



PROVINCIA DE RIO NEGRO

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

ESTUDIO DE DEMANDA Y PROYECTO
DE MICRO-RED HIBRIDA DE
ABASTECIMIENTO ELÉCTRICO PARA
EL PARAJE LAGUNA BLANCA

INFORME FINAL

JUNIO 2019

1 ÍNDICE GENERAL

1	ÍNDICE GENERAL	1
2	ÍNDICE DE TABLAS	3
3	ÍNDICE DE FIGURAS	4
4	RESUMEN	6
5	SITUACIÓN ACTUAL DEL PARAJE LAGUNA BLANCA	8
	5.1 Generalidades	8
	5.2 Población.....	9
	5.3 Servicios Públicos	10
	5.3.1 Agua	10
	5.3.2 Calefacción.....	10
	5.3.3 Electricidad	10
	5.3.4 Alumbrado público.....	15
6	ESTUDIO DE LA DEMANDA DEL PARAJE LAGUNA BLANCA	16
	6.1 Medición de la demanda actual	16
	6.2 Proyección de la demanda	17
7	ANÁLISIS DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS DISPONIBLES	20
	7.1 Recurso Solar.....	20
	7.2 Recurso Eólico	21
	7.2.1 Estimación del recurso eólico.....	21
	7.3 Distancia a redes eléctricas vinculadas al SADI.....	22
	7.4 Combustible.....	22
8	DISEÑO DEL CENTRO DE GENERACIÓN HÍBRIDA	22
	8.1 Aspectos generales de las micro-redes híbridas	22
	8.1.1 Sistemas de generación híbridos	22
	8.1.2 Electrificación rural aislada con micro-redes híbridas.....	23
	8.2 Consideraciones económicas.....	24
	8.3 Generación solar	24
	8.4 Generación eólica.....	25
	8.5 Grupo electrógeno.....	25
	8.6 Banco de baterías	25
	8.7 Inversor y gestor de micro-red.....	25
	8.8 Esquema de interconexión	26
	8.9 Estrategias de despacho de energía	27
	8.9.1 Estrategia de seguimiento de carga.....	27

8.9.2	Estrategia de ciclo de carga	29
8.10	Resultados de la simulación de opción optima	29
8.10.1	Generación fotovoltaica existente	30
8.10.2	Generación fotovoltaica nueva	31
8.10.3	Generación eólica existente	32
8.10.4	Generación eólica nueva.....	33
8.10.5	Generación convencional.....	34
8.10.6	Inversor.....	35
8.10.7	Baterías	36
8.10.8	Obra civil.....	37
8.10.9	Sitio de implantación	39
8.10.10	Resumen de costos.....	40
8.10.11	Comparativa con el caso base	42
9	EXTENSIÓN DE LA RED EXISTENTE.....	45

2 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Registro de potencia activa y aparente promediada cada 1 hora.	16
Tabla 2 - Modelo de demanda mensual para comunidades rurales HOMER con base mayo.....	17
Tabla 3 - Demanda proyectada por hora en cada mes del año [kW]	18
Tabla 4 – Radiación solar diaria e índice de claridad por mes.	20
Tabla 5 - Velocidad media del viento por mes en m/s.....	21
Tabla 6 - Características electricas y estadísticas de operación de la planta fotovoltaica	30
Tabla 7 - Características electricas y estadísticas de operación de la planta fotovoltaica	31
Tabla 8 - Características electricas y estadísticas de operación de la planta de energía eólica.....	32
Tabla 9 - Características electricas y estadísticas de operación de la planta de energía eólica.....	33
Tabla 10 - Características y estadísticas de operación del generador GLP	34
Tabla 11 - Características y estadísticas de operación del inversor.....	35
Tabla 12 - Características y estadísticas de operación del banco de baterías.	36
Tabla 13 - Costo actual neto	40
Tabla 14 - Costo anualizado.....	40
Tabla 15- Resultados económicos en comparación con caso base.....	43

3 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Imagen satelital del paraje Laguna Blanca. Fuente: Homer Pro.	8
Figura 2 – Comisión de fomento de Laguna Blanca.....	9
Figura 3 - Evolución de la población. Fuente: INDEC y comisión de fomento ...	9
Figura 4 - Instalaciones para la provisión de agua	10
Figura 5 – Sala de Generadores	11
Figura 6 - Generador 1	11
Figura 7 - Generador 2.....	11
Figura 8 - Placa del generador 1	11
Figura 9 - Placa del generador 2.....	11
Figura 10 – Almacenamiento de gas.....	12
Figura 11 - Paneles solares.....	12
Figura 12 - Aerogeneradores	13
Figura 13 – Inversor	13
Figura 14 - Banco de baterías.....	14
Figura 15 - Red de distribución	14
Figura 16 – Acometida a generadores.	15
Figura 17 - Acometida a usuario final.....	15
Figura 18 - Demanda proyectada por hora (mínima, promedio y máxima)	19
Figura 19 - Recurso Solar. Fuente: NASA Surface meteorology and solar energy database.....	20
Figura 20 - Velocidad media del viento en función del mes	21
Figura 21 - Ejemplo de micro-red hibrida	24
Figura 22 - Esquema de interconexión propuesto.....	27
Figura 23 - Generación solar de la planta existente por día del año y hora [kW]	30
Figura 24 - Generación solar de la planta nueva por día del año y hora [kW]..	31
Figura 25 - Generación eólica en función del día del año y la hora [kW]	32
Figura 26 - Generación eólica en función del día del año y la hora [kW]	33
Figura 27 - Generación convencional en función del día del año y la hora [kW]	34
Figura 28 - Potencia en el inversor en función del día del año y la hora [kW]..	35
Figura 29 - Potencia en el rectificador en función del día del año y la hora [kW]	35
Figura 30 - Estado de carga del banco de baterías según día del año y horario [%]	36
Figura 31 - Planta propuesta para el edificio.....	37
Figura 32 - Sitio de implantación	39
Figura 33 - Resumen de costos	41

Figura 34 - Flujo de caja nominal por tipo de costo.....	41
Figura 35 - Flujo de caja nominal por equipo asociado.....	42
Figura 36 - Flujos de caja nominales acumulados	43
Figura 37 - Flujos de caja descontados acumulados	44

4 RESUMEN

El consejo Federal de Inversiones de la República Argentina, a solicitud de la Secretaría de Energía de la Provincia de Rio Negro, encomienda a INVAP Ingeniería según contrato de obra Exp N° 16947-05-01, diseñar una micro-red híbrida de fuentes energéticas: solar, eólica e hidrocarburo, que satisfaga la demanda energética del Paraje Laguna Blanca.

Laguna Blanca es un paraje rural de la provincia de Rio Negro, Aislado del Sistema Argentino de Interconexión (SADI).

Actualmente existe un suministro de energía eléctrica provisto desde dos grupos electrógenos a GLP que operan en modo intermitente durante solo 16,25 hs diarias.

Debido al alto costo de operación y mantenimiento y la escasa calidad del servicio eléctrico vigente, se busca una alternativa que permita optimizar las horas de operación del grupo térmico incorporando fuentes de generación de base renovable, observando fundamentalmente:

- Que la operación de la usina sea continua (24 h/día).
- Que el valor actual neto del sistema sea el óptimo de las alternativas de combinación dimensional que se simulen, con un periodo de recuperó simple de, a lo sumo, la tercera parte de la vida útil de los equipos en la comparación del uso del grupo generador térmico exclusivamente. Esto permite poner en valor económico el alto costo de la inversión inicial.

Se propone como alternativa generar una micro-red de generación híbrida solar-eólica-térmica, respaldada en baterías y gestionada por inversores bidireccionales que garanticen la calidad de energía en cuanto a estabilidad de tensión y frecuencia.

Para garantizar la factibilidad y diseñar el sistema propuesto, se realiza un relevamiento de campo que permite efectuar un diagnóstico de la situación actual la que se toma como base a efectos de proyectar la demanda. Los resultados de esta proyección arrojan un promedio anual de 408 KWh/día con un pico de potencia demandado de 38,5 kW.

Finalmente, se presenta una configuración optimizada de generación, combinando paneles solares fotovoltaicos y un grupo electrógeno con motorización a combustión interna de Gas Licuado de Petróleo (GLP), respaldado en un banco de baterías de plomo ácido, gestionado por un inversor bidireccional.

La optimización de por resultado un sistema trifásico de corriente alterna (CA) alimentado por un generador a GLP de 48 kW existente, y un inversor bidireccional de 22 kW de potencia nominal. En la barra de corriente continua

(CC) se conectan una generación fotovoltaica de 88,5 kW nominales (6,25 existentes y 85.25 nuevos), 31,6 kW eólicos (14,6 existentes y 17 nuevos) y un banco de baterías de plomo ácido compuesto por 15 cadenas, cada una con 8 baterías de 6 V, con una capacidad total de 7080 Ah en 48 Vcc.

El análisis del caso óptimo es comparado contra el caso base representado por el grupo existente, con motorización a combustión interna de GLP operando de continuo.

Los resultados para el caso óptimo, con una inversión inicial de u\$d 487.006, son:

- Consumo de GLP de 13.594 kg/año.
- Operación del grupo de 1588 h/año.

Mientras que para el caso base se tiene:

- Consumo de GLP de 88.717 kg/año.
- Operación del grupo de 8.760 h/año.

Esto garantiza un periodo de recupero de 5,1 años en la curva de flujos de caja nominales acumulados, y de 5,9 años en la curva de flujos descontados acumulados, que tienen en cuenta el capital inicial, la operación y el mantenimiento y las reposiciones de equipos en un proyecto a 20 años.

Al realizar la comparación con la extensión de la red, y considerando la situación del paraje Cañadón Chileno, se observa que esta podría ser sería una alternativa superadora, al representar inversión inicial similar a la requerida para ambas microredes híbridas, y poseer menores costos de operación y mantenimiento. Sin embargo, esta alternativa debe ser validada con la empresa distribuidora.

5 SITUACIÓN ACTUAL DEL PARAJE LAGUNA BLANCA

5.1 Generalidades

Entre los días 22 y 24 de abril de 2019 se visitó la localidad de Laguna Blanca, un paraje rural ubicado en el departamento Pilcaniyeu, de la provincia de Río Negro, ubicado en las coordenadas 40° 43' 19,35" S, 69° 50' 25,86" O.

Se accedió a la misma a través del camino de tierra que compone la ruta provincial N° 67, desde la ruta nacional N° 23 en la localidad de Comallo.

El casco urbano del paraje tiene un desarrollo de 400 m en la dirección NE-SO y 650 m en la dirección NO-SE.

