

Evaluación de un sistema eléctrico y de riego conectado a una planta fotovoltaica, basada en la experiencia de la comunidad de Altos de Azapa



INSTITUCIONES EJECUTORAS SERC CHILE



SOCIOS ESTRATÉGICOS



Contenido

1.	Introducción	3
2.	Antecedentes	4
3.	Planta Solar Fotovoltaica	5
4.	Generación estimada anual por planta FV	7
5.	Consumo eléctrico de la comunidad	8
6.	Facturación mensual de energía de la comunidad	9
7.	Ejemplo de potencia V/S energía	10
8.	Costos asociados a la tarifa	11
9.	Ejemplo de energía consumida, producida e inyectada	12
10.	Conclusión.....	13
11.	Recomendaciones y pasos a seguir	14
12.	Anexo	15
13.	Principales gráficos de consumo	15
14.	Historial de consumo de la comunidad	17

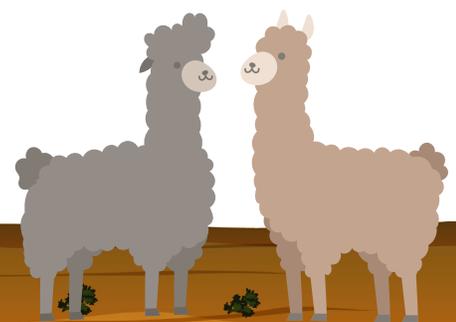
1. Introducción

La asociación de agricultores fue apoyada por el Instituto de Desarrollo Agrícola (INDAP) del Ministerio de Agricultura, con la instalación de un sistema de bombeo, con una capacidad de 650 m³ / día, a través de un sistema fotovoltaico desconectado de la red con una capacidad instalada de 49,92 kW. La instalación entró en funcionamiento en 2013, sin embargo, presentaba problemas con el sistema de bombeo y hace dos años estaba conectada directamente a la red de distribución local. Por lo tanto, el suministro de electricidad para bombear agua provino de la red y en consecuencia el sistema fotovoltaico fue desconectado.

En base a esto, el proyecto Ayllu Solar junto con la empresa local Solar-Trust propuso a los agricultores el proyecto titulado "Habilitación de la planta fotovoltaica conectada a la red y el programa de gestión de energía", que consiste en la instalación de dos inversores de 25 kW, conectados a la red eléctrica, gestión de procedimientos y permisos, e instalación de un sistema de monitoreo que tiene como objetivo mejorar la competitividad de los agricultores en el valle gracias a la energía solar.

En este documento se analizan los aspectos más importantes del Proyecto Altos de Azapa.

El objetivo esencial es sacar el máximo provecho del equipamiento existente y recomendar estrategias para reducir costos de funcionamiento para la Comunidad Altos de Azapa.



2. Antecedentes

Los miembros de la comunidad de Alto Azapa son 41 pequeños agricultores Aymara cuya superficie de explotación es de 2,25 ha en promedio. Así que actualmente hay unas 90 hectáreas bajo riego y además una serie de casas de la Comunidad. Dicha comunidad operó varios años elevando agua de riego con motobombas diésel. El costo de operación era muy elevado. La CNR instaló un sistema de bombeo solar a mediados de 2013. Después de un tiempo, las bombas del sistema solar fallaron y se reemplazó por 2 bombas convencionales de 25 hp cada una (eléctricas), cuya operación tenía un costo mensual aproximado de \$900.000. El consumo eléctrico mensual total tenía un costo de \$1.500.000.

Las hectáreas cultivadas son del orden de las 60. INDAP maneja cifras que para riego solar la demanda es del orden de los 3 kW de potencia instalada por Hectárea regada. Así que, para regar todo el campo solo con energía solar, se necesitaría del orden de los 270 kW instalados. Además, existe demanda por las casas que existen en la comunidad (del orden de 20 casas).

Se toma agua del canal de Azapa (cota 713 m) de ahí se eleva a un estanque de acopio por bombas eléctricas centrífugas accionadas por energía eléctrica solar o convencional. El estanque de acopio está a una cota de 746 m. A continuación, se muestra un mapa georeferenciado del campo solar Altos de Azapa:



Figura 1: Mapa georeferenciado de la comunidad en Altos de Azapa.

