



Pre-factibilidad técnica y económica

para la instalación de una planta FV en industria química



Edición:

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Friedrich-Ebert-Allee 40
53113 Bonn • Alemania

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn • Alemania

Nombre del proyecto:

Energía Solar para la Generación de Electricidad y Calor

Ministerio de Energía de Chile
Alameda 1449, Pisos 13 y 14, Edificio Santiago Downtown II
Santiago de Chile

T +56 22 367 3000
I www.minenergia.cl

Responsables:

Matthias Grandel/ Ana Almonacid

En coordinación:

Marchant Pereira 150
7500654 Providencia
Santiago • Chile

T +56 22 30 68 600
I www.4echile.cl

Título:

Pre-factibilidad técnica y económica para la instalación de una
planta FV en industria química.

Autor:

GAMMA INGENIEROS S.A.
Av. El Bosque 1802 – Providencia
22223 2424 - gamma@gamma.cl



Aclaración:

Esta publicación ha sido preparada por encargo del “Proyecto Energía Solar para la Generación de Electricidad y Calor” implementado por el Ministerio de Energía y Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH en el marco de la cooperación intergubernamental entre Chile y Alemania. El proyecto se financia a través de la Iniciativa Internacional para la Protección del Clima (IKI) del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU). Sin perjuicio de ello, las conclusiones y opiniones de los autores no necesariamente reflejan la posición del Gobierno de Chile o de GIZ. Además, cualquier referencia a una empresa, producto, marca, fabricante u otro similar en ningún caso constituye una recomendación por parte del Gobierno de Chile o de GIZ.

Santiago, 30 de Enero de 2015

Contenido del informe

RESUMEN EJECUTIVO.....	7
1. OBJETIVO.....	9
1.1. PRINCIPAL.....	9
1.2. ESPECÍFICO.....	9
2. METODOLOGÍA.....	9
2.1. ANÁLISIS DE DEMANDA ELÉCTRICA.....	9
2.1.1. Perfil de Consumo.....	9
2.1.2. Tarifa Energía Eléctrica.....	9
2.2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y SOLAR BÁSICOS.....	9
2.2.1. Estructural.....	9
2.2.2. Radiación Solar.....	10
2.3. ANÁLISIS TÉCNICO.....	10
2.4. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	10
2.4.1. Producción Energía Eléctrica.....	10
2.4.2. Costos de Inversión y Mantenimiento.....	10
2.4.3. Ahorros Proyectados.....	10
2.4.4. Evaluación Financiera.....	10
2.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	11
3. RESULTADOS.....	11
3.1. HB FULLER.....	11
3.2. PERFIL DEMANDA ELÉCTRICA Y TARIFA.....	12
3.2.1. Perfiles de Consumo y Potencia Eléctrica.....	12
3.2.2. Tarifa Eléctrica.....	14
3.3. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	16
3.4. RADIACIÓN SOLAR.....	19
3.5. ANÁLISIS TÉCNICO.....	20
3.5.1. Autoconsumo + Venta de Energía.....	20
3.5.2. Autoconsumo.....	23
3.5.3. Planta de máximo FV 100 kWp (Ley 20.571).....	26
3.6. ANÁLISIS ECONÓMICO AUTOCONSUMO + VENTA DE ENERGÍA (FV 280 kWp).....	26
3.6.1. Distribución Energía Eléctrica Fotovoltaica (FV 280 kWp).....	26
3.6.2. Costos de Inversión y Mantenimiento (FV 280 kWp).....	31
3.6.3. Ahorros Proyectados. (FV 280 kWp).....	33
3.7.1. Consumo Energía Eléctrica Fotovoltaica (120 kWp FV).....	36
3.7.2. Costos de Inversión y Mantenimiento (120 kWp FV).....	37
3.7.3. Ahorros Proyectados (120 kWp FV).....	38
3.7.4. Evaluación Financiera (120 kWp FV).....	38
3.8. CONCLUSIONES, SENSIBILIZACIONES Y RECOMENDACIONES.....	40

4.	ANEXOS.....	41
4.1.	PROPUESTA TÉCNICA SISTEMA FV (CRESCO SPA).....	41
4.2.	PROPUESTA ECONÓMICA SISTEMA FV (CRESCO SPA).....	41

Índice de Cuadros:

Cuadro N° 3-2:	Radiación Global Horizontal HB Fuller	19
Cuadro N° 3-3:	Producción de energía eléctrica FV 280 kWp.....	20
Cuadro N° 3-4:	Componentes principales sistema FV 280kWp.....	21
Cuadro N° 3-5:	Producción de energía eléctrica FV 120 kWp.....	24
Cuadro N° 3-6:	Componentes principales sistema FV 120kWp.....	25
Cuadro N° 3-7:	Producción y venta de energía eléctrica FV 280 kWp.....	27
Cuadro N° 3-8:	Proyección de producción energía eléctrica a 20 años FV 280 kWp .	29
Cuadro N° 3-9:	Proyección autoconsumo y venta a 20 años FV 280 kWp.....	30
Cuadro N° 3-10:	Costo Inversión Sistema FV 280 kWp.....	31
Cuadro N° 3-11:	Costo de Mantenimiento Sistema FV 280 kWp.....	33
Cuadro N° 3-12:	Parámetros evaluación económica FV 280 kWp	34
Cuadro N° 3-13:	Flujos de caja evaluación económica FV 280 kWp	35
Cuadro N° 3-14:	Autoconsumo de energía en el año 1FV 120 kWp	36
Cuadro N° 3-15:	Costo Inversión Sistema FV 120 kWp.....	37
Cuadro N° 3-16:	Costo de Mantenimiento Sistema FV 120 kWp.....	38
Cuadro N° 3-17:	Parámetros evaluación económica FV 120 kWp	38
Cuadro N° 3-18:	Flujos de caja evaluación económica FV 120 kWp	39
Cuadro N° 3-19:	Análisis de Sensibilidad.....	40

Índice de Figuras:

Figura N° 3-1:	Foto aérea HB Fuller	11
Figura N° 3-2:	Consumo de Energía Eléctrica 2014	12
Figura N° 3-3:	Consumo de Energía Eléctrica Histórico	13
Figura N° 3-4:	Perfil de Demanda primera semana de Agosto 2014	13
Figura N° 3-5:	Perfil de Demanda de Potencia del Mes de Agosto 2014.....	14
Figura N° 3-6:	Plano general nave principal HB Fuller.....	17
Figura N° 3-7:	Arreglo general módulos FV 280 kWp.....	22
Figura N° 3-8:	Distribución de autoconsumo y venta de energía en año 1	28
Figura N° 3-9:	Autoconsumo de energía FV 120kWp.....	37

Resumen Ejecutivo

En el marco del desarrollo de proyectos Piloto de Autoconsumo Fotovoltaico que desarrolla la Sociedad Alemana de Cooperación Internacional, GIZ en conjunto con el Ministerio de Energía (MINENERGIA) llamado “Energía Solar para la Generación de Electricidad y Calor”, cuyo objetivo principal es la identificación de segmentos de mercado económicamente viables y el apoyo al desarrollo de un marco regulatorio favorable para la expansión de la energía solar de autoconsumo (eléctrico y térmico), la GIZ solicitó a Gamma Ingenieros S.A. la elaboración de un estudio de pre-factibilidad técnica y económica para la generación de energía solar fotovoltaica para autoconsumo en una empresa química seleccionándose la gracias a la buena voluntad de ella a la industria de adhesivos H.B. Fuller S.A.

Analizados la disponibilidad de superficies físicas disponibles para la instalación de paneles Foto Voltaicos (FV), el perfil de consumo eléctrico horario diario y su proyección anual, su tarifado de energía eléctrica y la disponibilidad de los espacios para la instalación de los elementos necesarios para operar con energía eléctrica fotovoltaica, se decidió evaluar técnica y económicamente las opciones de Autoconsumo más Venta de energía al Sistema Interconectado Central (SIC), aprovechando la ley 20.571 (NetBilling) y sólo Autoconsumo.

La empresa HB Fuller es un cliente regulado de la compañía distribuidora Chilectra con una tarifa AT 4.3 y una potencia contratada de 238 kW. En base a los registros históricos de las facturaciones de todos los meses del año 2014 de los cargos por energía consumida, por demanda máxima, por demanda de horas punta y por potencia adicional contratada se estableció un costo promedio de energía (valor monómico) de 101 USD/MWh, mientras que el costo sólo por el consumo de energía fue de 72 USD/MWh. Por otra parte, los consumos mensuales son relativamente parejos con un promedio de 52.000 kWh mensual y fluctuaciones entre 40.000 y 60.000 kWh.

Para el caso de Autoconsumo más Venta de energía eléctrica al SIC, se tomó como límite superior la capacidad máxima de superficie disponible en el techo del galpón principal cuya área es de 3.240 m², descontando las planchas traslúcidas y dejando espacio para una pasarela superior para limpieza. Esto significa la instalación de 1.144 paneles FV de 245 Wp cada uno totalizando un sistema de capacidad nominal de 280 kWp. Según la radiación solar del lugar este sistema puede generar un máximo de 61.000 kWh en verano y 19.200 como mínimo en invierno.

Para el caso de sólo el Autoconsumo sin venta de energía al SIC, se tomó como límite superior aquella potencia del sistema FV que fuera capaz de entregar el máximo de energía y que pudiera ser consumida por la planta en durante todo el año analizado (2014). El resultado fue un sistema de capacidad nominal de 120 kWp con la instalación de 490 paneles FV de 245 Wp cada uno. Este sistema genera 26.100 kWh en verano y 8.200 kWh en invierno.

También se analizó la opción de una planta de 100 kWp máximo de acuerdo a la ley 20.571 (NetBilling) sin embargo si con la planta de 120 kWp la empresa consume el 100% de lo generado, con mayor razón una de 100 kWp que generaría 21.700 kWh en verano y 6.800 kWh en invierno.

En función de las dimensiones y pendientes de la techumbre del galpón, NCh 1537-2009 Tabla 3 establece que la sobrecarga mínima debe ser 46,0 kg/m². El galpón en condiciones normales no cumple con la Norma vigente y debe ser reforzado. Actualmente tiene cargas sólo de peso propio (D_L). Para el caso de un refuerzo, este se debe calcular en función a la opción que más se adecúe a los requerimientos de HB Fuller Chile S.A.

Con relación a la instalación de los Inversores, los Conductores, Paneles de Control y el Medidor Bidireccional para el caso de Venta, la empresa cuenta con una sala de control eléctrico general y espacios suficientes como para todos los elementos necesarios para ambas alternativas de inversión analizada.

Para la evaluación económica y de las inversiones preferimos usar la moneda USD dado que los equipos son importados y que la energía eléctrica proyectada normalmente se define en USD/MWh. La tasa de cambio usada es de 616 CLP/USD y como tasa de retorno de capital se usó el 12%. El horizonte de los flujos se tomó en 20 años para el cálculo del TIR.

