 2010.

Todavía, el uso final de la energía en las edificaciones puede quedar constante el mismo disminuir en mediados del siglo, en relación a los niveles actuales, si las mejores prácticas y tecnologías ya efectivas hoy, en el que se refiere a sus costes, fueran ampliamente difundidas.

Varios son los obstáculos para una amplia divulgación e incluyen: informaciones imprecisas, incentivos introducidos sin una visión conjunta de los resultados, falta de concientización, costes de transacción, acceso inadecuado a financiamiento y fragmentación de la industria. En los países en desarrollo pueden ser adicionados a este listado, la corrupción, los niveles de servicio inadecuados, los precios subsidiados de la energía y altas tasas de descuento.

Los códigos de construcción y estándares de equipos con fuertes exigencias de eficiencia energética, se bien aplicados, perfeccionados a lo largo del tiempo, adecuados al clima local y otras condiciones, son los instrumentos de política más efectivos ambiental y económicamente.

Considerando que las edificaciones tienen largos períodos de vida, postergar su agilidad puede contribuir para trabar la reducción de las emisiones en el largo plazo y así es necesario sentido de urgencia y medidas inmediatas.

En nivel nacional, según datos del Panel Brasileño de Cambios Climáticos (PBMC), en 2010 el parque edificado (segmentos residencial, comercial y público) consumió un 15% del total de energía utilizada por el País y 47,6% de la electricidad. Y en esta dirección, en el sentido de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el País, Brasil se comprometió, en el ámbito del Acuerdo de París, a expandir el uso doméstico de fuentes de energía no fósil en el suministro de energía eléctrica para al menos un 23% hasta 2030, aumentando la participación de energías renovables como eólica, biomasa y solar, además de la energía hídrica.

Según el Acuerdo de París, alcanzado en diciembre de 2015 por 195 países que participaron de la Conferencia de las Partes (COP 21) de la Convención-Cuadro de las Naciones Unidas para los Cambios del Clima (UNFCCC), con las Contribuciones Pretendidas Nacionalmente Determinadas (INDC), presentadas por 187 de ellos, las emisiones globales en 2030 llegarían, en el agregado de los países, a algo en torno de 55 Gt de CO₂, pudiendo resultar en un aumento de temperatura media del planeta de 2.7°C fuera, por lo tanto, del nivel de 2°C, acordado en la COP 15, en 2009, en Copenhague.

Hay, por lo tanto, necesidad de profundizar el nivel de emisión global anual para un valor en torno de 40 Gt, caminando hacia un aumento de la temperatura media global en el nivel de 1.5°C arriba de los niveles pre industriales. Para tanto, ya el 2018 se inicia el diálogo para rever los compromisos asumidos en París, con una primera revisión obligatoria el 2023, cuando se deberá mostrar una progresión en la dirección de reducciones más significativas, y seguramente el sector de construcciones será compelido a dar su contribución.

Aun en la COP 21, el día dedicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) a las construcciones, el Buildings Day, se destacó el papel de las construcciones en la reducción de emisión de CO₂ y promoción de la eficiencia energética, teniendo la entidad Architects 2030 abogado a meta de 0% de aumento en el consumo de energía en las construcciones por vuelta de 2040, mientras tanto en la International Union of Architects (IUA) se trabaja con la posibilidad de la eliminación de las emisiones en el ambiente construido por vuelta de 2050. Fue aun mencionado el Acuerdo de China, a través del cual arquitectos, emprendedores y gobierno buscan los instrumentos de definición de metas de reducción de emisiones en el ambiente construido.

En lo ya mencionado informe del IPCC, son listadas entre otras acciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en las construcciones:

- II. la incorporación de fuentes de energía renovable, en particular la energía solar fotovoltaica, integrada en las construcciones (BIRES y BIPV);
- II. contadores y redes inteligentes;
- II. estándar de casa pasiva (PH);
- IV. edificaciones con energía casi-cero, cero o positiva (NZEB);
- V. sistemas distribuidos de energía de alta eficiencia;
- VI. y, almacenamiento térmico diurno, entre otros.

Aun, según el IPCC las reducciones del uso de energía, con la generación de electricidad a través de instalaciones fotovoltaicas en techos, generalmente quedan en un nivel de 15 a 58% del consumo original.

En las próximas secciones serán discutidas diversas cuestiones conectadas a la incorporación de la energía solar en las construcciones.

The background of the entire image consists of a dense, repeating pattern of wavy, concentric lines in a light orange color, creating a textured, ripple-like effect.

3. ENERGÍA FOTOVOLTAICA VERSUS CALENTAMIENTO SOLAR

El sol fornece todos los días al planeta una gigantesca cantidad de energía en la forma de ondas electromagnéticas. Según estimativas del Manual de Ingeniería para Sistemas Fotovoltaicos (Pinho & Galdino, 2014), en el intervalo de dos horas, la cantidad de energía solar recibida en la superficie terrestre fue superior a todo el consumo de la humanidad en 2011. Esa energía hace mucho tiempo ya es aprovechada como input energético para las necesidades de sobrevivencia y procesos productivos de la humanidad, a través del uso de tecnologías de conversión de energía solar. Esas tecnologías se distinguen en dos categorías: las que convierten la energía solar en calor y las que las convierten directamente en electricidad.

La primera categoría, que hace uso de la llamada energía solar térmica, puede simplemente usar el calor obtenido de la conversión para el calentamiento de agua, o usarlo en procesos más complejos para producción de electricidad. La otra categoría usa la energía solar fotovoltaica. Esta categoría de tecnología transforma directamente la radiación solar en electricidad, sin que haya la necesidad de más otra etapa de conversión, diferentemente de la primera.

El sistema de calentamiento solar es la tecnología termo solar más difundida en el País y usa la radiación solar para obtener calor, en colectores solares planos, y así realizar el calentamiento de agua. En el sector residencial, generalmente los colectores solares planos reducen el uso de la ducha en el proceso de calentamiento de agua, de esa forma, la electricidad es conservada, pudiendo ser utilizada para fines más nobles del que las conversión en calor. Los colectores solares son calentadores de fluidos y clasificados en planes o concentradores. La Figura 1 exhibe el conjunto colector solar y reservatorio

térmico típico. Este tipo de sistema ya es convencionalmente utilizado en el sector de la construcción, tanto en el segmento residencial, como en el de comercio y servicio e industrial, habiendo crecido también en los programas habitacionales. Según datos de la Asociación Brasileña de Refrigeración, Aire Acondicionado, Ventilación y Calentamiento (ABRAVA), se tenía hasta el final de 2014 más de 11 millones de m² instalados en Brasil. (<http://www.dasolabrava.org.br/informacoes/dados-de-mercado/>).

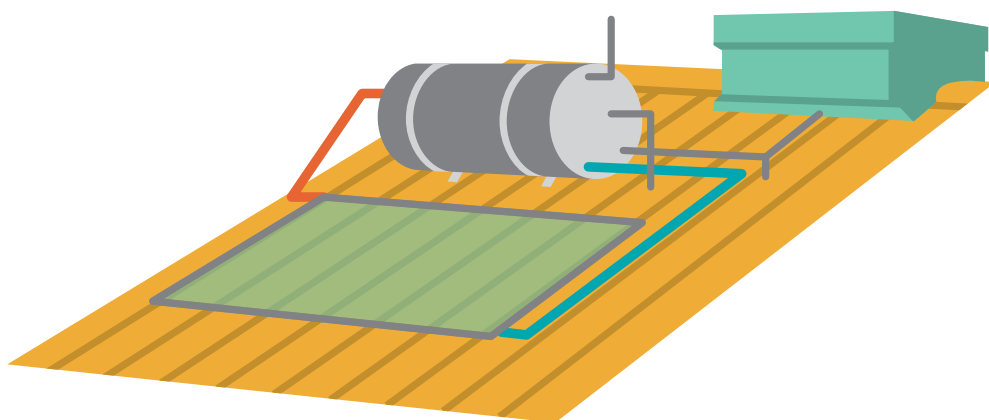


Figura 1 - Sistema de calentamiento solar típico. | Fuente: ASPE

El buen funcionamiento de los colectores solares planos está acondicionado a la garantía de exposición de los colectores a la luz solar. Para tanto, el local de instalación más común de esos sistemas son los tejados o coberturas de las edificaciones. Por ser una tecnología conocida en el mercado brasileño, premisas arquitectónicas como orientación de los tejados de las edificaciones en relación al recorrido del sol, los análisis de sombreado del local de instalación y otras condiciones técnicas ya son conocidas o están accesibles a los proyectistas de forma simplificada y organizada.

Ya la tecnología predominante de aprovechamiento de la energía solar para producción de electricidad es la fotovoltaica. Esos sistemas pueden ser configurados de tres formas: aislados, cuando se presentan como la única fuente de energía para carga, pudiendo presentar o no elementos almacenadores de energía; híbridos, cuando son asociados las otras fuentes de generación de energía; e interconectados a la red eléctrica. Bajo esta última forma el sistema dispone para la red la energía generada no necesitando de elementos almacenadores.

Los sistemas interconectados, también conocidos como sistemas fotovoltaicos conectados a la red (SFCR), utilizan las células fotovoltaicas para realizar la conversión directa de la radiación solar en electricidad, a través del fenómeno físico conocido como efecto fotovoltaico. Esas células se encuentran conectadas eléctricamente en serie y en paralelo, condicionada en un involucro, llamado de módulo fotovoltaico, capaz de protegerlas de intemperies y esfuerzos mecánicos. El conjunto de módulos ligado en serie es conocido como strings y el conjunto de strings es conocido como paneles o arreglos fotovoltaicos, véase Figura 2.

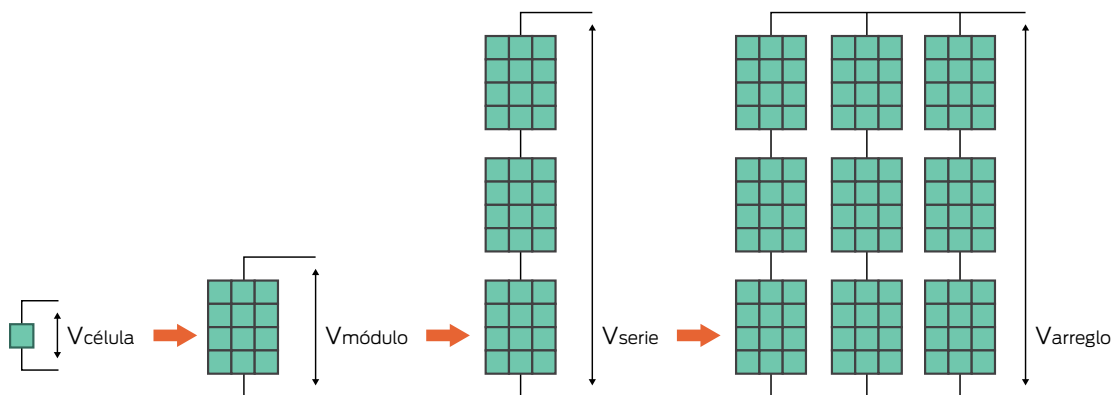


Figura 2 – Conexión serie paralelo de células y módulos FV
Fuente: GRUPO DE TRABAJO DE ENERGÍA SOLAR – GTES, 2014

Actualmente, en el mercado las principales tecnologías de módulos fotovoltaicos son: las de silicio mono cristalino (m-Si), las de silicio poli cristalino (p-Si), las de telururo de cadmio (TeCd), las de di seleniuro de cobre indio y galio (CIGS) y las de silicio amorfo (a-Si). Los módulos TeCd, CIGS y a-Si presentan una ventaja arquitectónica, pues pueden ser confeccionados en sustratos flexibles. El silicio cristalino todavía es la tecnología más usada globalmente dominando más de un 80% de la producción mundial. La Figura 3, la Figura 4 y la Figura 5 presentan algunos ejemplos de los módulos fotovoltaicos citados en edificaciones.



Figura 3 - Módulos mono cristalinos



Figura 4 - Módulos poli cristalinos



Figura 5 - Módulos amorfo

Todos los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red presentan una topología básica, tanto para los sistemas de gran porte, cuanto para los de medio y pequeño porte. Esa arquitectura básica comprende, como ilustrado en la Figura 6:

- a) el sistema conversor de energía solar en eléctrica compuesto de módulos fotovoltaicos;
- b) el sistema acondicionador de energía, que envuelve principalmente convertidores estáticos (inversores de frecuencia);
- c) y los sistemas de protección eléctrica y de medición de energía.

Así, mientras los colectores solares planos son conectados al sistema hidráulico, el sistema fotovoltaico es conectado al sistema eléctrico de la edificación. La Figura 7 exhibe el conjunto panel fotovoltaico e inversor que son conectados al cuadro de distribución de la residencia por medio de un circuito eléctrico adicional.

