



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA

Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura  
Escuela de Posgrado y Educación Continua



Proyecto de Tesis de Maestría

**“GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA SOLAR PARA  
USO RESIDENCIAL EN FORMA SUSTENTABLE Y BAJO  
NORMAS DE USO EFICIENTE Y RACIONAL DE LA  
MISMA. MODELO DE CONSUMO NETO (NET  
METERING)”**

Alumno:

**ING. ADRIÁN D'ANDREA**

Director: DR. ROMÁN BUITRAGO

Co-Director: ING. JORGE CAMINOS

*Proyecto de Tesis presentado en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de*

**Maestría en ENERGÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE**

Agosto 2015



**Contenido**

**CAPITULO I** ..... 7

**INTRODUCCIÓN** ..... 7

**1.0.0 ANALISIS DE LAS FUENTES NO CONVENCIONALES Y CONSUMOS MUNDIALES** ..... 7

1.1.0 PRODUCCIÓN MUNDIAL Y TENDENCIA DE LA ENERGÍA PRIMARIA ..... 9

1.2.0 PRODUCCIÓN VS CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA ..... 14

1.3.0 SITUACIÓN ENERGÉTICA NACIONAL ..... 15

    1.3.1. BALANCE ENERGÉTICO NACIONAL ..... 15

    1.3.2. PRODUCCION Y CONSUMO NACIONAL DE PETRÓLEO Y GAS.... 18

    1.3.3 RESERVAS DE NO CONVENCIONALES SHALE OIL Y SHALE GAS 21

    1.3.4 GENERACIÓN Y CONSUMO DE GAS NATURAL..... 23

    1.3.5. GENERACION Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA..... 28

    1.3.6. CONSUMO DE ENERGÍA POR SECTOR ..... 34

    1.3.7. CONSUMO DE ENERGÍA DEL SECTOR RESIDENCIAL ..... 36

    1.3.8. COMPARATIVO DE LAS TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIALES NACIONALES ..... 38

    1.3.9. SITUACIÓN EN LA PROVINCIA DE SANTA FE ..... 40

    1.3.10 CONCLUSIONES GENERALES Y PROPUESTA DE OBJETIVOS PARA EL DESARROLLO DE ESTA TESIS DE MAESTRIA ..... 44

**OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN** ..... 48

Objetivo general: ..... 48

Objetivos específicos: ..... 48

**CAPITULO II** ..... 49

**2.0.0 UNA ALTERNATIVA A LA CRISIS ENERGÉTICA Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL** ..... 49



2.1.0 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA .....	51
2.1.1 SITUACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN ARGENTINA ...	54
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>58</b>
<b>3.0.0 REGIMENES PARA FUENTES RENOVABLES .....</b>	<b>58</b>
<b>3.1.0 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN ARGENTINA .....</b>	<b>63</b>
<b>3.2.0 MODELOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.....</b>	<b>66</b>
3.2.1 GENERACIÓN CENTRALIZADA Y DISTRIBUIDA.....	67
3.2.2 BENEFICIOS DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA.....	69
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>73</b>
<b>4.0.0 AUTOCONSUMO Y SISTEMA DE BALANCE NETO .....</b>	<b>73</b>
<b>4.1.0 AUTOCONSUMO POR BALANCE NETO .....</b>	<b>77</b>
<b>4.2.0 EL AUTOCONSUMO A FUTURO EN NUESTRO PAÍS.....</b>	<b>79</b>
<b>4.3.0 BALANCE NETO FOTOVOLTAICO.....</b>	<b>81</b>
4.3.1 AUTOCONSUMO DIFERIDO VS INSTANTÁNEO .....	81
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>87</b>
<b>5.0.0 PROPUESTA DE CONSUMO NETO PARA LA CIUDAD DE SANTA FE. 87</b>	
5.1.0 DISEÑO DEL SISTEMA FV CONECTADO A LA RED .....	90
5.1.1 ORIENTACIÓN DE LOS PANELES .....	90
5.1.2 INCLINACIÓN DE LOS PANELES .....	90
5.2.0 ESTUDIO ENERGÉTICO.....	91
5.2.1 ESTUDIO ENERGÉTICO PARA PANELES TOTALMENTE FIJOS.....	92
5.2.2 ESTUDIO ENERGÉTICO PARA PANELES CON DOS POSICIONES	92
5.2.3 COMPARACIÓN DE SISTEMAS.- CONCLUSIONES.....	95
<b>CAPITULO VI.....</b>	<b>98</b>



<b>6.0.0 CALCULO DE INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO CON BALANCE NETO .....</b>	<b>98</b>
6.1.0 ESTIMACIÓN DE CONSUMOS DE LA VIVIENDA .....	98
6.1.1 LA NECESIDAD DE LA VIVIENDA EFICIENTE Y SUSTENTABLE.....	98
6.1.2 MEDIDAS PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA ELECTRICA EN LA VIVIENDA.....	99
6.1.3. COMO LOGRAR UNA VIVIENDA EFICIENTE.....	100
6.2.0 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA .....	101
<b>6.3.0 DESCRIPCIÓN REALISTA DE LOS HÁBITOS, USOS Y COSTUMBRES DE LA FAMILIA QUE HABITA LA CASA.....</b>	<b>103</b>
6.3.1 DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE DEMANDA ELÉCTRICA PARA DÍAS DE SEMANA Y FINES DE SEMANA PARA LOS MESES DE INVIERNO .....	104
6.3.2 DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE DEMANDA ELÉCTRICA PARA DÍAS DE SEMANA Y FINES DE SEMANA PARA LOS MESES DE VERANO .....	111
6.4.0 CALCULO DE LA ENERGÍA REAL QUE DEBEN SUMINISTRAR LOS PANELES FOTOVOLTAICOS .....	117
6.5.0 CALCULO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS .....	118
6.5.1 Método de horas equivalentes .....	119
6.5.2 Método de la eficiencia corregida .....	120
6.5.3 Consumo de la vivienda y la energía mensual generada .....	122
6.6.0 CALCULO DEL APORTE EXTRA A LA RED.....	123
6.6.1 Consumo de la vivienda y la energía mensual generada con % EPE	124
6.7.0 CALCULO DEL INVERSOR.....	125
6.8.0 UNIFILAR INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA POR BALANCE NETO .....	127
6.9.0 DIAGRAMA CON LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN FV .....	127
6.10.0 COSTOS DE LA INSTALACIÓN .....	128



6.10.1 ESTUDIO ECONÓMICO .....	131
6.10.2. AMORTIZACIÓN DEL SISTEMA FV .....	132
6.10.3. VIABILIDAD ECONÓMICA .....	135
6.10.4 CRÉDITOS PARA LA ADQUISICIÓN DE EQUIPOS .....	137
<b>7.0.0 CONCLUSIONES FINALES DE LA TESIS .....</b>	<b>141</b>
<b>8.0.0 BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>152</b>
<b>ANEXO 1: CALCULOS ELECTRICOS .....</b>	<b>152</b>
Determinación de la sección de conductores en CC y CA .....	152
Calculo de la sección en Corriente Continua desde paneles al Inversor.....	153
Criterio de la corriente admisible .....	153
Tramo en corriente alterna desde el inversor hasta la conexión de línea EPE ..	154
Determinación de las protecciones .....	156
<b>CALCULO DE LA SEPARACIÓN DE LOS PANELES SOLARES SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL .....</b>	<b>157</b>
<b>ANEXO 2: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN.....</b>	<b>159</b>
Módulo Fotovoltaico .....	159
Inversor 12Vcc – 220 Vca para conexión a la red .....	160
<b>ANEXO 3: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>162</b>
<b>EL SOL Y LA RADIACIÓN SOLAR .....</b>	<b>162</b>
<b>RECURSO SOLAR MUNDIAL .....</b>	<b>164</b>
<b>AREA FV NECESARIA PARA CUBRIR LA DEMANDA MUNDIAL DE ENERGIA .....</b>	<b>164</b>
<b>RECURSO SOLAR EN ARGENTINA.....</b>	<b>166</b>



<b>ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA .....</b>	<b>168</b>
INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN NECESARIA .....	169
SEPARACIÓN DE LOS PANELES SOLARES .....	170
<b>EL PANEL FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>171</b>
<b>MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES.....</b>	<b>175</b>
Detalle de las Operaciones de mantenimiento .....	175



## **CAPITULO I**

En este capítulo se realizara un análisis de la situación energética mundial, nacional y provincial, También se plantearan los objetivos generales y específicos de la investigación realizada en esta tesis.

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.0.0 ANALISIS DE LAS FUENTES NO CONVENCIONALES Y CONSUMOS MUNDIALES**

Una de las necesidades primarias del hombre, además de la alimentación y vivienda es la energía. Las primeras fuentes que utilizó fueron, la madera, biomasa, y el viento, y luego el carbón mineral, cuyo uso se generalizó y se hizo intensivo, por su amplia extensión en cantidades apreciables sobre el planeta, y su relativamente fácil obtención.

Para fabricar acero, recoger una siembra, construir una casa, viajar en automóvil, ver televisión, acondicionar un ambiente, el hombre utiliza grandes cantidades de energía.

Debido a lo anterior no se concibe actualmente, una sociedad sin la disponibilidad de cantidades abundantes de energía. Sin energía no es posible la existencia de la comunidad y su desarrollo.

Pero para la producción de esta energía se compromete al medio ambiente, ya que la generación de energía eléctrica, es uno de los principales sectores contaminantes con Gases de Efecto Invernadero (GEI), que se incorporan a la atmósfera, por lo cual son uno de los causantes del Cambio Climático.

Los países firmantes, del Protocolo de Kyoto (Anexo I), tienen una participación en el total de emisiones de GEI, incluido el transporte, del orden de un 84 %.

En la matriz energética a nivel mundial, los combustibles fósiles tienen una participación de un 80%<sup>1</sup>.



Si analizamos históricamente el consumo de energía a nivel mundial vemos que:

- En 1973 la demanda mundial de energía fue 6.034 Millones de Toneladas Equivalentes de Petróleo (MTEP).
- En el 2003, 10.579 MTEP, es decir ha crecido un 70% en treinta años.
- La International Energy Agency (IEA) estima que para el año 2030, será de 16.500 MTEP<sup>2</sup>, un 60% más que el valor actual.

Esto lleva a una seria preocupación por dos motivos principales:

- El agotamiento de las reservas de petróleo y gas.
- El deterioro que producirán los gases de efecto invernadero si se continúa usando los combustibles fósiles masivamente hasta su agotamiento.

La disponibilidad de la energía es un factor fundamental para el desarrollo y el crecimiento económico. La aparición de una crisis energética desemboca irremediabilmente en una crisis económica. La utilización eficaz de la energía, así como el uso responsable, son esenciales para la sustentabilidad de la especie humana.

---

<sup>1</sup>BP (British Petrol) Statistical Review of World Energy. 2013 .Primary energy .  
[http://www.bp.com/content/dam/bp-country/fr\\_fr/Documents/Rapportsetpublications/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_2013.pdf](http://www.bp.com/content/dam/bp-country/fr_fr/Documents/Rapportsetpublications/statistical_review_of_world_energy_2013.pdf) [Consulta: Enero 2014]

<sup>2</sup> IEA.International Energy Agency.World Energy trend to 2030 .2009  
<http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2009/WEO2009.pdf> [Consulta: febrero 2014]

### 1.1.0 PRODUCCIÓN MUNDIAL Y TENDENCIA DE LA ENERGÍA PRIMARIA

Se estima que la demanda mundial de energía seguirá aumentando aproximadamente a un promedio de 1,5% anual hasta el año 2035<sup>3</sup>

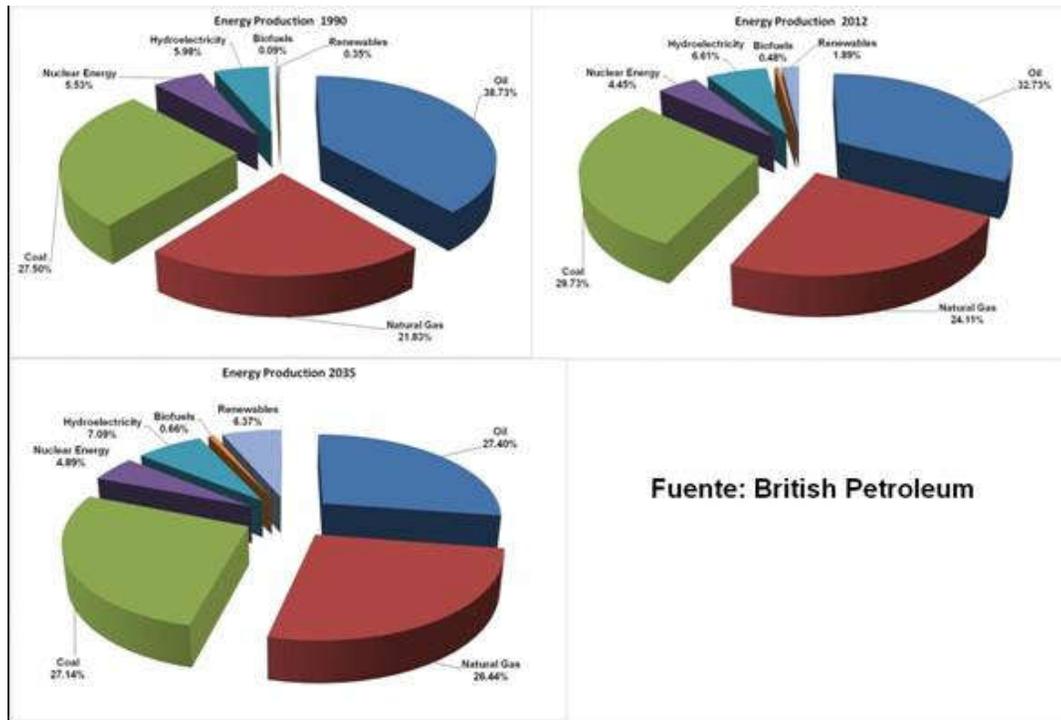


Figura 1: Fuentes para producción de energía mundial: en 1990 arriba a la izquierda, la variación sufrida en 2012 y debajo una estimación para el año 2035.

Fuente British Petroleum (BP)<sup>4</sup>Elaboración propia

<sup>3</sup>bp-energy-outlook-2035 Desaceleración del crecimiento de la demanda de energía mundial, a pesar del incremento en las economías emergentes. 2014 [http://www.bp.com/es\\_es/spain/prensa/notas-de-prensa/2014/bp-energy-outlook-2035.html](http://www.bp.com/es_es/spain/prensa/notas-de-prensa/2014/bp-energy-outlook-2035.html) [Consulta: Mayo 2014]

<sup>4</sup>BP-Energy-Outlook-2035-Summary-Tables-2015 'Energy Consumption by fuel <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook-2035/energy-outlook-downloads.html>. [Consulta: Mayo 2015]



A este crecimiento se lo puede dividir en dos periodos, el primero hasta 2020 donde se espera que un aumento moderado una media anual del 2% hasta 2020 y, el segundo periodo con un crecimiento de 1,2% hasta el año 2035.

Del total del crecimiento previsto, entre el 2012 y 2035 se estima que un 95% sea de los países miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), y la mitad de este crecimiento se deberá a las economías de China e India.

Para otros países no miembros de la OCDE se espera que en el 2035 el consumo de energía sea un 69% mayor que en 2012.

Los combustibles fósiles en el periodo de estudio seguirán siendo los principales utilizados. Además la previsión para el año 2035 indica que el petróleo, el gas y el carbón tendrán una participación del 26 al 27% cada uno.

Para el caso de los combustibles no fósiles como ser la energía nuclear, hidroeléctrica y renovable se espera que suministren una porción del 5 al 7% cada una.

En la figura nº 2 se observa una gráfica que muestra la variación de la producción de energía acumulada desde el año 1990 pasando por la fecha actual y una proyección hacia el año 2030.

Esta grafica refleja que en el año tomado como base 1990 la generación de energía para abastecer la demanda mundial no llegaba a los 8000 Millones de Toneladas Equivalentes de Petróleo (MTEP). Hoy esta cifra es muy cercana a las 12000 MTEP, con una estimación para el año 2030 de 16000 MTEP para abastecer la demanda<sup>5</sup>, una cifra muy cercana a la que prevé la Agencia Internacional de Energía.

---

<sup>5</sup> BP Statistical Review of World Energy.2013 Global energy .2013  
[http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2015/bp-energy-outlook-booklet\\_2013.pdf](http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2015/bp-energy-outlook-booklet_2013.pdf) [Consulta: Mayo 2014]

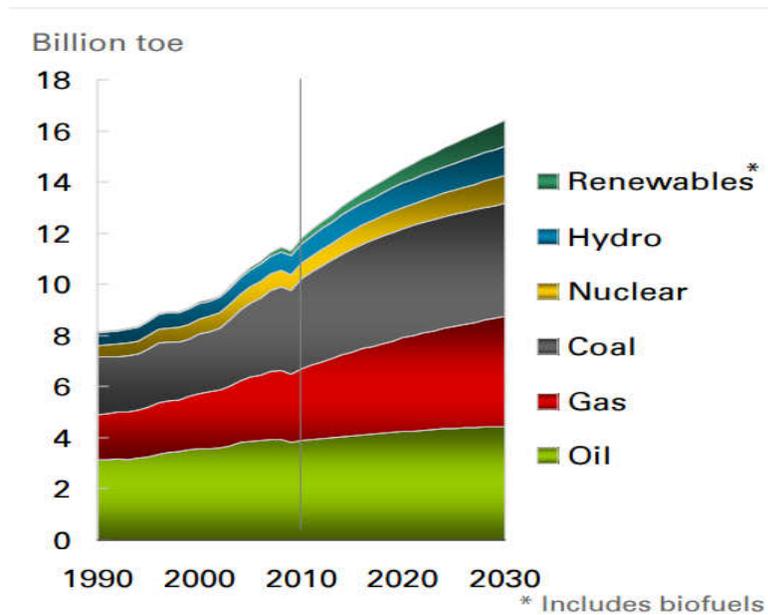


Figura N° 2: Producción de energía Mundial por fuente. Fuente BP<sup>6</sup>

Otra observación de la figura 2 nos da la participación de las distintas fuentes de energía utilizadas y su variación. Como fuente en color rojo se prevé un aumento de consumo de gas natural, un pequeño incremento en lo que son los combustibles líquidos en color verde. Desgraciadamente ante la escases de combustibles líquidos, y el no respeto a tratados internacionales sobre el cuidado del medio ambiente, se prevé un aumento del consumo de carbón como combustible para la generación de energía, el cual se grafica en color gris. Dado que muchas centrales nucleares tienden a desaparecer después del accidente de Fukushima I el 11 de marzo de 2011 en Japón, el balance con las nuevas centrales nucleares a poner en funcionamiento se muestra equilibrado hacia el 2030 en color amarillo en el gráfico.

<sup>6</sup> BP. Energy Outlook 2030 .2011 <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2016/bp-energy-outlook-2011.pdf> [Consulta: Mayo 2014]



En color verde oscuro se puede observar una muy pequeña utilización, y en crecimiento de las renovables incluido los biocombustibles a partir del año 2010. Como último se puede observar la variación de energías renovables para la generación de energía primaria comenzando a registrarse en forma regular su participación en el año 1990 y con un aumento significativo hacia el año 2030, representado en color celeste en la gráfica.

La figura 3 permite observar y realizar una comparación sobre el consumo de energía primaria por fuentes para el 2013<sup>7</sup>.

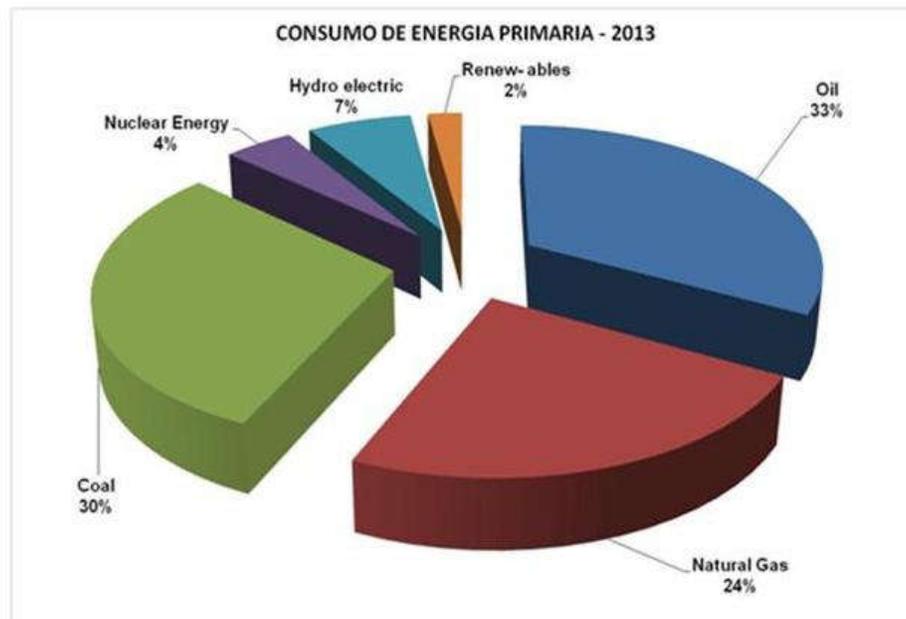


Figura N° 3: consumo de energía primaria mundial año 2013. Fuente BP.  
Elaboración propia

De la figura anterior se pueden obtener las siguientes conclusiones. La energía fundamentalmente consumida a nivel mundial sigue siendo de carácter fósil con una variación producida con una disminución de un punto en los combustibles líquidos transferidos en el mismo % al carbón. Algo muy negativo y con aumento de los GEI. Si bien el porcentaje de energía hidroeléctrica se mantuvo sin variaciones lo importante y beneficioso es el aumento de un punto en energías renovables con el mismo porcentaje de disminución en energía nuclear.

---

<sup>7</sup>BP Statistical Review of World Energy 2014 <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf> [Consulta: Agosto 2014]



## 1.2.0 PRODUCCIÓN VS CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA

En la siguiente tabla se muestra una comparación para el año 2011 entre la producción y el consumo de energía primaria en Mtep.

	PRODUCCION DE ENERGIA PRIMARIA		CONSUMO DE ENERGIA PRIMARIA	
	AÑO 2011	Mtoe	AÑO 2011	Mtoe
1	China	2466	China	2648
2	United States	1806	United States	2225
3	Russia	1282	India	759
4	Saudi Arabia	611	Russia	725
5	India	530	Japan	469
6	Canada	407	Germany	317
7	Indonesia	393	Brazil	268
8	Iran	356	Canada	266
9	Australia	329	South Korea	257
10	Nigeria	256	France	257

Figura N° 4: Producción vs consumo de energía primaria en algunos Países.  
Fuente BP<sup>8</sup> Elaboración Propia

De la comparativa realizada en la tabla de la figura 4 se puede concluir que tanto China como Estados Unidos son los principales productores y consumidores de energía primaria a nivel mundial. Como segunda observación que Rusia si bien es el tercer productor mundial de energía, como consumidor es cuarto desplazado por India que es también el quinto productor de energía primaria. Como tercera observación que tanto Japón, Alemania y Brasil se encuentran entre los siete primeros consumidores de energía a nivel mundial y no figuran entre los diez primeros productores de energía, lo que indica que para abastecer toda su demanda deben importar energía primaria.

---

<sup>8</sup> IDEM 5



Dentro de los diez principales consumidores de energía primaria se puede observar a Brasil, principal consumidor sudamericano, que consume el 10 % de lo que consume China.

### **1.3.0 SITUACIÓN ENERGÉTICA NACIONAL**

#### **1.3.1. BALANCE ENERGÉTICO NACIONAL**

El balance energético muestra las relaciones entre la oferta, la transformación y el uso final de la energía. Este es una herramienta de suma importancia para la planificación energética de nuestro país mediante la presentación de datos relevantes. En él también se informan los flujos físicos desde la energía primaria hasta el consumo final.

El balance energético Nacional expresado en la figura 5<sup>9</sup>, se presenta en una planilla en términos de energía final mediante una matriz de doble entrada, donde las columnas nos indican los energéticos, y las filas nos indican las operaciones que comprenden el sistema energético. Además la Tonelada Equivalente de Petróleo TEP es la unidad de contabilización utilizada para que todo se traduzca en la misma unidad. El balance energético en términos de energía final se compone de: la oferta, centros de transformación y consumo final total.

El Balance Energético constituye un elemento de carácter general y sistemático para la evaluación del comportamiento del sistema energético del país y constituyen un instrumento para la elaboración de los planes y la toma de decisiones en el sector. En la etapa actual, el Balance Energético adquiere singular importancia en el marco de las transformaciones que se están operando en el sector y que de forma directa podrían afectar las propias estructuras nacionales.

---

<sup>9</sup>Secretaría de Energía de la Nación. Balance Energético 2013. Rev  
[Bhttp://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366](http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366) [Consulta: Agosto 2014]



Categoría	OFERTA						TRANSFORMACION						CONSUMO					
	Producción	Importación	Exportación	Consumo interno	Consumo externo	Consumo total	Producción	Importación	Exportación	Consumo interno	Consumo externo	Consumo total	Producción	Importación	Exportación	Consumo interno	Consumo externo	Consumo total
Electricidad	3519	3157	-4137	5878	-35	3330	-3377	-6										
Gas natural	38738	5282		44020	-23	43797	1850	-1850										
Carbón mineral	28728	373	-426	28975	-1932	42777	43303	-43303										
Leña	797	1026		1254		1254	-613	-613										
Biomasa	881			787		787	-423	-423										
Gas licuado	2250			2250		2250	2250	-147										
Gas petróleo	1044			1044		1044	40	-40										
TOTAL	76188	10307	-4423	89732	-1838	87894	31714	-62033	-398	-403	-403	-403	-4538	0	124	58	0	-433
Gas licuado	11892	714		12706	-21	12706	10703	1068										
Gas de refinería	34422	5311		41733	-56	41677	39285	-39285										
Gas licuado	1700			1700		1700	1896	-1896										
Motorbaterías	2545			2545		2545	6377	-6377										
Carbón mineral	674	305		7074	-586	6377	46	-46										
Gas licuado	1252	48		1438	-384	1054	1000	-1000										
Gas licuado	10000	4200		14306	-384	13922	2249	-2249										
Gas licuado	4132	609		4741	-1874	2867	507	-507										
Gas licuado	807			807		807	1714	-1714										
Gas licuado	1778	113		1891	-78	1813	317	-317										
Gas licuado	131			131		131	308	-308										
Gas licuado	317			317		317	238	-238										
Gas licuado	235			235		235	249	-249										
Gas licuado	249			249		249	885	-885										
TOTAL	31883	11300	60	90228	-4028	86200	38267	-47833	-3314	0	-1056	0	-850	0	450	0	450	0

Figura N° 5: Balance Energético Nacional (BEN)<sup>10</sup>. Fuente secretaria de energía



Por otra parte, el Balance Energético sólo adquiere su valor real como herramienta al servicio del desarrollo sostenible del país cuando éste se relaciona con otras variables socioeconómicas que permitan la consistencia necesaria para la elaboración de estrategias económicas. Ello sustenta la necesidad de que el manejo de los datos energéticos se haga bajo un criterio amplio y abarcador en el cual se considere el comportamiento histórico y futuro del resto de los sectores que intervienen en la economía nacional. Paralelamente, no puede obviarse el elemento de síntesis que caracteriza a los Balances Energéticos como tal. Ello significa que detrás de éstos existe un conjunto de cuentas auxiliares a cada uno de los subsectores y actividades que representan un importante potencial de análisis y evaluación.

---

<sup>10</sup> Secretaría de Energía de la Nación Balance Energético Nacional 2013  
<http://www.minem.gob.ar/energia/contenidos/verpagina.php%3Fidpagina=3366.html> [Consulta: Julio 2014]



### 1.3.2. PRODUCCION Y CONSUMO NACIONAL DE PETRÓLEO Y GAS

La disponibilidad de recursos energéticos resulta indispensable para sostener el crecimiento de los países que impulsan su desarrollo. En la siguiente tabla se pueden observar las reservas probadas de petróleo y gas convencional, y una estimación puntual de la cantidad de años de disponibilidad que estas representarían al ritmo de la producción actual.

PAIS	PETROLEO		GAS	
	Miles de Millones de bariles	Años de Disponibilidad	Miles de Millones de m3	Años de Disponibilidad
Argentina	3	9	379	10

Tabla N° 1: Reservas probadas de petróleo y gas convencional. Fuente EIA.  
Elaboración propia

Teniendo en cuenta según datos de EIA que las reservas de petróleo a nivel mundial en promedio ascienden a 47 años<sup>11</sup> con la explotación actual. La Tabla 1 muestra que las reservas de petróleo para nuestro país son de 3 Miles de millones de barriles lo que indica una disponibilidad de 9 años al ritmo de la explotación actual. Esto indica que Argentina estaría ocupando el 30° lugar en reservas a nivel mundial con una de las más bajas reservas de petróleo de Sudamérica después de Colombia. De la misma forma de la tabla 1 se puede analizar la situación del gas para nuestro país sin tener en cuenta las reservas de gas shale. Donde la disponibilidad respecto del petróleo es mayor ubicándose en el puesto duodécimo a nivel mundial con una reserva estimada en 379 Miles de Millones de m3 lo que

---

<sup>11</sup>KPMG. Estudio económico sobre recursos convencionales, shale oil y shale gas en Argentina, situación actual y perspectivas 2013 <https://www.kpmg.com/AR/es/foro-energia/enfoques/encuestas-vision-futuro/Documents/ShaleOilGas.pdf> [Consulta: Agosto 2014]



implica el 0,20 % de la producción mundial. Estos valores mejorarían de forma considerable si se tuviesen en cuenta las reservas estimadas de gas no convencional lo cual la ubicarían como un punto estratégico en Sudamérica superada solo por Venezuela y México. Pero dada la falta de inversiones para su exploración y explotación, las necesidades del país son actualmente cubiertas con importaciones desde Bolivia por gasoducto o mediante barcos metaneros con mucho mayor costo. Las reservas nacionales de gas convencional ascienden a 10 años muy por debajo de los 53 años promedio del mundo y los 39 años para Latinoamérica.

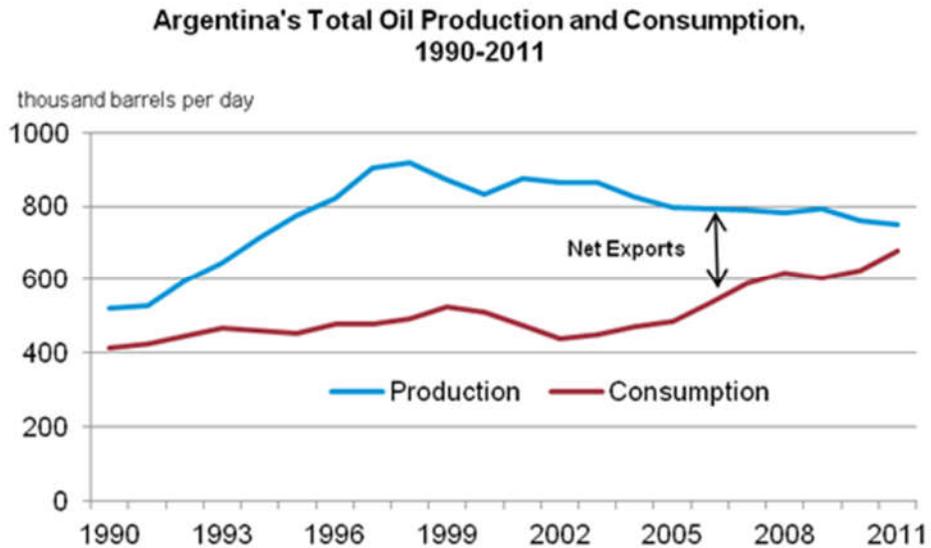


Figura N° 6: Tendencia producción vs consumo de petróleo. Fuente EIA



En la figura 6 se observa la gráfica de la producción vs el consumo de petróleo en nuestro país<sup>12</sup>. En ella se puede ver como en el año 1990 nuestro país supero con la producción de crudo a la demanda, logrando autoabastecerse. En los años siguientes la producción siguió creciendo logrando no solo autoabastecerse, sino que exportar petróleo en la década del 90. Desde ahí en adelante comenzó a bajar la producción a medida que la demanda comenzaba a crecer luego de la crisis del 2001 – 2002. Esto debido a las malas políticas y a los subsidios implementados por el gobierno se vio profundizado hasta que entre 2011 y 2012 se perdió el autoabastecimiento y la Argentina comenzó a importar combustibles líquidos para satisfacer la demanda. Esto se puede observar en la gráfica ya que las curvas tienden a unirse.

---

<sup>12</sup> EIA (U.S. Energy Information Administration) Informe sobre la Energía en Argentina – 1º PARTE. 24/07/2012 <http://egresadoselectronicaunc.blogspot.com.ar/2013/10/informe-del-24072012-de-la-eia-us.html> [Consulta: Enero 2014]

### 1.3.3 RESERVAS DE NO CONVENCIONALES SHALE OIL Y SHALE GAS



Figura N° 7: Mapa del Shale en Argentina.<sup>13</sup> Fuente EIA 2011 - 2013

El petróleo o gas de esquisto (Shale-Oil y Shale-Gas), es el nombre que se da a los reservorios en los que los niveles de la roca productora, la roca madre, son ricos en materia orgánica, esa materia orgánica sufrió los procesos físico-químicos para convertirse en hidrocarburos, pero no llegó a darse ningún tipo de migración. El hidrocarburo, petróleo o gas, sigue atrapado en forma de gotas microscópicas dentro de la roca madre. Con este descubrimiento en la provincia de Neuquén y

---

<sup>13</sup> KPMG. Estudio económico sobre recursos convencionales, shale oil & shale gas en Argentina 2013  
<https://www.kpmg.com/AR/es/foro-energia/enfoques/encuestas-vision-futuro/Documents/ShaleOilGas.pdf> [Consulta: Agosto 2014]

denominado por su forma “Vaca Muerta”, nuestro país tiene la particularidad de poder transformar no solo el escenario energético nacional sino el mundial en un futuro no muy lejano. Pero el Shale implica un esfuerzo adicional en la extracción, dado que necesita de una tecnología especial con las correspondientes inversiones y costos que las empresas deben realizar para su extracción y producción. Se estima que nuestro país tendría en el subsuelo el 50% de hidrocarburos no convencionales de Latinoamérica, lo que implica también el 8% de Shale oil y el 10% del Shale gas de todo el mundo.

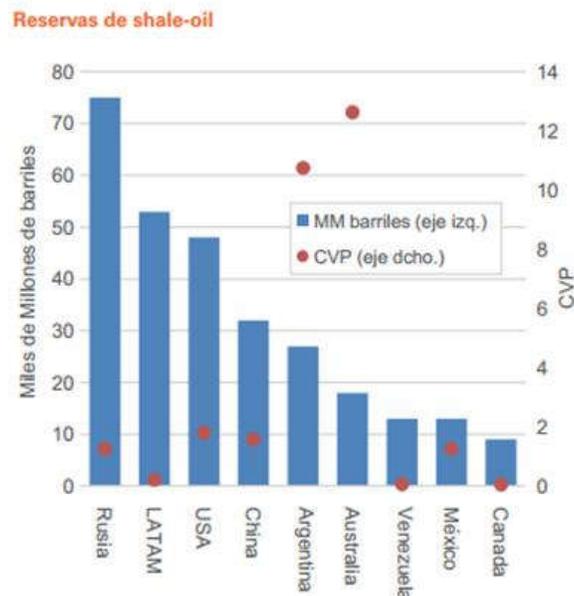


Figura N° 8: Reservas estimadas de Shale oil<sup>14</sup>. Fuente EIA 2013

En la figura 8 se representan las reservas de Shale oil a nivel mundial. En el eje horizontal se observa la posición alcanzada por los países, en especial el 5° lugar de nuestro país. En tanto que en el eje vertical de la izquierda el valor alcanzado en Miles de Millones de Barriles, y el eje vertical de la derecha en CVP (Cantidad de veces que el hidrocarburo no convencional representaría a las reservas probadas del convencional en cada país)

<sup>14</sup> IDEM 10

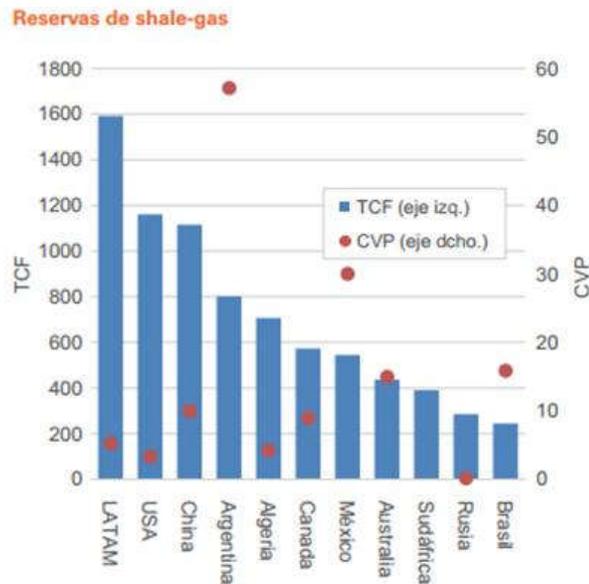


Figura N° 9: Reservas estimadas de Shale gas<sup>15</sup>. Fuente EIA 2013

En la figura 9 se representan las reservas de Shale gas a nivel mundial. En el eje horizontal se observa la posición alcanzada por los países, en tanto que en el eje vertical de la izquierda el valor alcanzado en Tera Cubic Feet (TCF) y el eje vertical de la derecha en Cantidad de veces que el hidrocarburo no convencional representaría a las reservas probadas del convencional en cada país (CVP).