La factibilidad técnica de una planta solar fotovoltaica en la empresa H.B. Fuller tanto para el escenario de Autoconsumo más Venta de energía al SIC, como para el caso de sólo el Autoconsumo, es positiva y sólo habría que considerar el refuerzo de la estructura del galpón para que resista el peso de los paneles finalmente decididos instalar.

Con relación a la factibilidad económica los resultados son claramente pobres con rentabilidades y plazos para el retorno de las inversiones demasiado extensos para las expectativas de los inversionistas, 11,9 y 12,5 años para caso de Autoconsumo más Venta como para el caso de sólo el Autoconsumo respectivamente.

Sensibilizando la evaluación económica con distintas opciones vemos que las rentabilidades tampoco cambian mucho, puesto que en la situación más favorable analizadas muestra valores de 12 años para el caso del Autoconsumo más Venta y de 11,4 años en el caso de sólo el Autoconsumo

Esta conclusión económica no es tan distante de las rentabilidades mencionadas en términos genéricos por varios estudios en donde los plazos de retorno varían entre 8 y 15 años

1. Objetivo

1.1. Principal

Apoyar a la Sociedad Alemana de Cooperación Internacional, GIZ, en la realización de proyectos Piloto de Autoconsumo Fotovoltaico que desarrolla en conjunto con el Ministerio de Energía (MINENERGIA) llamado “Energía Solar para la Generación de Electricidad y Calor”, cuyo objetivo principal es la identificación de segmentos de mercado económicamente viables y el apoyo al desarrollo de un marco regulatorio favorable para la expansión de la energía solar de autoconsumo (eléctrico y térmico).

1.2. Específico

Elaboración de un estudio de pre-factibilidad técnica y económica para la generación de energía solar fotovoltaica para autoconsumo en la empresa química H.B. Fuller S.A.

2. Metodología

2.1. Análisis de Demanda Eléctrica

2.1.1. Perfil de Consumo

Estimar el perfil de demanda de energía eléctrica horario diario y su proyección anual en base a la información recibida de la empresa en estudio.

2.1.2. Tarifa Energía Eléctrica

Analizar el costo de la energía eléctrica según el plan tarifario exhibido por la empresa H.B. Fuller. Estimar la proyección a mediano y largo plazo según los tiempos requeridos por la evaluación económica.

2.2. Análisis Estructural y Solar Básicos

2.2.1. Estructural

Evaluar las superficies factibles para la instalación de una planta solar fotovoltaica en base a la inspección visual y datos estructurales generales disponibles. Indicar para la superficie apta la dirección e inclinación de los paneles solares así como la estimación de distancia al punto de entrega del sistema eléctrico actual. Estimación de la factibilidad espacial para la instalación de los elementos típicos necesarios para la conexión al sistema eléctrico de la planta y su eventual entrega de energía eléctrica al actual sistema de suministro. Se revisarán dispositivos tales como inversor e interruptores entre otros.

2.2.2. Radiación Solar.

Estimación de la radiación solar de acuerdo a ubicación geográfica y el explorador solar desarrollado por el departamento de Geofísica de la Universidad de Chile para determinar el potencial de generación de energía solar fotovoltaica anual según el panel solar considerado.

2.3. Análisis Técnico.

Revisión de la factibilidad técnica de generación solar fotovoltaica para los escenarios de autoconsumo e inyección de energía según la ley 20.571 (NetBilling). Para las opciones factibles se estimarán las potencias, producción de energía eléctrica y diseño básico del sistema solar.

2.4. Análisis Económico.

En base a los resultados del análisis técnico, se evaluará la rentabilidad para las instalaciones solares potenciales considerando los siguientes aspectos:

2.4.1. Producción Energía Eléctrica.

Estimación de la energía anual generada por el sistema fotovoltaico según los datos históricos de radiación solar y valores típicos de eficiencia y pérdidas de los paneles solares disponibles.

2.4.2. Costos de Inversión y Mantenimiento.

De acuerdo a la información entregada por GIZ, se estimarán los costos de inversión y mantenimiento para los componentes típicos de plantas solares fotovoltaicas en nuestro país.

2.4.3. Ahorros Proyectados.

Estimación de los ahorros anuales esperados en base a una proyección de la tarifa eléctrica regulada de la empresa en estudio.

2.4.4. Evaluación Financiera.

Cálculo de la evaluación económica para el caso base considerado y un análisis de sensibilidad para las principales variables.

2.5. Conclusiones y Recomendaciones.

Se establecerán las principales conclusiones acerca de la factibilidad técnica económica de la instalación de una planta solar fotovoltaica en la empresa química H.B. Fuller ya sea en el escenario de autoconsumo y/o de entrega de energía al sistema interconectado central (SIC).

3. Resultados.

3.1. HB Fuller.

H.B. Fuller Chile S.A. inicia sus operaciones en Chile en el año 1978, dependiendo de la multinacional HB Fuller Company, fundada en 1887 y actualmente una de las empresas líderes en el mundo en producción y venta de adhesivos y productos asociados. En Chile sus aplicaciones abarcan el mercado Industrial y de consumo masivo.

H.B.Fuller produce y comercializa una amplia gama de adhesivos para aplicaciones en procesos industriales, de las áreas de negocios de ensambles, conversión, tejidos Non Woven y en general aplicaciones de adhesivos. La planta está equipada con tecnología requerida para el control de sus procesos de producción y distribución de adhesivos. En la figura N° 3-1 se muestra una foto aérea de sus instalaciones donde resalta la nave principal en cuyo techo podría instalarse una planta solar fotovoltaica.



Figura N° 3-1: Foto aérea HB Fuller

3.2. Perfil Demanda Eléctrica y Tarifa.

3.2.1. Perfiles de Consumo y Potencia Eléctrica

De acuerdo a los antecedentes entregados por la empresa en estudio, se presentan en la figura N° 3-2 los consumos de energía eléctrica de los últimos doce meses.

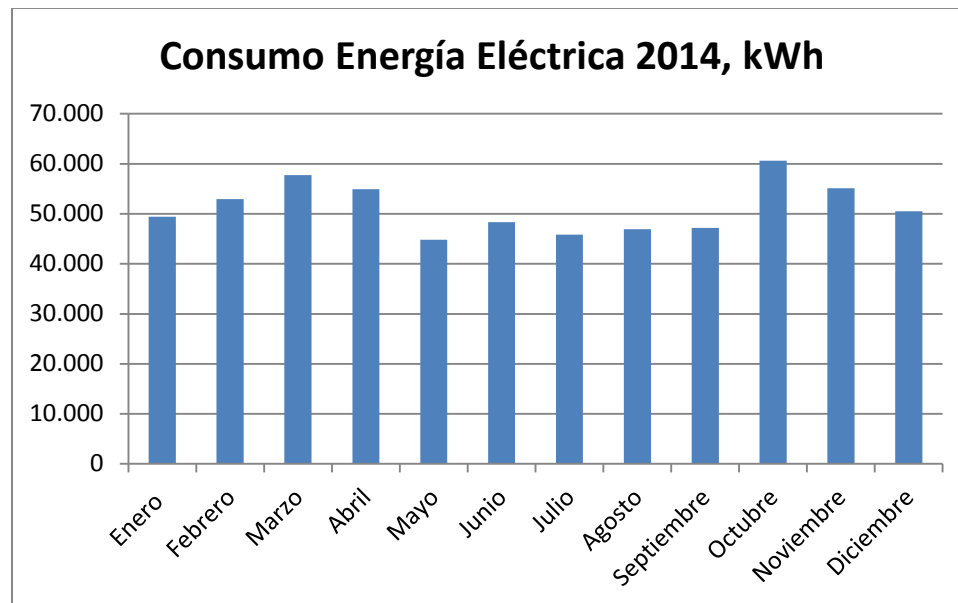


Figura N° 3-2: Consumo de Energía Eléctrica 2014

En la figura N° 3-3 se comparan los consumos de energía de los años 2012, 2013 y 2014 para comparar los comportamientos históricos.

Se observa en general una tendencia similar en cada uno de los meses y por lo tanto, se utilizarán las cifras del último año como referencia para la evaluación de los niveles potenciales de energía a sustituir por energía solar fotovoltaica.

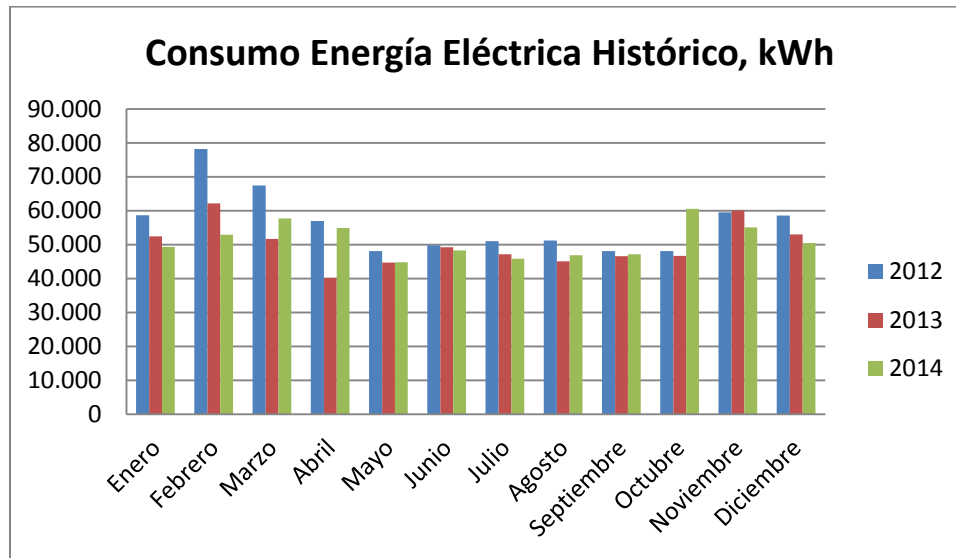


Figura N° 3-3: Consumo de Energía Eléctrica Histórico

En base a información específica entregada por Chilectra para el mes de Agosto de 2014, se muestran en la figura N°3-4 los perfiles de potencia eléctrica cada 15 minutos durante la primera semana del mes.

