

# OBTENCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA PARA VIVIENDAS BAJO NORMAS DE USO EFICIENTE Y RACIONAL DE LA MISMA. MODELO DE CONSUMO NETO (NET METERING)

Adrian D'Andrea ([adandrea@frsf.utn.edu.ar](mailto:adandrea@frsf.utn.edu.ar)); Jorge Caminos ([jcaminos@frsf.utn.edu.ar](mailto:jcaminos@frsf.utn.edu.ar))

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe (UTN - FRSF)

**Palabras clave:** energía, solar, fotovoltaica, autoconsumo, balance neto

*Partiendo de una inversión inicial por parte del usuario, el autoconsumo genera ahorro energético, y dependiendo de las tarifas que se apliquen también económico, lo que para el país es doblemente beneficioso ya que no solo se autogenera si no que es menos energía que se importa, traduciéndose en inversión muy beneficiosa para la economía nacional.*

*Este trabajo estudia aspectos para una reglamentación de balance neto en la provincia de Santa Fe proponiendo que hacer con el excedente entre la curva de generación y la demanda, o sea como se procederá con la energía generada no consumida y con sus costos asociados.*

*Además se dan los pasos para el cálculo de una instalación fotovoltaica para una vivienda de una familia tipo conectada a la red de baja tensión bajo el sistema de balance neto. Finalmente se determina su costo y el tiempo de amortización teniendo en cuenta distintos escenarios.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica en nuestro país es generada en centrales de elevada potencia en niveles de media tensión entre 10 y 20 kV, que luego se eleva en subestaciones de transformación hasta los niveles de tensión utilizados en las líneas para transportar la energía eléctrica, desde 132 a 500kV hasta los centros de consumo más importantes. Allí mediante subestaciones de transformación se reduce la tensión para adecuarla a los niveles utilizados usualmente en la red de distribución (13.2 a 33kV) en MT y de 1.000V) en BT.

Las grandes centrales generadoras se encuentran lejos de los centros de consumo (Chocón, Yacretá, Salto Grande), por lo cual al existir grandes distancias entre el emplazamiento de generación y la demanda, la energía debe recorrer grandes distancias antes de ser utilizada, reduciendo el rendimiento energético del sistema.

Las pérdidas en el transporte de energía en nuestro país son aproximadamente del 7% llegando en los periodos de punta al 14 %, lo cual representa un problema muy importante para el sistema, agregado a la saturación en las redes de transporte. En los últimos años se instalaron varias centrales térmicas cerca de los lugares de consumo con lo que paulatinamente se dio lugar a un cambio de enfoque hacia una generación más distribuida, en el que la generación y el consumo están muy próximos

La generación distribuida fomenta la producción de energía de pequeña potencia cerca de los lugares de consumo, siendo una de los principales beneficios la reducción de las pérdidas técnicas que se dan en una red de distribución de BT. Estas pérdidas en la red son por disipación energética en los conductores bajo el efecto Joule ( $I^2 \cdot R$ ), y suelen variar principalmente en función del estado de carga y condiciones físicas de la red. La incorporación de generación FV distribuida en la red de distribución trae aparejada una reducción de las pérdidas al aliviar o reducir la corriente circulante por los conductores de la red. Por lo tanto al ser un sistema más eficiente, logramos ahorro de energía. Este ahorro no solo es debido a reducción de pérdidas en las líneas, sino que también se reducen en

inversión de mantenimiento y nuevas líneas de transporte y distribución al ser menor la longitud de ellas.

La incorporación de generación distribuida a lo largo de los distribuidores permite aliviar las exigencias térmicas sobre ellos y sobre el transformador de distribución al hacer que las corrientes circulantes por los mismos disminuyan. También mediante este tipo de generación se logra reducir las reservas de capacidad de potencia de generación instalada. Otro beneficio no menos importante es respecto a la disminución del impacto de las grandes infraestructuras eléctricas, así como la reducción de emisiones nocivas.

## **2. PROPUESTA DE CONSUMO NETO PARA LA CIUDAD DE SANTA FE**

La siguiente es una propuesta de régimen de consumo neto (net metering) para la Ciudad de Santa Fe, el cual puede replicarse en las distintas localidades de la provincia.

El sistema se basa en la conexión simultánea de los usuarios generadores a la red de la empresa proveedora de energía en baja tensión y a la casa donde se encuentra la instalación FV.

El sistema opera cumpliendo un ciclo diario, el cual de día mientras exista recurso genera energía eléctrica para alimentar la carga de la vivienda (consumo instantáneo) y un excedente que lo envía a la red para ser utilizado a futuro (consumo diferido), y por la noche toma de la red lo necesario para alimentar el consumo de la vivienda.