### 1.3.4 GENERACIÓN Y CONSUMO DE GAS NATURAL

El gas natural es un energético de suma importancia ya que se lo utiliza como combustible para automóviles (GNC), para la generación de energía eléctrica, como insumo petroquímico, insumo industrial y consumo familiar.

Nuestro país es un país muy vulnerable ante la falta de gas natural ya que como se puede observar en la siguiente tabla representa un 51% en el consumo total energético.

<sup>15</sup> IDEM 10



<b>País</b>	<b>%</b>	<b>País</b>	<b>%</b>
Brasil	9	UE	25
Perú	12	México	27
Colombia	22	Rusia	55
Estados Unidos	22	Argentina	51

Tabla N° 2 –Dependencia del gas Natural<sup>16</sup>. Fuente: Instituto argentino de la energía (IAE) 2012. Elaboración propia

En la tabla 2 se puede observar el porcentaje de dependencia que tienen algunos países del Gas natural (GN) .Esto sirve para confirmar que nuestro país es uno de los que más dependencia tiene en el mundo de este hidrocarburo.

El análisis de la producción de hidrocarburos no sería correcto sin conocer los datos de consumo de nuestro país.

Este análisis es muy importante ya que las demandas de cada país dependen fuertemente de la población que existe, del ingreso medio y de los niveles de uso de la energía.

En el caso de nuestro país según se observa en la tabla 3 la producción de petróleo acompaña a su consumo, caso que no sucede en el gas ya que el consumo supera a la producción, con lo cual se debe recurrir a importaciones de hidrocarburos.

---

<sup>16</sup> Econométrica S.A. Presente y futuro del gas en la Argentina. Febrero 2012  
[http://www.iae.org.ar/Econométrica\\_FEB\\_2012.pdf](http://www.iae.org.ar/Econométrica_FEB_2012.pdf) [Consulta Marzo 2014]



PAIS	PRODUCCIÓN				CONSUMO				DEFICIT ANUAL
	PETROLEO		GAS		PETROLEO		GAS		
	Millones de Barriles	Miles de Millones de Dolares	Miles de Millones de m3	Miles de Millones de Dolares	Millones de Barriles	Miles de Millones de Dolares	Miles de Millones de m3	Miles de Millones de Dolares	Miles de Millones de Dolares
ARGENTINA	264	28	39	10	255	27	48	12	-1,4

Tabla N° 3: Producción y consumo de gas convencional en Argentina. Fuente EIA 2013.Elaboración propia

En la tabla 3 se observa en color verde la consecuencia del análisis realizado anteriormente dado que el consumo de hidrocarburos sobre todo en el caso del gas es mayor a la producción lo que conlleva a tener que importar lo faltante. Esto trae como consecuencia un efecto negativo sobre la balanza comercial de nuestro país llegando a un déficit para el año 2013 de 1.4 miles de millones de dólares<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup>KPMG.Producción y consumo de petróleo y gas convencional en el mundo. 2012  
<https://www.kpmg.com/AR/es/foro-energia/enfoques/encuestas-vision-futuro/Documents/ShaleOilGas.pdf> [consulta: Junio 2014]



#### **1.3.4.1 IMPORTACIONES DE GAS NATURAL**

Debido al déficit de producción de hidrocarburos de nuestro país las importaciones vienen creciendo año a año. El déficit de gas de nuestro país se cubre de dos formas:

1. Mediante la compra de gas a través del gasoducto que une nuestro país con Bolivia para los meses no pico de consumo
2. Durante los picos de la demanda que se registran en los meses de invierno GNL (Gas Natural Licuado), el cual se debe transportar desde el lugar de origen en Barcos regasificadores, llamados barcos metaneros que llegan desde Trinidad y Tobago o desde medio oriente.

Según se observa en la tabla siguiente las importaciones para el mes de enero de 2014 fueron mayores que para el mismo mes de 2013. Esto traducido a porcentajes registro un incremento del 43,1% en el caso del gas de Bolivia y un 76,1% el GNL en barcos regasificadores. Con lo cual es importante destacar que el gasoducto desde Bolivia está saturado y si nuestro país sigue incrementado la demanda de gas, este podrá ser provisto solamente aumentando la importación por buques regasificadores a costos muchísimos más altos para nuestro país.



<b>Importaciones de Gas Natural</b>	<b>(miles m<sup>3</sup>)</b>	<b>(miles m<sup>3</sup>/día)</b>
Importación Enero 2014	1.028.839	33.188
Importación Enero 2013	658.432	21240
Diferencia (%)		<b>56,3%</b>
Importación Acumulada Febrero 2013 – Enero 2014	11.771.497	32.251
Importación Acumulada Febrero 2012 - Enero 2013	10.542.444	28.804
Diferencia (%)		12%

Tabla N° 4: .Fuente Instituto argentino de energía (IAE)<sup>18</sup>. Enero 2014.Elaboración propia

En la tabla anterior se puede observar claramente los valores de importación de gas natural para los meses de enero de 2013 y 2014 habiéndose incrementado en un 56,3%, y si se analiza el acumulado para el año 2012 y 2013 también se ve un aumento de importaciones neto del 12%.

---

<sup>18</sup>Instituto argentino de la energía. Informe de Tendencias del Sector Energético Argentino .2014.  
[http://web.iae.org.ar/wp-content/uploads/2014/03/IAE\\_Mosconi\\_Tendencias\\_enero-2014.pdf](http://web.iae.org.ar/wp-content/uploads/2014/03/IAE_Mosconi_Tendencias_enero-2014.pdf) [consulta: marzo 2014]



### **1.3.5. GENERACION Y CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Desde hace ya varios años nuestro país vive una grave situación energética dada la inexistencia de una planificación estratégica energética de largo plazo, lo que ocasiona la toma de medidas de alto riesgo y costos.

En un país como el nuestro poseedor de recursos energéticos naturales abundantes cuesta explicar el porqué de una crisis. Pero generalmente estas crisis siguen una ley y suceden cuando la demanda excede la oferta.

El hecho de subvencionar las tarifas generó un doble efecto negativo para nuestro país, ya que por un lado redujo la inversión en la generación y distribución de energía dado que las empresas nunca encontraron la suficiente rentabilidad para arriesgar capital a largo plazo. Pero también la implementación de subsidio estimula el consumo, ya que es fácil observar la proliferación de aparatos de aire acondicionado, tanto en barrios pudientes como en barrios pobres. Esto se agrava aún más ya que el gobierno fomenta el uso indiscriminado de energía eléctrica poniendo al pie de las facturas mensuales de energía una nota que explica que la energía en Argentina es más barata que en los demás países de la región.

La crisis energética se profundiza con la llegada de las temperaturas extremas. En los últimos veranos los usuarios debieron soportar cortes prolongados de energía, que ocasionaron grandes pérdidas a usuarios con tarifa comercial y usuarios residenciales. El déficit energético en muchos de los casos implicó la falta de agua potable y para los que viven en los edificios de propiedad horizontal subir y bajar escaleras con el correspondiente perjuicio para las personas enfermas y de edad avanzada.

Los problemas energéticos que actualmente se sufren en nuestro país son fruto de la mala administración del gobierno nacional que intentó derogar la ley madre del comercio "la oferta y la demanda". Pero como todos sabemos esto se puede hacer solo por un tiempo, a la larga se paga con el enojo de los usuarios, con crecimiento económico cercenado y sin inversión.

Por lo tanto el mal manejo energético de los subsidios ha llevado a que la balanza energética de nuestro país pasara de un superávit de US\$ 5.000 millones en 2007 a un déficit de US\$ 7.000 millones en 2013. De exportador neto de energía,

Argentina ha pasado a convertirse en importador neto al crecer la demanda y reducirse la oferta, esto hizo evaporar unos US\$ 12.000 millones de sus cuentas externas en apenas seis años. Se estima que para este año 2014 el déficit de la balanza energética duplique a los valores del 2013 llegando a US\$ 14.000 millones<sup>19</sup>.

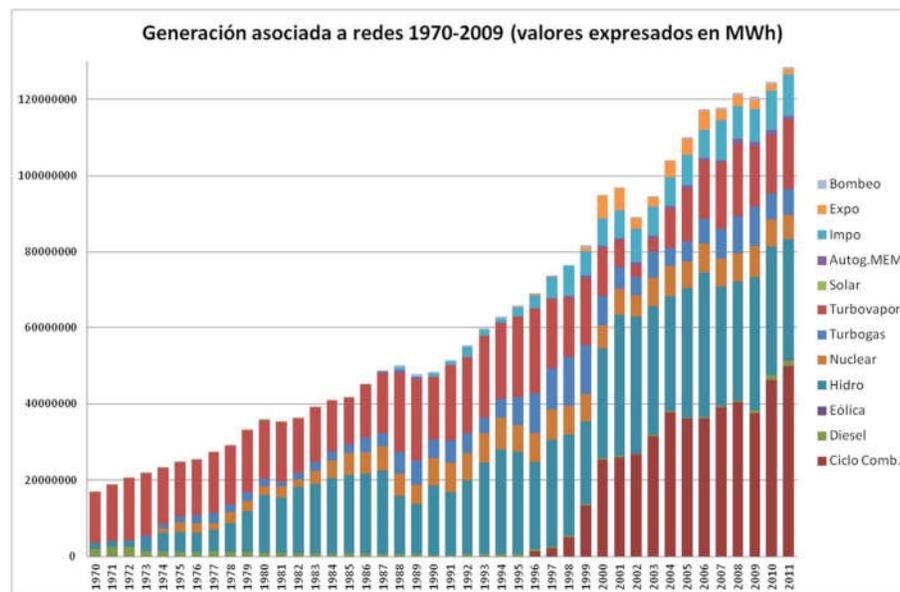


Figura N° 10: Fuente BP 2012.Elaboración propia

En la figura 10 se observa un diagrama de barras indicando la generación de energía eléctrica en nuestro país desde 1970 a 2011 en MWh. En el mismo se indica en distintos colores el tipo de generación utilizada para generar energía eléctrica. También se ve como a partir del año 1996 se comenzó a generar electricidad mediante ciclo combinado, lo cual fue en aumento hasta hoy en día.

<sup>19</sup> Peirano, R. La Crisis Energética Argentina No Ocurre "En Países Serios" 6 de enero 2014 El Observador - <http://www.elobservador.com.uy/> [consulta: Junio 2014]



También se observa que desde 1970 a 2011 la cantidad de energía generada para satisfacer la demanda aumento siete veces.

	<b>1970</b>	<b>2011</b>	<b>Relación</b>
<b>Generación (MWH)</b>	<b>16891626</b>	<b>124801755</b>	<b>7.39</b>
<b>Población</b>	<b>23962314</b>	<b>40674600</b>	<b>1.70</b>
<b>KWh/Hab.</b>	<b>704.92</b>	<b>3068.30</b>	<b>4.35</b>

Tabla N° 5: Fuente BP 2012. Elaboración propia

En la tabla 5 se observa un resumen del gráfico de la figura 19, donde se compara el crecimiento de la población con la generación de energía, y se obtiene un indicador de energía consumida por habitante. En resumen entre 1970 y 2011 la energía generada aumento 7,39 veces, la población 1,70 veces, pero el consumo por habitante en kWh/ Habitante aumento 4,35 veces<sup>20</sup>.

---

<sup>20</sup>BP Energy Outlook 2030. Global energy trends .2012 <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2016/bp-energy-outlook-2012.pdf> [Consulta: Junio 2014]

**1.3.5.1 DESAGREGADO POR FUENTE DE GENERACIÓN**

En la siguiente tabla se realizan comparaciones sobre la generación e importación de energía de nuestro país en distintos periodos<sup>21</sup>

Fuente	Térmica	Hidráulica	Nuclear	Eólica	Fotovoltaica	Importación
Participación	63	32	4	0,43	0,01	0,32
Generación Enero 2014 (GWh)	6220	4052	494	57	1,3	18
Generación Enero 2013 (GWh)	7042	3567	584	51	1,4	12
Diferencia (%)	-11,7	13,6	-15,3	11,7	-7,11	44,6
Generación Febrero 2013 - Enero 2014 (GWh)	82.175	41.026	5.506	562	16	423
Generación Febrero 2012 - Enero 2013	83041	36819	5966	384	13	341
Diferencia (%)	-1	11,4	-7,7	46,4	16,5	23,9

Tabla N° 6: Generación de energía por tipo de generación. Fuente Cammesa 2014.Elaboración propia

La primera comparación que se realiza en la tabla n° 6 es sobre la participación de las distintas formas de generación e importación de energía del periodo que va de febrero de 2012 a enero de 2013 contra el periodo de febrero de 2013 a enero de 2014. La primera conclusión es que hubo una disminución de la generación térmica y nuclear de -1% y -7,7% respectivamente. Segundo aumento la generación hidráulica un 11,4 %. Tercero y muy importante se observa el crecimiento de la

<sup>21</sup> Cammesa. Datos de la operación - <http://portalweb.cammesa.com/pages/datosoperativos.aspx>  
[Consulta: junio 2014]

importación de energía de nuestro país que fue del 23,9%. Como última conclusión de esta comparación se observa el crecimiento de las energías renovables tanto eólica como fotovoltaica aunque todavía en muy pequeña proporción frente a las energías convencionales.

De la comparación entre los meses de enero de 2013 contra enero del 2014, se observa una gran caída de la generación de energía térmica y nuclear de -11,7 % y 15,3 % respectivamente. También se observa un gran aumento a la importación de energía, el cual fue para dicha comparación del 44,6 %. Además se puede ver un incremento de la generación eólica y una pequeña disminución de la fotovoltaica, ambas aún poco relevantes frente a los medios convencionales de generación.

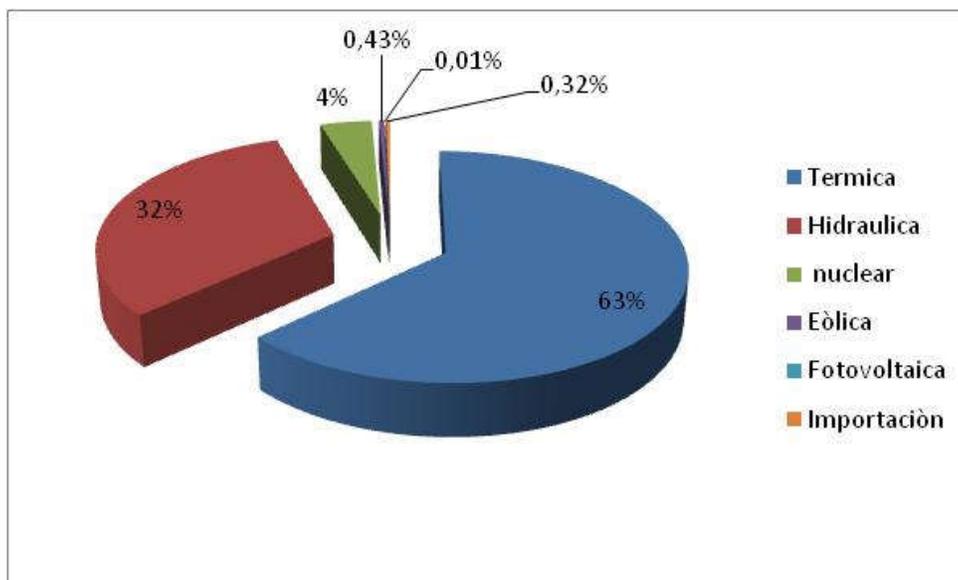


Figura N° 11: Participación en la generación Enero 2014. Fuente Cammesa.  
Elaboración propia

En el diagrama de la figura n° 11 se observa el porcentaje de participación de cada fuente de generación de energía para el mes de enero de 2014<sup>22</sup>.

<sup>22</sup>Cammesa. Informe Mensual del MEM y MEMSP

<http://portalweb.cammesa.com/memnet1/Pages/descargas.aspx> [Consulta Junio 2014]



En ella se puede observar que la mayor fuente de generación fue la térmica (63%) con el consiguiente consumo de combustibles fósiles no renovables. Esta situación es bastante crítica para nuestro país ya que se debe importar los mismos y a un costo elevado, sobre todo en épocas donde las temperaturas son muy altas como es el caso del mes de referencia y en invierno donde las temperaturas son bajas. En segundo lugar la hidroelectricidad con el 32 %, la nuclear 4% que junto a la térmica alimentan el 99% de la demanda.

### 1.3.6. CONSUMO DE ENERGÍA POR SECTOR

La siguiente figura conformada por datos del Balance Energético Nacional (BEN) 2010<sup>23</sup> muestra que en Argentina, entre el sector transporte e industria se repartían en partes iguales el 60% del total de la energía.

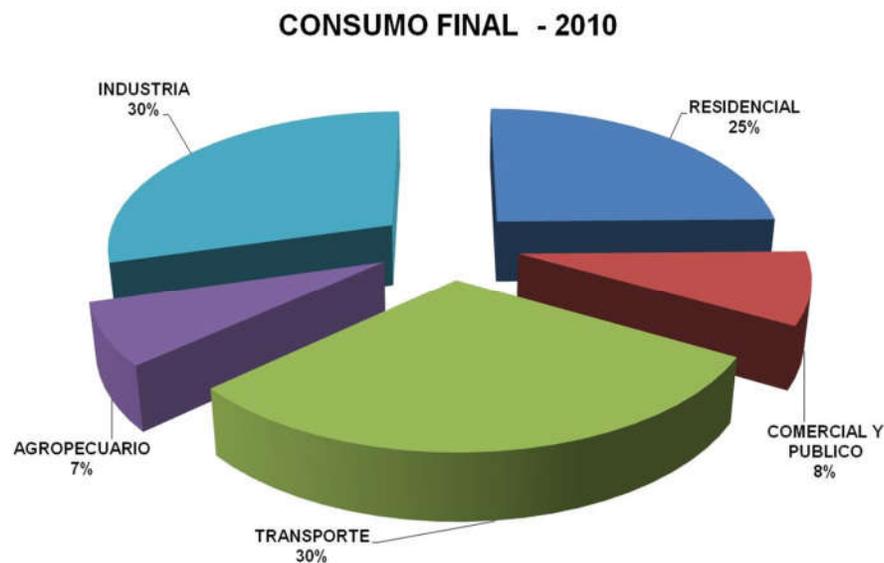


Figura N° 12a: Distribución del consumo de energía por sector. Fuente: Balance Energético Nacional 2010 - Secretaría de Energía de la Nación. Elaboración propia

Además en el gráfico de la figura 12a se observa que el tercer sector en importancia por el consumo fue el sector residencial con el 25%, luego le siguió el comercial y público con el 9% y finalmente el sector agropecuario con el 7%.

Teniendo en cuenta la figura 12 a y comparándola con la siguiente 12 b se puede concluir en una importante disminución del consumo final de energía en el sector industrial marcada por la políticas adoptadas en nuestro país en los últimos años.

---

<sup>23</sup>Secretaría de Energía de la Nación. Balance Energético 2010. Rev A (Provisorio)  
<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366> [consulta: Enero 2014]

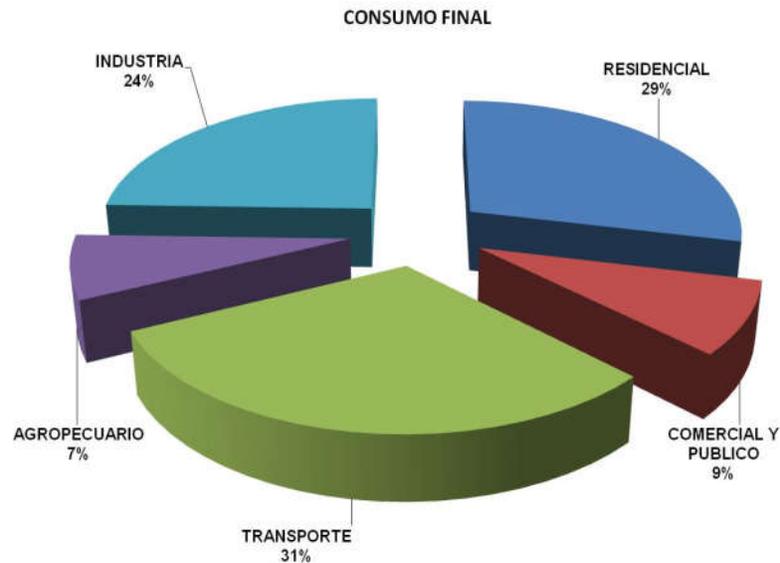


Figura N° 12b: Distribución del consumo de energía por sector. Fuente: BEN 2013 - Secretaría de Energía de la Nación. Elaboración propia

Además en el gráfico de la figura 12b se observa que el tercer sector en importancia por el consumo es el sector residencial con el 29% que aumento su consumo en 4% respecto del 2010, luego le siguen el comercial y público con el 9%, el cual aumento un 1% y finalmente el sector agropecuario con el 7% que se mantuvo en el mismo valor del 2010.<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> Secretaría de Energía de la Nación. Balance Energético 2013.

<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366> [Consulta Junio 2014]

### 1.3.7. CONSUMO DE ENERGÍA DEL SECTOR RESIDENCIAL

El sector de los hogares argentinos se denomina residencial, y es del cual se puede observar la distribución del consumo de energía por fuente en la siguiente figura.

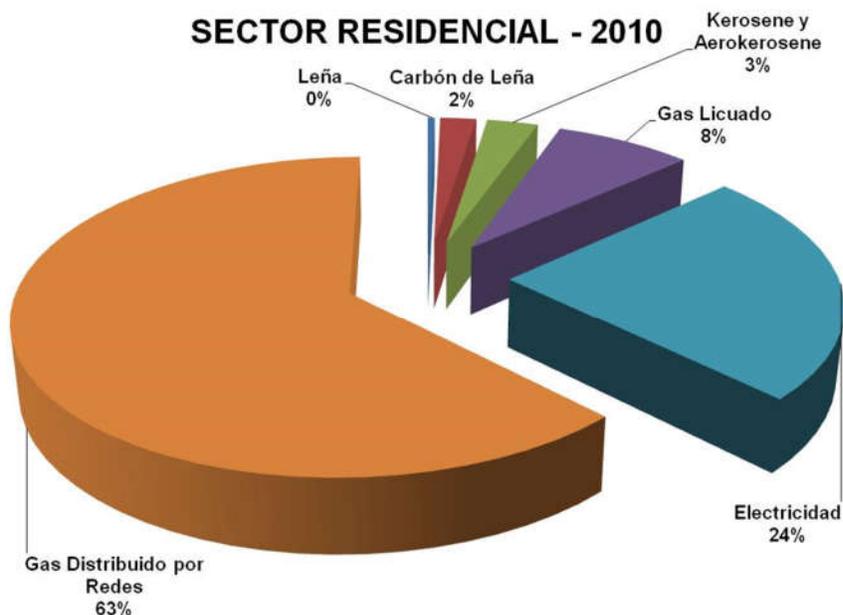


Figura N° 13a: Consumo de energía en el sector residencial por tipo de combustible. Fuente Secretaria de Energía de la Nación. Elaboración propia

La distribución de los energéticos en los hogares argentinos según lo representado en la figura 13a muestra que el 63% del energético consumido es el gas por redes (gas natural), por lejos el mayor consumo de los hogares, luego el segundo lugar lo ocupa la electricidad con el 24%. El energético consumido en tercer lugar por los hogares es el gas licuado 8%, y luego en menor escala el kerosene y aerokerosene 3%, y el carbón de leña con el 2%.

Observando la siguiente figura (13b) y comparándola con la anterior (13a) se puede concluir que el sector residencial es energéticamente dependiente del gas distribuido por redes, situación que va en aumento comparando los balances energéticos de 2010 y 2013 donde paso del 65 al 68%.

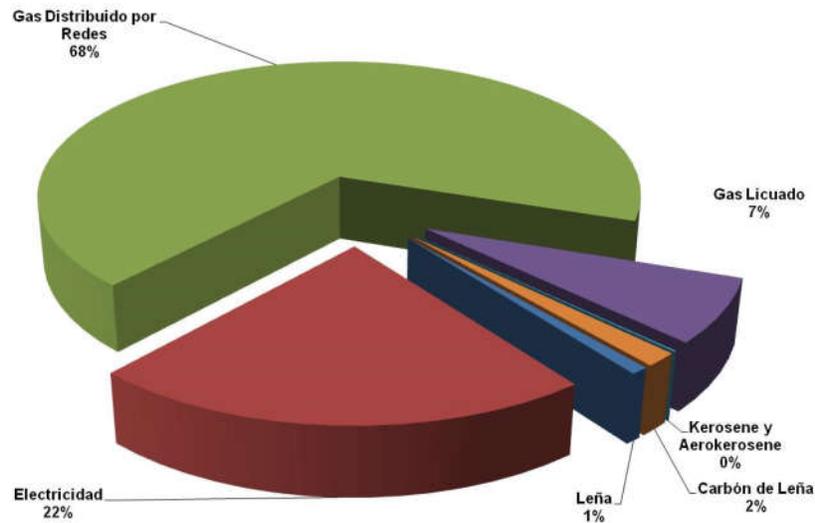
**SECTOR RESIDENCIAL - 2013**

Figura N° 13b: Consumo de energía en el sector residencial por tipo de combustible. Fuente: BEN Secretaria de Energía de la Nación. Elaboración propia

La distribución de los energéticos en los hogares argentinos según lo representado en la figura 13b muestra que el 68% del energético consumido es el gas por redes (gas natural), por lejos el mayor consumo de los hogares, luego el segundo lugar lo ocupa la electricidad con el 22%. El energético consumido en tercer lugar por los hogares es el gas licuado 7%, y luego en menor escala el carbón de leña 2%, y la leña con el 1%<sup>25</sup>.

<sup>25</sup> IDEM 24

### 1.3.8. COMPARATIVO DE LAS TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIALES NACIONALES

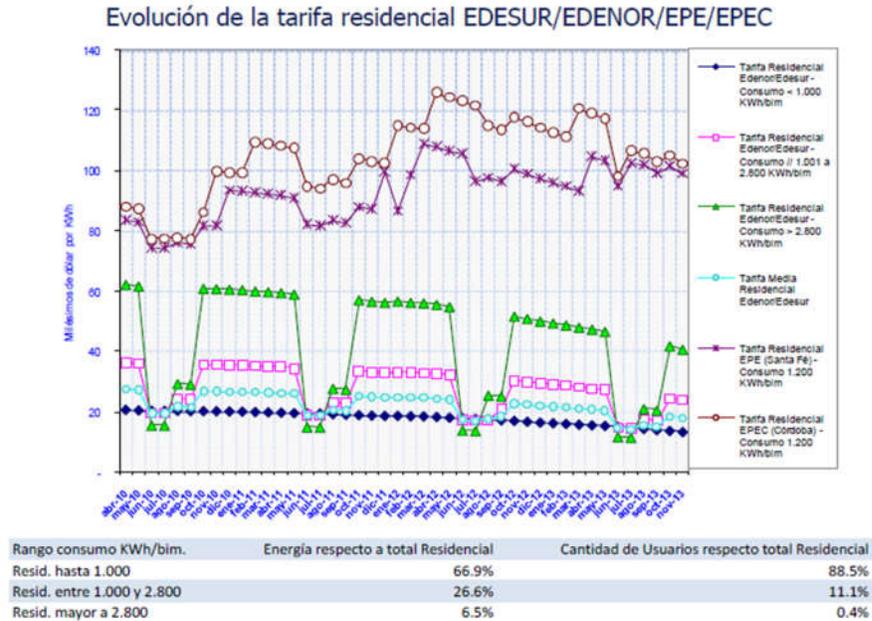


Figura Nº 14: Costos de tarifas de energía sector residencial. Fuente Montamat & Asociados

En la gráfica de la figura 14 se muestra la evolución de la tarifa residencial de energía eléctrica en Empresa de Energía Sur de la ciudad Autónoma de Buenos Aires (EDESUR), Empresa de Energía Norte de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (EDENOR), Empresa Provincial de Energía de Córdoba (EPEC) y Empresa Provincial de Energía de Santa Fe (EPE) desde el año 2010 al 2013 en milésimos de dólar por kWh consumidos.

En color azul se observa el precio de la tarifa en EDESUR y EDENOR para usuario con consumo menores a 1000 kWh bimestrales, variando entre 20 milésimos de dólar el kWh en abril 2010 a 17 milésimos en noviembre de 2013. En color celeste



se muestra el costo de la tarifa media de EDENOR y EDESUR que varía entre 24 milésimos de dólar en abril de 2010 a 22 milésimos de dólar en noviembre de 2013<sup>26</sup>.

En color rosa se observa el precio de la energía para usuarios residenciales con consumos entre 1001 y 2800 kWh bimestrales. El precio en abril de 2010 era de 38 milésimo de dólar y en noviembre de 2013 de 28 milésimo de dólar.

Para el caso usuarios residenciales con consumos mayores a 2800 kWh se observa que el precio de la energía tuvo variaciones comenzando en abril de 2010 con un precio de 60 milésimos de dólar y en noviembre de 2013 40 milésimos de dólar.

En color violeta se observa la variación del costo de la energía en la EPE de Santa Fe para usuarios residenciales de 1200 kWh. El precio de la energía en abril de 2010 fue de 82 milésimo de dólar y en noviembre de 2013 de 98 milésimo de dólar.

Con respecto al costo de la energía de la EPEC que se observa en el gráfico de la figura 14 en color marrón comenzó con un costo de 86 milésimos de dólar el kWh en abril de 2010 y llegando en noviembre de 2013 a 110 milésimos de dólar.

Como conclusión se observa una gran dispersión de los precios de la energía para los usuarios residenciales, con costos extremadamente subsidiados especialmente en las empresas que prestan servicios en la Capital Federal. Debido a ello un usuario encuadrado en la misma tarifa en capital federal paga hasta 4 veces menos que en Santa Fe y 4,5 veces menos que en Córdoba.

---

<sup>26</sup>Informe mensual de precios de la energía 2014 <http://www.montamat.com.ar/category/informe-de-precios/> [Consulta Junio 2014]



### 1.3.9. SITUACIÓN EN LA PROVINCIA DE SANTA FE

La energía operada por la Empresa provincial de energía de la Provincia de Santa Fe fue siempre en crecimiento desde el año 1995 con una energía operada de aproximadamente 4500 GWh y llegando en el 2010 a operar aproximadamente 10500 GWh Solo se ve una interrupción en la crisis del 2001 – 2002.



Figura N° 15: Crecimiento de la energía operada por la EPE<sup>27</sup>. Fuente EPE

La distribución del consumo de energía para todos los sectores en el año 2010 según datos de la secretaría de energía de la nación fueron los expresados en la siguiente figura.

<sup>27</sup> EPE. Plan estratégico 2010 – 2025

[https://www.epe.santafe.gov.ar/fileadmin/archivos/Prensa/planestrategico20102025/Plan\\_Estrategico\\_EP E\\_2010-2025.pdf](https://www.epe.santafe.gov.ar/fileadmin/archivos/Prensa/planestrategico20102025/Plan_Estrategico_EP E_2010-2025.pdf) . [Consulta: junio 2014]

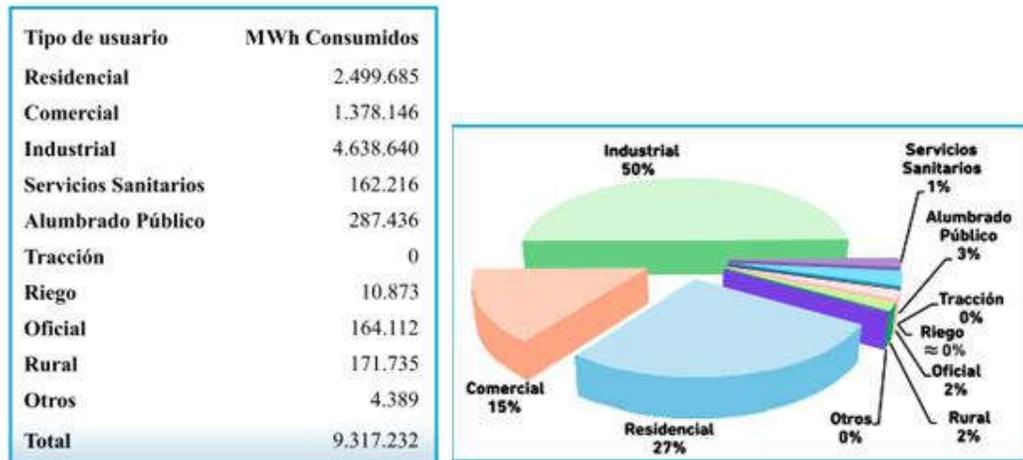


Figura N° 16: Distribución de la energía consumida por tipo de usuario. . Fuente Secretaria de Energía de la Nación. Elaborado por CNEA 2012<sup>28</sup>

La figura 16 muestra los resultados del estudio energético realizado para la provincia de Santa Fe. En la misma se observa a la izquierda el consumo de energía en MWh según su uso, y a la derecha la representación de los consumos en porcentaje en un diagrama tipo torta. En él se ve claramente que la industria se lleva el 50 % del consumo total, seguido por el uso residencial el 27% y el comercial el 15%, siendo estos los consumos más relevantes.

<sup>28</sup> Comisión Nacional de Energía Atómica. Boletín Energético 2° semestre 2012  
[http://www.cnea.gov.ar/sites/default/files/BoletinEner\\_30.pdf](http://www.cnea.gov.ar/sites/default/files/BoletinEner_30.pdf) [Consulta : Marzo 2014]

En la actualidad la provincia de Santa Fe se encuentra dividida en 19 departamentos y en la siguiente figura se puede observar el consumo de energía para cada uno de ellos. Teniendo en cuenta que la industria es el sector de mayor consumo. La figura 17 da una idea del desarrollo industrial de cada departamento.

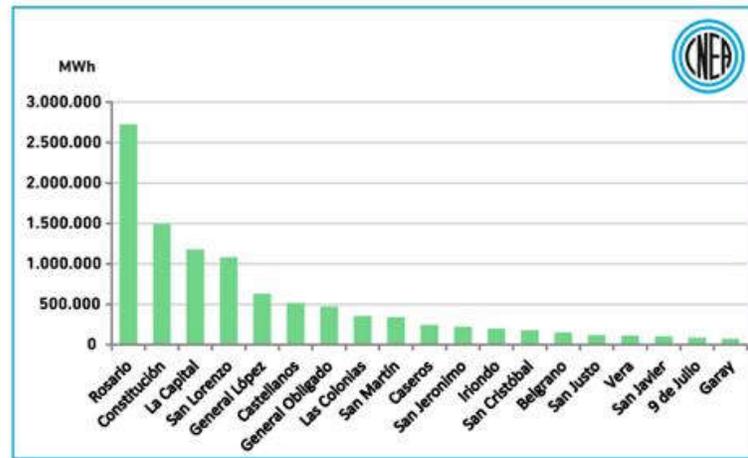


Figura N° 17: Distribución de la energía consumida por departamento. Fuente Secretaria de Energía de la Nación. Elaborado por CNEA 2012<sup>29</sup>

La distribución de los consumos de energía en la provincia de Santa Fe responde al gráfico de la figura 17.

En él se puede observar que el departamento Rosario 28,7% es el mayor consumidor lejos de sus seguidores más importantes como lo son el Departamento Constitución 15,5%, La Capital 12,1% y San Lorenzo 11,1%, los demás departamentos consumen entre el 0,3 % y 6,2% de la energía generada.

---

<sup>29</sup> IDEM 26



En la siguiente figura se observa la cantidad de usuarios total y su discriminación según su categoría sea residencial, comercial, industrial, grandes usuarios y otros que incluye al alumbrado público y edificios gubernamentales.

La categoría de grandes usuarios incluye a los grandes clientes, cooperativas y sistemas de peaje.

Como se indica el crecimiento de usuarios promedio entre el año 2012 y 2013 fue del 2%.

Usuario	Suministros			Variación Interanual (%)
	Bimestre 5 - 2013	Bimestre 6 - 2013	Bimestre 1 - 2014	
Total Provincial	1230110	1232963	1236868	2
<b>Residencial</b>	<b>1059863</b>	<b>1062440</b>	<b>1066293</b>	<b>2,10</b>
Comercial	114693	114912	114944	1,4
industrial	23434	23392	23347	0,4
Grandes Usuarios	6174	6188	6200	2,6
otros	25946	26031	26084	1,7

Tabla N° 7: Variación de Suministros por tipo de usuarios para los años 2013 – 2014. Fuente EPE. Elaboración propia

Se observa la variación del consumo de energía para tres bimestres consecutivos según los encuadres tarifarios de la EPE, y la variación anual producida. En la tarifa residencial donde se encuadran los potenciales usuarios – generadores se observa un aumento interanual en el consumo de energía del 2,10%<sup>30</sup>.