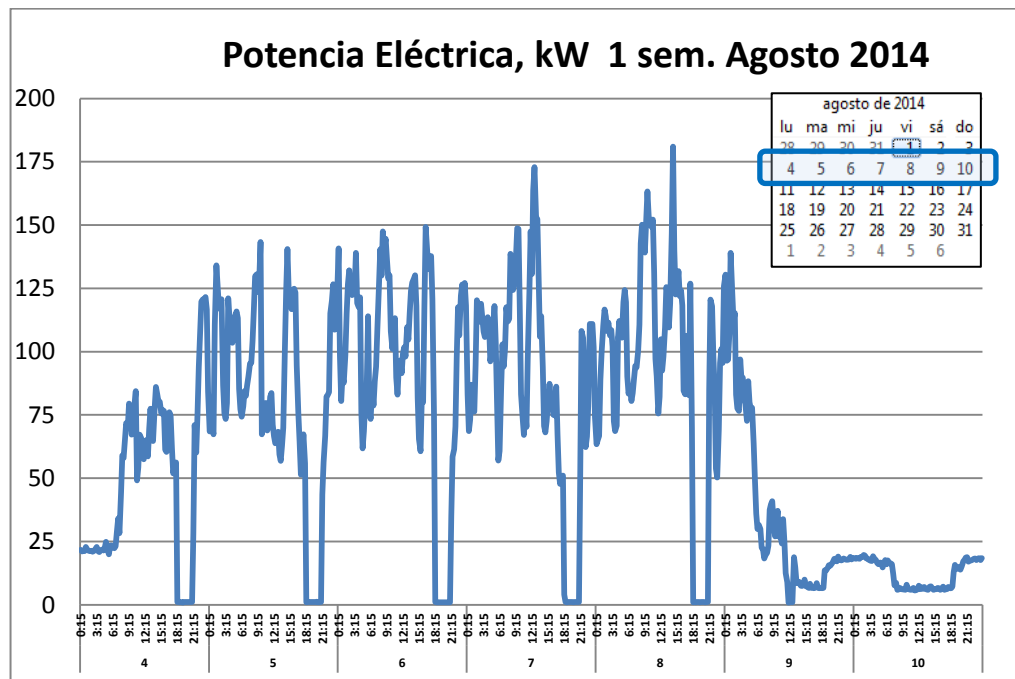


Figura N° 3-4: Perfil de Demanda primera semana de Agosto 2014

Asimismo, en la figura N° 3-5 se presenta la potencia del mes de agosto completo con el mismo intervalo de tiempo.

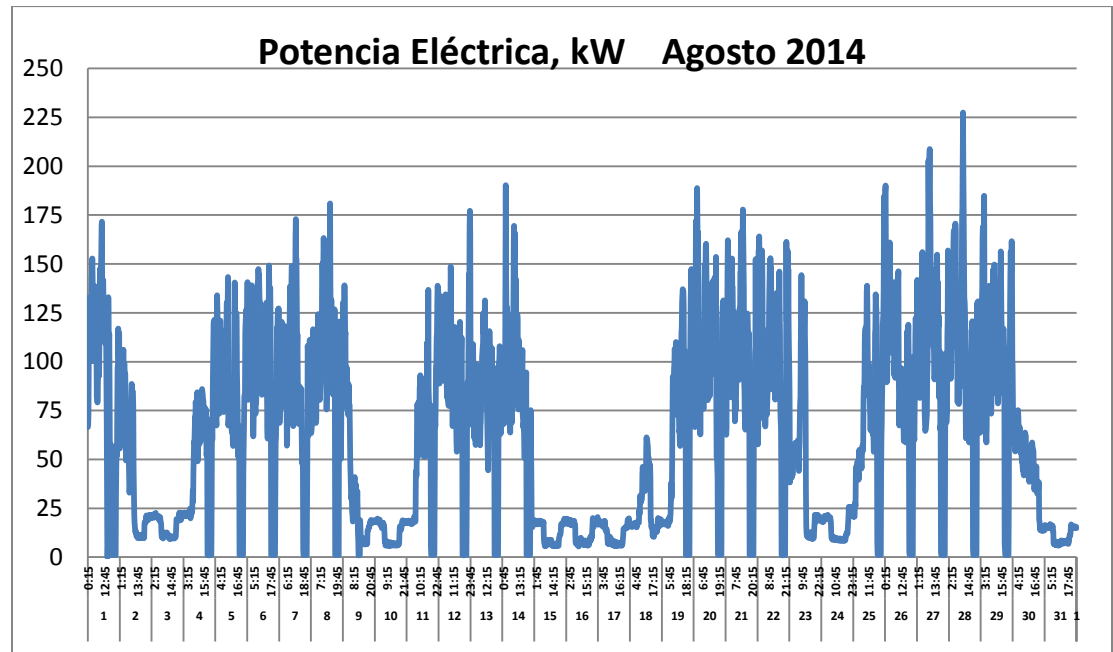


Figura N° 3-5: Perfil de Demanda de Potencia del Mes de Agosto 2014

3.2.2. Tarifa Eléctrica.

La empresa HB Fuller es un cliente regulado de la compañía distribuidora Chilectra con una tarifa AT 4.3 y una potencia contratada de 238 kW. En base a los registros históricos de las facturaciones de todos los meses del año 2014 de los cargos por energía consumida, por demanda máxima, por demanda de horas punta y por potencia adicional contratada se estableció un costo promedio de energía (valor monómico) de 101 USD/MWh, mientras que el costo sólo por el consumo de energía fue de 72 USD/MWh. Mayores detalles de la facturación se muestran en el siguiente cuadro N° 3-1.

Cuadro N° 3-6: Detalles de Facturación de Energía Eléctrica año 2014

Meses 2014	Costos Energía			Otros Costos									Total Factura neto \$	Costos en Dólares				
	Energía kWh	Cargo por Energía \$	Costo Energía \$/kWh	Dmax. Facturada kW	Cargo por Dmax. \$	Dem. en H.Pta. kW	Cargo por D.H.Pta. \$	Potencia Adicional Contrato \$	Arriendo Equipos \$	Cargo Fijo \$	Cargo Uso Sistema Troncal \$	Total Otros Costos \$		Tipo de Cambio Mes \$/US\$	Total Factura neto US\$	Costo Energía US\$	Costo Unitario Energía US\$/MWh	Costo Unitario Monómico US\$/MWh
Enero	49.407	1.969.906	39,87	237	122.030	80	333.791		161.583	992	39.575	657.971	2.627.877	537	4.893	3.668	74	99
Febrero	52.919	2.110.129	39,87	237	122.343	80	333.958		162.174	997	42.388	661.860	2.771.989	554	5.000	3.806	72	94
Marzo	57.751	2.302.804	39,87	239	124.012	80	334.202		162.757	1.001	46.259	668.231	2.971.035	564	5.269	4.084	71	91
Abril	54.900	2.189.121	39,87	239	124.799	80	334.504	400.180	163.949	1.005	43.975	1.068.412	3.257.533	555	5.873	3.947	72	107
Mayo	44.830	1.787.583	39,87	239	124.978	80	334.572	400.180	165.033	1.006	35.909	1.061.678	2.849.261	555	5.130	3.219	72	114
Junio	48.307	1.926.227	39,87	239	124.940	80	334.556	400.180	165.697	1.011	38.694	1.065.078	2.991.305	553	5.409	3.483	72	112
Julio	45.842	1.827.936	39,87	239	125.506	80	334.774	400.180	166.014	1.017	36.719	1.064.210	2.892.146	558	5.181	3.275	71	113
Agosto	46.895	1.869.924	39,87	239	125.354	80	334.716	400.180	166.271	1.017	27.434	1.054.972	2.924.896	579	5.051	3.229	69	108
Septiembre	47.201	1.882.126	39,87	239	126.215	80	335.046	400.180	166.693	1.022	27.613	1.056.769	2.938.895	593	4.952	3.171	67	105
Octubre	60.629	2.476.870	40,85	239	127.347	80	290.841		167.726	1.025	35.468	622.407	3.099.277	590	5.253	4.198	69	87
Noviembre	55.087	2.483.911	45,09	239	128.613	80	288.386		169.196	1.031	32.226	619.452	3.103.363	592	5.238	4.193	76	95
Diciembre	50.500	2.286.332	45,27	239	129.056	80	289.790		169.927	1.036	29.543	619.352	2.905.684	613	4.741	3.730	74	94
Totales	614.268														61.991	44.003	72	101
															100%	71%		

Proyección de Tarifa Eléctrica

Para la evaluación económica se requiere conocer el valor futuro de la energía eléctrica para valorizar el ingreso (ahorro) en cada período. La proyección tarifaria no es simple y está sujeta a numerosas variables con incertidumbres según la multiplicidad de escenarios nacionales e internacionales que se puedan considerar tanto para la generación eléctrica del sistema interconectado central (SIC), así como también por los cambios anunciados por las autoridades en la legislación vigente y en la futura interconexión entre los sistemas SIC y SING.

Para la estimación de precios a futuro se utilizó un estudio encargado por la Confederación de la Producción y el Comercio (CPC) a un grupo de especialistas y ex-personeros públicos del área de la energía, los cuales establecieron proyecciones en base a varios escenarios de tendencia de la matriz energética y de certeza en la incorporación de nuevos proyectos. El resultado se publicó en el documento "Agenda para impulsar las inversiones en Generación Eléctrica de base en el SIC, Julio 2013. Como resultado se plantea un precio con la tendencia actual de crecimiento hasta el 2016, pero con un alza importante de ahí hasta el año 2018 alcanzando un valor del orden de 130 USD/MWh.

Por lo tanto, para efectos de nuestra valorización en el tiempo, se consideró el valor tarifario eléctrico actual de 72 USD/MWh para el año 2015, un alza del 3% para el 2016 con un valor de 74 USD/MWh, y para alcanzar el valor proyectado de 130 USD/MWh al 2018, hemos supuesto un alza lineal resultando un valor de 102 USD/MWh para el año 2017. Desde aquí en adelante se reajustó en forma conservadora tomando un incremento anual del 3,5% en dólares hasta llegar al año 20 del análisis de los flujos futuros de la evaluación económica.

3.3. Análisis Estructural.

De acuerdo a la visita realizada a las instalaciones de la empresa HB Fuller, se determinó que la superficie factible para la instalación de una futura planta fotovoltaica podría ser el techo de la nave principal que alberga la producción.

Para el análisis estructural, se usó como referencia el valor entregado por la GIZ para la carga de un sistema FV típico de 20 kg/m².

Se realizó un levantamiento básico en terreno, en donde se obtuvo las dimensiones y perfiles generales mostrados en la figura N° 3-6 que presenta una vista general del galpón de producción. La orientación es de 213° respecto del norte. La superficie total tiene dimensiones de 30 m x 108 m, con una inclinación de 11° para cada lado (dos aguas). Sin embargo, para estimar el área útil potencial se descontó la superficie ocupada por las planchas de policarbonato traslucidas instaladas en el punto medio entre las cerchas en todo el largo de la nave.

En función de las dimensiones y pendientes de la techumbre del galpón, la NCh 1537-2009 Tabla 3 establece que la sobrecarga mínima debe ser 46,0 kg/m². El

galpón en condiciones normales no cumple con la Norma vigente y debe ser reforzado. Actualmente tiene cargas sólo de peso propio (D_L). Para el caso de un refuerzo, este se debe calcular en función a la opción que más se adecúe a los requerimientos de HB Fuller Chile S.A.