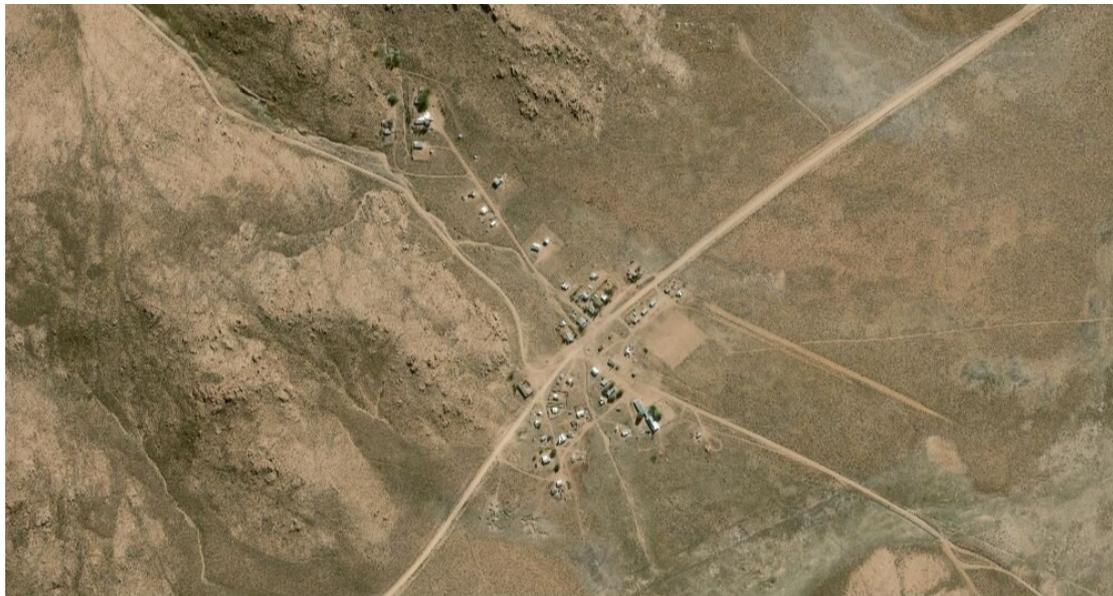


Figura 1 - Imagen satelital del paraje Laguna Blanca. Fuente: Homer Pro.

El paraje cuenta con 40 hogares y 6 edificios públicos: la sala de artesanos, la comisión de fomento, la sala de primeros auxilios, la escuela N° 100, el destacamento policial, y una capilla.

Durante la visita se realizaron distintas entrevistas con pobladores y referentes sociales de la comunidad. De esas charlas se concluye que la mayoría de los habitantes son de escasos recursos económicos, siendo su principal actividad la ganadería ovina.

En cuanto al régimen habitacional, las viviendas están construidas en forma precaria, mayoritariamente poseen muros de ladrillos y techos de chapa.



Figura 2 – Comisión de fomento de Laguna Blanca

5.2 Población

De acuerdo al Censo 2010 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC), la población en el paraje en ese momento era de 101 habitantes. En la actualidad, de acuerdo con el relevamiento realizado por la comisión de fomento, en el paraje residen 115 personas.

El gráfico de la figura 3, presenta la evolución de la población en los últimos 3 censos, y el número actual de habitantes según el relevamiento presentado por la comisión de fomento. En el mismo se observa que la población del paraje presenta una tendencia creciente que se ha sostenido en los últimos 28 años. Esta observación coincide con lo indicado por la comisión de fomento respecto a las variaciones de población del paraje.

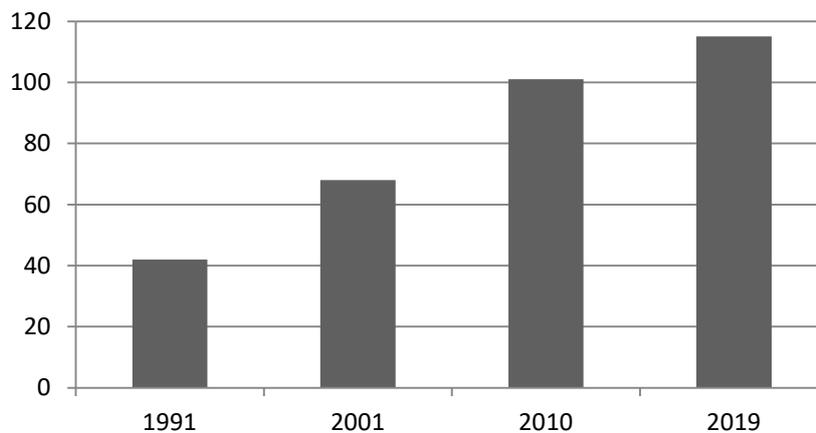


Figura 3 - Evolución de la población. Fuente: INDEC y comisión de fomento

5.3 Servicios Públicos

5.3.1 *Agua*

Las instalaciones que se observan en la fotografía de la figura 4 se utilizan para el abastecimiento de agua del paraje.



Figura 4 - Instalaciones para la provisión de agua

El abastecimiento de agua para consumo, higiene y riego se obtiene mediante una bomba sumergible de 2,2 kW.

Se encuentra prevista la incorporación de una cisterna y una bomba adicional al sistema en un plazo de entre dos y tres años.

5.3.2 *Calefacción*

Las viviendas del paraje se calefaccionan mediante el uso de leña, garrafas y estufas eléctricas. La mayoría de las viviendas no cuenta con tanques de GLP.

De instalarse la micro red híbrida, sería importante que las viviendas cuenten con una fuente de gas para evitar el uso de estufas eléctricas, las cuales son incompatibles con las micro-redes.

5.3.3 *Electricidad*

5.3.3.1 *Generación*

5.3.3.1.1 *Sistema actual de generación*

El paraje Laguna Blanca no posee conexión eléctrica con el SADI. El suministro eléctrico del mismo es generado por un conjunto de dos grupos electrógenos a GLP marca CETEC, trifásicos, de 48 kW.

El sistema de generación, por economía de combustible, opera solamente durante 16,25 hs por día. Esto es de 7:45 hs a 16:30 hs se utiliza uno de los grupos, y de 16:30 hs a 0:00 hs el otro.



Figura 5 – Sala de Generadores

En la fotografía de la figura 5 se observan la sala de generadores.. Las fotografías de las figuras 6 a 9 corresponden a ambos generadores eléctricos.



Figura 6 - Generador 1



Figura 7 - Generador 2



Figura 8 - Placa del generador 1



Figura 9 - Placa del generador 2



Figura 10 – Almacenamiento de gas.

En la fotografía de la figura 10 se observan los tanques de almacenamiento de gas para los generadores.

5.3.3.1.2 Sistema de generación fuera de servicio

Adicionalmente al sistema descrito en el punto 5.3.3.1.1, existe un sistema de generación híbrido, solar-eólico, para suministro de energía eléctrica.



Figura 11 - Paneles solares

El mismo se encuentra fuera de servicio por presentar severos daños en su sistema de almacenamiento.



Figura 12 - Aerogeneradores

El sistema cuenta con dos conjuntos de paneles solares, uno marca Total Energie y el otro marca Solartec (figura 11), aerogeneradores de 48 Vcc marca: Giafa (figura 12), e inversores marca Qmax (figura 13). El sistema contaba además con un banco de baterías, pero estas fueron retiradas, quedando en el lugar solo una (figura 14).



Figura 13 – Inversor



Figura 14 - Banco de baterías

El banco de baterías, para tener una vida útil medianamente prolongada, debería estar montado en un ambiente climatizado y contar con mantenimiento periódico.

5.3.3.2 Distribución

El sistema de distribución del paraje fue renovado recientemente. El mismo está compuesto por postes de madera y conductores preensamblados, como puede observarse en la figura 15.



Figura 15 - Red de distribución

La acometida al predio de generadores posee dos seccionadores-fusibles, como se puede observar en la figura 16, desde donde parten dos ramas del sistema de distribución.



Figura 16 – Acometida a generadores.

La acometidas a un usuarios finales están conformadas por pilares premoldeados de hormigón. Y están equipadas con interruptor termomagnético y diferencial. En la figura 17 se observa la acometida a la sala de primeros auxilios.



Figura 17 - Acometida a usuario final

5.3.4 Alumbrado público

El paraje cuenta con un servicio de alumbrado público. El mismo fue renovado recientemente, reemplazando sus luminarias por equipos LED de gran eficiencia.

El sistema cuenta con 45 equipos de 120 W cada uno.

6 ESTUDIO DE LA DEMANDA DEL PARAJE LAGUNA BLANCA

6.1 Medición de la demanda actual

Se realizó una recolección de datos cuantitativos de consumo durante 49 hs seguidas mediante un registrador digital trifásico marca: Fluke, modelo: 435 Serie II. Para ello se dio aviso a la comunidad del paraje de que durante el periodo de medición se contaría con energía eléctrica las 24 hs. La medición se realizó en la línea de salida del generador, permitiendo cuantificar la demanda global del sistema

El registrador se puso en funcionamiento a las 12:45 hs del día 22 de abril de 2019, hasta las 14:02 hs del día 24 de abril, registrando datos cada 10 S. La tabla 1 presenta, a modo de resumen, los valores medios de potencia activa y potencia aparente, en intervalos de 1 hora.

Tabla 1 - Registro de potencia activa y aparente promediada cada 1 hora.

Fecha	Hora	Potencia Activa [W]	Potencia Aparente [VA]
22/04/19	13 a 14	10997	13182
22/04/19	14 a 15	9621	12003
22/04/19	15 a 16	9259	11387
22/04/19	16 a 17	8006	10032
22/04/19	17 a 18	8644	10339
22/04/19	18 a 19	10879	12623
22/04/19	19 a 20	14540	15460
22/04/19	20 a 21	17631	18508
22/04/19	21 a 22	14571	15748
22/04/19	22 a 23	13111	14261
22/04/19	23 a 0	14377	15534
23/04/19	0 a 1	11888	12734
23/04/19	1 a 2	9552	9993
23/04/19	2 a 3	9275	9734
23/04/19	3 a 4	8792	9133
23/04/19	4 a 5	9075	9498
23/04/19	5 a 6	8817	9235
23/04/19	6 a 7	8868	9242
23/04/19	7 a 8	9298	9639
23/04/19	8 a 9	6283	7317
23/04/19	9 a 10	9014	10301
23/04/19	10 a 11	10649	11821
23/04/19	11 a 12	9104	10606
23/04/19	12 a 13	7779	9408
23/04/19	13 a 14	7442	8991
23/04/19	14 a 15	7380	9113
23/04/19	15 a 16	7883	10221
23/04/19	16 a 17	9027	11636

Fecha	Hora	Potencia Activa [W]	Potencia Aparente [VA]
23/04/19	17 a 18	8801	10868
23/04/19	18 a 19	11109	13110
23/04/19	19 a 20	15896	16996
23/04/19	20 a 21	16757	17615
23/04/19	21 a 22	15020	16112
23/04/19	22 a 23	13841	14666
23/04/19	23 a 0	12947	13726
24/04/19	0 a 1	10064	10507
24/04/19	1 a 2	8508	8890
24/04/19	2 a 3	7919	8248
24/04/19	3 a 4	8099	8469
24/04/19	4 a 5	7915	8306
24/04/19	5 a 6	7959	8273
24/04/19	6 a 7	7588	7894
24/04/19	7 a 8	8344	8686
24/04/19	8 a 9	6534	7736
24/04/19	9 a 10	10388	12589
24/04/19	10 a 11	11887	13828
24/04/19	11 a 12	11199	14215
24/04/19	12 a 13	9586	11782
24/04/19	13 a 14	9373	11739

6.2 Proyección de la demanda

Para la proyección de la demanda se estimó la evolución de la población mediante una regresión lineal de los datos de la figura 3. La misma arroja una estimación de 174 habitantes para el año 2039, lo cual representa un crecimiento del 51 % respecto de la población existente al momento de medición de la demanda.

La variación estacional de la demanda, será estimada siguiendo el modelo propuesto por HOMER Pro para comunidades rurales. Este, tomando como mes de base mayo, presenta para las demandadas de cada mes las proporciones detalladas en la tabla 2.

Tabla 2 - Modelo de demanda mensual para comunidades rurales HOMER con base mayo.

Mes	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Factor	0,722	0,752	0,813	0,903	1	1,061	1,091	1,061	1	0,903	0,813	0,752

Durante los 20 años de vida útil del proyecto se contempla, además del aumento de la demanda por la variación poblacional, un potencial incremento de la misma de un 10%.