De lo analizado anteriormente vemos que el modelo de consumo diferido utiliza a modo de almacén de excedentes generados la red eléctrica y esto le genera al usuario - generador derechos de consumo diferidos.

Además a la hora de llevar a cabo la facturación, el balance de las medidas de energía producida y consumida se toman mensualmente; si el cliente acogido al balance neto consumiera más energía en un periodo determinado que la suma de la electricidad generada localmente y los derechos de consumo anteriores en esa misma franja horaria, abonaría a la distribuidora esa diferencia. En cambio, si la generación superase al consumo, ese exceso se compensaría descontándose en las siguientes facturas. Cada vez que se requiriera utilizar esta energía excedentaria, solo podría hacerse si esta hubiera sido generada con una antelación máxima de doce meses, tal y como se ha reflejado previamente. Si el excedente acumulado fuera anterior, el usuario lo perdería

Otro punto importante para su desarrollo es la política de incentivos que se desee implantar, así como los costes por el servicio de balance neto, aspectos que inciden de manera directa en la rentabilidad.

Para lo descrito anteriormente y sin entrar en un estudio tarifario profundo, lo que se propone son dos alternativas.

La primera es la de balance neto (net metering) , donde el sistema propuesto se debe dimensionar de manera que genere en un año toda la energía que consumirá la vivienda más un porcentaje que iría desde un 10 a 20% de la energía que se toma normalmente de la red.

Este porcentaje extra corresponde a una propuesta de este estudio y es para solventar los gastos de infraestructura, mantenimiento, protecciones y reparaciones de las redes de energía que debe realizar la empresa de energía. Además este porcentaje compensaría también la incorporación de equipos de control de flujos y protecciones que debe realizar también la EPESF en la medida que el sistema distribuido de generación se generalice.

Este porcentaje se aconseja entre 10 y 20% ya que se propone aplicarlo de acuerdo a la potencia de la instalación FV. Por ejemplo instalaciones residenciales monofásicas de hasta

2kW 10 %, de 2kW hasta 4 kW – 15 %, de 4kW a 5 kW 17,5%, y superiores a 5kW (sistemas trifásicos) un 20%. Esta propuesta incluye la realización anual de un balance entre la energía generada por el usuario y lo que este toma de la red, esto determinará los KWh con saldo positivo, negativo o neutro.

En cualquiera de los casos que el saldo de energía de positivo o negativo, se propone transformarlos en un crédito o bono de energía, que de ser positivo lo podría consumir el usuario en temporadas de bajo recurso solar e incluso transferirlo a otro cliente de la distribuidora. En el caso de que el balance sea negativo el cliente deberá abonar a la empresa distribuidora la energía del saldo. Los créditos a favor del usuario – generador se deberían consumir en un plazo establecido por la normativa el cual podría ser desde 12 a 36 meses e incluso transferir el crédito a otro usuario encuadrado en la misma tarifa.

La segunda propuesta, que sería una alternativa a la anterior, ya que incentivaría este tipo de generación, es el sistema denominado Feed in tariff que establece una tarifa especial o sobre precio por la energía que el usuario –generador inyecte a la red. Igualmente se propone que la instalación se dimensione con un porcentaje extra según lo mencionado en la primera alternativa. Esta propuesta de sobreprecios en el excedente de energía inyectada a la red podría ir disminuyendo con el paso del tiempo a medida que el usuario – generador amortice su instalación y se cumpla el objetivo del cupo de renovables previsto en la matriz energética de la provincia.

Respecto a la adquisición y mano de obra para la puesta en funcionamiento de la instalación FV, se propone lo siguiente:

Para instalaciones FV de hasta 2kW primer escalón, se propone subsidios por parte del estado en los materiales y equipos, sobre todos aquellos que son importados, disminuyendo los impuestos. Para instalaciones mayores a 2kW y menores a 5 kW segundo escalón, subsidiar los primeros 2kW y para los 3kW restantes implementar créditos blandos sobre todo para aquellos usuarios – generadores que demuestren que su vivienda es energéticamente eficiente. Para demostrar la eficiencia energética de la vivienda se propone que el usuario presente una certificación expedida por organismo competente de la auditoría energética.

Para que este proyecto de balance neto tenga aceptación y que los resultados sean óptimos se debe establecer una normativa clara, y para ello se debe conformar una comisión integrada por especialistas de la Secretaria de Energía de la Provincia, EPESF, Universidades y ONGs.