Esto significa que es posible la instalación de paneles solo si se refuerza adecuadamente la estructura del galpón. El costo del reforzamiento del galpón dependerá de la cantidad y distribución de los paneles finalmente decididos instalar y que se ha sido estimado dentro de los costos de inversión más adelante definidos

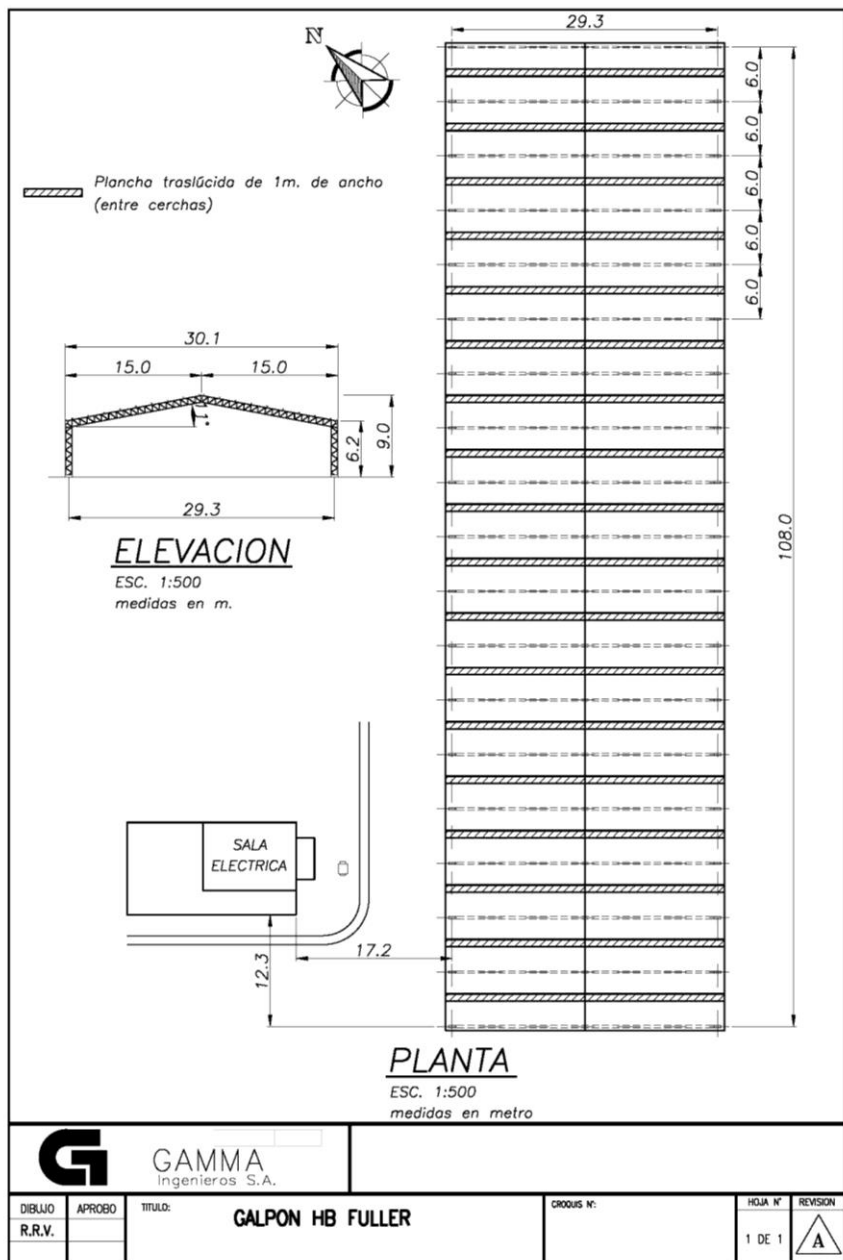


Figura N° 3-6: Plano general nave principal HB Fuller

3.4. Radiación Solar.

Para la ubicación geográfica de la planta solar fotovoltaica proyectada se necesita conocer la radiación global mensual de manera de estimar la producción de energía eléctrica anual según la cantidad de paneles solares resultantes. Para esto, se utilizó como referencia el valor entregado por el explorador solar del departamento de geofísica de la Universidad de Chile, que entrega la irradiación global en el plano horizontal.

En el cuadro N° 3-2 se presentan los promedios de los últimos 10 años de la radiación global horizontal para la ubicación de la empresa HB Fuller (33,52° Latitud Sur y 70,72° Longitud Oeste) y que corresponde al valor del promedio mensual de la energía sumada sobre todas las horas del día del mes específico.

Mes	Radiación Global Horizontal (kWh/m ² día)
Enero	8,89
Febrero	7,91
Marzo	6,50
Abril	4,65
Mayo	3,14
Junio	2,48
Julio	2,78
Agosto	3,44
Septiembre	4,87
Octubre	6,54
Noviembre	8,04
Diciembre	8,87

Cuadro N° 3-1: Radiación Global Horizontal HB Fuller

Como alternativa de radiación solar proyectada, se considera la mencionada en la oferta recibida por la empresa Cresco Energías Renovables SpA. (Cresco), que se adjunta en los Anexos N° 4.1 y 4.2

3.5. Análisis Técnico.

Las opciones analizadas son la de Autoconsumo más Venta de Energía, sólo Autoconsumo y la opción de una planta con máximo 100 kWp, para optar al pago de tarifa regulado según ley 20.571.

3.5.1. Autoconsumo + Venta de Energía.

Para este escenario el dimensionamiento considera utilizar el máximo del área disponible del techo, es decir, la que resulte de descontar solamente la superficie ocupada por las planchas traslúcidas mencionadas anteriormente. Esto permitiría instalar un total de 1.144 módulos fotovoltaicos.

Seleccionando módulos de 245Wp, la potencia eléctrica máxima de una instalación fotovoltaica, con la cantidad de módulos estimados, sería de 280 kWp. Los paneles serían instalados sobre el techo del galpón con la misma leve inclinación (coplanar) y en la orientación este-oeste.

Producción de Energía

En el cuadro N° 3-3 se presenta la estimación de la producción de energía eléctrica de una instalación fotovoltaica de capacidad nominal 280 kWp con las respectivas irradiaciones solares mensuales de acuerdo a la simulación efectuada por la empresa Cresco dentro de su propuesta de valor.

Mes	Irradiación, kWh/m ²	Producción Específica, kWh/kWp mes	Producción Mensual, kWh/mes FV 280 kWp
Enero	263	215	60.374
Febrero	210	172	48.172
Marzo	186	152	42.738
Abril	132	108	30.211
Mayo	92	76	21.191
Junio	74	61	16.998
Julio	84	69	19.200
Agosto	109	89	25.031
Septiembre	145	118	33.170
Octubre	197	161	45.085
Noviembre	234	191	53.609
Diciembre	266	218	61.014
Total	1.991	1.630	456.793

Cuadro N° 3-2: Producción de energía eléctrica FV 280 kWp

Diseño Sistema Solar

- Componentes

El principal componente del sistema fotovoltaico lo constituyen los paneles solares, los que pueden ser del tipo monocristalino o policristalino. La cantidad de módulos predeterminados consideró un arreglo coplanar para instalarse sobre la techumbre del galpón sin distancia entre ellos y en el mismo plano de inclinación. Cuidando de no ocupar las planchas traslúcidas se pueden instalar 8 filas con un máximo de 8 módulos, totalizando la cantidad estimada de 1.144. El espacio que dejan estos 8 módulos de paneles en la parte superior o cumbre del techo permite la instalación de una pasarela de 80 cm de ancho a todo lo largo del galpón, la cual puede ser usada para la limpieza con hidro-lavadora de los paneles con la frecuencia necesaria.

Para la disposición de los inversores se propone una configuración distribuida por sobre una centralizada debido a su flexibilidad de instalación, y a la ventaja que entregan en términos de aseguramiento del desempeño sin ocasionar un corte completo en la generación de energía al utilizar inversores centralizados. En el cuadro 3-4 se muestra un resumen con los principales componentes de la instalación y sus características técnicas:

Categoría	Marca	Producto o Servicio	Cantidad
Módulos	FVG Energy	FVG Energy 245Wp	1144
Inversores	ABB	TRIO-27.6-OUTD-TL-SX2-400	11
Estructuras & sistema de Módulos	Solarstem	Flat tin roof (Coplanar)	230
Cables & conectores	Radox	500m cable solar 6mm ² , negro	12
Cables & conectores	Radox	500m cable solar 4mm ² , negro	4
Cables & conectores	MultiContact	Set cables & conectores mc4	55
Cables & conectores	RCT	Cables AC y Canalizaciones (por Inversor)	11
Protecciones en cc	ABB	Incluidas en el Inversor	11
Protecciones en ca	ABB, EATON o similar	Armario (Industrial)	2
Protecciones en ca	ABB, EATON o similar	11 inversores (Automáticos y diferenciales)	11
Controlador de Potencia	CDP	Circutor o Similar	
Medidor Bidireccional	Elster	Medidor Electrónico Trifásico	
Instaladores EM & Supervisores	CRESCO	Instaladores EM, Supervisor Eléctrico	2-3
Instalación por kW	CRESCO	Instalación módulos fv (comercial)	280
Instalación	CRESCO	Gastos de transporte (50km)	40

Cuadro N° 3-3: Componentes principales sistema FV 280kWp

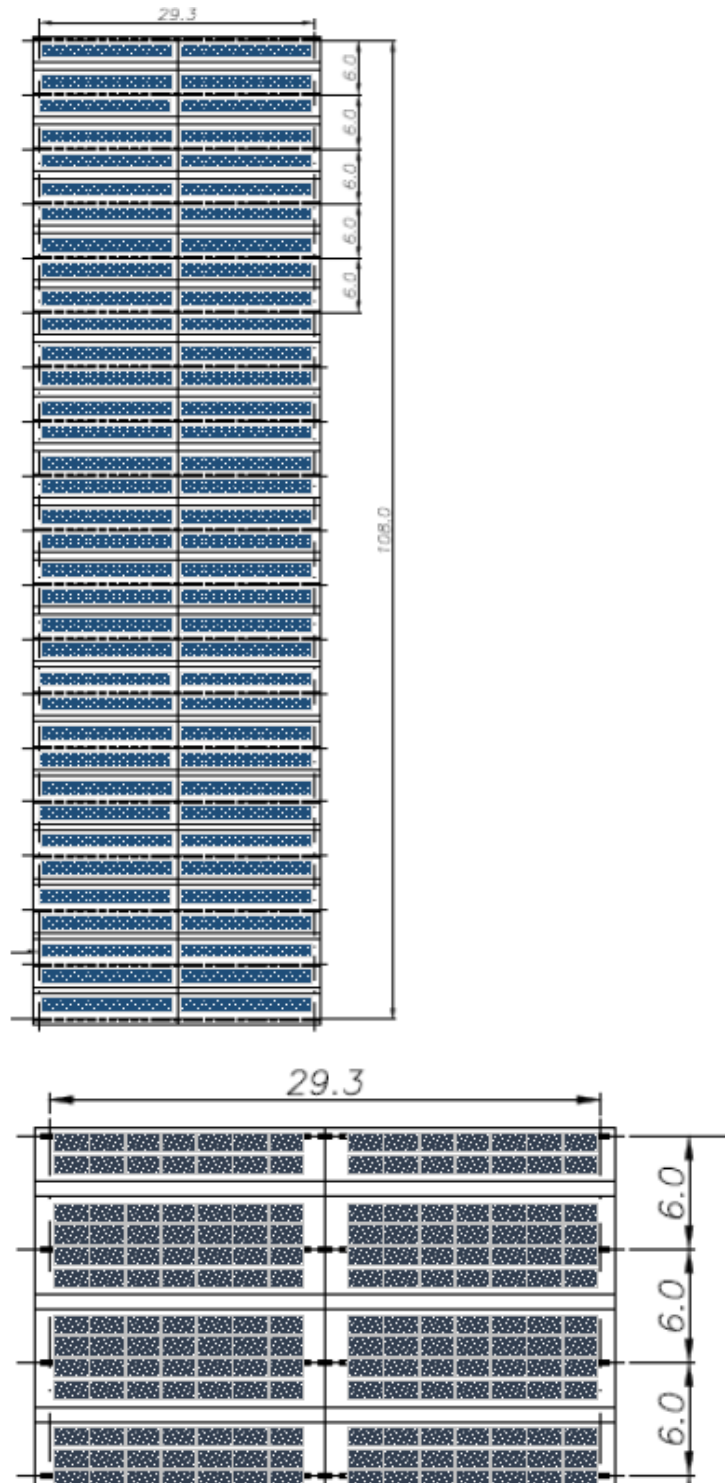


Figura N° 3-7: Arreglo general módulos FV 280 kWp

En la figura N° 3-7 se muestra la distribución de los paneles en el techo, considerando 7 de los 8 módulos por sección indicados en la propuesta de máxima cantidad.