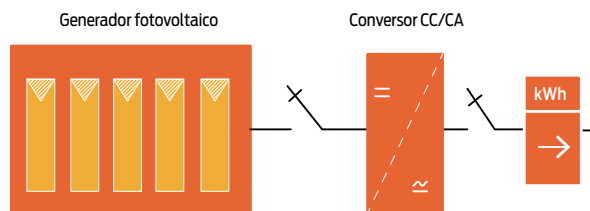


Figura 6 – Componentes básicos del SFCR

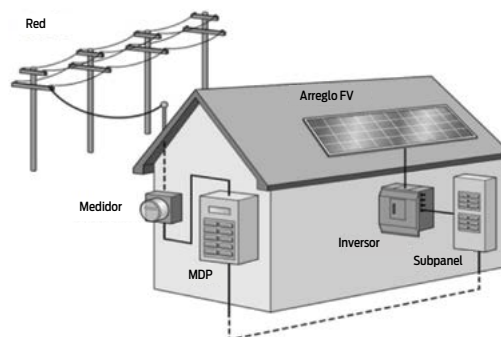


Figura 7 – Equipos y topología básica SFCR



4. MICRO Y MINI GENERACIÓN DISTRIBUIDA

El Sistema Interconectado Nacional (SIN) es responsable por atender casi toda la demanda de energía eléctrica de Brasil, siendo su característica tradicional la producción de energía a partir de centrales generadoras de gran porte, sobre todo hidroeléctricas, conectadas al sistema de transmisión, y desde ahí el sistema de distribución. Los últimos años la energía eólica también tiene crecido como fuente de energía eléctrica y de 2014 en adelante usinas solares utilizando la tecnología fotovoltaica también fueron inseridas en las subastas de energía eléctrica donde es contratada la energía por las distribuidoras de energía.

Contraponiéndose a la generación centralizada, la generación distribuida es de pequeño porte y conectada próxima a las unidades de consumo. Según la Agencia Nacional de energía eléctrica (ANEEL), los estímulos a la generación distribuida se justifican por los potenciales beneficios que tal modalidad puede proporcionar al sistema eléctrico, tales como: la postergación de inversiones en expansión en los sistemas de distribución y transmisión; el bajo impacto ambiental; la reducción en el cargamento de las redes; la reducción de pérdidas y la diversificación de la matriz energética, entre otros. La Figura 8 y las Figura 9 exhiben ilustraciones de modelos de sistemas eléctricos con y sin generación distribuida.

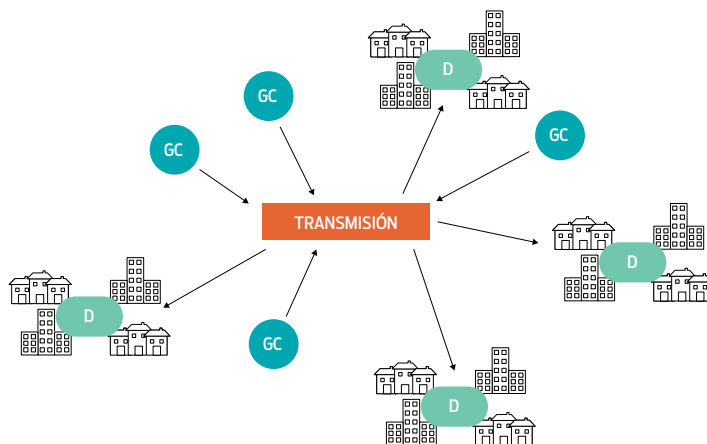


Figura 8- Sistema eléctrico tradicional

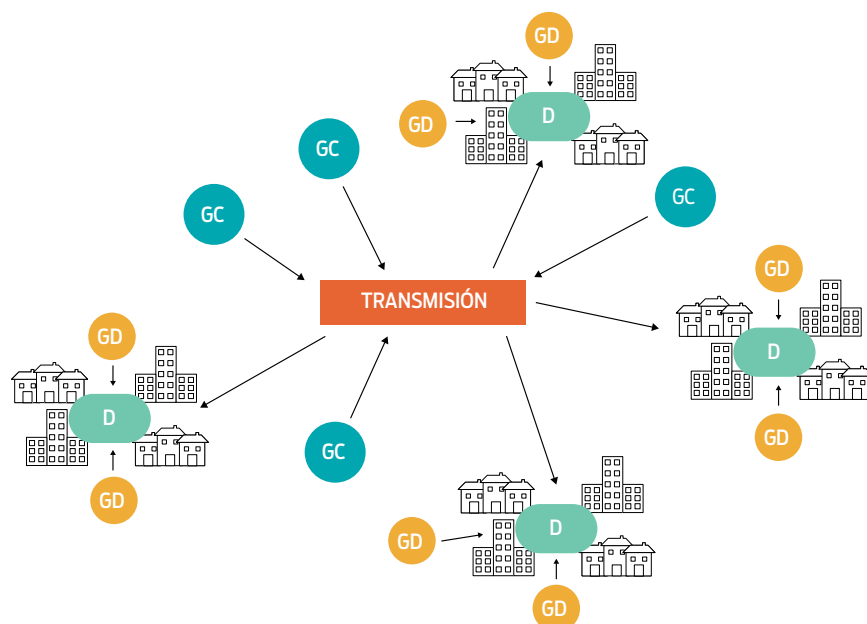


Figura 9-Sistema eléctrico con inserción de generación distribuida

La ANEEL reglamentó la micro y mini generación distribuida el 2012 permitiendo al consumidor convertirse también un productor de energía. Es clasificado como micro generador aquel con potencia instalada menor o igual las 75 kW y como mini generador aquel con potencia instalada menor o igual las 5 MW, y mayor que 75 kW. Un ejemplo que puede ayudar a comprender el orden de grandeza de esos niveles es considerar que un sistema fotovoltaico con potencia de 75 kW sería capaz de suministrar energía para 15 duchas de 5.000 W (o 5 kW) en el momento de pico de generación.

La generación se da en la modalidad conectada a la red, o sea, opera en conjunto con el suministro de energía de la distribuidora. Al funcionar en conjunto con la red de la concesionaria, las mini o micro generación fotovoltaica a todo momento es complementada por la red eléctrica o en algún momento puede inyectar el excedente de energía para la misma.

El consumidor, el grupo de consumidores, que tiene la pretensión de conectar un generador a la red de la concesionaria debe solicitar acceso a la distribuidora, mediante un formulario estándar al cual es anexo el proyecto de las instalaciones, además de más algunos documentos, conforme relación presentada en la Tabla 1. Un nuevo sistema de medición es fornecido por la concesionaria, y tanto puede ser empleado un medidor bidireccional, que evalúa el flujo de energía en dos sentidos (da red para unidad consumidora y de esa última para red), como dos medidores convencionales cada uno midiendo en un sentido. Vale resaltar que en la ocurrencia de falta de energía de la distribuidora el generador es desprendido automáticamente por cuestiones de seguridad.

Tabla 1. Documentación necesaria al pedido de conexión con las red de la distribuidora

DOCUMENTOS	MICROGENERACIÓN DISTRIBUIDA CON POTENCIA IGUAL O INFERIOR A 10KW	MICROGENERACIÓN DISTRIBUIDA CON POTENCIA SUPERIOR A 10KW	MICROGE- NERACIÓN DISTRIBUIDA
ART del Responsable Técnico por el proyecto eléctrico e instalación del sistema de microgeneración	X	X	X
Proyecto eléctrico de las instalaciones de conexión, memorial descriptivo		X	X
Etapas actual del emprendimiento, cronograma de implantación y expansión			X
Diagrama unifilar contemplando Generación/Protección (Inversor, si es el caso)/ Medición y memorial descriptivo de la instalación	X		
Diagrama unifilar y de bloques del sistema de generación, carga y protección		X	X
Certificación de conformidad del/de los inversor(es) o número de registro de la concesión del Inmetro del/de los inversor(es) para tensión nominal de conexión con la red	X	X	
Datos necesarios para registro de la central generadora conforme disponible en el sitio de la ANEEL: www.aneel.gov.br/scg	X	X	X
Listado de unidades consumidoras participantes del sistema de compensación (en el caso en que haya) indicando el porcentaje de prorrateo de los créditos y el encuadramiento conforme incisos VI a VII del artículo 2o de la Resolución Normativa n. 482/2012	X	X	X
Copia de instrumento jurídico que compruebe el compromiso de solidaridad entre los integrantes (en el caso en que haya)	X	X	X

Fuente: ANEEL

Los Procedimientos de Distribución de energía eléctrica en el Sistema eléctrico Nacional – PRODIST, revistos con las Resolución Normativa nº 687/2015, vigente a partir de 01/03/2016, establecen los procedimientos presentados en la Figura 10, con sus respectivos plazos para que las unidad consumidora solicite las conexión a la red de la distribuidora.

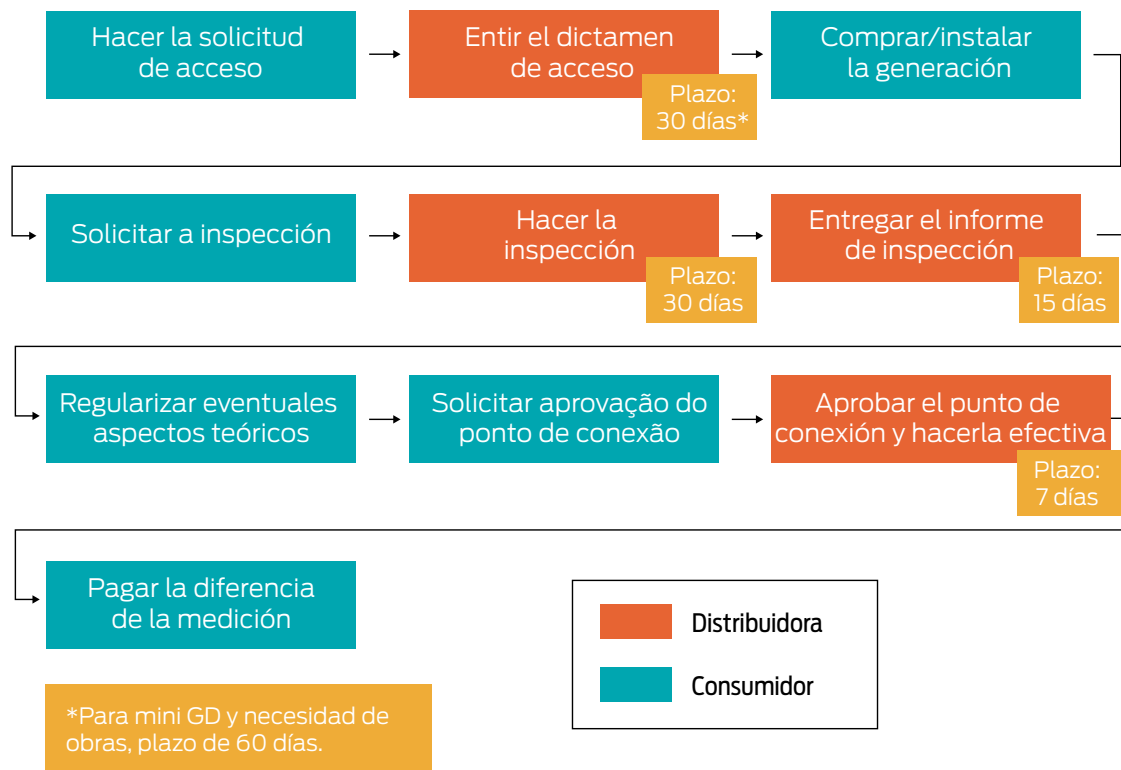


Figura 10 - Procedimientos y plazos para conexión |

Fuente: ANEEL (Modulo 6 Revisión 6 (después de la realización de la AP 26/2015) Resolución Normativa nº 687/2015

5. SISTEMA DE COMPENSACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El beneficio económico de la micro y mini generación se da a través del sistema de compensación de energía eléctrica (SCEE), que está en vigor desde diciembre de 2012, seis meses después de la reglamentación por la Agencia Nacional de energía eléctrica (ANEEL) de ese tipo de generación, a través de la Resolución Normativa 482/2012. Por el SCEE la energía generada por la unidad consumidora con micro generación o mini generación distribuida que no es consumida en la hora es inyectada en la red y cedida, por medio de préstamo gratuito, a la distribuidora local. Posteriormente la energía cedida a la concesionaria puede ser compensada con el consumo de energía eléctrica en el momento que si hace necesario, generalmente por la noche. La Figura 11 ilustra el funcionamiento del sistema de compensación.