<sup>30</sup> Gobierno de Santa Fe. Consumo energético en la Provincia de Santa Fe.2014

<http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/199710/968350/file/Consumo%20de%20energi?a.pdf> [Consulta: Julio 2014]



### **1.3.10 CONCLUSIONES GENERALES Y PROPUESTA DE OBJETIVOS PARA EL DESARROLLO DE ESTA TESIS DE MAESTRIA**

A nivel mundial la disminución de las reservas energéticas, han principalmente surgido debido a la falta de inversiones en infraestructura y a la escasez de los combustibles fósiles. Esta crisis, junto al problema de la contaminación ambiental, genera la necesidad de utilizar energías alternativas, en especial aquellas que sean renovables y no contaminantes. El tipo de energía a emplear en cada caso depende en primer lugar de la zona geográfica y de los recursos que en ella existan, siendo su rendimiento afectado fuertemente por los factores climáticos.

La energía solar que recibe a diario la Tierra supera inmensamente el consumo humano. Al expresarla en términos de potencia, estimaciones sitúan esta cantidad entre 89.0000 TW y 122.000 TW. Este potencial supera en 5.800 veces los 15,2 TW de potencia que constituyeron el consumo de toda la humanidad en el año 2005. La figura siguiente muestra la radiación sobre la superficie terrestre.

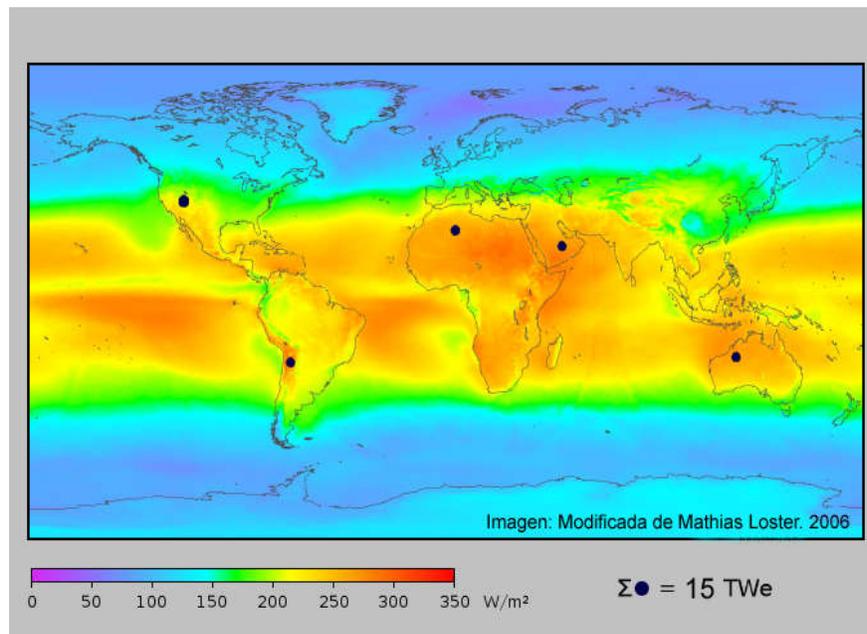


Figura N° 18: Mapa de radiación solar, indicando los puntos con la superficie necesaria para cubrir la demanda de energía mundial<sup>31</sup>

Las zonas rojizas muestran aquellas áreas de mayor radiación. Los 5 círculos en su conjunto representan la superficie requerida para generar 15 TW de energía suponiendo un 8% de eficiencia. Esta cantidad de energía representa casi la totalidad de los 15,2 TW de energía primaria consumidos por la humanidad el año 2005.

Hoy existen varias tecnologías que transforman la energía solar en energía eléctrica con eficiencias mayores al 8%, entre ellas se encuentra la Conversión fotovoltaica, que es una tecnología ya madura, con más de 30 años de experiencia, confiable, competitiva en costos con tecnologías basadas en el uso de combustibles fósiles, no contaminante, reciclable, con módulos comerciales con eficiencia en el rango de 15 al 18% de eficiencia de conversión y vida media mayor a 25 años. La utilización

---

<sup>31</sup> Buitrago, R. 2011. Apuntes de la cátedra de Energía solar fotovoltaica "Maestría en Energía para el Desarrollo Sostenible" de la FCEIA –UNR.



de esta tecnología no compite con ningún uso de la tierra, especialmente el relacionado con alimento y vivienda, dado que se instala en superficies que no tienen uso y zonas desérticas.

En nuestro país el actual modelo energético instaurado hace más de diez años se caracteriza por falta de planificación y prospectiva, con precios bajos de la energía subsidiando la demanda, lo cual de ninguna manera alienta la eficiencia energética. Este modelo generó falta de inversiones en obras energéticas, ya que ningún inversionista que deba colocar un capital en moneda extranjera aceptaría una renta en pesos con precios máximos controlados por el gobierno. Esta política estimuló el consumo por encima de las inversiones para aumentar la producción, además la expansión de la capacidad productiva no acompañó el aumento de la demanda logrando la pérdida del autoabastecimiento energético de nuestro país.

Los subsidios al consumo energético absorbieron los recursos fiscales necesarios para la expansión necesaria, provocando que la clase media alta tenga un consumo energético más “intensivo”, superando en gran medida a la de los pobres. Estos subsidios agravaron la desigualdad distributiva.

Además al subsidiar energías fósiles contaminantes se desalientan las nuevas energías renovables y las tecnologías limpias y conservacionistas.

Todos los errores producidos por el mal manejo del recurso energético determinaron que hoy nuestro país tenga una extrema dependencia de los combustibles fósiles (la mayor de América Latina), con caída de 3,7% en 2008 de las reservas de petróleo y gas natural y un 9,8 por ciento respectivamente en relación al año anterior. En consecuencia, éstas han caído en un 34 % respecto a diez años atrás, y se encuentran en el punto más bajo de los últimos 30 años<sup>32</sup>.

En los últimos 30 años se han perforado la menor cantidad de pozos de exploración, y como resultado de esta baja performance, Argentina perdió el autoabastecimiento

---

<sup>32</sup>IAE. Evolución de las reservas de hidrocarburos en argentina en la década de 2000.2010  
[http://www.iae.org.ar/especiales/Informe\\_reservasdecada2000.pdf](http://www.iae.org.ar/especiales/Informe_reservasdecada2000.pdf) [consulta: Marzo 2015]



energético en corto plazo. Esto trajo aparejado para los hogares argentinos inequidad en el reparto de energía, y pérdida por parte del estado del manejo de los recursos naturales y sus productos.

Los subsidios del Estado nacional a distintos sectores económicos llegarían en todo 2014 a 231.071,6 millones de pesos, un 64,6 % más que el año 2013.

El aumento en ese rubro llegará al 2.068,9 % en ocho años, ya que en 2006 alcanzaron a 10.654 millones de pesos<sup>33</sup>.

Por todo lo dicho anteriormente podemos decir que nuestro país transita una crisis energética de características estructurales que afecta la normal provisión de servicios públicos (gas natural y electricidad) y el abastecimiento de combustibles líquidos. Para corregir y salir de esta crisis que tiene proyección por varios años, se necesita un verdadero cambio en las políticas energéticas para lo cual se recomienda tomar algunas medidas como:

- Aplicar políticas que fomenten el uso de energías renovables y de eficiencia energéticas con la obligación de bajar el consumo de energías no renovables
- Estudiar y analizar la Energía Solar Fotovoltaica como una energía renovable promisoría para su uso en la República Argentina

Para ayudar al cumplimiento de las medidas propuestas se establecen los siguientes objetivos generales y específicos:

---

<sup>33</sup>Honorable Cámara de Diputados de la Nación. Proyecto de resolución.2014 <http://www1.hcdn.gov.ar/proyxml/expediente.asp?fundamentos=si&numexp=6047-D-2014> [consulta: Marzo 2015]

IAE(Instituto Argentino de Energía "General Mosconi") subsidios energéticos y su impacto fiscal.2013 <http://web.iae.org.ar/wp-content/uploads/2013/10/Presentaci%C3%B3n-Guido-Rangugni.pptx.pdf> [consulta: Marzo 2015]



## OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### Objetivo general:

- Optimizar la potencia de un generador fotovoltaico sin sistema de acumulación para que genere en un año calendario la cantidad de kWh que consumiría una vivienda residencial ecológica durante ese periodo, interactuando con la red de baja tensión, utilizando además electrodomésticos bajo normas de uso eficiente y racional de energía.

### Objetivos específicos:

- Demostrar la sustentabilidad energética de los hogares utilizando energía solar fotovoltaica.
- Planificar un consumo racional y eficiente de energía eléctrica para los hogares
- Diseñar un modelo de instalación fotovoltaica que satisfaga las necesidades de consumo de energía, identificando niveles de confort aceptables.
- Proponer conforme a los resultados los cambios necesarios para lograr la sustentabilidad energética de los hogares.
- Resumir los cambios de hábitos necesarios en las personas para un uso racional y eficiente de la energía en el hogar.

El cumplimiento de los objetivos específicos logrará que se alcance el objetivo general del proyecto dando respuesta al problema científico que se pretende resolver, y proponer un modelo de cogeneración en paralelo de energía eléctrica con las redes de la Empresa Provincial de la Energía (EPE).



## CAPITULO II

En este capítulo se presentará a la energía solar fotovoltaica como una alternativa al consumo de combustibles fósiles y a la disminución de la contaminación ambiental. También se analizará la situación mundial y nacional de la energía solar fotovoltaica y sus ventajas.

### **2.0.0 UNA ALTERNATIVA A LA CRISIS ENERGÉTICA Y LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

Las energías renovables constituyen una alternativa para la generación de energía eléctrica en reemplazo de las fuentes convencionales utilizadas en su mayoría actualmente. Además son amigables con el medio ambiente y disminuyen la contaminación del medio ambiente producidas por las de origen fósil.

La energía solar es la fuente de energía renovable más abundante en el planeta, existiendo en la actualidad varias formas de lograr su aprovechamiento, entre ellas podemos mencionar la energía solar pasiva para acondicionar las viviendas, el aprovechamiento de la luz natural de manera de reducir los consumos de energía eléctrica en iluminación, la energía solar térmica para la obtención de Agua Caliente Sanitaria (ACS) y la energía solar fotovoltaica para la generación de electricidad.

Dentro de esta última forma de producir energía eléctrica a partir de celdas solares se puede mencionar la conexión a la red de distribución, que es la posibilidad de que cada persona, familia o empresa genere energía en su vivienda o terreno, consumir lo necesario e inyectar a la red eléctrica la energía sobrante. Para medir la energía generada y consumida se utiliza un medidor que puede medir la energía tomada de la red como también la inyectada a la misma, determinando su diferencia la medición neta.

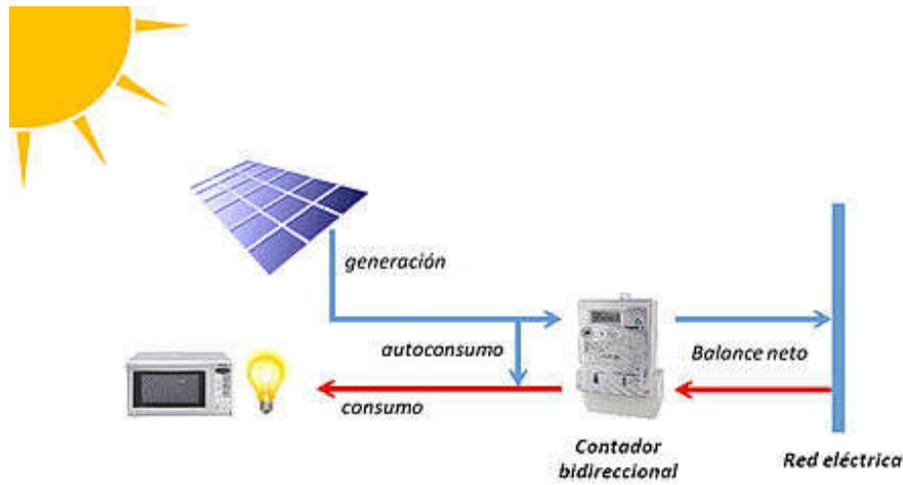


Figura N° 19: Esquema instalación solar Fotovoltaica conectada a la red<sup>34</sup>

En la figura 19 se muestra un esquema de una instalación solar fotovoltaica conectada a la red de distribución eléctrica.

Este tipo de instalación conectada a la red al no disponer de acumulación con baterías posee más de eficiencia contra uno autónomo ya que se aprovecha mejor la radiación solar por buscar la mejor inclinación anual de los paneles. Además no tienen pérdidas por acumulación y transformación porque se busca que trabaje la mayor parte del tiempo a una potencia óptima. También se reducen las pérdidas de captación anual ya que toda la energía que se produce y no consume la vivienda se inyecta a la red.

Estas tecnologías en países desarrollados han alcanzado niveles importantes de utilización con lo cual se ha probado su confiabilidad, durabilidad, y además verificado los efectos no-contaminantes en generación de este tipo de energía.

---

<sup>34</sup> Wikipedia. Sistema de suministro eléctrico con balance neto.2011.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Autoconsumo\\_fotovoltaico](https://es.wikipedia.org/wiki/Autoconsumo_fotovoltaico) [consulta marzo 2014]

## 2.1.0 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

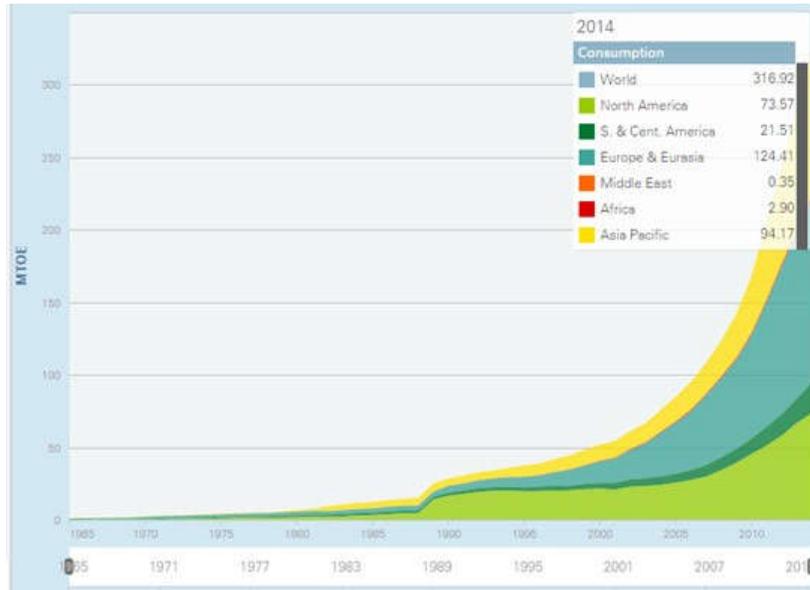


Figura N°20: consumo de energías renovables en el mundo. Fuente BP.

En la figura 20 se observa el consumo de energías renovables en los distintos continentes desde el año tomado como base (1965). Entre los años 1988 y 1990 se observa un incremento del consumo de energía renovable en Europa y Eurasia. En ese mismo tiempo también se observa un quiebre en la gráfica en color verde claro, debido a un aumento en el consumo de energía renovable, sobre todo de origen fotovoltaico en Norte América. Este crecimiento siguió en forma lenta pero constante en estos continentes hacia el 2014<sup>35</sup>.

---

<sup>35</sup> BP Energy charting tool 2014 <http://tools.bp.com/energy-charting-tool.aspx#st/renewables/dt/consumption/unit/MTOE/region/NOA/SCA/EU/MIE/AFR/AP/view/area/> [Consulta : Julio 2014]



	Terawatt-hours	1965	1975	1985	1995	2005	2013
1	US	0.3	3.6	11.1	71.7	91.1	259.1
2	China	-	-	-	3.7	4.7	189.7
3	Germany	-	1.1	1.6	3.5	42.9	131.2
4	Spain	-	0.1	0.6	1.5	24.8	74.2
5	Brazil	-	1.1	4.0	6.8	18.4	58.5
6	Italy	2.7	4.0	3.2	4.2	13.9	57.4
7	India	-	-	-	1.1	10.0	51.9
8	United Kingdom	-	-	^	2.0	12.0	48.1
9	Japan	-	0.4	12.7	15.7	28.6	41.7
10	France	-	1.4	1.7	2.3	4.9	26.1

Tabla N° 8: Variación del consumo de energía fotovoltaica por país. Fuente BP<sup>36</sup>Elaboración propia

En la tabla 8 se observan los consumos por países desde el año 1965 (año base). En esta se ve a Italia como país pionero junto a Estados Unidos en menor medida. Si bien se observa que cada 10 años la implementación y el uso de este tipo de energía renovable fue en aumento, en USA hubo un aumento exponencial en el uso de este tipo de tecnología ya que el consumo aumentó entre 6 y 7 veces entre 1985 y 1995, ocurrió algo similar entre 2005 y 2013.

---

<sup>36</sup> IDEM 24

El crecimiento del uso y consumo para China fue algo explosivo ya que entre 2005 y 2013 aumentó 50 veces su consumo de energía fotovoltaica. Alemania, España y Brasil triplicaron su consumo de energía fotovoltaica en los últimos 8 años.

Italia, India e Inglaterra aumentaron 4 veces la producción y consumo de energía fotovoltaica desde 2005 a 2013. Japón aumento en 50 % y Francia 5 veces la producción y consumo de energía fotovoltaica en los últimos 8 años.

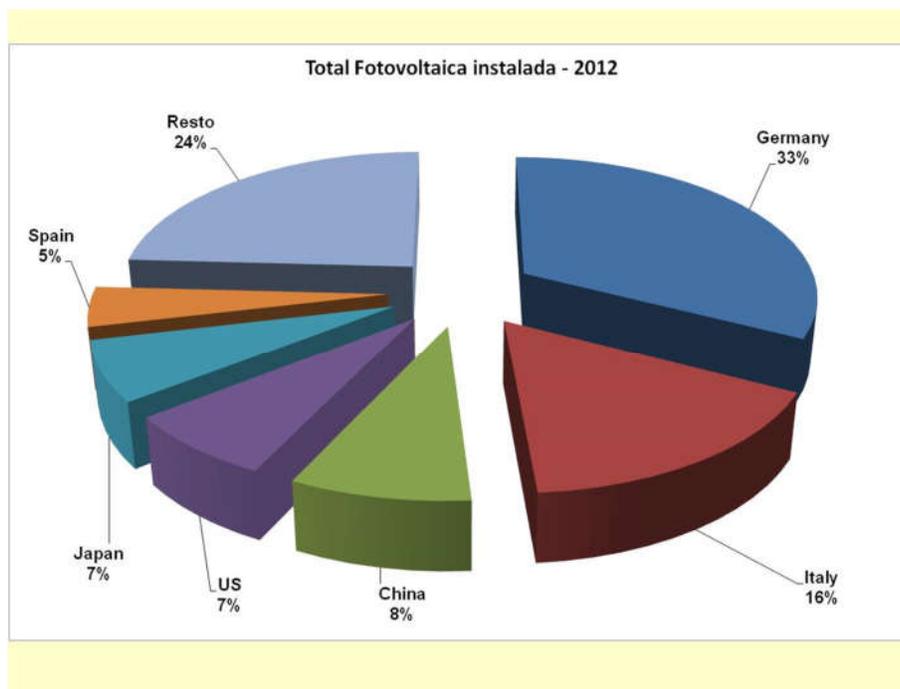


Figura N° 21: Fotovoltaica instalada al año 2012. Fuente BP<sup>37</sup>.Elaboración propia

En la figura 21 se observa un diagrama que nos indica al 2012 la participación de energía fotovoltaica instalada en los países que utilizan en gran medida esta tecnología. Como se observa Alemania tiene el mayor porcentaje de Fotovoltaica instalada en el mundo con un 33%.Este porcentaje sumado al 16 % de Italia y el 5% de España superan el 50 % de la energía fotovoltaica instalada a nivel mundial.

<sup>37</sup> IDEM 24



### **2.1.1 SITUACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN ARGENTINA**

El gran desarrollo tecnológico de la vida actual hace que el hombre necesite de un gran consumo de energía. Por esto la sociedad necesita lograr un equilibrio buscando un desarrollo sostenible manteniendo y en algunos casos mejorando su nivel de vida, pero haciendo un uso racional de los recursos.

Pero dada la extrema dependencia de los combustibles fósiles que tenemos en nuestro país, la escasa reserva de los mismos, la desigualdad en el reparto de energía, la pérdida en el manejo de los recursos naturales y sus productos que sufrió el estado durante la privatización de Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF), la falta de inversiones en obras energéticas, la falta de planificación y prospectiva, sumado al mal manejo de los subsidios, y precios bajos de la energía que no alientan la eficiencia energética; se llega a la crisis energética que padecemos hace varios años.

Por lo tanto para diversificar nuestra matriz energética debemos incrementar el porcentaje de las energías renovables, como por ejemplo la solar térmica de alta temperatura con el fin de generar energía eléctrica, y la energía solar fotovoltaica. Como ejemplo de obtención de energía eléctrica por medio de energía solar fotovoltaica y dentro del programa de Generación de energía Eléctrica a partir de Generación Renovables I (GENREN I)<sup>38</sup> existe en nuestro país un parque de generación en Cañada Honda departamento Sarmiento provincia de San Juan para la obtención de energía eléctrica el cual cuando se finalice su obra contará con 98000 paneles de 222 Wp que producirán una potencia de 20 MW. Además en la misma provincia, en la localidad de Ullúm, existe una planta FV piloto conectada a la red con una potencia de generación de 1,2 MW.

---

<sup>38</sup> ENARSA. Estado de situación de las licitaciones de generación de energía eléctrica a partir fuentes renovables 2012. <http://www.enarsa.com.ar/es/energiasrenovables> [consulta marzo 2015]



Figura N° 22: Planta FV piloto de Ullúm (izquierda) y parque solar FV en de Cañada Honda – San Juan (derecha)

Otro ejemplo reciente inaugurado el 23 de octubre de 2014 es el parque fotovoltaico “Terrazas del Portezuelo” San Luis, instalado en una superficie de 4 hectáreas. Este parque cuenta con 4080 paneles de 250 Wp conformados por 60 celdas de silicio policristalino, lo cual arroja una potencia instalada de 1MW. Además cuentan con una estructura soporte que permite variar la inclinación de los paneles y de esta forma obtener el máximo rendimiento según la estación del año.

Pero además existen otras dos aplicaciones de la energía fotovoltaica, una es muy importante ya que cumple un rol social y humano como el empleo de energía solar fotovoltaica en viviendas aisladas o puestos rurales. Este proyecto denominado Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER) donde la llegada de la electricidad cambió radicalmente las vidas de las personas que no tenían acceso a las líneas de distribución. Y la otra la que se quiere incentivar y fomentar mediante este trabajo que es la implementación del uso de este tipo de energía renovable en la mayoría de viviendas y edificios de los grandes centros de consumo. Mediante esta aplicación se quiere contribuir a que los hogares utilicen este tipo de energía abundante en nuestro país ya que los niveles de radiación son muy buenos.



Mediante el PERMER<sup>39</sup> se realizaron instalaciones en 2.235 viviendas y 556 servicios Públicos, en su mayoría escuelas, ubicados en zonas rurales de las provincias de Chaco, Chubut, Jujuy, Misiones, Neuquén, Salta, Santiago del Estero y Tucumán

Provisión del servicio eléctrico mediante sistemas descentralizados a pequeñas comunidades de la localidad de Valle Colorado, Departamento Valle Grande, Provincia de Jujuy, y de las localidades de Laguna Blanca, Departamento Belén y Cortaderas y Las Grutas, Departamento Tinogasta, Provincia de Catamarca.

Además existen obras en Ejecución en 3.440 equipos fotovoltaicos completos de los cuales 2.750 están siendo instalados en viviendas y 690 en servicios públicos ubicados en zonas rurales de las provincias de Catamarca, Río Negro, Jujuy, Santiago del Estero, Salta y Tucumán.

En construcción tres mini redes para la provisión del servicio eléctrico en forma descentralizada, en la Provincia de Jujuy en las localidades de Paso de Jama, Departamento de Susques, y Capalá, Departamento Valle Grande.



Figura N° 23: fotografías de Instalaciones fotovoltaicas aisladas en noroeste argentino

---

<sup>39</sup> Secretaria de Energía de la Nación .PERMER. Provincias.2014.  
<https://www.se.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=1571> [Consulta Agosto 2014]



Esto puede ser el comienzo del cambio que necesitamos en nuestro país de utilizar este tipo de energías limpias que ayudan a la reducción del consumo de hidrocarburos, con la correspondiente reducción de gases de efecto invernadero, y mejorar nuestra balanza comercial externa energética.

Para lograr este objetivo y teniendo en cuenta los rendimientos de las células fotovoltaicas que conforman los paneles que se comercializan actualmente, se debe trabajar mucho en la educación y concientización de profesionales y usuarios respecto a la importancia del uso racional de la energía y la eficiencia energética en las viviendas de manera de que las instalaciones fotovoltaicas sean más rentables.

También otra de las soluciones es la implementación de políticas de enseñanza comprometidas con el uso racional de la energía, las cuales serían de gran ayuda para bajar consumos globales en el país, este tal vez es el primer paso en la educación del usuario.

Teniendo en cuenta esta premisa el poder ejecutivo nacional creó en nuestro país el Programa Nacional de uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE) a través del decreto n° 140, del 21 de diciembre de 2007. Su objetivo principal es lograr el uso eficiente de la energía. Dentro de este programa y en relación con las viviendas de uso residencial se encuentra el recambio de las lámparas incandescentes por lámparas de bajo consumo.

Otra medida tendiente al uso racional de la energía fue reglamentar mediante el decreto 2060/2010 la ley Nacional 26.473, que prohíbe la importación y venta de lámparas incandescente generalmente de uso residencial a partir del año 2011. En la ley mencionada anteriormente se exceptúan las de potencia iguales o menores a 25 W. Con esta medida se complementó al recambio realizado por el programa PRONUREE anteriormente mencionado.



### **CAPITULO III**

En este capítulo se analizan los modelos y reglamentaciones vigentes a la fecha para la generación de energía residencial fotovoltaica mediante el sistema de balance neto con sus variantes en los países más avanzados en el tema y las experiencias más recientes de sud América como Chile y Brasil. También se detallan las licitaciones para la generación de energía mediante fuentes renovables que realizó Energía Argentina Sociedad Anónima (ENARSA) con el fin de diversificar la matriz energética, los sistemas fotovoltaicos aislados instalados en nuestra provincia mediante el PERMER y las nuevas centrales fotovoltaicas instaladas como la de San Juan con inyección a la red.

Además se analizan los tipos de generación y el beneficio actual de la generación distribuida.

#### **3.0.0 REGIMENES PARA FUENTES RENOVABLES**

En países europeos como en el caso de España existe normativa como el Código Técnico de Edificación (CTE)<sup>40</sup> el cual contiene información precisa sobre el ahorro de energía en viviendas y conseguir que sus consumos energéticos procedan de fuentes renovables. Por ejemplo se plantean exigencias básicas como la denominada HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria y la HE 5: Contribución solar mínima de energía eléctrica.

También como en España algunos países de Sudamérica como ser en Brasil, Chile y Uruguay existe normativa que regula la energía eléctrica generada por un usuario particular y que puede ser inyectada a la red eléctrica. De tal manera que el excedente de energía generada (no consumida) por la instalación de su vivienda sobre todo en horarios donde el usuario no la utiliza es entregada a la red.

---

<sup>40</sup>Gobierno de España. Código Técnico de Edificación. 2006. Marco reglamentario.

<http://www.codigotecnico.org/index.php/menu-que-cte/marco-reglamentario> [Consulta: Abril 2014]



Para ello existen medidores de energía que registran tanto el flujo saliente como el que consume el usuario o sea la medición neta (diferencia).

El sistema de generación eléctrica conocido a nivel internacional como Net Metering, o Medición Neta se aplica en Europa hace varios años, en cambio en Chile se sancionó recientemente en el 2012 la Ley 20.571 que regula el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales. En tanto que Brasil establece en la normativa n° 482, del 17 de abril de 2012 las condiciones generales para el acceso de micro generadores y micro generación distribuida a los sistemas de distribución de energía eléctrica.

La diferencia principal entre el sistema que inicialmente se aplicó en España con Chile y Brasil radica en que en España la energía generada se pagaba a un precio mayor que la consumida de la red, a este sistema se lo denomina “Feed – in tariff” y desde un principio trató de incentivar la instalación de estos sistemas ya que su alto costo se amortizaba más rápidamente. Hoy en día la tendencia actual en España es reducir progresivamente los subsidios a la generación con tecnología renovable.

La generación fotovoltaica por balance neto se la clasifica en balance neto puro y balance neto mixto.

El balance neto puro es el que no tiene retribución económica por la energía que se genera localmente y se inyecta a la red. De esta manera el usuario acumula en la red el sobrante de energía no consumida para luego utilizarla a través del consumo diferido.

En el caso de que exista contraprestación económica por la energía excedente que el usuario – generador inyecte a la red estamos en presencia de lo que se denomina Balance neto mixto.

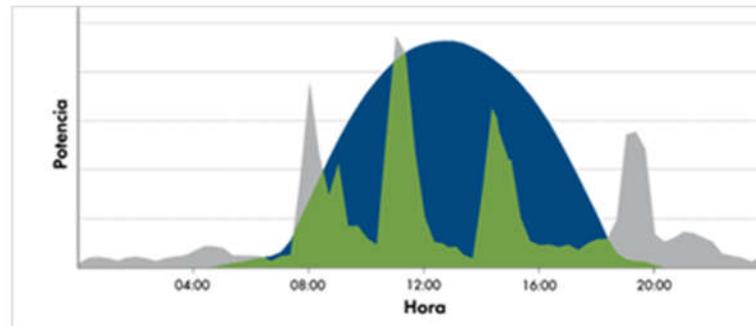


Figura N° 24: Instalación Fotovoltaica con consumo neto Fuente SMA Solar Technology<sup>41</sup>

En la figura 24 anterior se puede observar una curva con forma de campana cuya superficie total representa la energía solar generada por la instalación solar fotovoltaica durante las horas con irradiación solar, en color gris la energía eléctrica que el usuario debe tomar de la red.

Además se observa en color verde la energía consumida aportada por la instalación fotovoltaica, la diferencia entre el área de la campana (energía generada) y la energía consumida en color verde, es la energía inyectada a la red en color azul.

Una variante utilizada en el balance neto puro o mixto es el autoconsumo con acumulación en baterías. Este sistema en el cual la energía fotovoltaica generada en vez de inyectarla a la red se puede almacenar total o parcialmente para ser utilizadas en los momentos donde no se disponga de la producción solar.

---

<sup>41</sup> SMA. Autoconsumo energético 2014. <http://www.sma-iberica.com/es/productos/autoconsumo-energetico.html> [Consulta: Agosto 2014]

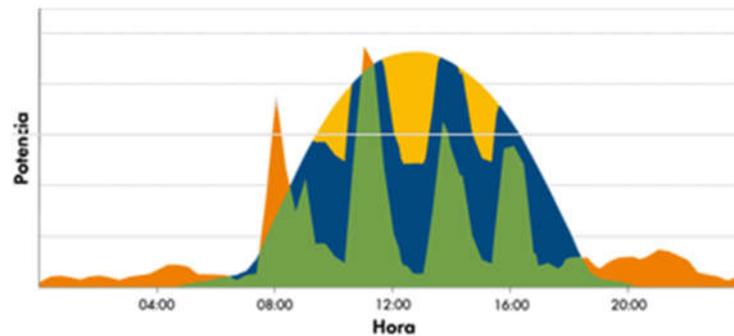


Figura N° 25: Instalación Fotovoltaica con consumo neto y acumulación. Fuente SMA Solar Technology<sup>42</sup>

En la gráfica de la figura anterior se observa el perfil de las curvas de generación fotovoltaica con forma de campana, la curva de demanda de la vivienda en color naranja es alimentada por la energía acumulada en baterías cuando no hay sol, en color verde cuando los paneles producen energía y la energía que se acumula en las baterías durante el día en color amarillo. Esta energía puede ser una parte del excedente como en la figura o todo el excedente.

La principal diferencia en la normativa respecto del balance neto puro propuesto en la reglamentación de Chile y la de Brasil radica en que el crédito que genera la diferencia entre la energía generada y la consumida no solo lo puede utilizar el micro generador cuando lo necesite en otra época del año, o en meses de baja radiación sino que además puede transferir esos créditos a un tercero.

En Europa, el modelo para impulsar las energías renovables está basado en un mecanismo de incentivos, que trata de promover la introducción de este tipo de energía a la red eléctrica mediante una tarifa de suministro o "Feed in tariff" (FIT)

En Italia también ha apostado por un modelo de combinación entre la compensación económica y el crédito del exceso de producción por tiempo indefinido llamado "Scambio sul posto".

---

<sup>42</sup> IDEM 29



En España utilizan los beneficios del sistema danés los cuales se basan en incentivos fiscales; para aquellos productores que utilicen su electricidad generada para el autoconsumo y además están exentos del pago del PSO ("Public Service Obligation"), destinado a apoyar la energía renovable.

<b>País</b>	<b>Tipo</b>	<b>Condiciones</b>
<b>Alemania</b>	balance neto mixto	FIT + Incentivo+ Incentivo autoconsumo instantáneo >30 %
<b>Italia</b>	balance neto mixto	FIT + "Scambio sul posto"
<b>Reino Unido</b>	balance neto mixto	FIT + Tarifa exportación
<b>Dinamarca</b>	balance neto puro	Tarifa preferente + Eliminación PSO
<b>España</b>	balance neto mixto	Tarifa diferenciada + Eliminación PSO
<b>Japón</b>	balance neto mixto	Obligación de comprar el excedente durante diez años.
<b>EEUU</b>		
<b>California</b>	balance neto mixto	Programa " Net metering energy"
<b>Hawai</b>	balance neto puro	se puede compensar económicamente si el cliente y la compañía lo acuerdan.
<b>Arkansas</b>	balance neto puro	
<b>Colorado</b>	balance neto mixto	

Tabla N° 9: Tipos de balance neto y condiciones<sup>43</sup>

En la tabla 9 se muestran las distintas condiciones impuestas para algunos países donde se implementó el sistema de balance neto fotovoltaico

En la siguiente tabla se puede observar los tiempos máximos acordados para el consumo de los créditos adquiridos por balance neto.

---

<sup>43</sup> Arribas González, C. 2012 Proyecto Fin de Carrera "Análisis del balance neto fotovoltaico". Universidad Carlos III Madrid.



<b>País</b>	<b>Plazo de vigencia</b>
<b>Italia</b>	Ilimitado
<b>Dinamarca</b>	Se pueden consumir en el momento en que se necesiten
<b>España</b>	12 meses
<b>Canadá</b>	12 meses
<b>Brasil</b>	36 meses
<b>EEUU</b>	
<b>California</b>	12 meses
<b>Hawái</b>	12 meses
<b>Pensilvania</b>	12 meses

Tabla N° 10: Vigencia de los derechos de consumo diferido por países<sup>44</sup>.

### 3.1.0 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN ARGENTINA

Como se mencionó anteriormente en nuestro país la incorporación de energía solar fotovoltaica se encuentra asociada por un lado a los programas nacionales de asistencia a sectores rurales dispersos enmarcados en el Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales a cargo de la Secretaría de Energía de la Nación financiados mediante recursos del estado y de la cooperación internacional.

También en nuestro país la empresa Energía Argentina Sociedad Anónima (ENARSA) realizó licitaciones dentro de la ley 26.190 "REGIMEN DE FOMENTO NACIONAL PARA EL USO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGIA DESTINADA A LA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA" En la licitación pública nacional e internacional de ENARSA n° 001/2009<sup>45</sup> se licitó la provisión de energía eléctrica a partir de fuentes renovables de acuerdo al siguiente cuadro:

---

<sup>44</sup> IDEM 43

<sup>45</sup> ENARSA -Licitaciones 2009. <http://www.enarsa.com.ar/es/licitacionesListado> [Consulta: Julio 2014]



REGLON	FUENTE	POTENCIA A CONTRATAR MW
1	EOLICA	500
2	TERMICA CON BIOCOMBUSTIBLE	150
3	RESIDUOS SOLIDOS URBANOS	120
4	BIOMASA	100
5	PEQUEÑOS APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS	60
6	GEOTERMICA	30
7	SOLAR TERMICA	25
8	BIOGAS	20
9	SOLAR FOTOVOLTAICA	10
<b>TOTAL</b>		<b>1015</b>

Tabla N° 11: Fuente a licitar y potencia a contratar. Fuente ENARSA<sup>46</sup>

REGLON	FUENTE	POTENCIA A CONTRATAR	OFERTAS PRESENTADAS		PROYECTOS ADJUDICADOS	
		MW	MW	N° PROYECTOS	MW	N° PROYECTOS
1	EOLICA	500	1182	27	754	17
2	TERMICA CON BIOCOMBUSTIBLE	150	155	7	110	4
3	RESIDUOS SOLIDOS URBANOS	120	0	0	0	0
4	BIOMASA	100	54	3	0	0
5	PEQUEÑOS APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS	60	14	5	11	5
6	GEOTERMICA	30	0	0	0	0
7	SOLAR TERMICA	25	0	0	0	0
8	BIOGAS	20	14	2	0	0
9	SOLAR FOTOVOLTAICA	10	23	7	20	6
<b>TOTAL</b>		<b>1015</b>	<b>1442</b>	<b>51</b>	<b>895</b>	<b>32</b>

Tabla N° 12: Resumen de ofertas presentadas y proyectos adjudicados. Fuente ENARSA<sup>47</sup>

<sup>46</sup> ENARSA. Licitaciones públicas .2009 <http://www.enarsa.com.ar/es/licitaciones> [consulta: junio 2014]

<sup>47</sup> ENARSA. Resultados licitaciones públicas .2010. <http://www.enarsa.com.ar/es/resultados> [consulta: junio 2014]



Esta ley prevé la incorporación del 8 % del total de energía eléctrica generada mediante fuentes renovables para el año 2016.