Además, para que se tenga el éxito esperado y dado que este tipo de actividad crea nuevos puestos de trabajo, es de suma importancia la capacitación y certificación de los instaladores de sistemas fotovoltaicos.

### **3. CALCULO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO CON BALANCE NETO**

La demanda de energía impone muchas de las características de la instalación.

Para determinar la energía que necesitaremos diariamente se debe determinar la potencia de todos los aparatos eléctricos, que posee la vivienda y el tiempo medio de uso de cada uno de ellos, teniendo en cuenta que la dimensión de la instalación FV tendrá directa relación con los consumos de los electrodomésticos y el aislamiento de la vivienda, por lo que se recomienda la utilización de aparatos de bajo consumo que cumplan las normas de etiquetado energético.

### 3.1. La necesidad de la vivienda eficiente y sustentable

En teoría es técnicamente posible realizar una instalación solar fotovoltaica para satisfacer cualquier demanda de energía por muy alta que esta sea. Sin embargo el limitante fundamental de estas instalaciones lo constituye el costo de las mismas.

Realizar una instalación solar fotovoltaica para una casa suele demandar de un importante desembolso económico. Nuestra sociedad actual está acostumbrada a derrochar energía por un problema de políticas sociales de subsidiar las tarifas. En el mundo actual vivimos rodeados de numerosos componentes electrónicos que demandan un flujo constante de energía.

Por lo tanto antes de diseñar una instalación fotovoltaica para una vivienda se debe estudiar la eficiencia energética de la misma, de forma que la potencia de cálculo sea lo más bajo posible y por lo tanto no de un bajo tiempo de repago.

Para lograr viviendas eficientes energéticamente se debe aplicar la normativa existente del Instituto de Racionalización de Materiales (IRAM) sobre:

- Aislación térmica de las viviendas de acuerdo a cada zona bioclimática.
- Etiquetado de electrodomésticos y aparatos eléctricos.

### 3.2. Determinación de las curvas de demanda de la vivienda

Para la determinación de las curvas de demandas tanto para invierno y verano se tuvieron en cuenta las actividades que tiene la familia tanto para días laborales como para los fines de semana.

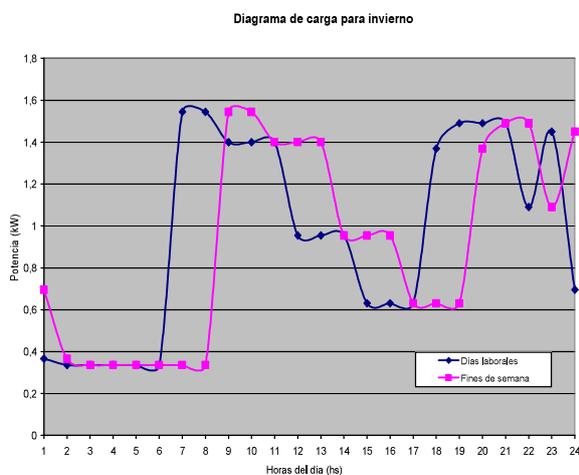


Figura 1. Diagramas de carga.

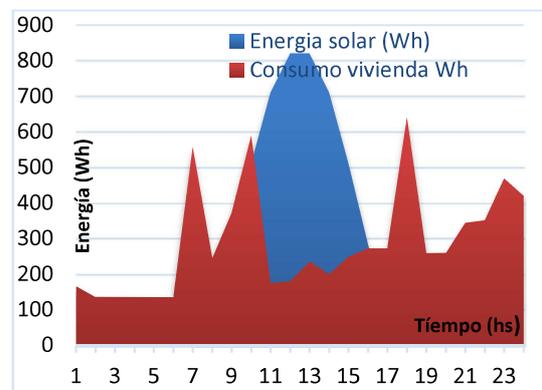
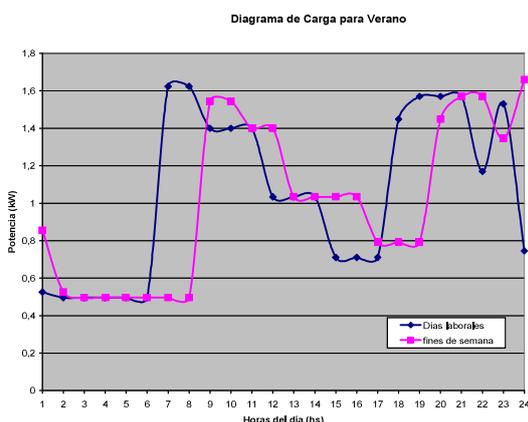


Figura 2. Energía solar diaria generada vs consumo de energía eléctrica en invierno (junio).