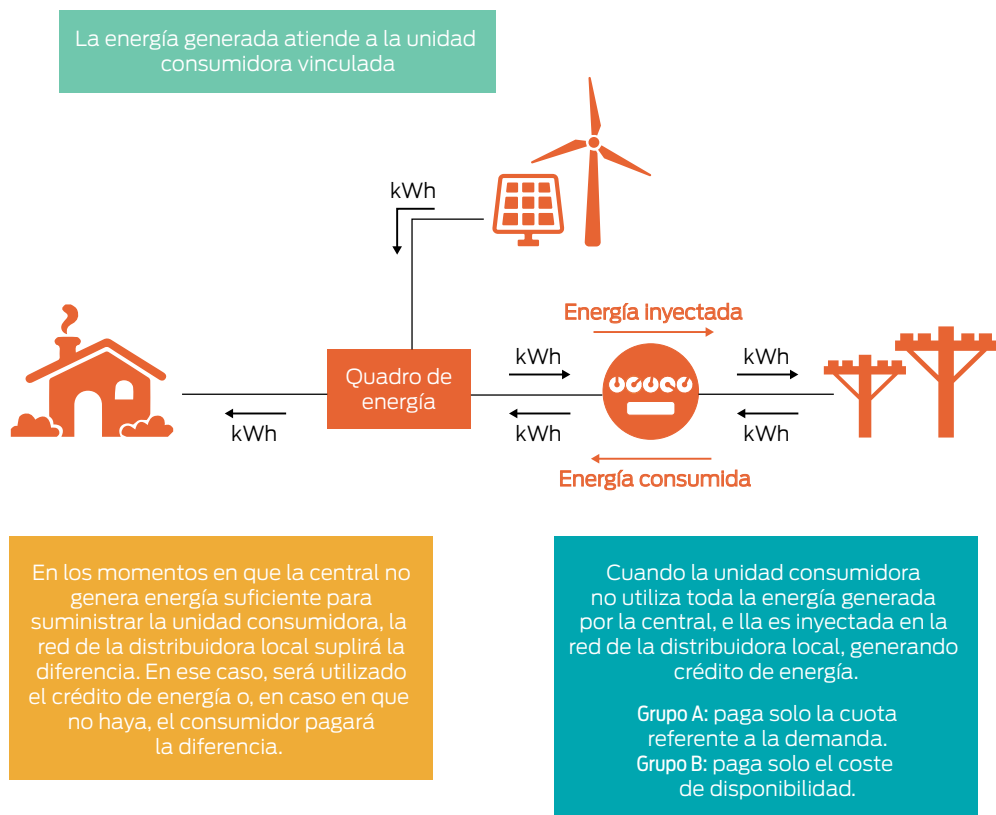


Figura 11- Sistema de compensación de energía eléctrica | Fuente: ANEEL

Con la revisión por la ANEEL en diciembre de 2015, la reglamentación que disciplina el sistema de compensación amplió su uso. Las nuevas reglas, que pasaron a vigorar en marzo de 2016, instituyeron nuevas alternativas para que los consumidores puedan generar la propia energía. Las posibilidades traídas con modificación son detalladas en el listado a seguir.

Pueden participar del sistema de compensación de energía eléctrica los consumidores responsables por unidad consumidora:

Opción A: con micro generación o mini generación distribuida, de cualquier tipo, en cualquier clase de consumo: residenciales, comerciales, industriales, servicio público, etc.;

Opción B: integrantes de emprendimiento de múltiples unidades consumidoras - condominios;

Opción C: caracterizados como generación compartida;

Opción D: caracterizados como autoconsumo remoto.

Por definición una unidad consumidora (UC) comprende el conjunto compuesto por instalaciones, extensión de entrada, equipos eléctricos, conductores y accesorios, incluida la subestación, cuando del suministro en tensión primaria, caracterizado por el recibimiento de energía eléctrica en apenas un punto de entrega, con medición individualizada, correspondiente a un único consumidor y localizado en una misma propiedad o en propiedades contiguas.

La primera posibilidad, opción A, tiene relación con la instalación de generador en el mismo punto de consumo de la UC, o sea, el generador está conectado a la instalación eléctrica de la propia UC que está siendo beneficiada con la compensación. Las demás alternativas se refieren la situación donde el generador no está conectado las instalaciones de la UC beneficiada.

Emprendimiento de múltiples unidades consumidoras (condominios)

En un condominio residencial, sea ele horizontal o vertical, es posible instalar paneles fotovoltaicos en una área común, como el tejado de la edificación de la área de conveniencia, y repartir la energía generada entre los condóminos participantes del sistema de compensación a través de los créditos obtenidos. De forma análoga, en un shopping comercial, el techo puede ser usado para instalación de un sistema de generación, y la energía compartida de acuerdo con la participación de cada consumidor en la inversión. Así, esos créditos pueden ser divididos en porcentajes previamente acordadas y serán descontados en la cuenta de luz de los moradores correspondientes.

En este concepto están incluidos los consumidores localizados en condominios residenciales, comerciales e industriales, desde que estén en áreas contiguas, no confundiéndose con vecinos que estén fuera de los referidos emprendimientos de múltiples unidades consumidoras, los cuales no se incluyen en el referido concepto.

Cuando de la audiencia pública promovida por la ANEEL para proponer la revisión de la reglamentación la contribución de la CBIC versó específicamente sobre ese aspecto pleiteando la alteración del límite de potencia que podría ser instalada con vistas al compartir.

En resumen, la formación de condominios para instalación de usinas comunitarias requiere el cumplimiento de los siguientes pasos:

- Consumidores y/o inversionistas forman un grupo/ entidad (empresa, cooperativa, ONGs) para construir una usina;
- Cuotas son vendidas a los participantes en función de sus necesidades o interés;
- Empresa responde por el desarrollo del proyecto, compra de equipos, instalación y operación de las usinas comunitarias.

Generación compartida

Esa alternativa se caracteriza por la reunión de consumidores, dentro de la misma área de concesión o permiso, por medio de la creación de una persona jurídica (consorcio o cooperativa), compuesto por persona física o jurídica que posea unidad consumidora con micro generación o mini generación distribuida en local diferente de las unidades consumidoras en las cuales la energía excedente será compensada.

Es posible instalar paneles fotovoltaicos, por ejemplo, en una propiedad rural con una gran área disponible, y obtener créditos con la generación de la energía para descontar en la cuenta de luz de los consumidores participantes del consorcio o cooperativa instituidos con esta finalidad, de acuerdo con los porcentuales pre acordados.

El generador debe estar localizado en la misma área de concesión de los participantes y el área de concesión de cada distribuidora puede ser consultada en el sitio de las mismas.

Autoconsumo remoto

Caracterizado por unidades consumidoras de titularidad de una misma Persona Jurídica, incluidas matriz y filial, o Persona Física que posea unidad consumidora con micro generación o mini generación distribuida en local diferente de las unidades consumidoras, dentro de la misma área de concesión o permiso, en las cuales la energía excedente será compensada.



6. APLICACIONES DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN CONDOMINIOS

La revisión de la reglamentación permitió la aplicación de la energía solar en condominios de forma comunitaria. En esta modalidad hay ganancia de escala, que promueven reducción del capital inicial necesario para realización de un emprendimiento de generación renovable, y ofrecen mejor operación y mantenimiento de los activos. Para que ese beneficio sea real hace falta considerar la previsión del empleo de energía fotovoltaica desde la fase de proyecto de las construcciones.

Los siguientes aspectos técnicos que deben ser observados en el proyecto de condominios de forma general, detallándose en seguida aspectos relacionados específicamente para condominios verticales y horizontales.

Definición del local de instalación y premisas de proyecto

El primer ítem a ser considerado cuando se pretende instalar generación fotovoltaica en sistema de compensación es definir la capacidad que puede ser instalada en función de los límites establecido por la ANEEL de acuerdo con la carga de la UC, una vez que no se puede instalar más del que se consume, pues la energía no puede ser vendida o cedida para terceros, e, subsecuentemente, calcular la capacidad de generación en función de los índices de radiación de la región donde será implantado el sistema de generación FV.

La ANEEL establece que la potencia instalada de la micro generación y de la mini generación distribuida es limitada a la potencia disponible para la unidad consumidora donde la central generadora será conectada, siendo esta potencia aquella que el sistema eléctrico de la distribuidora debe disponer para atender a los equipos eléctricos de la unidad consumidora, configurada con base en los siguientes parámetros: a) unidad consumidora del grupo A (unidades consumidoras con suministro en tensión

igual o superior las 2,3 kV): la demanda contratada, expresa en kilowatts (kW); y b) unidad consumidora del grupo B (unidades consumidoras con suministro en tensión inferior las 2,3 kV): la resultante de la multiplicación de la capacidad nominal de conducción de corriente eléctrica del dispositivo de protección general de la unidad consumidora por la tensión nominal, observado el hecho específico referente al número de fases, expresa en kilovolt-ampere (kVA).

Orientación e inclinación de los paneles fotovoltaicos

En los proyectos de sistemas fotovoltaicos existen dos ángulos importantes que deben ser criteriosamente adoptados: el ángulo azimutal (α) que es la medida angular entre el norte verdadero y la normal a la faz activa del módulo fotovoltaico y el ángulo de inclinación (β) que es el ángulo formado entre el plano horizontal y el plano de la faz del módulo, véase Figura 12.

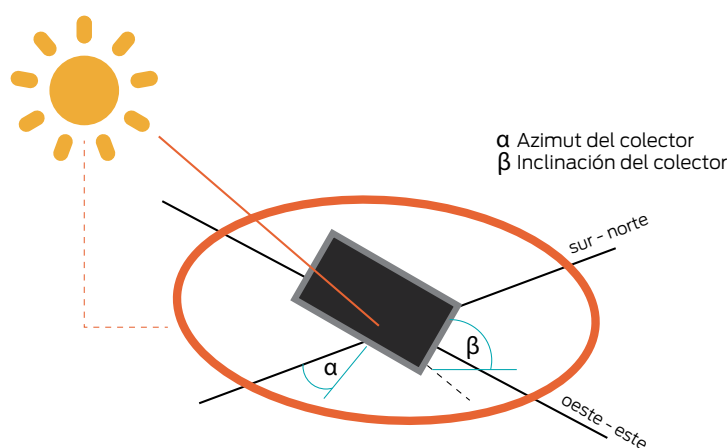


Figura 12- Ángulos azimut y de inclinación.

Los paneles fotovoltaicos pueden ser instalados en la cobertura o fachadas de las edificaciones, en coberturas de aparcamientos o directamente en el suelo. En cualquier situación se debe fijar en la orientación de la disposición de la parte activa (frontal) de los módulos, que en la instalación deben estar volcadas el más próximo posible para el norte verdadero, o sea $= 0$. Cálculos indican que instalaciones con desvíos de más o menos 20° en relación al norte verdadero, las pérdidas en la producción de energía quedan en torno de 0.5%.

Con relación a inclinación de los módulos existe una regla práctica que indica que el ángulo debe ser igual al ángulo de la latitud del local de instalación, con la finalidad de maximizar la producción de energía anual. Además, los fabricantes de módulos, en su mayoría, limitan el valor mínimo del ángulo de inclinación de 10°. Ese ángulo mínimo aun permite que lluvias puedan limpiar el módulo, y de esta forma reducir el exceso de mugre en la faz activa, el que evita la pérdida de producción de energía. Aunque pequeñas variaciones en la orientación y en la inclinación no sean perjudiciales, se recomienda la asistencia de un experto, cuando no se tiene las condiciones ideales o próximas, teniendo en vista mitigar el riesgo de reducir la viabilidad económica debido a menor generación causada por la posición/inclinación de los paneles.

Los datos del recurso solar es el punto de partida para calcularse la energía final producida por un sistema fotovoltaico. Esas informaciones pueden ser encontradas en la red internet, a ejemplos de sitios gratuitos como el del CRESESB (<http://www.cresesb.cepel.br/>) donde rápidamente es posible consultar la radiación solar mensual, promedio anual, la máxima y mínima de un municipio brasileño a través de sus coordenadas geográficas. El meteonorm (<http://www.meteonorm.com/>) es otro sitio donde están disponibles también informaciones gratuitas y pagadas de recurso solar de diversas regiones del mundo, incluyendo las de Brasil.

Es importante observar cual tratamiento fue dado a los datos solarimétricos de esos sitios, pues para muchas regiones el que se tiene es una extrapolación, pues ni para todas las localidades se tiene una estación solarimétrica instalada recogiendo los datos verdaderos de irradiación solar. Algunos sitios tratan las informaciones extrapoladas utilizando algoritmos con referencia de datos observados de satélites. Esas bases de datos generalmente son pagadas, pues presentan mejores estimativas, por ejemplo el sitio de la 3 Tier (<http://www.3tier.com/>).

Existen diversas formas de se estimar las energía final producida por una usina fotovoltaica. Las dos más sencillas son las que utilizan los índices Performance Ratio (PR) y el factor de capacidad.

El PR indica la eficiencia de conversión total del sistema fotovoltaico, o sea, es la relación entre energía de entrada y las de salida, y es muy utilizado como benchmarking en la industria fotovoltaica.

Teniendo en manos los datos de radiación solar anual o mensual, el índice PR mensual o anual y la potencia instalada total fotovoltaica (en Wp) se utiliza la formula abajo para calcular la producción de energía mensual o anual.

$$PR = \frac{E_{AC} [Wh]}{P_{FV} [Wp] \times \frac{G [Wh / m^2]}{1000 [Wh / m^2]}}$$

Siendo,

PR – performance ratio

EAC – energía producida mensual o anual [Wh]

PFV – potencia instalada total [Wp]

G – radiación solar mensual o anual [Wh/m²]

La segunda forma es utilizando el factor de capacidad del local y la potencia total instalada en kWp conforme la siguiente fórmula matemática:

$$E_{AC} = FC \times 8760 [h] \times P_{FV} [kWp]$$

Siendo,

EAC – energía producida anual [kWh]

PFV – potencia instalada total [kWp]

FC – factor de capacidad local

Relación entre área y energía producida

La definición del tamaño del área reservada para instalación de los paneles debe considerar la producción de energía eléctrica requerida por el beneficiario, aunque estimada.