Por tales motivos consideraremos la demanda por hora en cada mes del año que se detalla en la tabla 3. En la figura 18 se grafican los valores mínimo, medio y máximo, proyectados para cada hora del día.

Tabla 3 - Demanda proyectada por hora en cada mes del año [kW]

HoraMes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
00 a 01	14,48	15,08	16,30	18,11	20,05	21,28	21,88	21,28	20,05	18,11	16,30	15,08
01 a 02	11,91	12,41	13,41	14,90	16,50	17,51	18,00	17,51	16,50	14,90	13,41	12,41
02 a 03	11,34	11,81	12,77	14,18	15,71	16,67	17,14	16,67	15,71	14,18	12,77	11,81
03 a 04	11,14	11,60	12,55	13,93	15,43	16,37	16,84	16,37	15,43	13,93	12,55	11,60
04 a 05	11,21	11,67	12,62	14,02	15,52	16,47	16,93	16,47	15,52	14,02	12,62	11,67
05 a 06	11,07	11,53	12,46	13,84	15,33	16,26	16,72	16,26	15,33	13,84	12,46	11,53
06 a 07	10,85	11,31	12,22	13,58	15,03	15,95	16,40	15,95	15,03	13,58	12,22	11,31
07 a 08	11,64	12,12	13,10	14,55	16,12	17,10	17,58	17,10	16,12	14,55	13,10	12,12
08 a 09	8,46	8,81	9,52	10,57	11,71	12,42	12,78	12,42	11,71	10,57	9,52	8,81
09 a 10	12,80	13,33	14,41	16,01	17,73	18,81	19,34	18,81	17,73	16,01	14,41	13,33
10 a 11	14,87	15,48	16,74	18,59	20,59	21,84	22,46	21,84	20,59	18,59	16,74	15,48
11 a 12	13,39	13,95	15,08	16,75	18,55	19,68	20,24	19,68	18,55	16,75	15,08	13,95
12 a 13	11,45	11,93	12,90	14,33	15,87	16,83	17,31	16,83	15,87	14,33	12,90	11,93
13 a 14	12,23	12,74	13,77	15,30	16,94	17,97	18,48	17,97	16,94	15,30	13,77	12,74
14 a 15	11,21	11,68	12,63	14,03	15,53	16,48	16,95	16,48	15,53	14,03	12,63	11,68
15 a 16	11,31	11,78	12,73	14,14	15,66	16,62	17,09	16,62	15,66	14,14	12,73	11,78
16 a 17	11,24	11,70	12,65	14,05	15,55	16,51	16,98	16,51	15,55	14,05	12,65	11,70
17 a 18	11,51	11,99	12,96	14,39	15,91	16,91	17,39	16,91	15,91	14,39	12,96	11,99
18 a 19	14,50	15,11	16,33	18,14	20,09	21,31	21,92	21,31	20,09	18,14	16,33	15,11
19 a 20	20,08	20,91	22,61	25,11	27,81	29,50	30,34	29,50	27,81	25,11	22,61	20,91
20 a 21	22,68	23,62	25,54	28,37	31,42	33,33	34,27	33,33	31,42	28,37	25,54	23,62
21 a 22	19,52	20,33	21,98	24,41	27,03	28,68	29,49	28,68	27,03	24,41	21,98	20,33
22 a 23	17,78	18,52	20,02	22,24	24,62	26,13	26,86	26,13	24,62	22,24	20,02	18,52
23 a 00	18,02	18,77	20,30	22,54	24,96	26,49	27,23	26,49	24,96	22,54	20,30	18,77

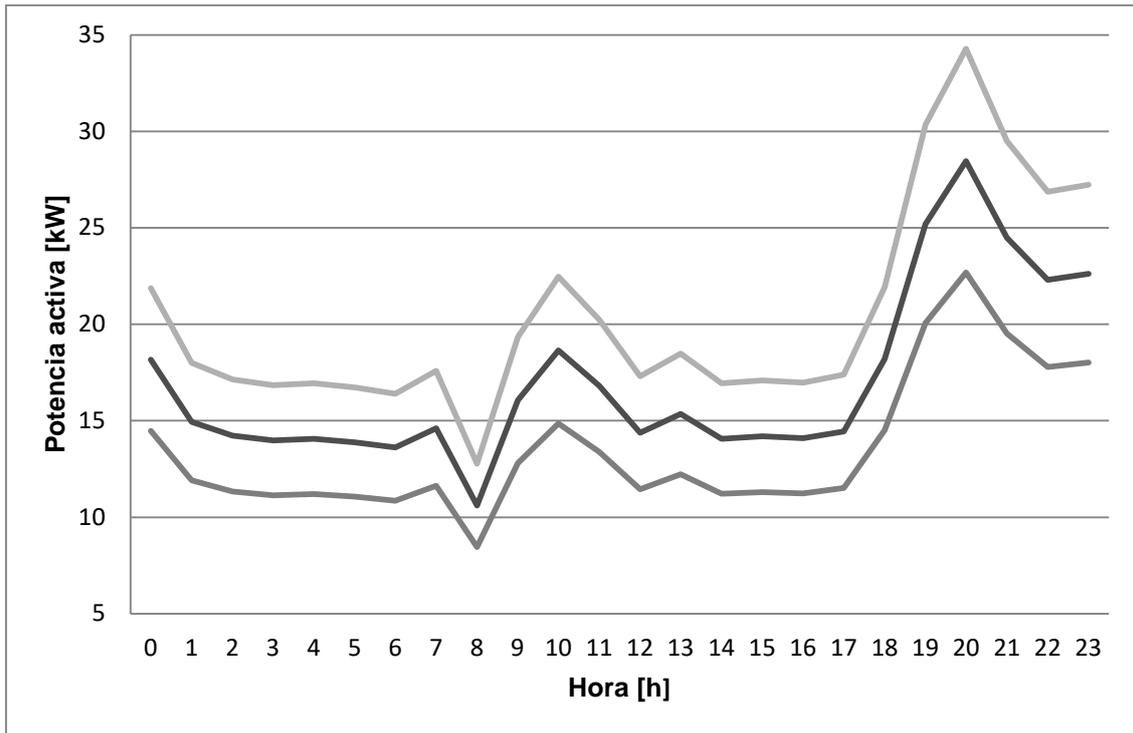


Figura 18 - Demanda proyectada por hora (mínima, promedio y máxima)

7 ANÁLISIS DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS DISPONIBLES

7.1 Recurso Solar

La National Aeronautics and Space Agency (NASA) de Estados Unidos posee una base de datos que recopila, entre otros, los valores globales de radiación solar horizontal en el periodo julio 1983 – junio 2005. De acuerdo con la misma, el recurso solar disponible en el paraje Laguna Blanca es el detallado en la tabla 4. El mismo se grafica en la figura 19.

Tabla 4 – Radiación solar diaria e índice de claridad por mes.

Mes	Índice de claridad	Radiación diaria [kWh/m ² /día]
Enero	0,678	8,11
Febrero	0,66	6,97
Marzo	0,604	5,09
Abril	0,568	3,45
Mayo	0,517	2,21
Junio	0,476	1,65
Julio	0,503	1,92
Agosto	0,53	2,8
Septiembre	0,574	4,29
Octubre	0,605	5,93
Noviembre	0,639	7,39
Diciembre	0,654	8,08

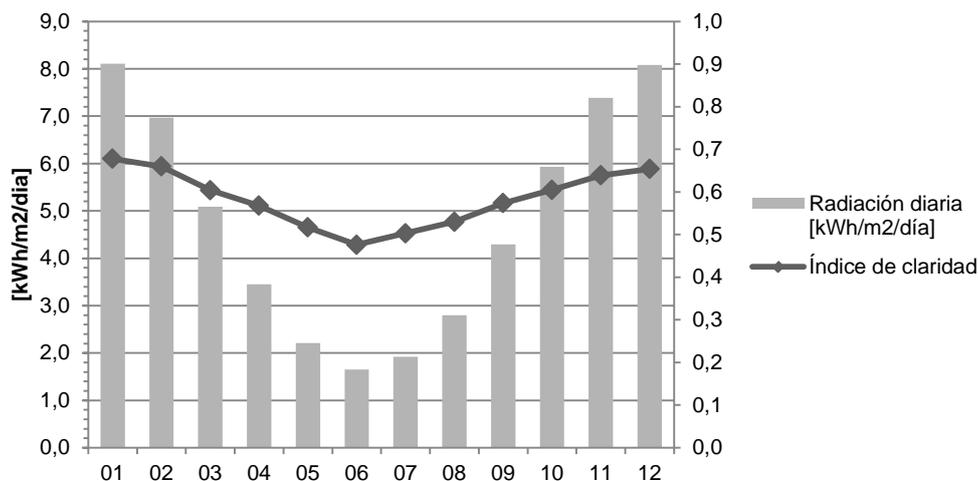


Figura 19 - Recurso Solar. Fuente: NASA Surface meteorology and solar energy database

7.2 Recurso Eólico

7.2.1 *Estimación del recurso eólico*

Las velocidades medias de los vientos, de acuerdo a la base de datos de la NASA se detallan en la tabla 5 para cada mes del año. Los datos de la tabla se presentan en el gráfico de la

figura 20. Los valores presentados consideran una altura de anemómetro de 50 m.

Tabla 5 - Velocidad media del viento por mes en m/s

Mes	Velocidad Media [m/s]
Enero	6,28
Febrero	5,91
Marzo	5,86
Abril	5,89
Mayo	6,22
Junio	6,06
Julio	5,99
Agosto	5,89
Septiembre	5,86
Octubre	6,08
Noviembre	6,00
Diciembre	6,47

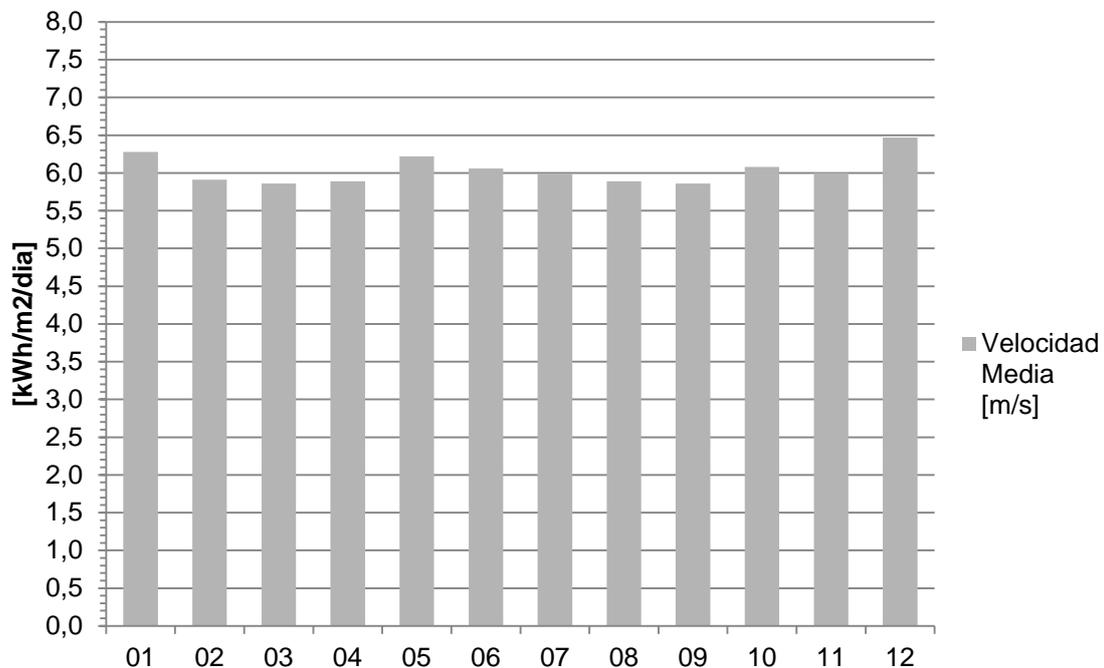


Figura 20 - Velocidad media del viento en función del mes

7.3 Distancia a redes eléctricas vinculadas al SADI

Durante el relevamiento se observó que la distancia aproximada del paraje Laguna Blanca a la línea de media tensión más cercana es de aproximadamente 45 km. La línea corre en forma paralela a la RP 67, desde la localidad de Comallo.

Se observa que la extensión de esta línea podría servir para brindar servicio no solo al paraje Laguna Blanca, sino también a otros parajes como por ejemplo Cañadón Chileno.

7.4 Combustible

Dado que la provincia de Rio Negro posee un contrato con YPF Gas para la provisión de GLP, este será el recurso energético a considerar a la hora de alimentar la generación eléctrica convencional.

8 DISEÑO DEL CENTRO DE GENERACIÓN HÍBRIDA

8.1 Aspectos generales de las micro-redes híbridas

8.1.1 Sistemas de generación híbridos

Las instalaciones híbridas constituyen un sistema de generación que permite optimizar en gran medida la producción de electricidad a partir de energías renovables, como la fotovoltaica y la eólica, combinándolas con las no renovables como el uso de grupos electrógenos diesel. La tecnología actual permite el respaldo en sistemas de almacenaje (baterías), de acondicionamiento de la potencia (inversores, rectificadores, reguladores de carga) y de regulación y control mediante inversores bidireccionales que interactúan en el sistema como gestores de energía.

El objetivo de combinar las fuentes de generación es minimizar a la vez los costes y las emisiones contaminantes que genera la producción de energía en sistemas convencionales aislados de la red eléctrica, además de reducir la energía no suministrada (demandada por los usuarios pero que no puede ser abastecida).

Actualmente se proyectan sistemas híbridos en los que las fuentes renovables y el almacenamiento proporcionan hasta el 80-90% de las necesidades energéticas, dejando al diesel solo una función auxiliar.

La configuración típica de un sistema híbrido es la siguiente:

- Una o más unidades de generación de fuentes renovables.
- Una o más unidades de generación convencional.

- Sistema de almacenamiento.
- Sistemas de acondicionamiento de la potencia.
- Sistema de regulación y control.

8.1.2 Electrificación rural aislada con micro-redes híbridas

Normalmente ante los altos costos de operación y mantenimiento de las usinas eléctricas basadas en motores de combustión interna, la mayoría de los procesos de electrificación rural siguen el modelo de extensión de red, sin embargo esta solución muchas veces no resulta económicamente viable, ya sea por distancias o por la imposibilidad técnica de ofrecer un servicio confiable.

La tecnología renovable basada en sistemas aislados o micro-redes representa una importante revolución tecnológica para aquellas zonas rurales sin acceso a la red eléctrica.

Así pues, la electrificación rural sin conexión a red es un campo extenso y difuso, en el que conviven diferentes tecnologías, recursos energéticos, aplicaciones y condiciones locales. En muchos casos se dan circunstancias que pueden dar una idea de las dificultades que aparecen al trabajar en este entorno: población dispersa, baja demanda eléctrica, ingresos económicos medios bajos y comunicaciones deficientes.

Estos sistemas, que benefician principalmente a los consumidores y al medio ambiente, favorecen la independencia de la red eléctrica y aprovechan de forma más eficaz las energías renovables y los sistemas de almacenamiento.

En resumen, la operación de las unidades de generación eléctrica, almacenamiento y carga como micro-red busca alcanzar los siguientes objetivos:

- Mejorar la eficiencia energética, esto se logra gracias a una planificación y operación adecuada de las unidades de generación y almacenamiento.
- Reducción de emisión de gases de efecto invernadero.
- Incremento del uso de las energías renovables y recursos locales.
- Reducción de los costes de energía.
- Mejora de la Calidad de Suministro.
- Minimización de pérdidas eléctricas, dado que las unidades de generación dispersas operan cerca de las cargas.

La figura 21 presenta un ejemplo de micro-red híbrida aislada.

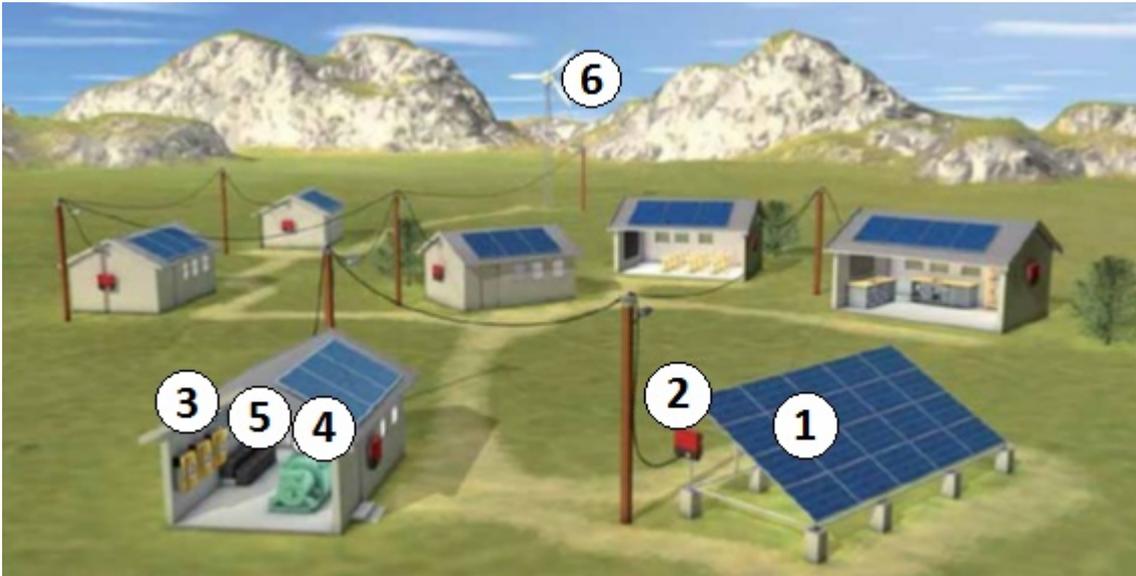


Figura 21 - Ejemplo de micro-red híbrida

- | | |
|----------------------------------|---------------------|
| 1. Módulos solares fotovoltaicos | 2. Inversor solar |
| 3. Equipamiento de control | 4. Generador diesel |
| 5. Baterías | 6. Generador eólico |

8.2 Consideraciones económicas

El análisis del proyecto fue realizado en dólares estadounidenses. Se consideró una inflación anual del 2 % y una tasa del 8 % en dólares. Todos los precios están nacionalizados y no incluyen IVA. Se consideró una vida útil para el proyecto de 20 años.

8.3 Generación solar

El diseño considera el aprovechamiento del recurso solar detallado en el punto 7.1, mediante la utilización de los equipos detallados en el punto 5.3.3.1.2 y la instalación de una planta fotovoltaica de paneles solares multicristalinos, ubicados a nivel de suelo. Cada uno de los paneles adicionales utilizados en la simulación posee las características que se detallan a continuación:

- Potencia Nominal (P_{max}): 330 W
- Tensión a circuito abierto (V_{OC}): 42,4 Vcc
- Dimensiones aproximadas (largo x ancho): 2 m x 1 m
- Vida útil: 80% de potencia a 25 años.

8.4 Generación eólica

El diseño considera el aprovechamiento del recurso eólico detallado en el punto 7.2, mediante la utilización del equipamiento detallado en el punto 5.3.3.1.2 y la instalación de generadores eólicos de las siguientes características:

- Potencia Nominal: 2,4 kW
- Velocidad de viento nominal: 12,5 m/s
- Tipo de hélice: tripala
- Tensión de salida: 48 Vcc.

8.5 Grupo electrógeno

El diseño considera la reutilización del grupo electrógeno trifásico existente, detallado en el punto 5.3.3.1.1. Se buscará mediante el sistema de control, cargando baterías, que el equipo no trabaje en ningún caso por debajo del 30 % de su potencia nominal.

Los grupos existentes son capaces de suministrar el 100 % de la demanda proyectada de ser requerido, y están en aparente buen estado de funcionamiento. Por tal motivo se considera la reutilización de estos componentes, considerando el agregado del equipamiento necesario para que operen en forma automática.

8.6 Banco de baterías

El diseño contempla la utilización de baterías abiertas de plomo-acido de ciclo profundo, para aplicación solar-industrial, conformando un banco de 48 Vcc.

Este tipo de baterías tiene una expectativa de vida del orden de los 15 años, si son utilizadas con un ciclado adecuado, y se lleva a cabo un correcto mantenimiento de las mismas.

El modelo de referencia utilizado en el diseño es la Trojan SIND .06 1225.

8.7 Inversor y gestor de micro-red

Existen en el mercado distintas marcas de equipos que controlan y administran el uso de la energía en sistemas de micro redes. En este trabajo se realizan las simulaciones con equipos de las siguientes características:

- Tensión nominal del bus DC: 48 V
- Tensión nominal del bus AC: 230/400 V

- Tipo de inversor: bidireccional para aceptar generación distribuida
- Rendimiento inversor y cargador: hasta 95%

Sólo serán utilizados en el proyecto modelos de inversores tipo string inverters por el tamaño de proyecto, modularidad y facilidad de mantenimiento. En cuanto a la cantidad de entradas MPPT se requieren al menos 2 entradas por contar el sistema con 2 conjuntos diferentes de paneles.

A los propósitos de control, el modelo de inversor elegido tendrá que controlar su potencia de salida por lectura de frecuencia de red (FSPC - freq shift power control) ya que esta es la forma más simple de evitar sobrecarga de baterías en un sistema aislado.

No será considerado el aprovechamiento del inversor existente debido a que el mismo no cumple con los requerimientos para operar en paralelo con el grupo térmico.

8.8 Esquema de interconexión

Se propone un sistema combinado de energía solar, eólica y GLP respaldado en un banco de baterías. El esquema contempla 2 barras principales, una de corriente alterna (CA) y una de corriente continua (CC), vinculadas entre sí mediante un inversor bidireccional.

El generador GLP y la salida de carga se vinculan a la barra de CA, mientras que la generación solar, la generación eólica y el banco de baterías son vinculados en la barra de CC. Esto se detalla en la figura 22.

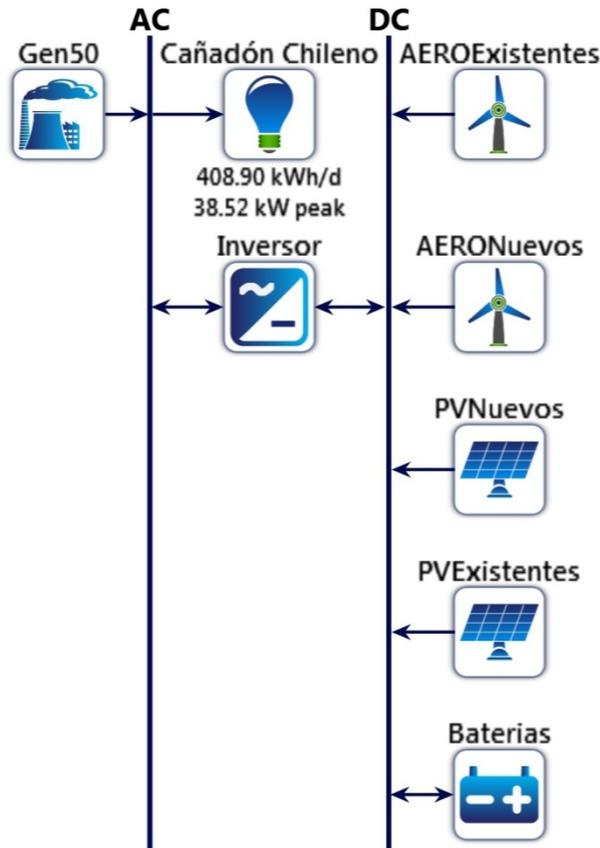


Figura 22 - Esquema de interconexión propuesto

8.9 Estrategias de despacho de energía

Una estrategia de despacho de energía es un conjunto de reglas que rigen el funcionamiento del generador y del banco de baterías. La estrategia de despacho de energía considerada en este trabajo es una combinación de las estrategias ciclo de carga y seguimiento de carga que se detallan en los puntos 8.9.1 y 8.9.2. El software calcula con ambas estrategias y aplica la más conveniente para cada periodo de tiempo.

8.9.1 *Estrategia de seguimiento de carga*

En la estrategia de seguimiento de carga el generador produce sólo suficiente energía para satisfacer la demanda en el momento que éste sea necesario. El seguimiento de carga suele ser óptimo en sistemas con mucha potencia renovable, cuando la salida de energía renovable a veces es superior a la carga.

La estrategia de seguimiento de carga, es una estrategia de despacho de energía en la que cada vez que el generador opera, produce solamente la potencia suficiente para abastecer la carga primaria conectada. Los objetivos

de menor prioridad, como cargar el banco de baterías o se dejan para las fuentes de energías renovables.

Bajo la estrategia de seguimiento de carga, el gestor de energía despacha las fuentes de potencia controlables del sistema (generador y banco de baterías), de manera de alimentar la carga primaria al menor costo total en cada intervalo de simulación, cumpliendo con el requerimiento de reserva operativa. El costo total incluye los costos de combustible, de operación y mantenimiento, y de reemplazo.

Para lograr esto, en la simulación HOMER calcula el costo fijo y el marginal de cada fuente de potencia despachable:

- El costo fijo de un generador, es igual a su costo horario de operación y de mantenimiento más el costo horario de reemplazo, más el costo de su consumo de combustible sin carga. Su costo marginal es igual a la pendiente de su curva de consumo de combustible multiplicada por el precio del combustible.
- El costo fijo del banco de batería es igual a cero y su costo marginal es igual al costo de desgaste de la batería.

Una vez que caracteriza cada una de las fuentes despachables de este modo, HOMER busca una combinación de fuentes de generación que satisfaga la carga primaria, la reserva operativa requerida y la carga térmica al mínimo costo

8.9.2 Estrategia de ciclo de carga

La estrategia de ciclo de carga, es una estrategia de despacho de energía por medio de la cual cuando un generador debe operar para abastecer la carga primaria, éste opera a máxima potencia. La producción excedente de electricidad, se dirige a objetivos de menor prioridad como cargar el banco de baterías.

En la simulación, cuando se emplea la estrategia de ciclo de carga, HOMER despacha las fuentes de energía controlables (generador y banco de baterías) en cada intervalo de tiempo de simulación, mediante un proceso de dos pasos. Primero, HOMER selecciona la combinación óptima de fuentes de energía para servir la carga primaria, de acuerdo con la estrategia de seguimiento de carga. Luego, HOMER aumenta la producción de cada generador en esa combinación óptima hasta su capacidad nominal (o lo más cerca posible) sin generar en exceso.

8.10 Resultados de la simulación de opción optima

La simulación realizada en HOMER da como resultado la siguiente configuración optima:

8.10.1 Generación fotovoltaica existente

La tabla 6 detalla las estadísticas de operación, previstas para la planta fotovoltaica existente, de acuerdo con la simulación óptima en HOMER.

Tabla 6 - Características eléctricas y estadísticas de operación de la planta fotovoltaica

Característica	Valor
Salida mínima	0 kW
Salida máxima	6,29 kW
Capacidad nominal	6,25 kW
Potencia de salida promedio	1,02 kW
Energía de salida promedio diaria	24,50 kWh/d
Horas de operación	4379 h/año
Factor de capacidad	16,3 %
Producción total	8.932 kWh/año

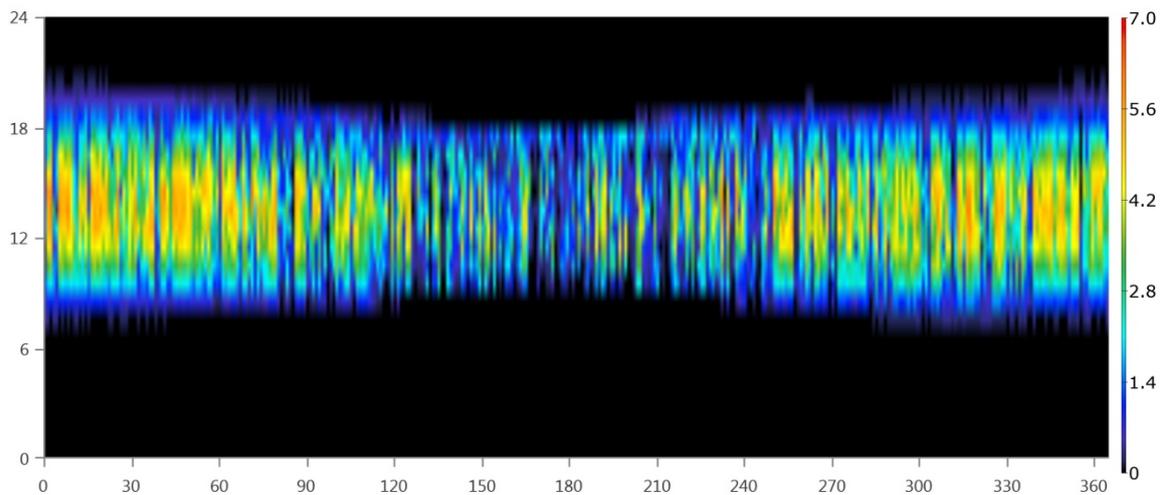


Figura 23 - Generación solar de la planta existente por día del año y hora [kW]

8.10.2 Generación fotovoltaica nueva

La tabla 7 detalla las características del sistema de generación fotovoltaica nuevo que surge como resultado de la simulación óptima en HOMER. Esta resulta de la instalación de la instalación de 261 paneles de las características detalladas en el punto 8.3.

Tabla 7 - Características eléctricas y estadísticas de operación de la planta fotovoltaica

Característica	Valor
Salida mínima	0 kW
Salida máxima	81,4 kW
Capacidad nominal	85,2 kW
Potencia de salida promedio	13,6 kW
Energía de salida promedio diaria	326 kWh/d
Horas de operación	4379 h/año
Factor de capacidad	15,9 %
Producción total	119.045 kWh/d
Costo normalizado	0,0535 u\$/kWh

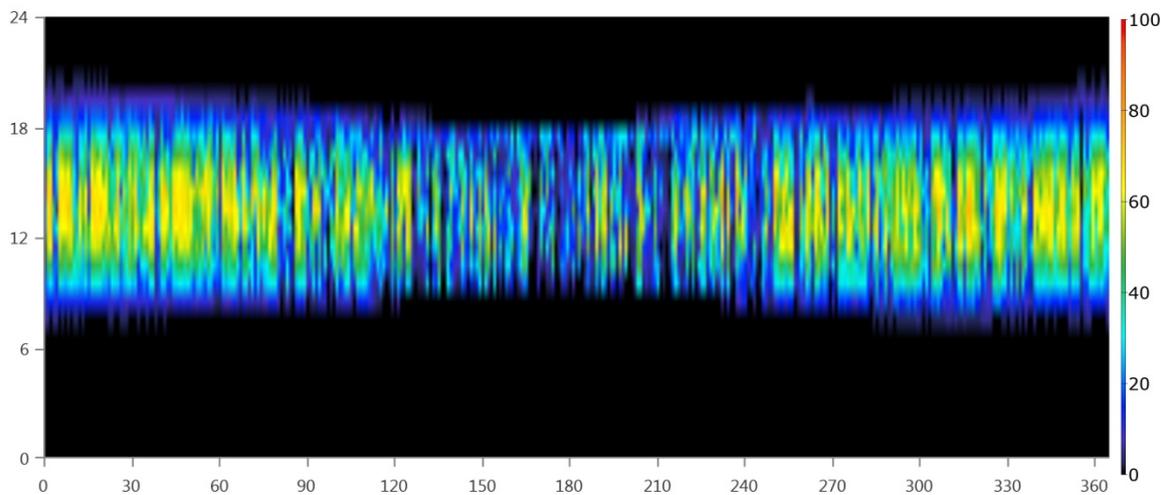


Figura 24 - Generación solar de la planta nueva por día del año y hora [kW]

8.10.3 Generación eólica existente

La tabla 8 detalla las estadísticas de operación del sistema de generación eólica existente, que surgen como resultado de la simulación óptima en HOMER. El gráfico de la figura 25 presenta la generación estimada en función del día del año y la hora.

Tabla 8 - Características eléctricas y estadísticas de operación de la planta de energía eólica

Característica	Valor
Salida mínima	0 kW
Salida máxima	13,9 kW
Capacidad nominal	14,6 kW
Potencia de salida promedio	2,67 kW
Factor de capacidad	18,3 %
Horas de operación	6.843 h/año
Penetración eólica	15,6 %
Producción total	23.354 kWh/d

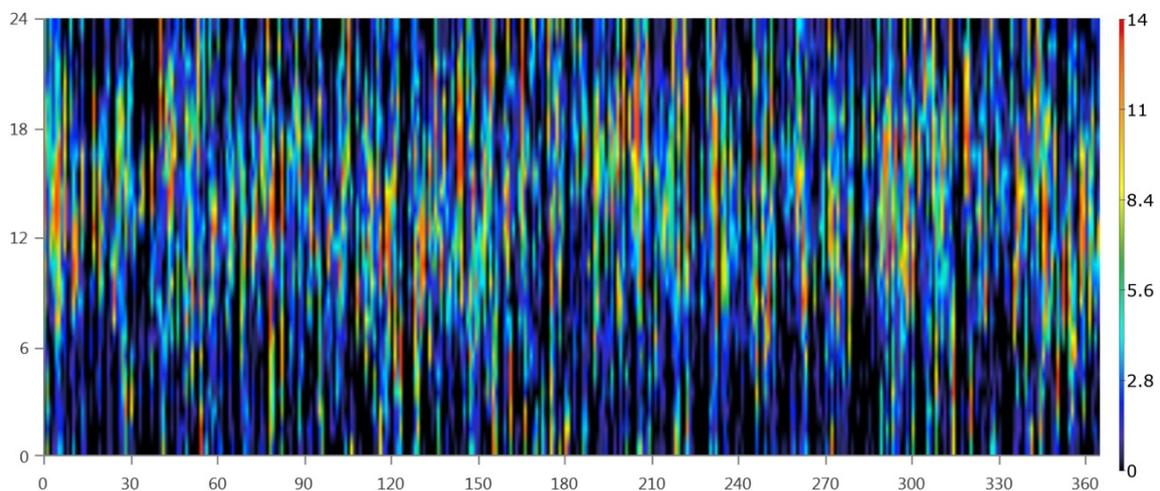


Figura 25 - Generación eólica en función del día del año y la hora [kW]

8.10.4 Generación eólica nueva

La tabla 9 detalla las características del sistema de generación eólica que surge como resultado de la simulación óptima en HOMER. Esta resulta de la instalación de siete aerogeneradores de las características detalladas en el punto 8.4. El gráfico de la figura 26 presenta la generación estimada en función del día del año y la hora.