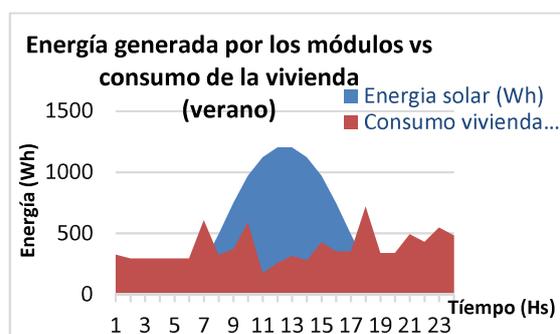


Figura 4. Energía solar generada y energía eléctrica consumida para un día en verano (enero)

Figura 3. Diagramas de carga.

### 3.3. Calculo de la energía real que deben suministrar los paneles fotovoltaicos

Para la determinación del valor real de la energía necesaria que deben suministrar los paneles, tomamos como base los cálculos de potencia instalada y energía consumida por la vivienda y los valores de radiación suministrado por la NASA.

Para el cálculo se propuso tomar 6 meses del año como verano (octubre a marzo) y 6 como invierno (abril a septiembre), de esta forma podemos compensar posibles días más cálidos donde se utiliza más la ventilación del hogar y/o refrigeración del hogar.

Del estudio de los consumos de la vivienda se obtienen los siguientes consumos:

- Para los meses denominados de verano: 9 kWh/día
- Para los meses denominados de invierno: 7 kWh/día

Como toda instalación solar fotovoltaica se ve afectada por pérdidas, tales como el rendimiento del inversor, y por otros de difícil justificación pero que la afectan de todos modos.

Entonces la energía real a suministrar por los paneles es: **Er = 2880 kWh/año.**

### 3.4. Calculo del número de paneles fotovoltaicos necesarios

Adoptamos panel KYOCERA KS 100T

#### Especificaciones técnicas:

- Potencia nominal: 100 Wp
- Tensión a Potencia nominal: 18,3 V
- Corriente a Potencia Nominal: 5,46 A
- Tensión de circuito abierto: 22,1V
- Corriente de corto circuito: 5,86 A

Para el cálculo y verificación del número de paneles necesarios realizo el cálculo por dos métodos:

- Método de horas equivalentes con corrección de eficiencia por temperatura (TONC).
- Método de la eficiencia corregida

#### 3.4.1 Método de las horas equivalentes

$$\text{Numero de paneles} = \frac{\text{Energía necesaria para la vivienda en kWh}}{\text{Energía generada por un panel en kWh/panel}}$$

Un resumen del cálculo aplicando este método se expresa en la siguiente tabla.

Tabla 1. Calculo de paneles necesarios por horas equivalentes

Metodo de horas equivalente con correccion de eficiencia por temperatura			
Meses	Radiación kWh/m2 día	Energía kWh/mes/modulo	Nº Paneles
ene	6,26	16,90	
feb	5,89	15,90	
mar	5,34	14,42	
abr	4,51	12,18	
may	3,96	10,69	
jun	3,45	9,32	
jul	3,88	10,48	
ago	4,58	12,37	
sep	5,45	14,72	
oct	5,59	15,09	
nov	6,11	16,50	
dic	6,23	16,82	
<b>total anual</b>	<b>61,25</b>	<b>165,38</b>	<b>17,4</b>

Del cálculo anterior se observa que el número de paneles es 17,4 por lo tanto se seleccionan 18 paneles.

### 3.4.2 Método de la eficiencia corregida

$$Eg \text{ módulo } \frac{kWh}{m^2} = \text{Radiación incidente sobre el módulo } \frac{kWh}{m^2} * \text{Eficiencia del panel}(0,148)$$

La superficie necesaria de paneles en m<sup>2</sup> será igual al cociente de la energía necesaria para alimentar la vivienda en (kWh/año) con la energía generada por un módulo durante un año en (kWh/ m<sup>2</sup> año). El número de módulos será el cociente de área necesaria y el área de un panel. El resumen del cálculo descrito anteriormente se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Cálculo de paneles necesarios por eficiencia corregida