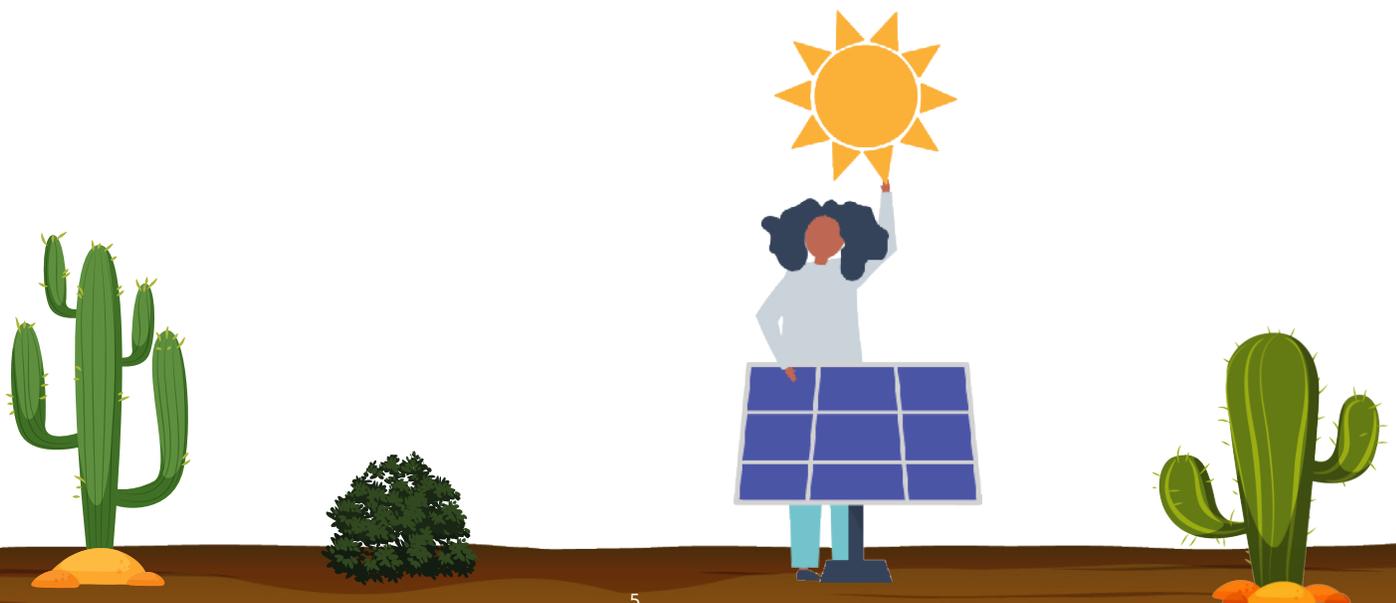
3. Planta Solar Fotovoltaica

El proyecto “Habilitación de la planta fotovoltaica conectada a la red y el programa de gestión de energía” corresponde a una instalación solar fotovoltaica, tipo “On-Grid”, con una potencia instalada de 49,92 KWp.

Esta instalación se compone por un total de 256 paneles solares fotovoltaicos de 195 Wp de la marca JA Solar, agrupados en 14 String orientados 0° Norte con una inclinación de 30°. Cada String se canaliza a través de tuberías metálicas que posteriormente conecta a 2 inversor trifásicos de la marca SMA y 1 inversor monofásico de la marca Solar Max que se ubican en una sala eléctrica destinada para ellos.

La energía producida por el campo se conecta al tablero eléctrico denominado “Tablero Fotovoltaico”, dicho tablero cuenta con luces pilotos que indican estado de las fases, protecciones diferenciales y protecciones termomagnéticas que protegen al sistema en caso de fallas de la planta solar o de la red eléctrica.

Finalmente, el tablero fotovoltaico se conecta al empalme existente, a través de un medidor bidireccional el cual registra las energías salientes y entrantes a la red, este medidor será suministrado por la empresa distribuidora de energía. La figura siguiente representa el actual sistema eléctrico del proyecto:



Infografía del proyecto

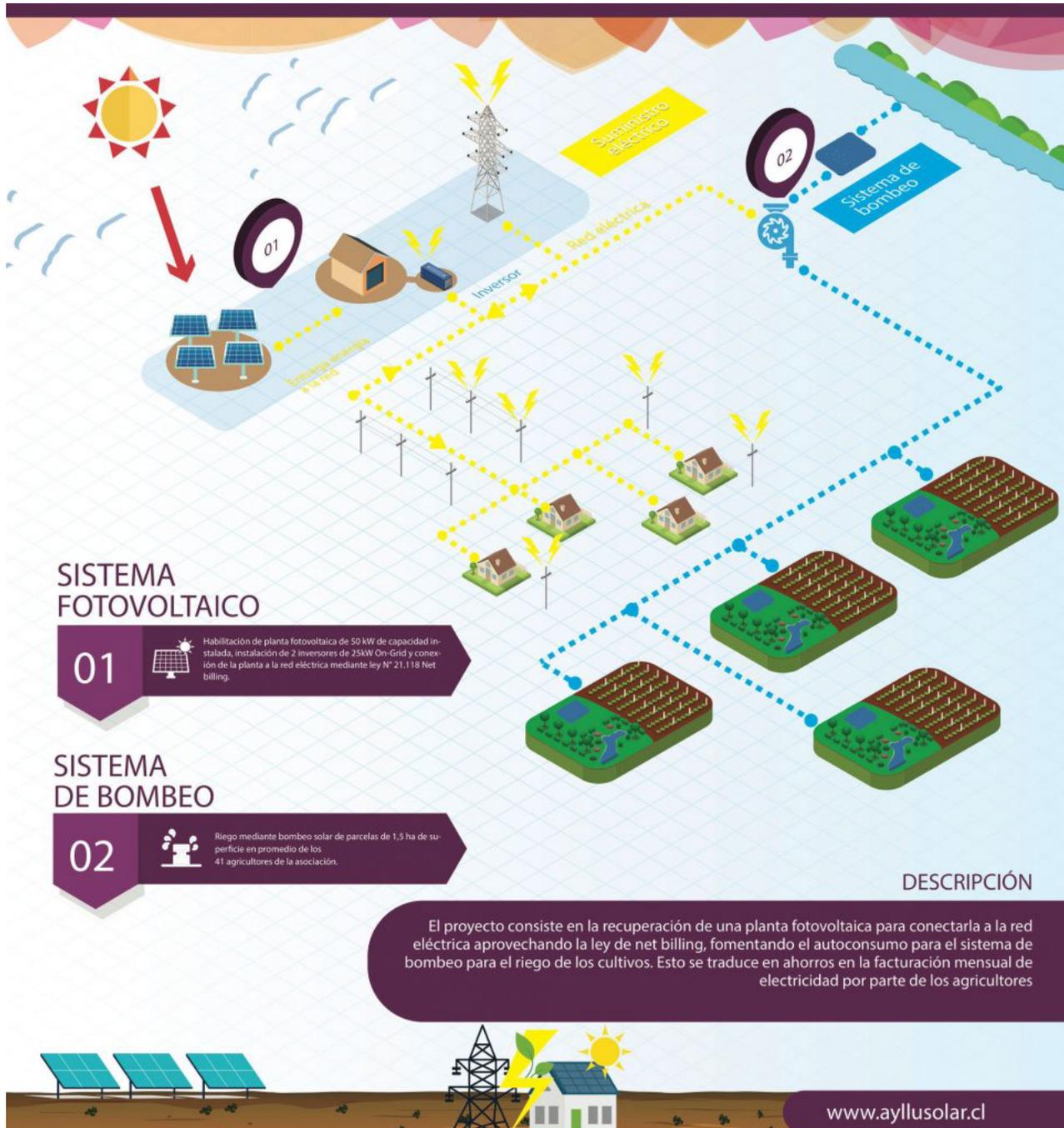


Figura 2: Sistema eléctrico del proyecto.

4. Generación estimada anual por planta FV

Consecuencias de la suciedad de la planta FV

La planta fotovoltaica debido a que lleva un par de años funcionando se estima que tendrá una producción promedio mensual de 6.300kWh, a continuación, se detalla dicha proyección:

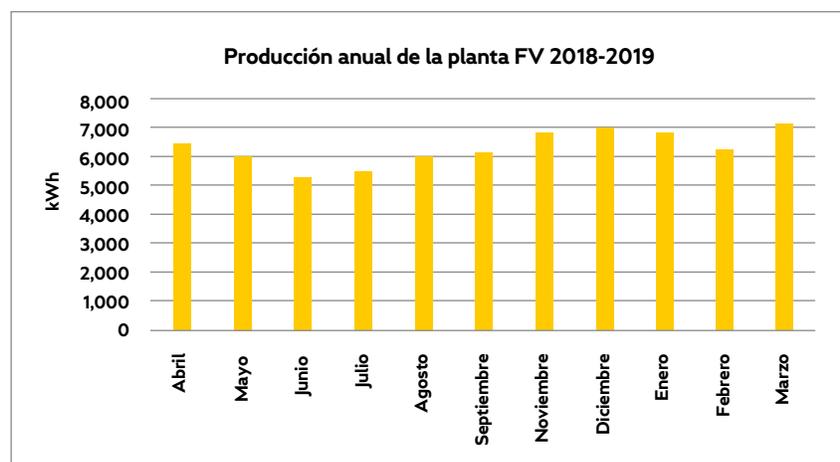


Figura 3: Producción estimada de la planta FV.

El mantenimiento de las plantas fotovoltaicas es fundamental para mantener los indicadores de generación eléctrica estimados, para ello se tomaron medidas a la generación de la planta antes y después de una limpieza, teniendo como consecuencia una baja de un 30% en la producción eléctrica debido a la suciedad, según lo mostrado en la figura 4.

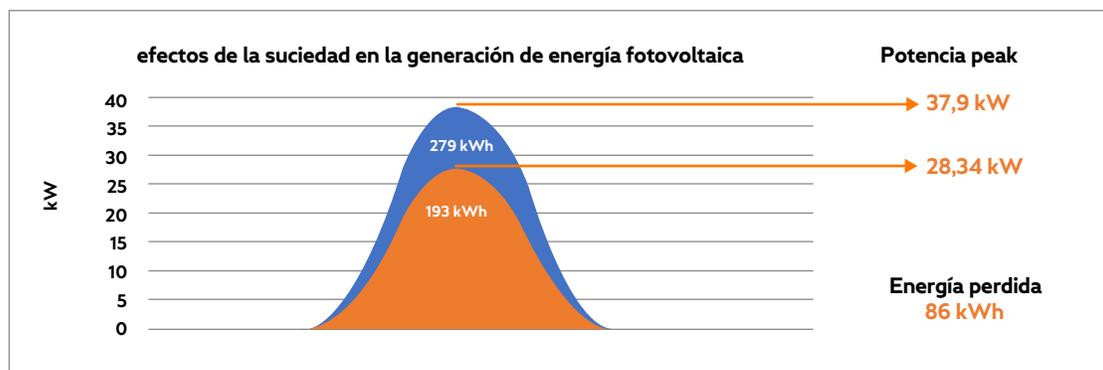


Figura 4: Ejemplo de la producción diaria de energía para una planta FV.