Tabla 9 - Características eléctricas y estadísticas de operación de la planta de energía eólica

Característica	Valor
Salida mínima	0 kW
Salida máxima	16,2 kW
Capacidad nominal	17 kW
Potencia de salida promedio	3,11 kW
Factor de capacidad	18,3 %
Horas de operación	6.843 h/año
Penetración eólica	18,3 %
Producción total	27.246 kWh/d
Costo normalizado	0,112 u\$/kWh

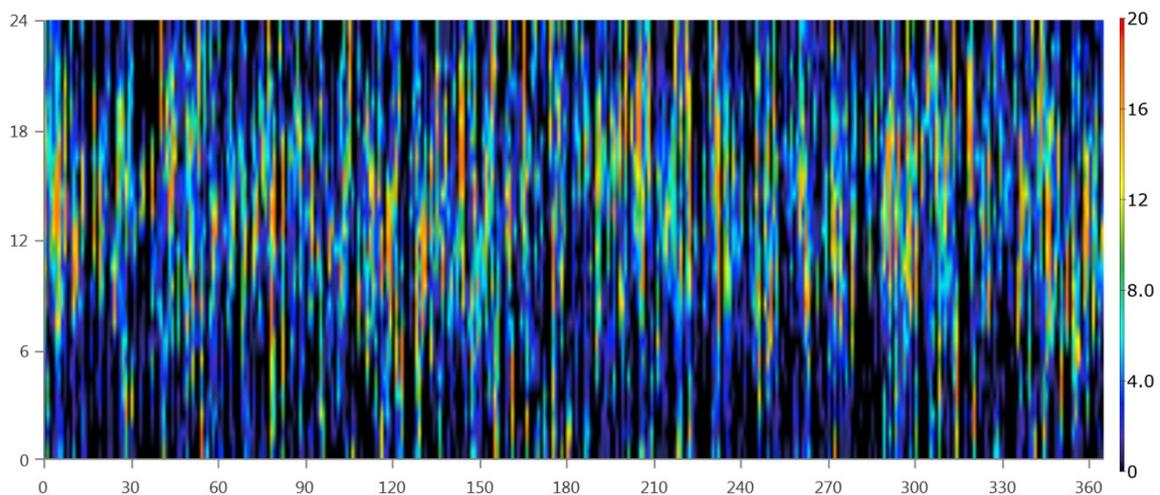


Figura 26 - Generación eólica en función del día del año y la hora [kW]

8.10.5 Generación convencional

La tabla 10 resume las características y condiciones de operación del generador GLP. Se consideró la utilización de los generadores trifásicos, descritos en el punto 5.3.3.1.1. El gráfico de la figura 27 presenta la generación estimada convencional para cada día del año y hora.

Tabla 10 - Características y estadísticas de operación del generador GLP

Característica	Valor
Potencia mínima	12,5 kW
Potencia máxima	48 kW
Potencia nominal	48 kW
Potencia promedio	25,3 kW
Energía generada por año	40.196 kWh/año
Horas de operación	1.588 h/año
Cantidad de arranques por año	555
Costo fijo	4,6 u\$/h
Costo marginal	0,205 u\$/kWh
Consumo de GLP	13.594 kg/año

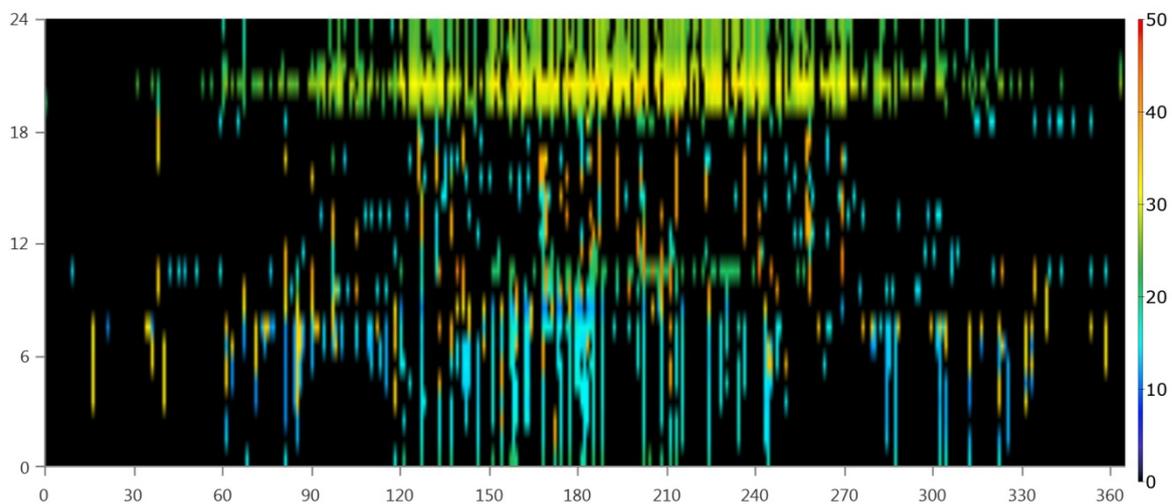


Figura 27 - Generación convencional en función del día del año y la hora [kW]

8.10.6 Inversor

La tabla 11 resume las características y condiciones de operación del inversor bidireccional que surge como resultado de la simulación de optimización en HOMER.

La figura 28 presenta la potencia media de salida del inversor en función del día del año y la hora del día.

La figura 29 presenta la potencia de salida del rectificador en función del día del año y la hora del día.

Tabla 11 - Características y estadísticas de operación del inversor

Característica	Valor
Potencia nominal	22 kW
Potencia media	13,1 kW
Horas de operación	7.172 h/año
Energía de salida	114.697 kWh/año
Energía de entrada	120.734 kWh/año
Pérdidas	6.037 kWh/año

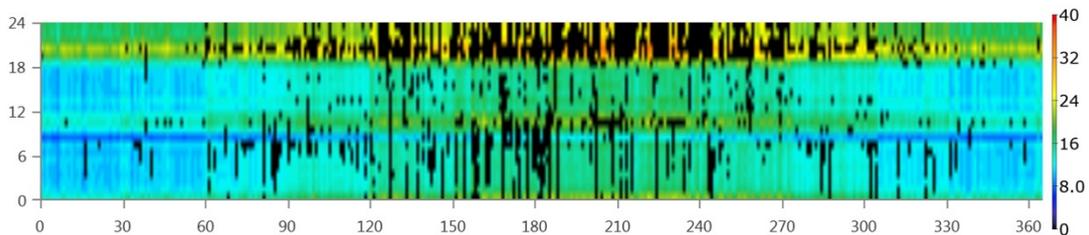


Figura 28 - Potencia en el inversor en función del día del año y la hora [kW]

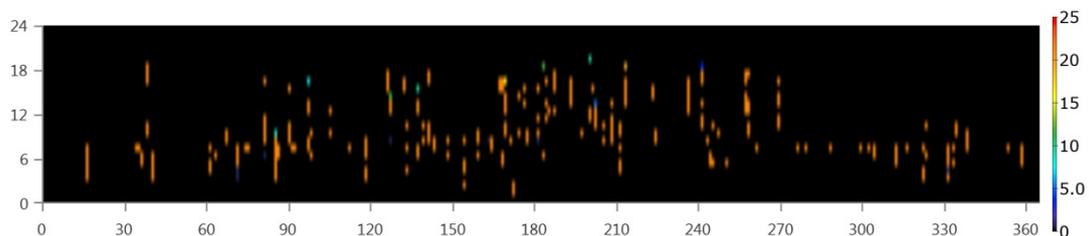


Figura 29 - Potencia en el rectificador en función del día del año y la hora [kW]

8.10.7 Baterías

La tabla 12 resume las características del sistema de almacenamiento de energía en baterías y las estadísticas de operación del banco.

Para lograr una vida útil prologada del banco de batería se limita el estado de carga mínimo al 45%.

Tabla 12 - Características y estadísticas de operación del banco de baterías

Característica	Valor
Cantidad de baterías	120
Baterías por serie	8
Series en paralelo	15
Tensión del banco	48 V
Autonomía del banco	16,1 h
Costo de almacenamiento	0,233 u\$/kWh
Expectativa de vida útil	10 años

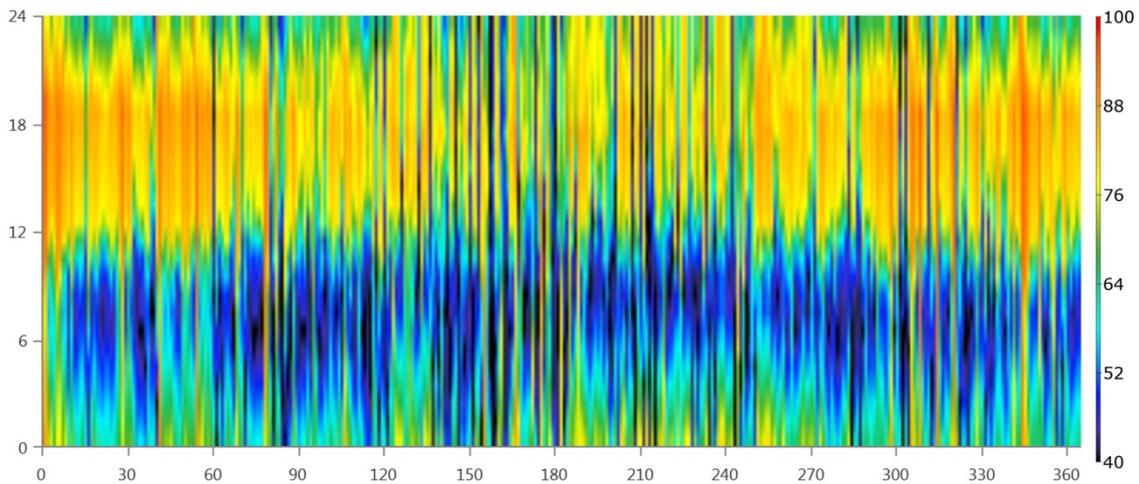


Figura 30 - Estado de carga del banco de baterías según día del año y horario [%]

8.10.8 Obra civil

Según sean las características de los equipos provistos se requiere una obra civil que contará al menos con las dependencias que se detallan entre los puntos 8.10.8.1 y 8.10.8.4.

La Figura 31 presenta un layout básico de las salas a construir.

