



*Acta de la XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación  
Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente  
Vol. 4, pp. 04.123-04.132, 2016. Impreso en la Argentina.  
ISBN 978-987-29873-0-5*

## **FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN PROYECTO DE INVERSIÓN PARA LA INSTALACIÓN DE UN PARQUE FOTOVOLTAICO EN ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DE SAN LUIS**

N. Altamirano, R. Guaycochea, V. Stefanini, D. Nazario  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias – Universidad Nacional de San Luis –  
Ruta 148 Extremo Norte C.P. 5730 Villa Mercedes – San Luis.  
E-mail: nicoalt59@hotmail.com, rguaycochea@gmail.com

*Recibido 12/08/16, aceptado 09/10/16*

**RESUMEN:** Existe interés en algunos inversores privados para instalar un parque generador de energía eléctrica a partir de fuentes renovables de energía, en esta ocasión aprovechando la luz del sol como fuente y se hace necesario evaluar la rentabilidad del proyecto de una central Fotovoltaica (FV en adelante) en la provincia de San Luis, Argentina. En la actualidad la generación de energía solar es una actividad de gran desarrollo e interés en países del primer mundo, donde se buscan alternativas amigables con el medio ambiente y que suponen un costo de operación rentable. A la hora de realizar una evaluación de este tipo es necesario un estudio detallado no solo de aspectos financieros, sino también de aspectos técnicos que terminen por aportar información precisa y valiosa para la toma de decisiones. Se estudiarán todas las alternativas en cada componente eligiendo finalmente la opción que garantice la mejor relación calidad precio. Una vez elegidos se buscara el valor de cada uno entregado en el lugar propuesto para la central. Finalmente se estudiará el Cash Flow o Flujo de Fondos con herramientas como el VAN -Valor Actual Neto y la TIR -Tasa Interna de Retorno- entre otros.

**Palabras clave:** energía solar, parque solar, fotovoltaico, producción energética.

### **INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo presenta el estudio del proyecto de inversión para la construcción de un parque solar Fotovoltaico en la zona norte de la provincia de San Luis, cercana la localidad de Luján, en base a los datos de la irradiación Solar obtenidos de diversas fuentes y bajo análisis utilizando software para calcular producción energética estimada. La potencia estimada de la central se plantea en 10 MW. Los pilares de estudio para determinar la forma más concreta de realizar estos proyectos incluyen: estudio de localización, de mercado, técnico, legal, impacto ambiental y de costos, los que servirán de base para realizar un Análisis Financiero a partir de ordenar y clasificar las erogaciones necesarias de acuerdo a como se consideran contable e impositivamente (bienes de uso, capital de trabajo, tasas e impuestos, etc.) en un planilla de Excel para manejar todas las variables encontradas y sacar conclusiones a través de herramientas matemáticas.

El objetivo de la central es brindar un servicio de abastecimiento eléctrico disponible en la red dentro de la provincia para el consumo de quien lo solicite, principalmente orientado a plantas fabriles o bien a quien CAMESA (Compañía Administradora del Mercado Eléctrico Mayorista) así lo disponga. El parque estará conectado a la red de distribución de energía eléctrica para que las empresas que deseen comprar el servicio de abastecimiento eléctrico lo puedan hacer sin necesidad de instalaciones accesorias u otras erogaciones.

Nuestro planeta recibe del sol una cantidad de energía anual de aproximadamente 1.864 kWh/m<sup>2</sup>, cifra calculada por CENER(Centro Nacional Energías Renovables, Navarra, España), a través de su metodología y las bases de datos consultadas que representa varios cientos de veces la energía que se consume actualmente en forma mundial; es una fuente de energía descentralizada, limpia e inagotable.

### **ESTUDIO LOCALIZACIÓN**

El estudio de localización consta de dos etapas: la macro localización y la micro localización. La primera permite acotar el número de soluciones posibles, determinado la región óptima. Mientras que la restante determina el emplazamiento definitivo del proyecto.

Según resultados basados en el software PV Syst para el cálculo de instalaciones solares, utilizado también en el estudio de mercado, se ha determinado que es necesario un promedio de 140.000 m<sup>2</sup> lo que es equivalente a unas 14 hectáreas, para la lograr la instalación de los 10 MW pico de potencia, el mismo considera la ocupación de los paneles, inversores, y espacio necesario entre los paneles para evitar pérdidas de rendimiento por sombras entre sí. A su vez queda por agregar el espacio requerido por las demás instalaciones necesarias, ellas son: estación meteorológica, central de monitoreo y vigilancia, sala de reuniones y/o recepción de visitas, estacionamiento, pasillos centrales para visitas. Es importante aclarar que los 140.000 m<sup>2</sup> no se refieren a la superficie útil de paneles, sino al total ocupado por los paneles y su separación.