5. Consumo eléctrico de la comunidad

La comunidad como se mencionó anteriormente está conectada a la red eléctrica local, la tarifa a la que se encuentran conectada es AT3.

En esta tarifa se separan los cobros por energía y potencia. Tanto la energía como la potencia demandada son medidas a través de un medidor con registrador de demanda máxima. La diferencia entre las tarifas BT y AT es el voltaje del suministro, correspondiendo la primera a Baja Tensión (hasta 400 volts) y la segunda a Alta Tensión (sobre 400 volts). La tarifa está compuesta como base por los siguientes cargos:

1. Cargo Fijo Mensual:	<ul style="list-style-type: none"> Se factura todos los meses del año, independiente del consumo del cliente.
2. Cargo Fijo por Arriendo:	<ul style="list-style-type: none"> Se factura todos los meses a los clientes que optaron por arrendar a nuestra compañía el equipo de medida.
3. Cargo por Energía:	<ul style="list-style-type: none"> Se obtiene multiplicando la energía mensual consumida (kWh), por el precio unitario de la energía (\$/kWh).
4. Cargo por Demanda Máxima:	<ul style="list-style-type: none"> Se calcula multiplicando la energía máxima de facturación por el precio unitario de la potencia. Para ello se considera como demanda máxima de facturación del mes la más alta que resulte de comparar la demanda máxima leída del mes, con el promedio de las dos más altas demandas registradas en aquellos meses que contengan horas de punta, dentro de los últimos 12 meses, incluido el mes que se factura. El precio unitario de la potencia puede variar dependiendo de si demandas la potencia en las horas de punta del sistema o fuera del horario de punta (horario punta de 18:00-22:00).

6. Facturación mensual de la energía de la comunidad

La facturación mensual total de la comunidad tiene un costo de \$2,1M mensuales, el detalle mensual se puede ver en anexo. A continuación, se aprecia en un ejemplo mensual de este cobro:

Servicio Eléctrico	
Administración del servicio	\$ 1.436
Transporte de electricidad	\$ 316.203
Cargo servicio público	\$ 8.506
Electricidad consumida (21.700 kWh)	\$ 1.553.485
Energía inyectada	\$ -35.079
Cargo por potencia presente en punta (82,775 kW)	\$ 599.390
Pago de la cuenta fuera de plazo	\$ 116
Interés	\$ 21.050
Otros cargos	
Ajuste para facilitar el pago en efectivo, mes actual	\$ -7
Saldo anterior Vencido	
Saldo anterior servicio eléctrico (implica corte después del 23/04/2019)	\$ 1.415.697
Otro saldo anterior	\$ 24.003
Total boleta:	\$ 2.465.107
Otros	\$ 1.439.693
TOTAL A PAGAR:	\$ 3.904.800

Figura 5: Facturación mensual de la comunidad.

Es importante hacer la diferencia en los puntos destacados de la Figura 5, ya que son los ítems que suman el mayor costo de la facturación mensual. Estos cobros se diferencian entre potencia y energía:

La potencia es la energía eléctrica generada, transferida o usada en la unidad de tiempo. Se mide en kW (kilowatt)..

La energía es el producto de la potencia eléctrica (kW) por el tiempo expresado en horas (h). Se mide en kilowatts-hora (kWh).

Para tener estos conceptos más claros se procede a ejemplificar:

7. Ejemplos de potencia V/S energía

Cliente A:

El Cliente A posee 10 máquinas de 100 kW de potencia cada una. Decide encenderlas simultáneamente durante una hora, por lo que exige del sistema eléctrico 1000 kW (10 máquinas x 100 kW c/u). La energía consumida durante ese periodo es:

Energía = Potencia * Tiempo

Energía Cliente A = (100 kW * 1 hora) * 10 máquinas = 1000 kWh

Cliente B:

Un segundo cliente posee 10 máquinas similares. Pero este cliente decide encender cada máquina durante 1 hora, una después de otra. En cada instante este cliente requiere 100 kW (la potencia de una máquina). La energía consumida durante ese periodo es:

Energía = Potencia * Tiempo

Energía Cliente B = 100 kW * 10 horas * 1 máquina = 1000 kWh

AMBOS CLIENTES HAN CONSUMIDO IGUAL CANTIDAD DE ENERGÍA

(han podido usar 10 horas 'máquina'). Sin embargo, el cliente A requiere dimensionar su instalación para 1000 kW, mientras que el cliente B sólo para 100 kW.