- Instalación

El sistema de montaje se realizaría sobre perfiles instalados sobre la cubierta del techo. Se recomienda el uso de caucho del tipo EPDM entre los perfiles y el techo, por sus propiedades de resistencia a la intemperie, para evitar las filtraciones por las lluvias o limpieza de los paneles. En la propuesta de la empresa Cresco (Anexos N°4.1 y 4.2) se pueden observar imágenes y esquemas de un montaje coplanar típico.

- Punto de Conexión

El punto de conexión a la red eléctrica dependerá de la topología final de la instalación FV, cantidad de inversores y de la potencia final instalada. En general se recomienda que el punto de inyección se realice en el tablero general de la planta, siempre que exista espacio para agregar las protecciones correspondientes. La determinación final del punto de conexión se debe proponer en instancias más avanzadas del proyecto con toda la información suficiente para dimensionar adecuadamente las protecciones en conjunto con las ya existentes. La distancia del extremo más cercano del galpón a la potencial conexión en la subestación eléctrica es de aproximadamente 20 m.

- Espacio para componentes (inversor, tableros, etc.).

Analizando sólo las imágenes capturadas en la visita a la empresa HB Fuller, se aprecia que la factibilidad de colocar los inversores en la subestación eléctrica es baja, debido al poco espacio de paredes donde poder empotrar 11 inversores. En principio, se visualiza instalar los 11 inversores dentro del galpón entre los pilares más cercanos a los paneles solares de donde reciben cada uno la energía eléctrica mientras que el tablero General Extra de Protecciones (CA) para el Sistema FV en la subestación eléctrica. El espacio disponible lo determina la norma eléctrica para este tipo de infraestructura. En una etapa posterior del proyecto debe ser evaluada en detalle la disposición física de los componentes y accesorios del sistemas propuesto.

3.5.2. Autoconsumo.

Considerando que el consumo de energía durante el año no presenta grandes variaciones, el escenario de autoconsumo implica dimensionar el sistema fotovoltaico de manera de cubrir casi en su totalidad la demanda eléctrica del mes de mayor producción de energía solar eléctrica. Según se aprecia en el cuadro 3-4, esto correspondería al mes de Diciembre. En base a la información de consumo horario recibida para el mes de Agosto de 2014 y suponiendo un consumo similar en Diciembre pero corrigiendo la demanda correspondiente a la mayor cantidad de horas sol producto de la estacionalidad, se estima una cantidad de energía eléctrica a reemplazar durante el mes de Diciembre de 26.000 kWh. Este requerimiento y la distribución mensual conocida de producción eléctrica del sistema fotovoltaico permiten dimensionar una planta

con una potencia eléctrica máxima de 120 kWp, producidos por 490 módulos del mismo tipo antes seleccionado.

Producción de Energía sólo de Autoconsumo

En el cuadro N° 3-5 se presenta la estimación mensual del consumo eléctrico de la empresa HB Fuller durante las horas del día con luz solar así como la producción de energía eléctrica de una instalación fotovoltaica de capacidad nominal 120 kWp necesaria para suministrar energía sólo para autoconsumo.

Mes	Estimación de consumo de Energía Eléctrica en Horas de Sol, kWh	Producción Específica, kWh/kWp mes FV 120 kWp	Producción Mensual, kWh/mes FV 120 kWp
Enero	26.179	215	25.858
Febrero	24.339	172	20.632
Marzo	24.121	152	18.305
Abril	23.071	108	12.940
Mayo	23.071	76	9.076
Junio	22.235	61	7.280
Julio	23.071	69	8.224
Agosto	23.071	89	10.721
Septiembre	23.938	118	14.207
Octubre	24.227	161	19.310
Noviembre	24.339	191	22.961
Diciembre	26.179	218	26.133
Total	287.841	1.630	195.647

Cuadro N° 3-4: Producción de energía eléctrica FV 120 kWp

Diseño Sistema Solar solo para Autoconsumo

- Componentes

La cantidad de módulos resultantes de la potencia requerida para el autoconsumo es de 490 paneles solares, los cuales serían distribuidos en el techo de manera de repartir las cargas mecánicas para bajar los costos de adecuación del galpón existente. Además, para el tipo de fijación se mantendrá el mismo sistema propuesto para la opción con venta de energía ya planteada.

En el cuadro N° 3-6, se muestra un resumen con los principales componentes de la instalación y sus características técnicas:

Categoría	Marca	Producto o Servicio	Cantidad
Módulos	FVG Energy	FVG Energy 245Wp	490
Inversores	ABB	TRIO-27.6-OUTD-TL-SX2-400	5
Estructuras & Sistema de Módulos	Solarstem	Flat tin roof (Coplanar)	98
Cables & conectores	Radox	500m cable solar 6mm ² , negro	5
Cables & conectores	Radox	500m cable solar 4mm ² , negro	1
Cables & conectores	MultiContact	Set cables & conectores mc4	23
Cables & conectores	RCT	Cables AC y Canalizaciones (por Inversor)	5
Protecciones en cc	ABB	Incluidas en el Inversor	5
Protecciones en ca	ABB, EATON o similar	Armario (Industrial)	1
Protecciones en ca	ABB, EATON o similar	11 inversores (Automáticos y diferenciales)	5
Controlador de Potencia	CDP	Circutor o Similar	
Instaladores EM & Supervisores	CRESCO	Instaladores EM, Supervisor Eléctrico	2
Instalación por kW	CRESCO	Instalación módulos fv (comercial)	120
Instalación	CRESCO	Gastos de transporte (50km)	40

Cuadro N° 3-5: Componentes principales sistema FV 120kWp

- Instalación y Conexión

Las consideraciones para el sistema de montaje, el punto de conexión e instalación de los elementos complementarios del sistema fotovoltaico de autoconsumo son las mismas que para el sistema con venta de energía con las

ajustes necesarios debido a la menor cantidad de componentes. La única excepción es un medidor bidireccional que en este caso no se necesita.

3.5.3. Planta de máximo FV 100 kWp (Ley 20.571).

El cuadro N° 3-5 Producción de energía eléctrica FV 120 kWp, muestra claramente que la empresa Fuller consume más energía eléctrica equivalente en horas de sol que una planta de generación de 100 kWp que generaría en un mes de Diciembre 21.700 versus los 26.133 kWh y que al año generaría 163.000 versus los 195.647 producidos por la planta de 120 kWp.

Por esta razón es que el sistema de precio regulado establecido por el Reglamento de la ley N° 20.571 que regula el pago de las tarifas eléctricas de las Generadoras Residenciales en el NetBilling (condición de <100 kW), no es aplicable en este caso en donde no habría excedentes de energía eléctrica para vender. Esto sería igualmente 100% de autoconsumo al igual que la propuesta de 120 kWp.

3.6. Análisis Económico Autoconsumo + Venta de Energía (FV 280 kWp)

3.6.1. Distribución Energía Eléctrica Fotovoltaica (FV 280 kWp)

Para evaluar económicamente la instalación fotovoltaica debemos estimar cuánta energía eléctrica será consumida como autoconsumo y cuáles serán los excedentes potenciales de vender al sistema de distribución. Esto es relevante porque ambas energías tendrán que ser asociadas a diferentes precios debido a que al valor de venta se le deben aplicar descuentos por transmisión y distribución.

Para calcular la energía por autoconsumo se utilizó como base la estimación de la energía eléctrica consumida en horas de sol, por la empresa HB Fuller, presentada en el cuadro N° 3-5. Con la producción proyectada de la planta solar mostrada en el cuadro N° 3-7, se establece que el autoconsumo corresponderá a la demanda mensual de energía en horas de sol, salvo en los meses de mayo, junio y julio donde la producción fotovoltaica es menor al consumo en horas de sol y por lo tanto, el autoconsumo sería igual a la generación solar.

La columna "Venta de Excedentes kWh/mes FV280 kWp" del cuadro 3-7 muestra diferencia entre la producción de energía de la planta FV 280 y el consumo en horario de sol de Fuller, esto es la energía eléctrica disponible para la venta al SIC.

Como la planta es de más de 100 kWp, esta venta de acuerdo a la normativa actual, sería bajo la modalidad PMGD (Pequeños Medios de Generación Establecidos) el cual involucraría costos administrativos y operacionales de estos sistemas, datos que no han sido considerados en este análisis.

El cuadro N°3-7 presenta para el primer año la distribución de las energías de autoconsumo y de venta de excedentes. Para los sucesivos años considerados en la vida útil del proyecto es necesario consignar las variaciones en la

producción de energía debido a la degradación normal de los módulos fotovoltaicos así como suponer que la demanda actual de la empresa en horas de sol se mantiene constante.

Mes	Estimación de consumo de Energía Eléctrica en Horas de Sol, kWh	Producción Mensual, kWh/mes FV 280 kWp	Autconsumo kWh/mes FV 280 kWp	Venta Excedentes kWh/mes FV 280 kWp
Enero	26.179	60.374	26.179	34.195
Febrero	24.339	48.172	24.339	23.833
Marzo	24.121	42.738	24.121	18.617
Abril	23.071	30.211	23.071	7.140
Mayo	23.071	21.191	21.191	0
Junio	22.235	16.998	16.998	0
Julio	23.071	19.200	19.200	0
Agosto	23.071	25.031	23.071	1.960
Septiembre	23.938	33.170	23.938	9.232
Octubre	24.227	45.085	24.227	20.858
Noviembre	24.339	53.609	24.339	29.270
Diciembre	26.179	61.014	26.179	34.835
Total	287.841	456.793	276.853	179.940

Cuadro N° 3-6: Producción y venta de energía eléctrica FV 280 kWp

En la figura N° 3-8 se representan la distribución de energía proyectada durante los meses del año uno de la evaluación con la inclusión de la energía eléctrica mensual total consumida durante el año 2014 por la empresa HB Fuller.