La capacidad teórica de 10 MW se plantea como capacidad inicial, se deberá prever espacio para futuras ampliaciones tanto de capacidad de producción como también otras actividades que requieran espacio. Como norma de seguridad se deberá contar con una barrera anti fuego que sirva de contención y separación en caso de incendio en algún sitio lindante con las instalaciones de la Central. Es por ello que en total serán necesarios más que las 14 hectáreas iniciales que contemplan la separación entre filas de paneles de 6 metros desde centro de la fila a la siguiente, sumándole pasillos y caminos y por aquellos requisitos imprevistos o nuevos, determinamos como necesarios un total de 30 hectáreas, es decir 16 hectáreas extra y siempre considerar los terrenos vecinos como potenciales terrenos a adquirir en lo que sería una futura ampliación.

De acuerdo a las consideraciones propias del estudio nivel Macro de la provincia de San Luis, se concluye por elegir como zona Macro óptima para la localización de la Central Fotovoltaica proyectada, al Distrito Quines según la división de la empresa distribuidora de energía Edesal S.A., ubicada geográficamente en el Norte de la provincia de San Luis.

Dentro del Distrito Quines, se proponen dos sitios a evaluar, ambos se encuentran a pocos kilómetros de la localidad de Luján en el norte sanluiseño, se puede acceder a ellos a través de la Ruta nacional N° 20, aprox. a 115 Km de la ciudad de San Luis.

Paralela a esta ruta existe la línea de 33 KV que tiene su origen en la ET (estación Transformadora) de San Luis y culmina en la zona de ubicación del parque fotovoltaico.

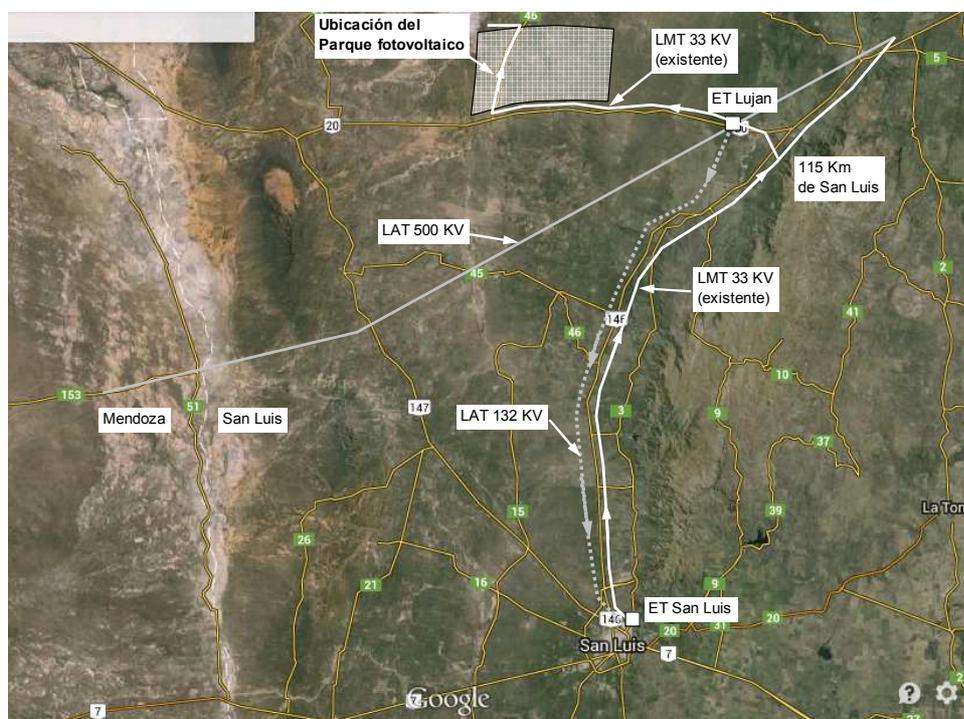


Figura 1 –Ubicación del Parque fotovoltaico y línea de 33 KV

La Secretaría de Energía y el Estado Nacional mediante la Ley 27.191 de Fomento para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción Eléctrica y sus debidas reglamentaciones y programas específicos, serán los encargados de comprar la energía producida por la central fotovoltaica y luego ellos mismos se encargan de comercializar la misma.

La región de CENTRO está integrada por la provincia de Córdoba y San Luis, la cual según el Censo 2010 posee del orden 3.736.000 habitantes (9,5% de la población total de Argentina), distribuidos en 242.069 km<sup>2</sup> (8,7% del país). En cuanto al servicio eléctrico en el transcurso del año 2009 consumieron 7.698 GWh, lo que representa un 8,7% del total del país. En el informe anual de CAMMESA año 2014, se observa un incremento en la demanda, alcanzando unos 10.905 GWh, equivalentes al 9% del total del país.