De forma general, depender de la radiación solar de la región donde se pretende hacer la instalación, siempre dentro de la misma área de concesión de la UC, cada módulo produce en-

tre 25 y 34 kWh por mes, considerando el módulo más común comercializado (de silicio mono o poli cristalino con potencia de 250 Wp) y que ocupa una área de alrededor de 1,7 m², el que resulta en una producción media entre 14,7 y 20 kWh/m².

Se debe, todavía, resaltar que esos valores son medios y tienen el objetivo apenas de permitir una estimativa preliminar del volumen de energía que puede ser producido por área.

Aunque no sea posible, en función del área, instalar sistemas que atiendan a toda la carga de la UC, pueden ser instalados paneles que produzcan solamente una parcela de la energía a ser consumida. Esa es una situación común a los condominios verticales que podrán atender a una parte muy limitada del consumo, aún más si fuera considerada la posibilidad de hacerse uso del sistema de calentamiento de solar para agua.

Sombreado

El efecto de sombras en la producción de energía de un módulo o de un arreglo fotovoltaico depende del tiempo de exposición a la sombra y como ella evoluciona en la superficie activa del mismo.

Para que se tenga una noción de como las sombras pueden afectar la producción de energía, la Figura 13 expone dos módulos a la misma condición de sombreado, siendo que uno es de la tecnología m-Si y otro de la tecnología película fina a-Si. En este caso la pérdida mayor en la producción de energía se da en el módulo m-Si, pues en él, la sombra consigue oscurecer totalmente una célula fotovoltaica (unidad básica de conversión de energía), y como ellas están arregladas eléctricamente en serie para formar el módulo, eso termina por restringir la corriente eléctrica del mismo, y por consiguiente, reduce la potencia de generación. En el módulo a-Si la sombra está sobre varias células (para este módulo las células son pequeñas rayas verticales), por lo tanto no tapa totalmente ninguna de ellas. En este caso es como si el módulo hubiera perdido una fracción de su área activa de conversión.

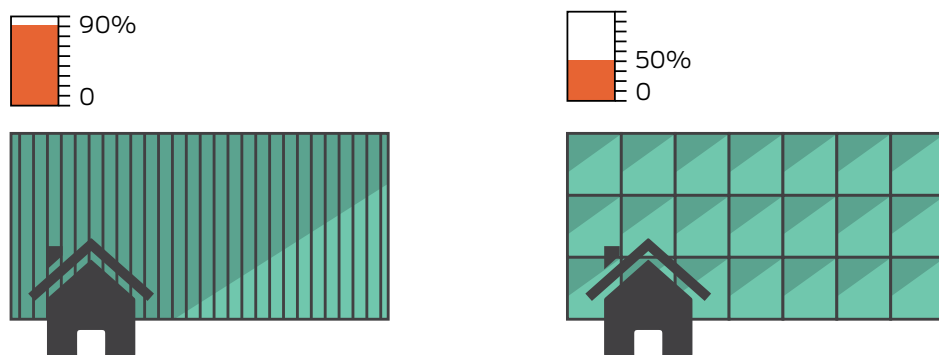


Figura 13 – Efecto de sombra sobre los módulos, módulo izquierdo a-Si, Módulo derecho m-Si

Ciertas configuraciones de arreglos deben ser evitadas de acuerdo con la tecnología de módulos empleadas. La Figura 14 y la Figura 15 dan ejemplos de configuraciones que deben ser evitadas para módulos de silicio cristalino (m-Si y p-Si) y módulos de películas finas (TeCd, CIGS y a-Si), respectivamente.

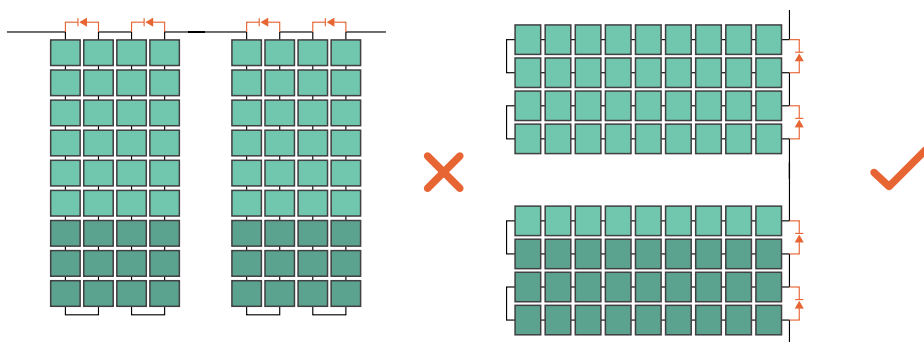


Figura 14 -Configuración que debe ser evitada para módulos de silicio cristalino

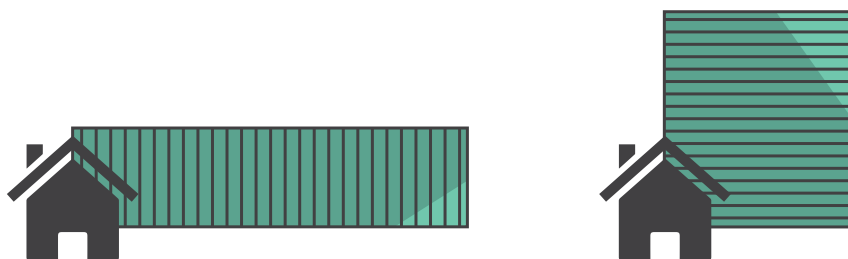


Figura 15 - Configuración que debe ser evitada para módulos de películas finas

Del análisis anterior, se observa que depender de la restricción del local de instalación, donde sombras puedan existir con formas y estándar de evolución diferente, es preferible adoptar una tecnología de módulo en detrimento de otra. La Figura 16 ejemplifica tal situación, donde en el caso de la instalación superior a sombra del coquero abarca un buena parte del arreglo, por lo tanto, a su forma bastante recortada se sugiere el uso de módulos de películas finas, pues las células son mayores y delgadas disminuyendo así las probabilidad de que sean sombreadas totalmente.

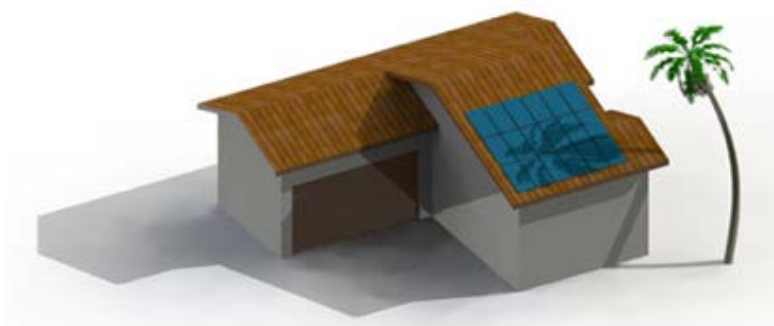


Figura 16 – Estándares de sombras y uso de tecnologías de módulos FV

Además de la escoja de la tecnología de los módulos, la configuración de las strings también es un factor importante del proyecto fotovoltaico para reducir los efectos negativos del sombreado. Como también, el uso de inversores de múltiples seguidores del punto de máxima potencia, o más conocido del inglés Multiple Power Point Tranking(MPPT). Esos son ejemplos que involucren análisis detallados y por eso requieren sea consultado un profesional del área fotovoltaica.

Como mencionado anteriormente, son varios los locales en que se puede instalar paneles en los condominios, incluyendo la cobertura de los edificios, las áreas de conveniencia, de aparcamiento, entre otros, o en un área en el suelo destinado para ese fin. En la fase de proyecto deben ser compatibilizados los paneles fotovoltaicos con los demás elementos constructivos. Por ejemplo, es natural la construcción de los reservorios de agua en lo

alto de edificios, inclusive más elevados que la cobertura, condición esa que aumenta la probabilidad de sombreado de los paneles fotovoltaicos que estén instalados sobre ella. Siempre que posible, se debe garantizar que el local de instalación de los paneles no esté sujeto a sombreado, pues siempre habrá la pérdida de una parte de la generación por sombreado y eso puede inviabilizar el proyecto.

Infraestructura eléctrica

El sistema fotovoltaico es integrado al sistema eléctrico de la edificación a través de un circuito adicional en corriente alterna (CA), que debe conectar el inversor de frecuencia al bus del cuadro eléctrico de distribución o el general. El inversor de frecuencia, como un equipo eléctrico, tiene algunas características de salida, como potencia nominal y máxima, tensión eléctrica de operación, corriente eléctrica nominal y máxima, además de frecuencia y distorsión total armónica. Con esas informaciones se debe dimensionar el circuito y las protecciones eléctricas de acuerdo con las normas brasileiras NBR5410 y las NBR5419, la norma IEC 62446/2009 y la norma alemana de protección contra interrupciones de tensión en sistemas fotovoltaicos DIN EN 61173/1996-10. El circuito en corriente continua (CC) de conexión de los paneles fotovoltaicos al (a los) inversor(es) debe ser dimensionado con base también en las normas mencionadas. En general, si el sistema fue dimensionado para producir la energía necesaria para edificación donde está siendo conectado no hay necesidad de modificación de la infraestructura eléctrica (el que ocurre generalmente en la opción las del SCEE) debiendo el proyecto eléctrico contemplar la especificación de los circuitos adicionales CA y CC y sus protecciones eléctricas.

Para el caso del sistema fotovoltaico comunitario (opción B del SCEE), en general el local de instalación posee una infraestructura eléctrica de aquella necesaria para la corriente eléctrica que será inyectada por el generador. En consecuencia, el proyecto eléctrico deberá ser reformulado de modo que los circuitos alimentadores y demás dispositivos de ese sistema sean capaces de absorber la potencia disponibilidad por el generador. Estos también deben seguir las normas referenciadas arriba y caso el sistema tenga que ser prendido en media tensión observar la NBR14039.

Para los dos casos se debe prever también el atendimento a normas de las concesionarias de distribución cuanto las instalaciones de micro y mini generación.

Algunas observaciones son importantes cuando del dimensionamiento de los circuitos eléctricos, son ellas:

- Para el criterio de caída de tensión se debe tener atención al hecho de que cuanto mayor la caída de tensión, mayor serán las pérdidas técnicas de la generación fotovoltaica. Una buena práctica es mantener las pérdidas en el circuito CC y CA próximo a un 2%.
- Debido la necesidad de exposición de los módulos FV al sol, y que generalmente están en las áreas superiores (sin interferencia de sombras), hace falta usar protecciones en contra interrupciones en los circuitos CC. Los dispositivos en contra interrupciones, pudiendo ser del Tipo I o Tipo II, dependiendo de su grado de exposición a los rayos, son puestos en los polos positivos y negativos de cada string fotovoltaica. Un ejemplo puede ser visto en la Figura 17, en el caso de inversores con un rastreador MPP, las strings fotovoltaicas son reunidas antes del inversor y lo(s) SPD son prendidos al punto de conexión. En caso de inversores con varios rastreadores MPP, cada entrada debe ser equipada con SPD o una combinación de SPD. Esto se aplica, por ejemplo, a los inversores multistring.

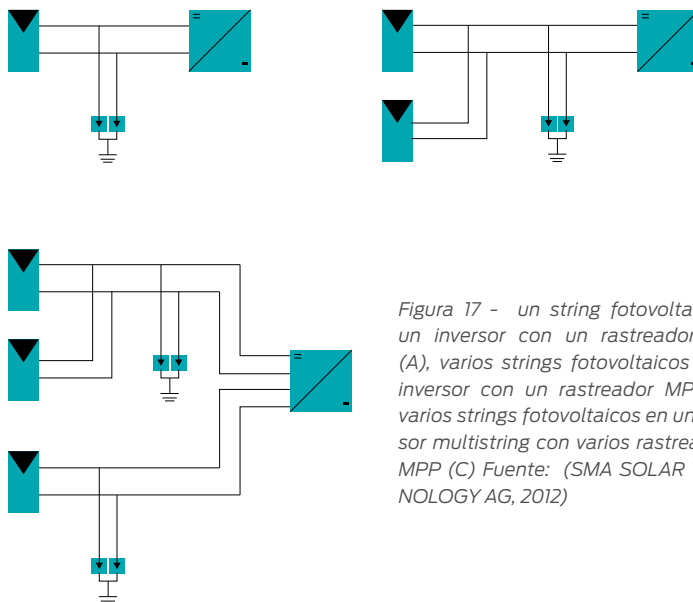


Figura 17 - un string fotovoltaico en un inversor con un rastreador MPP (A), varios strings fotovoltaicos en un inversor con un rastreador MPP (B), varios strings fotovoltaicos en un inversor multistring con varios rastreadores MPP (C) Fuente: (SMA SOLAR TECHNOLOGY AG, 2012)

Cuando es necesario conectar más de dos strings en paralelo, se debe utilizar en cada polo de las strings FV un fusible fotovoltaico con el valor igual al de la máxima corriente permitida para el módulo (datos de fabricante). Eso se debe en principio al surgimiento de una corriente inversa, que solo puede ser generada si hay módulos conectados en paralelo. Por ejemplo: si, por un error en el generador fotovoltaico (por ejemplo, cortocircuito de uno o varios módulos), la tensión abierta en los bornes de un string del módulo sea significativamente inferior a la tensión abierta en los bornes de los otros strings paralelos, irá fluir una corriente invertida por el string del generador que presenta la anomalía. Dependiendo de la intensidad de la corriente, esta puede causar un fuerte calentamiento o hasta la destrucción de los módulos del respectivo string, véase la Figura 18.

