

# **PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA-FINANCIERA DE UN PROYECTO DE INVERSION PARA LA AUTOGENERACION DE ENERGIA RENOVABLE**

**ROMERO, MATIAS EZEQUIEL – LU 1047435**

**TEJEDOR, EMANUEL MATIAS – LU 125596**

Ingeniería Industrial

Tutor:

**BELMAÑA, M. LORENA, UADE**

**Noviembre 25, 2017**



**UADE**

**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero transmitir mis eternos agradecimientos a todas aquellas personas que me acompañaron a lo largo del desarrollo de mi carrera y proyecto final.

A mi familia, en especial a mis padres, quienes fueron los primeros en alentarme y brindarme su apoyo incondicional.

A mi novia por su constante apoyo, motivación, amor y cariño en todo este proceso.

A mis compañeros, con quienes supimos armar un excelente grupo de estudio, y a quienes les deseo grandes éxitos en sus vidas.

A mis colegas por interesarse y orientarme en el desarrollo del proyecto.

A los profesores por brindarnos lo mejor de su conocimiento para nuestro crecimiento personal y profesional.

A mi compañero de tesis, con quien nos complementamos para llevar a cabo el proyecto final, compartiendo días enteros de trabajo.

A todos ustedes muchas gracias.

Matías Ezequiel Romero

Por mi parte, adhiero a las palabras mencionadas por mi colega anteriormente, un incommensurable GRACIAS a:

A Dios primeramente, por acompañarme siempre y darme fuerzas.

A mí querida esposa Laura, y mis hermosos hijos Martina y Francesco, por comprender mi esfuerzo y apoyarme en los momentos difíciles. Los amo.

A mis padres, por la arenga constante que me han dado para seguir adelante, y por los valores morales que me inculcaron.

A mis amigos (los nuevos y los de siempre), a mis hermanos, abuela, tíos y familiares, por la entender y apoyar cada paso que di profesionalmente; así como también por sus consejos.

A los profesores que me han acompañado en la carrera, y han puesto lo mejor de sí no solamente para enseñar, sino también para que amemos cada día más la ingeniería.

A mis jefes, gerentes, compañeros de trabajo, y profesionales que forman y han formado parte de la experiencia que adquiero continuamente en mi trayectoria laboral.

A Matías Romero, mi compañero de PFI, que como ha mencionado anteriormente, hemos compartido mucho tiempo de arduo trabajo, poniendo lo mejor de cada uno.

A todos ustedes.

Emanuel Matías Tejedor

---

<b>INDICE</b>	<b>Página</b>
<b>1. INTRODUCCION</b>	7
1.1 Objetivos del Proyecto	7
1.1.1 Objetivo General	7
1.1.2 Objetivos Específicos	7
1.2 Estado del Arte	8
1.3 Tipos de Energías Renovables de Utilización Mundial	9
1.3.1 Hidroeléctrica	9
1.3.2 Eólica	10
1.3.3 Solar	11
1.3.4 Biomasa	12
1.3.5 Geotérmica	13
1.4 Reporte Situación Mundial	14
<b>2. MARCO TEORICO</b>	17
2.1 Estructura y Organización del Mercado Eléctrico Argentino	17
2.2 Actores de Negocio	19
2.3 Configuración Física del Sistema	21
2.4 Rol de las Energías Renovables	25
2.5 Mecanismo Para un Desarrollo Limpio – Bonos de Carbono	28
<b>3. MARCO LEGAL</b>	31
3.1 Contexto Legal Nacional	31
3.2 Contexto Legal de Santa Fe	33
<b>4. ANALISIS DE DEMANDA</b>	38
4.1 Características de los GUMA	39
4.2 Estudio de Consumo de Energía Eléctrica	41
4.3 Incidencia de la Temperatura y la Producción Sobre la Demanda Energética	42
<b>5. ESTUDIO DE MERCADO</b>	43
5.1 Programa RENOVAR 1 y 1.5	44
5.2 Precio	50
5.2.1 Energía Eléctrica No Renovable	50
5.2.2 Energía Eléctrica Renovable	50

---

5.2.3 Precio Mercado Internacional	51
<b>6. ESTUDIO TECNICO</b>	<b>53</b>
6.1 Descripción de la Empresa	53
6.2 Introducción a la Energía Fotovoltaica	53
6.3 Azimut y Elevación Solar	55
6.4 Tecnología Fotovoltaica	56
6.5 Módulos Fotovoltaicos (panel)	56
6.6 Factor de Planta	58
6.7 Inclinación y Orientación	58
6.8 Efecto de las Sombras	59
6.9 Tipología de la instalación	60
6.10 Conexión con la Red del Sistema Fotovoltaico	62
6.11 Dimensionamiento del Sistema Fotovoltaico	64
6.12 Perdidas en el Inversor	68
6.13 Cálculos	68
6.14 Detalles	70
<b>7. ASPECTO AMBIENTAL Y ESTUDIO ENERGETICO</b>	<b>73</b>
7.1 Impacto Ambiental	73
7.2 Tipos de Contaminación Más Significativos	74
7.2.1 Contaminación Visual	74
7.2.2 Contaminación Atmosférica	74
7.2.2.1 Lluvia Acida	75
7.2.2.2 Efecto Invernadero - Calentamiento Global	76
7.2.3 Destrucción de la Biodiversidad	76
7.2.4 Perdida de Vegetación y Erosión de Suelos	79
7.2.5 Agotamiento de los Recursos Naturales	79
7.3 Reseña del Impacto Ambiental de los Combustibles Fósiles	81
7.4 Disposición Final y Desechado de Paneles Solares	82
7.5 Huella de Carbono	83
7.6 Aspecto Energético	87
<b>8. ANALISIS ECONOMICO-FINANCIERO</b>	<b>88</b>
8.1 Análisis del Caso Base	91

---

8.2 Análisis del Caso Optimista	91
8.3 Análisis del Caso Pesimista	91
8.4 Descripción de Criterios de Aceptación y Resumen Teórico	93
<b>9. CONCLUSION / RECOMENDACION</b>	96
<b>10. BIBLIOGRAFIA</b>	98
<b>11. ANEXOS</b>	101

## **1. INTRODUCCION**

### **1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **1.1.1 Objetivo General**

Se estudiará la factibilidad técnica y económica-financiera del montaje de un sistema de autogeneración de energía a través de paneles solares fotovoltaicos, en una empresa del rubro agroindustrial, en la localidad de Puerto San Martín – provincia de Santa Fe.

#### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Se analizará el aspecto técnico en cuanto a montaje de un parque solar, calculando la huella de carbono del potencial ahorro energético; complementado con un análisis de costos en diferentes escenarios posibles, en contraposición con el modelo actual.

El interés del proyecto radica en tres aspectos importantes: la obligación de cumplimiento del decreto 882/2016 – ley 27191 para los grandes usuarios del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), el cual aplica a consumidores de más de 300 KW, junto con la normativa aplicable a nivel provincial (leyes 12.503 y 12.692); la problemática actual de la creciente demanda de energía eléctrica, y por último la colaboración con el medio ambiente reduciendo la huella de carbono. Esto último será factible con el reemplazo de la energía convencional por una de fuente renovable, y además reinyectando mediante una venta al sistema eléctrico, con el beneficio económico asociado a dicha operación (Generación Distribuida).

El enfoque es puesto en la región mencionada, pues resulta ser un sitio estratégico para diferentes industrias (por la cercanía con el puerto de Rosario, entre otras cuestiones), y un lugar en el cual se detecta una demanda alta de consumo eléctrico.

Para finalizar y como meta a alcanzar, se espera que la empresa logre para el año 2025 generar con energías alternativas, el 20% de la total consumida; mediante la implementación de las tecnologías de paneles solares antes mencionadas.

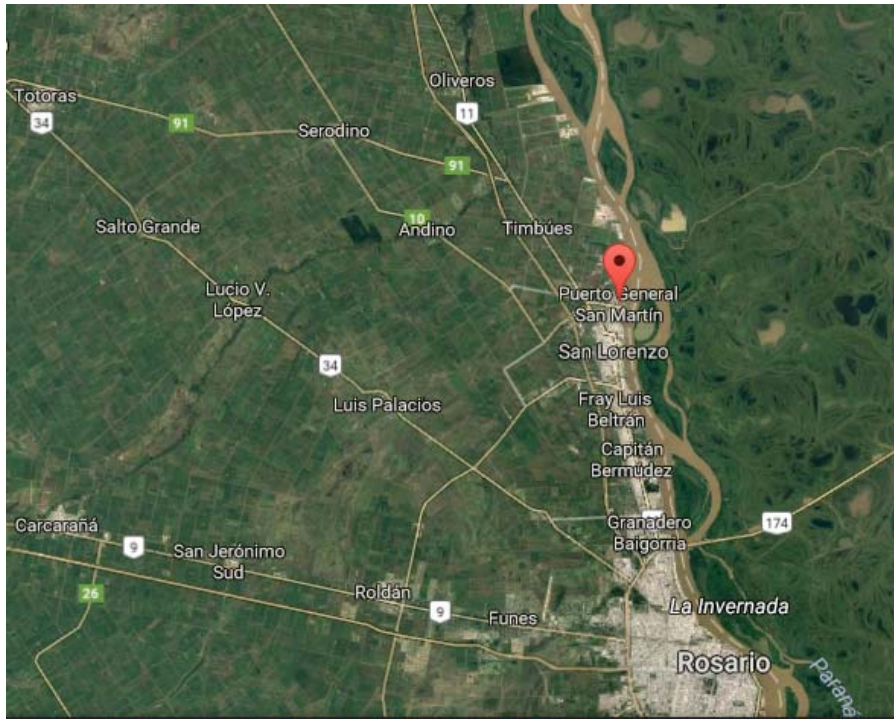


Figura 1: localidad Puerto San Martín, Santa Fe (mapa satelital, Google Earth).

## 1.2 ESTADO DEL ARTE

Se considera energía renovable, al tipo de energía obtenida a través de fuentes naturales virtualmente “inagotables”; ya sea por la gran cantidad de potencial energético que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales de forma continua.

La principal y más fuerte razón para considerar las energías renovables, es el impacto ambiental; y la delicada situación de escasez de los recursos de las energías no renovables (como el petróleo, el carbón o el gas). Estos tipos de opciones de generación energética irán agotándose con el transcurso de los años.

Estudios recientes determinan que el petróleo por ejemplo, en un lapso de 15 a 20 años, entrará en una fase crítica de explotación alrededor del mundo; acelerando esto, la forma de generar energías alternativas.

El incremento y auge de las Organizaciones No Gubernamentales (ONGs tanto nacionales como internacionales), más la imperiosa necesidad de sumarse al tren de la ecología y de la higiene ambiental; motivan a los ciudadanos a contemplar el uso de estas nuevas tecnologías. De hecho, varias entidades internacionales como el Organismo



---

Internacional de estandarización (ISO), han desarrollado la norma de eficiencia energética ISO 50001.

Tiempo atrás, las energías renovables se conocían como pocos efectivas, no teniendo además una relación beneficiosa de calidad-precio; debido a los costes elevados que presentaban. Pero el desarrollo y la tecnología ha avanzado rápidamente, y en complemento con la crisis que ha azotado a varios mercados alrededor del mundo, un alto caudal de empresas ha reducido sus precios para incrementar sus ventas de productos ENR (especialmente en paneles solares). Llámese productos ENR, a los elementos propiamente dichos, insumos o componentes que forman parte de un sistema de energía renovable.

### **1.3 TIPOS DE ENERGIA RENOVABLES DE UTILIZACION MUNDIAL**

#### **1.3.1 Hidroeléctrica:**

La energía hidroeléctrica es la fuente de energía renovable más utilizada del mundo, con una capacidad instalada mundial superior a los 1.000 GW, lo que representa un significativo porcentaje de la producción neta de electricidad en el mundo, y la de mayor capacidad de generación de energía mundial a partir de fuentes renovables.

El método más comúnmente visto para el aprovechamiento de este tipo de energía, implica la construcción de represas en los ríos y la liberación de agua desde los embalses para accionar un conjunto de turbinas y generadores.

Otro método de obtención de energía hidroeléctrica son las plantas de tipo bombeo.



Figura 2: represa hidroeléctrica.

### **1.3.2 Eólica:**

La energía eólica ha conseguido posicionarse como la segunda fuente de energía renovable más utilizada, contando con una capacidad instalada mundial que superó los 283 GW, por ejemplo, en el año 2013. La tasa de crecimiento anual de la energía eólica acumulada ha alcanzado un promedio del 25% durante los últimos cinco años, propiciando que se haya convertido en la fuente de energía renovable de más rápido crecimiento mundial. Dicho crecimiento, se encuentra marcando una tendencia que según explicación de los expertos, continuará en el futuro.



Figura 3: molinos, parque eólico.

### **1.3.3 Solar:**

La capacidad mundial instalada de energía solar supera actualmente los 100 GW, lo que la convierte en la tercera fuente de energía renovable más utilizada del planeta, dominada por la tecnología fotovoltaica principalmente.

Asimismo, el uso de la tecnología basada en energía solar concentrada (CSP, en inglés) también está creciendo como una alternativa.

Alemania, Italia, China, los Estados Unidos y Japón, poseen la mayor capacidad de energía solar fotovoltaica en el mundo, mientras que España es el hogar de más del 75% de la capacidad mundial en energía solar concentrada.



Figura 4: Sistema de paneles solares

**1.3.4 Biomasa:**

La biomasa (denominada también bioenergía) es la cuarta fuente de energía renovable más utilizada después de la hidráulica, la eólica y la solar. La capacidad de producción neta de electricidad del mundo de biomasa, en la actualidad supera los 83 GW.

La biomasa moderna, especialmente los biocombustibles y los gránulos de madera, se utilizan cada vez más para la calefacción y la generación de energía; junto con las fuentes tradicionales tales como los subproductos agrícolas. Los Estados Unidos, Brasil, China, Alemania y Suecia son actualmente los mayores generadores de bioenergía.

En Argentina durante los últimos 5 años, se ha tomado conciencia del poder de explotación de este tipo de energía; incrementándose los proyectos presentados a diferentes organismos para financiar su desarrollo. Empresas locales y multinacionales (especialmente agropecuarias) han tomado nota de que sus productos y sub-productos, pueden actualmente aprovecharse de diferentes formas.





Figura 5: fuente de biomasa (madera).

### 1.3.5 Geotérmica:

La capacidad instalada de producción de energía a partir de fuentes geotérmicas superó los 11,7 GW desde el 2013, posicionándose como la quinta fuente renovable más utilizada en el mundo.

En el Mercado mundial, los Estados Unidos, Filipinas, Indonesia, México e Italia, constituyen los cinco principales productores de energía geotérmica en el mundo.

Esto es sencillo de visualizar, si se tiene en cuenta los diferentes tipos de geografías que presentan, y sus terrenos propicios.



Figura 6: sistema de transmisión de energía geotérmica.

#### 1.4 REPORTE SITUACION MUNDIAL

Resultan de gran utilidad los reportes internacionales y regionales, de la situación energética, pues pueden tomarse de referencia valores y patrones que colaboren con el análisis y desarrollo de políticas energéticas futuras.

En los últimos años, han tomado relevancia **sitios como REN21**, en donde pueden encontrarse reportes de la situación mundial de las ENR; así como información relacionada con eventos y conferencias internacionales.

Ingresando en el aspecto netamente relevante del sector energético renovable, cabe mencionar que el 2015 fue un año notable para este tipo de energía; pues contó con las mayores incorporaciones de capacidad mundial vistas hasta la fecha. Sin embargo, los desafíos persisten, sobre todo más allá del sector eléctrico. En este año se observaron diversos avances que influyeron en la energía renovable, incluyendo una dramática disminución en los precios de los combustibles fósiles a nivel mundial. En consecuencia, en los países en desarrollo están surgiendo mercados nuevos, tanto para la energía renovable centralizada como para la distribuida.

Los inversionistas privados reforzaron sus compromisos hacia la energía renovable de manera significativa durante el 2015. En el año se pudo ver un aumento en el número de bancos activos dentro del sector de las energías renovables, y quienes también tenían grandes compromisos por parte de firmas internacionales en lo que respecta a inversiones en energía renovable y eficiencia energética.

Actualmente, el mundo entero suma más capacidad de electricidad renovable al año que la capacidad (neta) de todos los combustibles fósiles combinados. A finales del 2015, la capacidad de energía renovable era suficiente para abastecer aproximadamente el 23.7% de la electricidad mundial, en conjunto con la energía hidráulica, que proporciona alrededor del 16.6%.

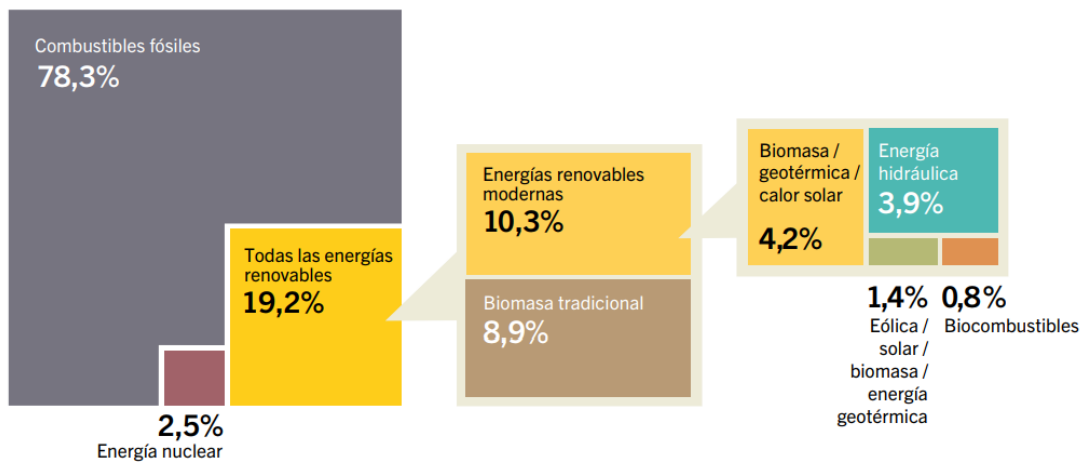


Figura 7: cuota estimada de energía renovable, en el consumo mundial final de energía, año 2014 (REN 21, 2016)

Según estudios realizados por el ente REN21 (mencionado anteriormente), se puede observar que durante el año 2015 por ejemplo, se han inyectado más de 40 GW producidos por energía solar fotovoltaica; por los países líderes. Esto reviste interés, pues nuestro estudio de factibilidad se basa en este tipo de energía.

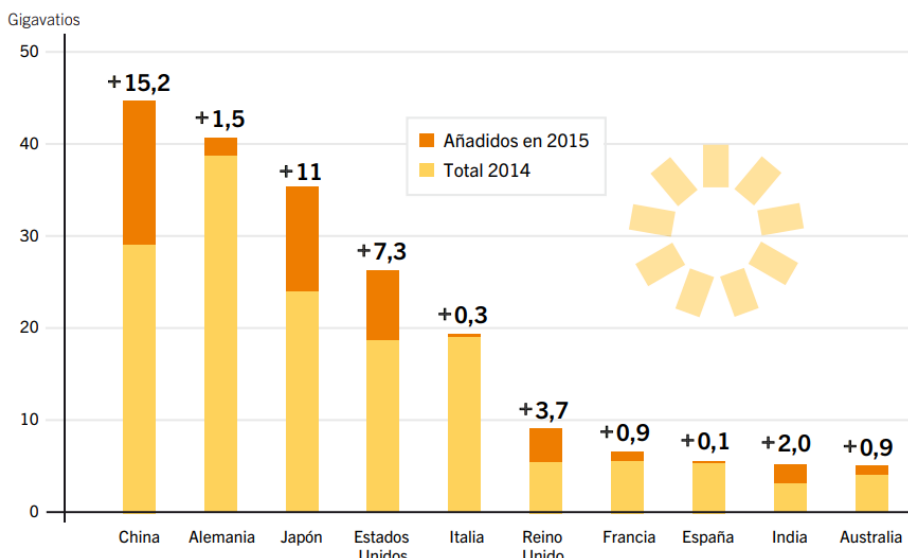


Figura 8: capacidad y adiciones de energía solar FV, diez países líderes, año 2015 (REN 21, 2016).

A continuación, se muestra un marco mundial de países con políticas energéticas:

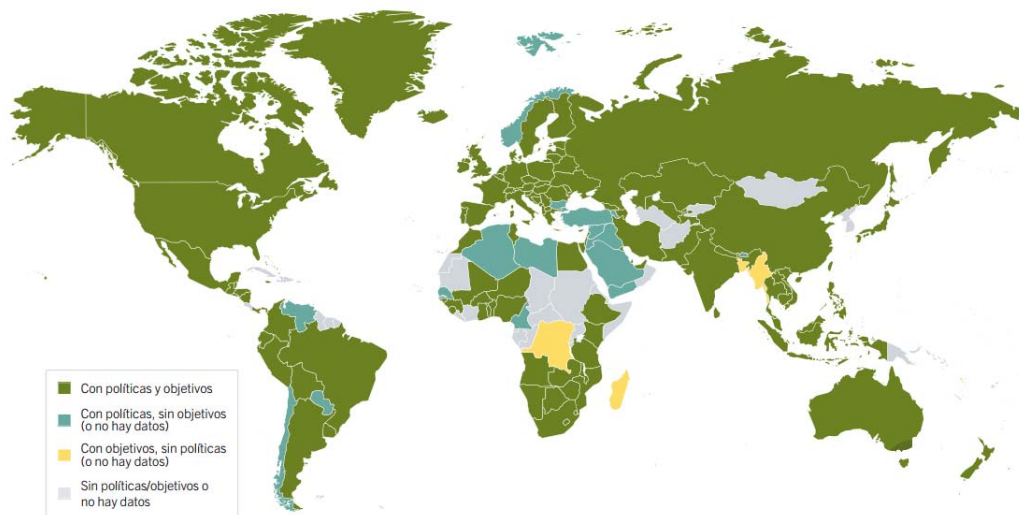


Figura 9: países con políticas y objetivos de eficiencia energética, año 2015 (REN 21, 2016)



---

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 ESTRUCTURA Y ORGANIZACIÓN DEL MERCADO ELECTRICO ARGENTINO

El sistema eléctrico nacional debió afrontar graves inconvenientes como resultado de la caída de la demanda que acompañó a los últimos años de vigencia del régimen de convertibilidad. Por ese entonces, la erosión de las capacidades productivas y la grave recesión en que se sumió la economía argentina, obligaron al sector a operar con niveles de ineficiencia considerables como resultado de la subutilización de la capacidad de generación. Sin embargo, el veloz y marcado cambio en la tendencia de la actividad económica y el repunte de la actividad industrial que acompañó la implementación del nuevo esquema económico revirtieron esta situación.