A continuación se presenta la relación entre las distintas fuentes de generación:

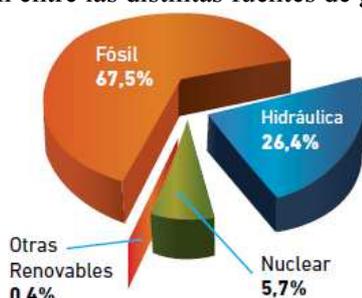


Figura 2 - Febrero 2016 – CAMMESA

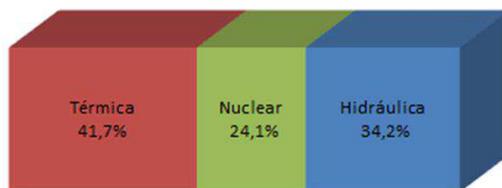


Figura 3 - Potencia Instalada Región Centro

En esta último gráfico de potencia instalada se ve una marcada superioridad de centrales térmicas que consumen combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica. Luego sigue un aporte significativo de la energía proveniente de centrales hidráulicas. Ocupando el último lugar en esta lista la energía nuclear. En cuanto a las renovables no se ven reflejadas al no ser representativo su potencial instalado (1 MW Solar FV en San Luis). Esta proporción se repite en proporciones similares en el resto de las regiones del país.

Concluimos por determinar como potenciales mercados consumidores a los Grandes Usuarios del Mercado Eléctrico Mayorista -GUMEM, según reglamentación CAMMESA- de estos 2 departamentos:

Departamento Juan Martín de Pueyrredón.

Departamento General Pedernera.

En conjunto representan un 86,6 % del total demandado por usuarios GUMEM, sin embargo no se descarta que otros grandes usuarios provenientes de otros departamentos o fuera de la provincia puedan comprar la energía generada por la Central del proyecto.

## CÁLCULO DE GENERACIÓN

Para obtener los datos de generación de la central proyectada, se utilizó el software de cálculo y dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas PV Syst (versión 6.0.7), para el cálculo se tuvieron en cuenta variables como:

Lugar de la instalación: 20 km al oeste de la localidad de Luján, prov. de San Luis.

Origen de Datos meteorológicos: "Meteonorm 6.1"

Potencia Nominal de Pico: 10.000 kWp

Tecnología de Módulos Fotovoltaicos: Celdas Policristalinas.

Posición de montaje: Basado en tierra.

Tipo de Instalación: Conectada a la Red.

A continuación se presenta un resumen de generación esperada (eje margen derecho) simulada en el software PV Syst para un mes típico de acuerdo a los datos históricos meteorológicos en comparativa con la demanda prevista para toda la provincia de San Luis en el eje margen izquierdo.

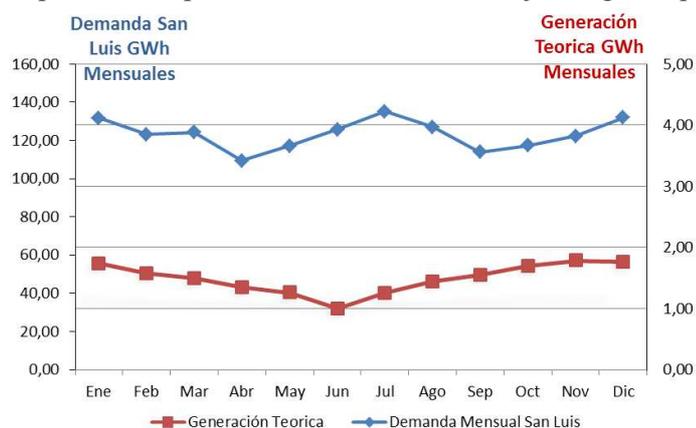


Figura 4- Gráfica comparativa entre generación propuesta y demanda de la provincia

En el eje de la izquierda titulado “Demanda San Luis 2012” se encuentra la escala correspondiente a la curva que sigue la demanda mes a mes durante el año 2012, que se mantiene por encima de los 40 GWh mensuales y por debajo de los 70 GWh -Giga watts hora- mensuales. En el eje opuesto, es decir del lado derecho se muestra el eje con la escala adecuada para la “Generación Teórica en GWh mensuales”, que representa valores que no superan los 2GWh Mensuales.

Se puede observar una clara diferencia entre lo generado y el consumo promedio esperado. En otras palabras no se estaría ofertando más allá de los niveles de demanda.

Aualmente se lograrían un total de 17,9 GWh de producción energética en promedio para un año de funcionamiento.

## DISEÑO TÉCNICO DEL PARQUE FOTOVOLTAICO

El presente apartado se redacta con el objeto de describir el diseño, selección de los componentes, la descripción constructiva y valoración de las obras, materiales e instalaciones de una planta solar fotovoltaica “tipo” de 1000 kW de potencia nominal. Posteriormente se diseña una central de 10 MW de potencia a partir de la interconexión de 10 plantas solares “tipo” y que se ajusta a la superficie disponible.

El efecto fotovoltaico tiene lugar cuando un electrón de la banda de valencia de un material (normalmente un semiconductor) es liberado a la banda de conducción al absorber un fotón con la suficiente energía que incide en el material. Esta energía puede ser suministrada por la radiación luminosa, de ahí el efecto fotovoltaico.