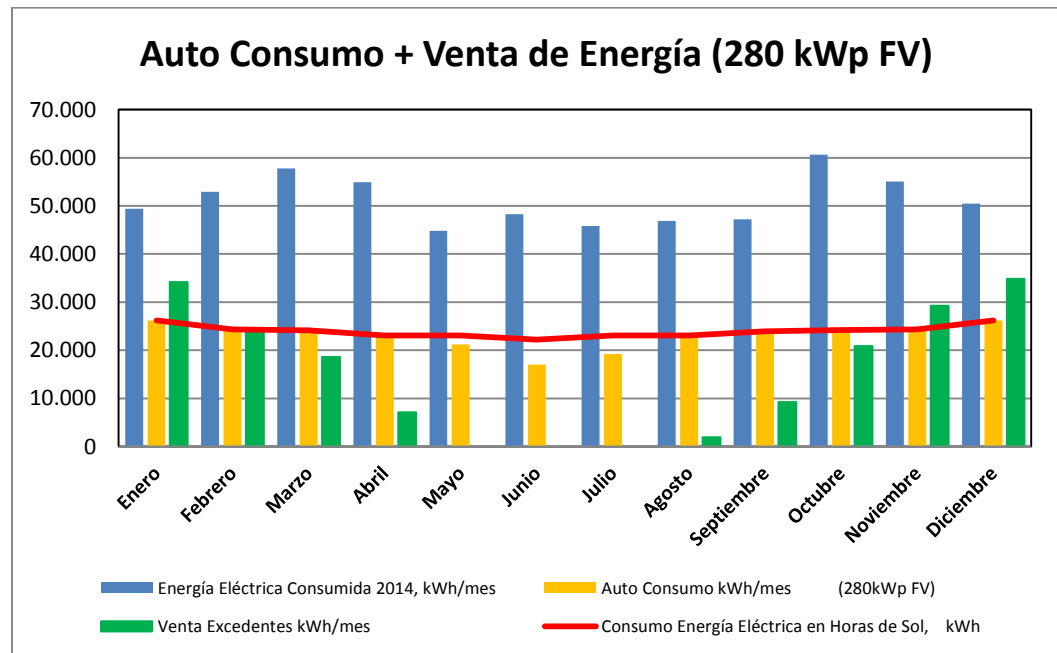


Figura N° 3-8: Distribución de autoconsumo y venta de energía en año 1

También se puede apreciar en la figura N° 3-8, como el autoconsumo de los meses de mayo, junio y julio, no alcanza a cubrir el consumo total en horas de sol.

En el cuadro N° 3-8 se presenta la proyección mensual de la producción máxima de energía eléctrica capaz de generar en los próximos 20 años proyectados, la planta de paneles FV de 280 kWp, suponiendo una pérdida de eficiencia del 0,5% anual.

Cuadro N° 3-7: Proyección de producción energía eléctrica a 20 años FV 280 kWp

CONSUMOS DE ENERGIA ELECTRICA MENSUAL EN HORARIO DE SOL Y CAPACIDAD DE GENERACION DE ENERGIA DEL SISTEMA FV DE 280 KW DE POTENCIA

	Estimación	Producción de	Producción de	Producción de	Producción de	Producción de	Producción de	Producción de	Producción de	Producción de	Producción de	Producción de	Producción de	Producción de	Producción de	Producción de	Producción de	Producción de	Producción de	Producción de	
	Consumo de Energía Eléctrica en Horas de Sol	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	Energía FV 280 kW, kWh/mes	
	kWh	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
enero	26.179	60.374	60.072	59.771	59.473	59.175	58.879	58.585	58.292	58.001	57.711	57.422	57.135	56.849	56.565	56.282	56.001	55.721	55.442	55.165	54.889
febrero	24.339	48.172	47.931	47.692	47.453	47.216	46.980	46.745	46.511	46.279	46.047	45.817	45.588	45.360	45.133	44.908	44.683	44.460	44.237	44.016	43.796
marzo	24.121	42.738	42.524	42.312	42.100	41.890	41.680	41.472	41.264	41.058	40.853	40.649	40.445	40.243	40.042	39.842	39.642	39.444	39.247	39.051	38.856
abril	23.071	30.211	30.060	29.910	29.760	29.611	29.463	29.316	29.169	29.023	28.878	28.734	28.590	28.447	28.305	28.164	28.023	27.883	27.743	27.604	27.466
mayo **	23.071	21.191	21.085	20.980	20.875	20.771	20.667	20.563	20.461	20.358	20.256	20.155	20.054	19.954	19.854	19.755	19.656	19.558	19.460	19.363	19.266
junio **	22.235	16.998	16.913	16.828	16.744	16.661	16.577	16.494	16.412	16.330	16.248	16.167	16.086	16.006	15.926	15.846	15.767	15.688	15.610	15.531	15.454
julio **	23.071	19.200	19.104	19.009	18.914	18.819	18.725	18.631	18.538	18.445	18.353	18.261	18.170	18.079	17.989	17.899	17.809	17.720	17.632	17.544	17.456
agosto	23.071	25.031	24.906	24.782	24.658	24.534	24.412	24.290	24.168	24.047	23.927	23.807	23.688	23.570	23.452	23.335	23.218	23.102	22.987	22.872	22.757
septiembre	23.938	33.170	33.004	32.839	32.675	32.512	32.349	32.187	32.026	31.866	31.707	31.548	31.391	31.234	31.078	30.922	30.768	30.614	30.461	30.308	30.157
octubre	24.227	45.085	44.859	44.635	44.412	44.190	43.969	43.749	43.530	43.313	43.096	42.881	42.666	42.453	42.241	42.029	41.819	41.610	41.402	41.195	40.989
noviembre	24.339	53.609	53.341	53.074	52.809	52.545	52.282	52.021	51.761	51.502	51.244	50.988	50.733	50.479	50.227	49.976	49.726	49.477	49.230	48.984	48.739
diciembre	26.179	61.014	60.709	60.405	60.103	59.803	59.504	59.206	58.910	58.615	58.322	58.031	57.741	57.452	57.165	56.879	56.594	56.311	56.030	55.750	55.471
Total Año	287.841	456.793	454.509	452.237	449.975	447.726	445.487	443.260	441.043	438.838	436.644	434.461	432.288	430.127	427.976	425.836	423.707	421.589	419.481	417.383	415.296

(*) Según información de los fabricantes de equipos FV, la eficiencia de los paneles disminuye un 0,5% anual. Por esto a partir del año 2 al año 20 la energía producida baja año a año.

(**) Nótese que durante el invierno, en los meses de mayo, junio y julio, la capacidad de producción de energía del sistema FV no alcanza a cubrir el consumo necesario de los mismos meses en horario de sol.

En el cuadro N° 3-9 se detalla la distribución mensual de energía eléctrica, indicada en el cuadro N° 3-8, entre la utilizada como autoconsumo en la empresa y la disponible como excedente para la venta, proyectada para los próximos 20 años.

Cuadro N° 3-8: Proyección autoconsumo y venta a 20 años FV 280 kWp

AUTOCONSUMOS DE ENERGIA ELECTRICA MENSUAL EN HORARIO DE SOL CON EL SISTEMA FV DE 280 KW DE POTENCIA

Meses	Estimación Consumo de Energía Eléctrica en Horas de Sol	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes
	kWh	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
enero	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179
febrero	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339
marzo	24.121	24.121	24.121	24.121	24.121	24.121	24.121	24.121	24.121	24.121	24.121	24.121	24.121	24.121	24.121	24.121	24.121	24.121	24.121	24.121	24.121
abril	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071
mayo *	23.071	21.191	21.085	20.980	20.875	20.771	20.667	20.563	20.461	20.358	20.256	20.155	20.054	19.954	19.854	19.755	19.656	19.558	19.460	19.363	19.266
junio *	22.235	16.998	16.913	16.828	16.744	16.661	16.577	16.494	16.412	16.330	16.248	16.167	16.086	16.006	15.926	15.846	15.767	15.688	15.610	15.531	15.454
julio *	23.071	19.200	19.104	19.009	18.914	18.819	18.725	18.631	18.538	18.445	18.353	18.261	18.170	18.079	17.989	17.899	17.809	17.720	17.632	17.544	17.456
agosto	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	23.071	22.987	22.872
septiembre	23.938	23.938	23.938	23.938	23.938	23.938	23.938	23.938	23.938	23.938	23.938	23.938	23.938	23.938	23.938	23.938	23.938	23.938	23.938	23.938	23.938
octubre	24.227	24.227	24.227	24.227	24.227	24.227	24.227	24.227	24.227	24.227	24.227	24.227	24.227	24.227	24.227	24.227	24.227	24.227	24.227	24.227	24.227
noviembre	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339	24.339
diciembre	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179	26.179
Total Autoconsumo	287.841	276.853	276.566	276.281	275.997	275.714	275.433	275.153	274.875	274.598	274.322	274.048	273.775	273.503	273.233	272.964	272.697	272.430	272.081	271.703	271.326

(*) Durante el invierno, en los meses de mayo, junio y julio, la planta consumirá el 100% de la energía eléctrica generada por el sistema FV 280 kWp en horario de sol.

VENTA DE EXCEDENTES DE ENERGIA ELECTRICA MENSUAL EN HORARIO DE SOL CON EL SISTEMA FV DE 280 KW DE POTENCIA

Meses	Producción de Energía FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes	Autoconsumo Energía con FV 280 kW, kWh/mes
	kWh	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
enero	60.374	34.195	33.893	33.592	33.294	32.996	32.700	32.406	32.113	31.822	31.532	31.243	30.956	30.670	30.386	30.103	29.822	29.542	29.263	28.986	28.710
febrero	48.172	23.833	23.592	23.353	23.114	22.877	22.641	22.406	22.172	21.940	21.708	21.478	21.249	21.021	20.794	20.569	20.344	20.121	19.898	19.677	19.457
marzo	42.738	18.617	18.403	18.191	17.979	17.769	17.559	17.351	17.143	16.937	16.732	16.528	16.324	16.122	15.921	15.721	15.521	15.323	15.126	14.930	14.735
abril	30.211	7.140	6.989	6.839	6.689	6.540	6.392	6.245	6.098	5.952	5.807	5.663	5.519	5.376	5.234	5.093	4.952	4.812	4.672	4.533	4.395
mayo *	21.191	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
junio *	16.998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
julio *	19.200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
agosto	25.031	1.960	1.835	1.711	1.587	1.463	1.341	1.219	1.097	976	856	736	617	499	381	264	147	31	0	0	0
septiembre	33.170	9.232	9.066	8.901	8.737	8.574	8.411	8.249	8.088	7.928	7.769	7.610	7.453	7.296	7.140	6.984	6.830	6.676	6.523	6.370	6.219
octubre	45.085	20.858	20.632	20.408	20.185	19.963	19.742	19.522	19.303	19.086	18.869	18.654	18.439	18.226	18.014	17.802	17.592	17.383	17.175	16.968	16.762
noviembre	53.609	29.270	29.002	28.735	28.470	28.206	27.943	27.682	27.422	27.163	26.905	26.649	26.394	26.140	25.888	25.637	25.387	25.138	24.891	24.645	24.400
diciembre	61.014	34.835	34.530	34.226	33.924	33.624	33.325	33.027	32.731	32.436	32.143	31.852	31.562	31.273	30.986	30.700	30.415	30.132	29.851	29.571	29.292
Total Venta Exceder	456.793	179.940	177.943	175.956	173.979	172.011	170.054	168.106	166.169	164.240	162.322	160.413	158.514	156.624	154.743	152.872	151.011	149.158	147.399	145.681	143.970

(*) Como durante los meses de mayo, junio y julio, la planta consumirá el 100% de la energía eléctrica generada por el sistema FV 280 kWp en horario de sol, no hay excedentes para la venta de energía.