Hasta el momento solo se logró la instalación de dos centrales de energía solar fotovoltaica conectada a la red en la Provincia de San Juan (Cañada Onda), la planta piloto (Ullúm) y otra a partir de octubre de 2014 en la Provincia de San Luis (Terrazas de Portezuelo).

Otras aplicaciones que se vienen implementando hace tiempo son la utilización de pequeños paneles fotovoltaicos para la alimentación de boyeros para el uso ganadero, como así también el bombeo solar.

De todas maneras hoy en día en zonas donde el recurso no es abundantes para la generación fotovoltaica se debe mejorar la competitividad en costos relativos, o buscar otras formas de energía alternativa como la eólica.

Los valores de radiación solar incidente sobre el territorio de nuestro país son muy importante y se podría satisfacer toda la demanda de energía eléctrica del mismo. Pero debido a los altos costos de inversión que conllevan tanto los paneles fotovoltaicos como los concentradores solares por el régimen impositivo nacional de importaciones y la inexistencia de producción nacional, los costos de kWh serían entre 3 y 5 veces los actuales, situación que se revierta con la nueva ley de promoción (Ley n° 27191).

En el caso de la Provincia de Santa Fe, según relevamiento realizado en el año 2003 en el marco del PERMER se observó una cantidad de 15.950 usuarios residenciales potenciales para ser provistos de este tipo de instalaciones, ya que se encontraban aislados de las redes eléctricas de distribución. Sin embargo se observa una característica preocupante en cuanto a la capacidad de pago de las instalaciones por parte de estos sectores. En este marco analizar las condiciones sociales económicas y ambientales que permitan desarrollar instalaciones de este tipo permitirá contextualizar en cada región y evaluar la factibilidad de las mismas.



### 3.2.0 MODELOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

El sistema eléctrico de nuestro país se caracteriza por ir en una creciente complejidad, además de existir un gran desequilibrio entre las horas picos y fuera de pico, si a esto se le suma la crisis energética actual, de continuar así el futuro próximo se ve bastante oscuro.

Una medida muy importante que se debería tomar en nuestro país para incentivar el uso de energía renovable y disminuir la generación convencional con combustibles de origen fósil y con gran nivel de contaminación ambiental, es la diversificación de la matriz energética mediante la introducción de energía de origen renovable en especial de origen fotovoltaico conectada a la red eléctrica, y de esta manera se tendería a un modelo más distribuido.

Pero la falta de planificación energética y las malas políticas económicas impuestas en los últimos años en nuestro país lograron generar sobre precios a la tecnología fotovoltaica deformando los precios reales de este tipo de generación. Sumado a esto la desinformación que se maneja de los costos reales de las centrales térmicas en nuestro país, hacen ver a la generación fotovoltaica con un costo superior a la energía obtenida mediante combustibles fósiles., lo que en realidad no lo es, ya que desde este año se ha alcanzado durante el día la paridad de red entre la generación FV y la térmica<sup>48</sup>.

La tendencia del costo del kWh FV es decreciente con el paso del tiempo, ya que la tecnología mejora año a año. Pero la diversificación de la matriz no se logra con políticas energéticas de subsidio masivo, sino con políticas económicas que incentiven la eficiencia energética y la generación fotovoltaica o de origen renovable. Si esto se cumple se lograría o se podría pensar que en un futuro cercano se pueda estudiar la implementación de viviendas sustentables energéticamente mediante el autoconsumo por balance neto.

---

<sup>48</sup> Cammesa. Informe Mensual del MEM y MEMSP. 2015

<http://portalweb.cammesa.com/memnet1/Pages/descargas.aspx> [Consulta Junio 2015]



### 3.2.1 GENERACIÓN CENTRALIZADA Y DISTRIBUIDA

La generación actual de nuestro país responde a la forma centralizada donde pocos generadores abastecen a grandes masas de usuarios. En este tipo de sistema el flujo energético tiene un solo sentido y se caracteriza por bajo control de la demanda.

Nuestro país se caracteriza por este tipo de generación de energía donde se produce grandes potencias en plantas centralizadas, como ejemplos tenemos las centrales hidroeléctricas (Yacreta, Salto grande, el chocón), las nucleares utilizadas como base (Embalse, Atucha I y II), y de combustibles fósiles (Campana, Timbúes, San Nicolás, Güemes)

Generalmente el estudio para la ubicación de una central generadora debe tener en cuenta factores fundamentales como ser obtener un buen rendimiento económico y logístico pero sin olvidar la parte medioambiental. Pero muchas veces como en el caso de las centrales hidroeléctricas no nos queda otra elección ya que estas se realizan sobre los cauces de los ríos de llanura o montaña, y en el caso de las centrales térmicas se trata de ubicarlas lejos de las ciudades por la contaminación atmosférica que producen y por medidas a seguridad.

La electricidad 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. En nuestro país los niveles usuales de tensión de distribución son: en media (13.2 a 33kV) y baja tensión (menor de 1.000V).

Las grandes industrias (grandes usuarios en alta tensión o media tensión) pueden comprar energía eléctrica en alta tensión o media tensión; si la energía llega a centros de transformación, se distribuye en media tensión para industrias o consumidores que requieren estos niveles de tensión o bien en baja tensión para viviendas (usuarios residenciales) o pequeñas industrias y comercios.

Las grandes centrales generadoras se encuentran en muchos casos 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 por los consumidores, 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 %<sup>49</sup>, lo cual representa un problema muy importante para el sistema.

En nuestro país como en otros la instalación de grandes centrales genera gran oposición social, por motivos de seguridad y medioambientales. Ejemplo de ellos son las centrales nucleares y las grandes redes de transporte que generan grandes campos magnéticos en miles de km.

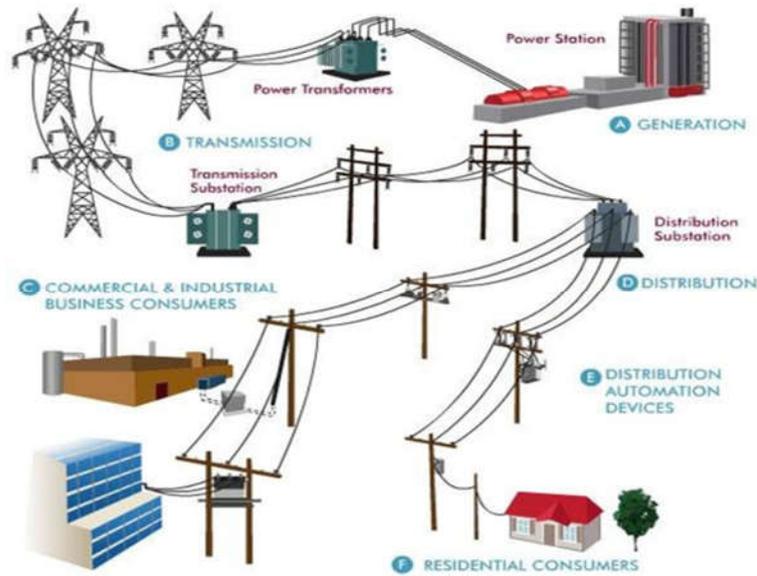


Figura N° 26. Esquema eléctrico actual, de la generación al consumo.

<sup>49</sup> Edenor. Pérdidas de Energía 2008. [http://www.edenor.com.ar/cms/SP/EMP/RI/EST\\_perdidas.html](http://www.edenor.com.ar/cms/SP/EMP/RI/EST_perdidas.html)  
[Consulta Junio 2014]



Agregado a lo anterior también en Argentina tenemos una saturación en las redes de transporte, y a esto se le suma que se instalaron varias centrales térmicas generadoras cerca de los lugares de consumo con lo que paulatinamente da lugar a un cambio de enfoque hacia una generación más distribuida, en el que la generación y el consumo están muy próximos.

Hoy en día no existe consenso internacional para la definición de generación distribuida. Algunos organismos como la "Distribution Power Coalition of America" (DPCA) la define como "cualquier tecnología de generación a pequeña escala que proporciona electricidad en puntos más cercanos al consumidor que la generación centralizada y que se puede conectar directamente al consumidor o a la red de transporte o distribución", otra como la Agencia Internacional de la Energía (IEA) considera que lo es únicamente "la que se conecta a la red de distribución en baja tensión y la asocia a tecnologías como los motores, mini- y micro-turbinas, pilas de combustible y energía solar fotovoltaica".

La norma española, define generación distribuida como: "[...] conjunto de sistemas de generación eléctrica que se encuentran conectados dentro de las redes de distribución debido a que se caracterizan por su pequeña potencia y por su ubicación en puntos cercanos al consumo".

### **3.2.2 BENEFICIOS DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA**

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 la implementación de 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.

La generación de energía mediante fuentes renovables responde más a un sistema distribuido que a uno centralizado. Ejemplos de generación distribuida hoy en el mundo son centrales generadoras de energía a pequeña escala que oscilan aproximadamente de 3 kW a 10.000 KW llegando hoy hasta 500 MW. Dentro de las energías renovables existentes y aprovechables en nuestro país para proyectos de energía distribuida encontramos a la fotovoltaica, la eólica, la mini hidráulica, y la energía de la biomasa, aunque de la primera existen mayor cantidad de proyectos sobre todo en la zona norte. El avance de la tecnología y la masificación ha permitido una gran reducción de los costos.

En Resumen las ventajas son:

**Para los usuarios:**

- Mejora de la autonomía energética
- Mayor seguridad de suministro de energía eléctrica
- Reducción de la dependencia de las distribuidoras eléctricas.



**Para las distribuidoras:**

- Reduce la utilización de las redes de transporte de energía y las pérdidas globales del sistema por kWh consumido efectivamente.
- Reduce o desplaza la necesidad de inversión en activos fijos en las redes de transporte de energía.
- Reduce las pérdidas en las redes de distribución de energía.
- Incrementa la confiabilidad en el suministro de energía eléctrica.
- Incrementa la calidad del suministro eléctrico proporcionando regulación de tensión y control de energía reactiva. .
- Permite generar energía limpia utilizando fuentes renovables.
- Atomiza el sector eléctrico, permitiendo la entrada de nuevos inversionistas, lo que genera un aumento de la competencia.

Sin embargo, hay muchos temas a definir en nuestro país y sobre todo por las empresas distribuidoras para la implementación de la generación distribuida.

**Como inconvenientes a sortear podemos mencionar:**

- Normativa requerida debido a la complejidad burocrática de este tipo de sistemas
- El poder de las grandes compañías eléctricas si la futura normativa no los beneficia.

Sin embargo del complemento entre el modelo de generación centralizado y el distribuido será la base para el desarrollo futuro.

A partir de octubre de 2013 la Empresa Provincial de la Energía de Santa Fe (EPESF) en el "Procedimiento Técnico para la conexión de Grupos Generadores



en Isla o en Paralelo con la Red”, sienta un antecedente importante para la generación distribuida en Argentina<sup>50</sup>.

Este tiene como objetivo “Establecer los requerimientos técnicos a cumplimentar por los clientes para operar Grupos de generación (GG) en isla o en paralelo con la red de la EPESF, abasteciendo total o parcialmente el módulo correspondiente a su demanda”, esta norma da pie a la regulación del balance neto y el desarrollo de la misma para autoconsumir la energía producida.

---

<sup>50</sup> EPE. Procedimiento técnico para la conexión de grupos generadores en isla o en paralelo con la Red. 2013-

<https://www.epe.santafe.gov.ar/fileadmin/archivos/Comercial/ConexionGeneradores/ProcedimientoTecnico.pdf> [Consulta: Enero 2014]



## CAPITULO IV

En este capítulo se expresan las diferencias fundamentales de un sistema de generación por autoconsumo en isla y uno de autoconsumo con sistema de balance neto conectado a la red. Además se realiza una visión a futuro del autoconsumo en nuestro país y se explican las diferencias entre el autoconsumo diferido y el instantáneo.

### 4.0.0 AUTOCONSUMO Y SISTEMA DE BALANCE NETO

De imponerse la generación fotovoltaica en nuestra zona como una de las formas de generación distribuida, la producción para autoconsumo será una de las formas de mayor desarrollo a futuro. En este sistema, el usuario - generador es a la vez consumidor de lo generado. Este cambio no obliga al usuario a consumir exclusivamente la energía que produce, y tampoco implica que se realice una actividad económica como generador, sino que el usuario sigue como usuario de la empresa distribuidora conectado a la red de baja tensión, por lo que se producen intercambios de flujos de energía para los cuales existen distintos tipos de regulación según cada país. Por lo tanto la energía autoconsumida es la que el usuario consume gracias a su propia generación

En el esquema tradicional utilizado en nuestro país, los usuarios y generadores están bien diferenciados en el mercado eléctrico (generación, transporte, distribución). Los usuarios contratan la energía con las distribuidoras mediante tarifas según su uso.

En la siguiente figura se observa el diagrama de autoconsumo en una vivienda con paneles fotovoltaicos, lo cual indica que se genera y consume energía al mismo tiempo mientras exista ración para alimentar las cargas de la vivienda. Si la energía generada es insuficiente se toma la faltante de la red. Caso contrario si la energía eléctrica autogenerada es mayor a la necesaria para abastecer la vivienda, el excedente se inyecta a la red. Este sistema se denomina autoconsumo con balance neto y su regulación difiere según las normativas del país donde se aplique.

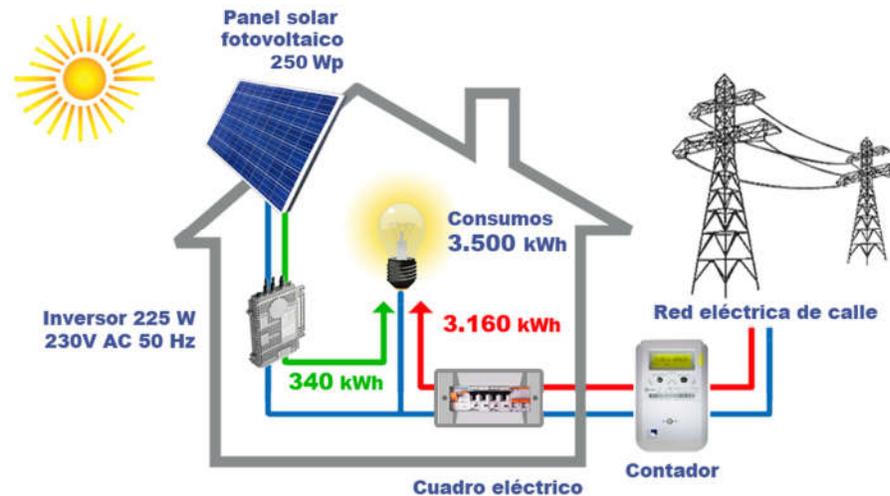


Figura N° 27: Instalación solar Fotovoltaica con autoconsumo y Balance neto.

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.

Si además agregamos que la tecnología fotovoltaica es cada vez más accesible dada la disminución de los costos de los paneles y que los subsidios a la energía en nuestro país tarde o temprano tienden a desaparecer, se producirá un aumento en el costo de la energía generada por métodos convencionales equiparando y haciendo más rentable la autogeneración.

Además como ventaja, el autoconsumo da a los usuarios independencia ante el sistema eléctrico y las distribuidoras. Otro beneficio con el que cuenta el usuario es tratar de copiar la curva de demanda a la de generación, de esta forma sus consumos quedan dentro de la curva de generación de manera de autoconsumir la energía que produce.



Si se lograra imponer masivamente este tipo de generación en nuestro país se contaría con una participación importante en la matriz energética de energías renovables, con beneficios medioambientales por la reducción del uso de combustibles fósiles y sobre todo por la reducción de la dependencia energética del exterior un anhelo del cual se viene hablando hace tiempo. Dependiendo de la zona del país en que se encuentren las viviendas de los usuarios se podría implementar el autoconsumo mediante fuentes renovables como la mini-eólica, la solar fotovoltaica o ambas.

La energía solar fotovoltaica, tiene a su favor el gran nivel de desarrollo obtenido para la instalación en viviendas y la caída internacional del costo de los paneles.

El hecho de que cada vivienda autogenera una parte de su energía puede servir para que el usuario se concientice con el coste de la misma, adoptando normas de eficiencia energética y ahorro de energía.

La empresa de energía registra la energía consumida y envía mensual o bimestralmente la factura del consumo de energía a cada usuario conectado a la red por el sistema tradicional. En el caso del usuario – generador propuesto no solamente se debe tener en cuenta la energía consumida de la red, sino también la generada y por diferencia la autoconsumida. Para ello la distribuidora debe adaptarse al cambio tecnológico para registrar no solo el flujo de energía que consume el usuario, sino que también el inyectado a la red. Esto lleva a un cambio en la distribuidora ya que tendrá mayor trabajo administrativo y de gestión.

También es necesario en nuestro país y sobre todo en nuestra provincia una reglamentación que regule en forma muy clara este tipo de generación determinando que hacer con el excedente entre la curva de generación y la de consumo, esto implica como se procederá con la energía generada no consumida y con sus costos asociados. Además esta reglamentación deberá ayudar al usuario – generador a la toma de decisiones respecto de la energía sobrante, y determinar la conveniencia de almacenarla o inyectarla a la red.

Otra dificultad de este sistema es realizar de manera correcta una previsión de la energía excedente, ya que esto debe llevarse a cabo mediante una muy buena



planificación de la gestión de la demanda y además no menos difícil predecir lo que el usuario – generador puede producir a corto plazo.

Por eso es de suma importancia para el crecimiento de un país que se realice una planificación energética a mediano y largo plazo. Mediante la aplicación de prospectiva energética, y en base a las expectativas de crecimiento económico y de evolución de los precios de los combustibles se deben elaborar las estimaciones de la evolución de la demanda de energía para un determinado período de interés por sector de consumo, teniendo en cuenta al usuario – generador con instalación Fotovoltaica con autoconsumo por balance neto como una de las formas de generación para la diversificación de la matriz energética de nuestro país.

Si bien la tecnología solar fotovoltaica se viene aplicando hace tiempo en nuestro país para sitios aislados y donde las redes eléctricas de distribución no llegan, para los usuarios residenciales puede presentarse como una inversión de muy largo retorno. Esto se debe a que el costo inicial tiene un valor bastante alto y los costos de la energía son muy bajos debidos a la política de subvención de nuestro país. Por lo tanto querer implementar este sistema sin una muy buena campaña de difusión y concientización podría hacer fracasar los esfuerzos de su implementación.

Además, se necesita una reglamentación FV clara como las existentes para ACS en algunas ciudades de nuestro país como Buenos Aires y Rosario<sup>51</sup>, donde se han reglamentado y en otras se está trabajando en ordenanzas sobre la implementación de energía solar térmica para la obtención de Agua caliente solar. En la generación eléctrica a partir de instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red se debe trabajar en una normativa a nivel nacional que incentive y regule todos los posibles escenarios. En nuestra provincia existe una reglamentación técnica de la Empresa Provincial de la Energía (EPE) de cómo se debe conectar el usuario a la red, que

---

<sup>51</sup>Intendencia Municipalidad de Rosario. Decreto 2120 – Ordenanza 8784 .2012  
<http://www.rosario.gov.ar/normativa/verArchivo?tipo=pdf&id=85855> [Consulta: Agosto 2014]

no es exclusiva para este tipo de generación, ni la regla. Por lo tanto el éxito del “usuario – generador” y de la rentabilidad de su inversión no solo dependerá de una buena normativa, sino también de contar con información verídica de los costos de generación de energía mediante centrales térmicas y así de esta manera compararlos con los costos de generación de la solar fotovoltaica<sup>52</sup>.

#### 4.1.0 AUTOCONSUMO POR BALANCE NETO

El balance neto (en inglés “net metering”) es un sistema de compensación de energía por el cual el usuario debe abonar la diferencia entre la energía eléctrica neta producida por su instalación de generación y la energía eléctrica que consume en el periodo considerado. O sea que el usuario- generador compensa su energía consumida y la inyectada a la red eléctrica, de esta manera se realiza un balance de generación y consumo, lo que le permite al usuario sobreponer a la curva de generación la de su demanda. Como se observa en la siguiente figura.

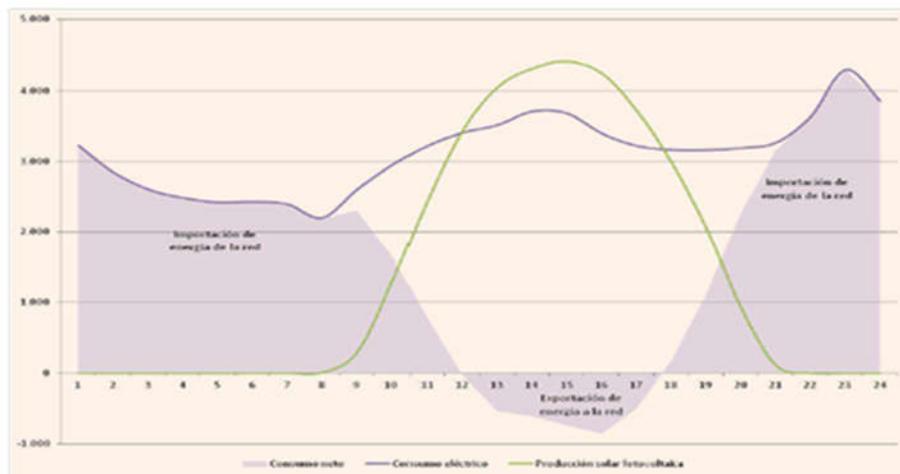


Figura N° 28 Curvas típicas de consumo y generación fotovoltaicos. Fuente: Unión Española fotovoltaica (UNEF)

<sup>52</sup> PV GRID PARITY MONITOR Residential Sector issue 3rd .2015 [http://www.leonardo-energy.org/sites/leonardo-energy/files/documents-and-links/pv\\_grid\\_parity\\_monitor\\_-\\_residential\\_sector\\_-\\_issue\\_3.pdf](http://www.leonardo-energy.org/sites/leonardo-energy/files/documents-and-links/pv_grid_parity_monitor_-_residential_sector_-_issue_3.pdf) [Consulta: Marzo 2015]



En la figura 28 se puede observar la curva de generación en color verde y la curva de demanda en color azul.

Este sistema que ya funciona en algunos países tiene dos alternativas teniendo en cuenta el exceso de energía generada. Ellos son el denominado balance neto puro y el mixto. En el puro no se remunerar los excedentes de energía inyectados a la red a través del balance entre generación y demanda. En cambio en el denominado balance neto mixto se le remunera al usuario – generador la energía excedente inyectada a la red.

A título personal y dado que sería de más fácil aplicación en lanzamiento del uso de energías renovables en nuestro país, deberíamos trabajar en políticas y normativas que incentiven el desarrollo del balance neto puro, por el cual al usuario-generador se le realiza el balance entre la energía generada y la consumida para realizar una compensación en el caso de que el balance sea a favor. De esta manera se hablaría solamente de los kWh intercambiados y su diferencia, como unidad monetaria.

Para la realización de normativas que ayuden al desarrollo de generación fotovoltaica y en especial de balance neto se deberían analizar algunos buenos ejemplo como las normativas en estudio de España y más cercano aún el de Brasil o Chile que se puedan adaptar a las necesidades de nuestro país.

Por lo tanto esta normativa debería tratar:

- Determinar el tiempo óptimo de la compensación (periodo durante el cual se puede consumir el excedente de energía que se ha aportado a la red) .
- Regular el peaje de acceso a las redes de distribución de las empresas de energía.
- Modificar las protecciones existentes ya que el flujo de energía se da en ambas direcciones
- Estudiar una política de incentivos para la adquisición de equipos de generación eléctrica.



#### **4.2.0 EL AUTOCONSUMO A FUTURO EN NUESTRO PAÍS**

La implementación del autoconsumo fotovoltaico en Argentina dependerá en gran medida del estudio de una normativa que regule el autoconsumo a través del balance neto. Pero el triunfo de dicha implementación en nuestro país está sumamente ligada al sinceramiento de los costos de generación del kWh generado por la utilización de combustibles fósiles y de que los costos de las instalaciones FV tengan una tendencia a la baja como pronostican en la Unión Europea para los próximos años según European Photovoltaic Industry Association (EPIA).

Las empresas distribuidoras de energía deberán no solamente contar con una normativa de conexión a la red del usuario – generador como es el caso de la Provincia de Santa Fe, sino que tendrán que modificar las protecciones de las redes de forma de poder trabajar con redes inteligentes donde el flujo de energía es del tipo bidireccional en la acometida y las redes. Todo esto hace necesario un alto grado de tecnificación por parte de las empresas y capacitación de sus empleados. Otra variable a considerar es la abundancia del recurso del lugar donde se instale el sistema fotovoltaico no solo para el autoconsumo por balance neto, sino para la instalación de centrales FV.

Como ejemplo en nuestro país si comparáramos el costo de generación de 1kWh teniendo en cuenta el recurso, veríamos que si en Santa Fe costaría \$1 (precio para comparación) en San Juan \$0,75 y en Atacama \$0,50.

Si bien en nuestro país por las malas políticas energéticas de los últimos años la energía se sigue subvencionando, los precios para el sector residencial de la energía de origen no renovable en todo el mundo sigue una tendencia en aumento, y teniendo en cuenta las reservas de combustible fósil la tendencia será así durante los próximos años.

Por lo tanto se debería observar ejemplos de otros países donde con el autoconsumo se logra la reducción del consumo de combustibles no renovables. Esta reducción es posible gracias al desarrollo de la tecnología FV y a su implantación por normativa en la construcción de nuevos edificios, masificando el número de instalaciones. Además teniendo en cuenta que el costo internacional de energía generada por una central térmica de Ciclo Combinado para el año 2014 por



ejemplo en Alemania y Chile fue de 0,12 U\$/kWh, y que nuestro país está pagando 0,25 U\$/kWh, o sea un sobre precio del 100%; sobre precio que se paga internacionalmente debido a la falta de energía y a la mala planificación y pérdida de autoabastecimiento de nuestro país.

Como el costo de energía fotovoltaica en sud América osciló entre 0,12 – 0,13 U\$/kWh en el año 2014<sup>53</sup>, se podría decir que se ha alcanzado la paridad de red. Un usuario llega a la paridad de red en el momento en que el costo de generar con la tecnología fotovoltaica es igual al precio de la energía de la red. A partir de allí la tecnología fotovoltaica comienza a ser rentable. Por lo tanto si analizamos los costos reales de generación con Ciclo combinado (CC)<sup>54</sup> no informados en nuestro país y los comparamos con los costos reales de generación FV se podría decir que para el 2015 se alcanzaría la paridad de red.

Por ejemplo para un país como España donde el desarrollo y uso de este tipo de tecnología para generar energía eléctrica es muy importante, los organismos ASIF, IDAE y EPIA determinaron que las instalaciones con potencias menores de 20kW en edificios alcanzarían la paridad en el año 2015. Este dato es muy importante ya que esta paridad se lograría con un recurso muy parecido a nuestra provincia, pero muy inferior al promedio de nuestro país.

---

<sup>53</sup> IDEM 52

<sup>54</sup> Cammesa. Datos de la operación 2014 <http://portalweb.cammesa.com/default.aspx>. [Consulta: Noviembre 2014]



### **4.3.0 BALANCE NETO FOTOVOLTAICO**

#### **4.3.1 AUTOCONSUMO DIFERIDO VS INSTANTÁNEO**

Si analizamos la curva de generación fotovoltaica de la figura 28 se observa que el máximo se da en horario del mediodía, y que al compararla con la curva de demanda esta es totalmente distinta para cualquiera de los sectores de consumo. Por lo tanto esto es una gran medida para que se incentive al autoconsumo diferido frente al instantáneo en nuestro país. Se debe tener presente que la generación por medio de fuentes renovables (en este caso, energía solar fotovoltaica) hace que esta producción de energía sea por su naturaleza de carácter intermitente por diversos factores que no se pueden controlar por el hombre.

Por lo tanto la generación centralizada en nuestro país por medio de grandes centrales fotovoltaicas como la instalada en la provincia de San Juan podría ser una alternativa a la generación convencional mediante políticas que con normativas y subsidios especiales promuevan la instalación de generación por medio de energías renovables donde el recurso lo permita.

Además si se lograra que pequeños usuarios – generadores produzcan la energía que necesita cada vivienda y el resto lo entregara a la red, implicaría un gran avance hacia el cambio de un modelo de generación centralizado a uno distribuido. La energía solar fotovoltaica es la energía renovable que ayuda a cumplir los objetivos marcados en este ámbito ya que la conexión a la red de este tipo de instalaciones no requiere un gran desembolso para analizar su viabilidad( comparativamente con el valor de la propiedad donde se instala) representaría entre un 5-10%.

Uno de los problemas en nuestro país es que la disminución de costes tecnológicos no se nota como en países de gran estabilidad económica y tampoco ayudan los subsidios que reciben las tarifas haciendo que no se vea a corto plazo el logro de la paridad de red. De corregir esta situación y para llegar en algún momento a esta meta es necesario que se contagien las provincias y se logre una buena regulación que incentive a la implementación de este tipo de generación.

Nuestro país debería tomar ejemplo de algunas experiencias internacionales para lograr una rápida implementación tomando la base de algo ya existente y conocido. Por ejemplo incentivar a los usuarios - generadores de pequeña potencia para consumo individual a través de la compensación diferida de saldos de energía, de manera de alcanzar en un futuro un avance importante hacia la generación distribuida.

En la siguiente figura se observa una superposición de un diagrama carga típico y el diagrama de generación fotovoltaica. En este se puede interpretar el sistema de balance neto diferido (crédito), donde usuario - generador consume energía de la red cuando lo necesita, y cuando su generación supera a la necesaria en un momento del día, la inyecta a la red.

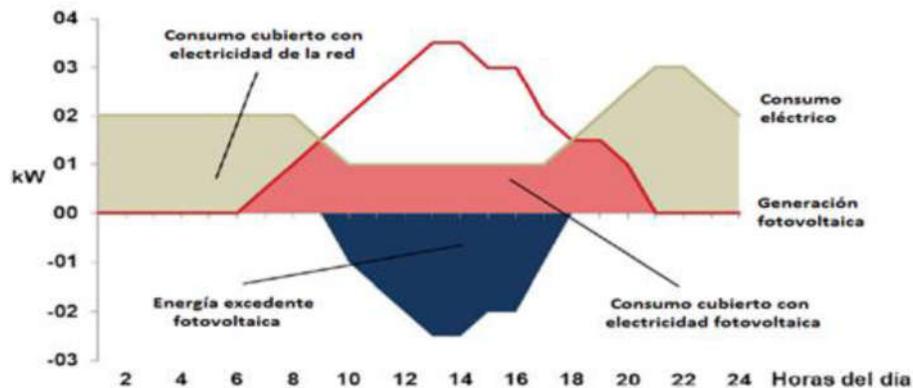


Figura Nº 29: Consumo eléctrico y generación fotovoltaica de un usuario – generador en un día. Fuente: ASIF<sup>55</sup>

En la figura 29 anterior se puede observar que durante la noche, toda la demanda se cubre con energía procedente de la red de distribución. En cambio con la salida del sol la instalación del usuario- generador comienza a generar energía mediante

<sup>55</sup> Asociación industria Fotovoltaica 2011. <http://www.energias-renovables.com/empresa-empresas-271-ASIF. Asociaci%C3%B3n de la Industria Fotovoltaica>. [Consulta: Junio 2014]

los paneles fotovoltaicos, la cual no es suficiente para todo el consumo de la vivienda, por lo que el consumo de la vivienda es alimentado de la propia generación y de la red de distribución hasta el punto de intersección de las dos curvas, donde la radiación va en aumento y toda la carga puede ser suministrada por la instalación fotovoltaica.

Para un mejor análisis al diagrama anterior lo dividimos en tres zonas bien definidas.

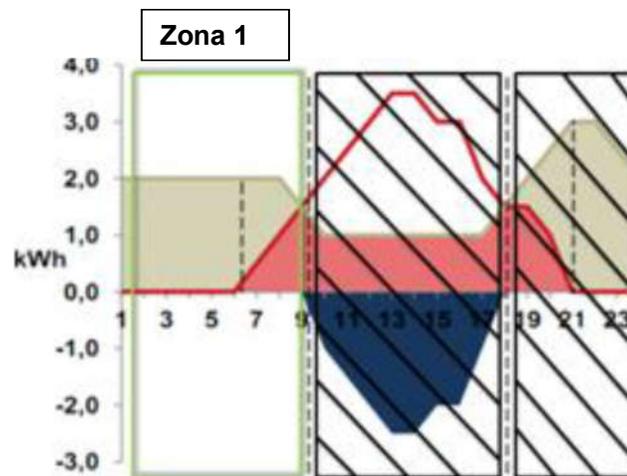


Figura N° 30: Consumo y generación durante el día, al amanecer

En la figura anterior analizamos la zona 1: en esta se observa la 1ª intersección de la curva de generación fotovoltaica y la de carga, la cual se da cuando la irradiación solar va en aumento y la carga de la vivienda comienza su descenso, por lo tanto con la energía autogenerada alcanza para cubrir toda la demanda. A partir de ese punto la instalación Fotovoltaica comienza a generar energía sobrante, la cual se inyectará a la red.

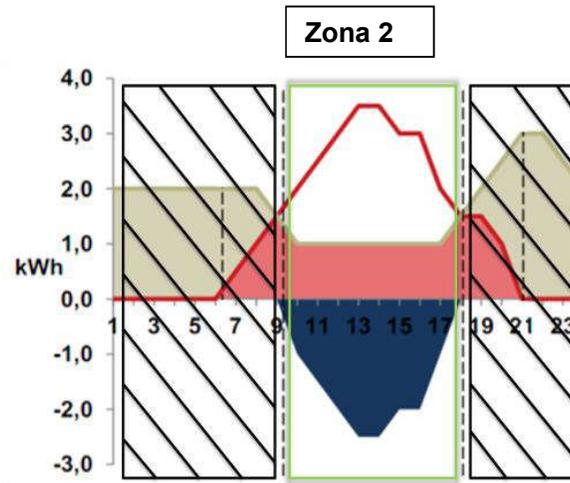


Figura N° 31: Consumo y generación durante el día horario central

En la figura anterior analizamos la zona 2: En esta zona se puede observar que la mayor cantidad de energía fotovoltaica generada coincide para el pico de radiación que se produce en las horas del mediodía solar.

Además se detalla en color rosa el área de energía necesaria para alimentar la demanda y en color azul el área de energía sobrante inyectada a la red.

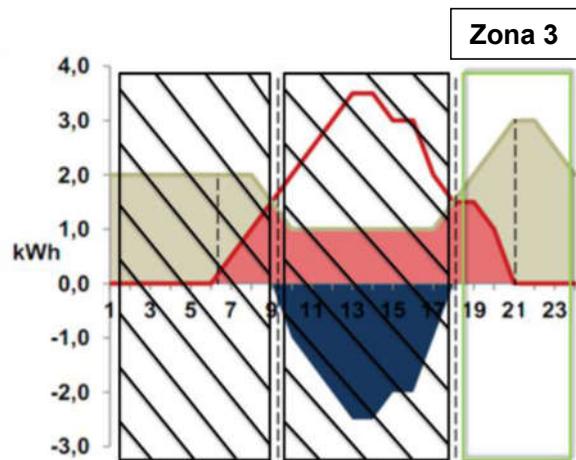


Figura N° 32: Consumo y generación durante el día, al atardecer

En la figura 32 anterior analizamos la zona 3, donde se observa una segunda intersección entre la curva de irradiación solar y el diagrama de carga, este se

produce al atardecer, donde irradiación va disminuyendo y por lo tanto la generación. En ese punto el consumo comienza a sobrepasar a la autogeneración, Con lo cual la vivienda debe ir tomando la energía que le falta de la red.

Por lo tanto conocer detalladamente los consumos de la vivienda es muy importante para diseñar la instalación y la potencia contratada de manera óptima. También se debe tener en cuenta la estacionalidad. Dado que en invierno la energía generada es menor que en verano, por lo tanto en los meses invernales hay una gran diferencia entre la distribución de generación y consumo, por ello se debe tomar más energía diferida. Esto se debe a que en verano si bien tenemos mayor radiación y por lo tanto generación de energía fotovoltaica, también tenemos mayor consumo.