Debido al acelerado crecimiento económico se impuso la necesidad de volver a expandir rápidamente la oferta. Pese a las dudas iniciales respecto de la capacidad de respuesta e inversión de un sector que acumulaba varios años de funcionamiento con sobrecapacidad, a partir de 2007 el mercado eléctrico argentino recuperó el sendero de crecimiento interrumpido por la crisis de 2001, abasteciendo las necesidades de una economía en crecimiento.

La implementación de un vigoroso programa de inversión pública articulado con el sector privado fue uno de los pilares que sustentó la satisfactoria respuesta del sector a la demanda generada por el nuevo modelo económico. De esta manera, se incorporaron al sistema 3.000 MW de potencia en tan sólo tres años, abasteciendo la creciente demanda proveniente del sector industrial y del consumo residencial. Sin embargo, el aumento en la capacidad de oferta se vio acompañado de algunos cambios en las políticas públicas respecto del sector, las cuales sin modificar el marco regulatorio implicaron un mayor activismo y participación estatal en las necesidades del sector, alterando el mercado de competencia de energía eléctrica, lo que dio como resultado un deterioro en el avance o creación de oferta eléctrica, la cual no supo acompañar la creciente demanda de la misma, y fomentando la utilización de energía a través de medios deficientes y asumiendo los costos del mismo.

Existe un vínculo estrecho entre la demanda eléctrica y el crecimiento económico. Como primera aproximación se pueden identificar dos grandes sectores de demanda eléctrica:

el consumo residencial y el consumo industrial y comercial. El primer componente crece a largo plazo, por el crecimiento vegetativo de la población y el aumento de la dotación de electrodomésticos de los hogares, mientras que el segundo componente varía a lo largo del ciclo económico. El coeficiente de correlación entre el crecimiento de la demanda eléctrica y el nivel de actividad económica para el período 1992-2009 es 72% y crece a 98% para el período 2004-2009.

La demanda del mercado eléctrico argentino en 2009 fue de 104.592 GWh, de los cuales 38% corresponde al consumo residencial, 32% a grandes y medianos usuarios industriales y de servicios, 26% a uso general comercial y 4% a alumbrado público. El sistema cuenta con unos trece millones de clientes, de los cuales once millones corresponden al segmento residencial, un millón al sector comercial y el resto se reparte entre industria, organismos públicos y otros usuarios.

A lo largo de los años, el mercado energético argentino ha ido evolucionando desde un funcionamiento íntegramente estatal a otro con una fuerte participación privada, llegando finalmente a un mix con participación de ambos sectores.

- 1980: Administración ineficiente e inadecuado nivel de inversiones
  - Integración vertical
  - Planeamiento Centralizado
  - Inversión Estatal
- 1990: Oferta mayor a la demanda, con bajo consumo de líquidos para la generación eléctrica. Mejora de eficiencia en la generación. Mercado con sobreoferta de Gas Natural y expansión del transporte del Gas Natural.
  - Regulación orientada al mediano y largo plazo.
  - Desintegración vertical.
  - Competencia donde no hay monopolios naturales.
  - Inversión privada con señales de precio.
  - Subsidios específicos.
  - Segmentación del mercado (“**Unbundling**”) : Primera etapa
- 2000: Oferta menor a la demanda. Alto consumo de combustibles líquidos para la generación de energía eléctrica. Sin incentivo a la eficiencia, fuerte caída en la producción de Gas Natural y restricciones. Comienza a importarse Gas Natural.
  - Regulación a corto plazo

- 
- Inversión Publica
  - Rentabilidades monitoreadas
  - Congelamiento (Parcial de precios y tarifas)
  - Subsidios generalizados
  - Cadena de Pagos afectada
  - Segmentación del mercado: Segunda etapa

Según el marco legal general, el sector de generación debería funcionar de forma desregulada. Sin embargo, hoy en día la operación la determina un solo participante, CAMMESA. En el mercado eléctrico argentino existe un alto nivel de participación privada en toda la cadena:

- Los sectores de Generación fueron pensados para funcionar de forma desregulada, a fin de incentivar una mayor competencia y menores precios. Lo mismo ocurre con el sector de comercialización a corto plazo ("Trading").
- El transporte y la distribución están caracterizados como servicios públicos que se prestan en condiciones de monopolio natural.
- Según la normativa actual, las inversiones deberían ser realizadas principalmente por los privados, recuperando las mismas a través de precios y tarifas.

Actualmente se encuentra suspendida toda ejecución de contratos de energía entre privados y no ha sido aún reglamentada la ley que permite dicha contractualización para energía proveniente de energías renovables; por lo cual, hoy los industriales tienen solo dos opciones: optar por seguir comprando energía a CAMMESA (quien se encarga de proveer el porcentaje correspondiente a la ley) o proveerla por autogeneración.

## 2.2 ACTORES DE NEGOCIO



Ministerio de Energía y Minería  
Presidencia de la Nación

### MINEM

Una de sus funciones principales es intervenir en la elaboración y ejecución de la política nacional en materia de energía y minería. Ejerce facultades de contralor de entes u

organismos de control de las áreas privatizadas. Hace cumplir los marcos regulatorios correspondientes.



### ENRE

Organismo autárquico. Regula la actividad eléctrica y controla que se cumpla con el Marco Regulatorio y los Contratos de Concesión. Define las tarifas (EDESUR, EDENOR, etc.) y resuelve controversias entre actores del mercado.



### CAMMESA

Realiza el despacho centralizado del Sistema Argentino de Interconexión (SADI) y de combustibles para los generadores. Compra energía a nuevas centrales. Administra las transacciones económicas del SADI. El gobierno y las empresas del sector (Incluyendo grandes usuarios) son sus accionistas.

En los procedimientos de CAMMESA, se define la figura de autogeneración distribuida: “...un consumidor de electricidad que además genera energía eléctrica, pero con la particularidad que los puntos de consumo y generación se vinculan al SADI en diferentes nodos de conexión.” (CAMMESA, Anexo I). Cuando se definen los puntos de consumo, se indica que todos deben contar con el mismo CUIT, por lo tanto en el caso de que tuviera otras plantas operando, podría generar excedentes en una de sus plantas, que serían absorbidos por consumos de las otras plantas.



---

### GENERADORES

Los generadores son empresas públicas y privadas que compiten por el despacho de su electricidad, basado en sus costos de producción y limitaciones del sistema (restricciones de transmisión, logística de combustibles). Ejemplo: CTEB - Central Termoeléctrica Ensenada de Barragán, Central Costanera, Atucha I, etc.

### GRANDES USUARIOS

Los grandes usuarios (dependiendo de la denominación en la que se encuentren) pueden elegir ser abastecidos por las distribuidoras o comprar su demanda directamente a CMMESA. Existen 4 categorías anteriormente mencionadas: GUPA, GUME, GUMA, GUDI.

## **2.3 CONFIGURACION FISICA DEL SISTEMA**

Casi el 70% de la capacidad instalada de generación se ubica en GBA, LIT Y BAS (Mayormente térmica) y COM (mayormente hídrica). Las Energías Renovables todavía tienen una participación menor. Actualmente la generación a partir de fuentes renovables específicamente alcanza el 1,8% del consumo de energía eléctrica en el país.

### Ubicación de Cap. Inst. Relevante (GW)

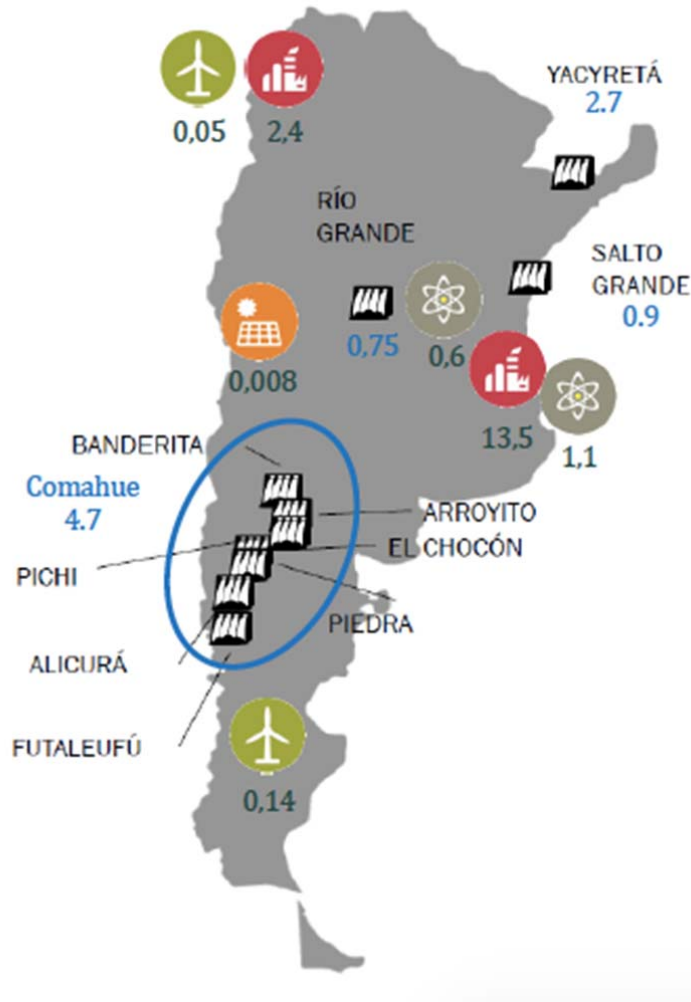


Figura 10: ubicación de la capacidad instalada más importante nacional

Los flujos eléctricos van desde las áreas con mayor capacidad instalada hacia los principales centros de consumo. En los últimos años, se trabajó en cerrar el mallado con la incorporación de varias líneas de alta tensión.

### Capacidad Instalada y Demanda Eléctrica por Región

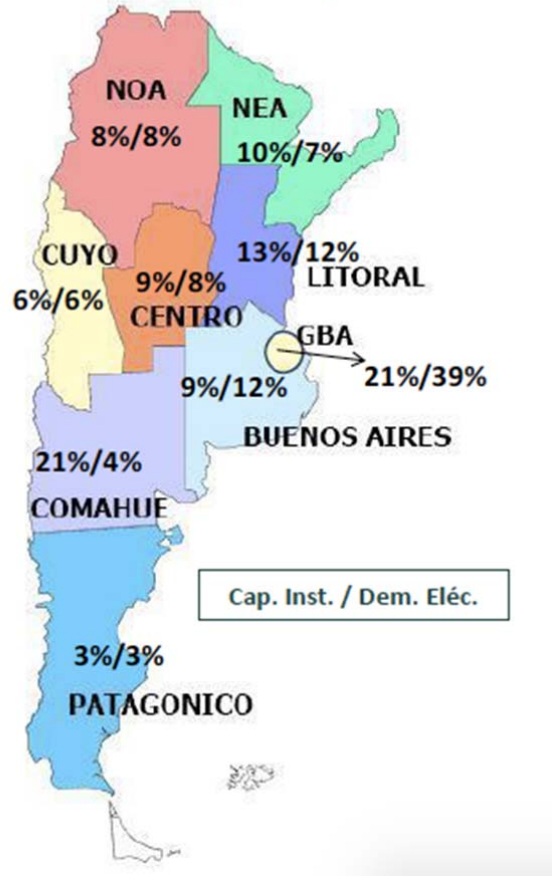


Figura 11: capacidad instalada y demanda por región

### Generación por tipo (2015)

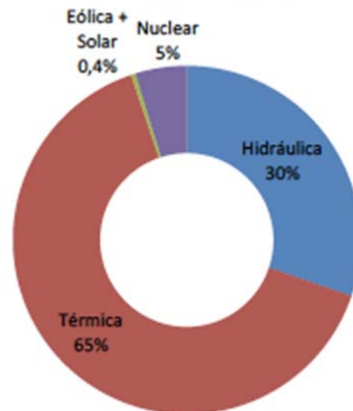


Figura 12: esquema distribución de generación de energía por tipo en 2015

En los últimos años el sistema de distribución no tuvo un crecimiento significativo. La tasa de cobertura ya era amplia y no hubo incentivos suficientes a realizar nuevas inversiones.

Tabla I: empresas de distribución y áreas de referencia (MINEM, 2015).

Empresa	Área (km2)	Cantidad de clientes	Ventas (GWh)	Zona Geográfica
EDENOR	4.637	2.837.489	21.957	CABA/GBA Norte
EDESUR	3.302	2.479.559	18.492	CABA/GBA Sur
EPESF	133.696	1.276.611	9.564	Santa Fe
EPEC	165.321	1.028.404	8.352	Córdoba
EDEMSA	109.908	421.261	3.743	Mendoza - (Oeste)
EDELAP	5.780	346.249	2.950	Bs.As. (La Plata)
EDEN	109.141	363.415	2.901	Bs.As. (Norte y Centro)



EDEA	105.438	518.317	2.749	Bs.As. (Costa Atlántica)
EDET	22.524	488.520	2.709	Tucumán
SECHEEP	99.633	358.345	2.107	Chaco

## 2.4 ROL DE LAS ENERGIAS RENOVABLES

Es sabido a través de distintos estudios realizados a lo largo de los años, que a través de la combustión de combustibles fósiles y otras emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), está aumentando el efecto invernadero y se está elevando la temperatura de la Tierra.

El efecto invernadero es un proceso natural que ha dado a la Tierra una temperatura templada que hizo posible el desarrollo de la vida. En este delicado equilibrio intervienen los gases de efecto invernadero (GEI). Pequeñas variaciones en la concentración de estos gases repercuten en cambios en la temperatura de la atmósfera. Un incremento desproporcionado de estos gases produce un aumento de la temperatura debido al calor que queda atrapado en la baja atmósfera, fenómeno que se conoce como calentamiento global.

Los GEI toman su nombre debido a que, por su comportamiento, no dejan salir al espacio la energía que emite la Tierra cuando se calienta con la radiación proveniente del Sol. Los principales gases de efecto invernadero son el CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), CH<sub>4</sub> (metano), N<sub>2</sub>O (óxido nitroso), CO (monóxido de carbono), O<sub>3</sub> (ozono), los CFC (clorofluorocarbonos), HFC (hidrofluorocarbonos), PFC (perfluorocarbonos) y el SF<sub>6</sub> (hexafluoruro de azufre).

Aquellos GEI que se encuentran en forma natural en la atmósfera (todos los que no contienen flúor en su composición), han incrementado su concentración desde los inicios de la revolución industrial debido a actividades como la quema de combustibles fósiles, cambios en

el uso de la tierra (deforestación y expansión de la frontera agrícola) y la generación de desechos domiciliarios e industriales.

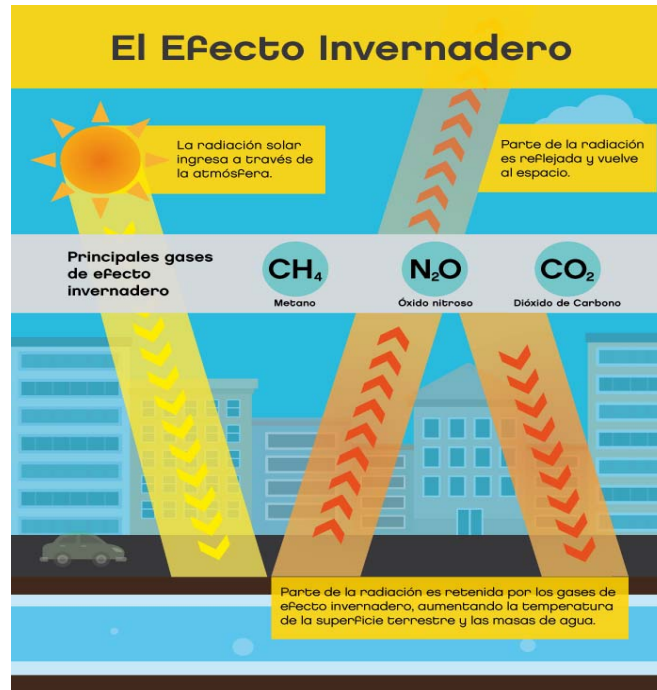


Figura 13: esquema del efecto invernadero.

Las energías renovables juegan un papel fundamental en la lucha contra el cambio climático. Las Energías renovables son tecnologías limpias, autóctonas y, en algunos casos, competitivas económicamente y lo serían más si las tecnologías tradicionales pagaran por la contaminación que generan.

La sustitución de los sistemas actuales de generación de energía por fuentes renovables es la mejor opción, ya que los flujos naturales de energía renovable pueden cubrir con creces nuestras necesidades presentes y futuras.

En algunos países, las energías renovables cumplen un importante rol como una estrategia para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y así contribuir a frenar el cambio climático. En otros, el impulso a las Energías de Fuente Renovables se ha dado en el marco de políticas energéticas destinadas a aumentar la oferta de energía y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. Además, en el escenario actual de la República Argentina, las energías renovables cuentan con un factor importante para su rol en la matriz energética: la preocupante situación energética, razón por la cual la presente administración

encuentra en el fomento de sistemas de generación renovables una medida paliativa de corto plazo para dicha problemática.

Sin embargo, es importante destacar que la eficiente utilización de las energías renovables, también pueden contribuir con diversos factores:

➤ Pueden contribuir al desarrollo social y económico. En condiciones favorables, es posible economizar costos en comparación con el uso de las energías no renovables, particularmente en zonas apartadas y en medios rurales pobres que carecen de acceso centralizado a la energía. En muchos casos, es posible reducir el costo de la importación de la energía adoptando tecnologías de la energía renovable en pequeña escala que sean ya competitivas. También pueden influir de forma positiva en la creación de empleo.

➤ Las energías renovables pueden ayudar a conseguir un más rápido acceso a la energía. Los niveles básicos de acceso a los servicios energéticos modernos pueden reportar beneficios importantes a nivel de la comunidad o de los hogares. En muchos países en desarrollo, las redes descentralizadas que explotan energías renovables y la incorporación de estas a redes centralizadas han ampliado y mejorado el acceso a la energía. Además, las tecnologías de la energía renovable no eléctricas ofrecen también oportunidades para modernizar los servicios energéticos, por ejemplo, utilizando la energía solar para calentar agua o secar cultivos, biocombustibles para el transporte, tecnologías modernas de biogás y biomasa para la calefacción, la refrigeración, la cocina y el alumbrado, o la energía eólica para el bombeo de agua.

➤ Las opciones de la energía renovable pueden contribuir a un suministro de energía más seguro, aunque es necesario tener en cuenta los problemas específicos que plantea la integración. La implantación de la energía renovable podría atenuar la vulnerabilidad a las alteraciones del suministro y a la volatilidad de los mercados si aumenta la competencia y se diversifican las fuentes de energía. Ciertos estudios basados en escenarios indican que los problemas de seguridad del suministro de energía podrían prolongarse en el futuro a menos que se introduzcan mejoras tecnológicas en el sector del transporte (SADI).

➤ Además de aminorar las emisiones de GEI, las tecnologías de la energía renovable pueden reportar otros beneficios medioambientales importantes. El aprovechamiento óptimo de tales beneficios dependerá del tipo de tecnología, del régimen de gestión y de las características del emplazamiento que correspondan a cada proyecto de energía renovable.

➤ Ciertos análisis del ciclo de vida de la producción de electricidad indican que las emisiones de GEI resultantes de las tecnologías de la energía renovable son, por lo general, bastante menores que las ocasionadas por los combustibles fósiles y, en ciertas condiciones, menores que estas últimas acompañadas de captura y almacenamiento del dióxido de carbono. Los valores medianos para el conjunto de las energías renovables están situados entre 4 y 46 g de CO<sub>2</sub>eq/kWh, mientras que los combustibles de origen fósil están comprendidos entre 469 y 1.001 g de CO<sub>2</sub>eq/kWh.

➤ La mayoría de los sistemas energéticos actuales, incluidos los biocombustibles líquidos, reducen las emisiones de GEI, y la mayoría de los biocombustibles producidos mediante nuevos procesos (denominados también biocombustibles avanzados o de última generación) pueden potenciar la mitigación de los GEI.

➤ La disponibilidad del agua puede influir en la tecnología de la energía renovable seleccionada. Las centrales eléctricas térmicas convencionales refrigeradas por agua pueden ser especialmente vulnerables a la escasez del agua y al cambio climático. En áreas en que la escasez de agua es ya preocupante, las tecnologías de la energía renovable no térmicas o térmicas mediante refrigeración en seco permiten prestar servicios energéticos sin sobrecargar los recursos hídricos. Los sistemas de la energía hidroeléctrica y ciertos sistemas de la bioenergía dependen de la disponibilidad del agua, y pueden intensificar la competencia o atenuar la escasez del agua

➤ Las condiciones específicas para cada lugar determinarán en qué medida afectan a la biodiversidad las tecnologías de la energía renovable. Los impactos específicos de las energías renovables en la biodiversidad pueden ser positivos o negativos.

➤ Las tecnologías de la energía renovable conllevan bajas tasas de letalidad. Los riesgos de accidente que conllevan no son desdeñables, pero su estructura, frecuentemente descentralizada, limita en gran medida los posibles desastres en términos de víctimas mortales.

## **2.5 MECANISMO PARA UN DESARROLLO LIMPIO - BONOS DE CARBONO**

El Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) forma parte del Protocolo de Kioto y es un acuerdo que permite a gobiernos y empresas de los países industrializados cumplir con

---

metas de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) a través de la inversión en proyectos de reducción de emisiones en países en vías de desarrollo.

Para que un proyecto de reducción de emisiones de GEI sea considerado MDL debe ser aprobado por la Oficina Argentina del Mecanismo para un Desarrollo Limpio y por la Junta Ejecutiva del Protocolo, quienes estiman la cantidad de dióxido de carbono “ahorrado” y lo traducen en Certificados de Emisiones Reducidas (CER). Un CER equivale a una tonelada de dióxido de carbono o su equivalente, según el gas que se esté cuantificando.

Este sistema de compra-venta de emisiones de gases de efecto invernadero, permite a aquellos que han reducido sus emisiones más de lo comprometido, vender los certificados de emisiones excedentarios a los países que no hayan alcanzado a cumplir con su compromiso.

El sistema ofrece incentivos económicos para que empresas privadas contribuyan a la mejora de la calidad ambiental y se consiga regular la contaminación generada por sus procesos productivos, considerando el derecho a contaminar como un bien canjeable y con un precio establecido en el mercado. La transacción de los bonos de carbono (un bono de carbono representa el derecho a contaminar emitiendo una tonelada de dióxido de carbono) permite mitigar la generación de gases contaminantes, beneficiando a las empresas que no contaminan o disminuyen la contaminación y haciendo pagar a las que contaminan más de lo permitido.