Método de la Eficiencia corregida							
Meses	Radiación kWh/m2 día	Energía generada kWh/m2 mes	Consumo kWh/mes	superficie m2	Nº Paneles	Energía generada kWh/ mes	generada kWh/ mes por 18 módulos de 100
ene	6,26	27,79	270			294,34	306,25

feb	5,89	26,15	270			276,95	288,15
mar	5,34	23,71	270			251,08	261,24
abr	4,51	20,02	210			212,06	220,64
may	3,96	17,58	210			186,20	193,73
jun	3,45	15,32	210			162,22	168,78
jul	3,88	17,23	210			182,44	189,82
ago	4,58	20,34	210			215,35	224,06
sep	5,45	24,20	210			256,26	266,63
oct	5,59	24,82	270			262,84	273,47
nov	6,11	27,13	270			287,29	298,91
dic	6,23	27,66	270			292,93	304,78
<b>total anual</b>	<b>1837,50</b>	<b>271,95</b>	<b>2880</b>	<b>10,59</b>	<b>17,3</b>	<b>2879,95</b>	<b>2996,48</b>

En la tabla anterior se observa que el número de paneles calculado es de 17,3 número similar al calculado por el método anterior, por lo tanto se seleccionan 18 paneles.

### 3.5. Consumo de la vivienda y la energía mensual generada

En el gráfico de la figura anterior se representan la energía generada por los 18 módulos adoptados para la instalación fotovoltaica para los distintos meses del año, para una inclinación de 28,5° (óptima) y la energía consumida por la vivienda en estudio durante todo el año. Se observa que entre el mes 5 y el 7 la energía generada es menor que la consumida, lo cual se compensa los meses de mayor radiación solar.

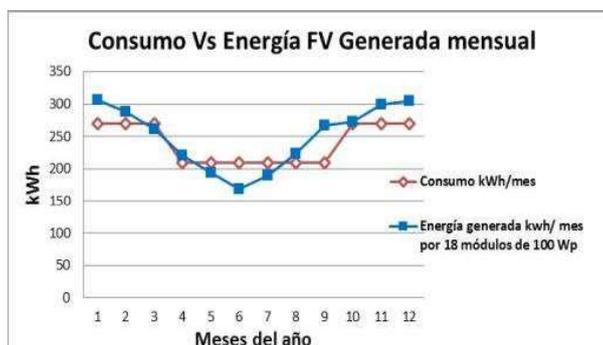


Figura 5. Consumo de la vivienda vs energía FV generada mensual

### 3.6. Cálculo del aporte extra a la red

La metodología de las horas solares es la utilizada, y la que se propone para determinar el porcentaje de aporte extra a la red del usuario- generador, y que según los conceptos preliminares sería entre el 10 y 20% de la energía que se toma de la misma. Entonces teniendo en cuenta la energía que puede aportar la instalación FV para cada temporada, en base a las horas solares, y con los diagramas de carga se puede realizar una estimación de la potencia que se debería alimentar de la red para todo el año. Este valor es estimado y podrá ser ajustado al consumo real alimentado desde la red cuando se realice el balance anual.

Tabla 3. Cálculo del N° total de paneles de la instalación FV

<b>Método de la Eficiencia corregida</b>
--

Meses	Radiación kWh/m <sup>2</sup> día	Energía generada kWh/m <sup>2</sup> mes	Consumo kWh/mes	Consumo kWh/mes con % EPE	superficie m <sup>2</sup>	Nº Paneles	Energía generada kWh/ mes	energía generada kWh/ mes por 20 paneles
ene	6,26	27,79	270	312			344,02	340,61
feb	5,89	26,15	270	312			323,69	320,48
mar	5,34	23,71	270	312			293,46	290,55
abr	4,51	20,02	210	249			247,85	245,39
may	3,96	17,58	210	249			217,62	215,47
jun	3,45	15,32	210	249			189,60	187,72
jul	3,88	17,23	210	249			213,23	211,11
ago	4,58	20,34	210	249			251,69	249,20
sep	5,45	24,20	210	249			299,51	296,54
oct	5,59	24,82	270	312			307,20	304,16
nov	6,11	27,13	270	312			335,78	332,45
dic	6,23	27,66	270	312			342,37	338,98
total anual	1837,5	271,95	2880,00	3366	12,38	20,2	3366,00	3332,67

En la tabla anterior se resume el cálculo realizado, donde el número de paneles debe ser de 20,2. Se adopta un número entero de 20 paneles. Dicho valor deberá ser ajustado luego del primer balance de acuerdo la propuesta realizada en este trabajo.

### 3.7. Consumo de la vivienda y la energía mensual generada con % EPE

En la figura 6 se representan la energía generada por la instalación fotovoltaica durante los distintos meses del año para una inclinación de 28,5° (óptima) según los cálculos realizados más un porcentaje extra y la energía consumida para la vivienda en estudio durante todo el año. Se observa que la energía extra considerada para cubrir los gastos de la empresa distribuidora solo genera por debajo de la demanda de la vivienda en el mes de menor radiación (junio). En el resto del año la instalación excede el consumo de la vivienda en estudio.