#### Curvas de carga y generación estacional:

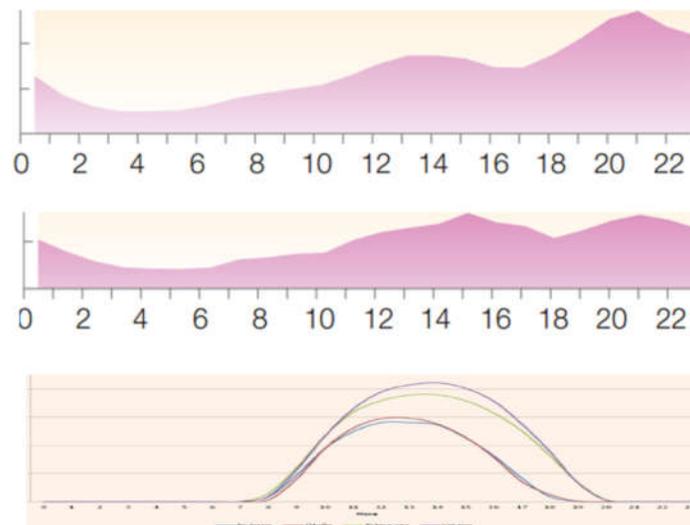


Figura N° 33: Gráfica de consumo para usuarios residenciales a lo largo del día en invierno (arriba), verano (medio) y de la generación solar fotovoltaica. Fuentes: Red Eléctrica de España (REE) y UNEF<sup>56</sup>. Modificado

<sup>56</sup> UNEF. Legislación fotovoltaica. 2011 <http://unef.es/legislacion-fotovoltaica/> [Consulta: Junio 2014]



En la figura anterior se observar el diagrama de carga típico general de una vivienda en invierno (1) y en verano (2). En la (3) se puede observar en varios trazos y de área creciente las curvas de generación fotovoltaica según sea invierno, otoño, primavera o verano

Si comparamos las curvas de carga (1) y la de generación fotovoltaica (3) para el verano vemos que ambas aumentan sus área bajo la curva, o sea que sus incrementos son similares, con la diferencia de que en la de carga se nota un pico entre las 22 y las 24 hs del día, debido a esto la energía autoconsumida de forma instantánea es mayor.



## CAPITULO V

En este capítulo se desarrolla una propuesta de los contenidos técnicos a tener en cuenta para una reglamentación de generación de energía eléctrica mediante el sistema de consumo neto en la Ciudad de Santa Fe. Luego se hace una comparación de la energía generada para un sistema fotovoltaico instalado en Santa Fe variando el ángulo de exposición de los paneles dos veces al año o dejándolo fijo siempre.

### 5.0.0 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 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 alternativa 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 auditoria 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.



## **5.1.0 DISEÑO DEL SISTEMA FV CONECTADO A LA RED**

### **5.1.1 ORIENTACIÓN DE LOS PANELES**

Para el diseño de la instalación solar FV, es muy importante decidir cuál será la orientación de los paneles, ya que lo que más interesa es que los paneles capturen la mayor cantidad de radiación solar posible.

Como en el caso de estudio estamos hablando de una instalación urbana nos encontraremos con dos opciones. Que la orientación sea impuesta por el emplazamiento donde vamos a instalar los paneles, como es el caso de techos con cierta orientación, o bien en el caso de lozas o terrenos horizontales si la ubicación lo permite.

La orientación correcta se define por el ángulo llamado azimut  $\alpha$ , que es el ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Con la orientación óptima de los paneles solares al norte geográfico ( $\alpha=0^\circ$ ) se logra que los paneles capturen la mayor cantidad de radiación solar.

### **5.1.2 INCLINACIÓN DE LOS PANELES**

Otro punto importante para el diseño de la instalación fotovoltaica, es la inclinación que deben tener los módulos para la captación de la mayor cantidad de radiación solar.

La inclinación de los módulos solares se define mediante el ángulo de inclinación  $\beta$ , que es el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es  $0^\circ$  para módulos horizontales y  $90^\circ$  para módulos verticales.

El cálculo de la inclinación óptima de los paneles solares, se obtendrá mediante los datos suministrados por la NASA<sup>57</sup> en la tabla n° 13.

---

<sup>57</sup>NASA. Datos de Radiación 2014. <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/> [Consulta: Enero 2014]



Monthly Av. Radiat Incident On An Equator-Pointed Tilted Surface (kWh/m <sup>2</sup> /day)													
Lat -32 Lon -61	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
SSE HRZ	6.86	6.06	5.04	3.78	3.01	2.47	2.82	3.72	4.86	5.64	6.60	6.95	4.81
K	0.57	0.55	0.54	0.51	0.52	0.49	0.53	0.56	0.57	0.55	0.56	0.56	0.54
Diffuse	2.38	2.15	1.77	1.38	1.03	0.91	0.94	1.15	1.50	1.99	2.29	2.46	1.66
Direct	6.60	5.91	5.31	4.47	4.34	3.75	4.34	5.11	5.73	5.62	6.38	6.59	5.34
Tilt 0	6.83	6.03	4.96	3.75	2.94	2.43	2.77	3.59	4.80	5.51	6.57	6.91	4.75
Tilt 17	6.64	6.10	5.32	4.31	3.64	3.12	3.53	4.29	5.33	5.70	6.45	6.66	5.09
Tilt 32	6.14	5.83	5.35	4.57	4.06	3.55	3.99	4.67	5.49	5.56	6.01	6.10	5.11
Tilt 47	5.34	5.29	5.11	4.59	4.25	3.78	4.24	4.79	5.36	5.14	5.29	5.25	4.87
Tilt 90	2.38	2.71	3.13	3.39	3.52	3.30	3.63	3.71	3.54	2.76	2.43	2.28	3.07
OPT	6.83	6.12	5.37	4.61	4.26	3.82	4.27	4.79	5.49	5.70	6.58	6.91	5.39
OPT ANG	1.00	11.0	26.0	41.0	52.0	56.0	55.0	46.0	33.0	17.0	4.00	0.00	28.5

Tabla N° 13: Radiación en función de los ángulos óptimos para invierno y verano.

Fuente NASA

Estos datos se obtienen para la latitud del emplazamiento donde estarán instalados los paneles solares, en este caso latitud - 32°. La tabla suministra los ángulos de inclinación óptimos para cada mes del año y en el caso de que sea una instalación fija también recomienda un ángulo anual.

Ahora bien, como en este proyecto se intenta diseñar una instalación solar fotovoltaica para una vivienda lo más eficiente y rentable, se buscará generar la mayor cantidad de energía durante todo el año. Para ello se propone calcular la cantidad de energía solar generada al variar el ángulo de inclinación de los paneles FV dos veces al año (6 meses cada una), y compararla con la energía generada si la instalación permaneciera con el mismo ángulo durante todo el año.

## 5.2.0 ESTUDIO ENERGÉTICO

En este apartado se estudiará el diseño de la instalación fotovoltaica comprobando como influyen sobre el rendimiento, los principales parámetros energéticos que se obtienen en el emplazamiento elegido según datos NASA.



Además se estudiará como varia el rendimiento de la instalación FV al instalar paneles solares fijos, pero cuya inclinación podrá ser diferente entre dos ángulos dependiendo de la época del año, frente a la instalación de módulos solares totalmente fijos con único ángulo de inclinación durante todo el año.

### 5.2.1 ESTUDIO ENERGÉTICO PARA PANELES TOTALMENTE FIJOS

En esta primera parte se estudiara la eficiencia energética de la instalación en caso que los módulos solares posean una inclinación única durante todo el año.

La instalación se realizara en la provincia de Santa Fe en una latitud aproximada de  $-32^\circ$  para la ciudad de Santa Fe.

Los paneles solares estarán totalmente orientados hacia el norte para lograr que la captación de radiación solar sea máxima desde el momento que el sol salga por el este hasta que se ponga por el oeste, por tanto lo tanto el ángulo azimut será  $0^\circ$ .

Se optará por un tipo de sistema fijo cuyo ángulo de inclinación vendrá dado por el periodo de funcionamiento para el cual se ha diseñado la instalación, en este caso dicho periodo es anual y utilizando datos proporcionados en la página de la NASA para la latitud  $-32^\circ$  Longitud  $-61^\circ$  del lugar, el ángulo óptimo de inclinación de los módulos anual es  $28,5^\circ$  y la energía generada anualmente es:

$$\text{Energía generada anual} = \frac{\text{valor medio diario de radiación para } 28,5^\circ \left(\frac{kWh}{\text{día}}\right) * 365 \left(\frac{\text{días}}{\text{año}}\right)}{1000(kWh/Mwh)}$$

Entonces al realizar los cálculos de la energía solar anual obtenida sobre la superficie de los paneles solares inclinados a  $28,5^\circ$  se obtienen  $1,86 \text{ MWh/m}^2$ .

### 5.2.2 ESTUDIO ENERGÉTICO PARA PANELES CON DOS POSICIONES

Ahora realizamos el estudio energético del sistema instalado si la estructura soporte posee dos anclajes de tal manera que permita variar la inclinación de los módulos solares a dos posiciones dependiendo la temporada de utilización. Inclinando los paneles con un ángulo mayor respecto a la horizontal si trabajan en invierno o con un ángulo menor respecto a la horizontal si trabajan en verano.



El emplazamiento de la instalación solar es el mismo que en el punto anterior, en la ciudad de Santa Fe con latitud  $-32^\circ$ . Los paneles solares estarán totalmente orientados hacia el norte, por tanto el Azimut es  $0^\circ$ . Pero en este caso el ángulo de inclinación no será constante durante todo el año, sino que podrá variar entre dos posiciones para obtener el mejor rendimiento durante el año.

Se definirán dos temporadas de funcionamiento, invierno y verano, para las cuales se realizara un estudio energético por separado y se concluirá con la suma de los dos estudios para el estudio energético global de la instalación durante un año completo.

La inclinación óptima de los paneles solares para las dos temporadas en que dividimos el año se calcula mediante los datos de radiación obtenidos de la NASA, y de esta forma determinar los ángulos para los cuales se consiga la mayor cantidad de energía en invierno y verano.

Verificando los ángulos de mayor radiación media anual, para una Latitud de  $-32^\circ$  de la tabla n°13, se obtienen los siguientes ángulos a los que se deben inclinar los paneles:

En los meses de verano:  $17^\circ$

En los meses de invierno:  $47^\circ$

Además, del estudio energético se determinan que los meses del año considerados como invierno durante los cuales los paneles se encuentren inclinados con un ángulo de  $47^\circ$  son aquellos comprendidos entre Abril y Septiembre ambos inclusive y los meses considerados como verano durante los cuales los paneles deberán estar inclinados a  $17^\circ$  abarcara los meses de Octubre a Marzo ambos inclusive.

La energía generada por un ángulo de  $17^\circ$  la calculamos de la siguiente forma:

$$\text{Energía generada: } \frac{\text{valor medio diario de rad. de Oct.a Mar. para } 17^\circ \left(\frac{kWh}{\text{día}}\right) * 365 \left(\frac{\text{días}}{\text{año}}\right)}{1000(kWh/Mwh)}$$

La energía generada por un ángulo de  $47^\circ$  la calculamos de la siguiente forma:



$$\text{Energía generada: } \frac{\text{valor medio diario de rad. de Abr.a Set. para } 47^\circ \left(\frac{kWh}{\text{día}}\right) * 365 \left(\frac{\text{días}}{\text{año}}\right)}{1000(kWh/Mwh)}$$

Del estudio del recurso solar se obtuvo que para la temporada de invierno, durante la cual los paneles solares se encuentran inclinados respecto a la horizontal un ángulo de  $47^\circ$ , la radiación captada por la superficie de los paneles<sup>58</sup> es de  $0,82 \text{ MWh/m}^2$  para los meses de abril a septiembre inclusive.

El segundo estudio de recurso solar muestra que durante la temporada de verano, durante la cual los paneles solares se encuentran inclinados  $17^\circ$  respecto a la horizontal, la radiación incidente sobre la superficie inclinada de los paneles<sup>59</sup> solares es de  $1,12 \text{ MWh./m}^2$  para los meses de octubre a marzo inclusive.

Sumando el valor de la radiación incidente sobre la superficie de los paneles solares tanto durante el periodo de invierno como en el de verano, se obtiene la radiación total captada por los módulos durante todo un año de funcionamiento. Lo que nos da como resultado:

$$1,12 \text{ MWh/m}^2 + 0,82 \text{ MWh/m}^2 = 1,94 \text{ MWh/m}^2$$

En la tabla 14 se resume todo el estudio energético realizado y la comparación para un ángulo fijo anual y modificándolo una vez al año cada 6 meses.

---

<sup>59</sup> Calculo propio con datos según NASA.2014 <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/> [consulta Febrero 2014]

<sup>59</sup> IDEM 56



Meses	Radiación según Angulo inclinación					
	17°	17°	28,5°	47°	47°	17 ° PV - 47 °OI
Enero	6,64	6,64	6,26	5,34	5,34	6,59
Febrero	6,10	6,10	5,89	5,29	5,29	6,06
marzo	5,32	5,32	5,34	5,11	5,11	5,29
Abril	4,31	4,31	4,51	4,59	4,59	4,59
Mayo	3,64	3,64	3,96	4,25	4,25	4,25
Junio	3,12	3,12	3,45	3,78	3,78	3,78
Julio	3,53	3,53	3,88	4,24	4,24	4,24
Agosto	4,29	4,29	4,58	4,79	4,79	4,79
Septiembre	5,33	5,33	5,45	5,36	5,36	5,36
Octubre	5,70	5,70	5,59	5,14	5,14	5,66
Noviembre	6,45	6,45	6,11	5,29	5,29	6,42
Diciembre	6,66	6,66	6,23	5,25	5,25	6,60
Energía Generada según Angulo de Inclinación						
Total medio kWh/día	5,09	3,07	5,10	4,87	2,25	5,30
total kWh/año	1858,15	1121,46	1863,05	1777,25	821,55	1935
Total MWh/año	1,86	1,12	1,86	1,78	0,82	1,94

Tabla N° 14: Radiación mensual y energía generada según el ángulo de inclinación por día y año. Elaboración propia

### 5.2.3 COMPARACIÓN DE SISTEMAS.- CONCLUSIONES

Para concluir de los estudios energéticos realizados las energías captadas y posteriormente producida por los paneles solares de ambos sistemas propuestos:

- Instalación cuya inclinación de paneles permanecerá fija a 28,5° durante todo el año.
- Instalación solar que permite a los paneles adoptar dos inclinaciones diferentes a 17° y 47° a lo largo del año dependiendo la época.

La radiación solar por unidad de superficie captada mediante el sistema de paneles de inclinación fija durante todo el año es de 1,86 MWh/m<sup>2</sup>/año, mientras que la radiación captada por unidad de superficie por el sistema de dos posiciones es de 1,94 MWh/m<sup>2</sup>/año, por tanto, mediante un sistema cuyos paneles tengan la posibilidad de ser inclinados un ángulo diferente dependiendo la época del año se captará un 4,12 % mayor radiación solar.

De esta manera se podrían realizar los cálculos de la energía generada para cada mes del año con los ángulos óptimos recomendados por la NASA, para lo cual nuestra instalación debe poder cambiar la inclinación más de 6 ángulos ya que el ángulo recomendado de marzo no coincide con el de octubre.

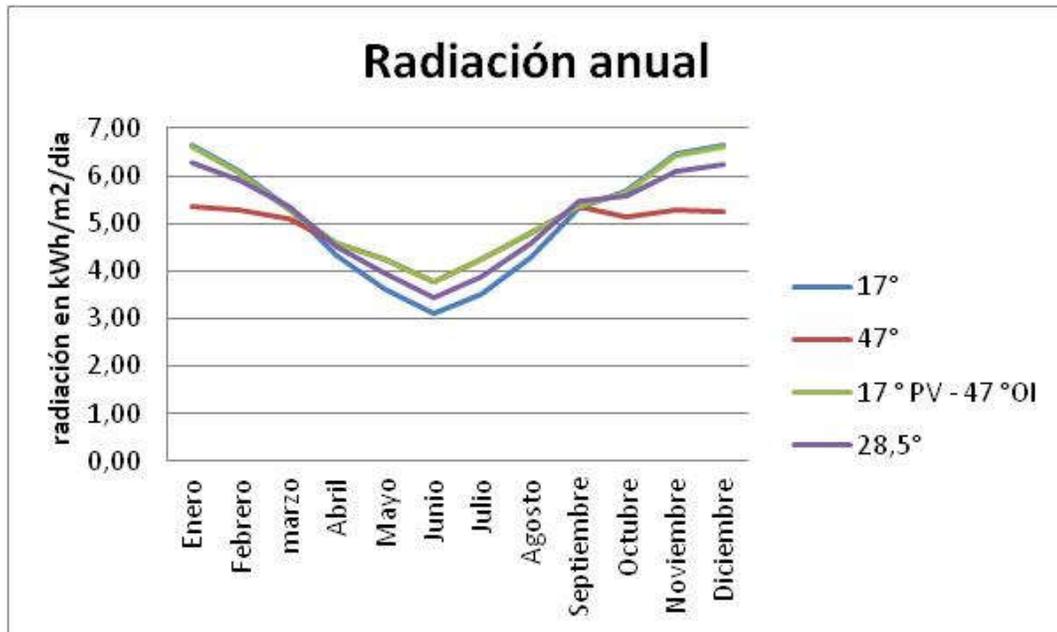


Figura N° 34: Comparativa de la radiación obtenida para diferentes ángulos de inclinación de los paneles. Elaboración propia

La grafica de la figura anterior muestra la radiación a obtener para los distintos meses del año y según la inclinación de 17° en color azul, para una inclinación de 47° en color rojo, en color verde para una combinación de las inclinaciones anteriores 17° (en verano) y 47°( en invierno). También se puede observar la radiación solar a obtener en color violeta para el ángulo óptimo a utilizar durante el año (28,5°)

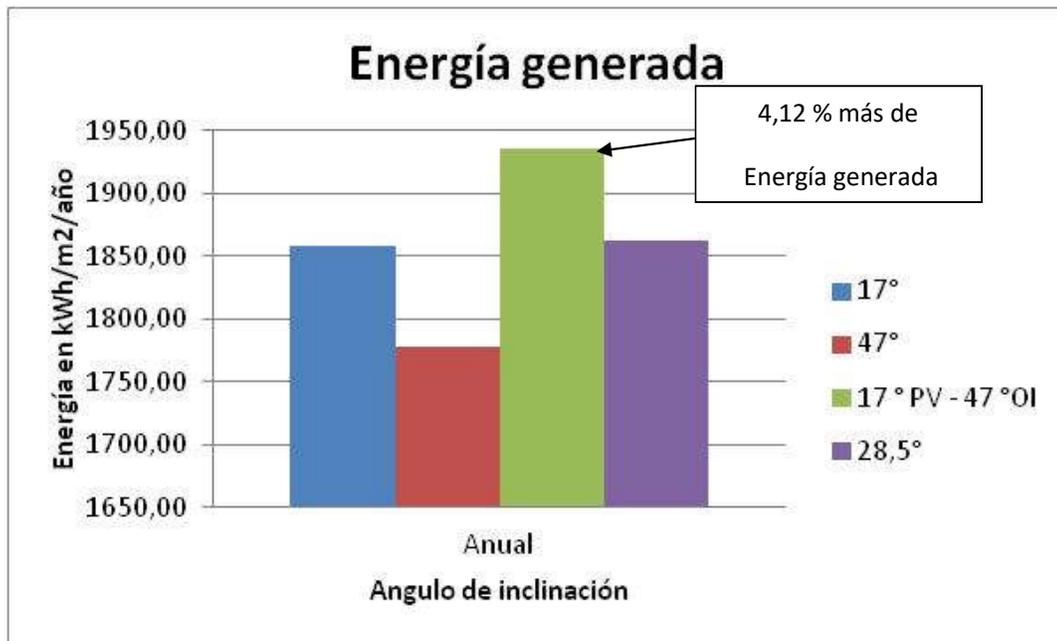


Figura N° 35: Comparación de las energías generadas para distintos ángulos de inclinación de paneles. Elaboración propia

En el gráfico de barras de la figura 35 se comparan las energías generadas para distintos ángulos de inclinación.

Además se puede observar claramente la ganancia de energía que se obtendría al modificar una vez al año el año la inclinación de los paneles.

Dicha inclinación obtenida según los cálculos desarrollados anteriormente son de 17° para verano y 47° en invierno. Dicha combinación suministra un 4,12% más que el ángulo óptimo fijo para todo el año de 28,5°.



## **CAPITULO VI**

En este capítulo 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. Para ello se determina la potencia de la instalación en base a los artefactos consumidores de energía de la vivienda y el comportamiento de la familia.

Finalmente se determinan los elementos necesarios para el armado de la instalación fotovoltaica, su costo y el tiempo de amortización teniendo en cuenta distintos escenarios

### **6.0.0 CALCULO DE INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO CON BALANCE NETO**

#### **6.1.0 ESTIMACIÓN DE CONSUMOS DE LA VIVIENDA**

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 el cumplimiento de las normas de etiquetado energético.

#### **6.1.1 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 Vivienda de acuerdo a cada zona bioclimática.
- Etiquetado de electrodomésticos y aparatos eléctricos.

### **6.1.2 MEDIDAS PARA REDUCIR EL CONSUMO DE ENERGÍA ELECTRICA EN LA VIVIENDA**

Antes de recurrir a una instalación solar para una vivienda conectada a la red con una inversión muy importante, se debe realizar una campaña intensiva para racionalizar el consumo de energía.

Por lo tanto antes de tomar la decisión de adoptar una instalación solar debemos estar seguros de que el consumo de energía se realiza aplicando todas las medidas de eficiencia posibles.

La importancia de obtener un buen resultado de las medidas adoptadas nos proporcionara las siguientes ventajas:

- La inversión a realizar en la instalación fotovoltaica para cubrir la energía necesaria será mucho menor.
- Dependiendo de la tarifa aplicada por la empresa de energía donde se quiere realizar la instalación el ahorro de energía puede significar un costo de energía menor
- Si tenemos en cuenta las pérdidas por transporte y transformación, el ahorro de energía mediante la toma de medidas de eficiencia energética en la vivienda representa un ahorro del 18% en el generador y del 35% en energía



primaria respecto del ahorro de energía logrado según el Instituto para la Diversificación y ahorro de Energía de España(IDAE)<sup>60</sup>

### **6.1.3. COMO LOGRAR UNA VIVIENDA EFICIENTE**

Para evitar el derroche de energía y ser energéticamente eficiente se debe tener en cuenta algunos factores como:

a) La energía eléctrica no debe ser utilizada para todos los consumos de la casa. Si bien la electricidad nos proporciona una mejor calidad de vida y está indicada para el funcionamiento de algunos electrodomésticos y aparatos del hogar en forma eficiente, utilizarla para la obtención de Agua Caliente Sanitaria (ACS) y calor a baja temperatura es realizar un mal aprovechamiento de sus cualidades.

Por este motivo en una casa eficiente energéticamente no debe destinarse la electricidad para el calentamiento de agua, calefacción, cocina, horno, secarropas, calentamiento de agua del lavarropas y lavavajillas. Sin embargo si lo podremos hacer en aquellos electrodomésticos personales o que por el poco tiempo que se encuentran en funcionamiento se justifica el uso de electricidad como secador de cabello, plancha y microondas.

b) La potencia de los electrodomésticos debe ser seleccionada en función de la tarea a realizar.

Nunca se deberá comprar los electrodomésticos sin tener en cuenta su potencia ya que podremos pecar de adquirir equipos sobredimensionados. Por lo tanto se debe realizar un estudio previo para saber la potencia necesaria para la actividad a desarrollar.

---

<sup>60</sup> Serrasoles ,J. 2004. Tejados fotovoltaicos .Energía Solar conectada a la red eléctrica. Editorial ilustrada



c) Si los electrodomésticos a seleccionar poseen etiquetado energético adquirir los de mayor eficiencia energética según normas del Instituto de Racionalización de Materiales (IRAM)<sup>61</sup>. Se deberá prestar mucha atención a los equipos que poseen stand by (modo espera) ya que muchos electrodomésticos consumen más energía durante un día en este modo, que en el tiempo que realmente se lo utiliza. Esto se soluciona desenchufando los electrodomésticos cuando no se los utiliza o colocando una prolongador tipo zapatilla con tecla de apagado.

d) Es de suma importancia cuando se construye o modifica una vivienda aprovechar al máximo la luz natural. Esto no solo hará que nuestra casa sea más cálida y agradable, sino que también contaremos con la iluminación más adecuada para la visión del ser humano y además lograremos un gran ahorro de energía.

e) También como medida de ahorro de energía eléctrica se debe tener presente la aislación de la vivienda (paredes, techo y superficie vidriada), esto es de suma importancia a la hora del cálculo de la carga térmica para refrigeración y calefacción de la vivienda.

Para ello se debe tener presente que si bien en nuestra zona las temperaturas no son muy bajas en invierno, en verano saben superar los 40 °C por varios días seguidos, siendo el aislamiento y ventilación de la vivienda de suma importancia para la habitabilidad de la misma.

## 6.2.0 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA

Teniendo en cuenta las medidas de ahorro y eficiencia energética mencionadas en el punto anterior se realiza un listado con las cargas de la vivienda y sus horas de funcionamiento diario, de esta forma se puede determinar el consumo diario de la vivienda.

---

<sup>61</sup>Secretaría de Energía de la Nación. Resolución N° 319/99 de la Ex SICyM  
<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3965> [Consulta: Junio 2014]



Equipos en Alterna (AC)					
Descripción del equipo	Potencia (W)	Número de Equipos	Potencia instalada (W)	Funcionamiento (Horas/día)	Consumo (W h /día)
Iluminación de habitación padres	15	2	30	3,5	105
Iluminación de habitación niños	15	2	30	3,5	105
Iluminación Comedor	18	2	36	11,5	414
Iluminación Cocina	18	1	18	9	162
Iluminación Baño	15	2	30	4	120
Iluminación exterior	18	2	36	12	432
Iluminación Lavadero	15	1	15	2	30
Bomba centrífuga	200	1	200	0,5	100
Multiprocesadora	500	1	500	0,25	125
Cafetera	1000	1	1000	0,5	500
Aspiradora	250	1	250	0,25	62,5
Lustraspiradora	300	1	300	0,25	75
Lavarropas	400	1	400	1	400
Plancha	1000	1	1000	0,5	500
Secador de Pelo	1000	1	1000	0,125	125
DVD	30	1	30	2	60
TV	100	1	100	7	700
Equipo de Audio	75	1	75	4,5	337,5
Heladera con Freezer	300	1	300	8	2400



Notebook/Netbook	70	1	70	3	210
Celular	15	2	30	1	30
ventilador (solo verano)	80	3	240	8	1920
		<b>Potencia Total instalada invierno(W)</b>	<b>5450</b>	<b>Consumo Total invierno (Wh/día)</b>	<b>6993</b>
				<b>Consumo Total verano (Wh/día)</b>	<b>8913</b>

Tabla N° 15: Potencia y energía de los electrodomésticos de la vivienda. Fuente: placa de identificación de cada equipo, elaboración propia

La elaboración de la tabla 15 es de suma importancia ya que de ella dependerá la instalación FV necesaria que suministrara la energía necesaria para el funcionamiento de los mismos. Dado que el consumo de los electrodomésticos es proporcional a la dimensión de la instalación se deben seleccionar electrodomésticos de alta eficiencia energética en lo posible etiquetados según la normativa IRAM de eficiencia vigente.

### **6.3.0 DESCRIPCIÓN REALISTA DE LOS HÁBITOS, USOS Y COSTUMBRES DE LA FAMILIA QUE HABITA LA CASA**

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.

En general las actividades son las siguientes:

Durante los días laborales toda la familia se levanta a la misma hora, desayunando todos juntos.

Luego los padres concurren al trabajo y los niños al colegio.

Por la mañana el personal de servicio comienza con las tareas de limpieza de las habitaciones y el resto de la vivienda como también el lavado de ropa.



Cerca del medio día se comienza con las tareas de elaboración de la comida para el almuerzo.

Luego del mediodía regresan los niños de la escuela y los padres del trabajo para almorzar todos juntos.

Después del almuerzo algunos integrantes duermen la siesta y otros realizan actividades de recreación.

Por la tarde el padre regresa al trabajo, el personal de limpieza realiza actividades de planchado, los niños toman su merienda y realizan las tareas del colegio.

Al atardecer recreación y baño de los niños. Luego se comienza con la preparación de la cena, para cuando llega el padre cenar todos juntos.

Luego los niños se retiran a sus habitaciones a descansar, mientras los adultos realizan su recreación antes de descansar.

Finalmente los adultos van a sus habitaciones para descansar, en promedio lo hacen entre 6 y 8 hs. dependiendo si son días laborales o no.

### **6.3.1 DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE DEMANDA ELÉCTRICA PARA DÍAS DE SEMANA Y FINES DE SEMANA PARA LOS MESES DE INVIERNO**

#### **6.3.1.1 Consumos días de semana**

Hora	Consumo (kWh)	Potencia (KW)	Artefactos considerados
1	0,165	0,366	iluminación exterior - heladera - carga celulares
2	0,135	0,336	iluminación exterior - heladera
3	0,135	0,336	
4	0,135	0,336	
5	0,135	0,336	
6	0,135	0,336	
7	0,557	1,544	



8	0,244	1,544	Iluminación habitaciones, baño, cocina y comedor. TV, cafetera, heladera
9	0,3715	1,4	iluminación habitaciones y lavadero - lavarropas , aspiradora, lustraspiradora, equipo de música y heladera
10	0,589	1,4	
11	0,174	1,4	
12	0,1795	0,954	iluminación cocina y comedor - multiprocesadora, TV, heladera
13	0,235	0,954	
14	0,199	0,954	
15	0,249	0,631	Iluminación comedor, habitaciones y baño, TV, DVD, equipo de música, heladera
16	0,2725	0,631	
17	0,2725	0,631	
18	0,641	1,369	iluminación cocina , comedor y lavadero - plancha, heladera
19	0,259	1,49	iluminación comedor, cocina , baño y exterior - secador de pelo - notebook, heladera
20	0,259	1,49	
21	0,344	1,49	
22	0,3515	1,09	iluminación de cocina, comedor y exterior - multiprocesadora, bomba centrifuga, heladera
23	0,469	1,45	iluminación de baño, cocina, comedor , dormitorio niños y exterior -cafetera- heladera
24	0,419	0,695	Iluminación cocina, comedor, dormitorio padres, baño, exterior - TV - notebook - equipo de música, heladera

Tabla N° 16 Consumos y potencia para el mes de junio en días de semana.

Elaboración propia con datos de la tabla N° 15.



En la tabla 16 se expresa hora a hora los electrodomésticos utilizados durante un día laboral con la potencia indicada por su placa y el respectivo consumo de energía para el mes de junio.

### 6.3.1.2 Consumos fines de semana

Hora	Consumo (kWh)	Potencia (KW)	Artefactos considerados
1	0,419	0,695	Iluminación cocina, comedor, dormitorio padres, baño, exterior - TV - notebook - equipo de música, heladera
2	0,165	0,366	iluminación exterior - heladera - carga celulares
3	0,135	0,336	iluminación exterior - heladera
4	0,135	0,336	
5	0,135	0,336	
6	0,135	0,336	
7	0,135	0,336	
9	0,557	1,544	Iluminación habitaciones, baño, cocina y comedor. TV, cafetera, heladera
10	0,274	1,544	
11	0,3715	1,4	iluminación habitaciones y lavadero - lavarropas ,aspiradora, lustraspiradora, equipo de música y heladera
12	0,589	1,4	
13	0,174	1,4	
14	0,1795	0,954	iluminación cocina y comedor - multiprocesadora, TV, heladera
15	0,235	0,954	
16	0,199	0,954	
17	0,249	0,631	Iluminación comedor, habitaciones y baño, TV, DVD, equipo de música, heladera
18	0,2725	0,631	
19	0,2725	0,631	



20	0,641	1,369	iluminación cocina , comedor y lavadero - plancha, heladera
21	0,259	1,49	iluminación comedor, cocina ,baño y exterior - secador de pelo - notebook, heladera
22	0,344	1,49	
23	0,3515	1,09	iluminación de cocina, comedor y exterior -multiprocesadora, bomba centrifuga, heladera
24	0,469	1,45	iluminación de baño, cocina, comedor , dormitorio niños y exterior -cafetera- heladera

Tabla N° 17 tabla consumos y potencia para el mes de junio en fines de semana.  
Elaboración propia con datos de la tabla N°15.

En la tabla 17 se expresa hora a hora los electrodomésticos utilizados durante un día en fines de semana con la potencia indicada por su placa y el respectivo consumo de energía para el mes de junio

Diagrama de carga para invierno

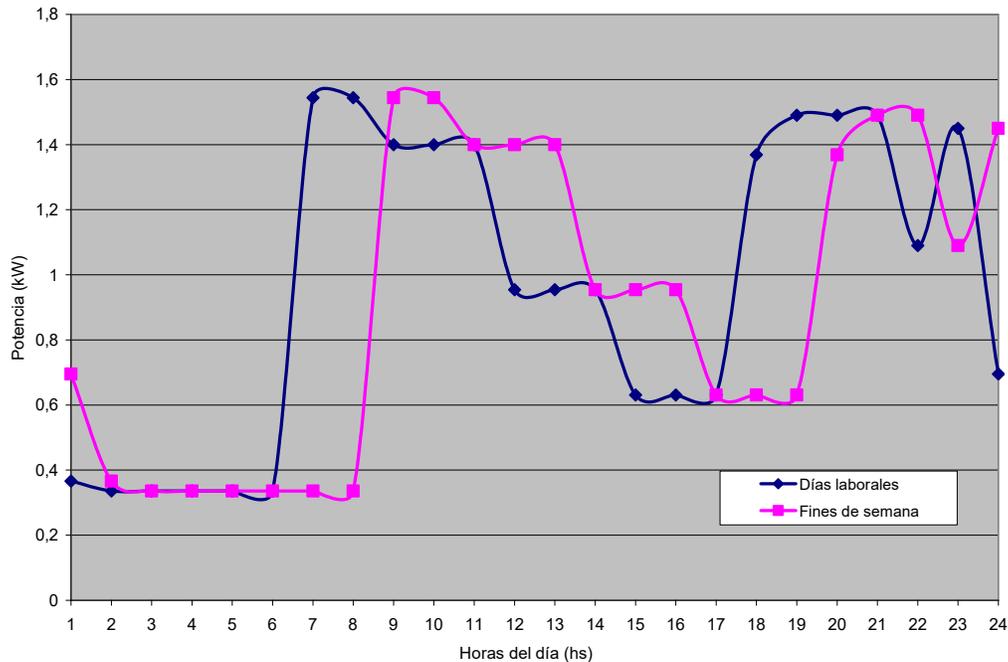


Figura N° 36 Diagramas de carga. Elaboración propia

En el gráfico de la figura 36 se observan los diagramas de carga para invierno (Junio) mes de menor radiación, tanto para los días laborales como para los fines de semana.

Para ambas graficas se observa que la demanda no supera en ningún momento 1,6 KW

La línea azul correspondiente a los días laborales denota que la familia comienza su actividad a la 6hs realizándose en la casa todas las tareas que se indican en la tabla 16

La línea en color magenta representa el diagrama de carga para los fines de semana. Esta presenta en general un desplazamiento de la curva hacia la derecha en las horas ya que la familia no tiene las mismas obligaciones que en la semana por lo tanto tiene mayor cantidad de horas de descanso por la noche como también mayor tiempo de recreación y permanece en actividad un par de horas más que los



días laborales. El detalle de las tareas que se realizan en la casa los fines de semana con su correspondiente demanda se indica en la tabla 17.

**Con respecto a la estacionalidad tenemos:**

- Mayor cantidad de horas de iluminación, ya que hay menor cantidad de horas de sol.
- Existen demandas bien marcadas por la mañana luego un valle para repuntar con la caída del sol.

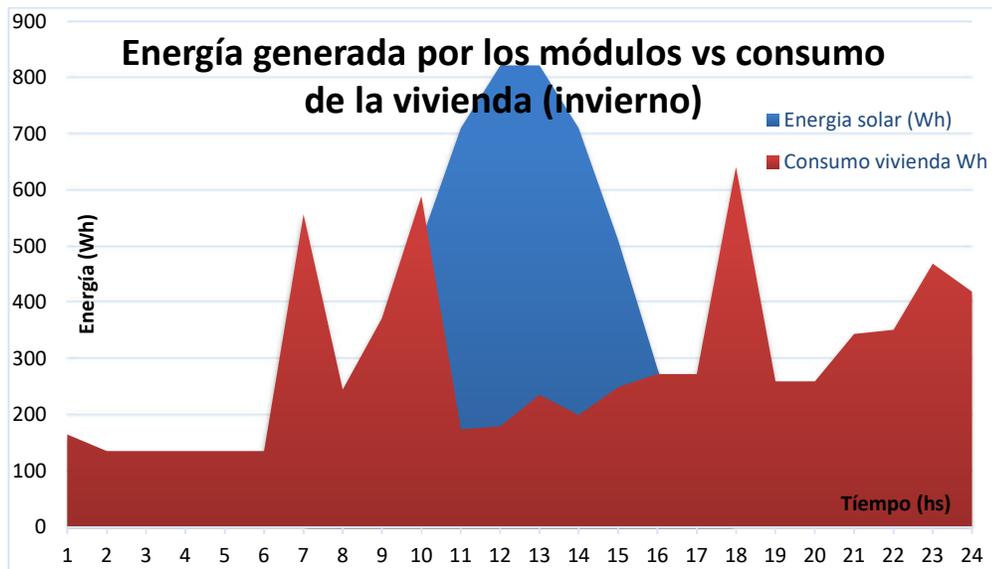


Figura N° 37: Energía solar diaria generada vs consumo de energía eléctrica en invierno (junio). Elaboración Propia

En el gráfico de la figura 37 se representa para el día de menor Intensidad solar (en invierno) la energía generada en color azul, la cual como se puede observar tiene forma de campana y el diagrama de carga (consumo) de la vivienda durante las 24 hs del día en color rojo.

Además en el grafico anterior se observa la energía sobrante en color azul en el horario central del día inyecta a la red, y la energía necesaria a tomar de la red en horarios donde no hay radiación solar.