Los tipos de proyecto que pueden aplicar a una certificación son, por ejemplo, generación de energía renovable, mejoramiento de eficiencia energética de procesos, forestación, limpieza de lagos y ríos, etc.

La institución encargada de entregar estos bonos son las Naciones Unidas. El requisito que tienen que cumplir las empresas para poder recibirlos es demostrar nuevas inversiones en tecnologías menos contaminantes.

Los proyectos MDL deben contribuir al desarrollo sustentable y dar lugar a beneficios reales, mensurables y duraderos para el clima, en forma de reducción y/o absorción de emisiones de GEI, adicionales a las que se habrían producido sin el proyecto.

Los CER derivados de estos proyectos pueden ser comercializados libremente como commodities y serán finalmente utilizados por los países desarrollados para dar cumplimiento a las obligaciones asumidas en Kioto u otros sistemas como el European Emission Trading Scheme.

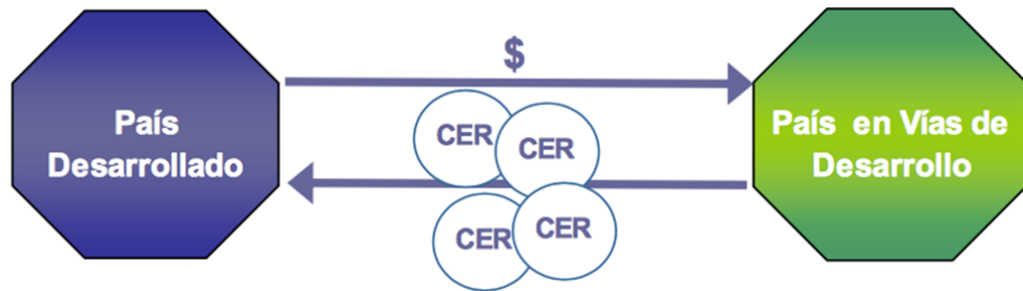


Figura 14: esquema ilustrativo de operación del bono carbono, ([www.bcba.sba.com.ar](http://www.bcba.sba.com.ar))

Desde la perspectiva de los países en desarrollo como la Argentina, el MDL permite entre otras ventajas:

- Atraer capitales para proyectos que apoyen un cambio a una economía más próspera pero menos intensiva en carbono.
- Crear el espacio para un nuevo mercado de capitales basados en una nueva clase de activos.
- Incentivar y permitir la participación activa tanto del sector público como del privado.
- Proporcionar una herramienta de transferencia de tecnología, en caso de que las inversiones sean canalizadas para proyectos que reemplacen tecnología vieja e ineficiente basada en combustibles fósiles, o para crear nuevas industrias con tecnología ambientalmente sostenible.
- Ayudar a definir prioridades de inversión en proyectos que cumplan metas de desarrollo sostenible.

Específicamente, el MDL puede contribuir a los objetivos de desarrollo sustentable de un país en desarrollo a través de:

- Transferencia de tecnología y recursos financieros;
- Alternativas sustentables de producción de energía;
- Incremento en la conservación y eficiencia energética;
- Disminución de la pobreza a través de la generación de empleo e ingresos; y
- Beneficios ambientales locales.

---

### 3. MARCO LEGAL

Como se ha mencionado en los párrafos anteriores, aquí se tratarán los aspectos más importantes relacionados al contexto normativo y legal, tanto de alcance nacional como provinciales aplicables al proyecto en cuestión.

#### 3.1 CONTEXTO LEGAL NACIONAL

En primer lugar, se hará mención a los artículos y descripciones más importantes del decreto 882/2016 – ley 27191. A saber:

*“Que el Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la producción de Energía Eléctrica sancionado por la Ley N° 26.190 y modificado y ampliado por la Ley N° 27.191, establece como objetivo lograr un incremento en la participación de las fuentes de energía renovable en la matriz eléctrica hasta alcanzar el OCHO POR CIENTO (8%) del consumo anual nacional al 31 de diciembre del año 2017; aumentando dicha participación porcentual de forma progresiva hasta alcanzar el VEINTE POR CIENTO (20%) al 31 de diciembre del año 2025.”*

*“Que para el cumplimiento de los objetivos fijados por la Ley N° 27.191 por parte de todos los usuarios de energía eléctrica se prevén distintos mecanismos que comprenden, para los grandes usuarios del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) y las grandes demandas que sean clientes de los prestadores del servicio público de distribución o de los agentes distribuidores, con demandas de potencia iguales o mayores a TRESCIENTOS KILOVATIOS (300 kW), la autogeneración o la contratación de la compra de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables, directamente del generador, de un comercializador o de la COMPAÑÍA ADMINISTRADORA DEL MERCADO MAYORISTA ELÉCTRICO S.A. (CAMMESA) o de la entidad que designe la Autoridad de Aplicación, de acuerdo con lo que esta última establezca.”*

La Ley 27.191 de energías renovables, se promulgo el 15 de octubre de 2015 que ajusta a la ley 26.190, y el decreto reglamentario adaptan y mejoran el marco regulatorio para aumentar la participación de las Energías Renovables y diversificar la matriz energética nacional. Como bases pueden notarse:

- Interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energía renovables.

- **Incrementa el límite de potencia establecido** para los proyectos de centrales hidroeléctricas hasta 50 MW y se incluye la energía undimotriz, corrientes marinas, generación con biocombustibles y se diferencia la energía solar térmica y la fotovoltaica.
- **El artículo 8 Establece metas nacionales obligatorias para el 100% de la demanda, con multa (CVP con gasoil importado)** para los Grandes Usuarios (>300 kW), que deberán contribuir y estarán obligados a incorporar un consumo de energía de fuente renovable dentro de su consumo de energía eléctrica. El cumplimiento de estas obligaciones deberá hacerse en forma gradual:
  - Al 31 de diciembre de 2017, deberán alcanzar como mínimo el ocho por ciento (8%) del total del consumo propio de Energía Eléctrica.
  - Al 31 de diciembre de 2019, deberán alcanzar como mínimo el ocho por ciento (12%) del total del consumo propio de Energía Eléctrica.
  - Al 31 de diciembre de 2021, deberán alcanzar como mínimo el ocho por ciento (16%) del total del consumo propio de Energía Eléctrica.
  - Al 31 de diciembre de 2023, deberán alcanzar como mínimo el ocho por ciento (18%) del total del consumo propio de Energía Eléctrica.
  - Al 31 de diciembre de 2025, deberán alcanzar como mínimo el ocho por ciento (20%) del total del consumo propio de Energía Eléctrica.
- El consumo mínimo fijado para la fecha de corte de cada periodo no podrá ser disminuido en el periodo siguiente.
- Habilita a los Grandes Usuarios a contratar en forma directa con los generadores, autogenerar y cogenerar para cumplir con la obligación.
- Dentro de su alcance, CAMMESA licita pliegos para generación ERNC (Energía Renovable No Convencional).

Como soporte a lo detallado anteriormente, puede sumarse artículos del Proyecto de Ley Régimen de Fomento a la generación distribuida de energía renovable integrada a la red eléctrica pública:

ARTICULO 5°

*Todos los usuarios finales de energía eléctrica que dispongan equipamiento de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, podrán inyectar la energía que de esta forma generen a la red de distribución con la que tengan contratado su servicio.*



---

## ARTICULO 9°

*Los usuarios que dispongan de equipamiento para la generación de energía distribuida a partir de fuentes renovables deberán solicitar la autorización de conexión e inyección a la red ante el distribuidor. A estos efectos, el Distribuidor deberá implementar un mecanismo administrativo ágil para atender tales solicitudes. La autoridad de aplicación fijará los lineamientos de esa tramitación por medio de la reglamentación de la presente ley y sus normas complementarias.*

### 3.2 CONTEXTO LEGAL DE SANTA FE

Ingresando ya en el contexto provincial, dentro del website de Santa Fe, se encuentra un nutrido compendio de información relacionado a la ERNC. Como muestra de ello, citamos un fragmento de un texto del Plan Solarimétrico:

*“El Plan Estratégico Provincial ha establecido pautas claras en cuanto al desarrollo energético del territorio santafesino, donde las energías renovables y sustentables, tendrán un papel preponderante, transformando al Estado Provincial en generador genuino de energía”.*

En este sentido, Santa Fe ya cuenta con los primeros datos de medición de radiación solar, convirtiéndose en la primera Provincia en realizar un Mapa Solar que alcance todo su territorio, que posiciona a la Provincia a la vanguardia en la promoción y desarrollo de energías renovables. La Red Solarimétrica en la provincia de Santa Fe, cuenta con equipos de medición de radiación solar y variables meteorológicas, en las localidades de:

- Tostado (Departamento 9 de Julio).
- Reconquista (Departamento General Obligado).
- Elisa (Departamento Las Colonias).
- Cañada Rosquín (Departamento San Martín).
- Firmat (Departamento General López).

*Para llevar a cabo las acciones de instalación, puesta en marcha, mantenimiento y recopilación de datos de las estaciones, se procedió a la firma de un Convenio con la Universidad Nacional del Litoral (UNL), a través del Grupo de Energías No Convencionales (GENOC), ( [www.santafe.gov.ar](http://www.santafe.gov.ar), consulta Abril 2017).*

Esta red proveerá a los diseñadores de sistemas de aprovechamiento de la energía solar, ingenieros, y público interesado; de importante información sobre la radiación solar y sus zonas de referencia.

Diariamente el GENOC controla a distancia, por medio de la red celular GPRS, el funcionamiento del sistema. También se realizan visitas de mantenimiento preventivo a cada estación, para mantener el buen estado de los sensores solarimétricos, demás equipos y paneles fotovoltaicos de alimentación de los sistemas. Durante las visitas e inspecciones se resuelven las falencias y fallas que pudieran surgir y que no hayan sido detectadas a distancia. También se concurre a la instalación donde se detecte que una falla impide la recolección de información.

Ejemplo de mediciones ([www.santafe.gov.ar/documentos](http://www.santafe.gov.ar/documentos), 20-10-2015):

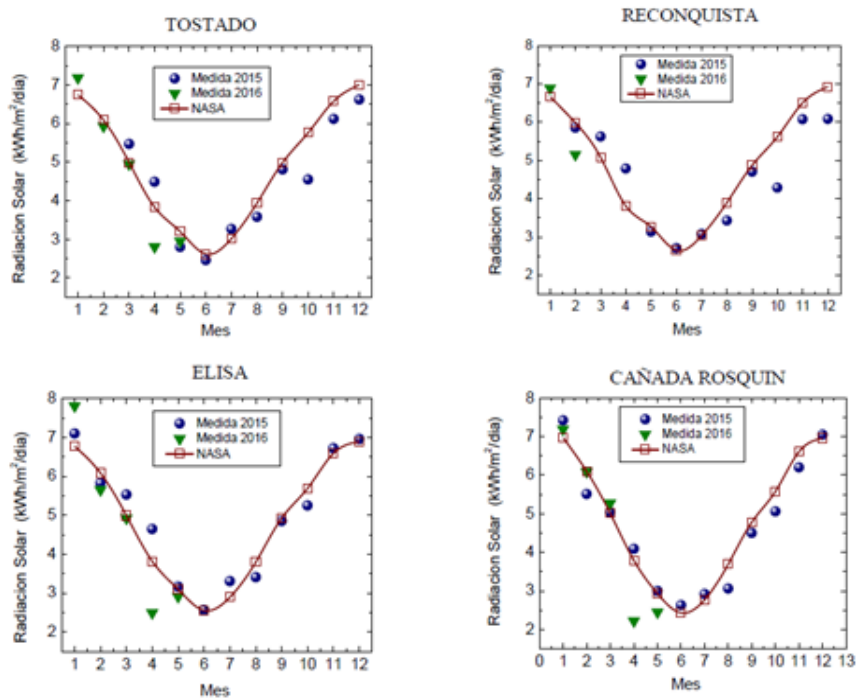


Figura 15: promedio mensual de radiación global horizontal diaria, 2015-2016

Por otra parte, se obtienen además medidas de irradiación en diferentes momentos del año, obteniéndose promedios para describir la situación:

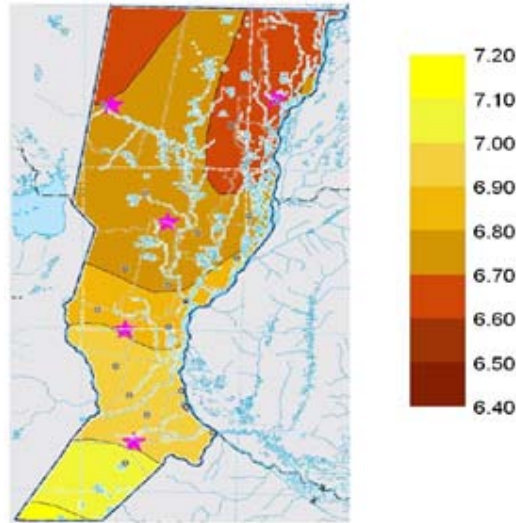


Figura 16: insolaración media diaria, medida en kWh/m<sup>2</sup>/día, para 1 mes

Como herramienta de motivación para empresas, el gobierno provincial ha emitido una línea de crédito para las compañías que tengan como proyecto trabajar en energías alternativas.

El ente encargado de la distribución eléctrica de la provincia, es el E.P.E. (Empresa Provincial de Energía), el cual abastece a más de 1.200.000 de clientes distribuidos en 101.000 Km<sup>2</sup>. Es una de las más grandes distribuidoras nacionales.

Por otra parte, entrando en el ámbito netamente legal de la provincia, tenemos dos leyes fundamentales para hacer mención:

Ley 12692: sancionada para fomentar el uso de energías alternativas.

- ARTÍCULO 1.- *Dispónese el siguiente Régimen Promocional Provincial para la investigación, desarrollo, generación, producción y uso de productos relacionados con las energías renovables no convencionales.*

- ARTÍCULO 3.- *A los fines de la presente ley se entiende por:*

*Energías renovables las previstas en el artículo 3º, 4º y 5º de la ley 12.503.*

*Biogás: Al producto del tratamiento anaeróbico de residuos sólidos o líquidos orgánicos de origen industrial, rural, de servicios y domésticos.*

*Biocombustible: los productos que se obtienen a partir de materias primas de origen agropecuario o agroindustrial o desechos orgánicos, que cumplan con los requisitos de calidad establecidos por la Secretaría de Energía de la Nación.*

▪ **ARTÍCULO 5.-** *Todos los proyectos de radicación industrial para producir las energías previstas en el Artículo 3° o las industrias ya instaladas con el mismo propósito para la ampliación de su capacidad productiva y/o mayor absorción de mano de obra, que sean habilitadas por la autoridad de aplicación, gozarán de los beneficios que se prevén en la presente ley, para lo cual deberán cumplir con las siguientes condiciones:*

○ *Que se radiquen o se encuentren radicadas en el territorio de la Provincia de Santa Fe.*

○ *Que sean propiedad de emprendedores, sociedades comerciales, privadas, públicas o mixtas, constituidas en el país, habilitadas por la autoridad de aplicación con exclusividad para el desarrollo de la actividad promocionada.*

○ *Que integren en un mismo proceso todas o algunas de las etapas industriales para la obtención de materias primas renovables.*

○ *Que estén en condiciones de producir aerogeneradores, paneles solares, colectores solares, cocinas y hornos solares, biodigestores, biogás, biocombustibles, derivados oleoquímicos, convertidores de energía, productos a través de secaderos solares o cualquier otro no descripto anteriormente que surja de un proceso derivado de las energías renovables no convencionales que cumplan las condiciones previstas en la presente ley y en la Ley 12.503.*

○ *Que el proyecto de inversión sea aprobado por la autoridad de aplicación.*

○ *Que cumplan con todos los demás requisitos que establezca la autoridad de aplicación.*

▪ **ARTÍCULO 6.-** *Los sujetos mencionados en el Artículo 5° que cumplan con las condiciones establecidas en el mismo, gozarán de los beneficios promocionales de exención y/o reducción y/o diferimiento de tributos provinciales, según lo establezca la reglamentación, por el término de quince (15) años contados a partir de la fecha de puesta en marcha del proyecto respectivo, la que deberá ser certificada por la autoridad de aplicación.*

▪ **ARTÍCULO 7.-** *Los impuestos alcanzados por lo establecido en el Artículo 6° son: el Impuesto a los Ingresos Brutos, el Impuesto de Sellos, el Impuesto Inmobiliario y el Impuesto a la Patente Única Sobre Vehículos, o aquellos que lo sustituyan en el futuro. Las personas físicas y jurídicas, titulares de proyectos aprobados por la autoridad de aplicación, para acceder a los beneficios, deberán cumplir con los requisitos previstos en el Artículo 5°.*

Ley 12.503: declárase de interés provincial la generación y el uso de energías alternativas.

▪ *ARTICULO 3.- A los fines de interpretación de la presente ley, se entiende por “energías renovables, alternativas o blandas”, a todas aquellas que se producen naturalmente, en forma inagotable y sin ocasionar perjuicio al equilibrio ambiental.*

▪ *ARTICULO 5.- Se considerarán servicios prestados en base a energías renovables, alternativas o blandas aquellos que se presten utilizando:*

○ *Energía solar fotovoltaica: es la que mediante tecnología apropiada permite transformar la energía lumínica del sol en energía eléctrica.*

○ *Energía solar térmica: es la que se produce aprovechando la energía calórica del sol para calentamiento de fluidos en forma directa o indirecta.*

○ *Energía solar pasiva: permite el aprovechamiento de las cualidades lumínicas y calóricas del sol para ser aprovechadas en el hábitat humano, conocida como arquitectura bioclimática.*

○ *Energía eólica de alta potencia: es la que permite aprovechar la energía del viento en grandes magnitudes.*

○ *Energía eólica de baja potencia: la que permite aprovechar la energía del viento en pequeña escala, desde lo individual a lo colectivo.*

○ *Biomasa: es la energía producida de residuos vegetales o cultivos especiales a tal fin, cuidando de que en el proceso de conversión energética se conserven los parámetros de protección medioambiental.*

○ *Biogás: es la que surge como producto del tratamiento anaeróbico de residuos sólidos o líquidos orgánicos de origen industrial, rural, de servicios y domésticos.*

○ *Geotérmica: es la que permite aprovechar el potencial térmico interior del globo terráqueo.*

○ *Mini-Hidráulica: permite aprovechar el potencial de pequeños cursos de agua.*

#### 4. ANALISIS DE DEMANDA

Tomando como base la información anterior, se hará mención a las clasificaciones de los grandes usuarios de energía dentro del MEM (Mercado Eléctrico Mayorista).

Los agentes que integran el MEM son responsables del 96% de la demanda energética anual.

A saber:

GUPA (grandes usuarios particulares): la operación es responsabilidad de los generadores, no requiere instalación SMEC y no posee requerimiento de consumo mínimo.

GUME (grandes usuarios menores): no tienen relación directa con CAMMESA, no requiere instalación SMEC y no posee consumo mínimo anual.

GUMA (grandes usuarios mayores): compran su energía y potencia a través de CAMMESA (excepto los contratos tipo PLUS) y pagan un servicio de peaje a las distribuidoras.

Además, tienen en su estructura de costos los siguientes factores: costo propio de la energía, los costos de transporte & distribución y otros cargos e impuestos.



Figura 17: estructura de costos de usuarios GUMA

---

#### 4.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS GUMA

- Depósito de garantía que cubra el total a facturar por CAMMESA por tres meses.
- Requiere instalación SMEC (sistema medición comercial).
- Obligación de abonar penalidad por consumo superior a la demanda base registrada en año 2005, o comprar energía PLUS (contratada directamente a un tercero comercializador o Central de Energía Plus, valor en U\$D).

El programa Energía Plus confecciona un nuevo esquema de abastecimiento donde los grandes usuarios cumplen un rol fundamental para obtener la cobertura de sus consumos. Es decir, son responsables de asegurar el abastecimiento de sus demandas base del año 2005 y de sus crecimientos, ya sea a través de la autogeneración y/o mediante contratos de suministro, tal como se mencionó anteriormente. Por otra parte, aun cuando cuenten con el correspondiente respaldo, también deberán cumplir con reducciones de demanda requeridas por CAMMESA; caso contrario, deberán abonar un costo extra valuado en 3000\$/MWh.

Haciendo mención al sistema SMEC, según definiciones de CAMMESA, éste cumple dos funciones fundamentales:

- Mide transferencia de energía entre los agentes que integran el MEM.
- Recopila las mediciones para facturar entre dichos agentes.

En esta última categoría, se encuentra catalogada nuestra empresa en cuestión.

Tabla II: empresas generadoras y tipos de tecnologías utilizadas (CMMESA, consulta Mayo 2017)

Empresa	Centrales	Tipo	MW
SADESA	CT Mendoza	-	15
Ex - Petrobras	Ecoenergía (Cerri)	TV	15
	Genelba	TG	163
Albanesi	Mediterranea	TG	132
	Independencia	TG	15
	Solalban	TG	50
AES	Termoandes	TG	305
Pampa	Güemes	TG	102
	Loma de la Lata	CC	79
Molinos Río de la Plata	Molinos Río de la Plata	TV	10

Glosario

TV: turbina de vapor

TG: turbina de gas

CC: ciclo combinado

Ejemplo de esquema de consumo

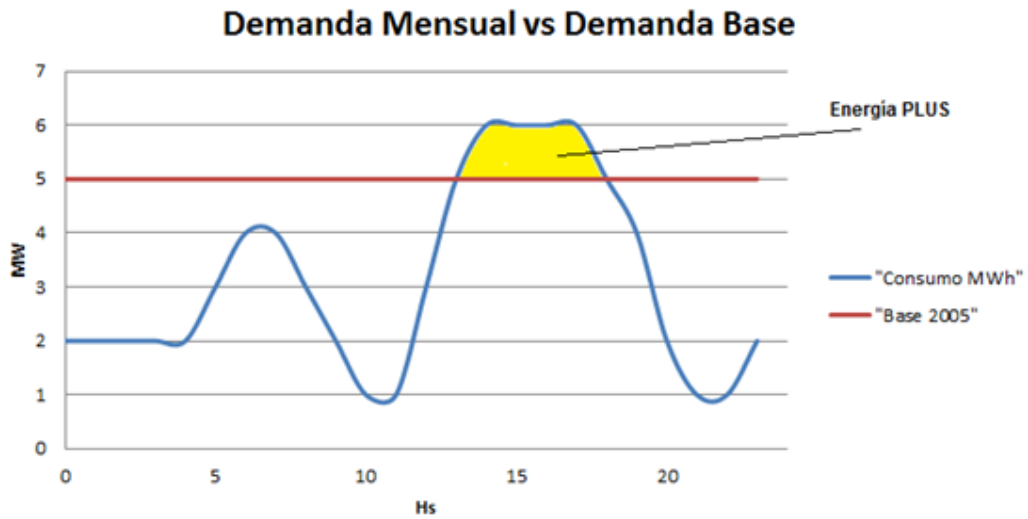


Figura 18: ejemplo demanda base vs mensual



### 4.2 ESTUDIO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En esta etapa se hará hincapié en el detalle de consumo energético de la empresa versus el de la región geográfica del Litoral Argentino (para empresas agroindustriales).