8. Costos asociados a la tarifa

La tarifa contratada tiene los siguientes valores asociados al año Enero 2020:

Tabla 1: Antecedentes de cobro asociados a la factura eléctrica mensual.

Número de clientes	9326768
Tarifa	AT3
Precio kWh consumido	\$ 71
Precio kWh inyectado	\$ 53
Precio kWh presente en punta	\$ 7.128
Precio kWh parcialmente en punta	\$ 6.248

Para ilustrar de mejor manera el peso de cada cobro asociado en la facturación mensual se realiza un gráfico de porcentajes con respecto al total:

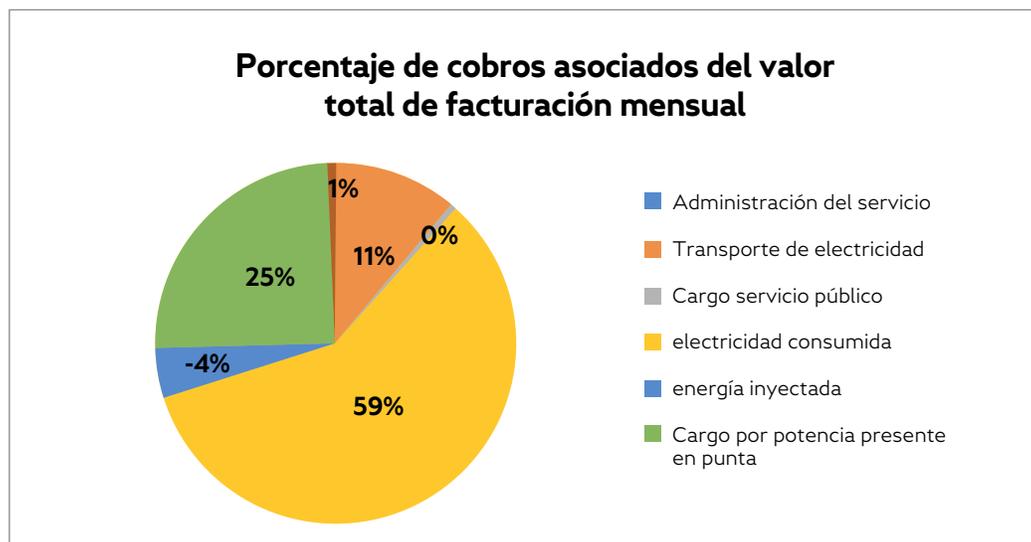


Figura 6: Porcentaje de cobros asociados, respecto al total facturado mensual promedio.

9. Ejemplo de energía consumida, producida e inyectada

Estos 3 conceptos tienden a confundir a las personas que no están familiarizadas con conceptos eléctricos y/o energía solar, es por ello que en la figura siguiente se ejemplifica gráficamente la diferencia entre estos conceptos:

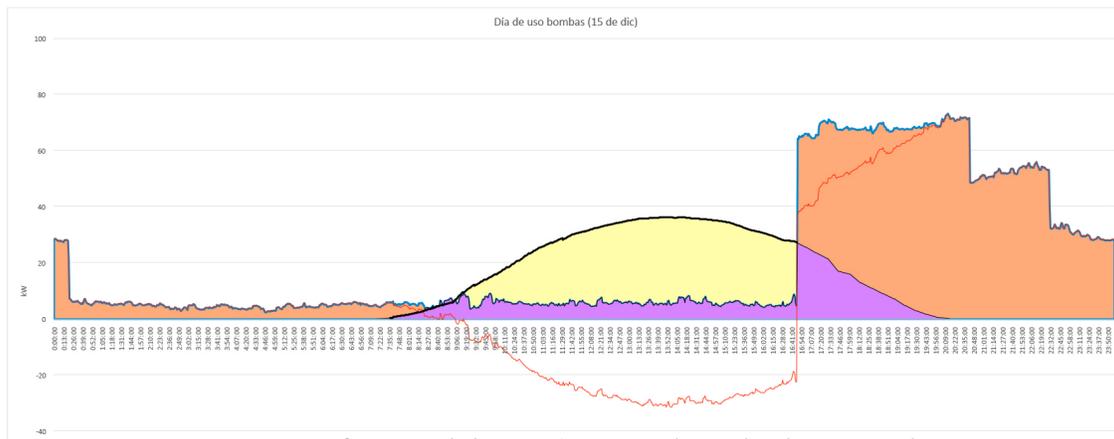
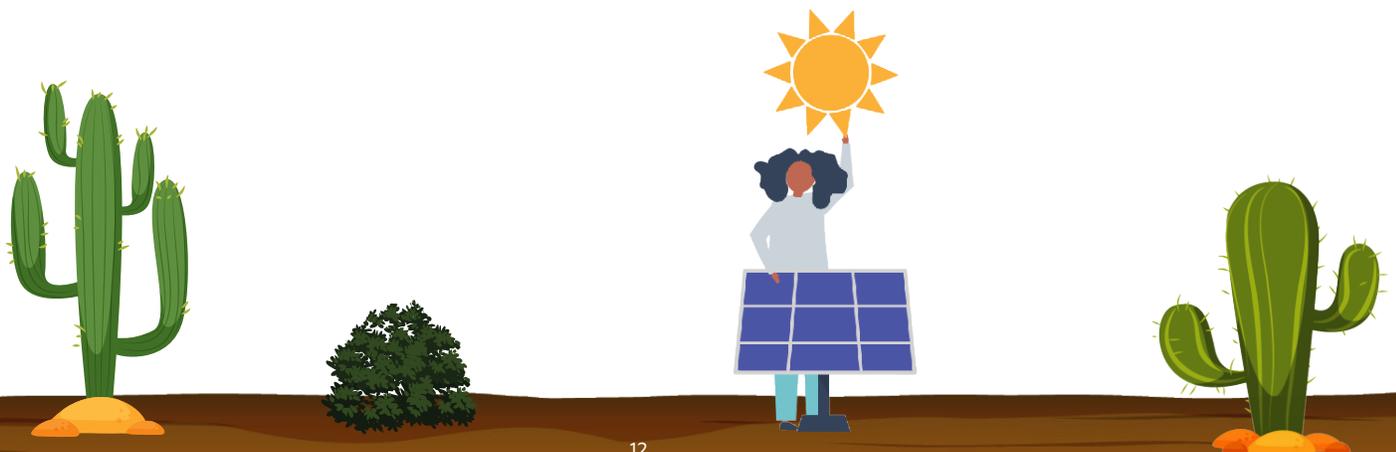