3.6.2. Costos de Inversión y Mantenimiento (FV 280 kWp).

Con la información resumida del cuadro N°3-4 como referencia, la empresa Cresco estimó los costos de inversión incluidos en su propuesta y que se presentan en el cuadro N° 3-10. Estos valores implican un índice referencial de 1,9 USD/Wp instalado, el cual se encuentra en el rango informado en un estudio realizado por la GIZ que le asocia un índice aproximado de 2 USDWp para la capacidad de potencia seleccionada.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Módulos FV	1.144	176.000	201.344.000
Inversor	11	3.875.334	42.628.674
Sistema de Montaje	230	125.333	28.826.590
Sistema de Monitoreo	1	2.521.272	2.521.272
Cableado, Conectores	55	153.064	8.418.520
Protecciones	11	304.477	3.349.247
Medidor Bidireccional	1	202.407	202.407
Controlador de Potencia	1	775.063	775.063
Instalación	280	126.050	35.294.000
Logística y Transporte	1	3.466.665	3.466.665
Refuerzo Estructura y Pasarela (estimado)	1	35.000.000	35.000.000
Total Neto			
Tasa de cambio 616 CLP/USD			CLP 361.826.438
			USD 587.295

Cuadro N° 3-9: Costo Inversión Sistema FV 280 kWp

Para los costos de mantenimiento, se consideran los valores propuestos por la empresa Cresco en su oferta debido a la experiencia en el ámbito y que establecen los servicios de mantenimiento preventiva para los módulos e inversores en una determinada cantidad de visitas en el año.

El cuadro N° 3-11 muestra los valores resultantes para la mantención anual propuesta por la empresa Cresco.

Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Mantenimiento preventiva de Módulos FV	1.144	0,07 UF c/u	UF 80,08
Mantenimiento preventiva de Inversor	11	1,60 UF c/u	UF 17,60
Total Neto			UF 97,68
Valor UF			UF 97,68
Tasa de cambio 616			CLP 24.627,1
CLP/USD			USD 3.905

Cuadro N° 3-10: Costo de Mantenimiento Sistema FV 280 kWp

3.6.3. Ahorros Projectados. (FV 280 kWp)

Los ahorros producidos por la instalación fotovoltaica de 280kWp corresponden a la suma de la valorización de la energía eléctrica sustituida como autoconsumo más la venta como excedente durante la vida útil del proyecto. Ambas cantidades de energía fueron descritas anteriormente. Respecto de los precios, se deben distinguir valores diferentes para cada tipo de energía. Para valorizar la energía la de autoconsumo se utiliza la tarifa eléctrica proyectada en el capítulo N°3.2, la cual establece para el primer año una tarifa de 72 USD/MWh. Para la venta de energía al sistema, dado que la instalación es de más de 100 kWp el precio de venta de la energía inyectada al sistema no se rige por el reglamento de la ley N° 20.571 que regula el pago de las tarifas eléctricas de las Generadoras Residenciales en el NetBilling (condición de <100 kW).

Para este caso en donde la planta es de 280 kWp se consideró en forma optimista que como PMGD (Pequeños Medios de Generación Distribuidos) recibiría un precio de venta igual al de compra proyectado para los 20 años, esto es iniciando con 72 y terminando con 225 USD/MWh, según se puede ver en el cuadro N° 3-13 siguiente.

Para la evaluación económica del proyecto de instalación y operación de la planta fotovoltaica es necesario definir los principales parámetros y valores de entrada, los que se resumen en el siguiente cuadro N° 3-12

Concepto	Descripción
Inversión, USD	587.295
Autoconsumo, kWh	cuadro N° 3-8
Degradación módulos FV	0,5%/año
Venta de excedentes, kWh	cuadro N° 3-8
Costo inicial autoconsumo, USD/kWh	0,072
Precio inicial vta. excedentes, USD/kWh	0,072
Mantenimiento	cuadro N° 3-10
Depreciación	Lineal 10 años
Vida útil del proyecto	20 años
Tasa de descuento	12%
<p>Nota: Muchas empresas productivas le exigen a sus proyectos en general una rentabilidad del 12% a sus proyectos de inversión, sin embargo hemos sensibilizado también al 8%</p>	

Cuadro N° 3-11: Parámetros evaluación económica FV 280 kWp

Al observar el cuadro N° 3-1 de Facturación y el cuadro N° 3-13 que muestra el flujo de caja resultante de la evaluación económica de la instalación fotovoltaica para un horizonte de 20 años vemos que en el año 2014 el costo Total Anual neto de la Energía Eléctrica fue de USD 62.000 mientras que el costo de solo la energía fue de USD 44.000 lo cual representa un 71% del costo total y el ahorro proyectado anual para el primer año sería de USD 28.980, esto es la facturación anual total bajaría del orden de un 46,6%

La rentabilidad mostrada en los cálculos indicados en el caso base según se muestra en el cuadro 3-13 el VAN es de –USD 224.617, con una TIR de 6.1% y un período de pago de la inversión de 11,9 años.

Cuadro N° 3-12: Flujos de caja evaluación económica FV 280 kWp
EVALUACIÓN ECONOMICA DE AUTOCONSUMO + VENTA DE ENERGIA (FV 280 kWp)

Autoconsumo + Venta

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Producción E. Eléctrica (kWh)		456.793	454.509	452.237	449.975	447.726	445.487	443.260	441.043	438.838	436.644	434.461	432.288	430.127	427.976	425.836	423.707	421.589	419.481	417.383	415.296	
Autoconsumo/Ahorro (kWh)		276.853	276.566	276.281	275.997	275.714	275.433	275.153	274.875	274.598	274.322	274.048	273.775	273.503	273.233	272.964	272.697	272.430	272.081	271.703	271.326	
Venta Excedente (kWh)		179.940	177.943	175.956	173.979	172.011	170.054	168.106	166.169	164.240	162.322	160.413	158.514	156.624	154.743	152.872	151.011	149.158	147.399	145.681	143.970	
Precio Ahorro (US\$/kWh)	(1)	0,072	0,074	0,102	0,130	0,135	0,139	0,144	0,149	0,154	0,160	0,165	0,171	0,177	0,183	0,190	0,196	0,203	0,210	0,218	0,225	
Precio Venta (US\$/kWh)	(2)	0,072	0,074	0,102	0,130	0,135	0,139	0,144	0,149	0,154	0,160	0,165	0,171	0,177	0,183	0,190	0,196	0,203	0,210	0,218	0,225	
Ahorro + Ingreso por Venta		32.889	33.634	46.128	58.497	60.241	62.038	63.888	65.794	67.756	69.777	71.858	74.001	76.208	78.481	80.822	83.233	85.715	88.271	90.904	93.615	
Mantenimiento anual	(3)	3.905	4.100	4.305	4.521	4.747	4.984	5.233	5.495	5.769	6.058	6.361	6.679	7.013	7.363	7.732	8.118	8.524	8.950	9.398	9.868	
Depreciación (años)	10	58.730	58.730	58.730	58.730	58.730	58.730	58.730	58.730	58.730	58.730	58.730	58.730	58.730	58.730	58.730	58.730	58.730	58.730	58.730	58.730	58.730
Utilidad antes de imptos.		-29.745	-29.196	-16.907	-4.753	-3.235	-1.675	-74	1.570	3.257	4.990	65.497	67.322	69.196	71.118	73.090	75.114	77.191	79.321	81.506	83.748	
Impuestos	19%								-298	-619	-948	-12.444	-12.791	-13.147	-13.512	-13.887	-14.272	-14.666	-15.071	-15.486	-15.912	
Inversión		587.295				12.580					12.580					12.580					12.580	
Valor Residual	5%					(4)					(4)					(4)					29.365	
Net Cash Flow		-587.295	28.984	29.533	41.823	53.976	62.915	70.054	78.655	87.001	95.191	103.053	110.531	117.608	124.265	130.523	136.383	141.825	146.820	151.320	155.320	
FLUJO CAJA ACUMULADO SIN INVERSIÓN		28.984	58.518	100.340	154.317	197.232	254.286	312.941	372.942	434.310	498.501	567.554	641.085									
FLUJO CAJA ACUMULADO - INVERSIÓN		-558.311	-528.777	-486.955	-432.978	-390.063	-333.009	-274.354	-214.353	-152.985	-102.794	-49.741	4.790									
PRI (meses LINEAL)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,9								

Resultados	
Inversión	587.295 US\$
Flujo de Caja promedio	54.531 US\$/año
Valor presente Neto	-225.266 US\$
Tasa de Retorno	6,0%
Período de Pago	11,9 años

Tasa Inversionista: 12%

\$/US\$, 7/01/2015 616,09

Notas

- (1) Según capítulo 3.2 Tarifa Eléctrica 72 US\$/MWh y sus proyecciones de 74, 102 y 130 US\$/MWh.
- (2) Supuesto: precio de venta igual al precio de compra (no se dispone de datos de costos administrativos ni operacionales de los PMGD).
- (3) Según Cuadro N° 3-11 Costos de Mantenimiento, mas un incremento anual del 5%.
- (4) Cambio de 2 inversores cada 5 años.

3.7. Análisis Económico Autoconsumo (FV 120 kWp)

3.7.1. Consumo Energía Eléctrica Fotovoltaica (120 kWp FV)

La energía eléctrica utilizada como autoconsumo en la empresa HB Fuller corresponde como máximo a la energía fotovoltaica generada por la planta de 120 kWp. Como la empresa no tiene operaciones productivas habitualmente después del mediodía del sábado, el valor final efectivo de autoconsumo será levemente inferior al teórico indicado. Sin embargo, para efectos de este estudio estimamos prudente consignar el hecho que no debiera alterar el fondo del resultado final. En el cuadro N° 3-14 se detalla el autoconsumo de energía proyectado para el primer año de evaluación. Para el resto de la vida útil se debe considerar la misma variación por la degradación de los módulos FV antes descrita.

Mes	Autoconsumo, kWh/mes
Enero	25.858
Febrero	20.632
Marzo	18.305
Abril	12.940
Mayo	9.076
Junio	7.280
Julio	8.224
Agosto	10.721
Septiembre	14.207
Octubre	19.310
Noviembre	22.961
Diciembre	26.133
Total	195.647

Cuadro N° 3-13: Autoconsumo de energía en el año 1FV 120 kWp

En la figura N° 3-9 se representa el consumo de energía eléctrica en el escenario de autoconsumo junto con la demanda total de energía durante los meses respectivos del año 2014 reportada por la empresa.