Se opta por este criterio, para obtener un patrón de trabajo razonable.



Figura 19: matriz de consumos del año 2016

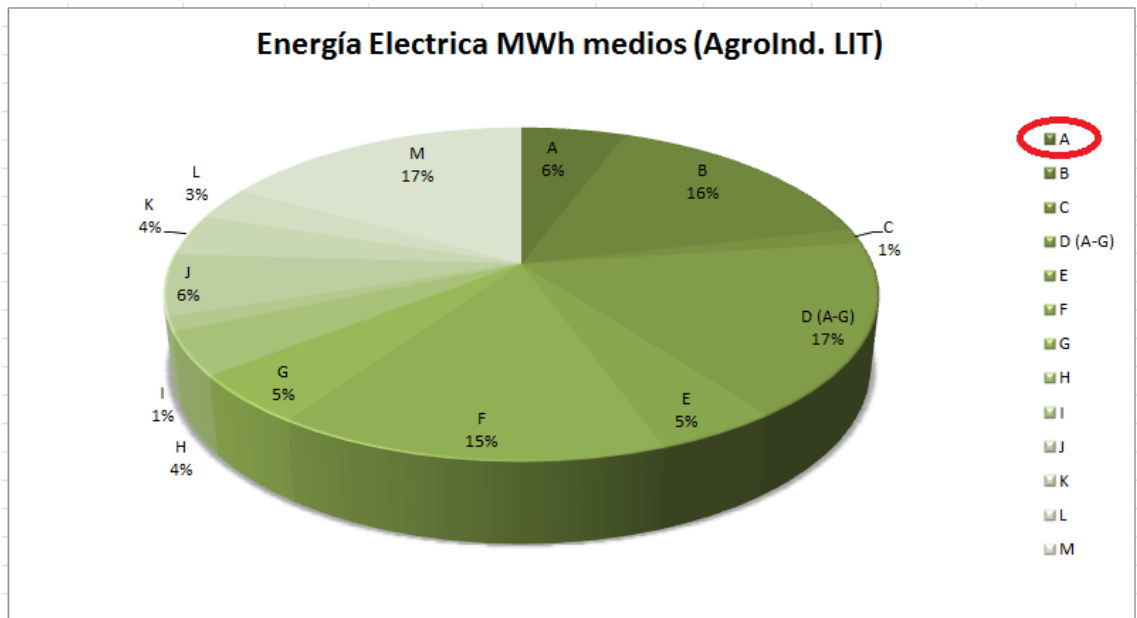


Figura 20: impacto de nuestra empresa en referencia con las agroindustriales regionales.

---

En relación al consumo de la empresa versus el consumo total de empresas mismo rubro del Litoral, cabe mencionar que la misma representa el 6%, considerado un porcentaje importante.

La compañía consume **7 MW por hora** en promedio.

#### **4.3 INCIDENCIA DE LA TEMPERATURA Y LA PRODUCCIÓN SOBRE LA DEMANDA ENERGÉTICA**

Si bien durante el año 2016 la demanda energética se incrementó levemente con respecto al año anterior (un 0,6%), no pierde relevancia el hecho de la influencia de la temperatura sobre el consumo (sobre todo residencial).

La demanda pudo ser abastecida sin mayores dificultades, sin embargo, en algunas oportunidades se debió recurrir a la importación desde países vecinos.

Como se ha mencionado anteriormente, la provincia de Santa Fe posee índices de altos de radiación solar, vinculados de manera directa con el aumento de la temperatura.

Entrando netamente al ámbito agroindustrial (en el cual aplica la empresa en estudio), se sabe que la temperatura influye en la utilización de equipos de refrigeración acrecentando el consumo de energía, pero más importante es el efecto del incremento de producción. Esto último se refleja en la operación diaria a través del uso de maquinarias y otros sistemas de fuerza motriz. Traduciendo, podemos estimar que, a mayor producción, mayor consumo de recursos y energía.

Las proyecciones realizadas a fines del 2016 pronostican una cosecha record para 2017 y una rentabilidad buena para las exportaciones (reducción de retenciones), las cuales aportan optimismo en los productores e industriales, a pesar de las inundaciones que afectan las zonas rurales.

Es por ello, y además porque se pronostica mayor demanda de combustible Biodiesel, que se ha analizado trabajar fuertemente en la reducción de consumo eléctrico y en la autogeneración de energía.

---

## 5. ESTUDIO DE MERCADO

En el Congreso de la Nación se está discutiendo el proyecto de Ley de Energía Distribuida. Si bien se espera que la sanción de la misma se haga efectiva antes de las Elecciones Parlamentarias de octubre, durante esta semana ha comenzado a circular un documento preliminar que contó con el consenso de los distintos sectores políticos. A continuación, se resumen las principales características:

- Se implementa el “Balance Neto de Facturación” – Net Billing: se compensan los costos de la energía demandada con el valor de la energía inyectada a la red.
- Se establece obligatoriedad de generación distribuida a toda construcción nueva de edificios públicos y establecimientos de utilidad pública.
- Tarifa de inyección – USD/kWh: a establecer por la Autoridad de Aplicación. Se reflejarán en la factura el volumen de energía demandada e inyectada. El valor final a pagar será el cálculo neto de los montos.
- El distribuidor no podrá añadir cargos adicionales de ningún tipo.
- Se creará Fondo Fiduciario para el Desarrollo de la Generación Distribuida (FODIS) para la financiación de los proyectos: el fondo contará, para el primer año de entrada en vigencia de la Ley, una partida del presupuesto nacional de 500 millones de pesos.

Estas inversiones requieren estructuras financieras complejas. Si bien es una versión preliminar para discusión, contiene un trabajo muy elaborado y de detalle. Uno de los aspectos más sobresalientes es quien tiene derecho prioritario a usar el SADI, las líneas de transmisión de electricidad. Luego de Renovar 1.0 y Renovar 1,5, la capacidad remanente en el SADI está relativamente acotada, y hay nodos donde en ciertos escenarios podrían producirse congestiones. Las ampliaciones del SADI son obras muy costosas y de lenta definición y ejecución.



Figura 21: esquema de conexión a red de sistema de energía renovable

### 5.1 PROGRAMA RENOVAR 1 Y 1.5

A través de CAMMESA durante 2016, se lanzaron las licitaciones R1 y R1.5, mediante convocatorias nacionales e internacionales; para el abastecimiento de energía eléctrica basada en fuentes renovables.

RENOVAR 1 fue emitida más precisamente el 27/07 (en el marco de la resolución MEyM n°136/2016), por 1000 MW de ERNC y se publicaron los pliegos de bases y condiciones en la página web de CAMMESA.

La provisión de energía debería realizarse a través de Centrales de Generación (incluyendo proyectos de autogeneración o cogeneración) nuevas o de ampliaciones, y/o repotenciaciones de centrales existentes, sobre equipos nuevos o usados.

Este programa despertó el interés de empresarios e inversores, y se prevé una inversión de USD 1800 millones, creando 8000 empleos directos. Quienes vendan energía a CAMMESA, deberán cerrar acuerdos con proveedores de equipos y componentes.

En la primera etapa se subastará la generación de ER, según la siguiente distribución:

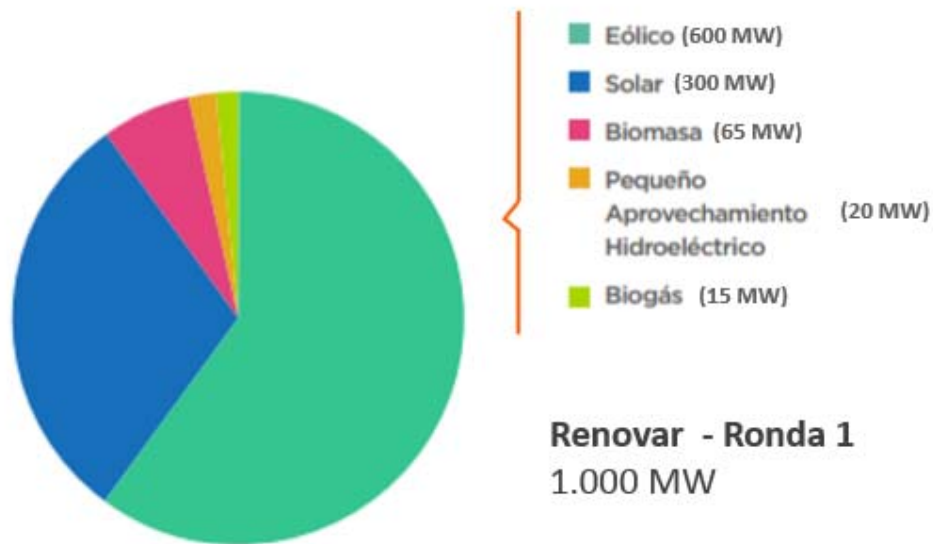


Figura 22: distribución de MW de energía a licitar, plan RENOVAR 1 (CAMMESA, 25-07-2016)

Según fuentes de la subsecretaría de Energías Renovables, existiría un incremento del 1,8% actual al 4,5% la participación de ERNC en la matriz energética; generando un ahorro aproximado de USD 300 millones anuales en la importación de energía (con base un barril de petróleo a USD 50).

Como corolario, se prevé una reducción de emisiones (en lo que respecta a huella de carbono), de 2 Mton CO<sub>2</sub>/año.

El organismo fiduciario FODER (Fondo para el Desarrollo de Energías Renovables) cumplirá la función de garantizar el pago de la energía, el pago de rescisión anticipada u opción de venta y el pago de precio de compra.

<b>Partes</b>	Comprador: CAMMESA, en representación de los agentes distribuidores y grandes usuarios Vendedor: el Proyecto de EERR.
<b>Objeto</b>	Construcción, puesta en marcha, operación y mantenimiento de una central de generación para el abastecimiento de Energía Eléctrica Renovable.
<b>Precio</b>	Según oferta en USD/MWh, con ajuste anual predefinido y ajuste por "Factor Incentivo" por año calendario.
<b>Volúmenes</b>	100% de la energía generada por la Potencia Contratada. Energía Comprometida: $\geq$ P90; Energía Mínima Comprometida $\geq$ P99.
<b>Plazo</b>	20 años desde la fecha de habilitación comercial.
<b>Multas para el Vendedor</b>	Atraso en Fecha de Interconexión al SADI y/o Fecha de Operación Comercial, base diaria (1388 USD/MW) Multa por Deficiencia de Abastecimiento (160 USD/MWh) <ul style="list-style-type: none"> <li>Deficiencia de Abastecimiento Menor (Energía Abastecida Ajustada &lt; Energía Comprometida) permite posibilidad de makeup al año siguiente</li> <li>Deficiencia de Abastecimiento Mayor (Energía Abastecida Ajustada &lt; Energía Mínima Comprometida) con aplicación directa.</li> </ul>
<b>Transferencia</b>	El Comprador podrá transferir el presente Contrato a favor de uno o más Agentes Distribuidores y/o Grandes Usuarios del MEM, en cuya representación celebró el presente Contrato.

Figura 23: resumen de condiciones pliego Renovar 1 (CAMMESA, 25-07-2016)

Como resultado, para Renovar 1, se recibieron 123 ofertas (49 eólicas, 58 solares, 11 biomasa y biogás, y 5 mini hidro) por más de 6.300 MW.

Tabla III: algunas empresas adjudicadas

OFERTA	OFERENTE	NOMBRE	PROVINCIA	LOCALIDAD	PRECIO OFERTADO [u\$/MWh]	POTENCIA Ofertada (MW)	POTENCIA ASIGNADA (MW)
BG-06	GLOBAL GREEN	C.T. Biogás Ricardone	SANTA FE	Ricardone	118.00	1.2	1.2
OFERTA	OFERENTE	NOMBRE	PROVINCIA	LOCALIDAD	PRECIO OFERTADO [u\$/MWh]	POTENCIA Ofertada (MW)	POTENCIA ASIGNADA (MW)
EOL-14	ENVISION ENERGY 1	P.E. García del Río	BUENOS AIRES	Bahía Blanca	49.81	10	10
EOL-17	ENVISION ENERGY 2	P.E. Vientos del Secano	BUENOS AIRES	Buratóvich	49.08	50	50
EOL-06	GENNEIA I	P.E. Villalonga	BUENOS AIRES	Villalonga	54.96	50	50
EOL-16	ENVISION ENERGY 2	P.E. Los Meandros	NEUQUEN	Confluencia	53.88	75	75
EOL-15	ENVISION ENERGY 2	P.E. Cerro Alto	RIO NEGRO	Pilcaniyeu	56.98	50	50
EOL-44	C. T. LOMA DE LA LATA	P.E. Corti	BUENOS AIRES	Bahía Blanca	58.00	100	100
EOL-22	3 GAL S.A.	P.E. Garayalde	CHUBUT	Garayalde	59.00	24.15	24.15
EOL-35	CP RENOVABLES	P.E. La Castellana	BUENOS AIRES	Villarino	61.50	99	99
EOL-33	ENAT S.A.	P.E. Kosten	CHUBUT	Pampa del Castillo	59.41	24	24
EOL-05	EREN	P.E. Vientos Los Hércules	SANTA CRUZ	Las Heras	62.88	97.2	97.2
EOL-08	GENNEIA I	P.E. Chubut Norte	CHUBUT	Puerto Madryn	66.00	49.875	28.35 (*)
EOL-46	ARAUCO S.A.P.E.M.	P.E. Arauco II (Etapa 1 y 2)	LA RIOJA	Arauco	67.19	99.75	99.75

Dentro del marco del mercado de proveedores, se ha despertado cierto optimismo, pues en el país están desarrollándose empresas que pueden distribuir y proveer materiales y tecnologías para por ejemplo abastecer: energía eólica, solar y biomasa. Dentro de un combo de mano de obra, experiencia y materiales, hay un mercado insipiente esperando explotar.

RENOVAR 1.5 fue emitida más precisamente en Octubre 2016. Mediante la Resolución MEyM N° 252/2016, el Ministerio de Energía y Minería instruyó a CAMMESA a convocar a interesados a ofertar en el Proceso de Convocatoria Nacional e Internacional "RenovAr Ronda 1.5" sobre los proyectos presentados y no adjudicados en la Ronda 1 del Programa RenovAr; con el objeto de la contratación en el MERCADO ELÉCTRICO MAYORISTA (MEM) de energía eléctrica de fuentes renovables de generación.



Tabla IV: total de proyectos adjudicados, y su distribución en los diferentes tipos de energía (CAMMESA, 2016)

ID Oferta	Región	Nombre del Proyecto	Nombre del Socio Estratégico	Potencia Adjudicada (MW)	Precio Ofertado (USD/MWh)	Componente Nacional Declarado (en %)	Plazo Programado de Habilitación Comercial (días corridos)	Monto de Garantía de Banco Mundial (USD)	Monto Garantía de Banco Mundial (USD/MW)	Plazo de Garantía de Banco Mundial (años)
EOL-45	BUENOS AIRES	P.E. Pampa	SINOHYDRO CORPORATION LIMITED	100,00	46,00	25,00%	465	50.000.000	500.000	20
EOL-29	BUENOS AIRES	P.E. Miramar	ISOLUX INGENIERIA S.A.	97,65	56,38	10,53%	698	-	-	-
EOL-48	BUENOS AIRES	P.E. Vientos de Necochea 1	CENTRALES DE LA COSTA ATLÁNTICA S.A	37,95	55,50	7,50%	750	-	-	-
EOL-19	COMAHUE	P.E. La Bandera	FACUNDO FRAVEGA	36,75	49,98	22,24%	670	18.375.000	500.000	15
EOL-09	COMAHUE	P.E. Pomona I	GENNEIA S.A.	100,00	54,88	9,45%	750	50.000.000	500.000	15
EOL-20	PATAGONIA	P.E. Del Bicentenario	PETROQUIMICA COMODORO RIVADAVIA S.A.	100,00	49,50	14,66%	640	-	-	-
EOL-27	PATAGONIA	P.E. Loma blanca 6	ISOLUX INGENIERIA S.A.	100,00	53,53	0,45%	810	-	-	-
EOL-37	RESTO EOLICA	P.E. Achiras	CP RENOVABLES S.A.	48,00	59,38	11,87%	496	-	-	-
EOL-47	RESTO EOLICA	P.E. Arauco II (Etapa 3 y 4)	PARQUE EÓLICO ARAUCO S.A.P.E.M.	95,00	56,67	7,14%	900	-	-	-
EOL-32	RESTO EOLICA	P.E. El Sosneado	EMPRESA MENDOCINA DE ENERGÍA S.A.P.E.M.	50,00	55,00	3,50%	900	-	-	-
SFV-21	NOA	P.S. Saujil	ENERGÍAS SUSTENTABLES S.A.	22,50	51,93	9,75%	480	-	-	-
SFV-20	NOA	P.S. Tinogasta	ALEJANDRO IVANISSEVICH	15,00	53,43	9,76%	480	-	-	-
SFV-18	NOA	P.S. Flambalá	ENERGÍAS SUSTENTABLES S.A.	11,00	53,73	9,78%	480	-	-	-
SFV-12	NOA	P.S. Cafayate	ISOLUX INGENIERIA S.A.	80,00	56,28	31,26%	540	32.000.000	400.000	20
SFV-15	NOA	P.S. Nonogasta	FIDES GROUP S.A.	35,00	56,43	9,78%	540	-	-	-
SFV-34	RESTO SOLAR	P.S. Anchoris	EMPRESA MENDOCINA DE ENERGÍA S.A.P.E.M.	21,30	48,00	17,74%	574	3.195.000	150.000	20
SFV-05	RESTO SOLAR	P.S. PASIP	EMPRESA MENDOCINA DE ENERGÍA S.A.P.E.M.	1,15	52,00	89,70%	360	172.500	150.000	20
SFV-31	RESTO SOLAR	P.S. Sarmiento	SOENERGY INTERNATIONAL INC.	35,00	52,95	13,38%	473	12.250.000	350.000	15
SFV-41	RESTO SOLAR	P.S. La Cumbre	DIASER S.A.	22,00	56,70	35,54%	475	-	-	-
SFV-46	RESTO SOLAR	P.S. Ullum N1	FIDES GROUP S.A.	25,00	53,73	12,53%	540	-	-	-
SFV-02	RESTO SOLAR	P.S. Lujan de Cuyo	EMPRESA MENDOCINA DE ENERGÍA S.A.P.E.M.	22,00	55,00	83,84%	900	4.400.000	200.000	20
SFV-36	RESTO SOLAR	P.S. Caldenes del Oeste	QUAATRO PARTICIPACONES S.A.	24,75	58,90	22,70%	380	-	-	-
SFV-49	RESTO SOLAR	P.S. Iglesia - Gualizuli	JINKOSOLAR HOLDING CO.LTD.	80,00	54,10	13,97%	487	-	-	-
SFV-01	RESTO SOLAR	P.S. Lavalle	EMPRESA MENDOCINA DE ENERGÍA S.A.P.E.M.	17,60	55,00	87,81%	900	3.520.000	200.000	20
SFV-45	RESTO SOLAR	P.S. Ullum N2	ALEJANDRO IVANISSEVICH	25,00	55,23	12,53%	540	-	-	-
SFV-04	RESTO SOLAR	P.S. La Paz	EMPRESA MENDOCINA DE ENERGÍA S.A.P.E.M.	14,08	55,00	82,52%	900	2.816.000	200.000	20
SFV-06	RESTO SOLAR	P.S. General Alvear	EMPRESA MENDOCINA DE ENERGÍA S.A.P.E.M.	17,60	55,00	86,39%	900	-	-	-
SFV-57	RESTO SOLAR	P.S. Las Lomitas	LATINOAMERICANA ENERGIA	1,70	59,20	57,93%	360	850.000	500.000	15
SFV-32	RESTO SOLAR	P.S. Ullum3	ALEJANDRO IVANISSEVICH	32,00	57,63	12,53%	540	-	-	-
SFV-37	RESTO SOLAR	P.S. Ullum 4	COLWAY 08 INDUSTRIAL	13,50	56,50	10,35%	630	6.750.000	500.000	20

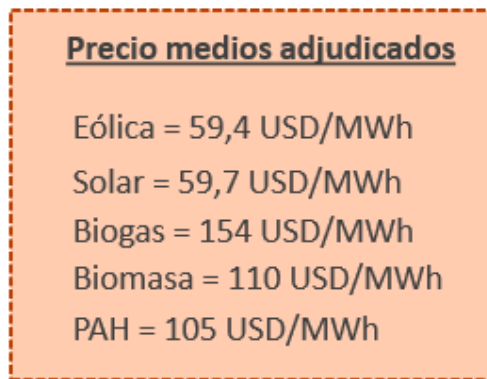


Figura 24: Los precios medios adjudicados

Para los cálculos se consideraron los precios mínimo, promedio y máximo adjudicados para las tecnologías eólica y solar fotovoltaica.

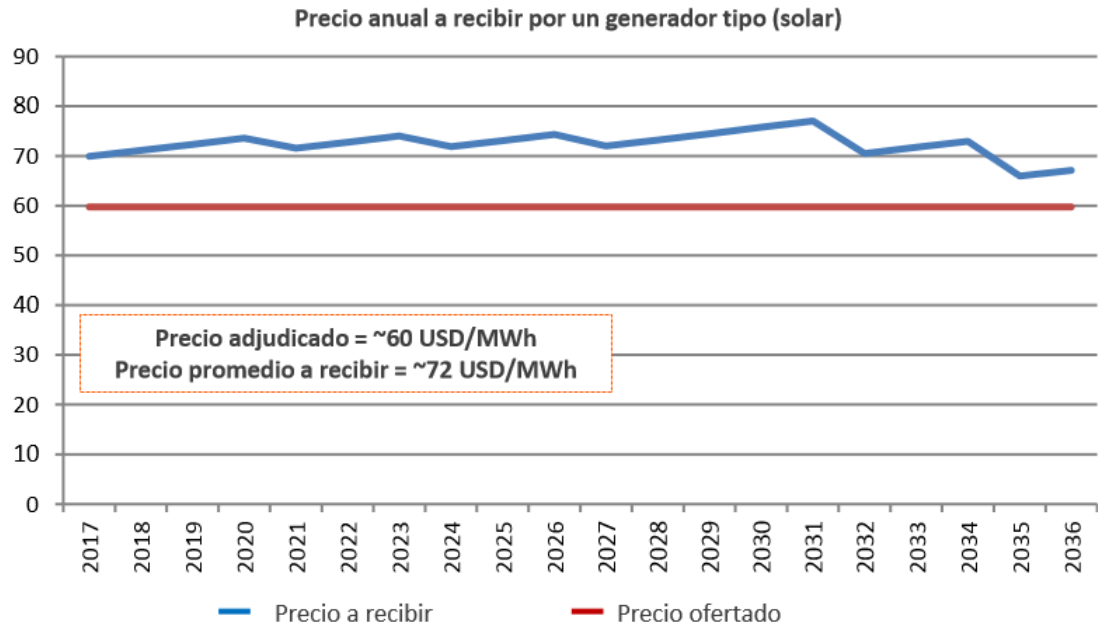


Figura 25: precio adjudicado versus promedio para energía solar fotovoltaica

Los resultados muestran que los inversores de proyectos eólicos y solares adjudicados podrían obtener rentabilidades entre 11% y 17%.