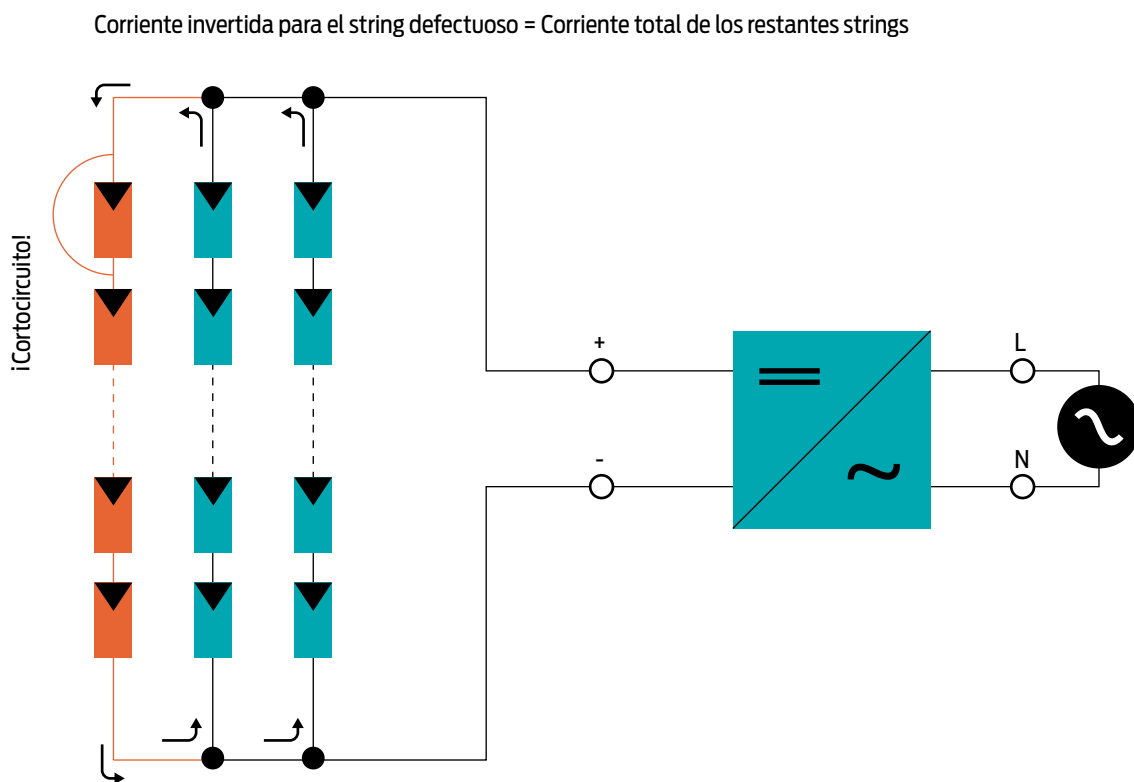


Figura 18 – Fijación en tejados de eternit

Buenas fuentes de información sobre dimensionamiento de las partes eléctricas de una usina fotovoltaica y buenas prácticas de mercado, pueden ser encontradas en los principales sitios de fabricantes de inversores de frecuencia, como ejemplo SMA (<http://www.sma-south-america.com/>), Ingetean (<http://www.ingeteam.com/br/pt-br/home.aspx>) y Santerno (<http://www.santerno.com/br/home.html>).

El manual de buenas prácticas intitulado “Manual para mejorar la calidad y reducir el coste de los sistemas fotovoltaicos”, puede ser accedido en el sitio: http://www.pvcrops.eu/sites/default/files/u10/Good_and_Bad_Practices_PT.pdf

Este manual fue posible gracias al proyecto PVCROPS (PhotoVoltaic Cost reducton, Reliability, Operational rendimiento, Prediction and Simulation”), cofinanciado por la Comisión Europea en el ámbito del Séptimo Programa Cuadro (Seventh Framework Programme) (Grant Agreement no: 308468). El proyecto fue propuesto por el Instituto de energía Solar (IES UPM, Universidad Politécnica de Madrid, España) y es un consorcio formado por 12 socios.

Otra fuente de informaciones es el Manual de ingeniería para sistemas fotovoltaicos, que puede ser accedido por el sitio: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf.

La cuestión arquitectónica y de la integración en la construcción

En condominios residenciales hay dos posibilidades: prever la instalación de paneles fotovoltaicos en cada casa individualmente, caracterizando el propietario como un micro generador (opción la del SCEE), o destinar un área común para una instalación fotovoltaica comunitaria.

Condominio Horizontal

En tratándose de la opción A, en el proyecto arquitectónico debe ser previsto un local de referencia para disposición de los módulos (respetando las condiciones de orientación, inclinación, sombreado, etcétera) aunque no se tenga la definición de la cantidad de módulos. A partir del local de referencia recomendado, el proyectista debe definir un local para la fijación del inversor en pared, equipo de color roja, exhibido en la Figura 19, de preferencia no muy distante del local de los paneles. El equipo debe ser protegido de intemperies y estar fuera del alcance de niñas.



Figura 19 – Sistema de compensación de energía eléctrica

Así, como ya es corriente la adición de circuito eléctrico al cuadro de distribución de la residencia cuando es disponible punto (toma) eléctrico para una eventual instalación de aparato de aire acondicionado o ducha eléctrica, se debe dejar un punto a espera de este equipo, el inversor. Además de eso, se puede prever la instalación del inversor en locales abiertos, teniendo en cuenta la adquisición de ese equipo con el grado de protección adecuado. De cualquier forma es necesario prever el pasaje del circuito CC que conecta el panel fotovoltaico al inversor de frecuencia. Las Figuras 20 y 23 presentan ejemplos de equipos específicos ya disponibles en el mercado nacional para componer la estructura de fijación de los módulos en determinadas condiciones.



Figura 20 – Fijación en tejados de eternit / Fuente: (Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH, 2009)

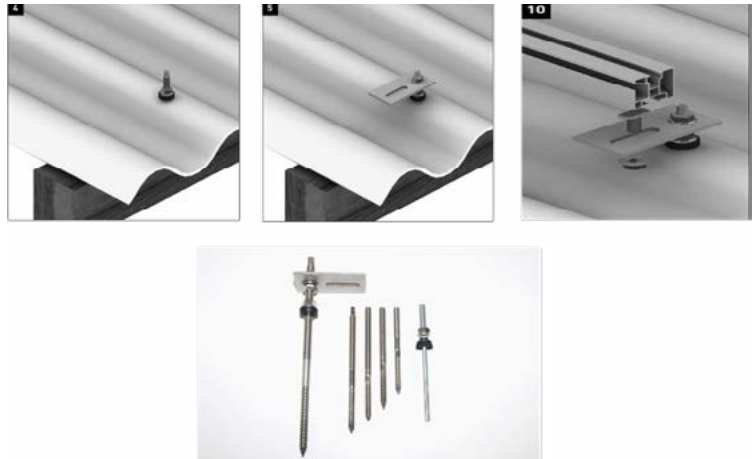


Figura 21 – Fijación en techados de eternit / Fuente: (Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH, 2009)

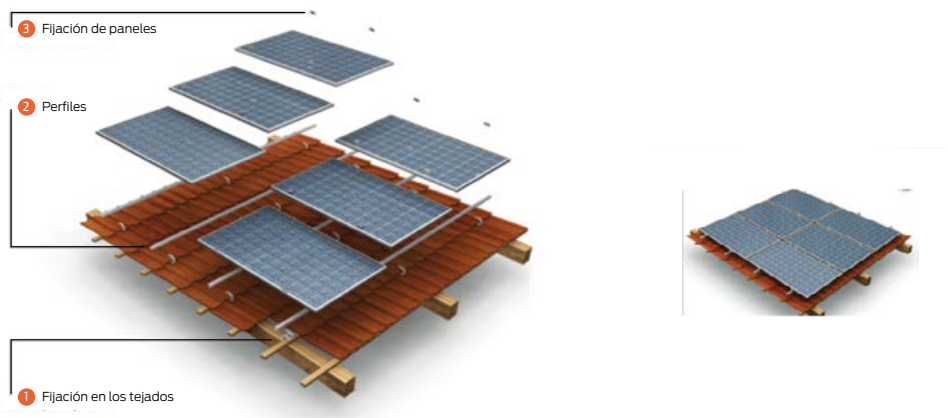


Figura 22 – Fijación en teja Americana o portuguesa / Fuente: (Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH, 2009)



Figura 23 - Fijación en teja Americana o portuguesa / Fuente: (Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH, 2009)

Condominio Vertical

Generalmente el área disponible en la cobertura de un condominio vertical no es suficiente para instalación de sistema fotovoltaico comunitario que permita atendimento a la demanda energética de todos los condóminos. Si hay área común externa disponible para empleo de paneles fotovoltaicos deben ser observadas las premisas ya mencionadas.

Los cuidados referentes a las instalaciones eléctricas son los mismos necesarios para una instalación común, donde deben ser usados los criterios de caída de tensión, ampacidad del circuito, redes distintas para los circuitos CC y CA y las protecciones eléctricas conforme las norma NBR 5410 para baja tensión, o la NBR 14039 para mediana tensión.

En los condominios verticales el sistema fotovoltaico puede atender las cargas individuales (demanda de cada apartamento) y/o las cargas colectivas. En este último caso, los SFCR podrían reducir los costes asociados al consumo de energía eléctrica, y consecuentemente reducir las tasas de condominio.

Las Figuras 24, 25, 26 y Figura 27 presentan ejemplos de instalaciones en techados planos o componiendo la estructura de aparcamientos.

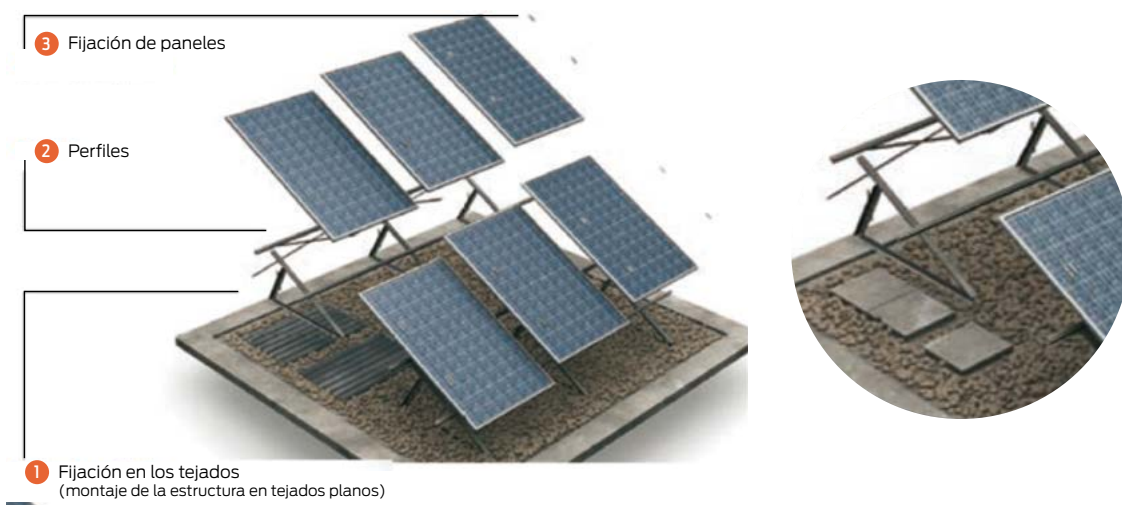


Figura 24 – Estructuras en tejados planos / Fuente: (Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH, 2009)



Figura 25 - Estructuras en techados planos / Fuente: (Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH,2009)



Figura 26 –Estructura tipo CarPort / Fuente: Google imágenes

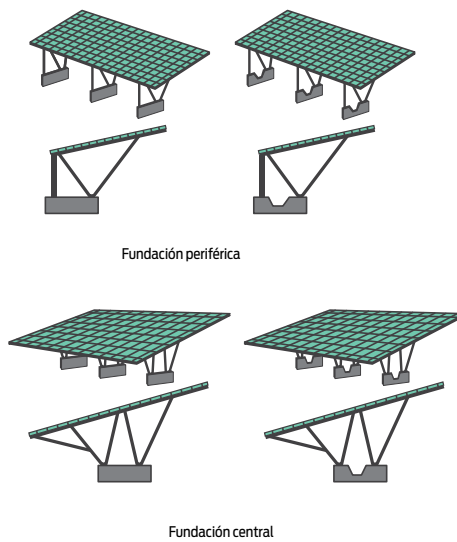


Figura 27 - Estructura tipo CarPort/ Fuente: (Donauer Solartechnik Vertriebs GmbH,2009)



7. VIABILIDAD ECONÓMICA

La microgeneración fotovoltaica ya se muestra una alternativa viable para el consumidor de energía eléctrica en Brasil, desde que él no sea clasificado como bajo ingreso, ya que los reajustes de las tarifas de energía eléctrica, no siguen trayectorias bien definidas y las perspectivas futuras señalan reajustes siempre superiores a la inflación. Con las microgeneración, el consumidor no queda expuesto a las variaciones y reajustes expresivos, además de tener un retorno financiero competitivo frente a los productos financieros disponibles en el mercado.