### 6.3.2 DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE DEMANDA ELÉCTRICA PARA DÍAS DE SEMANA Y FINES DE SEMANA PARA LOS MESES DE VERANO

#### 6.3.2.1 Consumo días de semana

Hora	Consumo ( kWh)	Potencia (KW)	Artefactos considerados
1	0,325	0,526	iluminación exterior -Ventiladores habitaciones -heladera - carga celulares
2	0,295	0,496	iluminación exterior - Ventiladores habitaciones - heladera
3	0,295	0,496	
4	0,295	0,496	
5	0,295	0,496	
6	0,295	0,496	
7	0,607	1,624	iluminación habitaciones, baño, cocina y comedor, ventilador habitación niños, TV, cafetera, heladera
8	0,324	1,624	
9	0,3715	1,4	iluminación habitaciones y lavadero - lavarropas ,aspiradora, lustraspiradora, equipo de música y heladera
10	0,589	1,4	
11	0,174	1,4	
12	0,2595	1,034	iluminación cocina y comedor - Ventilador comedor- multiprocesadora, TV, heladera
13	0,315	1,034	
14	0,279	1,034	
15	0,429	0,711	Iluminación comedor - ventilador comedor, habitaciones y baño, TV, DVD, equipo de música, heladera
16	0,3525	0,711	
17	0,3525	0,711	
18	0,721	1,449	iluminación cocina , comedor y lavadero -ventilador comedor- plancha, heladera



19	0,339	1,57	iluminación comedor, cocina ,baño y exterior - ventilador comedor - secador de pelo - notebook, heladera
20	0,339	1,57	
21	0,494	1,57	
22	0,4315	1,17	iluminación de cocina, comedor y exterior-ventilador comedor - multiprocesadora, bomba centrifuga, heladera
23	0,549	1,53	iluminación de baño, cocina, comedor , dormitorio niños y exterior - ventilador comedor-cafetera- heladera
24	0,484	0,745	Iluminación cocina, comedor, dormitorio padres, exterior-ventilador comedor - TV - notebook - equipo de música, heladera

Tabla N° 18: Tabla consumos y potencia para enero en días de semana.

Elaboración Propia con datos de la tabla N°15.

En la tabla 18 se expresa hora a hora los electrodomésticos utilizados durante un día laboral con la potencia indicada por su placa y el respectivo consumo de energía para el mes de enero.

### 6.3.2.2 Consumos fines de semana

Hora	Consumo (KWh)	Potencia (KW)	Artefactos considerados
1	0,594	0,855	Iluminación cocina, comedor, dormitorio padres, exterior , ventiladores, TV -DVD- notebook - equipo de música, heladera
2	0,325	0,526	iluminación exterior, ventiladores, heladera - carga celulares
3	0,295	0,496	iluminación exterior, ventiladores - heladera
4	0,295	0,496	



5	0,295	0,496	
6	0,295	0,496	
7	0,295	0,496	
8	0,295	0,496	
9	0,557	1,544	Iluminación habitaciones, baño, cocina y comedor. TV, cafetera, heladera
10	0,244	1,544	
11	0,3715	1,4	iluminación habitaciones y lavadero - lavarropas ,aspiradora, lustraspiradora, equipo de música y heladera
12	0,589	1,4	
13	0,3595	1,034	iluminación cocina y comedor - ventilador comedor, multiprocesadora, TV, ventilador, heladera
14	0,3955	1,034	
15	0,315	1,034	
16	0,315	1,034	
17	0,539	0,791	Iluminación comedor, habitaciones y baño, ventiladores, TV, DVD, equipo de música, heladera
18	0,4325	0,791	
19	0,4335	0,791	
20	0,721	1,449	iluminación cocina , comedor y lavadero-ventilador - plancha, heladera
21	0,339	1,57	iluminación comedor, cocina ,baño y exterior - secador de pelo - notebook, heladera
22	0,494	1,57	
23	0,6065	1,345	iluminación de cocina, comedor y exterior TV - equipo de música - multiprocesadora, bomba centrifuga, heladera
24	0,679	1,66	iluminación de baño, cocina, comedor , dormitorio niños y exterior TV - DVD -cafetera- heladera

Tabla N° 19: Tabla consumos y potencia para enero en fines de semana.

Elaboración propia con datos de la tabla N°15.

En la tabla 19 se expresa hora a hora los electrodomésticos utilizados durante un día en fines de semana con la potencia indicada por su placa y el respectivo consumo de energía para el mes de enero

Diagrama de Carga para Verano

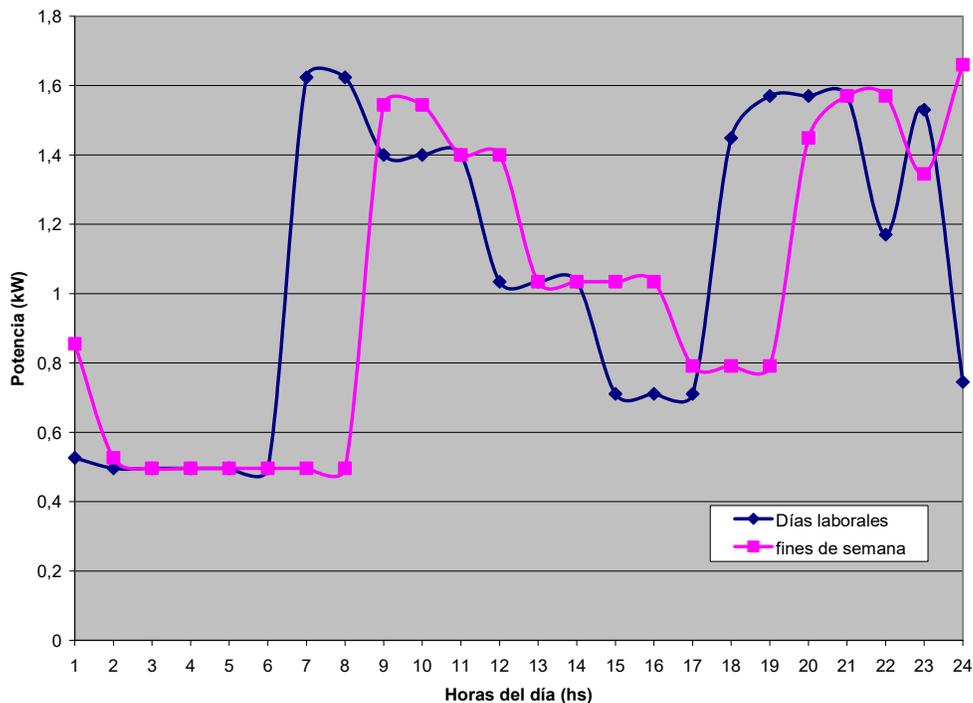


Figura N° 38 Diagramas de carga. Elaboración propia

En el gráfico de la figura 38 se observan los diagramas de carga tanto para los días laborales como para los fines de semana en el verano para el mes de enero que junto a diciembre son los meses de mayor radiación, pero también de mayor temperatura.

Para ambas graficas se observa que la demanda supera en momentos el pico del invierno de 1,6 KW.

La línea azul correspondiente a los días laborales, muestra que la familia comienza su actividad a la 6hs realizándose en la casa todas las tareas que se indican en la tabla 18



La línea en color magenta representa el diagrama de carga para los fines de semana. Esta presenta en general un desplazamiento de la curva hacia la derecha en las horas, ya que la familia no tiene las mismas obligaciones que en la semana por lo tanto tiene mayor cantidad de horas de descanso por la noche como también mayor tiempo de recreación y permanece en actividad por la noche un par de horas más que los días laborales. El detalle de las tareas que se realizan en la casa los fines de semana con su correspondiente demanda se indica en la tabla 19.

**Con respecto a la estacionalidad tenemos:**

- a) Menor cantidad de horas de iluminación respecto del invierno, ya que hay más cantidad de horas de sol.
- b) La demanda es mayor que en invierno debido al uso de ventiladores.
- c) La demanda base nocturna también se ve incrementada por el uso de ventiladores en las habitaciones.
- d) Las demandas son más parejas ya que los niños se encuentran prácticamente todo el día en la casa.

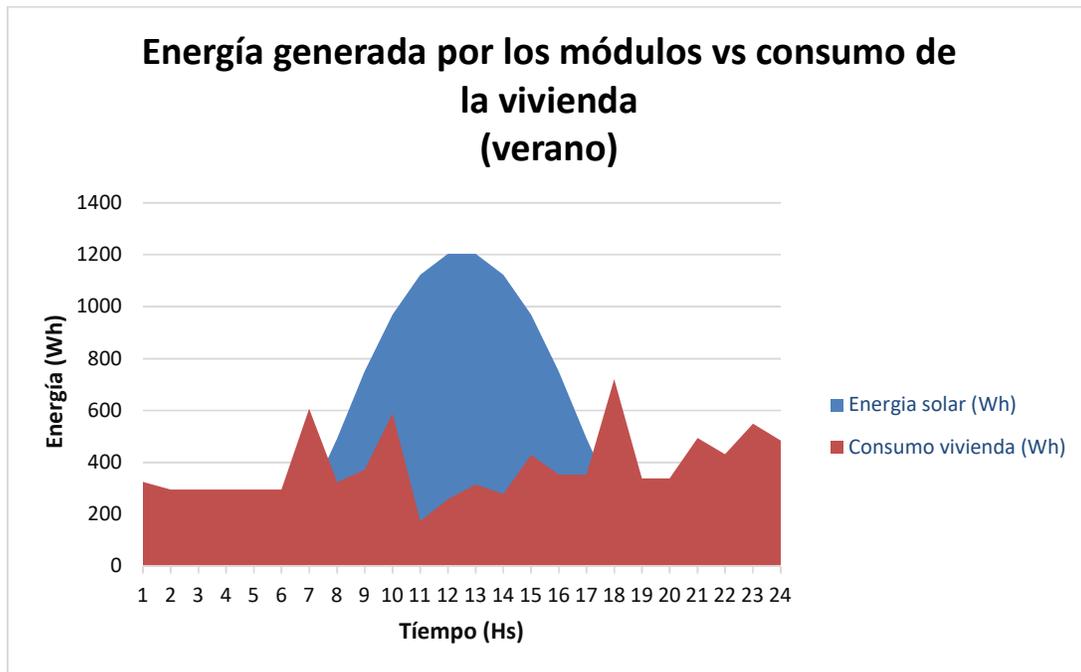


Figura N° 39: Energía solar generada<sup>62</sup> y energía eléctrica consumida para un día en verano (enero). Elaboración propia

En el gráfico de la figura 39 se representa para el día de mayor Intensidad solar (en verano) la radiación en color azul, la cual como se puede observar tiene forma de campana y el diagrama de carga (consumo) de la vivienda en estudio durante las 24 hs del día en color rojo.

Además se observa la energía residual en color azul que se inyecta a la red, y la energía necesaria a tomar de la red en horarios donde no hay radiación solar.

---

<sup>62</sup> UFRGS. Datos de Radiación solar. 2014. <http://www.solar.ufrgs.br/#softwares> [Consulta: febrero 2014]



### 6.4.0 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 de la tabla n° 15 y los valores de radiación suministrado por la NASA en la siguiente Tabla.

Monthly Averaged Radiation Incident On An Equator-Pointed Tilted Surface (kWh/m <sup>2</sup> /day)													
Lat. - 32  Lon - 61	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
SSE HRZ	6.86	6.06	5.04	3.78	3.01	2.47	2.82	3.72	4.86	5.64	6.60	6.95	4.81
K	0.57	0.55	0.54	0.51	0.52	0.49	0.53	0.56	0.57	0.55	0.56	0.56	0.54
Diffuse	2.38	2.15	1.77	1.38	1.03	0.91	0.94	1.15	1.50	1.99	2.29	2.46	1.66
Direct	6.60	5.91	5.31	4.47	4.34	3.75	4.34	5.11	5.73	5.62	6.38	6.59	5.34
<b>Tilt 0</b>	6.83	6.03	4.96	3.75	2.94	<b>2.43</b>	2.77	3.59	4.80	5.51	6.57	6.91	4.75
Tilt 17	6.64	6.10	5.32	4.31	3.64	3.12	3.53	4.29	5.33	5.70	6.45	6.66	5.09
Tilt 32	6.14	5.83	5.35	4.57	4.06	3.55	3.99	4.67	5.49	5.56	6.01	6.10	5.11
Tilt 47	5.34	5.29	5.11	4.59	4.25	3.78	4.24	4.79	5.36	5.14	5.29	5.25	4.87
Tilt 90	2.38	2.71	3.13	3.39	3.52	3.30	3.63	3.71	3.54	2.76	2.43	2.28	3.07
<b>OPT</b>	6.83	6.12	5.37	4.61	4.26	<b>3.82</b>	4.27	4.79	5.49	5.70	6.58	6.91	5.39
<b>OPT ANG</b>	1.00	11.0	26.0	41.0	52.0	<b>56.0</b>	55.0	46.0	33.0	17.0	4.00	0.00	28.5

Tabla N° 20 Radiación media mensual .Fuente NASA



Para el cálculo se propone 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.

De la tabla 15 obtenemos los siguientes consumos anuales:

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

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:  **$E_r = 2880$  kWh/año.**

### 6.5.0 CALCULO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

Adoptamos panel KYOCERA KS 100T<sup>63</sup>

#### **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).

---

<sup>63</sup> Solartec. Módulos Fotovoltaicos 2014. <http://www.solartec.com.ar/modulos-fotovoltaicos.html>

[Consulta: diciembre 2014]



- Método de la eficiencia corregida

### 6.5.1 Método de horas equivalentes

Energía real suministrada por el panel  $E_p$ : 90W (TONC) valor con corrección de eficiencia por temperatura<sup>64</sup>.

Los datos de radiación mensuales promedio se toman de la tabla n° 27 según NASA y para una inclinación óptima anual fija de 28,5°.

Energía generada por  $m^2$  por el panel se calcula de la siguiente manera:

$$E_g \text{ (kWh/m}^2\text{mes)} = \text{Radiación kWh/m}^2 \text{ día} * 30 \text{ días}$$

$$E_g \text{ (kWh/panel mes)} = E_g \text{ (kWh/m}^2\text{mes)} * \text{área del panel}$$

Para el cálculo por este método se considera la siguiente relación:

Las horas equivalentes a 1000W en general se la toman igual al número de la radiación expresada en kWh/ $m^2$ .

Entonces la energía generada por el módulo en (Wh/mes) se calcula de la siguiente manera:

$$E_g \text{ por modulo (W)} * H_s \text{ equivalentes/día} * 30 \text{ días/mes}$$

Entonces la energía generada por un módulo durante un año vale:

$E_g$  por modulo (W) en el año = Suma de la energías generadas en cada mes del año.

El N° de paneles sale de la relación de la energía necesaria para alimentar la vivienda en un año y la energía que genera un módulo en un año.

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

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

---

<sup>64</sup> Falk, A., Dürsschner, C., Remmers, K (2006). Fotovoltaica para Profesionales. Editorial Progensa.



Metodo de horas equivalente con correccion de eficiencia por temperatura			
Meses	Radiación kWh/m <sup>2</sup> dia	Energia 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>

Tabla N°:21. Calculo del N° de paneles necesarios. Fuente: Elaboración propia

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

### 6.5.2 Método de la eficiencia corregida

Se toman los datos de radiación mensuales promedio de la tabla n° 13 según NASA y para una inclinación optima anual fija de 28,5°.

Con los datos de radiación promedio mensual calculamos la radiación incidente sobre una superficie de un m<sup>2</sup> en (kWh/m<sup>2</sup>año).Esto se calcula realizando la sumatoria de los productos de la radiación promedio mensual por 30 días/mes

Como los módulos seleccionados de 100Wp poseen área efectiva de 0,613 m<sup>2</sup> (descontando los marcos),la radiación sobre el será de 613 W. De esta forma calculamos la eficiencia del módulo, la cual es del 16,3%:



Corrigiendo dicha eficiencia con una caída de 1,5%<sup>65</sup> llegamos a 14,8%, calculamos la energía generada por módulo teniendo en cuenta la eficiencia:

Eg módulo (kWh/ m<sup>2</sup>) = Radiación incidente sobre el módulo (kWh/ m<sup>2</sup>año)\*0,148

Entonces 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.

Resumen del cálculo descripto anteriormente se muestra en la siguiente tabla:

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	Energía generada kWh/ mes por 18 módulos de 100 Wp
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>

Tabla N°:22. Calculo del N° de paneles necesarios. Fuente: elaboración propia

<sup>65</sup> Buitrago; R. 2011. Método de la eficiencia corregida. Apuntes de la cátedra de Energía solar fotovoltaica "Maestría en Energía para el Desarrollo Sostenible" de la FCEIA –UNR.

Del cálculo 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.

### 6.5.3 Consumo de la vivienda y la energía mensual generada

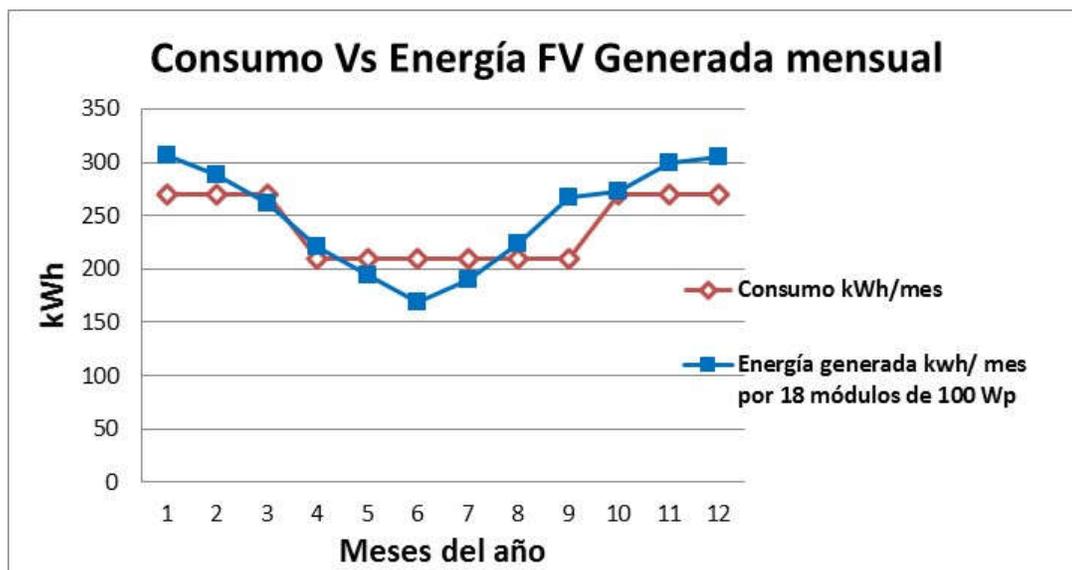


Figura N° 40: Consumo de la vivienda vs energía FV generada mensual.

Fuente: Elaboración propia.

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  $28,5^\circ$  (óptima) y la energía consumida por la vivienda en estudio durante todo el año.

Además 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.

**6.6.0 CALCULO 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.

Método de la Eficiencia corregida								
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 100Wp
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
<b>total anual</b>	<b>1837,5</b>	<b>271,95</b>	<b>2880,00</b>	<b>3366</b>	<b>12,38</b>	<b>20,2</b>	<b>3366,00</b>	<b>3332,67</b>

Tabla N°:23 Cálculo del N° total de paneles de la instalación FV. Fuente: elaboración propia

Con los cálculos realizados se llegó a que se deben agregar 2 paneles más a la instalación de la vivienda. Lo dicho anteriormente con el resultado de los cálculos se puede observar en la tabla 23, donde el número de paneles según los cálculos debe ser de 20,2, y se adopta un número entero de 20 paneles. Dicho valor será ajustado luego del primer balance de acuerdo la propuesta realizada en este trabajo.

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

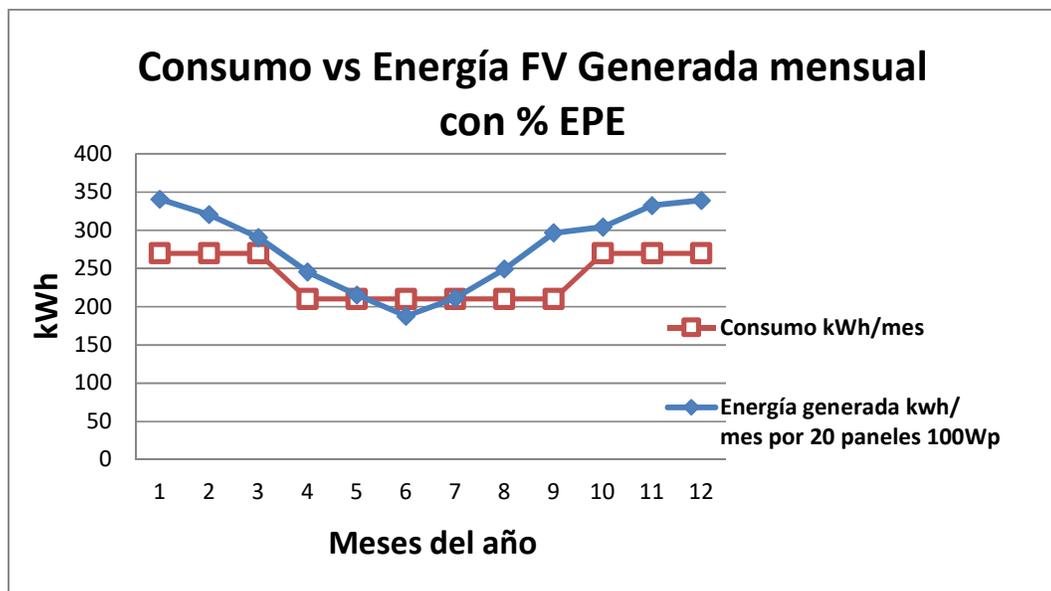


Figura n° 41: Consumo vs energía generada FV mensual con el aporte extra a la red. Fuente: elaboración propia.

En el gráfico de la figura 41 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 puede observar que con la energía extra considerada para cubrir los gastos de la empresa distribuidora la instalación 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.



### 6.7.0 CALCULO DEL INVERSOR

Para la selección adecuada del inversor de la instalación FV conectada a la red necesitamos conocer la potencia máxima de entrada en CC al inversor.

Para ellos sabiendo que nuestra instalación contara con 20 paneles de 100 Wp conectados en serie, determinamos una potencia de 2000W.

De catálogo se adopta: Sunny Boy 2100 TL<sup>66</sup>

Pot. máxima entrada en CC 2200W	Pot. aparente de salida en CA 2100 VA
Tensión máx. entrada 600V	Potencia nominal a 230V-50 Hz 1950W
Tensión de entrada MPP 200 – 480V Tensión asignada de entrada 400 V	Tensión de salida 180 - 260 V
Corriente máxima de entrada 12A	Corriente máx. de salida 11A

Tabla n° 24 Datos técnicos inversor monofásico seleccionado. Fuente SMA

#### Verificación del inversor:

Ns: n° de paneles en serie

$$Ns = V_{inv} / V_m$$

Como la tensión de entrada del inversor monofásico va de 200 V a 480V

Siendo  $V_{inv}$  Tensión de entrada a Inversor adoptado y  $V_m$ : tensión del módulo a potencia nominal

Entonces para obtener una tensión de entrada de 200 Volt mínima y una corriente máxima de 12 A.

Por lo tanto el arreglo de módulos será de 1 x 20 con una corriente de entrada de 5,46 A al inversor

---

<sup>66</sup>SMA. Inversores solares.2014 <http://www.sma-iberica.com/es/productos/inversores-solares.html>

[Consulta: Agosto 2014]



$$N_s = \frac{V_{max}}{1,25 \cdot V_{oc}}$$

**Ns:** número máximo de paneles en serie por string

$$N_s = \frac{600V}{1,25 \cdot 22,1 V}$$

**Vmax:** Tensión máxima de entrada al inversor

**Ns=** 21,72 paneles

**Voc:** Tensión a circuito abierto en cada módulo

La cantidad máxima de paneles en serie por rama que soporta el inversor ( $N_s$ ) es de 21,72. Con lo cual verifica los 20 adoptados para el string.

Por lo tanto debemos utilizar 1 string de 20 paneles para superar la tensión mínima de entrada al inversor de 200V, y no sobrepasar la máxima de 480V, no superando la corriente máxima de entrada de 12 A.

Resumiendo nuestra instalación estará formada por 20 paneles distribuidos en 1 string de 20 paneles en serie.

### 6.8.0 UNIFILAR INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA POR BALANCE NETO

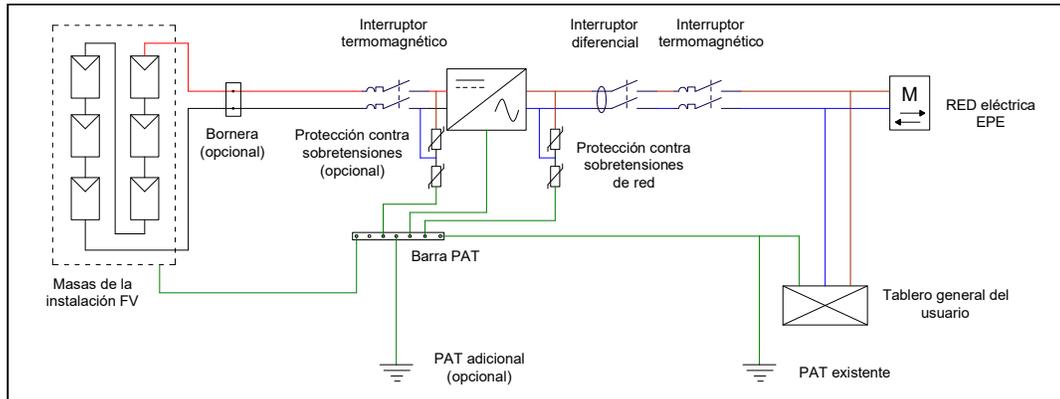


Figura N° 42: Diagrama bifilar en detalle de la instalación. Elaboración propia

El diagrama de la figura 42 muestra en detalles todos los componentes de la instalación FV por balance neto, calculada para la vivienda en estudio y la interconexión de los mismos

### 6.9.0 DIAGRAMA CON LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN FV

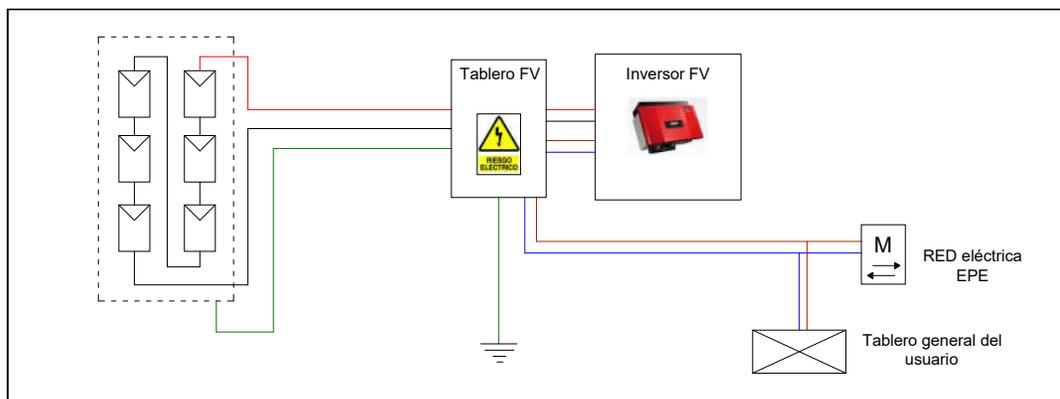


Figura N° 43: Diagrama de ubicación de los elementos de la instalación propuesta. Elaboración propia



En la figura 43 anterior se puede observar la ubicación de los principales elementos que conforman la instalación FV por balance neto propuesta.

### **6.10.0 COSTOS DE LA INSTALACIÓN**

#### **Características del sistema FV presupuestado**

Los precios que figuran en este proyecto surgen de la consulta a diferentes fuentes y corresponden a comienzos de 2015. Todos los precios incluyen IVA, por lo que corresponden al costo que pagaría un usuario residencial.

Cada usuario, dada su disponibilidad de espacio, necesidades de montaje y demás adaptará el sistema a sus necesidades. Por ejemplo, algunos usuarios pueden plantear usar los paneles solares como parasol en una terraza, disponerlos aferrados sobre un techo existente, poner una parte de los paneles en un techo y otra parte en otro, etc. También puede darse que el usuario no disponga de una superficie inclinada que mire al Norte, por lo que deberá intentar modificar el azimut de los paneles; para cada uno de estas disposiciones particulares la estructura soporte de los paneles cambiará respecto a la propuesta en este ítem. Lo mismo sucede por ejemplo, con la distancia entre paneles-inversor e inversor-TG, por lo que los tramos de bandejas y conductores pueden variar.

Algunos usuarios ya dispondrán de un buen sistema de puesta a tierra (PAT), por lo que podrán omitir la jabalina y demás accesorios. También puede darse que algunos usuarios prefieran una instalación de cañerías empotrada y no a la vista, como la que se propone aquí.

Para la calidad de los elementos a utilizar, se ha considerado tanto la importancia de la seguridad de las instalaciones y de sus usuarios, como así también la durabilidad de los mismos., ya que los paneles solares tienen una vida útil estimada entre 20 y 30 años. En consecuencia, se emplearon marcas de reconocida trayectoria y calidad en el rubro.

Las estructuras soportes presupuestadas son las del tipo para disposición sobre superficie horizontal.



Las estructuras para disposición sobre superficie horizontal están especialmente diseñadas para mantener en forma fija la orientación e inclinación de un generador solar formado por varios módulos fotovoltaicos. Estas estructuras están diseñadas para ángulos de inclinación que varían entre 15° y 70°. La distancia lateral entre patas depende del largo de los módulos fotovoltaicos que tenga que soportar. Los materiales utilizados en su fabricación y su diseño les permiten que el generador solar soporte las más variadas condiciones meteorológicas: viento, lluvia, granizo y nieve. Para la fijación al suelo se utilizan 4 zapatas que forman parte de la estructura, una para cada pata, las cuales se fijan al suelo mediante bulones de anclaje insertos en la fundación de hormigón armado.

<b>Equipamiento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Característica</b>	<b>Costo unitario(\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
<b>Módulos</b>	20	100 W	2070	41400
<b>Inversor</b>	1	2200 W		32000
<b>Soportes</b>	5	668 mm	2820,5	14200
<b>Protección Termo magnética CC</b>	1	2 x 8A 500Vcc	412	412
<b>Protección Termo magnética CA</b>	1	2 x16A curva C	158	158
<b>Protección diferencial</b>	1	2 x 25A 30mA	782	782
<b>Bandeja porta cables</b>	7	0,50 m x 3m con accesorios	200	1400
<b>Gabinete estanco</b>	2		200	400
<b>Protección por sobre tensión transitorias</b>	1	230VCA – 10 KA	1065	1165
<b>Conductores CC</b>	25m	2x4 mm <sup>2</sup> syntenax	32	800
<b>Conductores CA</b>	20m	3x4 mm <sup>2</sup> syntenax	40	800
<b>Conductor PAT</b>	20m	1x 2,5mm <sup>2</sup>	4	80
<b>Jabalina Cu Ac</b>	1	3m	422	422

Varios				600
Total Materiales				94619
Mano de obra instalación y puesta en marcha				24337
<b>Total</b>				<b>\$ 118956</b>

Tabla N° 25. Computo y presupuesto (Agosto 2015 – 1 U\$S = \$9,24)

Del análisis de la tabla 25 se puede determinar por un lado el costo unitario de la instalación, la cual asciende a 54,48 \$/Watt instalado.

Por otro lado en el diagrama de la figura N° 44 se puede ver el reparto porcentual de los distintos elementos que conforman la instalación.

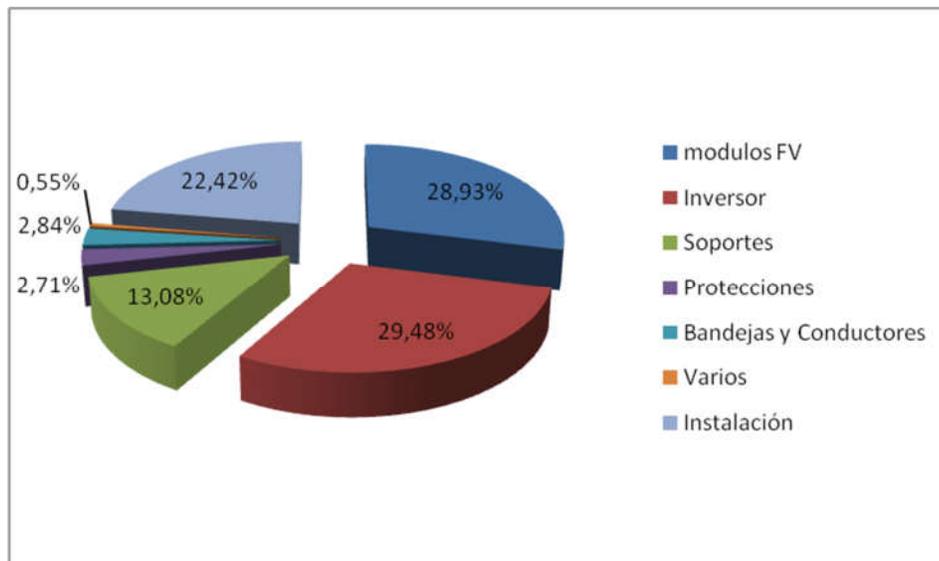


Figura N° 44: Distribución porcentual del costo de la instalación FV conectada a la red. Elaboración Propia

De la lectura del gráfico de la figura anterior se concluye que los paneles, el inversor y su estructura son los elementos más significativos de la instalación FV. Estos



elementos son de gran costo dado a los impuestos que tributan ya que son generalmente importados

### **6.10.1 ESTUDIO ECONÓMICO**

Para realizar un estudio económico que analice el impacto de la modalidad de balance neto se utiliza comúnmente un indicador de rentabilidad llamado payback, en castellano repago, el cual indica el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial; sabiendo que este método de análisis de recuperación del capital invertido no tiene en cuenta el valor cronológico del dinero.

Con este índice se busca estudiar el plazo de recuperación para la inversión si la misma se produjese en el momento actual para un usuario residencial y para el año en que se realiza la inversión. 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 determinar cuál es 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 catalogado 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 febrero de 2015

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:

Costo de servicio \$ 32,50 por mes más la energía consumida por escalones, los primeros 120 kWh \$ 0,293 por kWh, los segundos 120 kWh \$ 0,373 y el excedente energía de 240 kWh \$ 0,689 por kWh. A esto hay que adicionarle costos variables Ley n° 23681 (0,60% del importe básico), ley n° 7797 (6 % del importe básico), cuota de alumbrado público (CAP), Ley n° 12692 Energías Renovables y el 21% de IVA<sup>67</sup>.

---

<sup>67</sup> EPE.Cuadro Tarifario 2015 <http://www.epe.santafe.gov.ar/?id=34> [Consulta: Marzo 2015]



### 6.10.2. AMORTIZACIÓN DEL SISTEMA FV

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.

SISTEMA 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	

Tabla N° 26 Generación FV mensual y bimestral. Elaboración propia

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 (subsidiada)
2. costo de la energía con subsidios reducidos (informado por la EPESF)
3. costo real estimado de la energía

Para el estudio de repago se consideró el costo del sistemas FV que se detalló anteriormente en la tabla 34.

Se considerara que la vida útil media de estos sistemas se estima en 25 años, y su mantenimiento tiene un costo prácticamente nulo.

**6.10.2.1 CALCULO DE LA AMORTIZACIÓN DEL SISTEMA FV DE 2000 W**

<b>Sistema FV 2000 W - Energía aportada [kWh]</b>						
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
<b>Sistema FV 2000 W - Ahorro estimado - Costo de la energía actual [\$] - Con subsidio Nacional a la EPE</b>						
Ahorro Bimestral(\$)	601,59	487,71	366,90	418,89	546,64	611,00
TOTAL ANUAL(\$)	3.032,74					
Amortización [Años]	<b>39,22</b>					
<b>Sistema FV 2000 W - Ahorro estimado - Costos de energía sin subsidios Nacional a la EPE</b>						
Ahorro Bimestral(\$)	832,97	675,30	508,02	580,00	756,88	846,00
TOTAL ANUAL(\$)	4.199,18					
Amortización [Años]	<b>28,33</b>					
<b>Sistema FV 2000 W - Ahorro estimado - Costo REAL de la energía [\$]</b>						
Ahorro Bimestral(\$)	2.644,36	2.143,80	1.612,76	1.841,28	2.402,80	2.685,72
TOTAL ANUAL(\$)	13.330,72					
Amortización [Años]	<b>8,92</b>					

Tabla N° 27 Amortización de instalación FV con los costos actuales de los componentes de la misma

**Conclusiones:**

1. Como resultado del estudio, se observa en la figura 27 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 (39,22 años), por lo cual los sistemas nunca retornarían su inversión inicial. Esto los vuelve inviables económicamente.
2. En el caso de reducir parcialmente los subsidios a la energía (según propuesta vigente en los cuadros tarifarios actuales de la EPESF), los sistemas FV se amortizarían recién en el final de su vida útil (28,33 años).
3. La tercera apreciación de la tabla N° 27 es en el caso del sinceramiento de las tarifas de energía eléctrica donde los usuarios pagaran el costo real



(generación, transmisión y distribución) que tiene hoy el kWh que consumimos, en este caso los sistemas FV propuestos se vuelven totalmente viables económicamente, y los períodos 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 a 9 años.