Como resumen:

- Pueden presentar ofertas los Oferentes originales y/o nuevos Oferentes sobre los Proyectos presentados y no adjudicados en Ronda 1: 37 Proyectos eólicos y 54 solares.
- La Potencia Requerida se compone de cuotas regionales: 4 de 100 MW cada una para proyectos eólicos y 2 cuotas de 100 MW cada una para proyectos solares.
- Se puede modificar el Oferente (total o parcialmente) y el Socio Estratégico en la nueva Oferta, acompañando en su caso, la documentación pertinente.
- Los Proyectos se pueden optimizar para mejorar las ofertas. En caso de adjudicación se deberá cumplimentar la documentación del nuevo proyecto técnico.
- Hay 135 y 70 MUSD de Garantía del Banco Mundial disponibles para Eólico y Solar respectivamente. Se podrá solicitar hasta 500.000 USD/MW y se asignará por orden de mérito de POA.
- Selección y adjudicación por Precio Ofertado Ajustado (“POA”), capacidades de PDI/Limitaciones, cuotas regionales y disponibilidad de Garantía Banco Mundial.

➤ La potencia Mínima de Adjudicación Parcial se usa para facilitar la adjudicación ante cualquiera de estos límites/restricciones (diferente a Ronda 1 donde sólo aplicaba a PDI/Limitación).

## 5.2 PRECIO

### 5.2.1 Energía Eléctrica no Renovable

El precio para GUs para los contratos vigentes es de 1100 \$/MWh, tomado como energía convencional.

### 5.2.2 Energía Eléctrica Renovable

Con respecto al precio para las Energías Renovables Solar y Eólica, no existen aún valores de mercado de energía proveniente de fuentes renovables, y CAMMESA no ha informado aún el precio que estará cobrándole a los usuarios.

Más allá de esto, la ley establece un promedio máximo de 113 USD/MWh en el artículo 9 por los contratos de compra de energía de fuente renovable.

Teniendo en cuenta los precios adjudicados en las licitaciones RenovAr-1 y RenovAr-1.1/2, estimamos que la tarifa promedio para compra de energía renovable a CAMMESA, será de 75 USD/MWh. Es conveniente aclarar que a este precio habrá que agregarle los cargos de administración y comercialización.

El Cargo por Comercialización es creciente en función de los objetivos de obligación de cubrimiento de energía renovable.

Tabla V: cargos extra según aplicación de ley (Res. 281-E MINEM, 2017)

Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Obligación [%]	8%	8%	12%	12%	16%	16%	18%	18%	20%
Cargo Comercialización [USD/MWh]	0	0	6	6	10	10	14	14	18
Cargo por Administración [USD/MWh]	0	0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0

Además, en función a los precios adjudicados en las licitaciones anteriormente mencionadas, entendemos que los precios de acuerdos entre privados (PPA), van a estar en un monto menor al precio señalado por CAMMESA, un precio promedio de 70 USD/MWh. A pesar de ello, la extensión mínima del acuerdo PPA es de 15 años.

Es importante señalar, que cualquier industria puede adquirir su demanda de energía en el Mercado Mayorista Eléctrico sin necesidad de contractualizar con un privado, y a su vez puede optar por cerrar un contrato de abastecimiento con un PPA en cualquier momento que así lo deseara, pero el mismo no podrá optar por volver a la modalidad de adquirir su demanda a CAMMESA por un lapso menor a 5 años.

### 5.2.3 Precio Mercado Internacional

Es necesario tener en cuenta el contexto internacional para poder evaluar si los precios que se rigen en el mercado argentino pueden tender a una baja del mismo, o si permanecerán constantes en el tiempo. Tales bajas de precios pueden existir solo en caso de que exista un conjunto de beneficios adicionales para los proyectos, que pueden traducirse como apoyos estatales que tienen que ver con subsidios a la inversión, financiación bonificada, garantías financieras, beneficios fiscales, derechos de uso de suelo, exenciones arancelarias a bienes de capital, construcción de infraestructuras de conexión, etc.

Es por dicha razón, que mencionaremos las últimas ofertas adjudicadas en Chile, México y Perú:

En el caso de Perú, durante el año 2016, los parques eólicos “Huambos” y “Dunas” – cada uno de una potencia de sólo 18 MW- resultaron adjudicatarios a precios de 36,84 dólares por MWh y 37,79 dólares por MWh, respectivamente.

En México se adjudicó en la 2ª subasta eléctrica de largo plazo 480 MW, y según la Secretaría de Estado de Energía de México (Sener) los precios promedio correspondientes a las ofertas seleccionadas fueron en energía limpia de 33.47 USD/MWh.

En cuanto a Chile, en la última “Licitación Pública Nacional e Internacional para el Suministro de Potencia y Energía Eléctrica para abastecer los consumos de clientes sometidos a regulación de precios”, donde se puso en juego 12.430 GWh/año de energía de energías limpias los precios para la energía eólica más bajos estuvieron en el orden de los 38 dólares por MWh.

En aquella subasta –de la que participaron 84 empresas oferentes-, se adjudicó energía a un precio medio de 47,6 dólares por MWh, de los cuales 2/3 proviene de tecnologías eólicas y solares. Los proyectos comprometidos entrarían en operaciones en el 2021.

En definitiva, la diferencia de precio respecto a las ofertas adjudicadas en las licitaciones RenovAr-1 y RenovAr-1.1/2 radica en dos puntos fundamentales:

➤ Los incentivos en Argentina engrosan el precio adjudicado en alrededor de un 18 y un 21 por ciento.

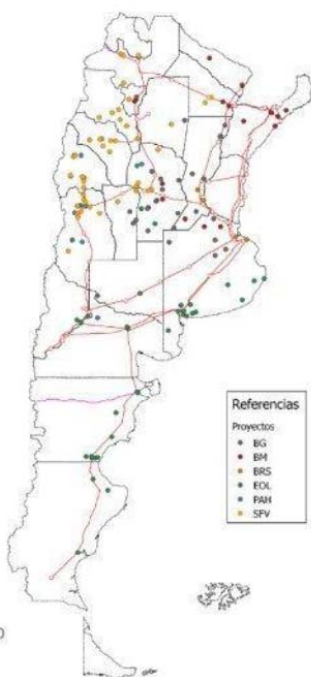
➤ Las tasas de interés anual en países como Chile y Uruguay son del orden del 4 y el 5 a diferencia de la Argentina, donde oscilan entre el 7 y el 9 por ciento.

Además, es importante resaltar que los resultados de la recientemente licitada, RENOVAR 2 arrojó los siguientes datos de acuerdo a los proyectos ofertados, en los cual se destaca que la potencia ofertada es casi 8 veces mayor a la licitada.

### RONDA 2

#### 21 Provincias

- Buenos Aires
- Catamarca
- Chaco
- Chubut
- Córdoba
- Corrientes
- Formosa
- Jujuy
- La Pampa
- La Rioja
- Mendoza
- Misiones
- Neuquén
- Río Negro
- Salta
- San Juan
- San Luis
- Santa Cruz
- Santa Fe
- Santiago del Estero
- Tucumán



Potencia Requerida: 1.200 MW

**228 Ofertas por 9.403 MW**

TECNOLOGÍA	Cantidad de Proyectos	Potencia Ofertada [MW]
EÓLICO	58	3.818
SOLAR	99	5.290
BIOMASA	20	188
BIOGÁS	32	60
BIOGÁS de Relleno Sanitario	4	15
P.A.H.	15	32
<b>TOTAL</b>	<b>228</b>	<b>9.403</b>

Figura 26: resultados RENOVAR 2

---

## **6. ESTUDIO TECNICO**

### **6.1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA**

Desde hace 20 años, “LA EMPRESA”, se ha constituido en la principal empresa exportadora agroindustrial de Argentina, habiendo sido así misma, la primera empresa en el sector en obtener el Certificado ISO 9002 para sus plantas oleaginosas, procesos y productos.

Con oficinas centrales ubicadas en la ciudad de Buenos Aires, la empresa se encuentra presente en más de 50 localidades en todo el país, a través de plantas procesadoras, puertos, acopios y centros operativos.

La Compañía emplea 4,000 personas en todo el país, teniendo como principales actividades el procesamiento y exportación de cereales, oleaginosas, aceites, malta, harina de trigo, harinas proteicas, carne vacuna.

Más del 90% de la producción está destinada a la exportación, siendo los principales países de destino: China, España, Perú, Egipto, Brasil, Holanda, India, Corea, Malasia y Chile.

Nuestro enfoque está dirigido a la planta ubicada en la localidad de Puerto San Martín, en cuya planta se realiza el procesamiento de la soja, cuya instalación ocupa un consumo de energía de 7 MW por hora.

### **6.2 INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA**

Para nuestro trabajo en cuestión, haremos una breve introducción a la tecnología disponible de paneles solares y sus elementos principales y accesorios; con el objetivo de seleccionar los materiales más aptos para el cálculo energético y funcionamiento correcto de la instalación.

Serán considerados de vital importancia, los datos mencionados al comienzo del proyecto, sobre la irradiación promedio de la zona; conceptos que se detallarán a continuación.

La superficie solar se encarga de irradiar en forma de ondas electromagnéticas con distintas longitudes de onda; dentro de las cuales se encuentran los rayos UV, la luz visible y la radiación infrarroja.

Por otra parte, existen dos magnitudes en el ámbito de paneles fotovoltaicos:

a) la **irradiancia**, que se define como relación entre la potencia incidente por unidad de superficie de cualquier onda electromagnética, con la superficie que la recibe.

Se representa matemáticamente como

$$E = P_{inc} / A [W / m^2] \quad (1)$$

denominando E a la irradiancia.

b) y la radiación, que se define como la cantidad de irradiancia recibida en un tiempo determinado. Su unidad es: [KWh/m<sup>2</sup>/tiempo]

Según cómo incide la energía solar en La Tierra, se distinguen 3 componentes de la radiación:

- a) **directa**, no es desviada al pasar por la atmósfera,
- b) **difusa**, cuando no puede incidir la energía directamente a causa de algún obstáculo y
- c) **albedo**, radiación directa y difusa, ambas reflejadas por el suelo y otras superficies.

La suma de estas tres componentes se conoce como **radiación global**, con la cual trabajaremos en los cálculos.

La misma se obtiene sobre una base anual, similar a la presentada en el marco teórico.



### 6.3 AZIMUT Y ELEVACION SOLAR

La posición solar varía a lo largo del año, lo cual permite determinar cuál es la perdida por sombras que se producen en el generador fotovoltaico. Esta representación se determina en dos dimensiones:

- En el eje horizontal se representa el azimut solar.
- En el eje vertical se representa la elevación solar.

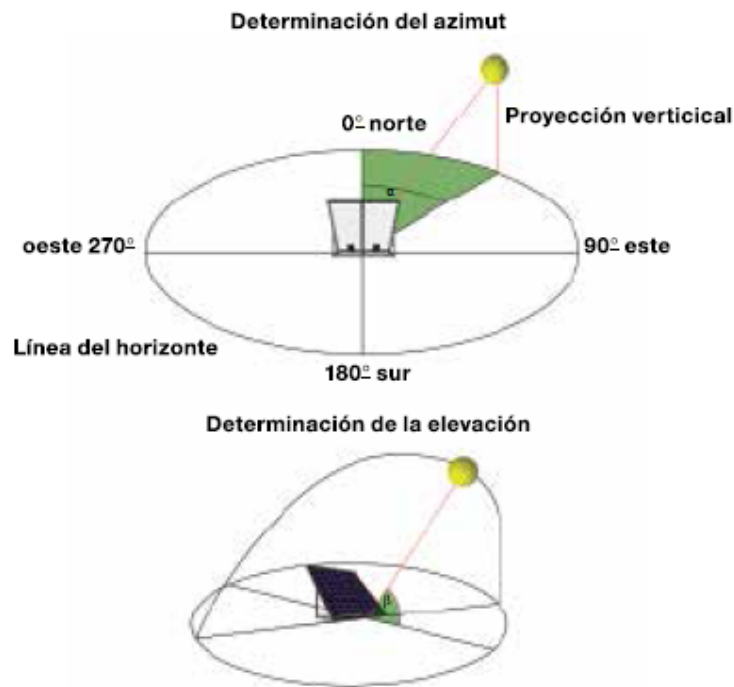


Figura 27: Azimut y esquema de elevación

El azimut solar es el ángulo que forma la proyección vertical del sol sobre el horizonte, respecto del punto cardinal norte. Los valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos ubicados al este y +90° para módulos ubicados al oeste.

La elevación solar es el ángulo formado por el sol respecto al plano horizontal. Cambia a lo largo del día y tiene su altura máxima al mediodía. La altura máxima varía a lo largo del año entre el solsticio de invierno y el solsticio de verano.

### 6.4 TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

La tecnología fotovoltaica utiliza celdas construidas con semiconductores para convertir la radiación solar en electricidad.

Existen diversos tipos de celdas, sin embargo, el material más común para la fabricación es el silicio.

Los tipos de celdas más importantes son:

- celdas de silicio monocristalino, poseen una estructura uniforme con átomos perfectamente alineados formando un único cristal.
- celdas construidas de silicio policristalino, presentan una estructura ordenada por regiones, cuyos átomos presentan diferentes direcciones.
- celdas de silicio amorfo, el material semiconductor se presenta como película fina, en distintos soportes que permiten construir módulos rígidos o flexibles.

Tabla VI: tipos de células y características

CÉLULAS		RENDIMIENTO LABORATORIO	RENDIMIENTO DIRECTO	CARACTERÍSTICAS	FABRICACIÓN
	MONOCRISTALINO	24 %	15 - 18 %	Es típico los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralsky).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	POLICRISTALINO	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	AMORFO	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

### 6.5 MODULOS FOTOVOLTAICOS (panel)

Se trata de un arreglo de celdas dispuestas en serie o en paralelo, todo esto dentro de una estructura que mantiene las celdas aisladas del medio exterior, permitiendo solamente el paso de la luz. A su vez, un arreglo de módulos (paneles) en serie o en paralelo, determinan un generador.

Los módulos poseen características mecánicas y eléctricas para su selección.

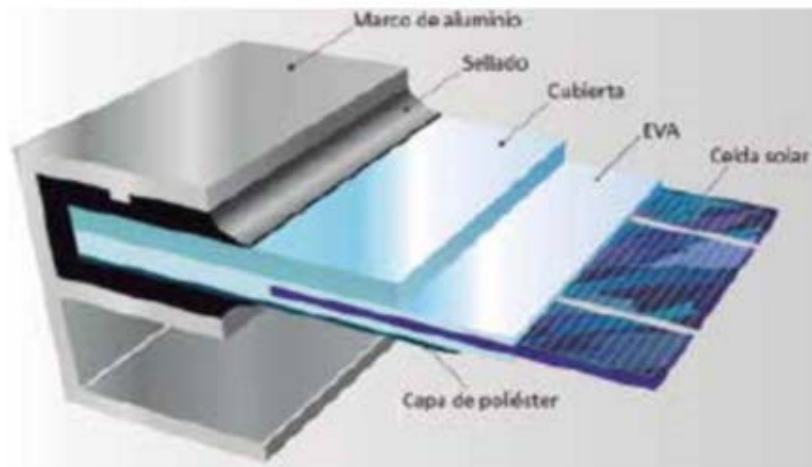
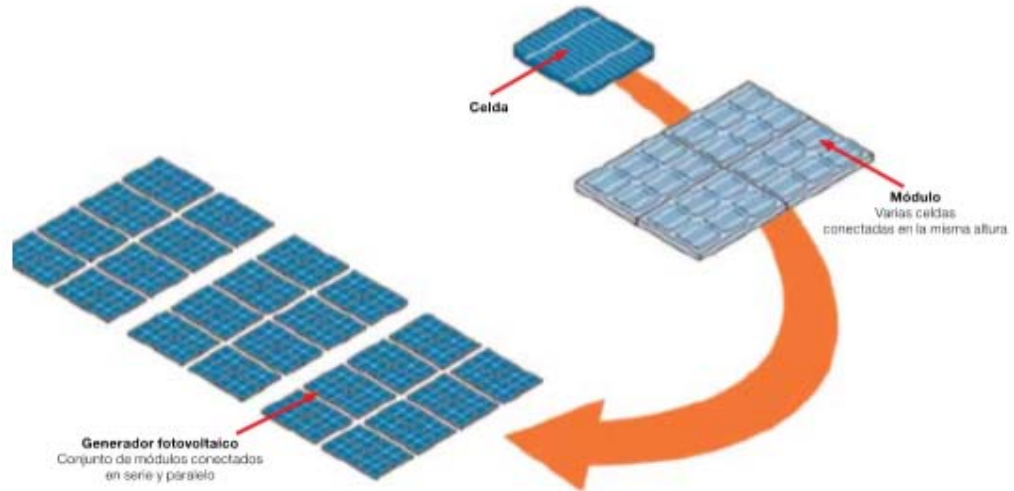


Figura 28: composición de paneles fotovoltaicos y ejemplos

---

## 6.6 FACTOR DE PLANTA

Indicador de uso de la capacidad de generación máxima, de una instalación en el tiempo.

Se obtiene dividiendo la energía generada (en un determinado período de tiempo, anual generalmente), por la energía que hubiera podido generar la planta si lo hiciera a plena carga durante dicho período.

Este indicador (llamado también rendimiento), nunca llegará al 100 % en la práctica, debido a la irregularidad de la fuente de energía; contemplando que por las noches no se produce energía.

## 6.7 INCLINACION Y ORIENTACION

Factores fundamentales para que el sistema logre recibir la mayor radiación posible. Idealmente, los paneles deben ser ubicados de manera perpendicular al sol, intentando mantener esta condición constante.

Diversos trabajos de campo han determinado que la orientación en el hemisferio sur se dirigirá hacia el norte.

Por otra parte, para determinar la inclinación del módulo existen 3 criterios, con el fin de maximizar la energía recibida. A saber:

- criterio mes de **menor radiación**, maximiza la energía recibida en invierno en el mes de menor radiación.
- criterio mes de **mayor radiación**, maximiza la energía recibida en verano en el mes que se percibe la mayor radiación.
- criterio del **máximo anual**, que busca maximizar la energía recibida en promedio, a lo largo del año.

En base a estos criterios, se confeccionan tablas de inclinación de paneles en base a la radiación de la zona en cuestión.

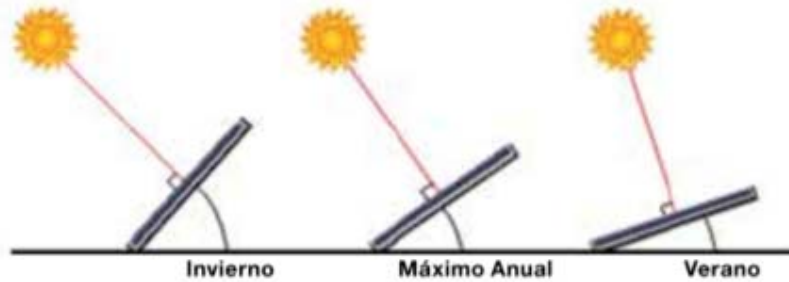


Figura 29: inclinación por temporadas

### 6.8 EFECTO DE LAS SOMBRAS

Este efecto es importante, pues afecta de manera directa el funcionamiento del sistema.

En sistema de módulos en serie, si uno de ellos es sombreado, puede transformarse en carga produciendo a su vez menos energía; absorbiendo la potencia generada por los demás módulos. Para resolver esta cuestión, se utilizan **diodos de bypass**, para evitar circulación de corriente por las celdas sombreadas. De esta forma, también se previene el calentamiento de las celdas en exceso.

En el sistema de módulos en paralelo, la corriente debe solamente dirigirse hacia las cargas, evitando que la misma concurra a módulos. Cuando se encuentran módulos sombreados, la corriente se dirige hacia éstos últimos. Para prevenir esta situación se colocan **diodos de bloqueo**.

### SIMBOLOGIA

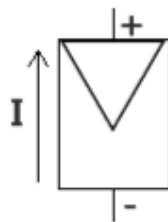


Figura 30: símbolo eléctrico del panel solar

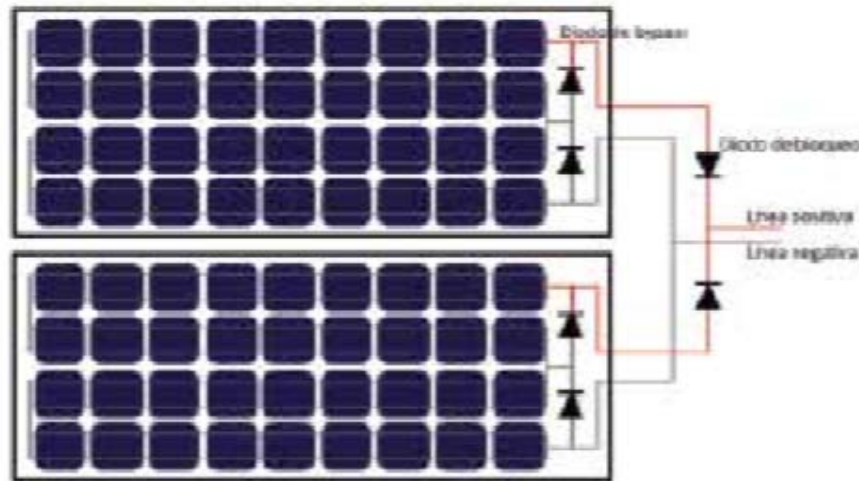


Figura 31: instalación con diodos de ByPASS típica

## 6.9 TIPOLOGIA DE INSTALACION

Existen en la industria dos tipologías de conexión:

- **sistemas aislados** (*off-grid*), las cuales se utilizan de manera separada de la red eléctrica convencional, muy utilizado por ejemplo en hogares para usos específicos (calentamiento de agua y sistemas de bombeo); y
- **sistemas conectados a la red** (*on-grid*), los cuales serán los aplicables a nuestra industria en estudio.