La materia prima para la fabricación de las células fotovoltaicas más utilizada actualmente es el silicio. En ubicaciones geográficas donde se alcanzan temperaturas elevadas (a partir de 30 grados de temperatura ambiente) por lo general es mejor instalar paneles solares policristalinos en lugar de paneles monocristalinos, ya que bajo estas condiciones el panel policristalino ofrece un mejor rendimiento. Además hay que tener en cuenta que los paneles monocristalinos al ser de color negro absorben más calor, condición que falsamente se podría interpretar como favorable cuando en realidad el calor no aporta positivamente al efecto fotovoltaico, ya que como se conoce en la provincia de San Luis las temperaturas ambientes suelen ser altas especialmente en verano, luego en consecuencia a mayor temperatura aumenta la resistencia eléctrica. Distinto sería el caso de energía Solar Térmica donde si se trata de maximizar la temperatura. En muchos casos el rendimiento de paneles empieza a decaer porcentualmente a partir de que se supera los 25°C de temperatura de celda. A esta condición se llega fácilmente en un día con sol (salvo en invierno). Para el proyecto se opta por utilizar paneles con células de silicio policristalino debido a su buena relación costo rendimiento y al tener pocas desventajas que sean condicionantes.

Entre los otros insumos críticos a seleccionar se mencionan el Inversor, Cables, Cajas de Conexión, Estructuras Soporte, Transformador, Celdas de Media Tensión, Sistema SCADA, y demás servicios auxiliares. Se decide trabajar con bloques modulares de 1MW (1 *subcampo* FV). Para lograr la potencia total de 10 MW serán necesarios 20 Inversores. Cada subcampo estará formado por 2 Inversores de 500 kW, y 4200 Paneles Solares marca Bosch de 240W, es decir 28 paneles más que los previstos en el programa PV Syst inicialmente, esto se realiza con el fin de evitar el construir una estructura diferente para una de las filas, que aumentaría los costos por no tratarse de una estructura estándar. Otra razón será que de este modo se procederá a comprar todos los “Combiner Box” del mismo tipo.

A continuación se muestra un esquema unifilar de 14 paneles en serie conectados con otras 12 cadenas de paneles y que ingresan en paralelo a cada caja combinadora o Combiner Box (Figura 4).

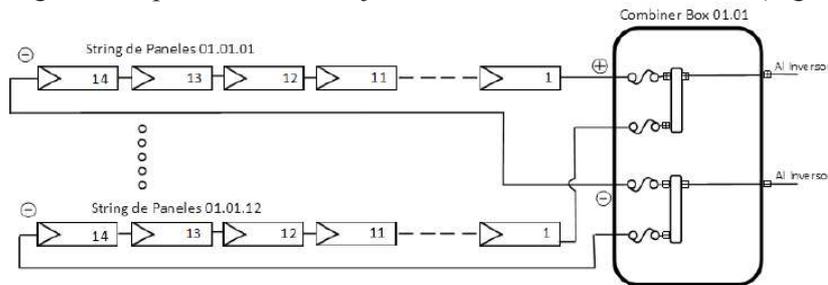


Figura 5. - Unifilar Paneles - Cadenas – Combiner box

Luego cada caja se conecta junto con otras cajas al inversor en paralelo hasta completar las entradas disponibles en el mismo.

Estos componentes se ingresan como parámetros del software PV Syst que combinándolos con los datos de diferentes estaciones meteorológicas de la zona realizarán una estimación del funcionamiento del sub campo.

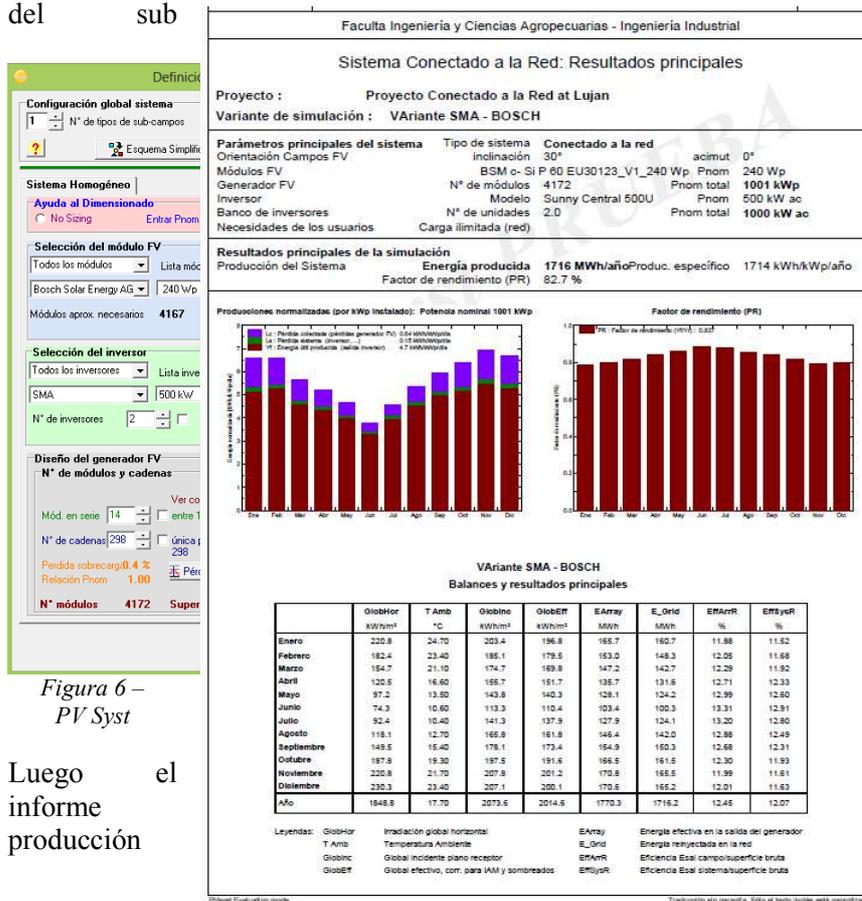


Figura 6 – PV Syst

Luego el informe producción

Captura de pantalla de Software

programa arroja un informe con la producción esperada:

Figura 7 - Informe Ejecutivo PV Syst

Las estructuras portantes sobre las que se asientan los paneles son fijas orientadas al norte y con 3 posiciones de inclinación: 15°, 30° y 45°. Luego de numerosas simulaciones en PV Syst se genera la expectativa de un incremento de la producción anual en el orden del 4 % a partir del cambio estacional de inclinación entre las variantes de 15°, 30° y 45° respecto de la horizontal. Sin embargo en la implementación práctica de tal cambio deben considerarse los costos adicionales en mano de obra incluyendo las pérdidas de producción durante los cuatro periodos de ajuste así como también los riesgos adicionales relacionados con potenciales accidentes durante las operaciones de ajuste o también no alcanzar la rigidez necesaria para evitar que durante el proceso de modificación del ángulo de inclinación, pueden ocasionar riesgos conducentes a la generación de microrroturas en las células fotovoltaicas. Por ello, los principales parámetros de selección son la inclinación de los paneles a 30° respecto del plano horizontal durante todo el año. Como resultados el software arroja valores de energía generada por los equipos seleccionados para este proyecto particular tanto mensualmente como valores anuales. También se puede leer en la misma los valores esperados de las condiciones climáticas en promedio durante cada mes. Estos parámetros son de importancia para determinar el rendimiento de los paneles en particular, los cuales se ven afectados directamente en su rendimiento al incrementarse la temperatura del panel, su rendimiento decae. Por ello será interesante saber no solo si hay sol, sino también si hay temperaturas altas que bajen el rendimiento del panel.

## **ESTUDIO DE COSTOS**

Los valores y montos asignados resultan de investigaciones en diversas fuentes siempre privilegiando las primeras marcas de nivel internacional y nacional a fin de encontrar la mejor oferta que optimice la relación costo-calidad del mismo asegurando hacer un cálculo de una instalación con garantía de cada una de sus partes.

Las principales inversiones se destacan en la tabla “Inversión Inicial en Activos Fijos” donde se discrimina entre Bienes de Uso aquellos que llevan una carga de IVA -Impuesto Valor Agregado- de 21% y otros del 11% dependiendo si son maquinarias que afectan directamente el servicio o no:

INVERSION INICIAL EN ACTIVOS FIJOS									
Bienes de uso									
Inversion inicial en activos fijos	Items	Cantidad	\$/Unidad	Unidad	Valor de compra (U\$S)	Valor de compra (\$ s/IVA)	% IVA	% sobre Inversion Inicial	IVA sobre inversión (\$)
Terreno	Adquisición de terreno	30	\$ 67.500	hectárea	135.000	\$ 2.025.000	21%	0,7%	\$ 4.253
	Gestión de otorgamiento	1	\$ 60.750	gestión	4.050	\$ 60.750	21%	0,0%	\$ 128
	<b>Sub Total</b>	-	-	-	<b>695.250</b>	<b>\$ 2.085.750</b>	<b>21%</b>	<b>0,7%</b>	<b>\$ 4.380</b>
Obras civiles, complementarias e infraestructura	Cierre perimetral	2.600	\$ 334	m	57.807	\$ 867.100	21%	0,3%	\$ 1.821
	Limpieza de terreno y movimiento suelos	300.000	\$ 29	m2	580.000	\$ 8.700.000	21%	2,9%	\$ 18.270
	Portones metalicos	4	\$ 21.750	unidad	5.800	\$ 87.000	21%	0,0%	\$ 183
	Instalación de Subestación SSAA (150KVA)	1	\$ 65.250	unidad	4.350	\$ 65.250	21%	0,0%	\$ 137
	Sistema descarga Atmosférico	10	\$ 72.500	unidad	48.333	\$ 725.000	21%	0,2%	\$ 1.523
	Sala Control(80m2)	80	\$ 13.950	m2	74.400	\$ 1.116.000	21%	0,4%	\$ 2.344
	Depósito y Taller Mantenimiento (50m2)	50	\$ 10.075	m2	33.583	\$ 503.750	21%	0,2%	\$ 1.058
	Comedor	30	\$ 14.000	m2	28.000	\$ 420.000	21%	0,1%	\$ 882
	Mano Obra Estructuras Soporte	3.500	\$ 945	Estructura	220.500	\$ 3.307.500	21%	1,1%	\$ 6.946
	Baños y Vestuarios(20m2)	20	\$ 13.200	m2	17.600	\$ 264.000	21%	0,1%	\$ 554
	Capacitación y Asesoramiento Técnico	1	\$ 1.350.000	Capacitación	90.000	\$ 1.350.000	21%	0,4%	\$ 2.835
	Iluminación Perimetral e Interna	10	\$ 286.000	unidad	190.667	\$ 2.860.000	21%	1,0%	\$ 6.006
	Nexo Eléctrico 33kV a Red Eléctrica	2	\$ 875.000	unidad	58.333	\$ 1.750.000	21%	0,6%	\$ 3.675
Casilla Recinto Inversores	20	\$ 306.800	Casilla	409.067	\$ 6.136.000	21%	2,0%	\$ 12.886	
<b>Sub total</b>	-	-	-	<b>1.351.040</b>	<b>\$ 20.265.600</b>	<b>21%</b>	<b>6,7%</b>	<b>\$ 59.118</b>	
Inversion inicial en activos fijos	Items	Cantidad	\$/Unidad	Unidad	Valor de compra (U\$S)	Valor de compra (\$ s/IVA)	% IVA	% sobre Inversion Inicial	IVA sobre inversión (\$)
Maquinaria y Equipos	Estación Meteorológica	1	\$ 85.000	unidad	5.667	\$ 85.000	10,5%	0,0%	\$ 89
	Equipamiento, Licencia e Implementación SCADA	1	\$ 55.100	unidad	3.673	\$ 55.100	10,5%	0,0%	\$ 58
	Sistema de Telefonía IP - Internet - Monitoreo	1	\$ 280.000	unidad	46.667	\$ 280.000	10,5%	0,1%	\$ 294
	Sistema de Limpieza de paneles	3	\$ 6.000	unidad	1.200	\$ 18.000	10,5%	0,0%	\$ 19
	Paneles Solares Bosch 240 W + Conectores	42.000	\$ 4.000	unidad	11.200.000	\$ 168.000.000	10,5%	55,9%	\$ 176.400
	Inversores SMA de 500 kW	20	\$ 937.750	unidad	1.250.333	\$ 18.755.000	10,5%	6,2%	\$ 19.693
	Cable Paneles - Combiner Box	120.000	\$ 65	m	522.000	\$ 7.830.000	10,5%	2,6%	\$ 8.222
	Cable Combiner Box - Inversor	27.495	\$ 116	m	212.630	\$ 3.189.443	10,5%	1,1%	\$ 3.349
	Cable Inversor - ET	1.980	\$ 709	m	93.555	\$ 1.403.325	10,5%	0,5%	\$ 1.473
	Estructuras Soporte	3.500	\$ 11.468	unidad	2.675.957	\$ 40.139.348	10,5%	13,4%	\$ 42.146
	Combiner Box	260	\$ 6.586	unidad	114.156	\$ 1.712.334	10,5%	0,6%	\$ 1.798
	Transformador x 630 KVA	20	\$ 152.620	unidad	203.493	\$ 3.052.400	10,5%	1,0%	\$ 3.205
	Celda MT y Medicion SMEC	20	\$ 413.000	unidad	550.667	\$ 8.260.000	10,5%	2,7%	\$ 8.673
	Mano de Obra Cableado	3	\$ 795.193	equipo	159.039	\$ 2.385.580	10,5%	0,8%	\$ 2.505
	Instalación de paneles solares	4	\$ 733.405	equipo	488.936	\$ 2.933.619	10,5%	1,0%	\$ 3.080
<b>Sub total</b>	-	-	-	<b>17.527.972</b>	<b>\$ 258.099.148</b>	<b>10,5%</b>	<b>86%</b>	<b>265.419</b>	
Rodados	utilitarios	4	\$ 520.000	unidad	138.667	2.080.000	21%	0,7%	\$ 4.368
Muebles y Útiles	Computadora	6	\$ 5.075	unidad	2.030	30.450	21%	0,0%	\$ 64
	Impresora	4	\$ 1.395	unidad	372	5.580	21%	0,0%	\$ 12
	Escritorio y Silla	8	\$ 1.568	unidad	836	12.540	21%	0,0%	\$ 26
	Mueble Archivo	2	\$ 1.015	unidad	135	2.030	21%	0,0%	\$ 4
	Sillas	12	\$ 116	unidad	93	1.392	21%	0,0%	\$ 3
Imprevistos	(3% del total en bienes de uso)					8.714.055	21%	2,9%	\$ 18.300
<b>TOTAL BIENES DE USO</b>						<b>\$ 299.182.545</b>	-	-	<b>\$ 351.694</b>
<b>Rubros asimilables</b>									
Rubros asimilables	Investigación y estudios					250.000	21%	0,1%	525
	Gastos de organización de la empresa					250.000	21%	0,1%	525
	Gastos de administración e ingeniería durante la instalación. Puesta en marcha					650.000	21%	0,2%	1.365
	Gastos en publicidad					50.000	21%	0,0%	105
Imprevistos	Gastos Generales (7% de Rubro Asimilables)				84.000	21%	0,0%	176	
<b>TOTAL RUBRO ASIMILABLE</b>						<b>\$ 1.284.000</b>	<b>21%</b>	<b>0,4%</b>	<b>\$ 2.696</b>
					Valor de compra (U\$S)	Valor de compra		IVA sobre inversión (\$)	
<b>TOTAL INVERSION INICIAL</b>					<b>20.031.103</b>	<b>\$ 300.466.545</b>		<b>\$ 354.390</b>	

Tabla 1 - Inversión inicial en activos fijos

Estos valores han sido obtenidos de distintas fuentes y siempre eligiendo la mejor alternativa de acuerdo a asegurar la mejor relación costo-calidad del producto a fin tener un producto confiable. Dichos valores han sido presupuestados a Julio de 2016 y considerando un valor de dólar estadounidense promedio en 15 AR\$ por cada 1 US\$.