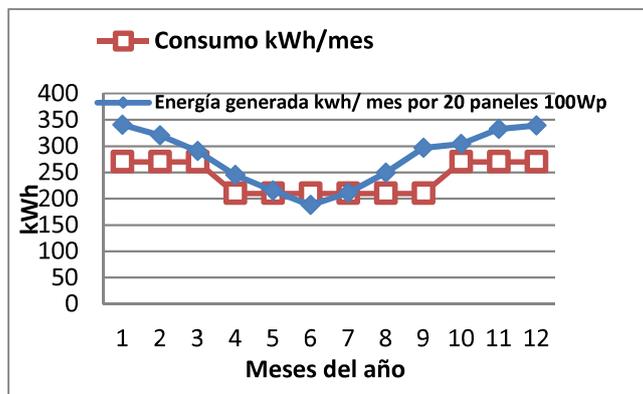


Figura 6. Consumo vs energía FV generada mensual con aporte extra a la red

### 3.8. Calculo del inversor

Sabiendo que nuestra instalación contara con 20 paneles de 100 Wp conectados en serie, por lo tanto contamos con una potencia de 2000W para la instalación. De catálogo SMA se adopta: Inversor Sunny Boy 2100 TL6

### 3.9. Unifilar de la instalación fotovoltaica por balance neto

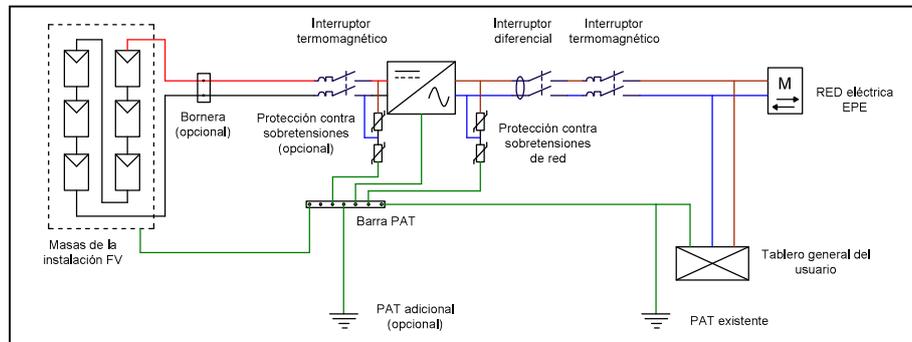


Figura 7. Diagrama bifilar de la instalación FV.

## 4. COSTOS DE LA INSTALACIÓN FV DE UN USUARIO - GENERADOR

Tabla 4. Computo y presupuesto

Equipamiento	Cantidad	Característica	Costo unitario(\$)	Costo Total (\$)
Módulos	20	100 W	4420	88400
Inversor	1	2200 W		67373
Soportes	5	668 mm	13068	40905
Protección Termo magnética CC	1	2 x 8A 500Vcc	2300	2300
Protección Termo magnética CA	1	2x16A Curva C	680	680
Protección diferencial	1	2 x 25A 30mA	3059	3059
Bandeja porta cables	7	0,50 m x 3m con accesorios	418	2926
Gabinete estanco	2		1492	2984
Protección por sobre tensión transitorias	1	230VCA – 10 KA	9671	9671
Conductores CC	25m	2x4 mm <sup>2</sup> Syntenax	74	1480
Conductores CA	20m	3x4 mm <sup>2</sup> Syntenax	101	2020
Conductor PAT	20m	1x 2,5mm <sup>2</sup>	15,4	308
Jabalina Cu Ac	1	3m	1416	1416
Varios				3000
Total Materiales				226522
Mano de obra instalación y puesta en marcha				36000
Total				262522

Los precios que figuran en este proyecto surgen de la consulta a diferentes fuentes y corresponden a octubre de 2018, (1 U\$S = \$38). Todos los precios incluyen IVA, y corresponden al valor que pagaría un usuario residencial. Del análisis de esta tabla se puede determinar el costo por watt de la instalación, el mismo asciende a 131 \$/Watt instalado.

## 5. ESTUDIO ECONÓMICO

Para realizar este estudio se tomó como base las cuatro horas sol equivalente que dispone la zona climática en la que se encuentra la instalación fotovoltaica, y la curva de los consumos de la vivienda; de esta forma se determinó la energía generada y cual la que se debería comprar a la EPE. El cálculo de la amortización o repago de la instalación FV se realizó para un usuario residencial catalogada tarifa 101(1201) según la EPE. El valor del precio de la energía y términos de la tarifa de acceso para este usuario es el vigente a Agosto de 2018

La inversión inicial se amortiza anualmente gracias al ahorro obtenido mediante la nueva forma de obtención de la Energía por parte del usuario. La tarifa mencionada para este tipo de usuario se conforma de la siguiente manera:

Cuota de servicio \$ 48,68 por mes más la energía consumida por escalones, los primeros 75 kWh \$ 2,60 por kWh; los segundos 75 kWh \$ 2,90; los siguientes 150 kWh \$ 4,14 por kWh; y el excedente de 300 kWh \$ 5,10. A esto hay que adicionarle costos variables Ley nº 6604 - FER (1,5% del importe básico), ley nº 7797 (6 % del importe básico), Ley nº 12692 Energías Renovables y el 21% de IVA<sup>7</sup>.

### 5.1. Amortización del sistema fotovoltaico

En el proyecto, se determinó que la energía promedio susceptible de ser generada anualmente en la ciudad de Santa Fe por el sistema FV 2000 W propuesto es: 3336,01 kWh/año, es decir un promedio mensual de 280,50 kWh.

Tabla 5. Generación FV mensual y bimestral.

SISTEM A	Bim 1		Bim 2		Bim 3		Bim 4		Bim 5		Bim 6	
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
FV 2000 W [kWh]	340,6 1	320,4 8	290,5 5	245,3 9	215,4 7	187,7 2	211,1 1	249,2 0	296,5 4	304,1 6	332,4 5	338,9 8
	661,09		535,95		403,19		460,31		600,7		671,43	

Para el cálculo del repago se toman 3 valores distintos del costo del kWh para un usuario encuadrado en la tarifa residencial de la EPESF, según se detalla:

1. Costo actual de la energía
2. Costo de la energía tarifa actual prosumidor EPESF para una instalación residencial de 2kW
3. Costo de la energía para un repago razonable de los créditos implementados en el mercado

<sup>7</sup> EPE. Cuadro Tarifario 2018 <http://www.epe.santafe.gov.ar/?id=34> [Consulta: Agosto 2018]

Además se consideró el costo de los sistemas FV detallado en la tabla 4. Se considerará que la vida útil media de estos sistemas se estima en 25 años, y su mantenimiento tiene un costo bajo.

## 5.2. Cálculo de la amortización del sistema fotovoltaico de 2000 w

Tabla 6. Amortización de instalación FV con los costos actuales de los componentes de la misma

Sistema FV 2000 W - Energía aportada [kWh]						
Bimestre	Bim 1	Bim 2	Bim 3	Bim 4	Bim 5	Bim 6
Generación Bimestral(kWh)	661,09	535,95	403,19	460,32	600,7	671,43

Sistema FV 2000 W - Ahorro estimado - Costo de la energía promedio actual [\$] 3,42						
Ahorro Bimestral(\$)	2260,93	1832,95	1378,91	1574,29	2054,39	2296,29
TOTAL ANUAL(\$)	11.397,77					
Amortización [Años]	23,03					

Sistema FV 2000 W - Ahorro estimado - Costos de la energía generada a \$6,5 kWh						
Ahorro Bimestral(\$)	4297,09	3483,68	2620,74	2992,08	3904,55	4364,30
TOTAL ANUAL(\$)	21.662,42					
Amortización [Años]	12,12					

Sistema FV 2000 W - Ahorro estimado - Costo de la energía generada \$10 kWh						
Ahorro Bimestral(\$)	6.610,90	5.359,50	4.031,90	4.603,20	6.007,00	6.714,30
TOTAL ANUAL(\$)	33.326,80					
Amortización [Años]	7,88					

### 5.2.1 Conclusiones

1. Como resultado del estudio, se observa en la figura 6 que con los precios actuales de la energía eléctrica, los periodos de amortización de los equipos FV superan ampliamente a la vida útil de los mismos (23,03 años), por lo cual los sistemas nunca retornarían su inversión inicial. Esto los vuelve inviables económicamente.
2. En el caso actual donde el pago a prosumidores es de 6,5 \$/kWh, los sistemas FV se amortizarían al 40 % de su vida útil (12,12 años).
3. La tercera apreciación de la tabla N° 6 es en el caso de abonar un valor de 10\$/kWh, en este caso los sistemas FV propuestos se vuelven totalmente viables económicamente, y los periodos de amortización se vuelven casi iguales a los estimados en países vecinos como Uruguay, Chile y Brasil, donde el retorno de la inversión es de aproximadamente de 8 a 9 años.
4. Realizando el mismo estudio, pero con una reducción inicial del precio de 2 componentes importados y la estructura portante (21% IVA), los cuales conforman el 71% del costo total de la instalación según lo observado en la gráfica de la figura 8. Se lograría bajar el repago inicial a 19,41 años con el costo actual de la energía.
5. Si se aplica la tarifa de Prosumidor EPE y la reducción de costos, el tiempo de repago se reduce a 10,21 años.
6. Y si se aplica una tarifa diferenciada al usuario- generador de 10 \$/kWh el repago es mucho menor al de la tabla 6, siendo de 6,64 años. Con ello se consigue mayor reducción en el tiempo de repago para las tres propuestas estudiadas.