Los sistemas conectados a la red, tienen como objetivo producir electricidad en complemento a la recibida de la red eléctrica, **no contando con elementos de almacenamiento**.

Como también se ha mencionado en el marco teórico, los objetivos del proyecto se basan en cumplir con la ley vigente, y reinyectar a la red la capacidad generada como excedente; para lo cual se determina de manera obligatoria, la instalación de un **medidor de energía bidireccional**. Dicho medidor efectúa un balance entre la energía consumida y la generada (esquemas de tableros según EPESF).

La empresa provincial de energía ha confeccionado un manual de procedimientos (*PRO-103-101, versión 1*) para los montajes en cuestión, en el cual se detallan las condiciones de instalación, pautas de diseño de protecciones y tableros, medición, etc.

El trabajo anteriormente descrito de montaje e instalación, deberá ser correctamente realizado, ya que en caso contrario el ente provincial de energía (EPE Santa Fe) **no otorgará el medidor correspondiente.**

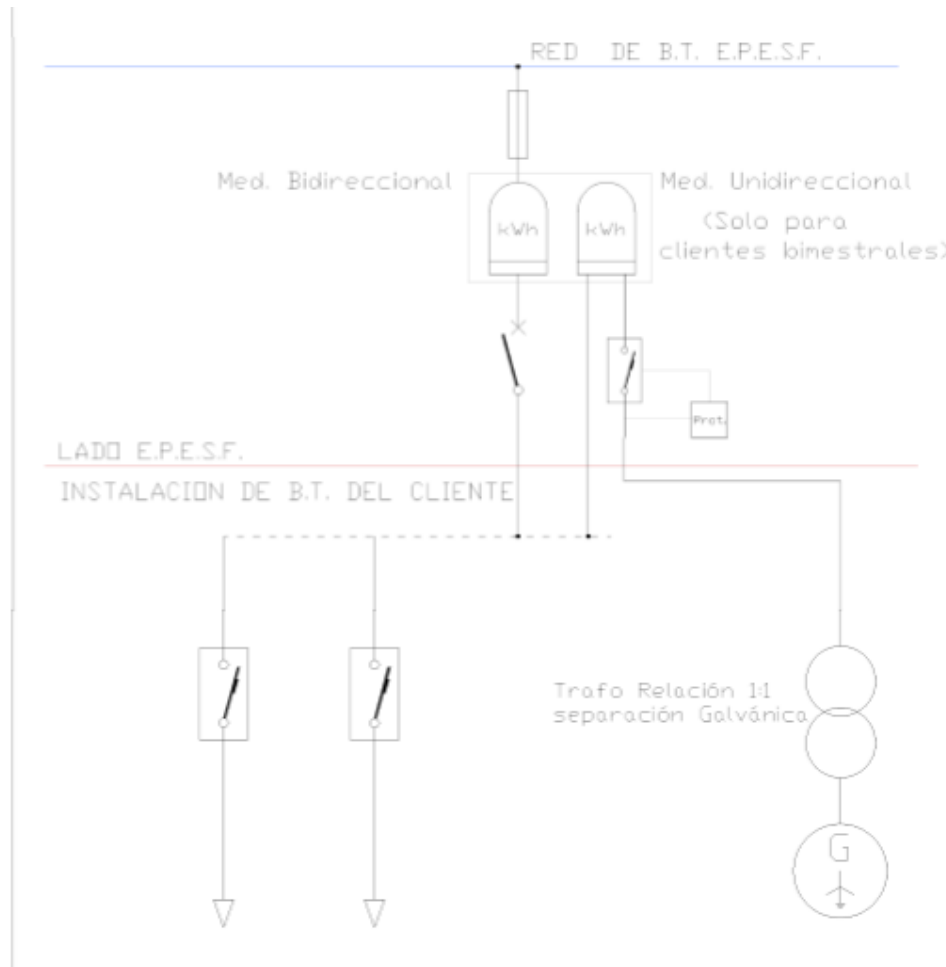


Figura 32: esquema ejemplo unifilar generación en paralelo con la red, para usuarios de más de 15 KW, (PRO-103-101, versión 1)



### 6.10 CONEXIÓN CON LA RED DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

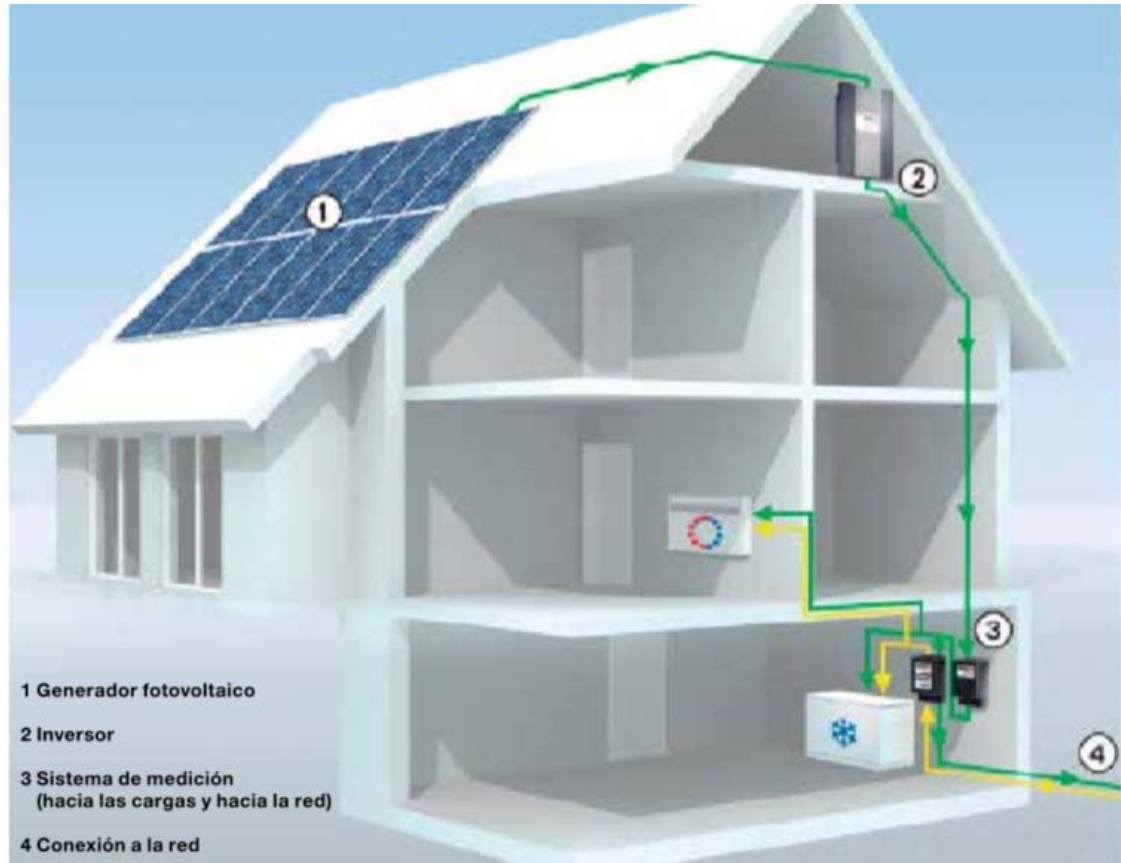


Figura 33: modelo de esquema de conexión típica de sistema fotovoltaico con la red eléctrica.

Nuestra conexión e instalación, contendrá los siguientes materiales:

- a) **generador fotovoltaico**, descrito anteriormente. El mismo entregará corriente continua a su salida, la cual se genera al recibir radiación solar.
- b) **Inversor**, es el aparato que transforma la corriente continua en corriente alterna, para poder inyectar a la red, como así también para el consumo de los equipos de tensión alterna. Es de vital importancia tener en cuenta los parámetros de un inversor, tales como la potencia nominal, voltajes y corrientes de operación de entrada y salida, la frecuencia de trabajo y su eficiencia.



Figura 34: ejemplos de inversores

c) **Accesorios**, consta de cableado, estructura de soporte (para sostener al generador en su posición independientemente de las superficies y de condiciones climáticas) y protecciones.



Figura 35: accesorios de conexión.

d) **Sistema de medición**, bidimensional en nuestro caso (según detalle en párrafos anteriores). Existen modelos actuales que permiten monitorear la energía producida, y electrónicamente monitorear su comportamiento.

e) **Conexión a la red**, y su cableado estructural al sistema instalado.



Figura 36: parque solar

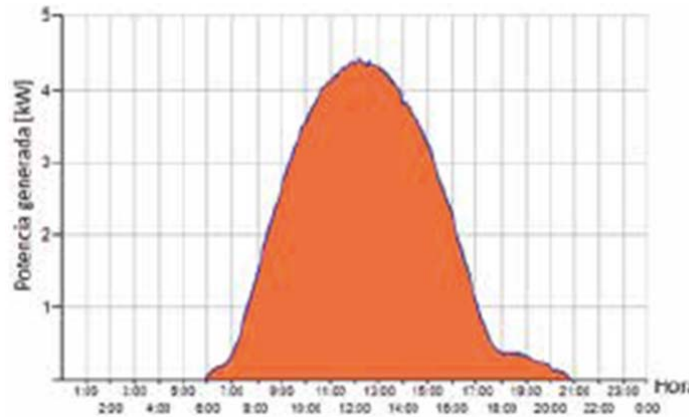
### 6.11 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Es importante establecer el diseño correcto del sistema de generación fotovoltaico, para aprovechar al máximo el máximo potencial de generación.

#### 1) **Potencia y Energía:**

Ambas magnitudes tienen una importante relevancia en la instalación del sistema. La potencia (W) del sistema es la capacidad de generación eléctrica, y energía (Wh) es una cantidad de potencia por unidad de tiempo.

Es importante definir la potencia pico ( $W_p$ ), la cual es la potencia total que puede generar el sistema bajo condiciones estándar ( $1.000 \text{ W/m}^2$ ,  $25^\circ \text{ C}$  y AM 1,5).



Figuras 37: gráfico ejemplo de potencia respecto al tiempo

**2) Dimensionado:**

Para el dimensionado del sistema debemos tener en cuenta los siguientes factores: potencia a instalar, N° de módulos, superficie requerida, selección de inversos, disposición de los módulos, cableado, protecciones.

- Según la potencia a instalar, se determinará la cantidad N° de módulos necesarios.

El número de módulos se obtiene a través de la siguiente expresión:

$$N = P_{Max} / P_{Pico} \tag{2}$$

Ver horas picos de sol según el mes, para modificar la formula en base al pdf diseño de una instalación fotovoltaica.

Siendo N el número de módulos, P<sub>Max</sub> la potencia pico que se desea instalar y P<sub>Pico</sub> la potencia pico de cada módulo.

- Una vez obtenida la cantidad de módulos necesarios, se debe calcular la superficie mínima necesaria para su instalación, contemplando las dimensiones de cada módulo.

$$S_T = N \cdot A \tag{3}$$

Donde S<sub>T</sub> es la superficie mínima requerida, N el número de módulos y A la superficie de cada módulo.

- La superficie obtenida, no tiene en cuenta la inclinación de los módulos, lo cual produce un aumento de la superficie requerida; ya que es de vital importancia evitar las sombras sobre el sistema de generación fotovoltaico, según lo mencionado anteriormente.

Por dicho motivo, la sombra del borde superior de la fila delantera de módulos se debe proyectar como máximo sobre el borde inferior del marco de la fila siguiente.

Además se debe tener en cuenta que la elevación solar varía a lo largo del año, por ende, la proyección de la sombra también lo hace. Es por esta razón, que la distancia se calcula considerando la elevación solar mínima, que ocurre **en invierno**, ya que es en esa estación donde la sombra proyectada es más larga.

La altura mínima se puede obtener con la siguiente expresión:

$$H = (90^\circ - |\phi|) - 23,5^\circ \tag{4}$$

Siendo H la altura solar en grados y  $\phi$  la latitud de la localidad.

- La distancia mínima entre filas se calcula geoméricamente con la siguiente fórmula:

$$D_{min} = L \left( \frac{\cos \beta + \text{Sen } \beta}{\text{tg}(H)} \right) \tag{5}$$

Siendo L la longitud del módulo, H la elevación solar y  $\beta$  la inclinación del módulo. Este método solo es válido si la instalación se aplica sobre superficies horizontales.

- La selección del inversor está sujeta a la potencia pico de la instalación, por lo tanto la potencia nominal del mismo debe ser aproximadamente igual a la potencia pico del sistema. Debe ser un inversor “on-grid” o “grid tied”

- Otro factor importante es la disposición de los paneles. Los parámetros de entrada del inversor (Tensión y Corriente) se consideran como las condiciones de borde para la disposición de los módulos.

Agrupar los módulos en serie formando un string permite sumar sus tensiones, manteniendo la corriente igual en todos ellos, mientras que la potencia del sistema aumenta en  $N_s$  (Número de módulos en serie) veces.

Por otra parte, conectar los módulos en paralelo permite sumar la corriente generada, conservando la tensión nominal de cada módulo. La potencia aumenta  $N_p$  (número de módulos en paralelo) veces.

La tensión máxima de entrada del inversor determina el número máximo de los módulos en serie por cada string:

$$N_s = V_{max} / (1,25.V_{oc}) \quad (6)$$

Donde  $N_s$  es el número de módulos por string,  $V_{max}$  la tensión máxima de entrada del inversor y  $V_{oc}$  la tensión de circuito abierto de cada módulo.

Por otro lado la corriente máxima de entrada del inversor determina el número de strings máximos en paralelo:

$$N_p = I_{max} / (1,25.I_{sc}) \quad (7)$$

Siendo  $N_p$  es el número máximo de strings en paralelo,  $I_{max}$  es la corriente máxima de entrada del inversor e  $I_{sc}$  es la corriente de cortocircuito de cada módulo.

- **Inclinación de los módulos:** Como mencionamos anteriormente, se determinará la inclinación óptima del módulo (Azimut de 0°) mediante la siguiente expresión; **siempre y cuando no exista el registro preciso tabulado medido:**

$$\beta_{optimo} = 3,7 + 0,69|\phi| \quad (8)$$

- El cableado para la etapa de CC se debe elegir de forma tal que la caída de tensión en el mismo no supere el 1%. La sección del conductor se calcula mediante la expresión:

$$S = \rho \frac{2L \cdot I}{0,01 \cdot V} \quad (9)$$

Siendo  $L$  la longitud del conductor,  $\rho$  la resistividad del material ( $0,018 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  para el cobre a 20°C),  $I$  la intensidad que circula por el conductor y  $V$  la tensión del sistema. Es importante señalar que la sección no debe ser menor a la del conductor que sale de la caja de conexiones trasera del módulo fotovoltaico. Además la aislación debe ser resistente a la intemperie y a los rayos UV.

- Las protecciones son importantes en el sistema, estas pueden ser físicas y eléctricas:

La protección física es la que otorga la carcasa del equipo eléctrico frente a la entrada de polvo y agua. El índice de protección se aplica a los inversores, a los medidores, a los



conductores y a las cajas de conexión. Para los equipos cercanos a los módulos se recomienda un IP65 o superior, debido a que las labores de limpieza pueden salpicar con agua.

Las protecciones eléctricas tienen como finalidad resguardar a los usuarios y a los equipos frente a un funcionamiento anormal del sistema, que haya sido provocado por diferentes causas.

### 6.12 PERDIDAS EN EL INVERSOR

Este punto es importante contemplar, pues ningún dispositivo electrónico posee 100% de rendimiento. Según estudios y valores de mercado, estimaremos que en nuestro caso el rendimiento será de **96%**.

### 6.13 CALCULOS

- Tomaremos como base un valor de 320 watts pico para un módulo de paneles (ejemplo JAP6-72 marca JA SOLAR), entonces:

Para que se pueda generar 1,4 MWh promedio, dimensionaremos con un factor de seguridad del 10%, la instalación.

A saber:

Cantidad módulos c/ factor de seguridad:  $(1.400.000 \text{ W} \times 1,10)/320\text{W/módulo}$

Cantidad módulos = **4813 módulos**

- Para el cálculo de la superficie mínima requerida se utilizará la expresión anteriormente mencionada:

$St = 4813 \text{ módulos} \times 1,94 \text{ mt}^2 \text{ (cada módulo)}$

**$St = 9347,61 \text{ mt}^2$**

- La altura mínima en nuestro caso será:

$H = (90^\circ - |\phi|) - 23,5^\circ = 33,79^\circ$

(La latitud de la zona de Puerto San Martín es  $-32,71^\circ$ )

Para hallar la distancia mínima entre filas, necesitamos conocer inclinación  $\beta$  (según tabla inclinación-radiación de la localidad más próxima, en este caso). Tomaremos Cañada Rosquín. Entonces con **inclinación  $30^\circ$** :



Tabla VII: tabla radicación-inclinación Rosquín ([www.santafe.gov.ar/documentos](http://www.santafe.gov.ar/documentos), 20-10-2015).

	HSP (hs)	Inclinación óptima	K	T (°C)	Horas en el año
Tostado	4,89	25°	1,092	53,5	1784
Reconquista	4,85	25°	1,092	51,8	1770
Elisa	4,83	25°	1,108	46,3	1762
Cañada Rosquín	4,79	30°	1,117	44,8	1748
Firmat	4,75	30°	1,119	43,9	1733

**Dmin = 4 metros**

- El inversor/los inversores, tal como se comentó, se busca/n en base a la potencia de la instalación (1,54 MW), ergo; la potencia nominal del/los inversor/es deberá/án aproximarse (**contemplando el rendimiento del 96%**).

Utilizaremos 17 inversores YASKAWA SOLECTRIA PVI-100 (100KW cada uno), ya que si alguno quedara fuera de servicio, no afectaría a la generación del resto de la instalación, y además para cumplir con la cantidad necesaria de potencia y módulos necesarios para nuestro parque. Se podrían utilizar 16 inversores pero incurriríamos en una limitación en cantidad de módulos (4800 módulos), por lo que se prefiere asumir un sobredimensionamiento.

- El número de módulos en serie viene dado por los datos del inversor. A saber:

$$N_s = (600 \text{ V} / (1,25 * 46,12 \text{ Voc})) = 10,41$$

**Ns = 10 módulos x string**

- El número máximo de strings en paralelo viene dado por los datos del inversor.

A saber:

$$N_p = (350 \text{ A} / (1,25 * 9,09 \text{ A Isc})) = 30,80$$

**Np = 30 strings** (en base a 100KW);

De acuerdo a la cantidad de inversores que vamos a utilizar podemos determinar que se cumplen con la cantidad de paneles que vamos a instalar:

$$17 * (10 * 30) = 5100 \text{ módulos}, \tag{10}$$

(lo cual es mayor a los 4813 módulos necesarios para nuestra instalación).

### 6.14 DETALLES

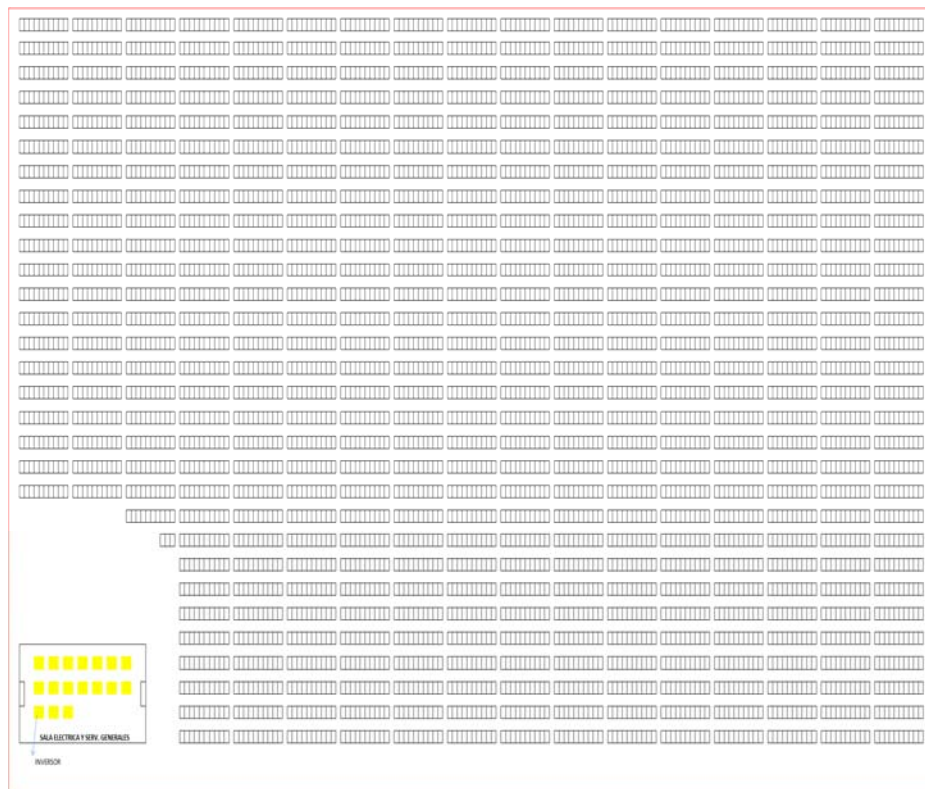
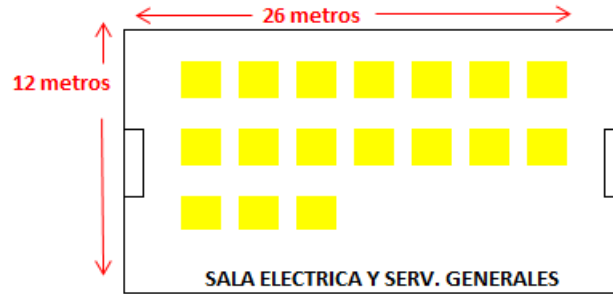


Figura 38: esquema layout general

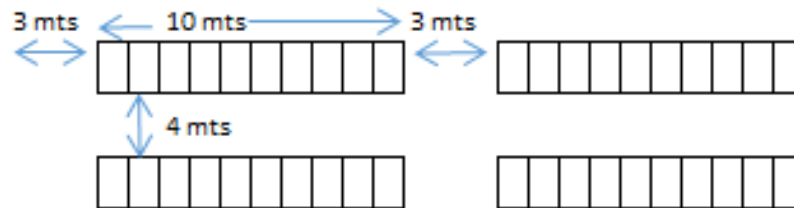


Figura 39: posicionamiento de módulos

Para la distribución de paneles, tendremos las siguientes dimensiones mínimas, contemplando una superficie de parque de **7 hectáreas (habilitadas para la instalación)**. La distribución aplica a:

A lo ancho = 250 metros

A lo largo = 280 metros



Figura 40: mapa geográfico de nuestra empresa en cuestión (Google maps, 2017)

### Perfil del módulo

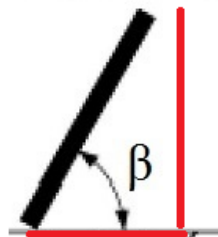


Figura 41: esquema de orientación y perfil del panel solar

La colocación de los módulos debe estar **orientada al norte**.