Luego de sumar todas las inversiones iniciales se refleja que son necesarios \$300.466.545 pesos argentinos más IVA.

Se debe considerar además otros servicios necesarios para la operación y control de la planta, entre ellos se encuentran:

Estación Meteorológica, Sistema SCADA, Oficinas de control y monitoreo, Instalaciones de Agua, Iluminación Perimetral, Portones y Cierre Perimetral, Sistema de Alimentación Ininterrumpida y UPS.

## ESTUDIO FINANCIERO

En esta planilla se pretende realizar en detalle un calendario de pagos del préstamo acordado para lograr el financiamiento del proyecto de central FV. Luego de analizar las líneas de préstamos y fuentes de financiación se decide optar por una institución perteneciente al Banco Mundial, el BIRF, es una institución que posee una estructura similar a la de una cooperativa, es decir, es propiedad de sus países miembros, que lo administran en beneficio propio.

Esperando un escenario de economía estable, donde características actuales ya no se encuentren, como por considerar: fluctuaciones exageradas en el valor del dólar, cepo cambiario, seguridad jurídica, entre otras barreras a las inversiones, se pueden considerar válidas las hipótesis, siendo esta la única forma de concretar el proyecto, ya que con las reglas de juego actuales es imposible concretar inversiones.

Para el cálculo del sistema alemán se calcula, para un plazo de devolución de 15 años y a la tasa mencionada, los correspondientes montos de Amortizaciones, Interés, Cuota, y Saldo de forma anual. Dentro de la misma planilla se especifica los montos financiados y el capital propio.

Calendario de Pago de Préstamo					
Monto del préstamo	298.850.839,75	Inversión inicial en activos fijos y capital de trabajo s/IVA (Año 0)			\$ 298.850.840
Tasa de interés anual (a)	7,6%				
Plazo de amortización	15	Capital Propio	0%	\$ 0	
Plazo de gracias (años)	1	Capital financiado	100%	\$ 298.850.840	
Préstamo Bco. Mundial					
Años	Saldo	Amortización	Interés	Cuota	
0	\$ 298.850.840	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
1	\$ 298.850.840	\$ 19.923.389	\$ 22.712.664	\$ 42.636.053	
2	\$ 278.927.450	\$ 19.923.389	\$ 21.198.486	\$ 41.121.876	
3	\$ 259.004.061	\$ 19.923.389	\$ 19.684.309	\$ 39.607.698	
4	\$ 239.080.672	\$ 19.923.389	\$ 18.170.131	\$ 38.093.520	
5	\$ 219.157.282	\$ 19.923.389	\$ 16.655.953	\$ 36.579.343	
6	\$ 199.233.893	\$ 19.923.389	\$ 15.141.776	\$ 35.065.165	
7	\$ 179.310.504	\$ 19.923.389	\$ 13.627.598	\$ 33.550.988	
8	\$ 159.387.115	\$ 19.923.389	\$ 12.113.421	\$ 32.036.810	
9	\$ 139.463.725	\$ 19.923.389	\$ 10.599.243	\$ 30.522.632	
10	\$ 119.540.336	\$ 19.923.389	\$ 9.085.066	\$ 29.008.455	
11	\$ 99.616.947	\$ 19.923.389	\$ 7.570.888	\$ 27.494.277	
12	\$ 79.693.557	\$ 19.923.389	\$ 6.056.710	\$ 25.980.100	
13	\$ 59.770.168	\$ 19.923.389	\$ 4.542.533	\$ 24.465.922	
14	\$ 39.846.779	\$ 19.923.389	\$ 3.028.355	\$ 22.951.744	
15	\$ 19.923.389	\$ 19.923.389	\$ 1.514.178	\$ 21.437.567	

Tabla 2. Plan de pago del préstamo

Bajo estas condiciones hipotéticas de análisis y considerando los costos tanto de operación como de inversión inicial se llega al siguiente análisis de escenarios donde se ponen en juego distintas tasas de préstamos como así también un breve análisis de sensibilidad ante una variación en el valor del precio de venta del MWh de energía solar FV:

Análisis de escenarios							
Escenario Principal				Variación precio de Vta. sobre VAN y TIR			
Variable	Valor	VAN	TIR	Variación	Precio	VAN	TIR
Tasa Préstamo	7,60%	\$ 2.013.605	8,01%	-60%	\$ 138	\$ -167.159.652	-14,67%
Tasa VAN	7,60%			-45%	\$ 190	\$ -123.214.260	-9,77%
Precio Venta	345			-30%	\$ 242	\$ -79.412.431	-4,49%
Capital Financiado	100%			-15%	\$ 293	\$ -38.330.221	1,04%
				0%	\$ 345	\$ 2.013.605	8,01%
				15%	\$ 397	\$ 42.357.430	18,33%
				30%	\$ 449	\$ 82.701.255	36,75%
				45%	\$ 500	\$ 121.620.167	73,19%

Tabla 3. Escenario Principal y Análisis de Sensibilidad a VAN y TIR

<b>Escenario 1: Tasa otros Bcos. Internacionales</b>			
Variable	Valor	VAN	TIR
Tasa Prestamo	18,00%	\$ -136.224.160	-8,44%
Tasa VAN	18,00%		
Precio Venta	345		
Capital Financiado	100%		
<b>Escenario 2: Tasa BICE (nacional)</b>			
Variable	Valor	VAN	TIR
Tasa Prestamo	20%	\$ -151.216.164	-10,15%
Tasa Corte	20%		
Precio Venta	345		
Capital Financiado	100%		

Tabla 4. Escenarios alternativos

Donde se opta por el “Escenario Principal” como el más favorable para el proyecto. Se opta por un análisis con un capital 100% financiado por una entidad con la que se pueda negociar una tasa favorable como la expuesta al 7,6%.

Es de importancia aclarar también el precio de venta del MWh solar fotovoltaico. Variable de especial incertidumbre durante mucho tiempo. Se ha optado por un valor mínimo de precio de venta a fin de garantizar un piso de rentabilidad al proyecto, ello se ve reflejado en un valor positivo del Valor Actual Neto en la *Tabla 3. Escenario Principal y Análisis de Sensibilidad a VAN y TIR*. En la realidad de nuestro país se espera que este número sea sensiblemente menor al expuesto en el caso del escenario principal. De todas formas para un valor más realista es directa la conclusión que los indicadores Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno serán menos agradables al ojo del inversionista manteniendo las mismas condiciones de tasas del préstamo y porcentaje de capital aportado.

## CONCLUSIONES

Se encuentran ciertas barreras a sortear para llevar a cabo este proyecto en la realidad, entre ellas, identificar la falta de regulaciones técnicas, financieras y una política de tarifas. La construcción de centrales fotovoltaicas requiere como toda central energética de fuertes inversiones iniciales, del orden de millones de dólares, sin embargo es importante destacar que la curva de inversión a lo largo de toda la vida útil de la central decrece rápidamente luego de la puesta en funcionamiento, ya que una vez en marcha no requiere ser abastecida por ningún tipo de combustible como lo es en el caso de las centrales convencionales donde el precio de venta del combustible fósil generalmente depende de factores externos a la misma y terminan afectando directamente el precio de venta de la energía generada, salvo que intervenga como ha ocurrido durante años en nuestro país, los subsidios por parte del estado nacional. Las inversiones para centrales limpias como la fotovoltaica no dependen solo del recurso solar, sino también de las políticas de incentivos del país, de sus leyes impositivas, y de la tarifa que pagaría el Mercado Mayorista de Energía Eléctrica y que sea competitivo en un marco de estabilidad a lo largo de los años y sobre todo a lo largo de los distintos gobiernos de turno, las reglas de juego deben garantizarse.

Las fuentes de energía renovables están al alcance de todos y en abundancia en comparación con otros países. Precisamente el Recurso Solar en todo el territorio argentino tiene un potencial energético muy alentador. Por otro lado, el estado actual de la matriz energética exige y demanda el alivio proveniente de otras fuentes de energía.

Es necesario mirar un poco más allá de las barreras financieras para ver una gran cantidad de ventajas sociales, económicas y tecnológicas que le darían a la sociedad un paso en la dirección correcta hacia la competitividad mundial, hacia la independencia energética, hacia el progreso genuino.

## BIBLIOGRAFÍA

Preparación y Evaluación de Proyectos de Inversión, Nassir y Reinaldo Sapag Chain, McGraw-Hill

Interamericana, 2003.

Cuaderno de Aplicaciones Técnicas N°10 “Plantas Fotovoltaicas”, ABB Industries, 2012.

Revista Letras Verdes N°9, Cecilia Giralt, Mayo Septiembre 2011.

Fuentes de Energías Renovables y Mitigación del Cambio Climático, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2011.

Mecanismos de Financiación y apoyo a las Energías Renovables en Argentina, Energy Consulting Services y Alejandro Gallino, 2013.

Diseño de una Planta Solar Fotovoltaica de 20 MW en California y Conexión a la Red de Distribución, Macarena Jiménez Sánchez, Madrid Mayo 2012.

Informe Anual Mercado Eléctrico Mayorista, CAMMESA, 2012.

## **ABSTRACT**

This paper presents the proposed construction of a PV farm in the north of the province of San Luis, near the town of Luján. With the data provided, we analyzed them by means of specific software as PV Syst and the energy generated was analyzed. Also took into account the costs and financial study to determine the feasibility of installing a central like this.

**Keywords:** solar, solar farms, economic survey, photovoltaic.