Figura 7: Diferencias de la energía consumida, producida e inyectada.

La energía consumida desde la red se marca en color naranja, y es la que en la factura eléctrica mensual es cobrada como ítem “Electricidad consumida”.

La energía consumida desde la planta FV, no tiene representación en la factura eléctrica, ya que es parte de la energía que consume un usuario, pero se puede apreciar de color morado en la figura 7. En caso de que no existiera la planta FV, el consumo adicional sería el que produzca la planta en ese día.

La energía inyectada, es la que se representa en la factura eléctrica como ítem “Energía inyectada”, esta inyección se produce cuando el consumo de energía es menor al de la producción de la planta FV y puede ser por instantes breves de tiempo o bien prolongados, se representa en color amarillo.



10. Conclusión

De acuerdo con la información expuesta en las secciones anteriores se pueden presentar las siguientes conclusiones:

- Actualmente hay varios consumos superpuestos: el bombeo para elevar agua (lo más importante). Bombas más pequeñas para elevar a estanques individuales y regar los huertos. Consumos domiciliarios.
- La comunidad tiene un empalme de cerca de 100 kVA en trifásico. La tarifa es AT3. Con esta tarifa se cobra demanda de potencia y consumo de energía. Se toman las dos lecturas más altas del año (de potencia) y se promedian, cobrándose la potencia de punta. Si la misma está en el horario de **18:00 a 22:00 horas, es mucho más caro.**
- Las bombas solares Lorentz operan con CC, por lo tanto, no es factible conectarlas al sistema actual.
- No hay problema por mal factor de potencia.
- El valor del kWh inyectado en la figura representa cerca de un **4%** del costo total de la facturación, si bien esto parece ser menor, esto solo indica las inyecciones de energía y no la total producida por la planta, que es cercado al **30%** total de la demanda.