En la siguiente tabla se analiza el repago de forma similar a la tabla anterior pero con un subsidio inicial de parte del estado en la compra de los 3 componentes importados y que conforman el 71% del costo total de la instalación según lo observado en la gráfica de la figura 44.

<b>Sistema FV 2000 W - Energía aportada [kWh]</b>						
<b>Bimestre</b>	Bim 1	Bim 2	Bim 3	Bim 4	Bim 5	Bim 6
<b>Generación bimestral(kWh)</b>	661,09	535,95	403,19	460,32	600,9	671,43
<b>Sistema FV 2000 W - Ahorro estimado - Costo de la energía actual [\$] - Con subsidio Nacional a la EPE</b>						
<b>Ahorro Bimestral(\$)</b>	601,59	487,71	366,90	418,89	546,82	611,00
<b>TOTAL ANUAL(\$)</b>	3.032,92					
<b>Amortización [Años]</b>	<b>33,17</b>					
<b>Sistema FV 2000 W - Ahorro estimado - Costos de energía sin subsidios Nacional a la EPE</b>						
<b>Ahorro Bimestral(\$)</b>	832,97	675,30	508,02	580,00	757,13	846,00
<b>TOTAL ANUAL(\$)</b>	4.199,43					
<b>Amortización [Años]</b>	<b>23,96</b>					
<b>Sistema FV 2000 W - Ahorro estimado - Costo REAL de la energía [\$]</b>						
<b>Ahorro Bimestral(\$)</b>	2.644,36	2.143,80	1.612,76	1.841,28	2.403,60	2.685,72
<b>TOTAL ANUAL(\$)</b>	13.331,52					
<b>Amortización [Años]</b>	<b>7,55</b>					

Tabla N° 28 Amortización de instalación FV con los costos subsidiados de los componentes de la misma

En la tabla 28 anterior se reproduce el estudio de la tabla 27 pero con quitas o reducción de impuestos en los elementos importados que conforman la instalación



FV. Con ello se observa mayor reducción en el tiempo de repago para las tres propuestas estudiadas.

Dado que sería inviable sincerar de una sola vez el costo de la energía, se propone realizar una mezcla de los dos estudios realizados de manera de que el repago de la instalación no supere los 10 años.

### **6.10.3. VIABILIDAD ECONÓMICA**

Los resultados del estudio económico mostraron que este tipo de propuesta de generación distribuida a baja escala, de fuerte crecimiento a nivel mundial, y con las condiciones actuales, no sería rentable en la ciudad de Santa Fe (y en general, en Argentina) dado los altos periodos de amortización que poseen los sistemas por el gran subsidio del costo de la energía y los altos impuestos a la importación del equipamiento FV. Pero de contemplarse los aumentos necesarios en los costos de la energía eléctrica (quita progresiva de subsidios) y la reducción necesaria de los impuestos a la importación, estos sistemas se tornan rentables (paridad de red).

La viabilidad de este tipo de proyectos aumentaría aún más si se dispusiese de incentivos de parte del estado para hacerlo, por ejemplo, a través de tarifas diferenciadas para la generación fotovoltaica, garantías en la estabilidad de los precios de la energía producida, facilitación de créditos “blandos” para los usuarios – generadores (sobre todo aquellos que obtengan una certificación de vivienda eficiente energéticamente), gestiones comerciales tendientes a reducir costos de adquisición, contratos de obligación de compra por parte de la distribuidora de lo generado hasta la amortización de la instalación, etc.



### **Ejemplos de países a tener en cuenta:**

- En Alemania este tipo de proyectos fue especialmente motivado por una ley que obliga a las empresas distribuidoras a comprar prioritariamente energía eléctrica generada por fuentes renovables. Quienes producen energía en su propia casa, tienen la garantía por parte del Estado de que pueden vender su “producto” a precios fijos durante 20 años. Ello creó un auge en la producción de energía limpia.
- En España, el verdadero marco regulador que impulsó definitivamente el desarrollo de centrales solares fotovoltaicas conectadas a la red fue un decreto que estipulaba una prima de 0,44 € por cada kWh fotovoltaico que se inyectaba a la red. Gracias a esta regulación, España fue en el año 2008 uno de los países con más potencia fotovoltaica instalada del mundo.
- En Francia, la energía que producen los generadores domésticos de energía puede ser comprada a un precio mayor que el que se carga a los consumidores. Por ello, se recomienda vender toda la energía producida y comprar la energía necesaria para el consumo a un precio menor. El precio ha sido fijado durante un período de 20 años por el gobierno francés.
- En México, el usuario - generador puede inyectar sus excedentes a la red pública de tal manera que se le abone el pago de una tarifa mínima por producción con vigencia de 1 año; de no tener excedentes se le cobra la diferencia entre el consumo de la red y la generación del periodo y, si esta diferencia resulta menor al costo de la tarifa mínima por producción, esta última se le cobra en lugar de la cantidad de energía suministrada por la red pública.
- En Brasil, la energía producida por la instalación del consumidor es transferida en calidad de préstamo gratuito al distribuidor y a partir de ahí, el usuario recibe un crédito en energía activa que podrá ser consumido en los siguientes 36 meses.



- En Uruguay, la cantidad de energía inyectada por el usuario generador es acreditada, teniendo el usuario dos opciones: guardarlo para descontar en futuros consumos, o bien cobrarlo. Aparte, tendrá que pagar la energía que haya consumido de la red, como hace normalmente y descontar lo que tuviera guardado a favor de meses anteriores, en caso de tener crédito. Un decreto establece también que los precios de venta de la energía de los sistemas renovables del pequeño productor, serán los mismos que los que cobra a sus clientes. Estableciendo sin embargo una excepción en el caso de los pequeños productores conectados con la Tarifa Residencial Simple. En ellos, el precio establecido para la primera franja que va de los 0 a los 100 kWh, se sustituye por la siguiente más alta.

#### **6.10.4 CRÉDITOS PARA LA ADQUISICIÓN DE EQUIPOS**

Dado que actualmente no existe una línea de crédito específica para financiar la compra e instalación de equipamiento para la generación de energía FV en las viviendas, se tomaron como ejemplo para el análisis dos créditos que implemento la provincia de Santa Fe para:

- Generación de ACS para viviendas residenciales (programa “Un sol para tu techo”)
- Generación de energía renovable para empresas ( Línea verde de créditos

##### **6.10.4.1 PROGRAMA UN SOL PARA TU TECHO PARA USUARIOS**

###### **RESIDENCIALES**

En este programa la provincia de Santa Fe a través de la Subsecretaría de Energías Renovables, dispuso financiar la adquisición de calefones solares a través de una línea preferencial de crédito ofrecida por el Nuevo Banco de Santa Fe a usuarios residenciales. Esta línea cuenta con dos opciones, una de préstamos personales a tasas bajas hasta en 60 cuotas mensuales y otra de pago con tarjeta de crédito del



Nuevo Banco de Santa Fe hasta en 18 cuotas sin interés. Mediante esta línea de financiación se alienta la fabricación nacional.

#### **6.10.4.2 LINEA VERDE DE CRÉDITOS PARA INDUSTRIAS**

Este financiamiento, orientado hacia las empresas se enmarca dentro de una estrategia provincial de fomentar la implementación de proyectos de energía renovables y eficiencia energética, y constituye una herramienta de apoyo para seguir apostando al futuro con producción local y las energías limpias.

**Esta línea de créditos se orientan hacia la financiación de:**

- Inversiones asociadas a la generación de energía renovable.
- Inversiones asociadas a la producción de equipos o partes componentes para la generación de energía renovable.
- Proyectos de eficiencia energética en el sector industrial.

Las características principales del crédito son:

- Tasa preferencial del 19.5% (tasa nominal anual)
- Financiado hasta el 80% del total del proyecto de inversión.



Figura N° 45: Folleto de promoción Programa un sol para tu techo



Figura N° 46: Folleto de promoción Línea Verde de créditos

En definitiva, todos los ejemplos anteriores muestran que la viabilidad económica de este tipo de propuestas está íntimamente ligada a la voluntad política de las instituciones competentes y a los objetivos percibidos en materia de energías renovables y diversificación de la matriz energética.



Desde el punto de vista técnico, los sistemas FV son hoy totalmente viables, generando ahorros energéticos para los usuarios a un costo de operación y mantenimiento prácticamente nulo. Tampoco se debe dejar de lado las ventajas relacionadas con la reducción en el impacto ambiental y las mejoras consecuentes para la red eléctrica de distribución.

### 6.10.4.3 OTROS CRÉDITOS

El Banco Nación Argentina tiene una línea de crédito personal que sobre todo está dirigida a Empleados Públicos Nacionales y Provinciales.

Las características fundamentales son:

Montos hasta \$ 300.000 lo que alcanzaría para la instalación fotovoltaica con consumo neto.

Plazo:

hasta 18 meses a tasa fija

De 19 a 84 meses tasa variable

Tipo de Tasa	Plazos	T.N.A. (1)	T.E.M. (2)	T.E.A. (3)
Tasa Fija	Hasta 18 meses	27,00%	2,25%	31,10%
Tasa variable (*)	De 19 a 24 meses	27,00%	2,25%	31,10%
Tasa variable (*)	De 25 a 36 meses	28,50%	2,38%	33,06%
Tasa variable (*)	De 37 a 48 meses	31,50%	2,63%	37,07%
Tasa variable (*)	De 49 a 60 meses	32,00%	2,67%	37,75%
Tasa variable (*)	De 61 a 84 meses	34,00%	2,83%	40,49%

(1) Tasa Nominal Anual  
(2) Tasa Efectiva Mensual  
(3) Tasa Efectiva Anual

Figura N° 47: Tabla de Créditos Del Banco Nación indicando tasas y plazos



## 7.0.0 CONCLUSIONES FINALES DE LA TESIS

Del estudio y análisis de la presente Tesis es posible extraer las siguientes conclusiones:

1. La energía fotovoltaica es la única que convierte directamente la energía solar en eléctrica. Varias son sus ventajas: tecnología en pleno desarrollo y aceptada internacionalmente, 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, en la mayoría de los casos no posee partes móviles, 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 y es el modo más directo de proveer de energía a decenas de millones de personas sin electricidad en el mundo

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red de baja tensión presentan una gran ventaja económica al no poseer sistema de acumulación. Además uno de los factores interesantes y más favorables para el uso de estos sistemas es la posibilidad de mejorar 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. La energía distribuida posee ventajas en comparación con la transmisión convencional que se realiza mediante las plantas termoeléctricas. La energía generada por estas plantas es transportada en alta tensión a través de grandes distancias, hasta una estación transformadora donde la tensión es rebajada para ser utilizada, provocando considerables pérdidas de energía. En cambio, 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.

Teniendo en cuenta los cálculos de amortización realizados en este trabajo a partir de los costos reales de generación térmica, 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. La disponibilidad de energía adicional durante los periodos pico puede ayudar a realzar la fiabilidad del sistema de suministro.

Otra ventaja de la Generación Distribuida a escala global es que su potenciación hace innecesaria la construcción de nuevas redes de distribución y transformadores, logrando disminuir la vulnerabilidad a problemas con las principales fuentes de suministro. 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 las siguientes acciones:
  - Desarrollar una normativa clara y sencilla de forma de crear la figura del usuario – generador, que permita la instalación de sistemas de generación FV conectada a la red en viviendas mediante un sistema de balance neto como el desarrollado en esta Tesis o similar, dada la inexistencia de una normativa clara y específica por parte del gobierno provincial.
  - Sincerar los costos de la generación eléctrica por medios convencionales (térmicos, hidráulicos, nuclear).



- Simplificar las trabas fiscales y de importación para los proveedores e instaladores de sistemas de generación de forma de equiparar con los costos internacionales los elementos de una instalación FV.

#### 4. Recomendaciones:

- Instaurar el Uso Racional y Eficiente de la Energía como política de estado, haciendo cumplir de forma obligatoria las normas IRAM referente a la aislación de las nuevas edificaciones de viviendas y ante la remodelación de las existentes.
- Instalación de planes nacionales y provinciales que permitan la sustentabilidad de la instalación de centrales, mediante la incorporación de un programa que permita la fabricación de módulos, inversores y accesorios en nuestro país.
- Solicitar para el otorgamiento de créditos blandos para una instalación mayor a una determinada potencia una certificación de eficiencia energética de la vivienda
- Otorgar créditos blandos para la adquisición e instalación de este tipo de sistemas de generación de manera que con el ahorro en la compra de energía se pague la cuota del crédito , logrando que la instalación se pague dentro del periodo de amortización razonable (6-8 años para una vida media de 25 años de los equipos)



### 8.0.0 BIBLIOGRAFÍA

<sup>1</sup>BP (BritishPetrol) Statistical Review of World Energy. 2013 .Primary energy .  
[http://www.bp.com/content/dam/bp-country/fr/fr/Documents/Rapportsetpublications/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_2013.pdf](http://www.bp.com/content/dam/bp-country/fr/fr/Documents/Rapportsetpublications/statistical_review_of_world_energy_2013.pdf) [Consulta: Enero 2014]

<sup>2</sup>IEA. (International Energy Agency).World Energy trend to 2030 .2009  
<http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2009/WEO2009.pdf>  
[Consulta: febrero 2014]

<sup>3</sup>Bp-energy-outlook-2035 Desaceleración del crecimiento de la demanda de energía mundial, a pesar del incremento en las economías emergentes.2014  
[http://www.bp.com/es\\_es/spain/prensa/notas-de-prensa/2014/bp-energy-outlook-2035.html](http://www.bp.com/es_es/spain/prensa/notas-de-prensa/2014/bp-energy-outlook-2035.html) [Consulta: Mayo 2014]

<sup>4</sup>BP-Energy-Outlook-2035-Summary-Tables-2015 'Energy Consumption by fuel  
<http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook-2035/energy-outlook-downloads.html> [Consulta: Mayo 2015]

<sup>5</sup>BP Statistical Review of World Energy.2013 Global energy .2013  
[http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2015/bp-energy-outlook-booklet\\_2013.pdf](http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2015/bp-energy-outlook-booklet_2013.pdf) [Consulta: Mayo 2014]

<sup>6</sup>BP. Energy Outlook 2030.2011 <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2016/bp-energy-outlook-2011.pdf> [Consulta: Mayo 2014]

<sup>7</sup>BP Statistical Review of World Energy 2014  
<http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf>[Consulta: Agosto 2014]

<sup>8</sup>BP Statistical Review of World Energy .2014  
<http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf> [Consulta: Agosto 2014]

<sup>9</sup>Secretaria de Energía de la Nación. Balance Energético 2013. Rev B  
<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366> [Consulta: Agosto 2014]



<sup>10</sup>Secretaría de Energía de la Nación. Balance energético nacional 2013

<http://www.minem.gob.ar/energia/contenidos/verpagina.php%3Fidpagina=3366.html> [consulta julio 2014]

<sup>11</sup>KPMG. Estudio económico sobre recursos convencionales, shale oil y shale gas en Argentina, situación actual y perspectivas 2013

<https://www.kpmg.com/AR/es/foro-energia/enfoques/encuestas-vision-futuro/Documents/ShaleOilGas.pdf> [Consulta: Agosto 2014]

<sup>12</sup>EIA (U.S. Energy Information Administration) Informe sobre la Energía en Argentina – 1º PARTE .2012

<http://egresadoselectronicaunc.blogspot.com.ar/2013/10/informe-del-24072012-de-la-eia-us.html> [Consulta: Enero 2014]

<sup>13</sup> KPMG. Estudio económico sobre recursos convencionales, shale oil & shale gas en Argentina

<https://www.kpmg.com/AR/es/foro-energia/enfoques/encuestas-vision-futuro/Documents/ShaleOilGas.pdf> [Consulta: Agosto 2014]

<sup>14</sup>Secretaría de Energía de la Nación. Balance energético nacional 2013

<http://www.minem.gob.ar/energia/contenidos/verpagina.php%3Fidpagina=3366.html> [Consulta: Julio 2014]

<sup>15</sup>Secretaría de Energía de la Nación. Balance energético nacional 2013

<http://www.minem.gob.ar/energia/contenidos/verpagina.php%3Fidpagina=3366.html> [Consulta: Julio 2014]

<sup>16</sup>Econométrica S.A. Presente y futuro del gas en la Argentina. Febrero 2012

[http://www.iae.org.ar/Econometrica\\_FEB\\_2012.pdf](http://www.iae.org.ar/Econometrica_FEB_2012.pdf) [Consulta Marzo 2014]

<sup>17</sup>KPMG. Producción y consumo de petróleo y gas convencional en el mundo. 2012

<https://www.kpmg.com/AR/es/foro-energia/enfoques/encuestas-vision-futuro/Documents/ShaleOilGas.pdf> [consulta: Junio 2014]



<sup>18</sup>IAE. Informe de Tendencias del Sector Energético Argentino. 2014

[http://web.iae.org.ar/wp-content/uploads/2014/03/IAE\\_Mosconi\\_Tendencias\\_enero-2014.pdf](http://web.iae.org.ar/wp-content/uploads/2014/03/IAE_Mosconi_Tendencias_enero-2014.pdf) [consulta: marzo 2014]

<sup>19</sup>Peirano, R. La Crisis Energética Argentina No Ocurre "En Países Serios" 6 de enero 2014. El Observador.

<http://www.elobservador.com.uy/> [consulta: Junio 2014]

<sup>20</sup>BP Energy Outlook 2030. Global energy trends .2012

<http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2016/bp-energy-outlook-2012.pdf> [Consulta: Junio 2014]

<sup>21</sup>Cammesa. Datos de la operación. 2014

<http://portalweb.cammesa.com/pages/datosoperativos.aspx> [Consulta: junio 2014]

<sup>22</sup>Cammesa. Informe Mensual del MEM y MEMSP. 2014

<http://portalweb.cammesa.com/memnet1/Pages/descargas.aspx> [Consulta Junio 2014]

<sup>23</sup>Secretaría de Energía de la Nación. Balance Energético 2010. Rev A (Provisorio)

<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366> [consulta: Enero 2014]

<sup>24</sup>Secretaría de Energía de la Nación. Balance Energético 2013

<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366> [Consulta junio 2014]

<sup>25</sup>Secretaría de Energía de la Nación. Balance Energético 2013

<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366> [Consulta junio 2014]

<sup>26</sup>Informe mensual de precios de la energía. 2014

<http://www.montamat.com.ar/category/informe-de-precios/> [Consulta Junio 2014]



<sup>27</sup>EPE. Plan estratégico 2010 – 2025

[https://www.epe.santafe.gov.ar/fileadmin/archivos/Prensa/planestrategico20102025/Plan\\_Estrategico\\_EPE\\_2010-2025.pdf](https://www.epe.santafe.gov.ar/fileadmin/archivos/Prensa/planestrategico20102025/Plan_Estrategico_EPE_2010-2025.pdf) [Consulta Junio 2014]

<sup>28</sup>Comisión Nacional de Energía Atómica. Boletín Energético 2° semestre 2012

[http://www.cnea.gov.ar/sites/default/files/BoletinEner\\_30.pdf](http://www.cnea.gov.ar/sites/default/files/BoletinEner_30.pdf) [Consulta: Marzo 2014]

<sup>29</sup>Montamat & Asociados. Informe mensual de precios de la energía .2014

<http://www.montamat.com.ar/category/informe-de-precios/> [Consulta Junio 2014]

<sup>30</sup>Gobierno de Santa Fe. Consumo energético en la Provincia de Santa Fe .2014

<http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/199710/968350/file/Consumo%20de%20energi?a.pdf> [Consulta: Julio 2014]

<sup>31</sup>Buitrago, R. 2011. Apuntes de la cátedra de Energía solar fotovoltaica “Maestría en Energía para el Desarrollo Sostenible” de la FCEIA – UNR.

<sup>32</sup>IAE. Evolución de las reservas de hidrocarburos en Argentina en la década de 2000.2010.

[http://www.iae.org.ar/especiales/Informe\\_reservasdecada2000.pdf](http://www.iae.org.ar/especiales/Informe_reservasdecada2000.pdf) [consulta: Marzo 2015]

<sup>33</sup>Honorable Cámara de Diputados de la Nación. Proyecto de resolución.2014

<http://www1.hcdn.gov.ar/proyaml/expediente.asp?fundamentos=si&numexp=6047-D-2014> .[consulta: Marzo 2015]

IAE. (Instituto Argentino de Energía “General Mosconi”) subsidios energéticos y su impacto fiscal.2013

<http://web.iae.org.ar/wp-content/uploads/2013/10/Presentaci%C3%B3n-Guido-Rangugni.pptx.pdf> [consulta: Marzo 2015]

<sup>34</sup>Wikipedia. Sistema de suministro eléctrico con balance neto.2014

[https://es.wikipedia.org/wiki/Autoconsumo\\_fotovoltaico](https://es.wikipedia.org/wiki/Autoconsumo_fotovoltaico) [consulta: Marzo 2014]



<sup>35</sup>BP Energy charting tool 2014

<http://tools.bp.com/energy-charting-tool.aspx#/st/renewables/dt/consumption/unit/MTOE/region/NOA/SCA/EU/MIE/AFR/AP/view/area/> [Consulta: Julio 2014]

<sup>36</sup><sup>37</sup>Secretaria de Energía de la Nación .Balance Energético 2013

<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>  
[Consulta: Junio 2014]

<sup>37</sup>Secretaria de Energía de la Nación .Balance Energético 2013

<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>  
[Consulta: Junio 2014]

<sup>38</sup>ENARSA. Estado de situación de las licitaciones de generación de energía eléctrica a partir fuentes renovables 2012

<http://www.enarsa.com.ar/es/energiasrenovables> [consulta marzo 2015]

<sup>39</sup>Secretaria de Energía de la Nación. PERMER. Provincias.2014

<https://www.se.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=1571> [Consulta Agosto 2014]

<sup>40</sup>Código Técnico de Edificación.2006.Marco reglamentario

<http://www.codigotecnico.org/index.php/menu-que-cte/marco-reglamentario>  
[Consulta: Abril 2014]

<sup>41</sup>SMA.Autoconsumo energético.2014

<http://www.sma-iberica.com/es/productos/autoconsumo-energetico.html> [Consulta: Agosto 2014]

<sup>42</sup>Montamat & Asociados. Informe mensual de precios de la energía .2014

<http://www.montamat.com.ar/category/informe-de-precios/> [Consulta Junio 2014]

<sup>43</sup>Arribas González, C. 2012 .Proyecto Fin de Carrera “Análisis del balance neto fotovoltaico”. Universidad Carlos III Madrid.



<sup>44</sup>Arribas González, C .2012 Proyecto Fin de Carrera: “Análisis del balance neto fotovoltaico”. Universidad Carlos III Madrid.

<sup>45</sup>ENARSA. Licitaciones publicas.2009

<http://www.enarsa.com.ar/es/licitacionesListado> [Consulta: Julio 2014]

<sup>46</sup>ENARSA. Licitaciones públicas.2009.

<http://www.enarsa.com.ar/es/licitaciones> [consulta: junio 2014]

<sup>47</sup>ENARSA.Resultados licitaciones públicas.2010

<http://www.enarsa.com.ar/es/resultados> [consulta: junio 2014]

<sup>48</sup>Cammesa Informe Mensual del MEM y MEMSP

<http://portalweb.cammesa.com/memnet1/Pages/descargas.aspx> [Consulta Junio 2015]

<sup>49</sup>Edenor. Pérdidas de Energía.2008

[http://www.edenor.com.ar/cms/SP/EMP/RI/EST\\_perdidas.html](http://www.edenor.com.ar/cms/SP/EMP/RI/EST_perdidas.html) [Consulta Junio 2014]

<sup>50</sup>EPE.Procedimiento técnico para la conexión de grupos generadores en isla o en paralelo con la Red.2013

<https://www.epe.santafe.gov.ar/fileadmin/archivos/Comercial/ConexionGeneradores/ProcedimientoTecnico.pdf> [Consulta: Enero 2014]

<sup>51</sup>Intendencia Municipalidad de Rosario.Decreto 2120 – Ordenanza 8784 .2012

<http://www.rosario.gov.ar/normativa/verArchivo?tipo=pdf&id=85855>[Consulta: Agosto 2014]

<sup>52</sup>PV GRID PARITY MONITOR Residential Sector issue 3rd .2015

[http://www.leonardo-energy.org/sites/leonardo-energy/files/documents-and-links/pv\\_grid\\_parity\\_monitor\\_-\\_residential\\_sector\\_-\\_issue\\_3.pdf](http://www.leonardo-energy.org/sites/leonardo-energy/files/documents-and-links/pv_grid_parity_monitor_-_residential_sector_-_issue_3.pdf)[Consulta:Marzo 2015]



<sup>53</sup>PV GRID PARITY MONITOR Residential Sector issue 3rd.2015

[http://www.leonardo-energy.org/sites/leonardo-energy/files/documents-and-links/pv\\_grid\\_parity\\_monitor\\_-\\_residential\\_sector\\_-\\_issue\\_3.pdf](http://www.leonardo-energy.org/sites/leonardo-energy/files/documents-and-links/pv_grid_parity_monitor_-_residential_sector_-_issue_3.pdf)[Consulta: Marzo 2015]

<sup>54</sup>Cammesa. Datos de la operación.2014

<http://portalweb.cammesa.com/default.aspx>. [Consulta: Noviembre 2014]

<sup>55</sup>Asociación industria Fotovoltaica. 2011.

[http://www.energias-renovables.com/empresa-empresas-271-ASIF.\\_Asociaci%C3%B3n\\_de\\_la\\_Industria\\_Fotovoltaica](http://www.energias-renovables.com/empresa-empresas-271-ASIF._Asociaci%C3%B3n_de_la_Industria_Fotovoltaica). [Consulta: Junio 2014]

<sup>56</sup>UNEF. Legislación fotovoltaica. 2011

<http://unef.es/legislacion-fotovoltaica/> [Consulta: Junio 2014]

<sup>57</sup>NASA.Datos de Radiación.2014.

<https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/> [Consulta: Enero 2014]

<sup>58</sup>Calculo propio con datos según datos NASA.2014

<https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/> [Consulta febrero 2014]

<sup>59</sup>Calculo propio con datos según datos NASA.2014

<https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/> [Consulta febrero 2014]

<sup>60</sup>Serrasoles, J. 2004. Tejados fotovoltaicos .Energía Solar conectada a la red eléctrica. Editorial ilustrada

<sup>61</sup>Secretaria de Energía de la Nación.Resolución N° 319/99 de la Ex SICyM .1999.

<http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3965>[Consulta: Junio 2014]

<sup>62</sup>UFRGS. Datos de Radiación solar.2014.

<http://www.solar.ufrgs.br/#softwares> [Consulta: febrero 2014]

<sup>63</sup>Solartec. Módulos Fotovoltaicos.2014.

<http://www.solartec.com.ar/modulos-fotovoltaicos.html> [Consulta: diciembre 2014]



<sup>64</sup>Falk, A., Dürschner, C., Remmers, K. 2006. Fotovoltaica para Profesionales. Editorial Progenza.

<sup>65</sup>Buitrago, R. 2011. Método de la eficiencia corregida. Apuntes de la cátedra de Energía solar fotovoltaica “Maestría en Energía para el Desarrollo Sostenible” de la FCEIA –UNR.

<sup>66</sup>SMA. Inversores solares

<http://www.sma-iberica.com/es/productos/inversores-solares.html> [Consulta: Agosto 2014]

<sup>67</sup>EPE. Cuadro Tarifario. 2015.

<http://www.epe.santafe.gov.ar/?id=34> [Consulta: Marzo 2015]

<sup>68</sup>Negróni, J. 2013 -Diseño y Dimensionamiento de sistemas solares Fotovoltaicos conectados a la red, CDT – Cámara Chilena de la Construcción

<sup>69</sup>Wikipedia. Radiación solar. 2014

[https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n\\_solar](https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_solar) [Consulta: Junio 2014]

<sup>70</sup>AYUN Energía Sustentable. Información sobre la energía solar. 2011

<http://www.ayunenergia.com/energia-solar#informacion> [consulta: junio 2014]

<sup>71</sup>El Sol como única fuente de energía para la Tierra

<http://www.omicrono.com/2015/10/cuantos-paneles-solares-harian-falta-para-alimentar-la-tierra-solo-con-el-sol/> [consulta: febrero 2015]

<sup>72</sup>Sol Urbano. La Radiación Solar en la Argentina. 5 2014

[http://sol-urbano.com.ar/?page\\_id=51](http://sol-urbano.com.ar/?page_id=51) [Consulta: Junio 2014]

<sup>73</sup>Negróni, J. -Diseño y Dimensionamiento de sistemas solares Fotovoltaicos conectados a la red, CDT – Cámara Chilena de la Construcción, Chile, 2013



## ANEXOS

### ANEXO 1: CALCULOS ELECTRICOS

#### Determinación de la sección de conductores en CC y CA

Para la instalación eléctrica se calcularon las secciones de los conductores para que las intensidades y las caídas de tensión estén dentro de los márgenes establecidos en el Reglamento de instalaciones eléctricas de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA), pero además que sea lo más eficiente posible tratando de disminuir las pérdidas al máximo posible. Por ejemplo se calcularon los conductores para que la caída de tensión no sea superior al 1 % en el tramo de corriente continua, desde los paneles fotovoltaicos hasta el inversor, si bien el recomendado es que sea menor a 3%. Para realizar los cálculos eléctricos se ha considerado la situación más crítica que es la que tiene una producción máxima en la instalación FV. En estas condiciones la tensión entre los terminales de las placas es de 22,1 V a circuito abierto y la intensidad de corto circuito que es de 5,86 A.

Como se explicó anteriormente el generador fotovoltaico se compone de 20 paneles en serie, estos se unen mediante su caja de conexión para luego conectar con el inversor para la conversión de corriente continua en corriente alterna.

Para hacer los cálculos, la instalación se dividió en tramos y se ha estudiado la intensidad, tensión y caída de tensión asociada.

El tramo 1 es el que une los 20 paneles en serie al gabinete del inversor. El tramo 2 une el inversor con la conexión a la red.

Por lo que en nuestra instalación tenemos:

$$U = U_{\text{panel}} (\text{V}) * 20 \text{ paneles} = 442 \text{ V}$$

$$I = I_{\text{string}} (\text{A}) = 5,86 \text{ A}$$

$$u = 0,01 * 442 \text{ V} = 4,42 \text{ V}$$

Siendo  $u$  máxima caída de tensión.



## Calculo de la sección en Corriente Continua desde paneles al Inversor

### Criterio de la corriente admisible

Dado que existe normativa española exclusiva para instalaciones fotovoltaicas, para los cálculos se tomaron las recomendaciones de la misma.

La intensidad máxima que en régimen permanente va a circular por el cable va a ser 5,86 A, valor que debe ser incrementado en un 25% según nos indica el punto 5 de la ITC-BT 40 (Instalaciones generadoras de BT) del Reglamento de baja tensión (REBT). Dado que la línea recibe la acción solar directa por estar a la intemperie y además la temperatura ambiente es superior al estándar de 40 °C, aplicamos también coeficientes de corrección por estos motivos.

Corrección por temperatura=0,9

Corrección por exposición al sol=0,9

Por lo tanto:

$$I_{adm} = 1,25 * 5,86(A) / (0,9 * 0,9) = 9 \text{ A}$$

Entonces según catálogo de cables Prysmian tabla A.52-1bis correspondería conductores de 1,5 mm<sup>2</sup> de sección.

### Criterios de la caída de tensión:

$$1- \quad S = \frac{L * I_{cc}}{u * K}$$

Siendo:

L: longitud en m

I<sub>cc</sub>: corriente de corto circuito

u: caída de tensión

K: Conductividad del cobre a 70°C

2- Para atenuar las caídas de tensión en primera instancia se selecciona un conductor de 2,5 mm<sup>2</sup> de sección cuya corriente admisible en aire es 21 A....



El fabricante recomienda aplicar un factor de corrección de 0,9 por estar expuesto al sol y el factor de corrección por temperatura de 0,9. Además el factor de agrupamiento es 1.

$$I_{adm} = I_{adm\text{catalogo}} * F_{temp} * F_{cagrup} * F_{cintemp}$$

$$I_{adm} = 21(A) * 0,9 * 1 * 0,9 = 17,01(A)$$

La corriente admisible del conductor es superior a la máxima posible en la instalación CC. La caída de tensión según AEA de este conductor es de 15 V/Akm.

$$\Delta U = L * I_{max} * \Delta U_{catalogo}$$

$$\Delta U = 0,040(km) * 5,86(A) * 15 \left( \frac{V}{Akm} \right) = 3,52 (V)$$

Si bien la caída de tensión está por debajo del 1% para el conductor de 2,5 mm<sup>2</sup> los paneles poseen chicotes de 4mm<sup>2</sup> por lo tanto se selecciona conductor de 4mm<sup>2</sup> desde los paneles al inversor.

El cable seleccionado que se consigue en nuestro país para este tramo además de la sección calculada, tienen las siguientes características:

Modelo Sintenax Viper (Pirelli)

Tensión 0,6/1,1 KV IRAM NM 2178

Material Cobre (Cu)

Conductividad 56 m/Ω· mm<sup>2</sup> (40°C)

Resistividad 0,017 Ω· mm<sup>2</sup>/m (40°C)

Aislamiento XLPE

Existe un conductor especial para instalaciones fotovoltaicas que es el P-SUN 2.0 (PRYSMIAN) no existente en el país.

### **Tramo en corriente alterna desde el inversor hasta la conexión de línea EPE**

También en corriente alterna desde el inversor hasta la red de la EPE se calcula la caída de tensión para que sea como máximo del 3 % si bien también la recomendada por el reglamento es del 5%. Para dicho cálculo se consideró la



potencia resultante del string que compone la instalación de los generadores fotovoltaicos, y de esta manera calcular la intensidad nominal.

Con esta intensidad nominal, y a partir de la tabla de conductores y según el tipo de cable a utilizar se seleccionó una sección de manera tal que la intensidad admisible no supere la intensidad nominal. Una vez hecha una primera estimación de la sección, se calcula la caída de tensión resultante.

La máxima corriente de salida en el lado de corriente alterna del inversor es 11 A. Las condiciones de instalación y la longitud del conductor es variable según las instalaciones de cada usuario.

Pero considerando una temperatura ambiente de 45°C, para una instalación con cable tipo syntenax viper tripolar en bandeja, y para distancia máxima de 20 m desde el inversor al tablero de conexión a la red pero sabiendo que la EPE reglamentó para sus conexiones a la red una sección no menor a 4mm<sup>2</sup>, vemos cuál es su corriente máxima:

$$I_{adm} = I_{adm\text{catalogo}} * F_{Ctemp} * F_{Cagrup} * F_{Cintemp}$$

$$I_{adm} = 28(A) * 0,9 * 0,9 * 1 = 22,68(A)$$

La corriente admisible por el conductor es superior a la máxima corriente esperable (11A) en el lado de corriente alterna.

Para este conductor en la tabla 771.19.IV de la AEA se estima una caída de tensión de 10V/AKm.

Por lo tanto su máxima caída de tensión es:

$$\Delta U = L * I_{max} * \Delta U_{\text{catalogo}}$$

$$\Delta U = 0,020(Km) * 11 (A) * 10(V/AKm) = 2,2 (V)$$

Entonces considerando la tensión nominal de sistema al conectarse a la red 220 V, en el peor de los casos la caída de tensión en CA será de 1%.



Tramo	Potencia	Tensión	Longitud	Intensidad	Sección	Imax. Admisible en aire	Caída de tensión	Caída de tensión
	(W)	(V)	(m)	(A)	(mm <sup>2</sup> )	(A)	(V)	(%)
1 CC	2460	419,9	20	5,86	4	28	2,2	0.5
2 CA	2200	220	20	22	4	28	2,2	1

Tabla n° 39: resumen cálculo de conductores. Fuente: elaboración propia

La caída de tensión total calculada corresponde por lo tanto al caso más desfavorable, a partir de los cálculos obtenidos se puede comprobar que las caídas de tensión y las intensidades de los conductores no superen los límites establecidos en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión de la AEA.

### Determinación de las protecciones

En este tipo de instalaciones aplicamos la reglamentación vigente para baja tensión de la AEA, tanto para corriente continua como para alterna.

Se debe tener en cuenta el tipo de llave Termomagnética utilizado en CC y CA es distinto, por lo cual debemos tener especial atención en su selección.

Según consejos de algunos fabricantes, para seleccionar el calibre de una Termomagnética debemos multiplicar el valor de consumo real por 1,3 y en el caso de fusibles por 1,5.

$$I_{mag} = I_n * 1,3$$

$I_{fus} = I_{paso} * 1,5$  En el caso de proteger la línea de paneles se debe tomar I corto circuito.

Si se debiera conectar fusibles en la línea de paneles, para el cálculo utilizaremos la  $I_{sc}$  por el número total de ramas en paralelo.

$$I_{fus} = I_{sc} * n^{\circ} \text{ de ramas} * 1,5, \text{ o por } 1,3 \text{ si fuesen termomagnéticas}$$

Además siempre se debe cumplir que:

$$I_{paso} \leq I_{mag} \leq I_{cable}$$



En el caso de las protecciones para el tramo 1, desde los paneles a la caja de conexión la corriente máxima admisible de los conductores en el lado de CC es de 50 A, mientras que la máxima esperable es de 5,86 A.

Como el inversor posee sus propias protecciones, y sabiendo que los interruptores termo magnéticos protegen a los conductores, el máximo calibre comercial admisible para las protecciones es de 40 A para CC y 25 A para CA.

Entonces adoptando un criterio conservador, se eligen protecciones termo magnéticas con curvas tipo C, de 8 A para primer tramo de CC y 10 A para segundo tramo CC, teniendo de esta forma selectividad en la protección. En el tramo de CA la protección será de 16 A y una protección diferencial de 2 x 25 A 30 mA. Además para el lado de CA se utilizara una protección para sobretensiones transitorias de 230 V – 10 kA, del tipo empleado en instalaciones eléctricas.

### **CALCULO DE LA SEPARACIÓN DE LOS PANELES SOLARES SOBRE SUPERFICIE HORIZONTAL**

La distancia mínima entre las filas se puede determinar geoméricamente (anexo 3 página 159), y queda determinada en el caso de un techo horizontal con la siguiente formula.

$$d_{min} = l \left( \frac{\cos \beta + \sin \beta}{\tan H} \right)^{68}$$

Siendo:

- L: largo del panel seleccionado
- H: la altura solar mínima determinada según:  $H = (90^\circ - \phi) - 23,5^\circ$
- $\beta$  **28,5°** según datos de la NASA para una instalación fija.

$$d_{min} = 1028mm \left( \frac{\cos 28,5^\circ + \sin 28,5^\circ}{\tan 34,5^\circ} \right)$$

---

<sup>68</sup> Negroni, J -Diseño y Dimensionamiento de sistemas solares Fotovoltaicos conectados a la red, CDT – Camara Chilena de la Construcción, Chile,2013



$$d_{min} = 2992 \text{ mm}$$

Entonces distancia mínima entre comienzo de cada hilera de paneles para un techo o soporte horizontal deberá ser de:

$$d_{min} = 3 \text{ m}$$

## ANEXO 2: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

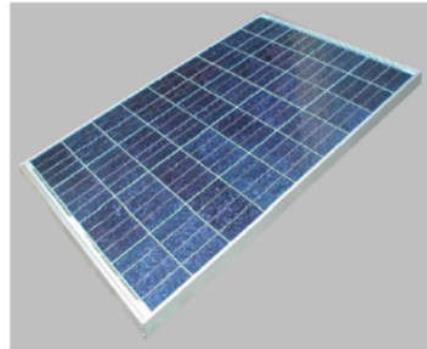
- **Módulo Fotovoltaico**

### SOLARTEC® KS100T

#### MODULO FOTOVOLTAICO POLICRISTALINO DE ALTO RENDIMIENTO

POTENCIA NOMINAL 100 Wp

INDUSTRIA ARGENTINA



#### CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los módulos Solartec son fabricados en base a celdas fotovoltaicas de silicio policristalino de alta eficiencia producidas por Kyocera en Japón. La eficiencia de conversión de estas celdas es superior al 14%.

Para protegerlas de los agentes atmosféricos y aislarlas eléctricamente, las celdas son encapsuladas con material plástico EVA (etil-vinil-acetato) estable a la radiación ultravioleta. El frente expuesto al sol es de vidrio templado de alta transparencia (bajo contenido de hierro) y de 3 mm de espesor, lo que le otorga una mayor resistencia al impacto. La cara posterior es de TPE, una lámina plástica compuesta de elevada resistencia mecánica y eléctrica.

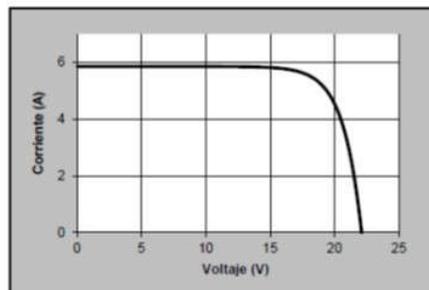
El marco de aluminio anodizado asegura la rigidez estructural y facilita su instalación. La caja de conexiones fijada a la cara posterior permite la interconexión con los otros componentes del sistema.

#### ■ Características Eléctricas

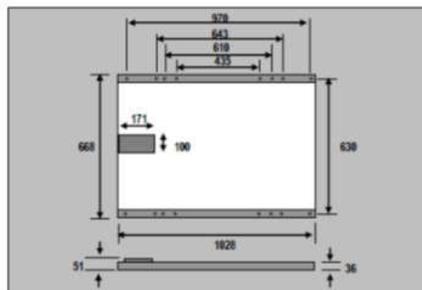
Potencia Nominal (PN)	100 Wp
Tensión a PN	18,3 V
Corriente a PN	5,46 A
Tensión de circuito abierto	22,1 V
Corriente de corto circuito	5,86 A

#### ■ Características Mecánicas

Largo	1028 mm
Ancho	668 mm
Espesor	36 mm
Peso	8,00 Kg



Los valores y la curva están dados para las condiciones de insolación de 1 KW/m<sup>2</sup>, masa atmosférica 1.5 y temperatura de celda de 25°C.  
Potencia Mínima Garantizada = Potencia Nominal - 10 %



Todas las distancias están expresadas en mm.

#### SOLARTEC S.A.

México 2145 – 1640 Martínez - Buenos Aires – Argentina  
TE: 54-11-4836-1040 Fax: 54-11-4836-1381  
info@solartec.com.ar www.solartec.com.ar

SOLARTEC S.A. se reserva el derecho de efectuar modificaciones técnicas sin previo aviso.

ET KS100T v1

- Inversor 12Vcc – 220 Vca para conexión a la red



SUNNY BOY 1300TL / 1600TL / 2100TL



**Efficient**

- Efficiency of 96%
- Transformerless
- Complete monitoring solution thanks to integrated Speedwire/Webconnect interface

**Safe**

- Integrated ESS DC load-break switch (optional)

**Reliable**

- Proven technology
- Maintenance free thanks to connection cooling

**Easy to Use**

- SUNCORD DC plug-in system
- Easy commissioning of the integrated Speedwire/Webconnect interface

## Sunny Boy 1300TL / 1600TL / 2100TL

Small inverters for high yields

Combining a wide input voltage and input current range, the transformerless Sunny Boy can be connected to nearly all standard crystalline PV modules. As a proven entry-level model, its efficiency is first-class. Its low weight and robust enclosure make installation easy, both indoors and outdoors. With its three power classes, it is the ideal inverter for smaller PV systems.





## **ANEXO 3: MARCO TEÓRICO**

### **EL SOL Y LA RADIACIÓN SOLAR**

El Sol es la estrella más cercana al planeta Tierra; su edad se estima en unos 5000 millones, es una fuente de energía descentralizada, limpia e inagotable. Su radio es 109 veces el de la Tierra, esto es,  $6.96 \times 10^5$  km, se encuentra ubicado a una distancia media de la Tierra de  $1.496 \times 10^8$  km, se habla de distancia media pues la misma varía a lo largo del año.

Nuestro planeta recibe del sol una cantidad de energía anual de aproximadamente 1,6 millones de Kilowatt por hora, de los cuales sólo un 40% es aprovechable, una cifra que representa varios cientos de veces la energía que se consume actualmente en forma mundial.

Al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol se las denomina radiación solar. El comportamiento del sol es muy semejante al de un cuerpo negro el cual emite energía siguiendo la ley de Planck a una temperatura de unos 6000 K. La distribución de la radiación solar se puede observar en la figura, donde su distribución es desde el infrarrojo hasta el ultravioleta.

Como mencionamos anteriormente un gran porcentaje de la radiación de ondas ultravioletas de ondas más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono.

El aprovechamiento energético está entonces condicionado por la intensidad de radiación solar recibida por la tierra, los ciclos diarios y anuales a los que está sometida y las condiciones climatológicas del lugar. Se define energía solar a aquella que mediante conversión a calor o electricidad se aprovecha de la radiación proveniente del sol; otra forma de aprovechamiento asociado considera la posibilidad de hacer uso de la iluminación natural y las condiciones climatológicas de cada emplazamiento en la construcción de edificios mediante lo que se denomina arquitectura bioclimática.

La irradiancia es la magnitud con que se mide la radiación solar que llega a la Tierra, esta mide la energía por unidad de tiempo y área que alcanza a la Tierra. Su unidad de medición es el  $Wm^2/nm$ .

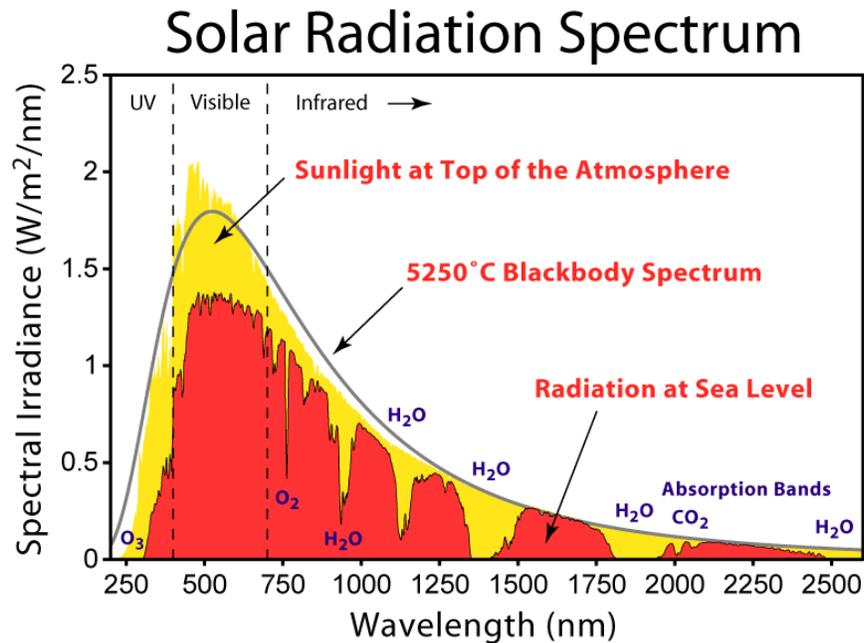


Figura n° 48: Espectro de la radiación solar<sup>69</sup>

En el diagrama de la figura 48 se muestra como la atmosfera realiza el filtrado de parte de la radiación solar que llega a la parte superior de la atmosfera de la tierra (en color amarillo). A pesar del filtro proporcionado por la atmosfera, la luz visible es la parte más importante de la radiación que llega a la superficie de la tierra (en color rojo). También la figura muestra la actividad fotosintética que se ajusta a la radiación (en color verde).

<sup>69</sup>Wikipedia. Radiación solar. 2014 [https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n\\_solar](https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_solar) [Consulta: Junio 2014]

## RECURSO SOLAR MUNDIAL

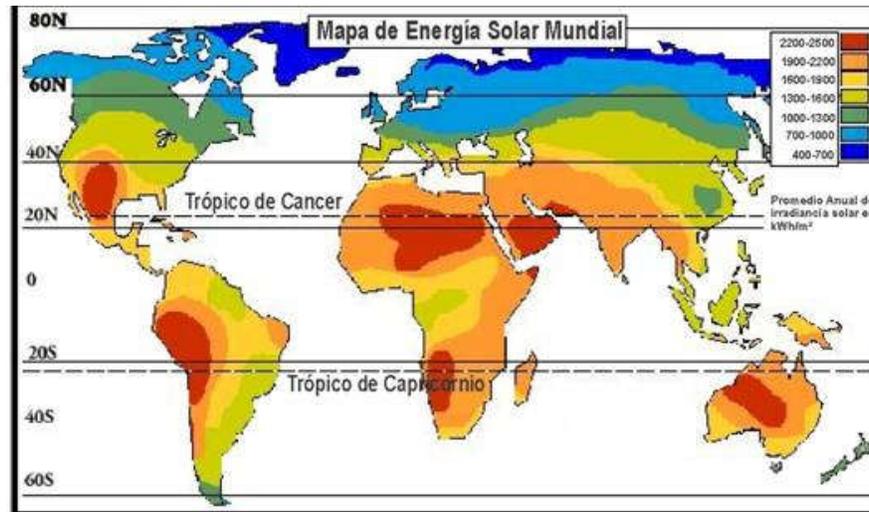


Figura n° 49: Mapa del recurso solar mundial<sup>70</sup>

En la imagen de la figura n° 49 se puede observar las zonas del planeta donde se concentra la radiación según una paleta de colores que va del azul ( menor radiación) , al rojo ( mayor radiación), lo cual es un importante indicio del potencial de esta energía solar Fotovoltaica y Termosolar.

### AREA FV NECESARIA PARA CUBRIR LA DEMANDA MUNDIAL DE ENERGIA

De acuerdo al Departamento de Energía de USA el consumo mundial anual de energía en todas sus formas (Petróleo, gas, carbón, nuclear, hidroelectricidad, fotovoltaica, etc.) es de  $199 \times 10^{12}$  KWh/año = 199 Tera Watt-h/año.

En regiones con buen recurso solar se puede estimar un potencial de energía solar promedio de 0,2 KW/m<sup>2</sup> (20% de rendimiento), que multiplicado por las horas equivalentes de insolación anual 2000 hs/año, da una capacidad solar de 400 KWh/m<sup>2</sup>.año.

<sup>70</sup>AYUN Energía sustentable. Información sobre la energía solar <http://www.ayunenergia.com/energia-solar#informacion> [consulta: junio 2014]

Dividiendo el consumo mundial por la potencia solar obtenemos la superficie terrestre necesaria para generar esa energía:

$$\frac{199 \text{ TWh/año}}{400 \text{ KWh/m}^2 \cdot \text{año}} = 497500 \text{ Km}^2$$

Superficie del Desierto de Sahara es de 9.064.958 Km<sup>2</sup> es decir 18 veces más Superficie

La República Argentina tiene 2.791.810 Km<sup>2</sup> es 5,6 veces mayor que 497500 Km<sup>2</sup>

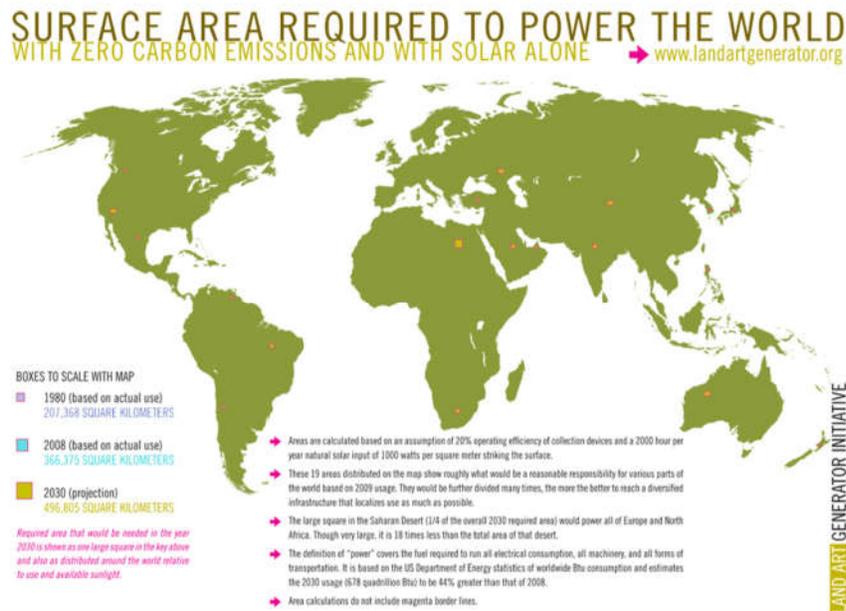


Figura nº 50: Distribución mundial de áreas solares necesarias<sup>71</sup>

<sup>71</sup>Sol urbano. El Sol como única fuente de energía para la Tierra 2015

<http://www.omicron.com/2015/10/cuantos-paneles-solares-harian-falta-para-alimentar-la-tierra-solo-con-el-sol/> [consulta: febrero 2015]

En el mapa de la figura 50 se pueden observar la superficie necesaria total de instalaciones fotovoltaicas dividida en 19 áreas distribuidas en los distintos continentes que suministrarían la energía necesaria para el año 2030 según datos de consumo de energía suministrados por la EIA.

Dado el aumento en el consumo de energía mundial, esta área es 44% mayor a la necesaria en el año 2008.

### RECURSO SOLAR EN ARGENTINA

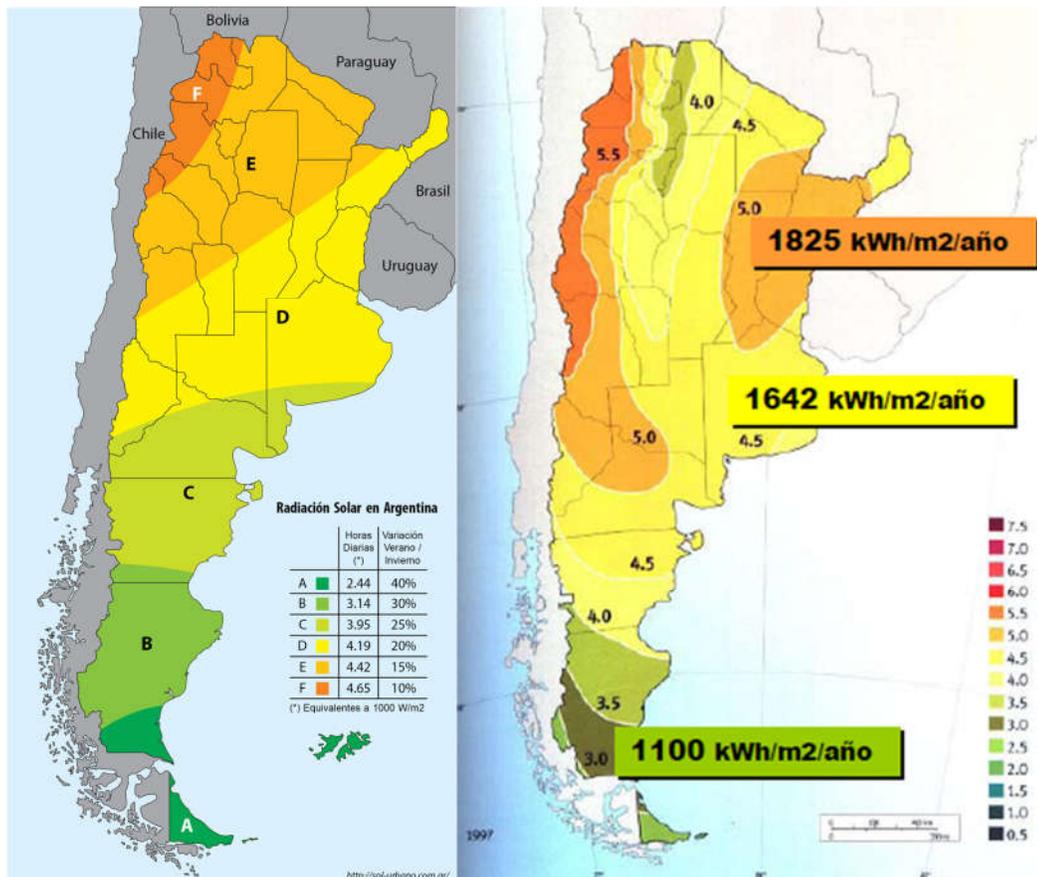




Figura nº 51: Potencial de Energía solar anual promedio en Argentina<sup>72</sup>

En las figuras anteriores se pueden ver en distintos colores las distintas zonas de radiación con que cuenta nuestro país. En la figura de la izquierda se indican seis zonas en las que se determinaron las horas diarias de sol equivalentes y la variación en porcentaje entre invierno y verano. En tanto que la gráfica de la derecha indica los valores del recurso solar anual-

---

<sup>72</sup> La Radiación Solar en la Argentina 2014. [http://sol-urbano.com.ar/?page\\_id=51](http://sol-urbano.com.ar/?page_id=51) [Consulta: Junio 2014]

## ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica es aquella energía solar que se obtiene por medio de celdas fotovoltaicas, las cuales convierten la luz en una diferencia de potencial.

La celda fotovoltaica existente en el mercado es normalmente un dispositivo formado por una delgada lámina de un material semiconductor, las más comunes son las de:

Silicio monocristalino: Las celdas se componen de secciones de un único cristal de silicio, las cuales son reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los cuatro lados cortos, si se observa se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada).

Silicio policristalino: Las celdas de este tipo están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.

Las celdas de silicio cristalino y policristalino tienen el 90% del mercado, y son las más antiguas y más desarrolladas de 0,25 a 0,35 mm de espesor.

También existen las de silicio amorfo.

Silicio amorfo: Las celdas de silicio amorfo están conformadas con silicio que no se ha cristalizado.

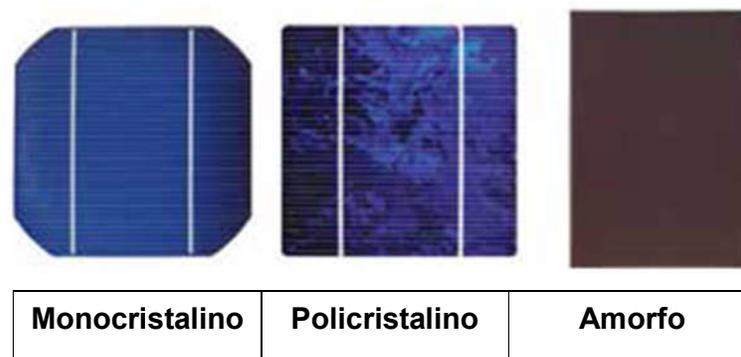


Figura nº 52: Tipos de celdas fotovoltaicas



Las celdas de película delgada constituyen la segunda generación, tienen espesores entre 1 y 3 micrones, compitiendo hoy tres materiales: Si, Te Cd y CuInSe<sub>2</sub>Ga.

Su desarrollo empezó en el año 1839 cuando Edmund Becquerel descubrió el efecto fotovoltaico, cuando al iluminar uno de dos electrodos sumergidos en un electrolito, apareció entre ambos una diferencia de potencial.

Las celdas fotovoltaicas son elementos que producen electricidad por efecto fotovoltaico, este efecto se produce al incidir sobre la misma la radiación electromagnética de los rayos solares. Dado que cada celda de silicio cristalino puede generar entre 0,5 y 0,6 volt, generalmente se las agrupa en disposiciones serie-paralelo, formando paneles solares para obtener la tensión necesaria que generalmente son 12,24 o 48 volts.

Las celdas solares son muy confiables y necesitan muy poco mantenimiento, además son bastante insensibles a las variaciones climáticas y a los agentes atmosféricos, salvo, como es lógico, los que impiden la llegada de la luz.

## **INCLINACIÓN Y ORIENTACIÓN NECESARIA**

Para obtener el máximo rendimiento de los paneles fotovoltaicos, es necesario que los rayos solares incidan perpendiculares sobre ellos.

Para ello y debido a que la trayectoria del sol cambia durante el año, los paneles se deben inclinar un ángulo menor en verano y otro mayor en invierno, disponiendo de un ángulo intermedio si se lo piensa dejar fijo durante todo el año.

La fórmula de cálculo para el ángulo aproximado al óptimo para una localidad es:

$$\beta = 3,7 + 0,69 * \Phi^{73}$$

Siendo  $\beta$  la inclinación resultante (aproximada) y  $\Phi$  la latitud del lugar.

---

<sup>73</sup>Negroni, J -Diseño y Dimensionamiento de sistemas solares Fotovoltaicos conectados a la red, CDT – Camara Chilena de la Construcción, Chile,2013

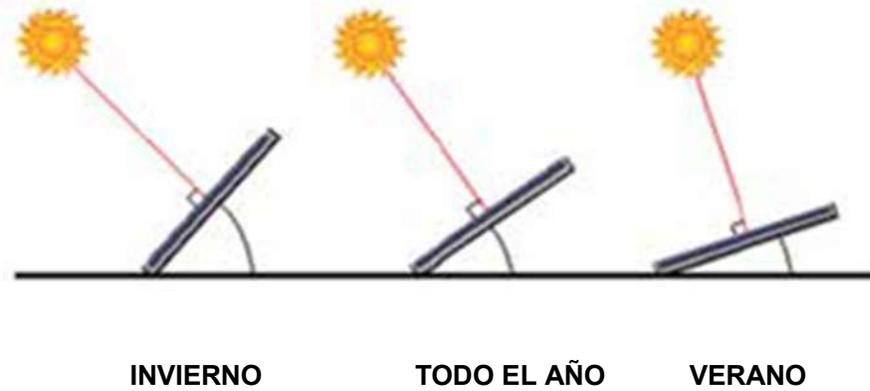


Figura nº 53: Planos de inclinación para distintos periodos del año

### SEPARACIÓN DE LOS PANELES SOLARES

Teniendo en cuenta que las sombras son perjudiciales para las instalaciones solares, por lo tanto se debe evitar la que puedan producirse entre los mismos paneles. Para ello se debe conocer si los paneles serán montados en un techo horizontal o con pendiente, la separación entre los mismos será distinta tratando de que los rayos incidan perpendicularmente en los paneles y se eviten las sombras entre ellos.

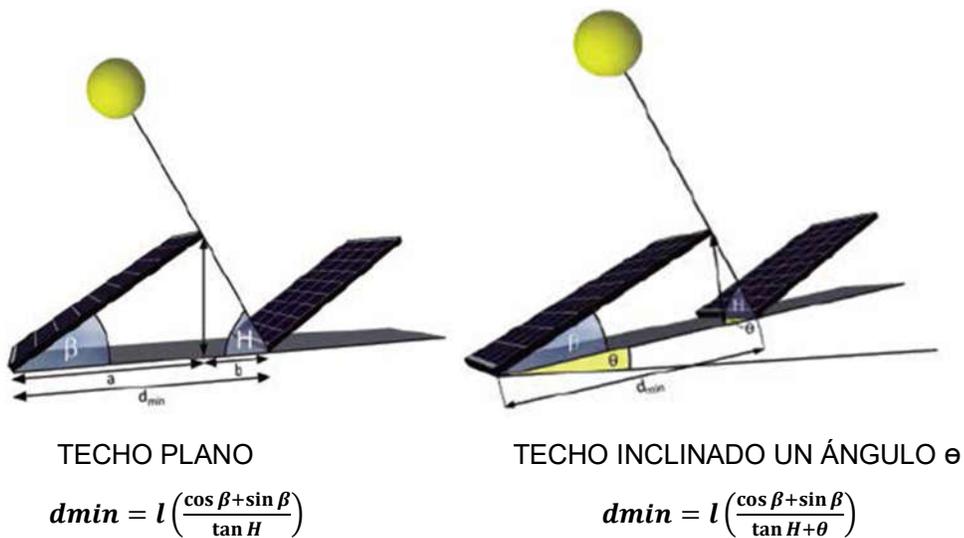


Figura nº 54: Separación de paneles para distintos planos de instalación



## EL PANEL FOTOVOLTAICO

Está conformado por un conjunto de celdas conectadas eléctricamente, encapsuladas y montadas sobre una estructura con marco. En sus conexiones de salida tendremos una tensión continua. Y como comentamos anteriormente se diseñan para valores de salida de 12 V, 24 V y 48V, lo cual determinara la tensión de trabajo del panel. Luego dependiendo de la tensión con la que se desea alimentar al inversor se conectan paneles en serie, y luego estos se agrupan en paralelo hasta llegar a la potencia necesaria calculada.

Por encima de las celdas se encuentra un encapsulante, el cual proporciona rigidez ante vibraciones a las celdas solares y además protección contra la abrasión, humedad y rayos UV. El vidrio que recubre al panel sirve como protección de las celdas solares ante los fenómenos atmosféricos.

Los sistemas de energía solar fotovoltaica permiten transformar la energía solar en energía eléctrica de manera autónoma. Con lo cual una de las aplicaciones que tiene es la electrificación de casas a partir del aprovechamiento del efecto fotovoltaico y mover todo lo que necesite energía eléctrica.

Si bien esta tecnología no es nueva y en países desarrollados hace varios años se la viene utilizando, para su implementación se debe realizar un estudio exhaustivo de la eficiencia energética de la vivienda y de las cargas de la misma, ya que el costo de la instalación fotovoltaica será proporcional al consumo de energía de la vivienda.

Actualmente este es el principal inconveniente con que se encuentran las viviendas con alta grado de tecnificación y consumo, no así las viviendas de baja tecnificación y rurales.

Hoy en día el rendimiento de las celdas existentes en el mercado puede alcanzar entre el 17 y el 20 %.

Si bien el rendimiento obtenido por las tecnologías utilizadas hoy en día no es el mejor, los costos de generación fotovoltaica en zonas de buenos recursos solares son competitivos con el KWh generado en centrales convencionales.



El montaje de una instalación solar fotovoltaica para electrificar una vivienda puede ser productivo y rentable sin embargo como en toda instalación es necesario conocer sus ventajas y desventajas.

La principal ventaja para viviendas donde existe la red eléctrica es obtener la autonomía eléctrica, ya que si la instalación se dimensiona e instala adecuadamente se puede prescindir del servicio que presta la distribuidora de energía.

Otra posibilidad es realizar una instalación llamada de consumo neto (NET METERING), en esta la energía generada por la instalación fotovoltaica que no se consume, se inyecta a la red como depósito, hasta que sea requerida por el usuario, utilizando la red de la empresa distribuidora como backup y sistema de acumulación energética.

Con un estudio adecuado de las cargas de la vivienda que se debe alimentar, de tal manera de generar aproximadamente los mismos KWh que se van a consumir, se logra además de la autonomía energética amortizar mucho más rápido su instalación haciéndola de esta forma mucho más rentable, pero además descargar las redes de baja tensión

El saldo de energía a favor es un crédito que el usuario puede tomar y utilizar en los meses de menor radiación y quizás de mayor consumo del mismo año calendario.

Otras ventajas que se pueden mencionar hoy para las instalaciones fotovoltaicas es su larga vida útil, de aproximadamente 30 años de servicio; y la rentabilidad ante el tendido de la red eléctrica de distribución en lugares muy alejados y aislados para proveer de energía eléctrica a una vivienda.

Este tipo de instalación en zonas rurales o donde la red de distribución no existe es una forma viable de proveerse de energía eléctrica.

Lo importante para fomentar el autoconsumo por balance neto es establecer leyes claras y que el usuario – generador pueda vender el residual de su energía generada a un precio superior al que compra a la distribuidora, de manera de amortizar más rápido la inversión realizada y lograr hacer rentable su instalación en el menor tiempo posible.



No menos importante y quizá la característica más buscada de este tipo de instalaciones es su capacidad de producir energía limpia y renovable y así evitar que se liberen a la atmósfera una gran cantidad de contaminantes.

El principal y tal vez único inconveniente de la electrificación solar fotovoltaica de casas no eficientes radica como se mencionó anteriormente en el alto costo de su ejecución. Haciendo en muchos casos que se descarte esta opción de electrificación.

Los sistemas de electrificación de casas por energía solar son dos en función de que tengan o no conexión a la red eléctrica general:

Los sistemas aislados son aquellos sin conexión a la red. Están indicados para áreas aisladas en los que resulta más costoso el tendido de la red eléctrica que realizar una instalación fotovoltaica en sí. Estos tipos de instalaciones constan de los siguientes componentes:

**Generador solar:** Se compone de paneles solares fotovoltaicos conectados de forma que suministren la potencia necesaria. Estos son los encargados de transformar la luz en energía eléctrica.

**Regulador:** Es el dispositivo que evita que la batería sufra sobrecargas cuando tiene la carga completa y los paneles siguen generando electricidad.

**Batería:** en una instalación autónoma y aislada de la red es el elemento encargado de almacenar la energía eléctrica producida por los paneles para los momentos en los que sea necesaria, ya sea porque no haya luz solar o en algún momento se necesite mayor potencia que la generada.

**Inversor (opcional):** es el dispositivo que transforma la corriente continua proveniente de los paneles en corriente alterna. La inmensa mayoría de los electrodomésticos funciona con corriente alterna ya que es el tipo de corriente que se utiliza por la red en general.



No obstante existen a la venta aparatos y electrodomésticos preparados para funcionar con corriente continua y con 12 voltios con lo que podría prescindirse de este componente

En tanto que los sistemas conectados a red son los sistemas fotovoltaicos para áreas electrificadas mediante la red de distribución de la empresa proveedora con lo cual se puede pensar en dos tipos de usos:

- Producción solar fotovoltaica tendiente al auto abastecimiento con apoyo en la red en momentos en los que falte energía o para vender los excedentes de energía.
- Inyección a la red de distribución de toda la energía producida por la instalación fotovoltaica mientras se hace un consumo normal de la red. Esta opción es sin duda la económicamente más interesante cuando existen leyes que incentivan la producción de energía eléctrica con fuentes renovables. En estos casos interesará vender la mayor cantidad de energía posible a la red a una tarifa alta recuperándola cuando la necesitamos, pero a una tarifa muy inferior.

Estos tipos de instalaciones constan de los siguientes componentes:

**Paneles solares fotovoltaicos:** Componentes encargados de transformar la luz en energía eléctrica

**Inversor:** Es el dispositivo que transforma la electricidad de corriente continua proveniente de los paneles en corriente alterna. En estos tipos de instalaciones se deberán emplear inversores de la más alta calidad (inversores senoidales) que convierten la corriente proveniente de los paneles en otra de características idénticas a la de la red. Suele tratarse de conversores específicos para esta aplicación.



**Contador de energía:** Elemento que contabiliza la cantidad de electricidad que inyectamos en la red (deberá ser un contador independiente del que registra el consumo que se hace de la red o bien que registre tanto la energía consumida como la que se inyecta a la red.)

## **MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES**

El mantenimiento de una instalación solar fotovoltaica es escaso. Comúnmente el trabajo se reduce a la limpieza de los módulos, la revisión de las conexiones y el normal funcionamiento de los elementos de seguridad. En algunas situaciones puede necesitarse la desconexión de la red por lo que pueden producirse pequeñas pérdidas. Para garantizar una alta productividad de la instalación, es esencial reducir los periodos de parada del sistema causado por una avería o un mal funcionamiento. Por esta razón es necesaria una buena supervisión del sistema por parte del usuario con una buena asistencia del servicio técnico.

### **Detalle de las Operaciones de mantenimiento**

- Limpieza periódica de los módulos para eliminar pérdidas y verificación de orientación e inclinación de los mismos
- Revisión del inversor (Leds, indicadores de estado y alarmas) en diferentes condiciones de irradiación solar.
- Control de las conexiones eléctricas y del cableado de los módulos.
- Inspección visual de los módulos para comprobar roturas de vidrio, penetración de humedad en el interior del módulo, fallas de conexionado en el caso de que se produzcan averías.
- Otras de las cuestiones no menos importante será la comprobación de los elementos de protección eléctrica para la seguridad personal y el funcionamiento de la instalación. En general, se revisarán todos los equipos, cableado, conexiones y estructuras soporte.

El objetivo del mantenimiento es prolongar la vida útil del sistema, asegurando además el funcionamiento y productividad de la instalación, que para nuestro caso



de una Instalación conectada a la red mejora la retribución económica de la producción para el cliente generador.

## **ESTUDIO DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL**

### **De la instalación**

Las instalaciones de conexión a red tienen un impacto medioambiental que se puede considerar prácticamente nulo. Si se analizan diferentes factores, como son el ruido, emisiones gaseosas a la atmósfera, destrucción de flora y fauna, residuos tóxicos y peligrosos vertidos, veremos que su impacto, solo se limita a la fabricación pero no al funcionamiento.

## **IMPACTO AMBIENTAL RELACIONADO CON EL FUNCIONAMIENTO**

### **Ruidos**

- Módulos fotovoltaicos: La generación de energía de los módulos fotovoltaicos, es un proceso totalmente silencioso.
- Inversor: trabaja a alta frecuencia no audible por el oído humano.

### **Emisiones gaseosas a la atmósfera**

La forma de generar de un sistema fotovoltaico, no requiere ninguna combustión para proporcionar energía, solo de una fuente limpia como es el sol.

### **Destrucción de flora y fauna**

Ninguno de los equipos de la instalación tiene efecto de destrucción sobre la flora o fauna.

### **Residuos tóxicos y peligrosos vertidos al sistema de saneamiento**

Para funcionar los equipos de la instalación no arrojan nada al sistema de desagües ni a la tierra, la refrigeración se realiza por convección natural.

### **En la fabricación**

En el proceso de fabricación de los módulos fotovoltaicos, componentes electrónicos para los inversores, estructuras, cables, etc. Es donde las emisiones gaseosas a la atmósfera y arrojados al sistema de desagües, pueden tener mayor impacto sobre el medio.



Si bien en nuestra provincia no se fabrican las celdas solares existe normativa para los residuos tóxicos y peligrosos están, que regulados por la Secretaria de medio ambiente de la Provincia de Santa Fe.

En el caso de que en algún momento nuestra tecnología permita la fabricación de celdas se deberá tener especial atención en los residuos originados. Los principales residuos son: disoluciones de metales, aceites, disolventes orgánicos restos de los dopantes y los envases de las materias primas que han contenido estos productos. Respecto a la energía consumida en el proceso de fabricación estudios revelan el dato que en un tiempo entre 4 y 7 años los módulos fotovoltaicos devuelven la energía consumida en la fabricación, muy inferior a la vida prevista para estos que es superior a los 20 años.

#### **Emisiones evitadas por el uso de sistemas Fotovoltaicos**

- Los sistemas fotovoltaicos solo generan emisiones en fase de fabricación directa y sobre todo, indirectamente, por la energía invertida.
- Una vez amortizada la inversión energética, la energía producida durante el resto de su vida útil (La energía neta) está libre de emisiones.
- Por tanto, se evitan las emisiones que se producirían si se generara esta energía con energía convencional.