A pesar de existir limitaciones debidas, principalmente, a la intermitencia de la fuente solar, intermitencia esta que no se constituye en un problema para el caso de las residencias, el coste de operación de un sistema fotovoltaico es muy bajo y el recurso solar puede ser considerado como infinito. Además de eso, en la actual coyuntura del sector eléctrico brasileño, de escasez y de tarifas crecientes, las microgeneración se muestran una modalidad de mucho potencial y con retorno financiero atractivo para los consumidores de energía eléctrica, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) positiva en la gran mayoría de las ciudades brasileñas.

El coste de un proyecto puede ser evaluado, en función de su tamaño y características por distintos métodos de evaluación, definido de acuerdo con los intereses y objetivos del inversor, sea él público o privado. En general, se adopta la metodología del flujo de caja descontado, utilizando las herramientas del Valor Presente Líquido (VPL), de la Tasa Interna de Retorno (TIR), del Payback Descontado (PD) y del coste nivelado de la generación (GNG), o LCOE en la sigla en inglés, para definir la viabilidad del proyecto y/o las condiciones que deben ser atendidas para que el proyecto sea viabilizado. El que es común es la especificidad asociada a las variables relevantes, por ejemplo, la localización, coste de la inversión, precio de suministro local, tasa de descuento, sobre las medidas de la viabilidad de los proyectos.

Cuando el coste nivelado de la generación (CNG) atinge el precio de fornecimiento de la red eléctrica, se dice que fue atingida la paridad tarifaria, esto significa que el consumidor puede escoger entre comprar la energía que necesita de la distribuidora o generar su propia electricidad, utilizando las tecnologías de generación distribuidas disponibles y que mejor se adecuen a su perfil de consumo. Para calcular el CNG se lleva en cuenta: la inversión inicial para la adquisición de materiales, equipos e instalación del sistema generador (precio del watt pico); el coste de operación y manutención, incluyendo la sustitución de los inversores¹ y otros equipos a lo largo de la vida útil del proyecto; seguro y alquiler del área de instalación, se es el caso; el coste de oportunidad del capital (tasa de descuento); la vida útil de la planta y la energía generada (EG), expresa en MWh/año.

La atractividad de la inversión será constatada si el valor del coste nivelado de generación, expreso en R\$/MWh, es menor o igual al valor de la tarifa practicada para la unidad consumidora, el VPL es positivo, la TIR es igual o superior al coste de oportunidad de capital o tasa de descuento adoptada.

Dos variables comentadas a seguir son fundamentales en el análisis de viabilidad: el precio del watt-pico instalado (R\$/kWp) y las tarifas de energía (R\$/kWh) del área de concesión donde se instalará el equipo de generación.

Precio del Watt-pico (Wp)²

De manera análoga al sector de la construcción civil que utiliza el Coste Unitario Básico de la Construcción Civil (CUB) como unidad de referencia para construcciones, el sector fotovoltaico emplea el \$/Wp (Watt-pico) como precio de referencia en sus instalaciones. En la composición del \$/Wp instalado están incluidos todos los requisitos para funcionamiento del sistema, como proyecto, equipos, eventuales licencias e instalación, así, el \$/Wp multiplicado por la potencia instalada representa el coste de inversión (capex) la ser hecho por el consumidor.

1 En función de la previsión de 10 años para vida útil de los inversores, la reinversión de esos equipos está previsto de ocurrir en el flujo de caja en el 11º año de operación de la usina.

2 Wp es la unidad de potencia de salida de una célula, módulo el generador fotovoltaico considerando las condiciones estándar de test.

En un estudio de 2012, la Asociación Brasileña de la Industria eléctrica y Electrónica (ABINEE) mostró que, en un promedio, cada vez que se dobla la producción acumulada de los módulos fotovoltaicos, sus precios sufren una disminución de alrededor de un 20%. En los últimos años, hubo un incremento expresivo de la capacidad instalada de sistemas fotovoltaicos, una evolución de casi 500% en el período de 2009 la 2013, el que contribuye significativamente para la disminución de los precios de módulos fotovoltaicos.

La Figura 28 muestra la evolución del watt-pico producido en comparación al precio de los módulos. Segundo el REN21, la capacidad instalada acumulada global en 2014 atingió en 177 GW, siendo 40 GW adicionados en aquel año, para una producción de módulos en la faja de 50 a 70 GW, resultando en un precio medio en la faja de US\$ 0,6/W.

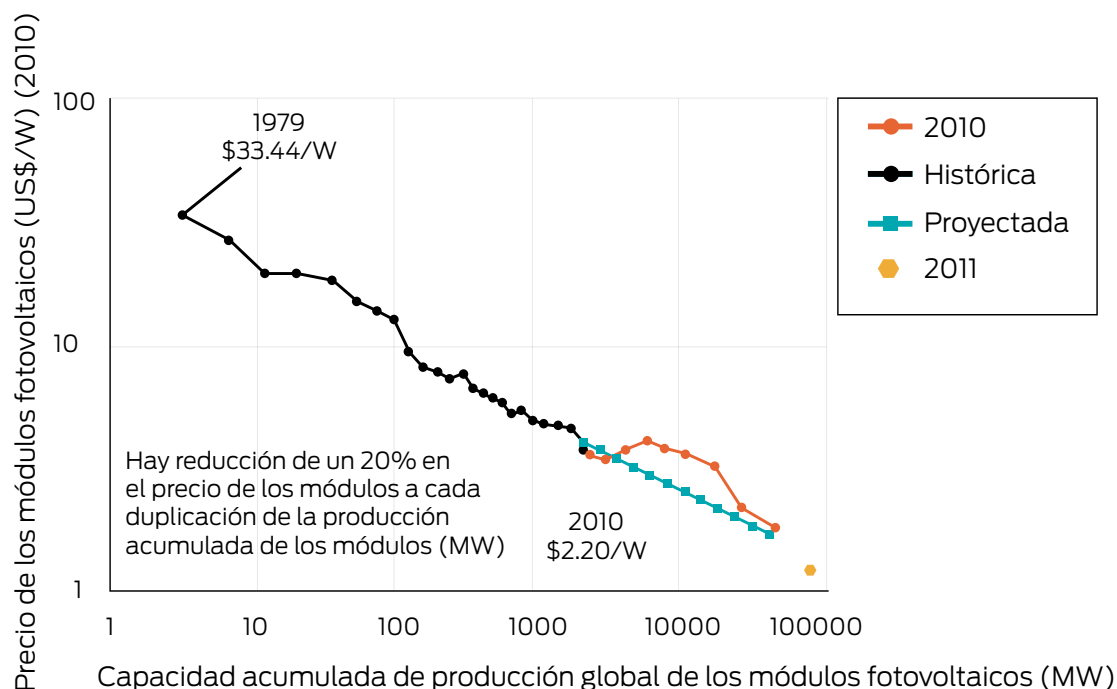


Figura 28: Curva de aprendizaje tecnológico para módulos fotovoltaicos / Fuente: ABINEE 2012

Tarifas de energía eléctrica

La atractividad económica de la micro y mini generación está intrínsecamente relacionada a las tarifas de energía eléctrica convencional, ya que el beneficio, del punto de vista financiero, para el micro/mini generador es el coste evitado con la compra de energía eléctrica convencional. Cuanto mayor el precio que el consumidor pagado por la energía eléctrica, más atractivo se convierte generar la propia energía. La Figura 29 muestra la evolución del precio de la energía eléctrica en Brasil.

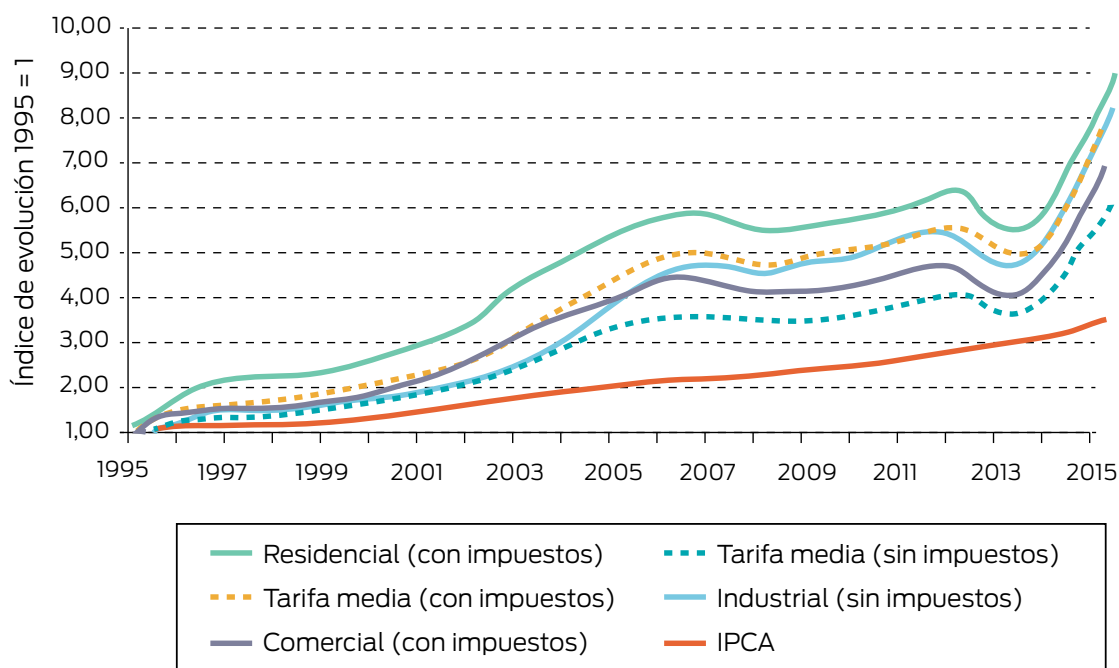


Figura 29 - Evolución del precio de las tarifas de energía eléctrica en Brasil / Fuente: Nakabayashi³

Comparación entre precio del watt pico y tarifas

Comparándose los valores de las dos variables comentadas anteriormente - precio de la energía pagada a la concesionaria de distribución en las capitales brasileñas y coste de la energía fotovoltaica - conforme ilustrado en la Tabla 2, se observa que las micro generación fotovoltaica ya posee coste más atractivo de que aquel pagado a la concesionaria de energía en varias capitales brasileñas. Los valores de las tarifas consideran las exención del impuesto estadual (ICMS) bajo las energía inyectada en la red, práctica que ya es adoptada por la mayoría de los estados en el País.

3 Nakabayashi, Renno (2014). Micro generación fotovoltaica en Brasil: condiciones actuales y perspectivas futuras 2014. Disertación (Maestría en Energía) - Instituto de Energía y Ambiente, Universidad de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponible en: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106131/tde-26012015-141237/>>.

Tabla2. Comparación del coste pagado a la concesionaria con coste de la energía fotovoltaica

CIUDAD	TARIFA CON IMPUESTOS (RS/MWh)	LCOE FOTOVOLTAICO (RS/MWh)
Macapá	398,67	497,60
Boa Vista	398,85	443,97
Recife	584,27	559,66
Manaus	454,06	456,06
São Paulo	555,89	518,12
Fortaleza	629,81	532,39
Salvador	605,18	490,79
João Pessoa	624,34	510,74
Vitória	734,13	606,97
Rio Branco	679,00	557,18
Belém	807,20	649,32
Natal	538,06	440,08
Brasília	552,64	448,73
Porto Velho	654,94	509,71
Aracajú	611,35	455,23
Florianópolis	648,31	489,84
Curitiba	765,32	543,91
São Luiz	653,20	483,24
Maceió	673,29	480,47
Teresina	647,44	466,21
Rio de Janeiro	772,51	495,63
Palmas	698,96	451,14
Goiânia	766,21	480,47
Campo Grande	714,32	461,08
Porto Alegre	773,56	489,84
Cuiabá	726,76	456,06
Belo Horizonte	848,65	465,35
MEDIA	648,78	497,77

Fuente: Nakabayashi

8. EJEMPLOS DE APLICACIÓN EN HABITACIONES DE INTERÉS SOCIAL

La CBIC está siendo insertado directamente en la cuestión de las Habitaciones de Interés Social (HIS), debido a una gama de preocupaciones conectadas a las cuestiones energéticas, sociales y ambientales del País, entre ellas:

- Alto déficit habitacional estimado en 7 millones de habitaciones (Datos CBIC/FGV 2016): gran parte para familias con ingresos hasta 3 sueldos mínimos;
- Reducciones de emisiones del sector siguiendo compromisos que Brasil asumió en París;
- Aumento de la eficiencia energética en el Sector y tendencia de las construcciones con consumo cero;
- Contribución a la producción de energía eléctrica dentro del concepto de que cada construcción representa una usina de energía;
- Incentivo a la industria nacional con aceleración de la producción en el País de equipos para energía solar;
- Creación de empleos especializados en un seguimiento intensivo en mano de obra.
- Realización de acciones motivacionales junto a las Universidades y Empresas que actúan en el sector de la Industria de la Construcción, como el Solar Decathlon⁴.