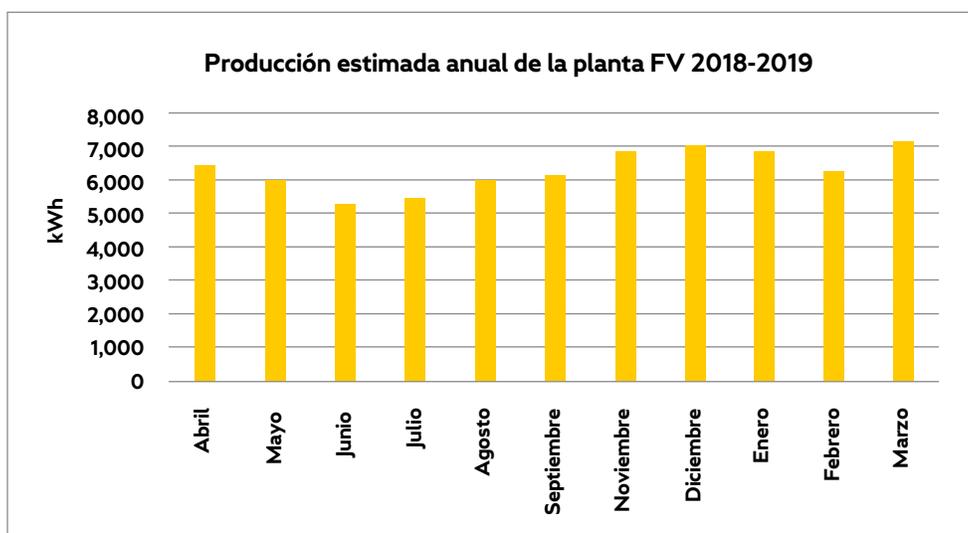
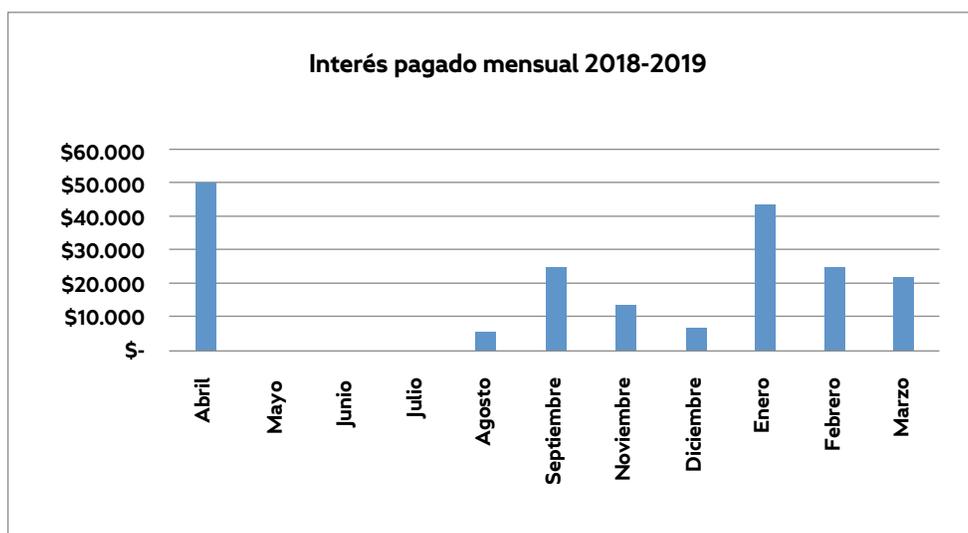
11. Recomendaciones y pasos a seguir

- Se debe tener acceso controlado (solo personas autorizadas) tanto a la caseta de los inversores como a las casetas de bombeo.
- Llevar un estricto control de horas de bombeo (Automatizado o manual) para evitar los consumos entre las **18:00 y 22:00 horas**.
- Realizar un monitoreo de los consumos de energía y potencia en el sistema.
- Consumir energía en las horas de mayor producción, ya que es mejor el **autoconsumo**, que la inyección de energía a la red.
- Evaluar un posible cambio de tarifa en caso de no poder evitar el bombeo en horario punta.
- Evitar las multas por intereses, ya que esto beneficiaría en un ahorro de \$200.000 anuales.
- Evaluar una posible desconexión de la red de las bombas del sistema, ya que éstas son en su mayoría las responsables de marcar el alto consumo en horario punta.

12. Anexo

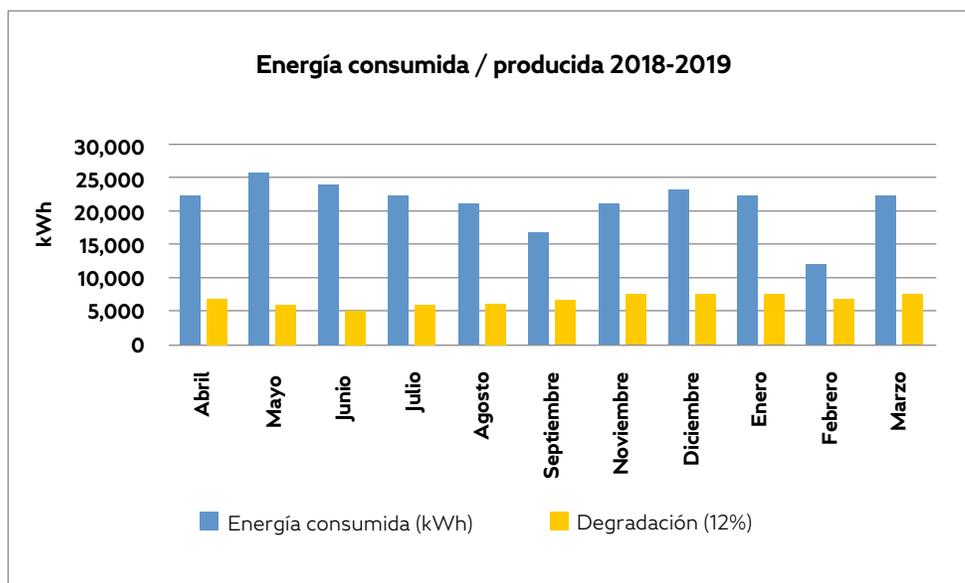
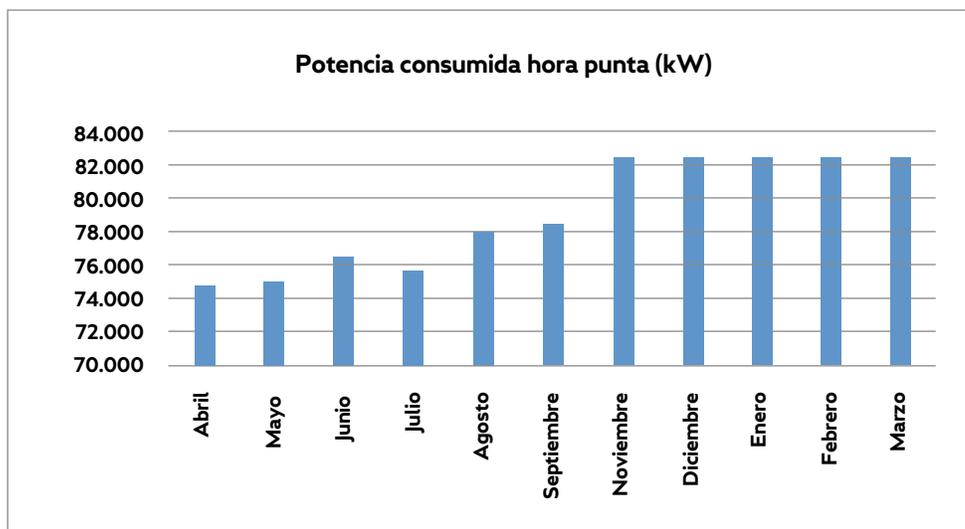
Principales gráficos de consumo