Entonces:

**A lo largo** → (30 strings x 1,96 m) + (31 espacios x 4 m) = **182,83 mts**

**A lo ancho** → (10 mód. x 17 col) + (18 espacios x 3 m) = **224 mts**

El alcance de nuestro estudio técnico se limita al cálculo de cantidad de paneles a adquirir, al dimensionamiento y a verificar el cumplimiento del layout, acorde al espacio físico asignado.

**En nuestro caso se cumple perfectamente la disposición acorde al lugar disponible.**

El montaje, instalación, conexión, armado de tableros y provisión de los inversores (junto los accesorios y protecciones), será cotizado por una empresa de servicios. Los paneles serán abastecidos por nuestra empresa en cuestión.

## 7. ASPECTO AMBIENTAL Y ESTUDIO ENERGETICO

### 7.1 IMPACTO AMBIENTAL

Se define como impacto ambiental, a toda actividad que desarrolla el ser humano, y que afecta de manera considerable al medio ambiente. La ecología es la ciencia que se encarga de medir este impacto y tratar de minimizarlo.

El hecho de contemplar el aspecto ambiental en todo estudio técnico, es considerado importante a nivel social, pues es por demás sabido que el impacto de las diversas tecnologías actuales ha producido un daño grave al medio ambiente. Por otra parte, este punto está contemplado dentro de los objetivos de nuestro estudio.

Uno de los principales impactos ambientales es en el sector energía, reflejados altamente en la incidencia de los contaminantes producidos por la combustión de combustibles; pero prácticamente todos los aspectos de la extracción, el transporte, la conversión y el uso de energía generan consecuencias perjudiciales para el ambiente. Estas pueden incluir desde derrames de petróleo, fragmentación de paisaje, pérdida de hábitat, emisión de gases con efecto invernadero, cambios en la biodiversidad y lluvia ácida, entre otras.

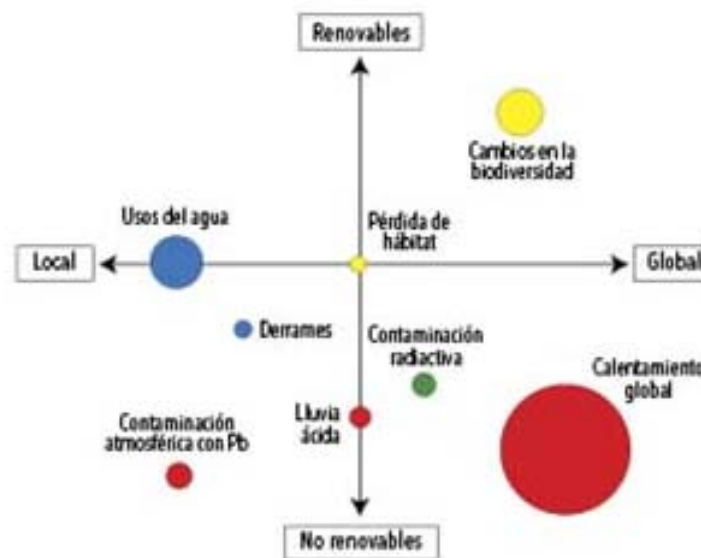


Figura 42: conjunto de consecuencias ambientales de uso de ER y ENR, en escala de impacto, (<http://cienciahoy.org.ar/2015/07>)

---

## 7.2 TIPOS DE CONTAMINACION MÁS SIGNIFICATIVOS

(<http://gustato.com/generalidades/eContaminacion.html>)

### 7.2.1 Contaminación Visual:

Es producida por las construcciones industriales que alteran el paisaje. Por ejemplo: las torres de enfriamiento, equipos de extracción de petróleo, torres de alta tensión, cables y conexiones eléctricas que cruzan los cielos de las ciudades y pueblos, los molinos eólicos, etc.



Figura 43: ejemplo contaminación visual en ciudades

### 7.2.2 Contaminación Atmosférica:

Alteración de la composición natural del aire, por emisiones de gases tóxicos producidos por la combustión del petróleo o sus derivados (bencina, parafina, diesel, etc.), gas, carbón o leña. Es una de las más conocidas, siendo la contaminación urbana la más seria.





Figura 44: contaminación atmosférica

#### **7.2.2.1 Lluvia Acida:**

Se trata de una alteración de la composición química de la lluvia, producto de los elementos contaminantes que se encuentran en la atmósfera (compuestos de nitrógeno y de azufre), que se transforman en ácido al contacto con el agua; y al caer en forma de lluvia, matan la vida vegetal y corroen construcciones de piedra caliza y metales (estatuas, edificios, puentes). La lluvia ácida se ve con frecuencia en las zonas altamente industrializadas y en las grandes ciudades.

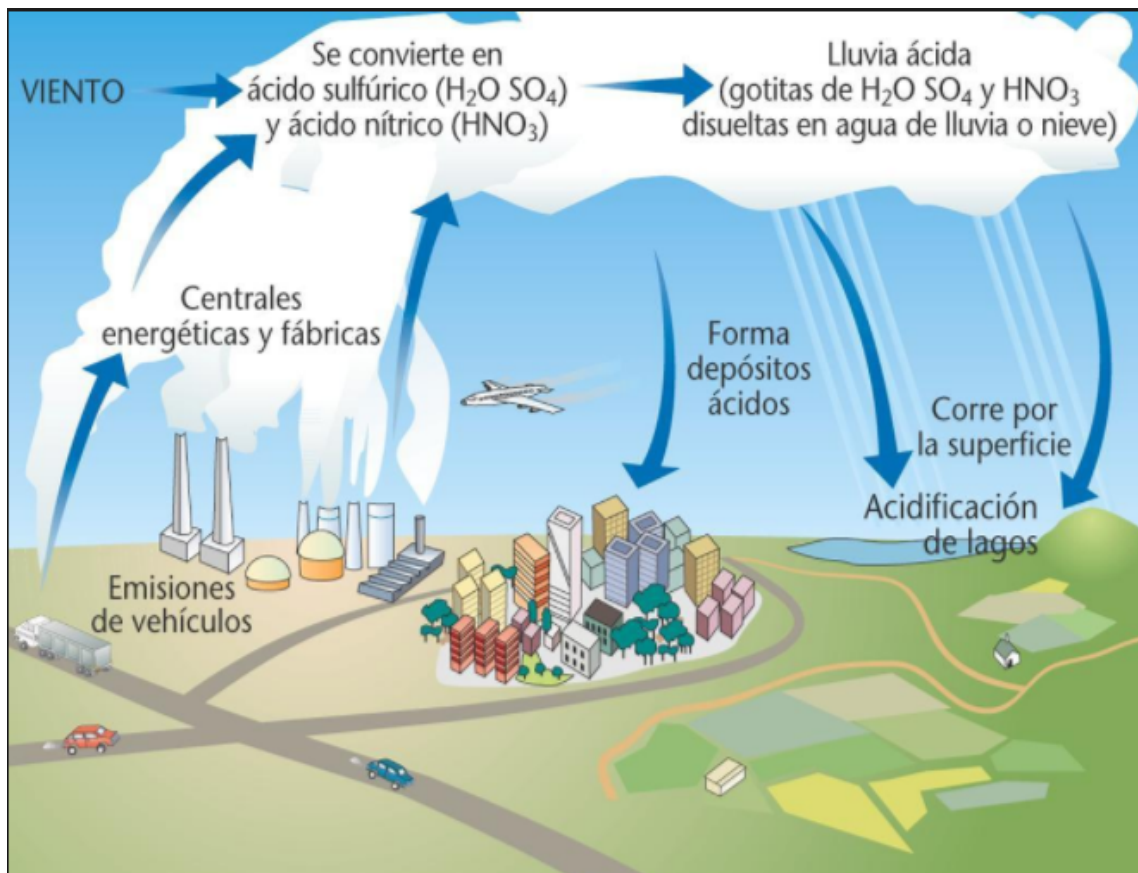


Figura 45: esquema de lluvia ácida

### 7.2.2.2 Efecto Invernadero – Calentamiento Global:

Será detallado próximamente. Como información básica, se puede decir que se genera debido a que la cantidad de gases acumulados en la atmósfera (dióxidos de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos fluorados, y otros); formando una capa que no permite que la radiación solar que rebota en la superficie del planeta, escape hacia el espacio. Esto produce un fenómeno conocido también como "efecto invernadero", que provoca un aumento en la temperatura global del planeta.

### 7.2.3 Destrucción de la Biodiversidad:

Se trata de la pérdida del equilibrio en los ecosistemas (extinción de especies vegetales y animales) puede ser producida por distintos tipos de contaminación, como los mencionados anteriormente, por ejemplo. A saber:



- Contaminación de aire: debida a la combustión de combustibles como petróleo, gas, kerosene, etc.
- Contaminación de agua: debida a derrames de combustibles en mar, lagos, ríos, etc.



Figura 46: río contaminado con muerte de especies

- Contaminación de tierra: producida por elementos tóxicos que generan de la combustión incompleta de energéticos de origen fósil, efluentes no controlados, o agentes que se depositan sobre el suelo por la acción de la lluvia ácida.



Figura 47: basural

. Construcciones y obras: por ejemplo, embalses y centrales hidroeléctricas, las cuales inundan extensas áreas, alterando drásticamente el ecosistema del lugar.



Figura 48: alteración de ecosistema, represa.

### **7.2.4 Pérdida de Vegetación y Erosión de Suelos**

Producido por la tala indiscriminada de árboles y arbustos para su posterior utilización como combustibles u otros fines. Debido a esto encontramos en el mundo, varias especies de flora y fauna en peligro de extinción.

En Argentina, ocurre el 4,3% de la deforestación global, según recientes estudios del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Dicho organismo confecciona reportes e información científica para la ONU. Se informó además, que la deforestación en el bosque chaqueño se ha acelerado en la última década a partir de la expansión agrícola, convirtiéndose así en la principal fuente de emisiones de carbono del norte argentino.



Figura 49: devastación forestal.

### **7.2.5 Agotamiento de los Recursos Naturales**

Por explotación sostenida, y hasta hace algunos años sin control alguno, de los recursos energéticos fósiles y biomasa.





Figura 50: explotación petrolera marítima

### 7.3 RESEÑA DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES

Podemos remontarnos lejos en el tiempo para analizar este punto. Gran parte de la contaminación por combustibles fósiles comenzó a producirse cuando tuvo su auge la revolución industrial (aproximadamente en el año 1775 cuando James Watt inventó la máquina de vapor). Desde entonces, los combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural empezaron a explotarse fuertemente; y como anteriormente se ha comentado, los productos químicos liberados durante estas reacciones, son los agravantes del problema ambiental. Podríamos preguntarnos ¿por qué contamina el vapor, si es agua simplemente? La respuesta radica en que la contaminación no consistía en el vapor sino en su proceso de generación (prácticamente quema de combustibles).

Posterior a la creación del sistema impulsado por vapor de agua, la producción fabril (por sobre todo en las industrias automotriz y de ferrocarriles), incrementó el uso de los combustibles en diversos procesos productivos como fabricación de acero y metalúrgicas.

Otra forma importante a considerar, en la que se contamina el ambiente hoy en día, es la generación de electricidad por medio de las **plantas termoeléctricas**; en las que se emplea el mismo sistema de vapor, pero para producir electricidad. Las plantas termoeléctricas son muy relevantes en la matriz energética nacional, las cuales han estado impulsándose mediante diversos proyectos durante los últimos 10 años, de manera significativa.



Figura 51: refinoría.

#### 7.4 DISPOSICION FINAL Y DESECHADO DE PANELES SOLARES

Un tema importante también, a la hora de considerar el impacto ambiental, es el **qué hacer** con los productos de ERNC al finalizar su vida útil.

Para analizar el caso, primeramente, debemos conocer cómo están compuestos los mismos, para poder evaluar las alternativas de disposición final.

Puntualmente para nuestro caso de estudio, nos enfocaremos en los paneles solares fotovoltaicos.

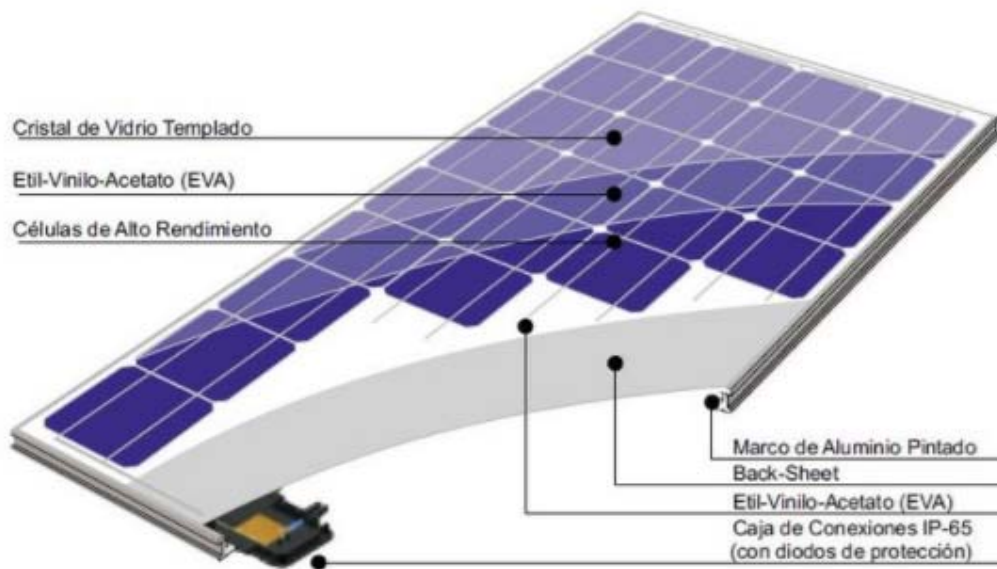


Figura 52: composición de panel solar

Como puede verse en la imagen, la composición básica es:

- Cristal/Vidrio
- Marcos de aluminio estructural (para alivianar peso)
- Células de alto rendimiento (Silicio y otros componentes químicos)
- Goma EVA (Etil Vinilo Acetato)
- Caja de conexiones (con componentes electrónicos).

Cuando se reemplaza la tecnología renovable de primera generación, la mayoría termina dentro de basureros o incineradores. Esto perjudica los esfuerzos realizados para la reducción de residuos, añadiendo cientos de miles de toneladas de basura a la cuenta global

cada año, sino también es una oportunidad enorme perdida. **Los paneles solares constan de metales y vidrio que**, si fueran separados y recopilados, podrían ser reutilizados en la fabricación de otros productos.

Hoy en día, se puede pensar en reciclar un 90% del panel solar, aprovechando por ejemplo, características propias de los materiales. En el caso del vidrio, el mismo es 100% reutilizable para cualquier proceso, y en el caso del aluminio se aprovecha poco menos del 100% del material. Pero gracias a ello, se ahorra el 95% de la energía, si se compara con la producción a partir del mineral (bauxita). La producción con aluminio reciclado genera sólo un 15% de las emisiones de gases de efecto invernadero, causantes del cambio climático.

En Argentina, existen diversas cooperativas y empresas (ONGs también), que reciclan y recolectan metales y vidrios, a lo largo y a lo ancho del país. Mismo, dentro de la provincia de Santa Fe, existen varias empresas y cooperativas urbanas que recogen casi todo tipo de residuos (**especiales como los elementos químicos de las células, y los convencionales**). En otros mercados, por ejemplo en la Unión Europea, las regulaciones que gobiernan el tratamiento de residuos eléctricos y equipos electrónicos (WEEE), incluyen los paneles solares e indican el camino a seguir para manejar las herramientas renovables.

Los componentes electrónicos como ser los diodos, pueden utilizarse como insumos para otras tecnologías en la industria de la electrónica y la informática; incluso las cajas IP de conexión.

## 7.5 HUELLA DE CARBONO

La **huella de carbono** es un indicador que mide el impacto sobre el calentamiento global teniendo en cuenta los individuos, eventos, organizaciones, etc. Está determinado por las emisiones de CO<sub>2</sub>.

En nuestro trabajo, relacionaremos las emisiones del gas, con las cantidades consumidas de diversos combustibles utilizados en los procesos de generación de electricidad.

Describiremos el **Efecto Invernadero**, para comprender de qué manera las emisiones de ciertos gases perjudican el medio ambiente.

El **EI** es un fenómeno por el que determinados gases componentes de la atmósfera planetaria retienen parte de la energía que el suelo emite al haber sido calentado por la radiación solar, manteniendo los ecosistemas a temperaturas propicias para la vida.

Al incrementarse la concentración de dichos gases, se aumenta la capacidad de retención de la energía, produciendo un aumento considerable de la temperatura de La Tierra.

Los principales Gases de Efecto Invernadero (GEI) son:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) – considerado el principal responsable del calentamiento
- CH<sub>4</sub> (metano), (óxido nitroso) N<sub>2</sub>O
- (Hidroclorofluorocarbonos) HFC
- (Perfluorocarbonos) PFC
- (Hexafloruro de azufre) SF<sub>6</sub>



Figura 53: grafico esquemático del efecto invernadero en el planeta

Dentro del ámbito industrial, se utilizan diferentes fuentes para la obtención de datos sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>. En nuestro país, y específicamente para nuestro campo de estudio, se tomarán en cuenta los datos relevados del **Ministerio de Energía y Minería de La Nación**.



Nuestro foco en el tema del impacto ambiental, está referido a las emisiones (toneladas de CO<sub>2</sub> por unidad de combustible) que se evitarían producir, al no consumir energía de la red; por medio de la autogeneración renovable.

Para iniciar, se mencionarán datos de factores de emisión de los diferentes tipos de combustible:

Tabla VIII: factores de emisión Ton CO<sub>2</sub> según tipo de combustible (Tercera Comunicación Nacional Argentina, Págs. 237 y 241)

Combustible	Factores de Emisión	
Gas Natural (NG)	1,936	tCO <sub>2</sub> /dam <sup>3</sup>
Fuel Oil (FO)	3,127	tCO <sub>2</sub> /t
Gas oil (GO)	3,771	tCO <sub>2</sub> /t
CMi (Carbón Mineral) Nacional	2,441	tCO <sub>2</sub> /t
CMi (Carbón Mineral) Importado	2,441	tCO <sub>2</sub> /t
Densidad del Gasoil	0,825 t/m <sup>3</sup>	

**IMPORTANTE:** si bien los sistemas eléctricos a nivel nacional están interconectados, para nuestro análisis utilizaremos los valores de consumos y de generación, de la central más próxima a nuestra zona geográfica. La misma es la **Central Termoeléctrica San Martín (Santa Fe)**.

Emplearemos valores estadísticos de los últimos años, para establecer un patrón de comparación base. Las tablas se colocarán completas en los anexos del presente trabajo, por lo que a modo de simple visualización, trabajaremos con esquemas de resumen. A saber:

GAS NATURAL – (Dam<sup>3</sup>).

GAS OIL – (m<sup>3</sup>), para el cual aplicaremos la densidad del mismo en su conversión:

$$0,825 \times 3,771 = \mathbf{3,111 \text{ tCO}_2/\text{m}^3}$$

Tabla IX: historial de emisiones CO<sub>2</sub> de CT San Martín –Litoral -  
 ([www.energia.gob.ar/energiaymineria/contenidos](http://www.energia.gob.ar/energiaymineria/contenidos), consulta 20-08-2017)

Año	Gas Natural (dam <sup>3</sup> )	Gas Oil (m <sup>3</sup> )	Generación (MWh)	Gas Nat-tCO <sub>2</sub> /dam <sup>3</sup>	Gas Oil-tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	Total emisión (ton CO <sub>2</sub> )
2016	592.030,40	283.585,40	4.453.663,64	1.146.170,85	882.248,36	2.028.419,21
2015	656.687,00	394.886,06	5.435.839,00	1.271.346,03	1.228.510,28	2.499.856,31
2014	645.329,00	205.396,00	4.443.459,00	1.249.356,94	638.997,23	1.888.354,17

Nuestra industria en cuestión, consume un estimado de 7 MWh y por consiguiente, el objetivo de autogenerar por ER el 20% para 2025 arroja un resultado de **1,4 MWh** que no se consumiría de la red. Dicho valor debería ser ahorrado en la generación de la central.

En referencia entonces, a la disminución de la huella de carbono, tendremos que:

- **Promedio anual (MWh): 4.777.653,88**
- **Mediana anual (Ton CO<sub>2</sub>): 2.028.419,21**
- **Mediana anual (MWh): 4.453.663,64**
- **Promedio anual (Ton CO<sub>2</sub>): 2.138.876,56**

Es decir, estimando que para una generación promedio anual de 4.777.653,88 MWh de energía, se emiten 2.138.876,56 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Entonces:

El valor de 1,4 MWh = **12264 MWh**

(anual con 24 hs de trabajo)

- Si :

4.777.653,88 MWh --

2.138.876,5 Ton CO<sub>2</sub>

12264 MWh (anual) --

<b>5490 Ton CO<sub>2</sub></b>
--------------------------------

Con la aplicación de las tecnologías de energía renovable, evitaríamos liberar a la atmósfera aproximadamente **5490 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales que afectan el calentamiento global.**

---

## 7.6 ASPECTO ENERGETICO

Este análisis tiene el objetivo de cuantificar la cantidad de combustible fósil que se ahorraría en consumir la central generadora. Para ello, procederemos de manera similar al caso anterior de huella de carbono-

Para el caso del consumo de **Gas Natural**, tenemos:

**Promedio** (dam3): **631.348,80**

**Mediana** (dam3): **645.329,00**

Para el caso del consumo de **Gas Oil**, tenemos:

**Promedio** (m3): **294.622,49**

**Mediana** (m3): **283.585,40**

Por lo tanto, si:

Para generar 4.777.653,88 MWh -- la central consume promedio Gas Natural 631.348,80 dam3, ahorrando 12264 MWh (anual) – se evitaría consumir **1620,64 dam3** de Gas Natural anuales.