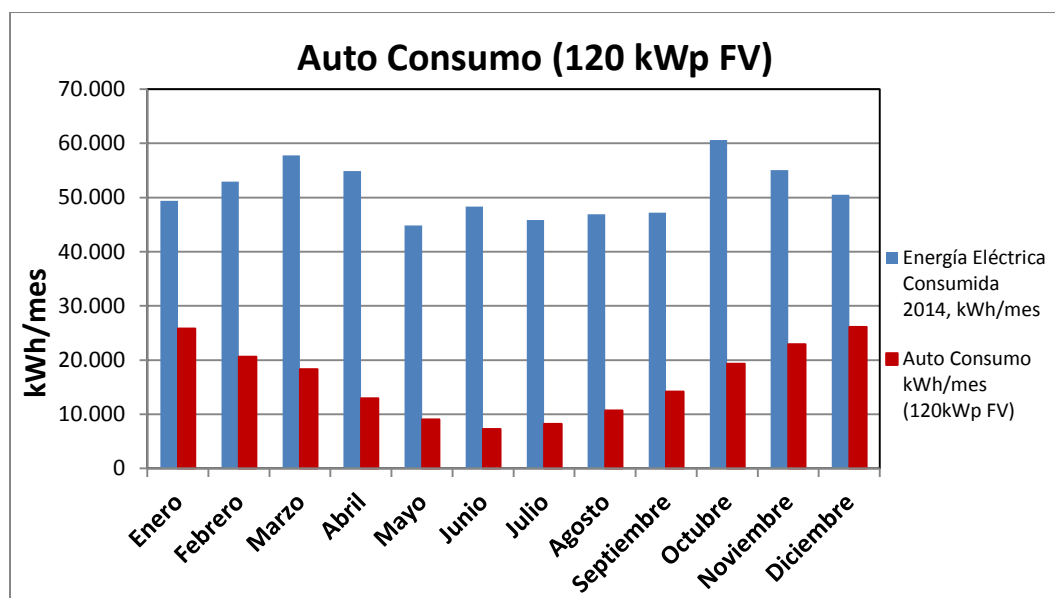


Figura N° 3-9: Autoconsumo de energía FV 120kWp

3.7.2. Costos de Inversión y Mantenimiento (120 kWp FV).

Con la información resumida del cuadro N°3-6 como referencia, la empresa Cresco estimó los costos de inversión incluidos en su propuesta y que se presentan en el cuadro N° 3-15. Estos valores implican un índice referencial de 1,94 USD/Wp instalado, el cual también se encuentra en el rango informado en el estudio realizado por la GIZ anteriormente mencionado.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Módulos FV	490	176.000	86.240.000
Inversor	5	3.875.334	19.376.670
Sistema de Montaje	98	125.333	12.282.634
Sistema de Monitoreo	1	2.521.272	2.521.272
Cableado, Conectores	24	153.064	3.673.536
Protecciones	5	304.477	1.522.385
Controlador de Potencia	1	775.063	775.063
Instalación	120	126.050	15.126.000
Logística y Transporte	1	1.950.000	1.950.000
Refuerzo Estructura y Pasarela	1	20.000.000	20.000.000
Total Neto			
Tasa de cambio 616 CLP/USD			CLP 163.467.560
			USD 265.331

Cuadro N° 3-14: Costo Inversión Sistema FV 120 kWp

Igual que para el escenario con venta de energía, los costos de mantención son los propuestos por la empresa Cresco en su oferta pero ajustados al nuevo tamaño de la instalación.

El cuadro N° 3-16 muestra los valores resultantes para la mantención anual propuesta por la empresa Cresco.

Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Mantención preventiva de Módulos FV	490	0,07 UF c/u	UF 34,3
Mantención preventiva de Inversor	5	1,60 UF c/u	UF 8,0
Total Neto			UF 42,3
Valor UF			UF 42,3
Tasa de cambio 616 CLP/US\$			CLP 24.627,1
			USD 1.690

Cuadro N° 3-15: Costo de Mantención Sistema FV 120 kWp

3.7.3. Ahorros Proyectados (120 kWp FV).

Los ahorros producidos por la instalación fotovoltaica de 120kWp corresponden a la valorización de la energía eléctrica sustituida como autoconsumo. Para el precio se considera la tarifa eléctrica descrita en el capítulo N° 3.2.

3.7.4. Evaluación Financiera (120 kWp FV).

Para la evaluación económica de esta instalación se resumen los principales parámetros y valores de entrada en el cuadro N° 3-17

Concepto	Descripción
Inversión, US\$	265.331
Autoconsumo, kWh	cuadro N° 3-14
Degradación módulos FV	0,5%/año
Precio inicial autoconsumo, US\$/kWh	0,072
Mantención	cuadro N° 3-16
Depreciación	Lineal 10 años
Vida útil del proyecto	20 años
Tasa de descuento	12%
Nota: Muchas empresas productivas le exigen a sus proyectos una rentabilidad del 12% a sus proyectos de inversión, sin embargo hemos sensibilizado también al 8%	

Cuadro N° 3-16: Parámetros evaluación económica FV 120 kWp

Cuadro N° 3-17: Flujos de caja evaluación económica FV 120 kWp

EVALUACIÓN ECONOMICA DE SOLO AUTOCONSUMO (FV 120 kWp)

Autoconsumo

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Producción E.Eléctrica (kWh)		195.647	194.669	193.695	192.727	191.763	190.804	189.850	188.901	187.957	187.017	186.082	185.151	184.226	183.305	182.388	181.476	180.569	179.666	178.768	177.874	
Precio (US\$/kWh)		0,072	0,074	0,102	0,130	0,135	0,139	0,144	0,149	0,154	0,160	0,165	0,171	0,177	0,183	0,190	0,196	0,203	0,210	0,218	0,225	
Ingreso/Ahorro	(1)	14.087	14.405	19.757	25.055	25.802	26.571	27.364	28.180	29.020	29.886	30.777	31.695	32.640	33.614	34.617	35.649	36.712	37.807	38.935	40.096	
Mantención	(2)	1.690	1.775	1.863	1.956	2.054	2.157	2.265	2.378	2.497	2.622	2.753	2.890	3.035	3.187	3.346	3.513	3.689	3.874	4.067	4.271	
Depreciación (años) 10		26.533	26.533	26.533	26.533	26.533	26.533	26.533	26.533	26.533	26.533	26.533	26.533	26.533	26.533	26.533	26.533	26.533	26.533	26.533	26.533	
Utilidad antes de imptos.		-14.137	-13.902	-8.639	-3.435	-2.786	-2.119	-1.434	-731	-10	731	28.024	28.805	29.605	30.427	31.270	32.136	33.023	33.934	34.868	35.825	
Impuestos 19%												-5.325	-5.473	-5.625	-5.781	-5.941	-6.106	-6.274	-6.447	-6.625	-6.807	
Inversión		265.331				6.290					6.290					6.290					6.290	
Valor Residual 5%						(3)				(3)					(3)						13.267	
Net Cash Flow	-265.331	12.397	12.631	17.894	23.098	17.458	24.414	25.099	25.802	26.523	20.974	22.700	23.332	23.980	24.646	19.039	26.030	26.749	27.486	28.243	35.995	
FLUJO CAJA ACUMULADO SIN INVERSIÓN		12.397	25.028	42.921	66.019	83.477	107.891	132.990	158.792	185.316	206.290	228.990	252.321	276.302	300.948							
FLUJO CAJA ACUMULADO - INVERSIÓN		-252.934	-240.303	-222.410	-199.312	-181.854	-157.440	-132.341	-106.539	-80.015	-59.041	-36.341	-13.010	10.971	35.617							
PRI (meses LINEAL) 0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	12,5	0,0							
0																						

Resultados	
Inversión	265.331 US\$
Flujo de Caja	23.224 US\$/año
Valor presente Neto	-111.152 US\$
Tasa de Retorno	5,4%
Periodo de Pago	12,5 años

Tasa Inversionista:	12%
\$/US\$, 7/01/2015	616,09

Notas

- (1) Según capítulo 3.2 Tarifa Eléctrica 72 US\$/MWh y sus proyecciones de 74, 102 y 130 US\$/MWh.
- (2) Según Cuadro N° 3-19 Costos de Mantención, mas un incremento anual del 5%.
- (3) Cambio de 2 inversores cada 5 años.

En el cuadro N° 3-18 se muestra el flujo de caja resultante de la evaluación económica de la instalación fotovoltaica para un horizonte de 20 años según los parámetros indicados en el cuadro N° 3-17. Los resultados indican que para la tasa de descuento considerada el VAN es de –USD 111.152 y con una TIR de 5,4%. El período de pago de la inversión sería alrededor de los 12,5 años.

3.8. Conclusiones, Sensibilizaciones y Recomendaciones.

La factibilidad técnica de una planta solar fotovoltaica en la empresa H.B. Fuller tanto para el escenario de Autoconsumo más Venta de energía al SIC ,como para el caso de sólo el Autoconsumo, es positiva y sólo habría que considerar el refuerzo de la estructura del galpón para que resista el peso de los paneles finalmente decididos instalar. La factibilidad de una planta con 100 kWp para aprovechar la ley N° 20.571, no es aplicable porque no generaría excedentes para la venta.

Con relación a la factibilidad económica los resultados son claramente pobres con rentabilidades y plazos para el retorno de las inversiones demasiado extensos para las expectativas de los inversionistas.

Esta conclusión económica no es tan distante de las rentabilidades mencionadas en términos genéricos por varios estudios en donde los plazos de retorno varían entre 8 y 15 años.

Haciendo un análisis de sensibilidad con las variables más importantes encontramos que aún al variar el incremento futuro del precio de la energía desde una tasa del 3,5% anual a partir del año 5 al 5%, o al variar la tasa de costo de capital esperado por el inversionista desde el 12% a un 8%, o incluso haciendo variar ambas a la vez, la situación de rentabilidad no cambia sustancialmente, según se puede apreciar en el cuadro 3-19 siguiente:

Variación		VAN, US\$	TIR, %	Período de Pago, años
Caso Base FV 120 (autoconsumo)		-111.152	5,4	12,5
Var. 1	Incremento Tarifa Eléctrica : 5% desde año 5	-99.545	6,4	12,0
Var. 2	Modificación Tasa Inversionista: 8%	-54.811	5,4	12,5
Var. 3	Var 1 + Var 2	-35.557	6,4	12,0
Caso Base FV 280 (con venta de excedentes)		-250.036	6,1	11,9
Var. 1	Incremento Tarifa Eléctrica : 5% desde año 5	-198.443	7,0	11,4
Var. 2	Modificación Tasa Inversionista: 8%	-92.997	6,0	11,9
Var. 2	Var 1 + Var 2	-48.364	7,0	11,4

Cuadro N° 3-18: Análisis de Sensibilidad

4. Anexos.

4.1. Propuesta Técnica Sistema FV (Cresco SpA)

4.2. Propuesta Económica Sistema FV (Cresco SpA)