A continuación, se presentan los principales gráficos del consumo de la comunidad:



12. Anexo

Principales gráficos de consumo



13. Historial de consumo de la comunidad

A continuación, se presenta el historial del año 2018-2019 de la facturación mensual de electricidad:

Facturación mensual de la comunidad

Servicio Eléctrico	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Administración del servicio	\$ 1.464	\$ 1.465	\$ 1.470	\$ 1.474	\$ 1.477
Transporte de electricidad	\$ 240.550	\$ 273.076	\$ 260.974	\$ 260.241	\$ 243.021
Cargo servicio Público	\$ 13.800	\$ 15.666	\$ 14.973	\$ 14.105	\$ 12.933
Electricidad Consumida	\$ 1.582.132	\$ 1.796.069	\$ 1.716.464	\$ 1.619.960	\$ 1.482.627
Energía inyectada	\$ -318.417	\$ -29.851	\$ -89.555	\$ -54.727	\$ -59.703
Cargo por potencia presente en punta	\$ 532.615	\$ 533.395	\$ 545.472	\$ 534.631	\$ 552.333
Pago de la cuenta fuera de plazo	\$ 488	\$ -	\$ 245	\$ 246	\$ 115
interés	\$ 50.670	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.393
Total a pagar	\$ 2.103.302	\$ 2.589.820	\$ 2.450.043	\$ 917.930	\$ 2.236.196

13. Historial de consumo de la comunidad

A continuación, se presenta el historial del año 2018-2019 de la facturación mensual de electricidad:

Facturación mensual de la comunidad

Servicio Eléctrico	Septiembre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Promedio
Administración del servicio	\$ 1.480	\$ 1.466	\$ 1.472	\$ 1.449	\$ 1.436	\$ 1.436	\$ 1.463
Transporte de electricidad	\$ 194.905	\$ 242.205	\$ 257.700	\$ 293.167	\$ 174.422	\$ 316.203	\$ 250.588
Cargo servicio Público	\$ 10.373	\$ 10.831	\$ 9.623	\$ 8.451	\$ 4.692	\$ 8.506	\$ 11.268
Electricidad Consumida	\$ 1.189.088	\$ 1.488.192	\$ 1.583.395	\$ 1.543.412	\$ 856.922	\$ 1.553.485	\$ 1.359.431
Energía inyectada	\$ -99.504	\$ -120.258	\$ -50.109	\$ -65.144	\$ -220.495	\$ -35.079	\$ -103.895
Cargo por potencia presente en punta	\$ 556.194	\$ 610.864	\$ 612.116	\$ 603.191	\$ 598.720	\$ 599.390	\$ 570.811
Pago de la cuenta fuera de plazo	\$ 111	\$ 116	\$ 116	\$ 116	\$ 116	\$ 116	\$ 162
interés	\$ 25.993	\$ 12.497	\$ 4.686	\$ 41.367	\$ 23.800	\$ 21.050	\$ 16.678
Total a pagar	\$ 1.878.640	\$ 2.245.913	\$ 2.418.999	\$ 2.426.009	\$ 1.439.613	\$ 2.465.107	\$ 2.106.507

En la elaboración de este documento participaron las siguientes personas:

Contribuciones técnicas

Fernando Fuentes

Stavros Kukulis

Roberto Román (Q.E.P.D).

Edición y revisión final

Fernando Fuentes

Stavros Kukulis

Contacto: contacto@ayllusolar.cl