Para el combustible Gas Oil tendremos:

Para generar 4.777.653,88 MWh -- el consumo mediano de Gas Oil es 283.585,40 m3, ahorrando 12264 MWh (anuales) – se evitaría consumir **727,95 m3** anuales de Gas Oil.

## 8. ANALISIS ECONOMICO-FINANCIERO

Ingresando ya en la última etapa del proyecto, evaluaremos el trabajo desde el punto de vista económico-financiero.

Se contemplarán distintos escenarios, los cuales detallaremos a continuación, para poder tener un mejor espectro de análisis. El objetivo fundamental es evaluar dichos escenarios versus la factibilidad de la autogeneración de energía. Esto se visualiza correctamente, si se toma como egreso solamente cada uno de los casos a detallar sin contemplar el desarrollo del parque solar; y como un ahorro (venta interna de energía), en caso de decidir construir el dicho parque.

Las alternativas propuestas son:

**-Caso Base:** consta del flujo de fondo del posible egreso de dinero, (efectuando un acuerdo entre privados [PPA] a un precio de mercado actual fijado durante 15 años), a un costo de 70 USD/MWh para la compra de energía renovable.

Tabla X: escenario base

Caso Base - Contractualizar con un PPA condición de Permanencia 15 años mínimo									
Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Costo PPA	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
Cargo Comercialización	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cargo Administración	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00
Costo Total	70,00	70,00	70,05	70,05	70,05	70,05	70,05	70,05	70,00

**-Caso Optimista:** en este escenario se considera la compra de energía renovable a CAMMESA, con un costo incremental según la necesidad determinada por la ley, con la particularidad de poder finalizar dicho acuerdo en cualquier instancia del mismo. La única restricción existente, es la no posibilidad de retornar a esta modalidad de adquisición durante 5 años de corridos. Se considera dicho escenario como optimista, dado que al ser un costo incremental, al evaluar nuestro proyecto de construcción contra esta alternativa; el mismo representa un escenario favorable respecto del anterior.

Tabla XI: escenario optimista

Caso Optimista - Contractualizarte con CAMMESA sin plazo fijo de permanencia									
Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Costo Cammesa	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00
Cargo Comercialización	0,00	0,00	6,00	6,00	10,00	10,00	14,00	14,00	18,00
Cargo Administración	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00
Costo Total	75,00	75,00	81,05	81,05	85,05	85,05	89,05	89,05	93,00

**-Caso Pesimista:** se considera aquí la compra de energía renovable a CAMMESA durante un tiempo “x”, y la posibilidad de contractualizar con un privado (PPA), a partir de dicho tiempo en adelante. La particularidad de este escenario es que dado el conocimiento del Mercado Argentino actual, el costo de la Energía Renovable será decreciente. Por otra parte, la tendencia del valor del MWh en la región (ejemplos Chile y Perú), nos demuestra que el mismo ha alcanzado importes mucho menores respecto de los iniciales en el mercado.

Tabla XII: escenario pesimista

Caso Pesimista - Contractualizar con CAMMESA y aguardar baja en los costos de ERNC (Benchmarking Chile 2017)									
Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Costo Cammesa	75,00	75,00	75,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Cargo Comercialización	0,00	0,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cargo Administración	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00
Costo Total	75,00	75,00	81,05	40,05	40,05	40,05	40,05	40,05	40,00

**-Caso “No Action”:** en este caso no se contempla el desarrollo del proyecto de autogeneración, por lo que solamente se tienen en cuenta los costos de adquirir la energía necesaria para cumplimentar con la ley, a través de un acuerdo con un privado (precio menor que el de CAMMESA). Ídem Caso Base.

Los **assumptions** (suposiciones) considerados para el análisis son los siguientes:

Tabla XIII: suposiciones importantes para desarrollo del análisis

Cantidad Módulos [Unidad]	4.813
Costo Módulos [USD/Unidad]	171
ITS (Estudio Ambiental) [USD]	30.000
Estructura y Componentes [USD]	1.783.950
Vida Útil del Proyecto	20 Años
Mantenimiento Preventivo [USD/Mes]	3.275
Seguro [USD/Mes]	2.200
IIBB	5%
Imp. Ganancias	35%

Fondos Propios	40%
Endeudamiento	60%
Plazo de la Deuda	5 años
Tasa libre de riesgo (Rf)	4,70%
Prima de Mercado	6,30%
Beta Apalancado	0,95
Riesgo país	7,20%
Retorno Esperado Accionista Propio	6 años
Tipo de Cambio [ARP/USD]	19,5
Producción Energía x hora [kWh]	1.400
Producción Energía x hora [MWh]	1,4
Producción Energía Anual [MWh]	12.264
Fee Paneles [USD/MWh-Mes]	10
Gasto Comercialización [USD/MWh]	5
Venta de Energía [USD/MWh]	65

En base a los datos propios de la actividad, se calcularán el índice de retorno (CAPM) y la WACC, cuya definición teórica se detallará más adelante:

$$E(ri) = rf + Bim (E(rm)-rf) \tag{11}$$

$$WACC (cpp) = Ke(CAA/CAA + D) + Kd (1-T)(D/CAA+D) \tag{12}$$

**IMPORTANTE:** en el presente análisis financiero, no se tomará en cuenta la inflación, pues se trabajará en moneda USD (Dólar estadounidense).

Los valores resultantes de los índices WACC y CAPM son:

<b>CAPM</b>	13,42%
<b>WACC</b>	12,00%

Para el financiamiento del 40% de capital de terceros, se tomará un préstamo otorgado por el gobierno de Santa Fe (ver lo informado dentro del Marco Legal), el cual contempla una TNA 17% (con capitalización semestral y pagadero anual).

Tabla XIV: esquema del préstamo USD con su amortización correspondiente

<b>Prestamo</b>	<b>TNA 17%</b>	<b>TasaProp</b>	<b>0,09</b>
1.582.761	17,0%	<b>TEA</b>	<b>0,177225</b>

Periodo	Saldo Inicial	Devolucion	Interes	Cuota	Saldo Final
1	1.582.761	316.552	280.505	597.057	1.266.209
2	1.266.209	316.552	224.404	540.956	949.657
3	949.657	316.552	168.303	484.855	633.105
4	633.105	316.552	112.202	428.754	316.552
5	316.552	316.552	56.101	372.653	-
6	-		-	-	-
7	-		-	-	-

### 8.1 ANÁLISIS DEL CASO BASE

Lo que podemos observar en el caso base, es que si comparamos nuestro proyecto de inversión contra un caso en el que no se llevara a cabo el proyecto, y se contractualizara el porcentaje necesario para cumplir con los requisitos de la Ley directamente con un acuerdo PPA entre privados a un costo de 70 USD/MWh; el proyecto tiene un PayBack de 5 años y 7 meses, y un VAN de 1.760 KUSD.

### 8.2 ANÁLISIS DEL CASO OPTIMISTA

Como mencionamos anteriormente, el caso optimista es la comparación del proyecto de inversión contra una contractualización de la demanda directamente con CAMMESA con un precio progresivo según el porcentaje de exigencia de la Ley.

Los resultados obtenidos de este análisis, es un PayBack de 5 años y 2 meses, y un VAN de 2535 KUSD.

### 8.3 ANÁLISIS DEL CASO PESIMISTA

En este caso se ha considerado la posibilidad de abastecer la demanda según lo exigido por la Ley, durante los primeros 3 años adquiriendo la ERNC desde CAMMESA, y contractualizando al cuarto año un contrato PPA a un precio de 40 USD/MWh. Esta condición se vería dada ante una posible baja de los costos de generación como consecuencia de políticas favorables y mejores tasas de financiación.

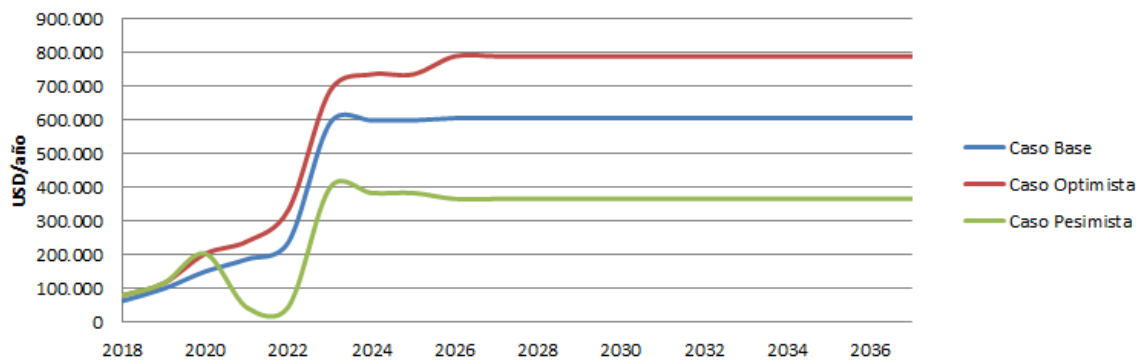


Según este caso, los resultados obtenidos son un PayBack de 6 años y 6 meses y un VAN de 745 KUSD.

Tabla XV: flujo de fondos y gráfico de su evolución

Escenarios		Caso Base	Caso Optimista	Caso Pesimista	No Action
Año		2018-2037	2018-2037	2018-2037	2018-2037
Total Ingresos	USD	18.471.412	22.778.621	12.717.845	0
Total Egresos	USD	-1.593.006	-1.593.006	-1.593.006	-16.079.932
Amortizacion	USD	-2.637.936	-2.637.936	-2.637.936	0
Intereses Perdidos	USD	-841.515	-841.515	-841.515	0
Devolución Prestamo	USD	-1.582.761	-1.582.761	-1.582.761	0
Total Impuestos	USD	-4.689.635	-6.197.157	-2.675.886	5.627.976
FF	USD	9.764.496	12.564.181	6.024.677	-10.451.956
Inversion	USD	-2.637.936	-2.637.936	-2.637.936	0
Prestamo	USD	1.582.761	1.582.761	1.582.761	0
Inversion Neta	USD	-1.055.174	-1.055.174	-1.055.174	0
FF Nominales	USD	9.764.496	12.564.181	6.024.677	-10.451.956
PayBack		5 Años y 7 Meses	5 Años y 2 Meses	6 Años y 6 Meses	-
VAN [USD]		1.760.235	2.535.936	745.727	-3.042.219
TIR [%]		25,72%	29,91%	19,27%	-
WACC %		12,00%	12,00%	12,00%	13,42%

### Evolución del Cash Flow



---

## 8.4 DESCRIPCIÓN DE CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RESUMEN TEÓRICO

Como herramientas para analizar la rentabilidad de la inversión utilizamos Payback, VAN y TIR.

Se busca que en el **Payback** (tiempo del recupero de la inversión) sea como máximo 6 años.

Este indicador nos da el tiempo mínimo en el que vamos a recuperar la inversión inicial; Es decir, el tiempo en el que las entradas de caja generadas por la inversión cubran todas las salidas originadas por la misma.

Este medio de análisis es fácil de calcular y aplicar y prioriza el estudio de la liquidez, pero no nos proporciona ningún tipo de medida de rentabilidad, ni tiene en cuenta los flujos positivos que se pueden producir con posterioridad al momento de recuperación de la inversión inicial.

Es por eso que podría hacer que desestimemos proyectos más interesantes, en cuanto a rentabilidad pero que requieren un plazo más largo para recuperar la inversión.

En nuestro proyecto decidimos trabajar con el valor acumulado del PayBack ya que nos permite recuperar la inversión en un periodo más inmediato.

Contando con un previo análisis de disparidad de los flujos de fondo, podría utilizarse también **TIR**, complementando a las demás mencionadas. El TIR no es recomendable si los flujos de fondo son muy diferentes y con poca paridad entre ellos.

La Tasa Interna de Retorno, es la de actualización que anula el VAN de la inversión; es decir, es la tasa que provoca que la suma de los valores actuales de los flujos de fondos del proyecto sea igual a la inversión inicial del mismo. Representa la máxima rentabilidad que le podemos exigir a un proyecto, y depende únicamente del monto y la duración de los flujos de fondos proyectados. **Coloquialmente, es el valor que hace VAN = 0.**

En otras palabras, es la mayor tasa de interés que se puede pagar sin perder dinero. Como ventajas, tiene en cuenta el riesgo y el valor en el tiempo del dinero; y es de fácil interpretación para los inversionistas.

Una de las principales desventajas de la TIR se basa en su cálculo, ya que muchas veces se utilizan aproximaciones; y que no permite comparar proyectos con distinta vida útil.

---

El Valor Actual Neto (**VAN**) es el importe actualizado de todos los flujos de caja estimados; es decir, es la diferencia entre todos los cobros y pagos actualizados, traídos al momento presente descontándoles un tipo de interés determinado. Expresa una medida de rentabilidad del proyecto y determina si la inversión es efectuable y si es mejor que otra. **Un proyecto analizado por este método, debe estimarse siempre y cuando el VAN sea superior a 0.** Esto significa que se generaría un beneficio neto que permitiría amortizar el capital invertido.

La principal ventaja es que permite introducir variables que puedan afectar a la inversión, como inflación o riesgo del negocio. Pero su mayor inconveniente es que hay que tener en cuenta varios factores para su cálculo, como las ventas a futuro, número de años de vida del proyecto. Y al constituir un valor y no una tasa, es más difícil de interpretar y comparar.

El VAN, al tener en cuenta las actualizaciones y flujos netos de caja, suele ser más efectivo a la hora de elegir un proyecto o una inversión.

**Como se anticipó en párrafos anteriores, El CAPM** es el modelo del Precio del Costo de Capital, y es utilizado para calcular la rentabilidad esperada de un activo, de una entidad que se dedica a cierta actividad.

Es la relación entre el riesgo por invertir en un determinado activo financiero y la rentabilidad que esperamos obtener por ese riesgo de inversión.

**El WACC** es el promedio ponderado del costo del capital de los recursos propios y el coste de capital ajeno. Si se trabaja parte con capital propio y parte de terceros, se utiliza el WACC. Representa la tasa mínima que los proveedores de capital requieren para asumir el riesgo de invertir en un proyecto de inversión.

Ambos tienen como característica principal que ambos son altamente eficientes en mercados desarrollados, estables y eficientes. Pero para los mercados emergentes presentan altas volatilidades en su comportamiento, debido a los cambios frecuentes en sus variables económicas y financieras.

Para concluir este análisis compararemos TIR versus WACC en cada escenario, ya que la Tasa Interna de Retorno debe ser mayor al WACC para considerar el proyecto rentable, es decir, crea valor.

Como podemos apreciar, en todos los casos la TIR supera al WACC:

Tabla XVI: resumen comparativa TIR vs. WACC en diferentes escenarios.

Escenarios	Caso Base	Caso Optimista	Caso Pesimista	No Action
Año	2018-2037	2018-2037	2018-2037	2018-2037
VAN [USD]	1.760.235	2.535.936	745.727	-3.042.219
TIR [%]	25,72%	29,91%	19,27%	-
WACC %	12,00%	12,00%	12,00%	13,42%

---

## 9. CONCLUSION / RECOMENDACIÓN

Para finalizar el estudio realizado, y a modo de conclusión general, se sugiere al cliente que **efectúe la inversión para la fabricación del parque solar**.

Esta decisión se basa en los tópicos detallados a lo largo del presente trabajo:

- *Aspecto ecológico*

Resulta beneficiosa la instalación del parque, pues se reducirían emisiones considerables protegiendo el ecosistema. Se evitarían emanar a la atmósfera **5490 toneladas de CO2 anuales**, tal como se ha mencionado anteriormente; siendo de las pocas empresas actuales dentro rubro agroindustrial que trabaja en estas cuestiones.

Las más beneficiadas en este aspecto, serán directamente las áreas aledañas a la central generadora.

Por otra parte, se ha contemplado el desechado de los paneles y su posible capacidad de **reciclaje**; visualizándose también como corolario, **un rédito económico del mismo**.

- *Aspecto legal*

Si bien la ley nacional marca (27.191) la obligatoriedad del cumplimiento de autogeneración a través de energías renovables de una manera paulatina y anualmente, este proyecto lo contempla de una sola vez; cumpliendo eficazmente no solamente con los objetivos, sino también en ámbito local y provincial (leyes 12.692 y 12.503).

- *Aspecto técnico*

Se cuenta con empresas de prestigio capaces de presupuestar materiales e instalaciones, lo cual permite una mejor selección de tecnologías y técnicas de implementación. En nuestro caso presentado, se contemplaron los requerimientos más importantes y necesarios para llevar a cabo una ejecución eficaz y percedera; con materiales y productos de elevada calidad, incluyendo cálculos bien realizados para un mejor aprovechamiento del sistema.

- *Aspecto económico y financiero*

Según los datos obtenidos de los análisis realizados, el proyecto en el caso pesimista sigue siendo favorable. Si bien el PayBack del proyecto superaría al esperado, es conveniente tener en cuenta los múltiples factores que tienen que ocurrir para que dicha situación ocurra.

El caso optimista es un caso factible y conveniente, pero entendemos que la situación tomada como base, es la más verídica ante el escenario político y económico actual de la Argentina, razón por la que creemos conveniente avanzar con el proyecto de inversión.

Este posicionamiento agregará valor y prestigio a la empresa, y le permitirá además, comenzar a explorar **otros mercados como el de bonos de carbono** (en actual crecimiento mundial).

Si bien es cierto que en nuestro país, no existe un pleno auge del mercado de ENRC solar, es importante recalcar que el estado (tanto provincial como nacional) se encuentra promoviendo la aplicación de estas tecnologías; no solamente en el ámbito legal, **sino también con incentivos monetarios y quita de tasas, por ejemplo**. Por otra parte, hoy en día existen tecnologías al alcance de la mano y asesoramiento técnico en todo el país, con el fin de facilitar la implementación.

---

## 10. BIBLIOGRAFIA

**BIOMASS USERS NETWORK (BUN-CA).** *Manuales sobre energía renovable: Solar fotovoltaica.* 1a. ed. San Jose, 2002. 44 p. ISBN 9968-9708-9-1

**CADER. 2017.** Cámara Argentina de Energías Renovables [en línea]. [consulta 05 abr 2017]

<<http://www.cader.org.ar/>>

**CAMMESA. 2017.** Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico [en línea]. [consulta 05 abr 2017]

<<http://www.cammesa.com/>>

**CORPORACION DE DESARROLLO TECNOLOGICO – CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION.** *Diseño y dimensionamiento de sistemas solares fotovoltaicos.* 1a. ed. Cdt, 2013. 101 p. ISBN 978-956-7911-27-1

**CUAL ES EL IMPACTO AMBIENTAL QUE PRODUCE EL USO DE LA ENERGIA** [en línea]. [consulta 25 oct 2017]

<<http://gustato.com/generalidades/eContaminacion.html>>

**DECRETO 882/2016** [en línea]. [consulta 30 abr. 2017].

<<https://www.boletinoficial.gob.ar/>>

**EFECTO INVERNADERO Y CALENTAMIENTO GLOBAL** [en línea]. [consulta 25 oct 2017]

<<http://www.buenosaires.gob.ar/>>

**EL MERCADO DE CARBONO EN LA BOLSA DE COMERCIO DE BUENOS AIRES** [en línea]. [consulta 19 oct. 2017]

<[www.bcba.sba.com.ar/](http://www.bcba.sba.com.ar/)>

**ENERGIAS RENOVABLES 2016. REPORTE DE LA SITUACION MUNDIAL** [en línea]. [consulta 19 sep. 2017]

<[http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR\\_2016\\_KeyFindings\\_SPANISH.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/06/GSR_2016_KeyFindings_SPANISH.pdf)>



**EPE MANUAL DE PROCEDIMIENTO PRO-103-101 VERSIÓN 01** [en línea].  
[consulta 14 ago 2017]

<<https://www.epe.santafe.gov.ar/>>

**GOOGLE. 2017.** Google Maps. [en línea]. [consulta 18 abr 2017]

<<https://www.google.com.ar/maps>>

**IMPACTO AMBIENTAL DE LOS COMBUSTIBLES FOSILES** [en línea].  
[consulta 25 oct 2017]

<<http://combustiblesfosilesysuimpacto.blogspot.com.ar/2012/11/combustibles-fosiles.html?m=1>>

**LA MATRIZ ENERGETICA ARGENTINA Y SU IMPACTO AMBIENTAL** [en  
línea]. [consulta 25 oct 2017]

<<http://cienciahoy.org.ar/2015/07/la-matriz-energetica-argentina-y-su-impacto-ambiental/>>

**LAS FUENTES DE ENERGIA RENOVABLES MAS UTILIZADAS DEL  
MUNDO** [en línea]. updated 19 abr 2015. [consulta 16 jun. 2017]

<<https://energiaturaniana.wordpress.com/2015/04/19/las-fuentes-de-energia-renovables-mas-utilizadas-del-mundo/>>

**LEY NACIONAL N° 27.191** [en línea]. [consulta 30 abr. 2017].

<<http://portalweb.cammesa.com/>>

**LEY PROVINCIAL DE SANTA FE N°12.503** [en línea]. [consulta 05 may. 2017]

<<https://www.santafe.gov.ar/>>

**LEY PROVINCIAL DE SANTA FE N°12.692** [en línea]. [consulta 05 may. 2017]

<<https://www.santafe.gov.ar/>>

**MINEM.** Ministerio de Energía y Minería [en línea]. [consulta 05 abr. 2017]

<<https://www.argentina.gob.ar/energiaymineria>>

**PLAN SOLARIMETRICO SANTA FE** [en línea]. [consulta 19 abr 2017]

<[www.santafe.gov.ar](http://www.santafe.gov.ar)>

**PROCEDIMIENTOS: ANEXO 1 – CAMMESA** [en línea]. [consulta 12 may 2017]

<<http://portalweb.cammesa.com/>>

**PROYECTO DE LEY RÉGIMEN DE FOMENTO A LA GENERACIÓN  
DISTRIBUIDA DE ENERGÍA RENOVABLE INTEGRADA A LA RED ELÉCTRICA  
PÚBLICA** (Expte. 5418-D-2015-0097-D-2016-2965-D-2016)

**TERCERA COMUNICACION NACIONAL DE LA REPUBLICA  
ARGENTINA A LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE  
EL CAMBIO CLIMATICO**[en línea]. [consulta 18 oct 2017]

<[www.energia.gob.ar](http://www.energia.gob.ar)>

## **11.ANEXOS**

- Anexo A: Planillas de Excel con el cálculo del Flujo de Fondos
- Anexo B: Planilla de Excel con la simulación del ahorro en la compra de Energía.
- Anexo C: Ficha Técnica del Inversor (YASKAWA SOLECTRIA PVI-100)
- Anexo D: Ficha Técnica del Módulo Fotovoltaico (JAP6-72 JA SOLAR)
- Anexo E: Informe de Avance aprobado por el Director de Carrera.