Las tres millones de nuevas residencias que son previstas, número de referencia para los próximos años habrán sido contratadas en el ámbito del Programa “Minha Casa, Minha Vida” representarán un incremento anual en el consumo de energía eléctrica del País de la orden de 1,8 TWh, considerando un consumo medio mensual de la cada residencia en el nivel de 156 kWh.

Por otro lado, una parte no despreciable de este consumo será subsidiado a través del mecanismo de Tarifa Social de energía Eléctrica, con recursos de la Cuenta de Desarrollo Energético (CDE), que a lo largo de 2015 tenía un volumen estimado de R\$ 2,16 billones para cubrir la componente subsidiada de 8,12 millones de familias, el que representa, según datos de la ANEEL, en torno de R\$ 266,00 por familia. La subclase residencial de bajo ingreso tiene una parcela de su cuenta mensual subsidiada de acuerdo con la Tabla 3.

En la dimensión ambiental, el sector de construcción trabaja para aumentar la eficiencia en el uso del agua, de la energía y en la reducción de los residuos y de las emisiones. Para el segmento energético las acciones de eficiencia pasan, entre otras, por la diseminación de los sistemas de calentamiento de agua, en sustitución a la ducha.

Desde 2010 está consolidada la utilización de sistemas de calentamiento solar en las habitaciones de interés social financiadas en el ámbito del Programa “Minha Casa, Minha Vida (MCMV)”. El Decreto del Ministerio de las Ciudades en el 325, de 07 de julio de 2011, definió que todos los proyectos de emprendimientos compuestos por unidades unifamiliares del MCMV deberán contemplar sistema de calentamiento solar, siendo que los nuevos valores máximos establecidos para esas habitaciones ya deben incluir los costos de ese sistema.

Tabla 3. Porcentual de descuento en la cuenta de energía de la clase residencial, subclase bajo ingreso

Parcela de Consumo Mensual (PCM)	Descuento	Número de consumidores (millones)	%
PCM ≤ 30 kWh	65%	1,13	6,7%
30 kWh < PCM ≤ 100 kWh	40%	5,06	30,3%
100 kWh < PCM ≤ 220 kWh	10%	7,01	41,9%
220 kWh < PCM	0%	3,53	21,1%

Hasta julio de 2014, 214 mil unidades del Programa MCMV ya contaban con sistemas de calentamiento solar instalados, en una inversión estimada de R\$ 434 millones, de los cuales R\$ 101 millones oriundos del Programa de Eficiencia Energética (PEE) de la ANEEL, representando 50.745 unidades. La meta era hasta el fin de la 2ª fase del Programa MCMV instalar 340 mil sistemas solares. El coste de instalación por sistema, en esta fase 2 debería ser limitado a R\$ 2.000,00 para los domicilios incluido en la faja 1 (ingreso familiar bruto mensual de hasta R\$ 1800,00). Ya para las demás fajas del Programa, estaban previstos hasta

R\$ 680 millones, para la financiación individual de los sistemas solares, con condiciones que incluían la exención de IOF, plazo de 240 meses y tasa de interés de 1,5% al mes.

En una posibilidad de reproducción de ese modelo para, alternativamente o complementariamente, producir una parte de la energía eléctrica en los techos de las residencias del MCMV, la CBIC consideró varios aspectos, entre los cuales se destacan:

- Instalaciones individuales para consumo propio y compensación con la energía de la concesionaria;
- Reglamentación de la figura del microgenerador por la Resolución Normativa 482/2012, de la Aneel);
- Microgenerador responsable por la operación de los sistemas;
- Instalaciones colectivas con comercialización de la energía explotada por terceros
- Posibilidad de sistema de leasing o alquiler de los tejados;
- Participación en subastas de generación distribuida por eventuales emprendedores locatarios de los tejados del Programa MCMV;
- Casos pilotos acompañados por la CBIC, en particular el de Juazeiro (BA).

Entre los casos pilotos, dos experiencias recientes ilustran la viabilidad de la utilización de sistemas solares fotovoltaicos en la generación de energía eléctrica en residencias de bajo ingreso del Programa MCMV. Los proyectos fueron instalados en los municipios de Juazeiro, en Bahia y João Pessoa, en Paraíba.

El proyecto de Juazeiro, una iniciativa de “Brasil Solair Energias Renováveis Comércio e Indústria S/A – Brasil Solair”, desarrollado en alianza con el Fondo Socio ambiental del banco “Caixa Econômica Federal – FSA CAIXA”, instaló un proyecto-piloto compuesto de 9.144 módulos solares fotovoltaicos, de 230 Wp cada, sobre el tejado de los edificios de dos pavimentos que componen los emprendimientos “Morada do Rodeadouro” y “Praia do Salitre”, ambos financiados por el Programa MCMV. El proyecto totalizó 2.103 kWp, en los dos emprendimientos, que son contiguos y con 500 unidades habitacionales cada, contem-

plando moradores con ingreso de hasta tres sueldos mínimos, mediante la propiedad comunitaria de activos de generación de energía. Una visión del proyecto es presentada en la Figura 30.



Figura 30 - Sistema de generación FV instalado en el condominio "Morada do Rodeadouro" y "Praia do Salitre"

Se destacan en ese proyecto su pionerismo, por la escala y los aspectos de organización social agregado, una vez que los moradores de los condominios podrán obtener ingreso por la generación de energía, primero, para el condominio habitacional, permitiendo su estructuración y sostenibilidad y, segundo, para cada uno de los condóminos en la forma de ingreso condominial. Puede ser un modelo a ser replicado en otras políticas públicas, particularmente en el ámbito del "Programa Minha Casa, Minha Vida".

Los sistemas de generación fueron conectados al sistema de distribución de la Compañía de Electricidad del Estado de Bahía (Coelba) por medio de extensión de llamadas de las unidades consumidoras participantes del Proyecto-piloto, con derivación al montón de los medidores de esas unidades. Los paneles solares poseen instalaciones eléctricas independientes y, para cada conjunto, fueron instalados inversores CC/CA de 4 kW. Hay un medidor propio para cada inversor, que se comunica remotamente con el concentrador, que totaliza las mediciones. Los datos de medición son disponibles para la recogida por la Cámara de Comercialización de energía eléctrica – CCEE, vía Sistema de Coleta de Dados de energía – SCDE.

La energía producida está siendo comercializada en el Ambiente de Contratación Libre – ACL y consumida por el banco "Caixa Econômica Federal", en su edificio sede, en Salvador, en la con-

dición de consumidor parcialmente libre. La generación promedio anual es de la orden de 3,9 GWh.

La segunda experiencia fue implementada en João Pessoa, en Paraíba, y se constituyó en la construcción de ocho unidades habitacionales, tipo casas térreas, para familias reubicadas de áreas de risco y que recibían el beneficio del “alquiler social” el proyecto permitió a la Compañía Estadual de Habitación Popular de Paraíba (CEHAP) experimentar el uso de paneles fotovoltaicos.

En el total, fueron instalados ocho micro generadores individuales cada uno de ellos acoplados a tres paneles fotovoltaicos de 200 Wp, totalizando una capacidad instalada de 600 Wp por sistema. La interfaz de conexión con la red es realizada por medio de inversor con potencia de salida de 600 W. Todas las residencias recibieron sistemas de configuración idéntica. La producción mensual media de energía eléctrica varía de 60 a 70 kWh.

Los sistemas fotovoltaicos fueron adquiridos con recursos propios del gobierno del estado siendo fornecidos e instalados mediante la contratación de terceros. El coste de cada sistema fotovoltaico fue de R\$ 6.000,00 y la operación y mantenimiento de los sistemas es de responsabilidad del morador, siendo previsto el acompañamiento de la CEHAP durante el período de un año. En los ocho meses de operación del proyecto hubo apenas una intervención por cuenta de un inversor que presentó defecto siendo sustituido por la empresa instaladora en función de la garantía del equipo. Una aplicación en mayor escala está siendo implementada en el municipio de Souza, también en Paraíba, con la contratación de 140 casas en el ámbito del MCMV (franja II).

Considerando los todos los aspectos arriba mencionados y los modelos probados, la CBIC pasó a trabajar en dos grandes frentes de apoyo a la disseminación de la energía solar fotovoltaica. La primera está relacionado a un esfuerzo de capacitación nacional y concientización de la importancia del uso eficiente de energía en el ambiente construido, a través de la reproducción en el País de una competición internacional para montaje de casas eficientes y productoras de energía de fuente solar – SolarDecatlon, que es presentado y resumido en el Box 1.

Box 1: Solar Decathlon

- Lo que es: Competición internacional
- Quien participa: Estudiantes de universidades alrededor del mundo
- Objetivo: Proyectar, construir y operar habitaciones sostenibles con enfoque en uso de energía solar, energéticamente eficientes y arquitectónicamente atractivas, además de la relación al coste beneficio positiva
- Áreas de especialización: Ingeniería, Arquitectura, Diseño Urbano Sostenible, Energías Sostenibles y Áreas relacionadas
- Creado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos (USDoE);
- Innovación direccionada a la mitigación de los efectos del Cambio del Clima a través del uso de energías renovables y la preservación de los recursos naturales ;
- Estrategia educacional, de concientización y de cultura cívica de la importancia de las fuentes de energía renovables y eficiencia energética;
- Mayor Olimpiada Global de Habitación Sustentable: 10 pruebas;
- Ítems de la competición: Arquitectura, Ingeniería, Eficiencia energética, Sustentabilidad, Marketing, comunicación y consciencia social, Diseño urbano y viabilidad, Innovación, Consumo energético, Conforto, Funcionamiento, Balance Energético (producción vs consumo de energía);

Otra frente de la CBIC es la construcción de una propuesta de inserción de la utilización de sistemas solares fotovoltaicos en habitaciones de interés social, en particular en el ámbito del Programa MCMV. Las principales características de la propuesta en elaboración son:

- Inserción de microgeneración solar en los moldes del practicado para proyecto piloto en Juazeiro;
- Subsidio de R\$ 2000,00 por unidad habitacional en los moldes del practicado para el calentamiento solar en el ámbito del MCMV;

- Inversión adicional realizado por el comercializador responsable por la instalación, mantenimiento y comercialización;
- Energía comercializada en el ACL o en subastas de energía;
- El propietario de la unidad habitacional recibe el equivalente al alquiler del tejado correspondiente a un consumo mensual de 70 kWh (tarifa social).

Entre los incentivos elegibles fueron considerados:

- Subasta específica para generación distribuida;
- Flexibilización del valor de referencia para fuente solar para contracción de energía proveniente de Generación Distribuida por las distribuidoras;
- Poder de compra del Estado: energía limpia;
- Acceso al Fondo Clima para financiación de la participación del sector privado;
- Contrapartida del gobierno en la base de R\$ 2.000,00/UH.
- Fuentes de recursos reubicados para subsidio
 - ✓ CDE: Reducción de la cuenta de bajo ingreso en R\$ 266/cons. año;
 - ✓ PEE ANEEL por ejemplo del calentamiento solar;
- Financiación
 - ✓ BID, Fundo CLIMA, IFC, Crédito de Carbono (Después de Paris), otros;

Algunas cuestiones aun en discusión en el modelo de utilización de la generación distribuida en el techo de las HIS están conectadas a la bursatilización de ingreso futuro, a una solución para cuestión de la propiedad legal de los tejados, y la valoración de externalidades positivas como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, el desarrollo de la industria nacional de la energía solar y la reducción de pérdidas en distribución y transmisión.



9. *POLÍTICAS DE FOMENTO Y FINANCIACIÓN*

Como forma de acelerar la diseminación de la energía solar fotovoltaica, diversas políticas de fomento han sido adoptadas por el mundo, siendo las más comunes el establecimiento de tarifas diferenciadas – premio – para la energía producida por el consumidor, el establecimiento de porcentuales obligatorios de energía renovable – cuotas – y las compensación de energía eléctrica – net-metering – como adoptada en Brasil.

Otras políticas incluyen el establecimiento de préstamos en condiciones favorables para tecnologías renovables, códigos energéticos para las construcciones, exenciones fiscales, como la reciente retirada de la incidencia del PIS (Programas de Integración Social) – COFINS (Contribución para Financiación de la Seguridad Social) y ICMS (Impuesto sobre circulación de mercancías y prestación de servicios) sobre la energía inyectada en la red por los micro y mini generadores, pero de una forma general el que se destaca y la importancia de los paquetes de políticas, en vez de instrumentos individuales, como aun es el caso de la compensación de energía eléctrica en Brasil que aún necesita de incentivos adicionales.

Existen algunas líneas de financiación ya definidas, otras en estudio para atender al mercado de la micro y mini generación distribuida usando el sistemas de compensación.