## 6. CONCLUSIONES FINALES

1-La energía fotovoltaica es la única que convierte directamente la energía solar en eléctrica, con tecnología altamente confiable y no contaminante, bajos costos de operación y de mantenimiento, mejor opción de las fuentes renovables de energía para introducir en el ámbito urbano, permite un diseño modular aplicable en los más diversos sitios y para muy diferentes usos, fácil de producir e instalar a escala masiva, permite generar empleos con un desarrollo industrial sustentable. Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red de baja tensión presentan una gran ventaja económica al no poseer sistema de acumulación. Además mejora la calidad del servicio de la energía suministrada por la red, procurando que la máxima producción del sistema fotovoltaico coincida con horas en que los problemas de suministro de las compañías eléctricas sean más graves.

2-Las plantas fotovoltaicas se construyen cerca de la demanda eléctrica y son mucho más fáciles de construir, de instalar y de expandirse en la medida en que la demanda se incrementa. A lo anterior se le añade la ventaja de que no consumen combustibles fósiles y no contaminan. La incorporación de productores de energía (usuario - generador) a una red de distribución convencional logra mejorar la fiabilidad del suministro de energía, y reduce la necesidad de inversiones en transmisión y distribución que sirven a la demanda creciente, producir energía con paneles FV cuando la demanda de un país es máxima es de gran importancia porque hace innecesaria la construcción de nuevas plantas de generación que satisfagan los picos de demanda. Apostar por la generación distribuida es desde luego conseguir disminuir los cortes en el suministro al reducir la congestión del sistema. Se puede asegurar entonces que la generación distribuida junto con la eficiencia energética son las dos mejores políticas energéticas que pueden acometerse en economías en expansión.

3-Para el desarrollo y fomento de este tipo de generación de energía distribuida en nuestro país se deberían realizar acciones tendientes a desarrollar una normativa clara y sencilla de forma de crear la figura del usuario – generador, sincerar los costos de la generación eléctrica por medios convencionales (térmicos, hidráulicos, nuclear) y simplificar las trabas fiscales y de importación para los proveedores e instaladores de sistemas de generación FV

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Clark W. Gelling, P.E. (2009). *The Smart Grid: Enabling Energy Efficiency and Demand Response*. The Fairmont Press, Inc.
- Falk,A.,Dürsschner,C ,Remmers,K (2006). *Fotovoltaica para Profesionales*. Editorial Progenza.
- Fernandez Salgado,J.(2010).*Compendio de Energia Solar*. AMV Ediciones
- Krarti, M. (2000). *Energy Audit OF Building Systems*. CRC Press
- Quadri,N. (2005). *Energía Solar*. Librería y Editorial Alsina
- Rey Martinez, J. &Velasco Gómez, E (2006). *Eficiencia Energética en Edificios*. Thomson Editores
- Mc Lean – Conner, P. (2009) *Energy Efficiency: Principles and practices*. Penn well Corporation.
- Negroni, J. 2013 -*Diseño y Dimensionamiento de sistemas solares Fotovoltaicos conectados a la red*, CDT – Camara Chilena de la Construcción
- Rey Martínez, J. &Velasco Gómez, E (2005) *Bombas de Calor y Energías Renovables en Edificios*. Thomson Editores
- Sardón, J., García, F., González, J., García, F., García, M., & Martínez ,A.(2007). *Energías Renovables para el desarrollo*. Thomson Editores
- Seba (Servicios Energéticos Básicos Autónomos) (2004) *Tejados Fotovoltaicos: Energía solar conectada a la red eléctrica*.

- 
- *Solar Energy International. (2008). Photovoltaics Design and Installation Manual. New Society Publishers.*
  - *Viloria, J. (2008). Fuentes de Energía. Paraninfo.*
  - *Wenham, S.R., Corkish, R., Green, M. A., Watt, M.E. (2006) Applied Photovoltaics*