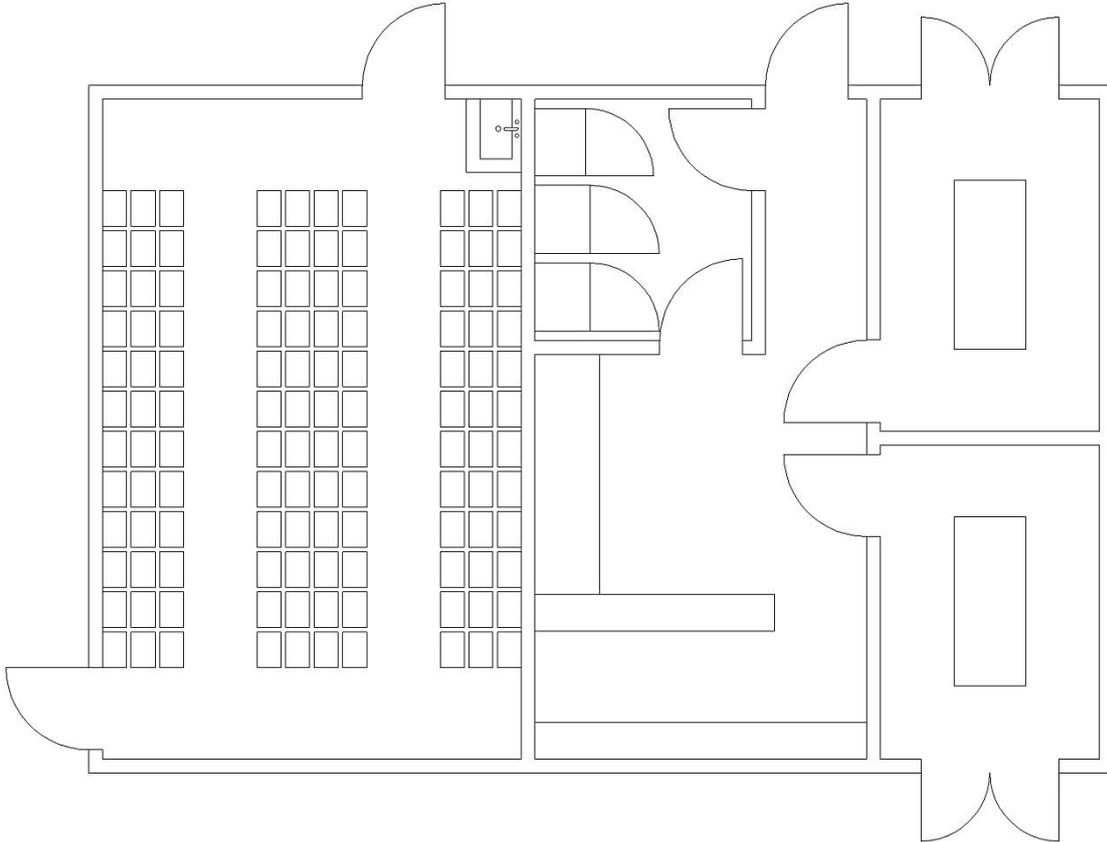


Figura 31 - Planta propuesta para el edificio

8.10.8.1 Sala de Baterías:

Este ambiente se dimensionará de acuerdo a las características particulares de las baterías que se provean, se debe tener especial atención en que el acceso y las maniobras de montaje de los bancos sea posible y con bancos montados sea posible reponer cualquiera las baterías de cada uno de los bancos sin riesgo para la seguridad de los operarios.

Se recomiendan disposiciones que permitan el acceso directo cada batería. Con pasillos y esquinas que permitan el acarreo de una carretilla o Zorra manual adecuada para el traslado de las mismas. Esta sala debe estar adecuadamente ventilada y ser provista de un sistema de detección de hidrógeno permanente.

Los bancos estarán montados en bandejas adecuadas para contener el electrolito en caso de derrame.

Su estructura se calculará considerando el peso de las baterías.

La sala contará con acondicionamiento de temperatura para garantizar el rango óptimo de operación de las baterías que se provean.

La iluminación de esta sala será antiexplosiva.

8.10.8.2 *Sala de tableros reguladores e inversores:*

Esta será una sala limpia, completamente cerrada con aberturas selladas que garanticen el no ingreso de polvo.

Contará con piso liso con cualquier terminación que garantice la no acumulación de polvo, tierra etc. y minimice la generación de electricidad estática.

Esta sala se encontrará adecuadamente aislada/compartimentada respecto a la sala de baterías y sala de motores.

Se dimensionará de acuerdo a las características particulares del equipamiento provisto.

Las paredes deberán diseñarse de forma tal que garanticen el anclaje de tableros su portación y la correcta distribución de bandejas porta cables.

8.10.8.3 *Salas de generadores GLP*

Esta sala será dimensionada en función de las características de los equipos provistos. Dispondrá de espacio para dos motores idénticos. Se dispondrá de las instalaciones de montaje, combustible, gases de escape, facilidades de mantenimiento y acometidas eléctricas para los dos equipos.

Se recomienda el montaje de un monorraíl sobre cada equipo que permita realizar tareas de montaje y mantenimiento.

Se montaran contenedores de derrames apropiados alrededor de cada equipo.

La plataforma de montaje será calculada para el uso considerando cargas y vibraciones.

Esta sala será adecuadamente ventilada por medios naturales y de convección forzada preservando la limpieza.

8.10.8.4 *Taller - Depósito:*

Se dispondrá de un espacio adecuado para realizar tareas de mantenimiento, con mesas de trabajo y elementos de sujeción y manejo de

cargas de hasta 1000 kg. Este será un ambiente permanente para operarios del sistema y eventual para los especialistas de mantenimiento.

Deberá adicionalmente contar con espacio e infraestructura para el almacenaje de repuestos del sistema. Se tendrá en cuenta la posibilidad de almacenar:

- Paneles solares
- Estructuras de montaje de paneles.
- Tableros eléctricos y electrónicos.
- Repuestos de aerogeneradores
- Repuestos de motor.
- Aceite
- Grasas
- Solventes
- Agua destilada
- Cables
- Accesorios de montaje en general (tornillería, ferretería)

8.10.9 Sitio de implantación

La superficie mínima adicional requerida para el nuevo sistema de generación es de 84 m² de nueva edificación y 1.700 m² para la ubicación de paneles.

El sitio de implantación de los equipos de generación propuestos, en principio, podría ser el terreno donde se ubica actualmente la generación eléctrica. La figura 32 ilustra el sitio de implantación propuesto.



Figura 32 - Sitio de implantación

8.10.10 Resumen de costos

La tabla 13 presenta un resumen de los costos actuales netos del proyecto. La tabla 14 presenta los costos anualizados. El gráfico de la figura 33 presenta un resumen de los costos. La figura 34 presenta el flujo de caja nominal, diferenciado por tipo de costo, mientras que la figura 35 presenta el flujo de caja nominal diferenciado por equipo asociado. Todos los valores presentados están en dólares estadounidenses.

Tabla 13 - Costo actual neto

	Capital	Operación y mantenimiento	Reemplazo	Valor residual	Recursos	Total
Baterías	144.000	41.689	106.466	-37.835	0	254.320
Generador GLP	1.000	27.584	25.829	-7.879	118.065	164.599
Aerogeneradores existentes	0	13.370	0	0	0	13.370
Aerogeneradores nuevos	15.050	20.265	0	0	0	35.315
Inversor bidireccional	13050	252	0	-763	0	12.539
Planta fotovoltaica existente	0	231	0	-307	0	-76
Planta fotovoltaica nueva	63.906	9.867	0	0	0	73.773
Proyecto, instalación y puesta en marcha	250.000	0	0	0	0	250.000
Sistema	487.006	113.258	132.295	-46.784	118.065	803.840

Tabla 14 - Costo anualizado

	Capital	Operación y mantenimiento	Reemplazo	Valor residual	Recursos	Total
Baterías	38.400	11.117	17.210	-1.600	0	65.127
Generador GLP	1.000	8.285	0	-1.160	15.272	23.397
Aerogeneradores existentes	0	5.790	0	0	0	5.790
Aerogeneradores nuevos	6.450	8.685	0	0	0	15.135
Inversor bidireccional	4400	84	0	-257	0	4.228
Planta fotovoltaica existente	0	115	0	-117	0	-2
Planta fotovoltaica nueva	19.537	3.016	0	0	0	22.554
Proyecto, instalación y puesta en marcha	110.000	0	0	0	0	110.000
Sistema	179.788	37.095	17.210	-3.135	15.272	246.230

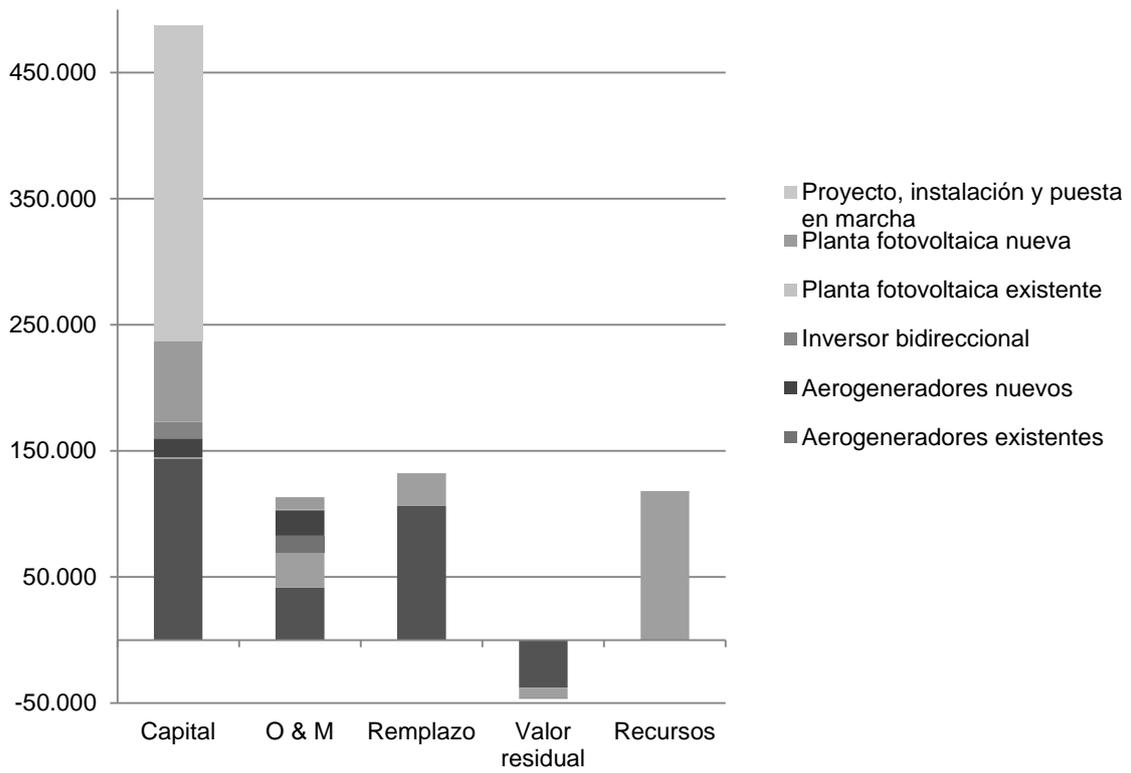


Figura 33 - Resumen de costos

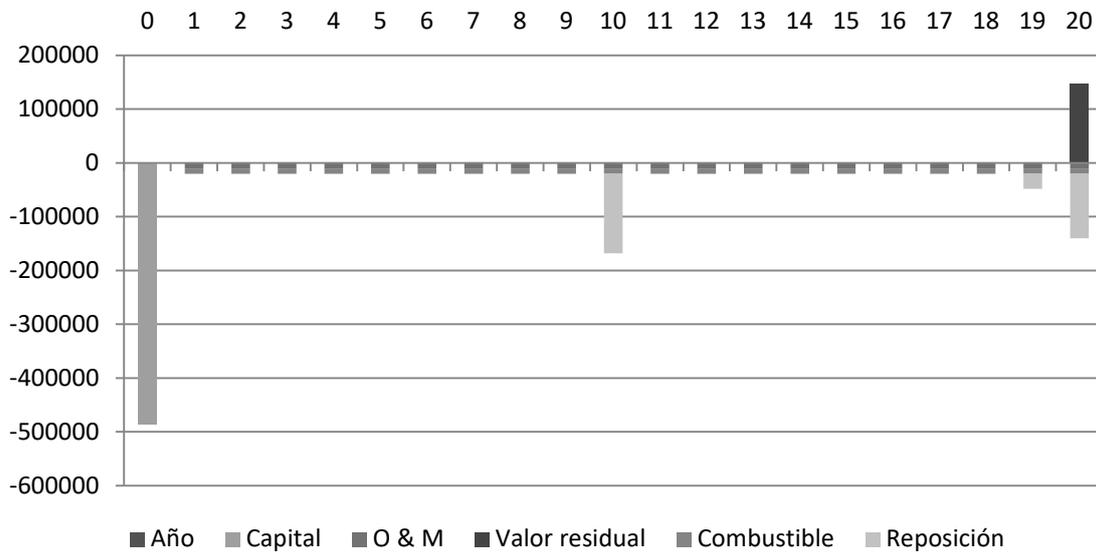


Figura 34 - Flujo de caja nominal por tipo de costo

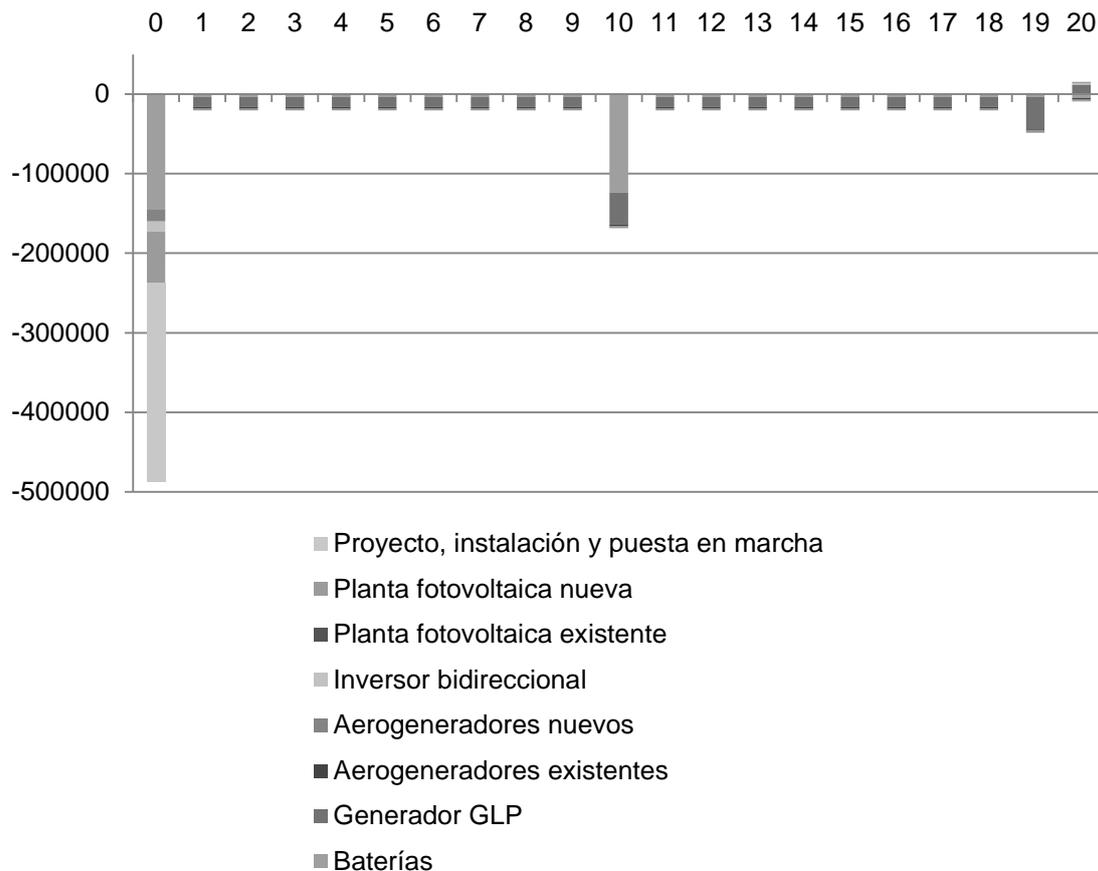


Figura 35 - Flujo de caja nominal por equipo asociado

8.10.11 Comparativa con el caso base

De la comparación entre los flujos de caja de la micro-red híbrida desarrollada en este trabajo y los que corresponden a uno de los generadores GLP existentes, funcionando durante 24 hs al día, surgen los datos de la tabla 15.

En la figura 36 se observan los flujos de caja nominales acumulados de ambas alternativas. En la misma se evidencia que el periodo de recupero simple del proyecto es de 6,6 años aproximadamente. La figura 37 presenta los flujos de caja descontados. En la misma se observa que el periodo de recupero descontado es de 8,5 años.

Se observa en ambos flujos de cajas acumulados un quiebre en la curva de la micro-red alrededor del año 11, esto se debe al remplazo del banco de baterías.

Tabla 15- Resultados económicos en comparación con caso base

Valor actual neto	u\$d 605.921
Retorno de la inversión	85,7%
Tasa interna de retorno	15,14%
Periodo de recupero simple	5,1 años
Periodo de recupero descontado	5,9 años

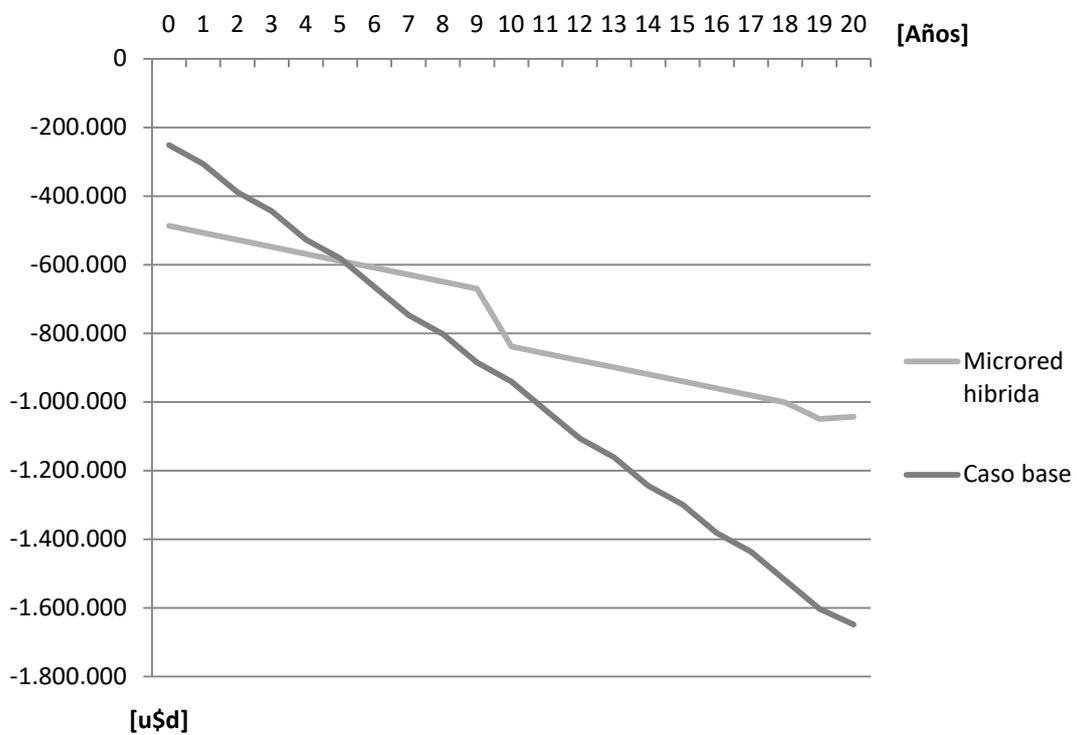


Figura 36 - Flujos de caja nominales acumulados

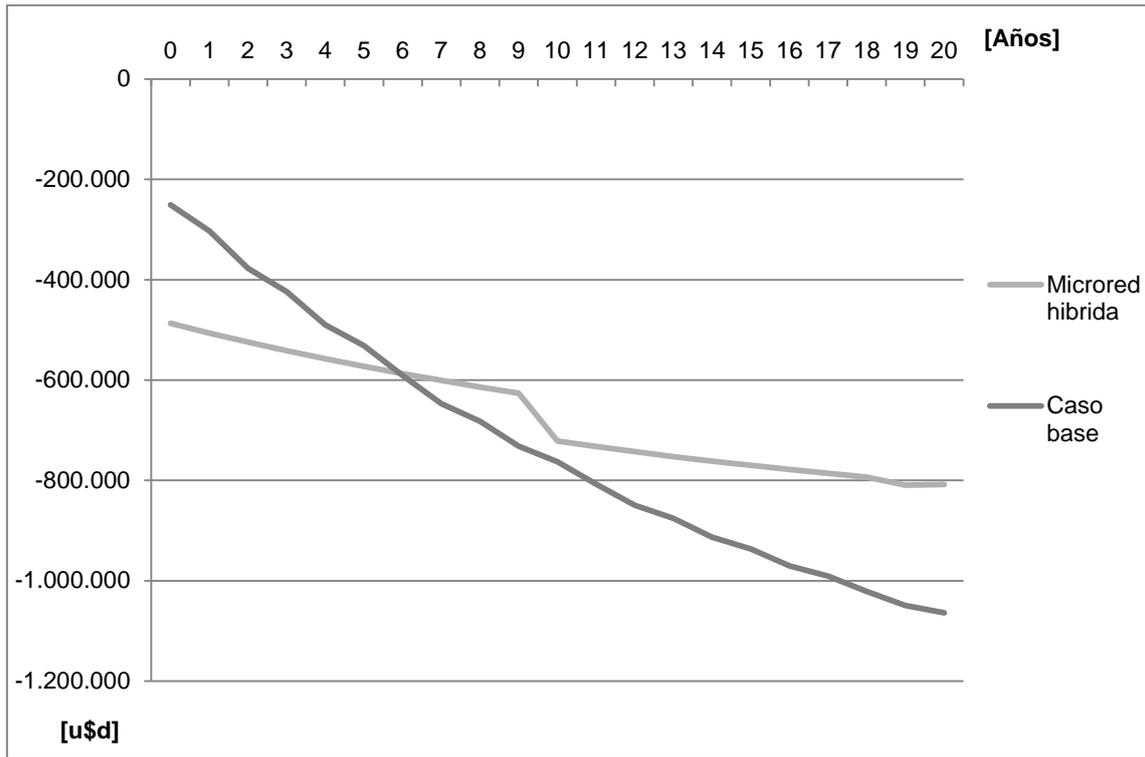


Figura 37 - Flujos de caja descontados acumulados

9 EXTENSIÓN DE LA RED EXISTENTE

Considerando un costo de extensión de la red de media tensión de 13,2 kV existente de 13.000 u\$/km, y la instalación de un transformador trifásico tipo rural de 63 kVA, se estima un costo de extensión de la red de u\$d 610.000.

Si bien la inversión necesaria para la extensión de la red, en principio, sería mayor a la necesaria para la implementación de la microred híbrida, esta merece ser estudiada en detalle porque, por un lado representa un costo menor de operación y mantenimiento, y por otra parte no solo serviría para abastecer la demanda del paraje Laguna Blanca, sino que también podría abastecer al paraje Cañadón Chileno, evitando así la inversión necesaria para la microred de ese paraje, y haciendo tornando así el capital necesario para la instalación de ambas microredes del mismo orden del requerido para la extensión de la red.

Esta posibilidad debe ser validada con la empresa distribuidora.