BNDES (Banco Nacional de Desarrollo)

Para medir la cuestión de la financiación, delante el coste de inversión considerado elevado por las distintas clases de consumidor, el MME está trabajando junto al BNDES para las definición de modelos de negocios financiables vía empresas, (prestadoras de servicios de integración, por ejemplo), considerando que el banco no puede financiar directamente personas físicas.

Banco do Brasil y Caixa Econômica Federal

Según divulgado en su sitio, el Banco do Brasil empezó a ofrecer consorcio para la adquisición de bienes y servicios sostenibles, financiando familias, empresas y propiedades rurales en la adquisición e instalación de equipos de eficiencia energética, capacitación y rehúso de agua.

Con relación al área de eficiencia energética el banco comercializa la compra de equipos como placas fotovoltaicas, luminaria solar, sistema de bomba solar y para energía solar térmica. Las cartas de crédito sostenibles varían de R\$1,5 a R\$7 mil, con planes de hasta 36 meses y tasas de administración a partir de 0,55% al mes. También son ofrecidas cartas de crédito para el pago de servicios para la instalación y funcionamiento de los equipos, cuyo valor varía de R\$1,5 a R\$ 15 mil, con planes de hasta 30 meses y tasas de administración a partir de 0,56% al mes.

Para los que adherir a los consorcios la contemplación es por sorteo, con base en los resultados de la Lotería Federal o por medio de hacer una oferta. No son cobradas tasa de adhesión, ni hay incidencia de juros o Imposto sobre Operaciones de Crédito, Cambio y Seguros (IOF). Las cartas de crédito son extensivas a los no cuentacorrentistas y pueden ser adquiridas en las agencias de la institución, en el sitio del banco en la internet, en la Central de Atendimento o por los terminales de auto atendimento.

En el segundo semestre de 2014 aerogeneradores y equipos de energía fotovoltaica fueron incluidos como ítems financiables a través del "Construcard", del banco "Caixa Econômica Federal". Con la tarjeta, es ofrecida a la persona física la posibilidad de adquirir los equipos de micro generación y quitar la financiación en hasta 240 meses, a una tasa de interés mensual que varía de 1,4% + TR a 2,33% + TR. Se destaca que esta línea de crédito no tiene ningún tipo de incentivo o subsidio del Gobierno Federal.

Banco de Nordeste

A través del Programa de Financiación a la Conservación y Control del Medio Ambiente -FNE VERDE el Banco dispone líneas de crédito para promover el desarrollo de emprendimientos y actividades económicas que propicien la preservación, la conservación, el control y/o la recuperación del medio ambiente. Financia, también, la micro y la mini generación de energía eléctrica a partir de Fuentes renovables.

Bancos Privados

Desde 2013 el Banco Santander, a través de una línea denominada Santander Financiamientos, está ofreciendo al consumidor una línea de crédito para quien pretende instalar los sistemas de conversión de energía solar en eléctrica.

Para viabilizar la financiación de sistemas de placas fotovoltaicas, el Santander Financiamientos identificó proveedores de ese tipo de equipo y formalizó alianzas para que el crédito fuera liberado directamente en las tiendas. Clientes y no clientes del Santander pueden solicitar el recurso y la aprobación es hecha en el momento de la venta, y sin gran burocracia.

Los proveedores e instaladores de los paneles acreditados en el Santander Financiamientos poseen sede en diversos estados brasileños y atienden en todo el territorio nacional. El sitio de la AB Solar dispone la relación de proveedores.



10. CONSIDERACIONES FINALES

La generación de energía eléctrica con la explotación de Fuentes renovables es actualmente una tendencia creciente en distintos países, en los cuales se verifica también la concesión de incentivos para la generación distribuida de pequeño porte. Otra tendencia importante a la preocupación creciente con el uso eficiente de energía.

Como las edificaciones son un espacio donde gran parte de la energía producida es consumida, la agilidad de su uso, se constituye no solamente en un reto, sino en una oportunidad para el sector de la construcción.

Entre las Fuentes de energía renovables la energía solar fotovoltaica presenta múltiples ventajas, pues además de no producir emisiones durante la generación de energía eléctrica, puede ser hecha de forma bastante descentralizada, junto a los locales de consumo/carga, el que minimiza inversiones en líneas de transmisión y distribución, además de aumentar la seguridad energética.

En nivel nacional, según datos del Painel Brasileño de Cambios Climáticos (PBMC), en 2010 el parque edificado (segmentos residencial, comercial y público) consumió 15% del total de energía utilizada por el País y 47,6% de la electricidad. Para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el País, Brasil se comprometió, en el ámbito del Acuerdo de Paris, a expandir el uso doméstico de Fuentes de energía no fósil en el suministro de energía eléctrica para al menos 23% hasta 2030, aumentando la participación de energías renovables como eólica, biomasa y solar, además de la energía hídrica.

La tecnología predominante de aprovechamiento de la energía solar para producción de electricidad es la fotovoltaica. Esos sistemas pueden ser configurados de tres formas: aislados, cuando se presentan como la única fuente de energía para carga, pudiendo presentar o no elementos almacenadores de energía; híbridos, cuando son asociados a otras Fuentes de generación de energía; e interconectados a la red eléctrica. Bajo esta última forma el sistema disponible para la red a energía generada no necesitando de elementos almacenadores.

Todos los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red presentan una topología básica, tanto para los sistemas de grande porte, cuanto para los de mediano y pequeño porte. Esa arquitectura básica comprende, el sistema conversor de energía solar en eléctrica compuesto de módulos fotovoltaicos; el sistema acondicionador de energía, que envuelve principalmente convertidores estáticos (inversores de frecuencia); y los sistemas de protección eléctrica y de medición de energía.

El Sistema Interconectado Nacional (SIN) es responsable por atender casi toda la demanda de energía eléctrica de Brasil, siendo su característica tradicional la producción de energía a partir de centrales generadoras de gran porte, sobre todo hidroeléctricas, conectadas al sistema de transmisión, y desde entonces el sistema de distribución. Contraponiéndose a la generación centralizada, la generación distribuida es de pequeño porte y conectada próxima a las unidades de consumo.

La ANEEL (Agencia Nacional de Energía Eléctrica) reglamentó la micro y mini generación distribuida en 2012 permitiendo al consumidor convertirse también un productor de energía. Es clasificado como micro generador aquel con potencia instalada menor o igual a 75 kW y como mini generador aquel con potencia instalada menor o igual a 5 MW, y mayor que 75 kW. La generación se da en la modalidad conectada a la red, o sea, opera en conjunto con el suministro de energía de la distribuidora. Al funcionar en conjunto con la red de la concesionaria, las mini o micro generación fotovoltaica a todo momento es complementada por la red eléctrica o en algún momento puede inyectar el excedente de energía para la misma.

Pueden participar del sistema de compensación de energía eléctrica los consumidores responsables por unidad consumidora en cualquier clase de consumo: residenciales, comerciales, industriales, servicio público, etc.; integrantes de emprendimiento de múltiples unidades consumidoras (condominios); los caracterizados como generación compartida; y, caracterizados como autoconsumo remoto.

En un condominio residencial, lo sea horizontal o vertical, es posible instalar paneles fotovoltaicos en una área común, como el tejado de la edificación del área de conveniencia, y repartir la energía generada entre los condóminos participantes del sistema de compensación a través de los créditos obtenidos.

La generación compartida se caracteriza por la reunión de consumidores, dentro de la misma área de concesión o permiso, por medio de la creación de una persona jurídica (consorcio o cooperativa), compuesto por persona física o jurídica que posea unidad consumidora con micro generación o mini generación distribuida en local diferente de las unidades consumidoras en las cuales la energía excedente será compensada.

Ya el auto consumo remoto es caracterizado por unidades consumidoras de titularidad de una misma Persona Jurídica, incluidas matriz y filial, o Persona Física que posea unidad consumidora con micro generación o mini generación distribuida en local diferente de las unidades consumidoras, dentro de la misma área de concesión o permiso, en las cuales la energía excedente será compensada.

El primer ítem a ser considerado cuando se pretende instalar generación fotovoltaica en sistema de compensación es definir la capacidad que puede ser instalada en función de los límites establecido por la ANEEL de acuerdo con la carga de la UC, una vez que no se puede instalar más del que se consume, pues la energía no puede ser vendida o cedida para terceros, y, subsecuentemente, calcular la capacidad de generación en función de los índices de radiación de la región donde será implantado el sistema de generación FV.

Los paneles fotovoltaicos pueden ser instalados en la cobertura o fachadas de las edificaciones, en coberturas de aparcamiento o directamente en el suelo. En cualquier situación se debe observar la orientación de la disposición de la parte activa (frontal) de los módulos, que en la instalación deben estar volcadas el más próximo posible para el norte verdadero. En general se debe evitar el sombreado de los módulos para no comprometer su eficiencia.

Aunque no sea posible, en función del área, instalar sistemas que atiendan a toda la carga de la UC, pueden ser instalados paneles que produzcan apenas una cuota de la energía a ser consumida. Esa es una situación común a los condominios verticales que podrán atender a una parte muy limitada del consumo, todavía más si es considerada la posibilidad de hacerse uso del sistema de calentamiento de solar para agua.

En condominios residenciales hay dos posibilidades: prever la instalación de paneles fotovoltaicos en cada casa individualmente, caracterizando el propietario como un micro generador o destinar un área común para una instalación fotovoltaica comunitaria.

Generalmente el área disponible en la cobertura de un condominio vertical no es suficiente para instalación de sistema fotovoltaico comunitario que permita atención a la demanda energética de todos los condóminos. Si hay área común externa disponible para empleo de paneles fotovoltaicos deben ser observadas las premisas ya mencionadas

La micro generación fotovoltaica ya se muestra una alternativa ventajosa para el consumidor de energía eléctrica en la clase residencial en Brasil, a depender del área donde esté ubicado.

El coste de un proyecto puede ser evaluado, en función de su tamaño y características por distintos métodos de evaluación, definido de acuerdo con los intereses y objetivos del inversionista, sea él público o privado. En general, se adopta la metodología del flujo de caja descontado, utilizando las herramientas del Valor Presente Líquido (VPL), de la Tasa Interna de Retorno (TIR), del Payback Descontado (PD) y del coste nivelado de la generación (GNG), o LCOE en la sigla en inglés, para definir la viabilidad del proyecto y/o las condiciones que deben ser atendidas para que el proyecto sea viabilizado. El que es común es la especificidad asociada a las variables relevantes, por ejemplo, de la localización, coste de la inversión, precio de suministro local, tasa de descuento, sobre las medidas de la viabilidad de los proyectos.

La atractividad de la inversión será constatada si el valor del coste nivelado de generación, expreso en R\$/MWh, es menor o igual al valor de la tarifa practicada para la unidad consumidora, el VPL es positivo, la TIR es igual o superior al coste de oportunidad de capital o tasa de descuento adoptada.

Dos variables son fundamentales en el análisis de viabilidad: el precio del watt-pico instalado (R\$/kWp) y las tarifas de energía (R\$/kWh) del área de concesión donde se instalará el equipo de generación. Wp es la unidad de potencia de salida de una célula, módulo o generador fotovoltaico considerando las condiciones estándar de teste.

De manera análoga al sector de la construcción civil que utiliza el Costo Unitario Básico de la Construcción Civil (CUB) como unidad de referencia para construcciones, el sector fotovoltaico emplea el \$/Wp (Watt-pico)

como precio de referencia en sus instalaciones. En la composición del \$/Wp instalado están incluidos todos los requisitos para funcionamiento del sistema, como proyecto, equipos, eventuales licencias e instalación, así, el \$/Wp multiplicado por la potencia instalada representa el coste de inversión (capex) a ser hecho por el consumidor.

La atractividad económica de la micro y mini generación está intrínsecamente relacionada a las tarifas de energía eléctrica convencional, ya que el beneficio, del punto de vista financiero, para el micro/mini generador es el coste evitado con la compra de energía eléctrica convencional. Cuanto mayor el precio que el consumidor paga por la energía eléctrica más atractivo se convierte generar la propia energía.

Actualmente en Brasil la micro generación fotovoltaica ya posee coste más atractivo de que aquel pago a la concesionaria de energía en varias capitales brasileñas. Los valores de las tarifas consideran la exención del impuesto estadual (ICMS) sobre la energía inyectada en la red, práctica que ya es adoptada por la mayoría de los estados en el País.

Como forma de acelerar la diseminación de la energía solar fotovoltaica, diversas políticas de fomento han sido adoptadas por el mundo, siendo las más comunes, el establecimiento de tarifas diferenciadas (premio) para la energía producida por el consumidor, el establecimiento de porcentuales obligatorios de energía renovable (cuotas) y la compensación de energía eléctrica – net-metering – como adoptada en Brasil.

Otras políticas incluyen el establecimiento de préstamos en condiciones favorables para tecnologías renovables, códigos energéticos para las construcciones, exenciones fiscales, como la reciente sacada de la incidencia del PIS-COFINS e ICMS sobre la energía inyectada en la red por el micro y mini generadores. Existen algunas líneas de financiación ya definidas, otras en estudio para atender al mercado de la micro y mini generación distribuida usando el sistemas de compensación.

Corealización:



Realización:



Corealização:



Iniciativa da CNI - Confederação
Nacional da Indústria

Realização:

