

PROVINCIA DE RIO NEGRO

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

PROYECTO DE RE-FUNCIONALIZACIÓN DE
MICRO-CENTRALES HIDRÁULICAS ZONA ANDINA
Y ESTUDIO DE DEMANDA ELÉCTRICA Y
PROYECTO DE MICRO-RED ABASTECIMIENTO
PARAJE NAUPA HUÉN.

TOMO 1:
ESTUDIO DE DEMANDA ELÉCTRICA Y
PROYECTO DE MICRO-RED ABASTECIMIENTO
PARAJE NAUPA HUÉN

INFORME FINAL

NOVIEMBRE 2016

MAURICIO SCHNEEBELI
GONZALO RODRIGUEZ

1 ÍNDICE.

1	ÍNDICE.	2
2	ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.	4
3	ÍNDICE DE TABLAS	5
4	RESUMEN	7
5	INTRODUCCIÓN	10
6	NAUPAHUEN HOY, RESULTADOS DEL RELEVAMIENTO.	12
6.1	Generalidades	12
6.2	Población	13
6.3	Servicios públicos.	16
6.3.1	Agua.	16
6.3.2	Calefacción.	16
6.3.3	Electricidad.	17
6.4	Medición de demanda actual.	23
6.5	Análisis de recursos energéticos en sitio	25
7	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA.	27
8	DISEÑO DEL CENTRO DE GENERACIÓN PARA LA MICRORED HÍBRIDA DEL PARAJE NAUPAHUEN	34
8.1	Micro-redes híbridas: generalidades.	34
8.1.1	Sistemas de generación híbridos.	34
8.1.2	Sistemas híbridos a pequeña escala. Micro-redes	34
8.1.3	Electrificación rural aislada con micro-redes híbridas	35
8.2	Consideraciones económicas.	36
8.3	Recurso eólico	38
8.4	Distribución mensual de velocidades medias.	38
8.4.1	Variación del recurso eólico según la altura	38
8.5	Recurso solar.	39
8.6	Esquema de interconexión propuesto	39
8.7	Estrategias de despacho de energía	40
8.7.1	Estrategia de seguimiento de carga	40
8.7.2	Estrategia de ciclo de carga	41
8.8	Características de los componentes del sistema	42
8.8.1	Inversor y gestor de micro-red	42
8.8.2	Banco de baterías	42

8.8.3	Grupo electrógeno	43
8.8.4	Generación solar	43
8.8.5	Generación eólica	43
8.8.6	Tipo de inversores solares a red	43
8.8.7	Tipo de reguladores de carga	44
8.9	Resultados generales de la simulación	45
8.10	Resultados de la Opción óptima para la combinación solar eólica GLP.	45
8.10.1	Dimensionado.	45
8.10.2	Resumen de costos	46
8.10.3	Síntesis de modos de generación.	47
8.10.4	Parámetros de operación del grupo electrógeno 75KW	47
8.10.5	Parámetros de operación del Banco de baterías:	48
8.10.6	Parámetros de operación del generador PV en barra de CA:	48
8.10.7	Parámetros de operación del generador PV en barra de CC.	49
8.10.8	Parámetros de operación del generador eólico:	49
8.10.9	Parámetros de operación del inversor bidireccional	50
8.11	Resumen de costos inversión inicial.	51
8.12	Plan de obra.	52

2 ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 19: Distribución mensual de la energía para la carga diferida. Ordenadas: Energía en Kwh.....	8
Ilustración 1: Panorámica del centro urbano.....	12
Ilustración 2: principal actividad la ganadería ovina y caprina en un régimen de subsistencia.....	13
Ilustración 3: Construcción típica en adobe.	13
Ilustración 4: Relevamiento Poblacional centro de salud Naupahuén.....	14
Ilustración 5: Relevamiento Poblacional centro de salud Naupahuén.....	15
Ilustración 6: Tanques de almacenamiento de agua Naupahuén.	16
Ilustración 7: Generador sistema de bombeo.	16
Ilustración 8: Depósito de GLP domiciliario.	17
Ilustración 9: Placa de datos grupo generador diesel en operación actual.	18
Ilustración 10: Usina actual vista exterior.....	19
Ilustración 11: Grupo generador en operación.....	20
Ilustración 12: Tablero de protecciones y maniobras actual.....	20
Ilustración 13: nodo de inyección y distribución principal.	21
Ilustración 14: Ejemplo de bajada eléctrica residencial existente.....	22
Ilustración 15: Ejemplo de bajada eléctrica residencial existente.....	22
Ilustración 16: Sitio seleccionado para el montaje de todos los componentes de generación.....	26
Ilustración 17: mapa de colores abscisas: días, ordenadas: horas, color: energía en Kwh.....	31
Ilustración 18: Distribución horaria mes a mes del consumo abscisas: horas, ordenadas energía KWh	32

Ilustración 19: Distribución mensual de la energía para la carga diferida. Ordenadas: Energía en Kwh.....	33
Ilustración 20: Ejemplo de micro-red híbrida típica	36
Ilustración 21: Esquema de interconexión.	40
Ilustración 22: Resumen de costos por componente	46
Ilustración 23: Generación mensual por fuente.	47
Ilustración 24: parámetros de operación grupo electrógeno.....	47
Ilustración 25: parámetros de operación banco de baterías.....	48
Ilustración 26: Parámetros de operación generador solar en barra de CA.	48
Ilustración 27: Parámetros de operación generador solar en barra de CC	49
Ilustración 28: Parámetros de operación generador eólico en barra de CC	49
Ilustración 29: Parámetros de operación Inversor bidireccional.	50

3 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros eléctricos registrados durante el relevamiento.....	23
Tabla 2: Energía horaria promedio consumida durante el relevamiento.....	27
Tabla 3: Ponderación para la energía mensual según Homer Energy, Mes base: octubre.....	27
Tabla 4: Distribución horaria del Consumo en KWh actual mas luminarias.....	28
Tabla 5: Resultados censo INDEC 1991-2001-2010.....	29
Tabla 6: Proyección demográfica INDEC Departamento El Cuy 2010-2025.	29
Tabla 7: Cantidad de usuarios Prov de Rio Negro. Fuente: Ministerio de energía y minería de Argentina.....	30
Tabla 8: Crecimiento interanual promedio según las distintas fuentes analizadas.	30
Tabla 9: Ponderación considerada para los índices de crecimiento poblacional interanual analizados.	31

Tabla 10: Expectativas de inflación.....	37
Tabla 11: Expectativas de tasa	37
Tabla 12: Velocidades medias de viento distribución mensual	38
Tabla 13: Radiación solar disponible, distribución mensual	39
Tabla 14: Resultados de la simulación filtrados y ordenados por costo nivelado de energía.	45
Tabla 15: Resumen de costos por componente y tipo de costo	46
Tabla 16: Costos de la inversión inicial	51
Tabla 17: Cronograma de obra.	52

4 RESUMEN

Naupahuén es un paraje rural de la provincia de Rio Negro, Aislado del sistema interconectado eléctrico Nacional.

Actualmente sus 122 unidades habitacionales y 6 edificios públicos se abastecen de energía eléctrica desde un grupo electrógeno a gasoil que opera en modo intermitente energizando al paraje entre 8 y 14 hs diarias según sea la disponibilidad de combustible. El agua de consumo y riego se bombea desde el río Limay hasta el punto más alto del paraje implicando un costo energético de magnitud comparable al consumo eléctrico doméstico.

El consumo total de combustible del sistema Naupahuén es de 23 l/h.

Debido al alto costo de operación y mantenimiento y lo no satisfactorio 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 de continuo (24h/día).
- Que el combustible utilizado sea al menos el 65% inferior al que se debiera usar si operara el grupo diesel solo.
- Que el grupo térmico no opere más de 2500 hs al año.
- Que el valor actual Neto del sistema sea el óptimo de las alternativas de combinación dimensional que se simulen, con un plazo de recuperación (payback) 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 519.74 KWh/día con un pico de potencia demandado de 47.2KW.

Adicionalmente se incorporó al centro de consumo la demanda del sistema de bombeo y potabilización de agua que se consume en el paraje, como una carga diferida.

Con el siguiente perfil mensual de demanda

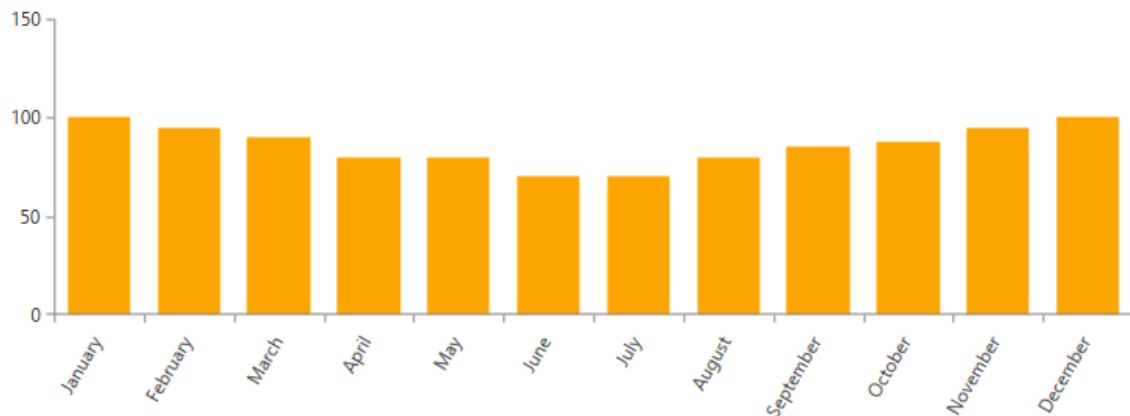


Ilustración 1: Distribución mensual de la energía para la carga diferida. Ordenadas: Energía en Kwh

Finalmente en base a este centro de consumo se analizan diversas configuraciones de generación, combinando Aerogeneradores y Paneles solares fotovoltaicos formando un sistema híbrido con un grupo electrógeno con motorización a combustión interna de Gas Licuado de Petróleo respaldado en inversores bidireccionales con base en un banco de baterías OPzS.

La optimización da como resultado un sistema trifásico compuesto por una fuente eólica de 50KW (Nominales) aportando energía a la barra de DC, una fuente solar de 70 KWp Aportando 50KWp a la barra de AC y 20KWp a la barra de AC, baterías en 48VCC por 4.500AH para cada fase, Inversores bidireccionales por 16Kw para cada fase y sincronizados entre sí formando un sistema trifásico 3x220V, todo operando contra un grupo GLP de 75KW.

El análisis del caso óptimo es comparado contra el caso base representado solo por un grupo con motorización a combustión interna de Gas Licuado de Petróleo operando de continuo y optimizando el consumo que representa el bombeo de agua a efectos de cubrir los valles de demanda sin necesidad de lastrar con carga fantasma al motor.

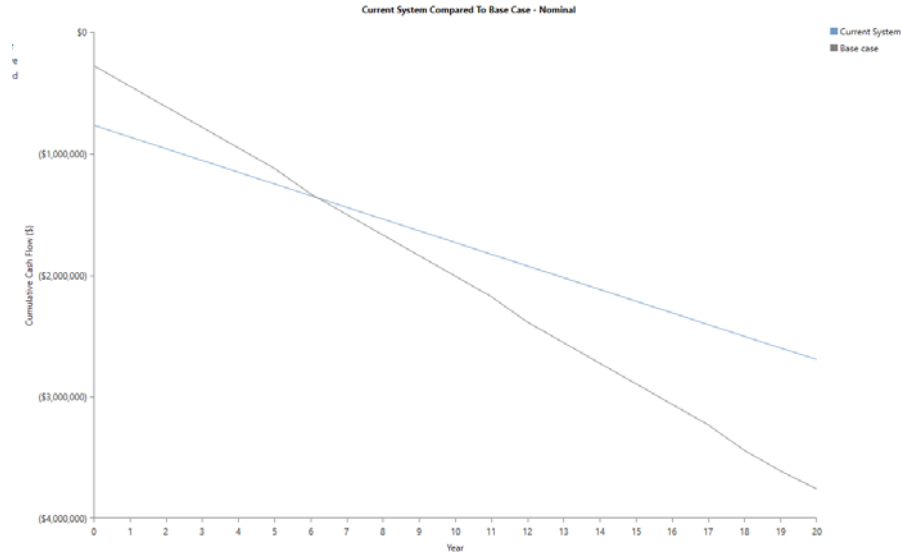
Los resultados para el caso óptimo con una inversión inicial de U\$S 767.294 son:

- Consumo de 28.151 lit/año de Gas Licuado de Petróleo.
- Tiempo de operación del grupo electrógeno 2285 hs/año

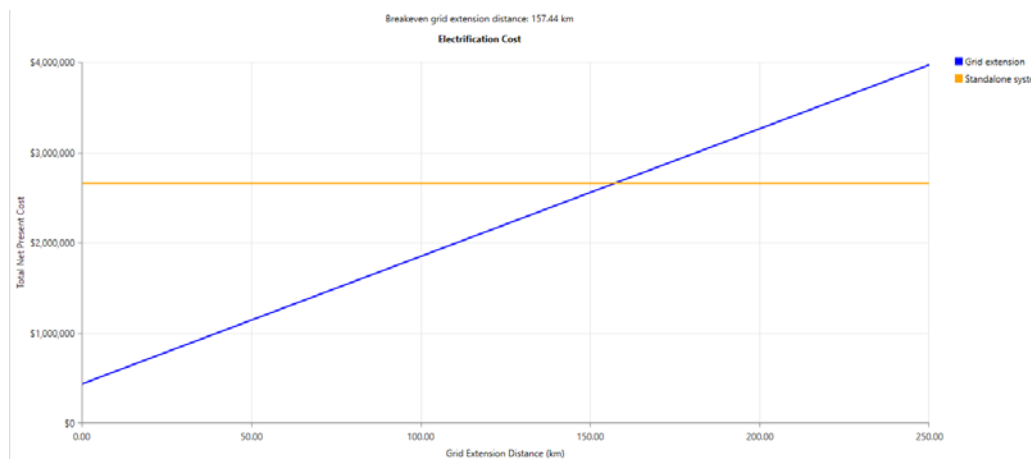
Mientras que para el sistema operando de continuo solo con grupo electrógeno:

- Consumo de 82.917 lit/año de Gas Licuado de Petróleo.
- Tiempo de operación del grupo electrógeno 8760 hs/año

. Esto garantiza un payback de 6.2 años en la curva de gastos acumulativos que tiene en cuenta el capital inicial, la operación y el mantenimiento en un proyecto a 20 años.



También se compara el resultado con la extensión de una red de media tensión, dando un breakeven de 157.44km. El caso posible de extensión de línea presenta una distancia a recorrer desde la estación transformadora Allen hasta Naupahuén de 256km.



Se debe tener en cuenta que por la distancia a recorrer, la ecuación de Alfred Still recomienda una tensión de transmisión de al menos 70KV, este análisis a priori invalidaría la transmisión en media tensión aunque el bajo requerimiento en cuanto a potencia amerita un análisis más detallado, el precio de referencia tomado fue de U\$S/Km11.000 considerando una línea de 33KV como la mayor tensión estándar en media tensión en la región, pasar a 132KV parte de una base de U\$S3.500.000 en ET y U\$S/Km150.000 lo que deja esta opción fuera de análisis.

5 INTRODUCCIÓN

El consejo Federal de Inversiones de la República Argentina, a solicitud de la Secretaría de Energía de la Provincia de Río Negro, encomienda a INVAP Ingeniería según contrato de obra Exp N° 15597 11-01, diseñar una micro-red Híbrida de fuentes energéticas: solar, eólica e hidrocarburo, que satisfaga la demanda energética del Paraje Naupahuén.

Naupahuén es un paraje rural de la provincia de Río Negro, Aislado del sistema interconectado eléctrico Nacional.

Sus Actuales 122 unidades habitacionales y 6 edificios públicos se abastecen de energía eléctrica desde en grupo electrógeno actualmente a gasoil que opera en modo intermitente energizando al paraje entre 8 y 14 hs diarias según sea la disponibilidad de combustible. A esta situación se suma la necesidad de bombear el agua de consumo y riego, desde el río Limay hasta el punto más alto del paraje implicando un costo energético de magnitud comparable al consumo eléctrico doméstico. El bombeo también se resuelve con generación eléctrica propia desde un segundo grupo electrógeno a Gasoil.

El consumo de combustible actual del sistema Naupahuén es de 23 l/h.

En usinas térmicas aisladas, el precio de la energía (\$/KWh) no solo es afectado por el alto costo del combustible, que incluyen el valor del mismo en surtidor más los costos asociados al acarreo y almacenamiento de un stock prudencial; sino también por la operación y el mantenimiento técnico de los motores de combustión interna, que representan del orden de 3 veces el costo de combustible.

Ante esta situación se busca una alternativa que permita optimizar las horas de operación del grupo térmico en función de sus costos de operación y mantenimiento incorporando fuentes de generación de base renovable, observando fundamentalmente:

- Que la operación de la usina sea de continuo (24h/día).
- Que el combustible utilizado sea al menos el 65% inferior al que se debiera usar si operara el grupo diesel solo.
- Que el grupo térmico no opere más de 2500 hs al año.
- Que el valor actual Neto del sistema sea el óptimo de las alternativas de combinación dimensional que se simulen, con un plazo de recuperación (payback) 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.

El objetivo del presente trabajo es realizar el anteproyecto de construcción de una micro red con generación aislada híbrida solar-eólica-hidrocarburo para dar respuesta a la demanda de energía del paraje Naupahuén de la provincia de Rio Negro.

Para lograr esto se realizarán las siguientes tareas:

- Diagnosticar la situación actual del paraje en términos eléctricos.
- Medir y parametrizar la demanda eléctrica local.
- Parametrizar los recursos energéticos disponibles.
- Diseñar una micro red estable y acorde a los requerimientos energéticos exigidos.
- Diseñar un esquema de generación aislada híbrida (solar – eólica – hidrocarburo).
- Elaborar un esquema de generación y distribución aislada replicable en otros parajes.

En este informe, se presenta el desarrollo de todas las tareas previamente listadas, en primer lugar en el apartado 6 “Naupahuén Hoy resultados del relevamiento”, se expone el resultado del relevamiento de campo con un diagnóstico de la situación actual, todo respaldado de un registro fotográfico que ilustra evidencia las principales consideraciones expuestas. En el apartado 7 “Proyección de la demanda”, se realiza un análisis desde los datos medidos en el relevamiento con la incorporación de una red de luminarias públicas y llevándolos a la situación estacional por medio del modelo de ponderación propuesto por Homer Energy para comunidades rurales, luego se toman distintas consideraciones de crecimiento demográfico desde fuentes oficiales como el INDEC y el ministerio de energía de la nación y se realiza un promedio ponderado de todos los datos tenidos en cuenta a los fines de referenciar un valor de crecimiento interanual proyectado que nos permita tomar decisiones respecto al periodo de proyección de la demanda a tener en cuenta. Finalmente en el apartado 8 “Diseño del centro de generación para la micro-red híbrida del paraje Naupahuén” se muestra el resultado de simulación optimizado mediante Homer Energy lo que configura el diseño dimensional del centro de generación híbrido para la microred aislada del paraje Naupahuén.

6 NAUPAHUEN HOY, RESULTADOS DEL RELEVAMIENTO.

6.1 Generalidades

En la semana del 3 de octubre del corriente año 2016, se visitó la localidad de Naupahuén, un paraje rural perteneciente al departamento El Cuy de la provincia de Río Negro ubicado en coordenadas -39.829924, -69.508362.

Se accedió desde el puente aguas debajo de la Central Hidroeléctrica Pichi Picún Leufú por un camino consolidado que hace sus primeros kilómetros bordeando el río Limay.

El centro urbano del paraje tiene un desarrollo norte sur de 2km y este oeste de 1 km siendo el límite norte la costa del río Limay, se destaca que el área de mayor densidad se ubica al sur en una extensión aproximada de 1 km norte-sur por 0.5 km este-oeste.



Ilustración 2: Panorámica del centro urbano.

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 y

caprina en un régimen de subsistencia y en general las mujeres son amas de casa dedicándose a las tareas domésticas de un hogar de campo.



Ilustración 3: principal actividad la ganadería ovina y caprina en un régimen de subsistencia.

En cuanto al régimen habitacional existe un alto porcentaje de viviendas de construcción muy precaria prevaleciendo la construcción con ladrillos de adobe y pisos de cemento alisado o de tierra.



Ilustración 4: Construcción típica en adobe.

6.2 Población

Ante la consulta con los referentes de la comisión de fomento de la existencia de algún relevamiento poblacional actualizado, se nos invita al centro de salud donde los agentes tienen un relevamiento actualizado hecho por ellos mismos. Este relevamiento

está actualizado a la fecha de nuestra visita con algunas observaciones respecto a 8 casas de ocupación transitoria que pasan a ser de ocupación permanente.

Este relevamiento lo mantienen permanentemente los agentes de salud y es la única referencia documental de población en la comuna. Formalmente existe además el censo 2010 del INDEC.



Ilustración 5: Relevamiento Poblacional centro de salud Naupahuén.

1 MOTOR DE AGUA	43 CAYUMIL GLADIS	115 LAVADERO
2 LANCHEROS	59 MORALES HUGO	116 MARTINEZ
3 ULLOA	60 PEREZ HERNESTO	117 REINAO ANGELICA
4 NASUL	61 MORENO JUAN	118 REINAO YOLANDA
5 MARIELA VIDAL	62 IRANO BEZPALKO	119 PEREZ AMALIA
6 CASAHAYON SAIL	63 SANCIBAL GERARDO	120 MORENO
7 INSULSA (COMUNA)	64 REINAO OLGA	121 TERRENO EN CONSTRUCCION
8 VIDAL	65 TINGIADO	122 AGUERRE JESUS
9 SOTO SILVIA	66 PALLAQUEO IRMA	123 REINAO ABEL
10 CURUCHET	67 CARINAO LUCHO	124 CASAHAYON FRANCISCO
11 ASTUDILLO OSCAR	68 VILCAVIL CHILO	125 PAREDES JUAN
12 CHILE	69 SUN	126 SOTO ALICIA
13 CARUZ GLADIS	70 MOTOR DE LUZ	127 CASTILLO GUHERINDO
14 HERNANDEZ RUDE	71 VIDAL CLAUDIO	128 INDAVER MARCOS
15 ARDCA FERNANDO	72 ECO VERDES	129 CAYUMIL NONI
16 GUILAPI JESUS	73 COMUNA	130 FERNANDEZ ROLANDO
17 CLAUDIO AMANDA	74 SALON VIEJO (COMUNA)	131 FERNANDEZ ROLANDO
18 TALQUINO	75 BUSTAMANTE TEFILO	132 GONZALES ARIEL
19 CAPILLA	76 GARAJE (SALA)	133 PUENTES WUNTER
20 REINAO ANGELITO	77 FUENTES SILVANA	134 HUENTENAO ANGEL
21 REINAO GERARDO	78 TONSECA OSCAR	135 MONTIYA HECTOR
22 CASTILLO JUANA	79 RICARDO	136 HUAYQUINAO SOFIA
23 PEREZ AZUCENA	80 TERRENO COMUNA	137 PEREZ RAUL
24 RODRIGUEZ CARLOS	81 CASTEBLANCO FICO	138 PICHIRUINCA FLORIANA
25 VALENTIN DINAMARCA	82 SOTO SIXTO	139 VELAZQUE ADORA
26 CANCHA FUTBOL	83 CASTEBLANCO CARLOS	140 REYES DILHA
27 CANALES	84 ASTUDILLO ALEURO	141 MORENO EDUARDO
28	85 VERA JUAN	142 NAHUEL FLORENTINO
29 BUSTAMANTE MARIA	86 VERA LUISA	143 NANCO MARGARITA
30 FIGUEROA CACHAN	87 ASTUDILLO JESU DEL CACHAN	144 MUÑOZ MIGUEL
31 FIGUEROA MIGUEL	88 CANALES LUIS	
32 FIGUEROA ROSEN	89 IGLESIA	6 EDIFICIOS COMUNA
33 FIGUEROA OSVALDO	90 CASTEBLANCO CARLOS	41 CASAS HABITADAS TRANSITORIAS
34 FIGUEROA NESTOR	91 CARUZ HUGO	
35 FIGUEROA MAGALI	92 COMISARIA	70 CASAS HABITADAS PERMANENTES
36 FIGUEROA FABIO	93 CASAHAYON SANDRO	
37 FIGUEROA BLANCA	94 REYES GERONIMO	4 CASAS DESABITADAS
38 FIGUEROA	95 DEPOSITO URQUIZA	
39 CASTILLO DELFINA	96 REYES CARLOS	15 CASAS EN CONSTRUCCION
40 CASTILLO OCTAVIO	97 GALPON URQUIZA	
41 REYES ANDREA	98 NEGOCIO URQUIZA	
42 REINAO JOSE	99 ASTUDILLO JOSE	
43 CARUZ CRISTINA	100 REYES DINA	
44 RODRIGUEZ TEREZA	101 REYES VIKTOR	
45 CASA PREFABRICADA	102 PAREDES PEDRO	
46 NAHUEL IRENE	103 CASTILLO CLAUDIO	
47 CASTILLO CLAUDIA	104 PAREDES RONY	
48 PAINEVIL	105 COMERIA	
49 PARA ELSA	106 CASTILLO CLAUDINO	
50 CANALES HECTOR	107 IGLESIA	
51 BEZPALKO LUIS	108 SALGADO MARIO	
52 MELLAO	109 CASTILLO GUILLERMO	
53 CLAUDIO ASTUDILLO	110 FIGUEROA FERNANDO	
54 CAYUMIL ALBINO	111 CASTILLO NICO	
55 GUILAPI EUSEBIA	112 FERREIRA	
56 BEZPALO	113 BRAVO CELESTINO	
57 GONZALES ANDRA	114 LEIVA	

Ilustración 6: Relevamiento Poblacional centro de salud Naupahuén.

6.3 Servicios públicos.

6.3.1 Agua.

El abastecimiento de agua para consumo y riego se realiza desde dos tanques ubicados en la parte más alta al sur del paraje, estos tanques se llenan con bombeo de pozo en una instalación a pocos metros del río Limay.



Ilustración 7: Tanques de almacenamiento de agua Naupahuén.

El sistema de bombeo actualmente tiene su propio generador eléctrico, un grupo diesel motorizado Deutz de 36 KW con generador marca Cramaco.

Se midió el consumo en operación arrojando un valor de 11KWh.



Ilustración 8: Generador sistema de bombeo.

Por dichos del lugareño operador del sistema, el equipo marcha durante 8hs diarias para sostener el consumo con una demanda de gasoil de 7 l/h. Se debe tener en cuenta que se observa una pérdida de agua importante en la impulsión antes del clorificador.

6.3.2 Calefacción.

La calefacción se resuelve en 84 unidades habitacionales con sistemas a gas envasado, el GLP es provisto por el estado a través de un convenio con YPF gas y sin

costo para el usuario, en aquellas casas que no se ha realizado la conexión de gas, la calefacción es por combustión de leña.

Se observa como de suma importancia cubrir las unidades habitacionales que aún no cuentan con su sistema de gas envasado, puesto que al carecer de este suministro en épocas de invierno se refuerza la calefacción a leña con estufas eléctricas y estas implican una fuerte demanda que de ninguna manera debería ser cubierta por una micro-red aislada.



Ilustración 9: Depósito de GLP domiciliario.

6.3.3 Electricidad.

Respecto al sistema de generación y transmisión de energía eléctrica, se pudieron observar cuestiones que resultan alarmantes. Lo observado al respecto se puede resumir en los tres siguientes puntos:

- Las soluciones “de compromiso” implementadas que mantienen energizado el paraje, carecen plenamente de algún grado de aptitud técnica.
- En términos generales la instalación eléctrica desde la generación hasta los puntos de consumo constituye un alto riesgo poniendo en peligro la seguridad de los pobladores y sus propiedades.
- La salida de servicio del grupo a gas obliga a la comisión de fomento a proveer de gasoil el generador que se puso transitoriamente como reemplazo, mientras el sistema operaba a GLP la provisión de combustible se realizaba mediante acuerdo con YPF Gas sin que esto significara una erogación de dinero por parte de la comuna, este hecho ha distorsionado la disponibilidad de fondos para gastos corrientes de la Comisión de Fomento lo que ocasiona un evidente malestar general.

En los últimos años el paraje se abastecía de energía con un generador eléctrico a gas de 100KVA ubicado en la Escuela del pueblo, este grupo alguna vez contó con el respaldo, por salidas de servicio, de un grupo diesel de 50KVA este último al momento de nuestra visita se encontraba fuera de funcionamiento sin diagnóstico.

El grupo a gas hace unos meses tuvo una falla catastrófica que lo dejó fuera de funcionamiento. Al quedar fuera de servicio el grupo electrógeno a Gas, en el paraje está operando un grupo diesel de 108KW marca CETEC, este equipo opera con un promedio de 15KW de generación y no tiene carga lastre (opera por debajo del mínimo recomendado) el consumo del mismo ronda los 15litros/hora y por disponibilidad de combustible el sistema opera entre 8 y 14 horas diarias.

Según nos expresa el presidente de la comisión de fomento, los fondos para solventar el combustible están saliendo de la coparticipación que se le asigna a la comisión en parte ya que al no ser suficientes el excedente está siendo financiado por los responsables de la comisión.



Ilustración 10: Placa de datos grupo generador diesel en operación actual.

El grupo diesel en operación con carga de 15 kw opera a menos de 220V en fases de generador, al final de línea se registra una sensible caída de tensión.

La localización en el interior del predio de la escuela del grupo electrógeno a gas, es incompatible con las actividades áulicas. La última falla alarmó a las autoridades de la escuela puesto que según sus palabras el motor explotó desprendiendo partes metálicas. De la entrevista al director de la escuela surge que el ruido del motor en funcionamiento inhabilita el uso de tres aulas de clase e interfiere fuertemente en el dictado de clases en toda la escuela.

Actualmente la usina de generación se encuentra montada en una sala, permanentemente abierta de puertas portones y ventanas con parte del techo roto,

donde se aloja el grupo electrógeno, el escape del motor da al interior de la sala, las siguientes imágenes muestran la precariedad de la instalación.



Ilustración 11: Usina actual vista exterior.



Ilustración 12: Grupo generador en operación.

El tablero de maniobras y protecciones empeora aún más la situación, su estado no resiste análisis.



Ilustración 13: Tablero de protecciones y maniobras actual

La energía generada se inyecta a una red de distribución en baja tensión de tres líneas de salida recorriendo distancias de hasta 1500m. Existe una línea pre

ensamblada que llega hasta la sala de bombeo en la costa del río Limay, es una obra nueva con la posible intención de conectar la bomba a esa línea.

De ninguna manera el tendido reúne las capacidades mínimas ni técnicas ni de seguridad para el uso que actualmente se está dando.



Ilustración 14: nodo de inyección y distribución principal.

Las bajadas son igual de precarias que la instalación de generación y distribución, se observa la falta de estandarización en las bajadas y en la mayoría de los casos se observan secciones de conductores inferiores al mínimo recomendado para una bajada residencial.

La comisión de fomento autoriza las bajadas exigiendo que se coloque una protección mediante interruptor termo-magnético, aunque ante la pregunta nadie supo responder cual es el valor de corriente de disparo exigido.



Ilustración 15: Ejemplo de bajada eléctrica residencial existente.



Ilustración 16: Ejemplo de bajada eléctrica residencial existente.

6.4 Medición de demanda actual.

Se realizó una recolección de datos cuantitativos de consumo durante 48hs seguidas mediante registrador digital trifásico. Para ello se dio aviso a la comunidad del paraje con avisos radiales de que durante el periodo de medición se contará con energía eléctrica las 24hs. La medición se realizó en la línea de salida del generador diésel, permitiendo cuantificar la demanda global del sistema

El registrador se puso en funcionamiento a las 14:15hs del día 03 de octubre hasta las 14:15hs del día 05 de octubre, registrando los siguientes datos:

Tabla 1: Parámetros eléctricos registrados durante el relevamiento.

Día 1					Día 2				
hora	Potencia media (KW)	Potencia máx (KW)	Potencia mín (KW)	Energía (KWh)	hora	Potencia med (KW)	Potencia máx (KW)	Potencia mín (KW)	Energía (KWh)
14:15	14,171	16,171	13,171	0,000	14:15	14,976	15,976	13,976	384,538
14:30	13,881	15,881	12,881	3,543	14:30	12,993	14,993	10,993	388,282
14:45	14,966	15,966	13,966	7,013	14:45	13,574	14,574	12,574	391,530
15:00	14,997	15,997	13,997	10,754	15:00	12,530	14,530	10,530	394,923
15:15	13,855	14,855	11,855	14,504	15:15	16,335	18,335	15,335	398,056
15:30	16,388	17,388	14,388	17,968	15:30	16,284	18,284	15,284	402,139
15:45	14,575	16,575	13,575	22,065	15:45	16,177	18,177	14,177	406,210
16:00	14,079	15,079	13,079	25,708	16:00	15,827	17,827	14,827	410,254
16:15	15,768	16,768	13,768	29,228	16:15	15,542	17,542	14,542	414,211
16:30	13,446	14,446	12,446	33,170	16:30	13,805	14,805	11,805	418,097
16:45	15,944	17,944	14,944	36,532	16:45	15,332	16,332	13,332	421,548
17:00	14,913	16,913	12,913	40,518	17:00	14,090	16,090	12,090	425,381
17:15	14,225	16,225	13,225	44,246	17:15	13,368	14,368	11,368	428,903
17:30	15,950	16,950	13,950	47,803	17:30	15,068	16,068	13,068	432,245
17:45	14,915	16,915	13,915	51,790	17:45	15,991	16,991	13,991	436,013
18:00	14,141	16,141	12,141	55,519	18:00	15,702	16,702	14,702	440,010
18:15	16,260	17,260	14,260	59,054	18:15	16,096	17,096	14,096	443,936
18:30	13,649	14,649	11,649	63,119	18:30	14,645	15,645	12,645	447,960
18:45	13,906	14,906	12,906	66,532	18:45	14,165	16,165	13,165	451,621
19:00	14,627	15,627	12,627	70,008	19:00	13,841	14,841	11,841	455,162
19:15	16,945	17,945	14,945	73,665	19:15	15,706	17,706	14,706	458,622
19:30	17,538	19,538	16,538	77,901	19:30	16,255	18,255	15,255	462,549
19:45	17,431	18,431	16,431	82,285	19:45	16,225	18,225	15,225	466,613
20:00	17,520	18,520	15,520	86,643	20:00	15,970	16,970	14,970	470,669
20:15	18,768	19,768	17,768	91,023	20:15	16,986	17,986	14,986	474,661
20:30	19,776	21,776	17,776	95,715	20:30	15,345	16,345	13,345	478,908
20:45	18,849	20,849	17,849	100,659	20:45	15,035	16,035	14,035	482,744
21:00	18,725	20,725	16,725	105,372	21:00	17,716	18,716	15,716	486,503
21:15	19,522	20,522	17,522	110,053	21:15	17,251	19,251	16,251	490,931
21:30	19,449	21,449	18,449	114,933	21:30	16,131	17,131	15,131	495,244
21:45	18,441	19,441	16,441	119,795	21:45	18,810	19,810	16,810	499,277
22:00	18,425	19,425	17,425	124,406	22:00	16,684	18,684	14,684	503,980
22:15	17,617	18,617	15,617	129,012	22:15	15,994	17,994	14,994	508,151
22:30	17,349	18,349	15,349	133,416	22:30	17,847	18,847	15,847	512,149

22:45	18,232	19,232	16,232	137,753	22:45	16,809	17,809	14,809	516,611
23:00	18,068	20,068	16,068	142,311	23:00	19,524	21,524	17,524	520,813
23:15	19,779	20,779	18,779	146,828	23:15	17,962	19,962	15,962	525,694
23:30	19,127	21,127	17,127	151,773	23:30	18,879	19,879	16,879	530,185
23:45	17,580	18,580	15,580	156,555	23:45	19,626	20,626	17,626	534,904
00:00	19,382	21,382	17,382	160,950	00:00	17,179	19,179	16,179	539,811
00:15	20,221	21,221	19,221	165,795	00:15	20,282	22,282	19,282	544,105
00:30	19,148	21,148	18,148	170,850	00:30	18,060	20,060	16,060	549,176
00:45	20,078	22,078	18,078	175,637	00:45	18,566	19,566	17,566	553,691
01:00	19,324	20,324	18,324	180,657	01:00	16,450	17,450	15,450	558,333
01:15	18,855	19,855	16,855	185,488	01:15	18,671	20,671	16,671	562,445
01:30	18,071	19,071	17,071	190,201	01:30	16,979	17,979	14,979	567,113
01:45	18,888	19,888	17,888	194,719	01:45	19,486	21,486	18,486	571,358
02:00	18,401	19,401	16,401	199,441	02:00	18,761	20,761	16,761	576,229
02:15	16,591	17,591	15,591	204,042	02:15	19,189	21,189	17,189	580,919
02:30	17,757	18,757	15,757	208,189	02:30	18,748	20,748	17,748	585,716
02:45	18,372	20,372	17,372	212,628	02:45	18,772	19,772	16,772	590,403
03:00	16,820	17,820	14,820	217,222	03:00	16,988	18,988	14,988	595,096
03:15	15,481	17,481	14,481	221,427	03:15	13,828	15,828	11,828	599,343
03:30	14,240	15,240	13,240	225,297	03:30	16,742	18,742	14,742	602,800
03:45	14,469	15,469	12,469	228,857	03:45	14,648	15,648	13,648	606,986
04:00	14,188	16,188	13,188	232,474	04:00	15,367	17,367	14,367	610,648
04:15	16,133	18,133	15,133	236,021	04:15	17,445	18,445	15,445	614,489
04:30	16,929	17,929	14,929	240,054	04:30	16,118	18,118	15,118	618,851
04:45	13,765	15,765	11,765	244,287	04:45	14,379	15,379	12,379	622,880
05:00	14,876	16,876	13,876	247,728	05:00	13,805	15,805	11,805	626,475
05:15	15,976	16,976	14,976	251,447	05:15	16,359	18,359	14,359	629,926
05:30	15,538	17,538	14,538	255,441	05:30	15,057	16,057	13,057	634,016
05:45	16,098	17,098	15,098	259,326	05:45	15,901	16,901	14,901	637,780
06:00	15,352	17,352	14,352	263,350	06:00	13,454	14,454	11,454	641,755
06:15	14,059	15,059	12,059	267,188	06:15	13,418	15,418	11,418	645,119
06:30	14,607	15,607	12,607	270,703	06:30	14,869	16,869	12,869	648,473
06:45	16,376	18,376	15,376	274,355	06:45	14,369	15,369	12,369	652,191
07:00	16,230	18,230	15,230	278,449	07:00	13,433	15,433	12,433	655,783
07:15	15,330	16,330	13,330	282,506	07:15	13,146	14,146	11,146	659,141
07:30	16,038	18,038	14,038	286,339	07:30	14,643	16,643	13,643	662,428
07:45	14,975	15,975	13,975	290,348	07:45	15,137	17,137	13,137	666,088
08:00	14,654	15,654	13,654	294,092	08:00	13,590	14,590	12,590	669,873
08:15	14,701	15,701	12,701	297,755	08:15	14,641	15,641	13,641	673,270
08:30	15,447	17,447	14,447	301,431	08:30	14,183	15,183	12,183	676,931
08:45	15,057	17,057	14,057	305,292	08:45	16,024	18,024	15,024	680,476
09:00	13,951	15,951	11,951	309,057	09:00	14,785	15,785	13,785	684,482
09:15	14,272	16,272	13,272	312,544	09:15	12,831	14,831	11,831	688,179
09:30	15,364	16,364	13,364	316,112	09:30	13,767	15,767	11,767	691,387
09:45	13,340	14,340	11,340	319,953	09:45	13,726	15,726	11,726	694,828
10:00	13,856	14,856	12,856	323,289	10:00	13,636	14,636	12,636	698,260
10:15	17,019	19,019	15,019	326,753	10:15	11,758	12,758	10,758	701,669
10:30	15,551	17,551	14,551	331,007	10:30	15,976	16,976	14,976	704,608
10:45	13,254	14,254	11,254	334,895	10:45	12,891	14,891	10,891	708,602
11:00	14,427	15,427	13,427	338,208	11:00	13,543	15,543	12,543	711,825
11:15	16,262	17,262	14,262	341,815	11:15	15,963	16,963	14,963	715,211
11:30	15,124	17,124	13,124	345,881	11:30	12,015	13,015	10,015	719,202
11:45	15,669	17,669	13,669	349,662	11:45	15,251	16,251	13,251	722,205

12:00	14,085	16,085	12,085	353,579	12:00	13,816	15,816	11,816	726,018
12:15	13,259	15,259	11,259	357,100	12:15	13,170	15,170	11,170	729,472
12:30	12,515	13,515	11,515	360,415	12:30	11,825	12,825	9,825	732,765
12:45	13,103	15,103	11,103	363,543	12:45	11,416	12,416	9,416	735,721
13:00	13,200	14,200	12,200	366,819	13:00	11,488	12,488	10,488	738,575
13:15	14,186	16,186	12,186	370,119	13:15	15,148	16,148	13,148	741,447
13:30	14,311	15,311	13,311	373,666	13:30	12,291	14,291	11,291	745,234
13:45	13,380	15,380	12,380	377,243	13:45	15,923	16,923	13,923	748,307
14:00	15,796	17,796	14,796	380,588	14:00	15,891	17,891	13,891	752,287

6.5 Análisis de recursos energéticos en sitio

Se realizó un análisis in-situ del recurso energético disponible (solar y eólico). Al respecto se identificó un único sitio para emplazamiento de los equipos constituyentes de la etapa de generación de la microred. Se descarta a priori la distribución dispersa de los generadores solares o eólicos debido a la baja extensión superficial del centro urbano a energizar del paraje.

Para seleccionar el sitio se tuvo en cuenta desde el aspecto de los generadores fotovoltaicos consideraciones acerca de sombras naturales y artificiales actuales y por proyección de crecimiento del paraje, disponibilidad de uso del territorio, topográficas en cuanto a la inclinación del suelo dando preferencia a zonas planas, facilidades de acceso para la realización de la obra y proximidad al centro de consumo.

La selección del sitio para los generadores eólicos tiene en cuenta consideraciones acerca de sombras eólicas naturales y artificiales actuales y por proyección de crecimiento del paraje a los cuatro vientos y con especial énfasis en la dirección oeste como dirección preferencial de viento, disponibilidad de uso del territorio, facilidades de acceso para la realización de la obra y proximidad al sitio de almacenamiento de baterías y tableros.

Con todo esto se selecciona como sitio de emplazamiento para todo el sistema de generación el límite oeste del centro urbano y tomando como referencia la cancha de actividades hípias el emplazamiento correcto es 100m al sur y 50m al oeste de la cabecera de dicha pista.



Ilustración 17: Sitio seleccionado para el montaje de todos los componentes de generación.

El sitio seleccionado es actualmente propiedad de la familia del actual comisionado de fomento, quien se mostró absolutamente dispuesto a ceder, al organismo que corresponda, la superficie necesaria para establecer el centro de generación.

7 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA.

A efectos de determinar la demanda de energía se toma como base los resultados del relevamiento de consumo del paraje durante 48hs en el mes de octubre de 2016, trabajando sobre los registros se obtiene la siguiente tabla de consumo horario registrado.

Tabla 2: Energía horaria promedio consumida durante el relevamiento.

Hora	Energía Consumida (KWh)
0:00	18,7
1:00	19
2:00	18,5
3:00	17,9
4:00	14,9
5:00	15,4
6:00	15,5
7:00	14,7
8:00	14,7
9:00	14,8
10:00	13,8
11:00	14,3
12:00	14,8
13:00	12,5
14:00	14,6
15:00	14
16:00	15,4
17:00	14,9
18:00	14,9
19:00	14,6
20:00	16,7
21:00	17,6
22:00	18,1
23:00	17,7

Estos valores se corrigieron considerando la incorporación de luminarias de alumbrado público las que se estimaron en 5.16KWh y se proyecto en los restantes meses del año con la propuesta de Homer Energy para comunidades rurales, este modelo tomando octubre como mes base, aplica el siguiente esquema de multiplicación.

Tabla 3: Ponderación para la energía mensual según Homer Energy, Mes base: octubre.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0,964	0,922	0,9	0,909	0,94	0,975	1,026	1,064	1,1	1	0,9	0,922

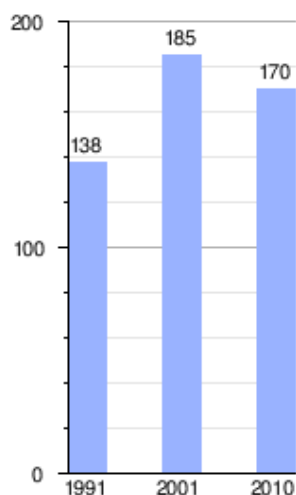
Aplicando estas correcciones la energía hora a hora mes a mes queda como sigue, estos valores representan el consumo actual con la incorporación de luminarias públicas led.

Tabla 4: Distribución horaria del Consumo en KWh actual mas luminarias.

Distribución horaria del Consumo en KWh												
	ENERO	FEBR	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPT	OCT	NOV	DIC
0:00	19,1	19,8	21,5	23,8	26,2	27,9	28,6	27,9	26,2	23,8	21,5	19,8
1:00	19,3	20,1	21,8	24,2	26,6	28,3	29	28,3	26,6	24,2	21,8	20,1
2:00	18,9	19,6	21,3	23,7	26	27,7	28,4	27,7	26	23,7	21,3	19,6
3:00	18,5	19,1	20,8	23,1	25,4	27	27,7	27	25,4	23,1	20,8	19,1
4:00	16	16,6	18	20	22	23,4	24	23,4	22	20	18	16,6
5:00	16,5	17,1	18,5	20,6	22,7	24,1	24,7	24,1	22,7	20,6	18,5	17,1
6:00	16,5	17,1	18,6	20,6	22,7	24,1	24,8	24,1	22,7	20,6	18,6	17,1
7:00	11,7	12,2	13,2	14,7	16,1	17,2	17,6	17,2	16,1	14,7	13,2	12,2
8:00	11,8	12,2	13,2	14,7	16,2	17,2	17,6	17,2	16,2	14,7	13,2	12,2
9:00	11,9	12,3	13,4	14,8	16,3	17,4	17,8	17,4	16,3	14,8	13,4	12,3
10:00	11,1	11,5	12,5	13,8	15,2	16,2	16,6	16,2	15,2	13,8	12,5	11,5
11:00	11,4	11,9	12,9	14,3	15,7	16,7	17,2	16,7	15,7	14,3	12,9	11,9
12:00	11,8	12,3	13,3	14,8	16,3	17,3	17,7	17,3	16,3	14,8	13,3	12,3
13:00	10	10,4	11,2	12,5	13,7	14,6	15	14,6	13,7	12,5	11,2	10,4
14:00	11,7	12,1	13,2	14,6	16,1	17,1	17,5	17,1	16,1	14,6	13,2	12,1
15:00	11,2	11,6	12,6	14	15,4	16,4	16,8	16,4	15,4	14	12,6	11,6
16:00	12,4	12,8	13,9	15,4	17	18,1	18,5	18,1	17	15,4	13,9	12,8
17:00	11,9	12,3	13,4	14,9	16,3	17,4	17,8	17,4	16,3	14,9	13,4	12,3
18:00	11,9	12,4	13,4	14,9	16,4	17,5	17,9	17,5	16,4	14,9	13,4	12,4
19:00	11,7	12,2	13,2	14,6	16,1	17,1	17,6	17,1	16,1	14,6	13,2	12,2
20:00	13,4	13,9	15	16,7	18,4	19,5	20	19,5	18,4	16,7	15	13,9
21:00	18,2	18,9	20,5	22,8	25,1	26,7	27,4	26,7	25,1	22,8	20,5	18,9
22:00	18,6	19,3	20,9	23,2	25,6	27,2	27,9	27,2	25,6	23,2	20,9	19,3
23:00	18,3	19	20,6	22,8	25,1	26,7	27,4	26,7	25,1	22,8	20,6	19
KWh/día	343,8	356,7	386,9	429,5	472,6	502,8	515,5	502,8	472,6	429,5	386,9	356,7

A los efectos de considerar el crecimiento demográfico se toma como referencia en primer lugar los censos 1991--2010 realizados por el INDEC para Naupahuén. Según estos valores se puede promediar un incremento poblacional del 1.22% interanual, en el siguiente gráfico se muestran los resultados de los tres censos mencionados, el fuerte incremento relativo del censo 2001 puede estar relacionado a que en esa época se estaba terminando la puesta en operación de la hidroeléctrica Pichi Picún Leufú

Tabla 5: Resultados censo INDEC 1991-2001-2010.



Si se toma como referencia la proyección del INDEC difundida en la publicación “Serie Análisis Demográfico N°36” el crecimiento poblacional interanual promedio para el departamento El Cuy entre los años 2010 al 2017 del 2.51% y entre los años 2018 al 2025 del 1.98%

Tabla 6: Proyección demográfica INDEC Departamento El Cuy 2010-2025.

Población estimada al 1 de julio de cada año calendario Ambos sexos, según departamento. Provincia de Río Negro. Años 2010-2025								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
El Cuy	5.348	5.496	5.643	5.788	5.934	6.078	6.221	6.363
Crecimiento Interanual		0,028	0,027	0,026	0,025	0,024	0,024	0,023
Año	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
El Cuy	6.505	6.643	6.781	6.918	7.052	7.185	7.317	7.446
Crecimiento interanual	0,022	0,021	0,021	0,02	0,019	0,019	0,018	0,018

Por último considerando el aumento de cantidad de usuarios residenciales y rurales en la provincia de Río Negro entre los años 1999 y 2012 según informe publicado en <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3140> del Ministerio de Energía y Minería de Argentina, se puede decir que la provincia de Río Negro experimentó un crecimiento interanual para usuarios residenciales del 2.79% entre los años 1999 y 2012 y para el mismo periodo el crecimiento interanual promedio de usuarios rurales fue de -0.24%.

Tabla 7: Cantidad de usuarios Prov de Río Negro. Fuente: Ministerio de energía y minería de Argentina.

Cantidad de usuarios Provincia de Río Negro				
Año	Residencial	E. Rural	crecimiento interanual residencial	crecimiento interanual rural
1999	140621	8067		
2000	143610	8259	0,02125572	0,0238006
2001	145680	8125	0,01441404	-0,0162247
2002	148301	8023	0,01799149	-0,0125538
2003	152910	8080	0,03107868	0,00710457
2004	157258	8057	0,02843503	-0,0028465
2005	162054	8025	0,03049765	-0,0039717
2006	167140	7987	0,0313846	-0,0047352
2007	171329	8454	0,02506282	0,05847001
2008	177616	7854	0,03669548	-0,0709723
2009	182320	7828	0,0264841	-0,0033104
2010	187721	7812	0,02962374	-0,0020439
2011	192946	7793,5	0,02783386	-0,0023681
2012	201094	7775	0,04222943	-0,0023737

La siguiente tabla resume los estudios puestos en análisis.

Tabla 8: Crecimiento interanual promedio según las distintas fuentes analizadas.

Fuente	Área de estudio	Periodo	Crecimiento interanual
Censos INDEC	Naupahuén	1991-2010	1.22%
Proyección INDEC	Departamento El Cuy	2010-2017	2.51%
Proyección INDEC Departamento El Cuy	Departamento El Cuy	2018-2025	1.98%
Cantidad de usuarios eléctricos residenciales	Provincia de Río Negro	1999-2012	2.79%
Cantidad de usuarios eléctricos rurales	Provincia de Río Negro	1999-2012	-0.24%

En busca de considerar todos los datos se ponderan de acuerdo a tres características:

- Área de estudio con un valor 1 para el área específica del paraje, 0.5 para el departamento y 0 para la provincia.

- Tipo de ambiente, un valor 1 para el área rural, 0.5 para el área rural que involucra comunidades mayores y 0 para áreas que involucran metrópolis.
- Periodo de análisis con un valor 1 para muestras que efectivamente ocurrieron, 0.5 para proyecciones de corto plazo y 0 para proyecciones de largo plazo.

Tabla 9: Ponderación considerada para los índices de crecimiento poblacional interanual analizados.

Crecimiento interanual	Ponderación por área de estudio	Ponderación por tipo de ambiente	Ponderación por periodo de estudio	Factor de ponderación total normalizado
1,22%	1	1	1	0,35294118
2,51%	0,5	0,5	0,5	0,17647059
1,98%	0,5	0,5	0	0,11764706
2,79%	0	0	1	0,11764706
-0,24%	0	1	1	0,23529412

Aplicando las ponderaciones asumidas se obtiene un crecimiento interanual del 1.378%, la demanda de la energía se proyectará a 15 años, dando un crecimiento final del 20.67%.

Este parámetro si bien nos da un marco de referencia a los fines del dimensionado del sistema, simplemente representa un modelo teórico y su validez debe ser demostrada en los hechos. Muchos son los factores que dificultan una correcta proyección de demanda, expansiones por nuevas actividades económicas pueden modificar sensiblemente cualquier estimación. Considerar la proyección de la demanda desde el crecimiento demográfico histórico es una base conservadora, y no implica riesgo puesto que los sistemas propuestos son ampliables.

La distribución se estima constante para todos los días del mes aunque se impone una aleatoriedad admisible del 5% día a día y del 15% cada 10 minutos. Dando como resultado el siguiente mapa anual de carga en escala de colores representando KW hora a hora:

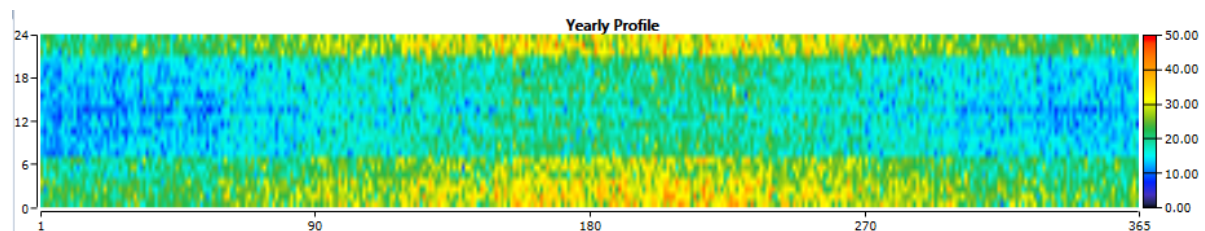


Ilustración 18: mapa de colores abscisas: días, ordenadas: horas, color: energía en Kwh

La distribución horaria base para cada mes es la siguiente:

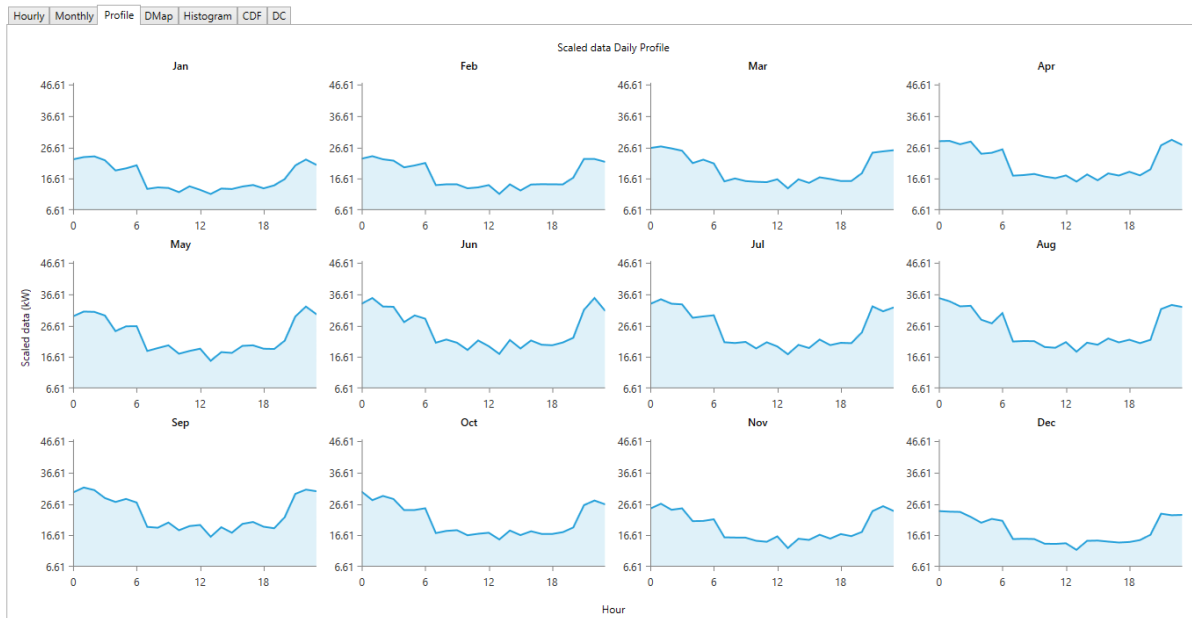


Ilustración 19: Distribución horaria mes a mes del consumo abscisas: horas, ordenadas energía KWh

La energía diaria promedio anual proyectada es de 519.74 KWh/día con un pico de potencia demandado de 47.2KW y una potencia promedio de 21.53KW

Adicionalmente se incorporó al centro de consumo la demanda del sistema de bombeo y potabilización de agua que se consume en el paraje, como una carga diferida.

- Una carga diferida es la carga eléctrica que debe satisfacerse dentro de cierto lapso de tiempo, sin embargo, no es importante cumplir con tiempos exactos. Las cargas normalmente se clasifican como diferidas cuando tienen algún almacenamiento asociado a ellos. El bombeo de agua es un ejemplo común: hay cierta flexibilidad para determinar el momento en que opera la carga, siempre y cuando el tanque de agua no se seque.

Para determinar la demanda de energía de esta carga, durante el relevamiento se midió el consumo de la bomba, obteniendo un resultado de 11KWh, a efectos de garantizar el consumo el sistema de bombeo debe funcionar 8hs diarias, se asume el siguiente perfil mensual de consumo en KWh/día, la diferencia mensual considera el uso de agua para riego en los meses de verano:

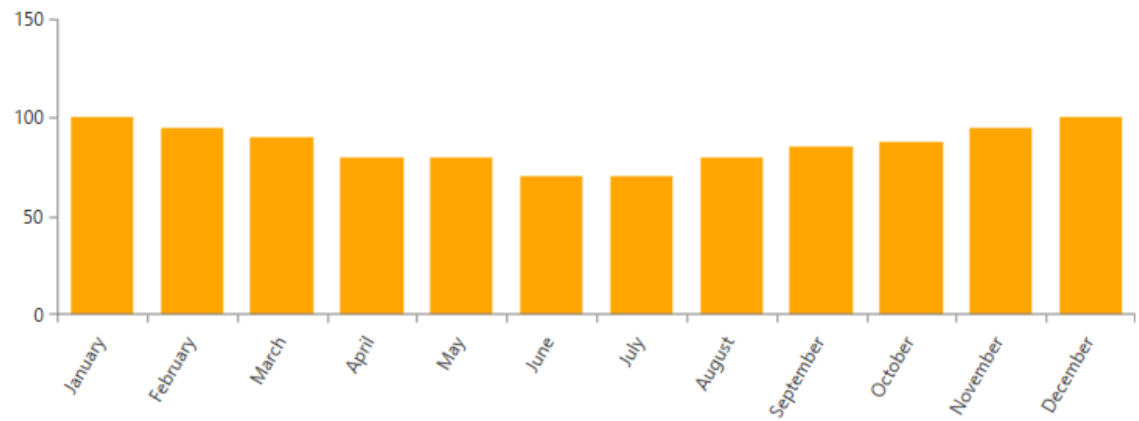


Ilustración 20: Distribución mensual de la energía para la carga diferida. Ordenadas: Energía en Kwh

8 DISEÑO DEL CENTRO DE GENERACIÓN PARA LA MICRORED HÍBRIDA DEL PARAJE NAUPAHUEN

8.1 Micro-redes híbridas: generalidades.

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 condicionamiento 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 servida (demandada por los aparatos o dispositivos pero que no puede ser suministrada).

Los sistemas híbridos que combinan ambas fuentes renovables, eólica y solar, proporcionan un suministro de energía estacional equilibrado en cuanto a la penetración renovable - vientos más altos en invierno y horas de luz solar más intensas y numerosas en verano. El equilibrio entre viento y energía solar obviamente depende de la posición y localización.

Actualmente se proyectan sistemas híbridos en los que las fuentes renovables y el almacenaje 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 Sistemas híbridos a pequeña escala. Micro-redes

Las micro-redes son sistemas de distribución eléctrica que contienen cargas y fuentes de energía distribuida (generadores distribuidos, equipos de almacenamiento, o

cargas controlables) que pueden ser operados de manera coordinada y controlada bien sea conectadas a la red eléctrica o aisladas.

De forma general, las micro-redes híbridas engloban sistemas de distribución generalmente de baja tensión con fuentes de generación distribuida, esta configuración posibilita el abastecimiento de energía con alta penetración renovable puesto que el funcionamiento y control de la mayoría de las micro-fuentes de generación están basados en electrónica de potencia y el sistema está respaldado en almacenamiento.

8.1.3 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 mini 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.
- Mayor concienciación, los usuarios pueden ser productores de energía.
- Minimización de pérdidas eléctricas, dado que las unidades de generación dispersas operan cerca de las cargas.



Ilustración 21: Ejemplo de micro-red híbrida típica

1. Módulos solares fotovoltaicos
2. Inversor solar
3. Centro neurálgico
4. Baterías
5. Generador de gasoil
6. Generador eólico

8.2 Consideraciones económicas.

A efectos de valorizar la inflación y la tasa de interés, se toma como base de referencia el informe “Resultados del relevamiento de expectativas de mercado” octubre de 2016 del BCRA.

Al reflejar este informe una situación de transición política económica en la Republica Argentina se considera prudente tomar los valores correspondientes a los próximos 12 meses, esto debido a que los valores del último año, si bien reales, no son representativos de una proyección a futuro por estar en un esquema de transición, y por el mismo motivo arriesgar mayores plazos de expectativas pueden tener altas incertidumbres.

Tabla 10: Expectativas de inflación

Cuadro 6.1 | Expectativas de inflación — IPC Nivel general-GBA

Precios minoristas (IPC nivel general-GBA; INDEC)											
Periodo	Referencia	Mediana	Promedio	Desvío	Máximo	Mínimo	Percentil 90	Percentil 75	Percentil 25	Percentil 10	Cantidad de participantes
nov-16	var. % mensual	1,6	1,7	0,2	2,3	1,2	2,0	1,8	1,5	1,4	53
dic-16	var. % mensual	1,6	1,7	0,3	2,6	1,2	2,0	1,8	1,5	1,4	53
ene-17	var. % mensual	1,7	1,8	0,4	3,0	1,1	2,4	2,0	1,6	1,5	53
feb-17	var. % mensual	1,5	1,6	0,4	2,9	0,8	2,0	1,7	1,4	1,1	53
mar-17	var. % mensual	1,6	1,7	0,3	2,4	0,9	2,1	1,8	1,5	1,4	53
abr-17	var. % mensual	1,7	1,8	0,4	2,8	1,0	2,3	2,0	1,5	1,4	52
Próx. 12 meses	var. % i.a.; oct-17	19,8	20,3	2,0	25,0	16,2	23,0	22,0	19,1	17,5	53
Próx. 24 meses	var. % i.a.; oct-18	14,3	14,9	2,3	20,6	10,9	17,8	16,9	12,7	12,2	48
2016	var. % i.a.; dic-16	39,4	39,2	1,4	42,0	36,0	40,6	40,2	38,0	37,0	51
2017	var. % i.a.; dic-17	19,7	19,9	2,0	24,0	15,0	22,7	21,4	18,6	17,0	53
2018	var. % i.a.; dic-18	14,8	14,5	2,3	20,2	11,0	17,5	16,0	12,0	11,8	48
2019	var. % i.a.; dic-19	9,3	9,5	3,0	17,0	4,3	15,0	11,0	7,0	6,2	47

Tabla 11: Expectativas de tasa

Cuadro 6.5 | Expectativas de Tasa de política monetaria

Tasa de política monetaria (Pase 7 días)											
Periodo	Referencia	Mediana	Promedio	Desvío	Máximo	Mínimo	Percentil 90	Percentil 75	Percentil 25	Percentil 10	Cantidad de participantes
ene-17	TNA; %	23,6	23,7	1,9	27,7	20,3	26,0	25,0	21,9	21,0	49
feb-17	TNA; %	23,4	23,1	2,0	27,5	19,0	25,5	24,8	21,6	20,3	49
mar-17	TNA; %	23,0	22,6	2,1	27,2	18,2	25,0	24,4	21,3	19,6	50
abr-17	TNA; %	22,5	22,1	2,3	26,9	17,5	24,8	24,0	20,0	19,3	49
Próx. 12 meses	TNA; %; oct-17	20,0	19,4	2,5	25,7	13,5	22,1	21,0	17,6	15,7	48
2017	TNA; %; dic-17	19,0	18,7	2,6	25,1	13,0	22,1	20,0	17,0	15,0	47
2018	TNA; %; dic-18	15,0	14,7	3,5	26,0	7,5	18,0	16,9	12,0	10,2	43

Se trabaja entonces sobre la base de una inflación anual esperada del 19.8% y una tasa de interés del 20%.

El proyecto se simula a 20 años considerando este un valor estándar de vida útil para aerogeneradores, baja pérdida de rendimiento en generadores solares y un valor adecuado para forzar la vida útil de las baterías de plomo ácido.

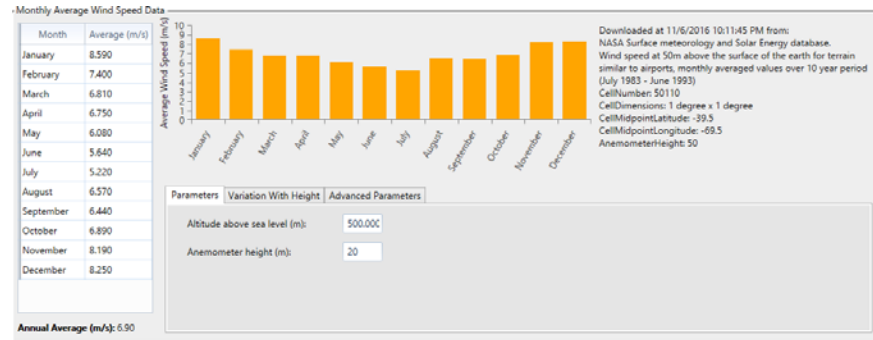
Todos los valores son expresados en dólares americanos y en lo que respecta a equipamientos son precios nacionalizados y corresponden al valor directo de fábrica nacional o importador, no incluyen flete ni seguros, estos ítems se tienen en cuenta para el costeo de la instalación.

8.3 Recurso eólico

8.4 Distribución mensual de velocidades medias.

En el sitio en estudio se dispone de la siguiente distribución de velocidades medias de vientos.

Tabla 12: Velocidades medias de viento distribución mensual



La distribución descargada de las bases de datos de la NASA fue corregida por datos propios (INVAP) de una estación situada en la central Hidroeléctrica Pichi Picun Leufú con registros tomados desde el año 2000 al año 2003 a 20 y 40 metros de altura.

8.4.1 Variación del recurso eólico según la altura

Los obstáculos a nivel del suelo como vegetación, edificios y rasgos topográficos tienden a enlentecer el viento que pasa cerca de la superficie. Dado que el efecto de estos obstáculos disminuye con la altura, las velocidades de viento tienden a aumentar con la misma. Esta variación en la velocidad del viento se llama *cizalladura*. En este trabajo se modela la cizalladura a través del modelos matemático de perfil logarítmico.

El perfil logarítmico (o ley log) asume que la velocidad del viento es proporcional al logaritmo de la altura sobre el nivel del suelo. La siguiente ecuación, por lo tanto, proporciona la ratio entre la velocidad de viento a la altura del buje y la velocidad del viento a la altura del anemómetro:

$$\frac{U_{hub}}{U_{anem}} = \frac{\ln(z_{hub}/z_0)}{\ln(z_{anem}/z_0)}$$

U_{hub} = velocidad del viento a la altura del buje del aerogenerador $\left[\frac{m}{s} \right]$

U_{anem} = velocidad del viento a la altura del buje [m/s]

z_{hub} = altura del buje del aerogenerador [m]

z_{anem} = altura del anemómetro [m]

z_0 = longitud de la aspereza de la superficie [m]

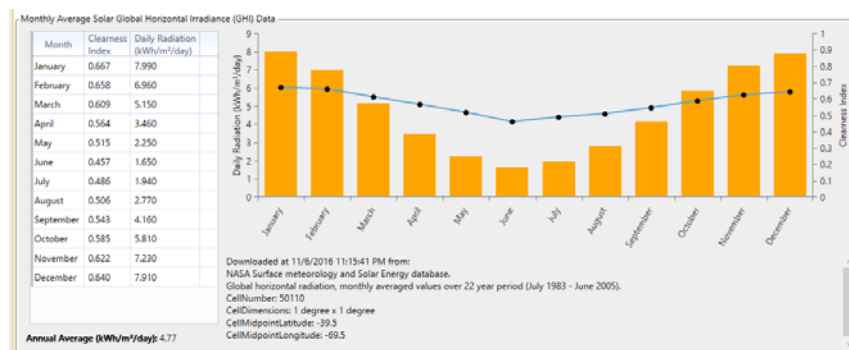
$\ln(\dots)$ = logaritmo natural

La longitud de la aspereza de la superficie es un parámetro que caracteriza la aspereza del terreno circundante, considerando en Naupahuén un suelo caracterizado mayormente por la presencia de “Coirón y Neneo” ambos con forma de matas de pasto o arbustos bajos, se toma para este parámetro un valor de 0.01m.

8.5 Recurso solar.

La radiación solar disponible es la siguiente:

Tabla 13: Radiación solar disponible, distribución mensual



8.6 Esquema de interconexión propuesto

Se propone un sistema combinado de energía solar eólica y diesel respaldado en un banco de baterías, el esquema de configuración de la micro-red propuesta considera el análisis de combinación de alternativas dimensionales de factibilidad técnica que surgen de la combinación de los distintos componentes considerando incluso la alternativa que no exista fuente solar, eólica o almacenamiento en baterías.

- Un grupo electrógeno de motor de combustión interna a Gas Licuado de Petróleo conectado en la barra de corriente alterna 380VCA. Se analizan las siguientes potencias: 50 KW, 75KW, 100KW.
- Módulos fotovoltaicos conectados mediante inversores sincrónicos a la barra de CA analizando las siguientes alternativas de potencia: 0KW, 10KW, 20KW, 30KW, 40KW, 50KW, 60KW, 70KW, 80KW, 90KW, 100KW.
- Módulos fotovoltaicos conectados en la barra de corriente continua con módulos cargadores de baterías, analizando las siguientes alternativas de potencia: 0KW, 10KW, 20KW, 30KW, 40KW, 50KW, 60KW, 70KW, 80KW, 90KW, 100KW.
- Banco de baterías OPzS 48VCC Plomo ácido en vasos de 2VCC conectados en la barra de corriente continua analizando las siguientes alternativas de capacidades de 4500Ah, 9000Ah y 13500Ah.

- Aerogeneradores de curva normalizada a 20m/s (considerando equipos ensayados por el INTI, de curva de potencia creciente hasta 20m/s) instalados a 15m de altura, conectados en la barra de corriente continua con módulos cargadores de baterías, en potencias de 0KW, 10KW, 20KW, 30KW, 40KW y 50KW
- Inversores bidireccionales que vinculan las barras de CC y CA en potencias de 24KW, 48KW y 72KW.
- Un sistema de gestión de la energía que permita realizar una estrategia de despacho de energía según los métodos de seguimiento de carga o ciclo de carga.

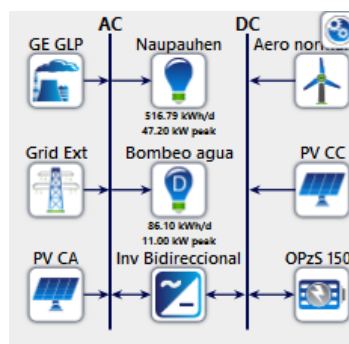


Ilustración 22: Esquema de interconexión.

8.7 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. Se modelaran dos estrategias de despacho de energía: ciclo de carga y seguimiento de carga. Muchos son los factores que determinan cuál de éstas es la más óptima, tales como los tamaños de los generadores y del banco de baterías, el precio del combustible, el costo de O&M de los generadores, la cantidad de potencia renovable en el sistema y el carácter de los recursos renovables. En este trabajo se simulará cada sistema con cada una de las estrategias; de este modo se podrá verificar cuál es la óptima.

8.7.1 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 alimentar la carga diferida 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

8.7.2 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 son (en orden descendente de prioridad): alimentar la carga diferida o 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 hasta lo más cerca posible) sin causar exceso de electricidad.

8.8 Características de los componentes del sistema

8.8.1 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
- Configuración multicluster trifásico (permite hasta 36 equipos en paralelo – serie para potencias de hasta 300 kW)
- Tipo de baterías: plomo-ácido OPzS
- Tipo de inversor: bidireccional para aceptar generación distribuida
- Rendimiento inversor y cargador: hasta 95%

Es necesario definir previamente la selección del inversor gestor de micro red para luego seleccionar los demás componentes del sistema ya que se fija la tensión y tipo de baterías, la tensión de salida y la forma de entrada y salida de equipos generadores en la red distribuida.

La tensión de baterías definida en 48 V es la estándar actualmente en cargadores/reguladores solares y eólicos. Existe equipamiento de micro-redes en 110 VDC y 840 VDC con otra topología de inversores. La gestión de carga de baterías se realiza en su totalidad con generación distribuida por medio de inversores a red. La desventaja es cuando se sobrepasan los límites prácticos de la penetración renovable en la red de AC para la estabilización de la frecuencia. En estos casos, los generadores solares, eólicos o de otras fuentes deben hacer carga directamente por bus de DC.

8.8.2 Banco de baterías

Por robustez, rango de descarga y vida útil, la mejor batería de uso demostrado para aplicaciones aisladas es la de tipo tubular abierta (OPZs). Se las seleccionarán en vasos de 2 V para la conformación de bancos serie. Los tamaños o capacidades de cada banco se seleccionarán para facilitar transporte y manipuleo, sabiendo lo dificultoso del trabajo con baterías.

Para los niveles de potencia que se necesitan en el paraje, a priori el sistema de inversores será un multicluster trifásico. Esto sugiere la utilización de bancos de baterías para cada cluster en grupos triples.

Cada banco de baterías se formará con 24 vasos individuales y su capacidad en 10 hs de descarga no deberá superar 1500 Ah.

8.8.3 Grupo electrógeno

Por pedido de la SE, se partirá con uso de gas envasado (GLP) por tener la provincia de Río Negro un contrato de suministro vigente con la empresa YPF Gas. El tamaño del grupo electrógeno seleccionado será para cubrir potencia pico y carga de baterías. Se buscará que el equipo no trabaje bajo 30% de su potencia nominal ni sobre el 90% o por otra condición de funcionamiento del fabricante.

Por razones de confort, se sugieren grupos con cabina insonorizada.

8.8.4 Generación solar

Se sugiere una planta FV a nivel de suelo y aprovechando techo de sala de baterías. Como primera aproximación, toda la generación será volcada al bus de AC o salida de inversores por facilidad técnica, rendimientos y economía.

La evaluación permitirá seleccionar del mercado diferentes marcas de componentes, de generación eléctrica proveniente de fuente solar, que reúnan las características técnicas propuestas. En caso de variar estas en más de un 15% se recomienda realizar una corrida final del sistema con la marca de equipos seleccionada por precio o disponibilidad.

8.8.5 Generación eólica

El paraje Naupahuén tiene un potencial eólico alto. Se analizan en las corridas de simulación Homer equipos con curva de potencia certificada por el INTI. Dependiendo de la localización de los aerogeneradores podrá decidirse si generarán al bus de AC o a DC por cercanía a la sala de baterías.

La evaluación permitirá seleccionar del mercado diferentes marcas de componentes, de generación eléctrica proveniente de fuente eólica, que reúnan las características técnicas propuestas. En caso de variar estas en más de un 20% se recomienda realizar una corrida final del sistema con la marca de equipos seleccionada por precio o disponibilidad.

8.8.6 Tipo de inversores solares a red

Sólo serán utilizados en el proyecto modelos de inversores tipo string inverters por el tamaño de proyecto (pequeño en comparación a parques solares), modularidad y facilidad de mantenimiento. En cuanto a la cantidad de entradas MPPT, no es necesario que sean múltiples ya que todos los módulos podrán generar en el mismo punto instantáneo de radiación por no haber sombras de edificios cercanos ni arboledas.

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), es la forma más simple de evitar sobrecarga de baterías en un sistema aislado.

8.8.7 Tipo de reguladores de carga

Cada marca de inversor híbrido para micro-redes tendrá un máximo de inyección a red o autoconsumo desde bus de AC. En caso de que la simulación maximice la inversión con una penetración renovable mayor al porcentaje sugerido por el inversor, esa fuente de generación deberá cargar baterías desde el bus de DC y efectuar comunicación con el gestor de la micro-red el estado de carga (tensión y corriente).

Los reguladores de carga solar deberán elegirse con tecnología MPPT mayor a 500 VDC de entrada en cantidades adecuadas para cargar con la misma corriente cada banco, ya que si bien no trabajarán en paralelo los bancos, deben comportarse con los mismos valores de SOC y tensión.

Dependiendo de la potencia solar de diseño, podrán instalarse ciertos módulos en techo de sala de baterías y el resto sobre soportes para piso en un terreno próximo a la sala de baterías.

8.9 Resultados generales de la simulación

Los resultados se filtran considerando:

- Garantizar un ahorro de combustible de al menos el 65% de combustible respecto a grupo electrógeno solo y menos de 2500hs de funcionamiento al año.
- Capital inicial menor a U\$S800.000.-

Con estas consideraciones la salida de resultados da la siguiente tabla ordenada por costo de la energía:

Tabla 14: Resultados de la simulación filtrados y ordenados por costo nivelado de energía.

PV CA (kW)	PV CC (kW)	Aero normalizado	GE GLP (kW)	OPzS 1500	Inv Bidireccional (kW)	Dispatch	COE (\$)	NPC (\$)	Operating cost (\$)	Initial capital (\$)	Ren Frac (%)	Hours	Production (kWh)	Fuel (L)	O&M Cost (\$)	Fuel Cost (\$)
50.0	20.0	50	75.0	216	48.0	LF	\$0.616	\$2.66M	\$96,270	\$767,294	74	2,289	57,667	28,151	13,047	16,890
30.0	40.0	50	75.0	216	48.0	LF	\$0.616	\$2.66M	\$96,487	\$764,894	74	2,306	57,969	28,328	13,144	16,997
60.0	10.0	50	75.0	216	48.0	LF	\$0.616	\$2.66M	\$96,277	\$770,094	74	2,290	57,649	28,152	13,053	16,891
70.0		60	75.0	216	48.0	LF	\$0.617	\$2.67M	\$95,582	\$789,264	77	2,005	50,200	24,580	11,428	14,748
20.0	50.0	50	75.0	216	48.0	LF	\$0.618	\$2.67M	\$96,761	\$767,294	73	2,327	58,384	28,558	13,264	17,135
70.0		50	75.0	216	72.0	LF	\$0.618	\$2.67M	\$96,261	\$779,894	74	2,288	57,679	28,148	13,042	16,889
40.0	30.0	60	75.0	216	48.0	LF	\$0.619	\$2.67M	\$95,596	\$795,264	77	2,007	50,158	24,582	11,440	14,749
50.0	20.0	60	75.0	216	48.0	LF	\$0.619	\$2.67M	\$95,515	\$797,664	77	2,000	50,090	24,523	11,400	14,714
30.0	40.0	60	75.0	216	48.0	LF	\$0.619	\$2.68M	\$95,709	\$795,264	77	2,012	50,579	24,717	11,468	14,830
10.0	60.0	50	75.0	216	48.0	LF	\$0.619	\$2.68M	\$96,982	\$770,094	73	2,342	58,848	28,764	13,349	17,258
50.0	20.0	50	75.0	216	72.0	LF	\$0.620	\$2.68M	\$96,160	\$788,294	74	2,280	57,544	28,066	12,996	16,840
30.0	40.0	50	75.0	216	72.0	LF	\$0.620	\$2.68M	\$96,365	\$785,894	74	2,297	57,768	28,224	13,093	16,934
60.0	10.0	50	75.0	216	72.0	LF	\$0.620	\$2.68M	\$96,119	\$791,094	74	2,277	57,474	28,031	12,979	16,818
20.0	50.0	60	75.0	216	48.0	LF	\$0.621	\$2.68M	\$95,945	\$797,664	77	2,030	50,935	24,914	11,571	14,948
20.0	50.0	50	75.0	216	72.0	LF	\$0.622	\$2.69M	\$96,600	\$788,294	74	2,313	58,257	28,442	13,184	17,065
10.0	60.0	50	75.0	216	72.0	LF	\$0.624	\$2.69M	\$96,844	\$791,094	73	2,330	58,736	28,664	13,281	17,198
70.0		50	100	216	48.0	LF	\$0.628	\$2.72M	\$98,422	\$782,894	74	1,922	58,025	29,882	14,607	17,929

Al ser todas opciones técnicamente válidas y económicamente muy similares entre sí, se puede observar que el costo de la energía varía en U\$S0.012 de la primera a la última, tomamos la primera de la tabla como caso resultado.

8.10 Resultados de la Opción óptima para la combinación solar eólica GLP.

8.10.1 Dimensionado.

La simulación devuelve como sistema óptimo el siguiente dimensionado:

System architecture		
PV	PV CA	50 kW
PV #2	PV CC	20 kW
Wind Turbine	Aerogenerador Normalizado 1 kw 20m/s	50
Generator	GE GLP	75 kW
Storage	Hoppecke 12 OPzS 1500	9 strings
Converter	Inv Bidireccional	48 kW
Dispatch Strategy	HOMER Load Following	

8.10.2 Resumen de costos

A lo largo de los 20 años de vida útil del sistema los costos son los siguientes:

(Todos los costos están puestos en dólares americanos, no incluyen IVA y consideran valores directos de fábrica)

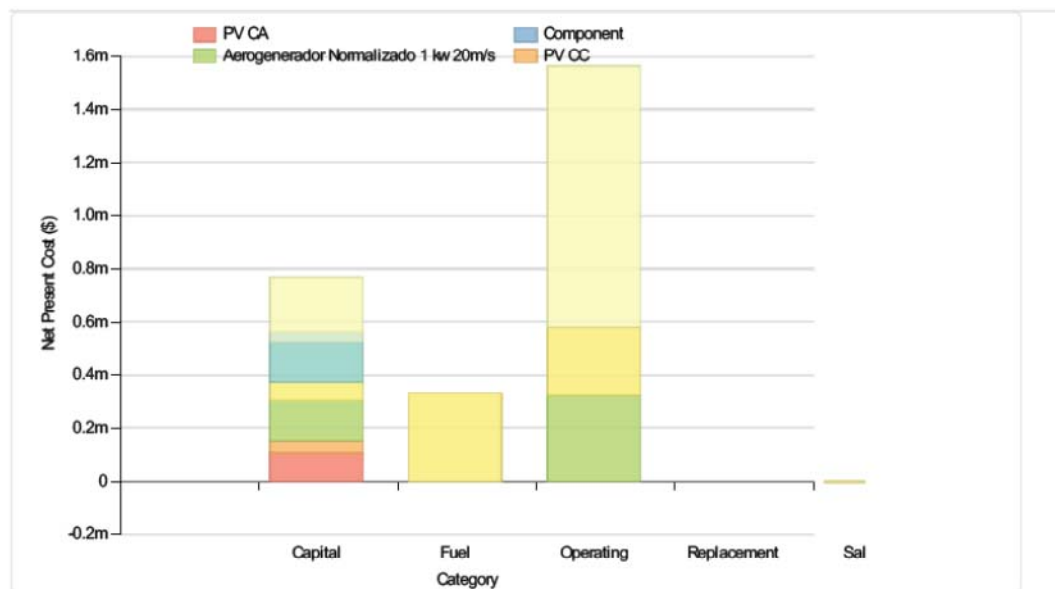


Ilustración 23: Resumen de costos por componente

Tabla 15: Resumen de costos por componente y tipo de costo

Component	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$)	Fuel (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
Aerogenerador Normalizado 1 kw 20m/s	\$151,850.00	\$0.00	\$324,285.50	\$0.00	\$0.00	\$476,135.50
GE GLP	\$72,000.00	\$0.00	\$256,427.29	\$331,959.08	(\$3,306.05)	\$657,080.32
Hoppecke 12 OPzS 1500	\$144,444.44	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$144,444.44
Inv Bidireccional	\$42,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$42,000.00
Other	\$205,000.00	\$0.00	\$982,683.35	\$0.00	\$0.00	\$1,187,683.35
PV CA	\$106,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$106,000.00
PV CC	\$46,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$46,000.00
System	\$767,294.44	\$0.00	\$1,563,396.14	\$331,959.08	(\$3,306.05)	\$2,659,343.61

8.10.3 Síntesis de modos de generación.

La generación de energía mes a mes para cubrir la demanda será generada con la siguiente distribución por fuente.

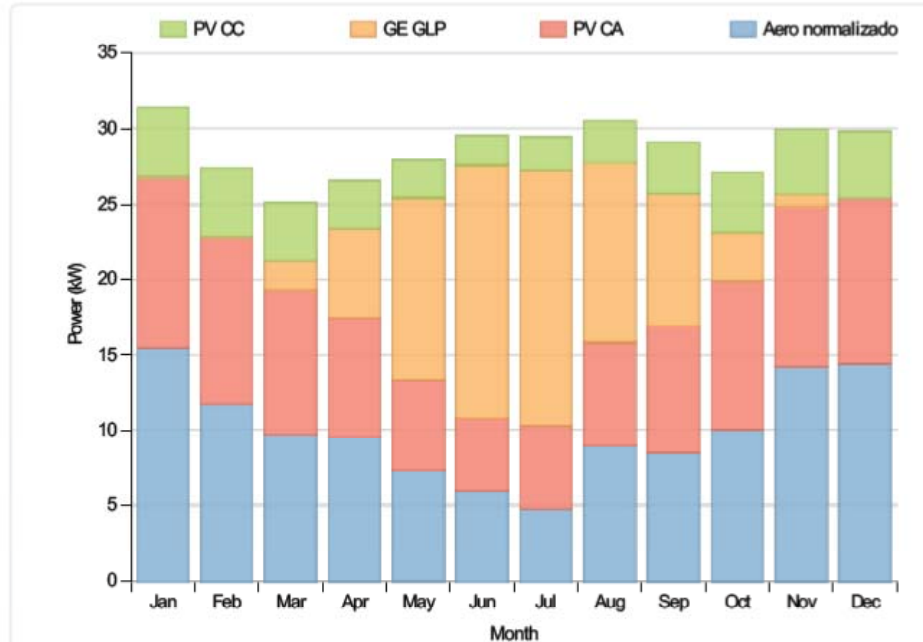


Ilustración 24: Generación mensual por fuente.

8.10.4 Parámetros de operación del grupo electrógeno 75KW

El grupo electrógeno motorizado por combustión interna de gas licuado de petróleo tiene los siguientes parámetros de operación en el sistema diseñado:

Quantity	Value	Units
Hours of Operation	2,289	hrs/yr
Number of Starts	388	starts/yr
Operational Life	21.8	yr
Capacity Factor	8.78	%
Fixed Generation Cost	10.1	\$/hr
Marginal Generation Cost	0.150	\$/kWh

Quantity	Value	Units
Electrical Production	57,666.93	kWh/yr
Mean Electrical Output	25.19	kW
Minimum Electrical Output	22.50	kW
Maximum Electrical Output	55.51	kW

Quantity	Value	Units
Fuel Consumption	28,150.73	L
Specific Fuel Consumption	0.49	L/kWh
Fuel Energy Input	185,044.16	kWh/yr
Mean Electrical Efficiency	31.16	%

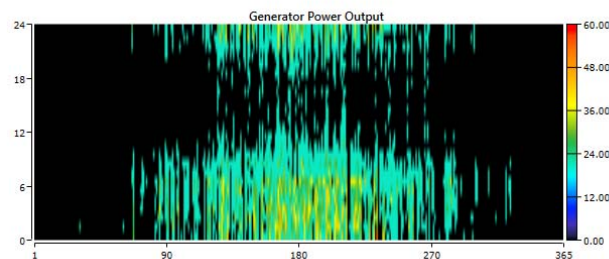


Ilustración 25: parámetros de operación grupo electrógeno.

8.10.5 Parámetros de operación del Banco de baterías:

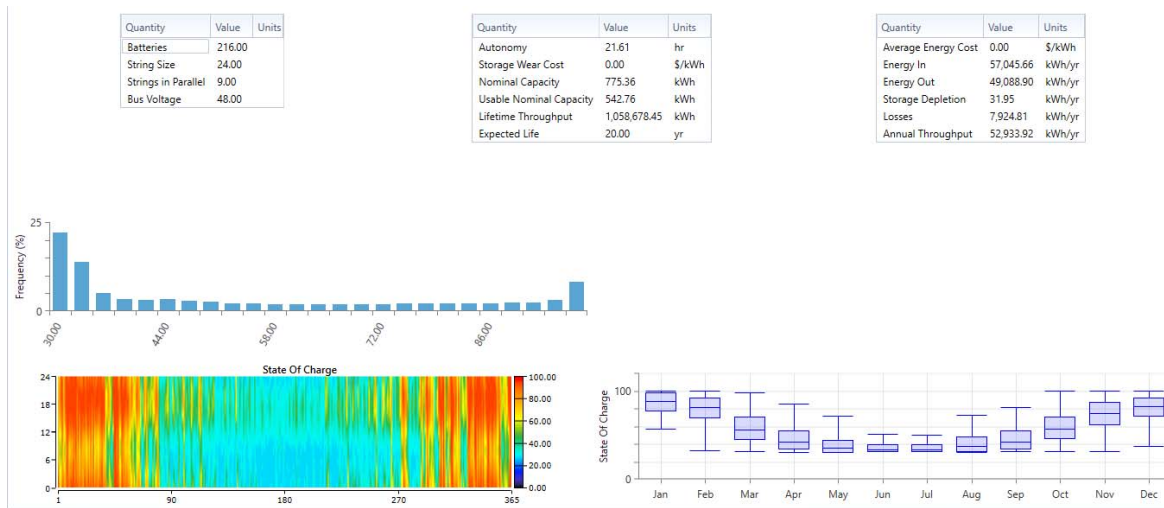


Ilustración 26: parámetros de operación banco de baterías.

8.10.6 Parámetros de operación del generador PV en barra de CA:

Quantity	Value	Units
Rated Capacity	50.00	kW
Mean Output	8.58	kW
Mean Output	205.84	kWh/d
Capacity Factor	17.15	%
Total Production	75,130.66	kWh/yr

Quantity	Value	Units
Minimum Output	0.00	kW
Maximum Output	44.5	kW
PV Penetration	39.8	%
Hours of Operation	4,380	hrs/yr
Levelized Cost	0.0718	\$/kWh

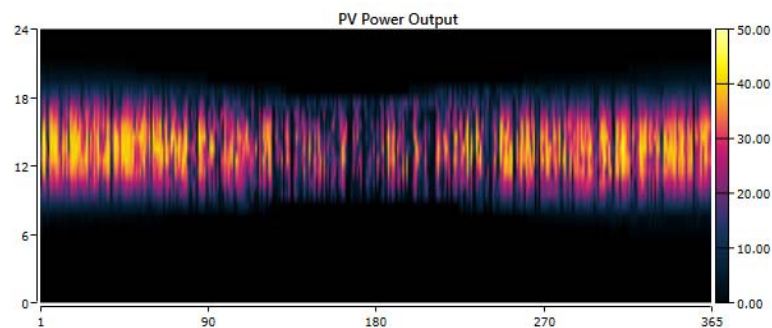


Ilustración 27: Parámetros de operación generador solar en barra de CA.

8.10.7 Parámetros de operación del generador PV en barra de CC.

Quantity	Value	Units
Rated Capacity	20.00	kW
Mean Output	3.43	kW
Mean Output	82.33	kWh/d
Capacity Factor	17.15	%
Total Production	30,052.26	kWh/yr

Quantity	Value	Units
Minimum Output	0.00	kW
Maximum Output	17.8	kW
PV Penetration	15.9	%
Hours of Operation	4,380	hrs/yr
Levelized Cost	0.0779	\$/kWh

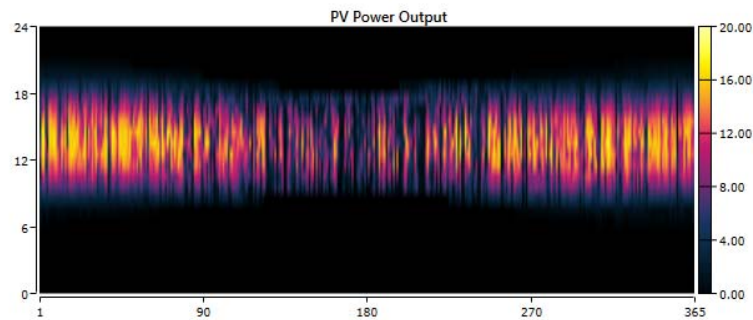


Ilustración 28: Parámetros de operación generador solar en barra de CC

8.10.8 Parámetros de operación del generador eólico:

Quantity	Value	Units
Total Rated Capacity	225,000.00	kW
Mean Output	10.05	kW
Capacity Factor	0.00	%
Total Production	88,071.19	kWh/yr

Quantity	Value	Units
Minimum Output	0.00	kW
Maximum Output	47.58	kW
Wind Penetration	46.69	%
Hours of Operation	8,171.00	hrs/yr
Levelized Cost	0.28	\$/kWh

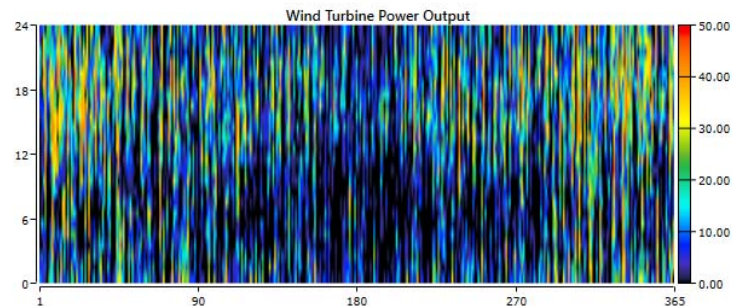


Ilustración 29: Parámetros de operación generador eólico en barra de CC

8.10.9 Parámetros de operación del inversor bidireccional

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Capacity	48.00	45.60	kW
Mean Output	11.34	0.95	kW
Minimum Output	0.00	0.00	kW
Maximum Output	43.41	28.20	kW
Capacity Factor	23.63	1.98	%

Quantity	Inverter	Rectifier	Units
Hours of Operation	6,837.00	1,504.00	hrs/yr
Energy Out	99,369.20	8,310.62	kWh/yr
Energy In	104,599.15	8,748.02	kWh/yr
Losses	5,229.96	437.40	kWh/yr

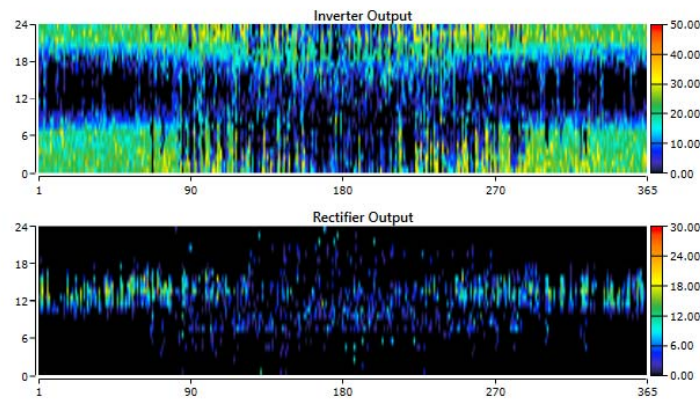


Ilustración 30: Parámetros de operación Inversor bidireccional.

8.11 Resumen de costos inversión inicial.

Tabla 16: Costos de la inversión inicial

ÍTEM	UNITARIO U\$S+IVA	CANTIDAD	TOTAL U\$S+IVA
Módulos fotovoltaicos con estructura soporte e inversor o cargador de baterías.	2.140U\$S/KW	70KW	U\$S 149.752
Aerogenerador, torre y tablero de control cargador de baterías	3.037U\$S/KW	50KW	U\$S 151.850
Inversor bidireccional y gestor de energía	875U\$S/KW	48KW	U\$S 42.000
Baterías OPzS 48VCC 1500AH	U\$S 16.050	9 unid	U\$S 144.444
Grupo electrógeno GLP 75KW con depósitos de reserva de combustible	72.000U\$S	1 unid	U\$S 72.000
Proyecto ejecutivo Instalación y puesta en marcha	U\$S205.000	1 unid	U\$S205.000
		TOTAL	U\$S 767.294

Son valores nacionalizados o de fábrica. No incluyen IVA ni cargos de facturación.

8.12 Plan de obra.

Tabla 17: Cronograma de obra.

	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14
Proyecto ejecutivo														
Compras														
Movimiento de suelos														
Obra Civil														
Montaje y PEM provisoria grupo GLP														
Montaje módulos solares														
Montaje baterías														
Montaje eólicos														
Montaje inversores														
Cableado														
Conexionado														
PEM														

PROVINCIA DE RIO NEGRO

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

PROYECTO DE RE-FUNCIONALIZACIÓN DE
MICRO-CENTRALES HIDRÁULICAS ZONA ANDINA
Y ESTUDIO DE DEMANDA ELÉCTRICA Y
PROYECTO DE MICRO-RED ABASTECIMIENTO
PARAJE NAUPA HUÉN.

ANEXO 1:
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SISTEMA
HÍBRIDO DE GENERACIÓN PARA LA MICRO-RED
DE ABASTECIMIENTO PARAJE NAUPA HUÉN

MARZO 2017

MAURICIO SCHNEEBELI
GONZALO RODRIGUEZ

1 ÍNDICE.

1	ÍNDICE.	2
2	ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.	3
3	ÍNDICE DE TABLAS	3
1	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN HÍBRIDO PARA LA MICRO RED NAUPAHUEN	4
1.1	GENERALIDADES	4
2	SITIO DE IMPLANTACIÓN	4
3	ESQUEMA DE INTERCONEXIÓN	7
4	Especificaciones técnicas del equipamiento principal de generación	8
4.1	SOLARES	9
4.2	EOLICOS	9
4.3	GENERADOR TERMICO	10
4.4	Regulador de carga	11
4.5	INVERSORES	11
4.5.1	Tipo de inversores solares a red	11
4.5.2	Inversor y gestor de micro-red	11
4.6	BATERIAS	12
4.7	Estrategias de despacho de energía	12
4.8	Obra civil	13
5	Resultados de la Opción óptima para la combinación solar eólica GLP.	16
5.1	Dimensionado.	16
5.2	Resumen de costos inversión inicial.	17
5.3	Plan de obra.	18

2 ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1: Distribución mensual de la energía para la carga diferida. Ordenadas: Energía en Kwh.....	4
Ilustración 1: Panorámica del centro urbano.	5
Ilustración 16: Sitio seleccionado para el montaje de todos los componentes de generación.	6
Ilustración 21: Esquema de interconexión.	8

3 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas de vértices polígono sugerido para implantación Usina	6
Tabla 2:EAP Eólica a instalar.	7
Tabla 2:EAP Eólica a instalar.	9
Tabla 3: Resumen de costos por componente y tipo de costo	16
Tabla 4: Costos de la inversión inicial.....	17
Tabla 5: Cronograma de obra.....	18

1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN HÍBRIDO PARA LA MICRO RED NAUPAHUEN

1.1 GENERALIDADES

En el presente Capítulo se definen las especificaciones técnicas del sistema híbrido de generación para la micro-red de Naupahuén y los equipos que la componen, describiendo además las obras necesarias para su correcta puesta en funcionamiento.

El sistema híbrido de generación Naupahuén consiste en una combinación inteligente de Aerogeneradores y Paneles fotovoltaicos formando un sistema híbrido con un grupo electrógeno de motorización a combustión interna de Gas Licuado de Petróleo. Los generadores se respaldan en inversores bidireccionales con base en un banco de baterías OPzS de forma tal que se garantice la calidad de energía en cuanto a estabilidad de tensión y frecuencia.

Para el diseño se consideró una demanda promedio anual de 519.74 KWh/día con un pico de potencia demandado de 47.2KW.

El sistema de generación incorpora además la demanda del sistema de bombeo y potabilización de agua, como una carga diferida con el siguiente perfil mensual de demanda

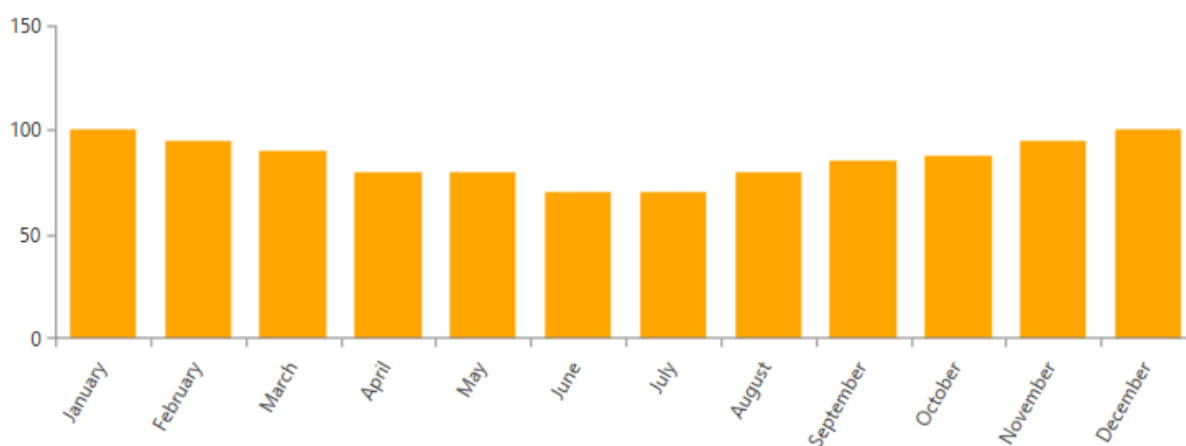


Ilustración 1: Distribución mensual de la energía para la carga diferida. Ordenadas: Energía en Kwh

2 SITIO DE IMPLANTACIÓN

El sistema de generación híbrido será implantado en la localidad de Naupahuén, un paraje rural perteneciente al departamento El Cuy de la provincia de Rio Negro ubicado en coordenadas -39.829924, -69.508362.

Se accede desde el puente aguas debajo de la Central Hidroeléctrica Pichi Picún Leufú por un camino consolidado que hace sus primeros kilómetros bordeando el río Limay.

El centro urbano del paraje tiene un desarrollo norte sur de 2km y este oeste de 1 km siendo el límite norte la costa del río Limay, se destaca que el área de mayor densidad se ubica al sur en una extensión aproximada de 1 km norte-sur por 0.5 km este-oeste.



Ilustración 2: Panorámica del centro urbano.

Se selecciona como sitio de emplazamiento para todo el sistema de generación el límite oeste del centro urbano y tomando como referencia la cancha de actividades hípcas el emplazamiento correcto es 100m al sur y 50m al oeste de la cabecera de dicha pista.



Ilustración 3: Sitio seleccionado para el montaje de todos los componentes de generación.

El sitio seleccionado es actualmente propiedad de la familia del comisionado de fomento. El territorio en que se implante la obra deberá estar legalmente bajo control del estado mientras se mantenga en operación.

La superficie necesaria para establecer el centro de generación será ubicada dentro del polígono formado por las coordenadas de la tabla 1.

Tabla 1: Coordenadas de vértices polígono sugerido para implantación Usina

Latitud	Longitud
-39.829092°	-69.513850°
-39.829142°	-69.511497°
-39.832561°	-69.510995°

-39.832549°	-69.513673°
-------------	-------------

3 ESQUEMA DE INTERCONEXIÓN

El Sistema híbrido de generación para la micro-red propuesta se compone de:

- Un sistema de tres barras de corriente continua en 48V que mediante inversores sincronizados serán transformados en tres barras de Corriente alterna de 220V cada una que mediante inversores sincronizados serán transformados en un sistema trifásico.
- Un grupo electrógeno equipado con motor de combustión interna a Gas Licuado de Petróleo conectado en la barra de corriente alterna 380V 75KW con depósito de combustible adaptado para el uso de 25.000litros
- 50KW pico de generación fotovoltaica conectados mediante inversores sincrónicos a la barra de CA .
- 20KW pico de generación fotovoltaica conectados mediante Reguladores de carga a la barra de CC
- Tres Bancos de baterías 48VCC 4500Amph C10, de tecnología OPzS con electrolito de Plomo ácido en vasos de 2VCC conectados cada uno en una barra de corriente continua.
- Generación eólica conectada a la barra de corriente continua por medio de cargadores de baterías en 48VCC que garantice al menos la siguiente producción anual de energía considerando distribución de Rayleigh para el viento, con una densidad de referencia 1,125kg/m³ y velocidad de viento máxima 25 m/s para cada una de las velocidades medias de la tabla 2:

Tabla 2:EAP Eólica a instalar.

V(m/s)	EAP(Kwh)
5	45912
6	76140
7	108384
8	139008
9	165036

Estos valores deben ser certificados de acuerdo a la Norma IEC 6100-12 por algún organismo de referencia para el sector eólico de baja potencia, en el caso de los equipos de origen nacional el organismo de referencia es el INTI.

Según los informes del laboratorio de energía eólica del INTI esto lo garantizan, por energía y tensión e generación por ejemplo:

Marca	Modelo	Cantidad
EBH	Wintec-1500	22
Giacobone	Eolux-1200	60
Giafa	TGP-2000	34
INVAP Ing.	IVS-4500	12

- Inversores bidireccionales Sincronizables en base a baterías que vinculan las barras de CC y CA en potencia de 48KW.
- Un sistema de gestión de la energía que permita realizar una estrategia de despacho de energía según el método de seguimiento de carga.

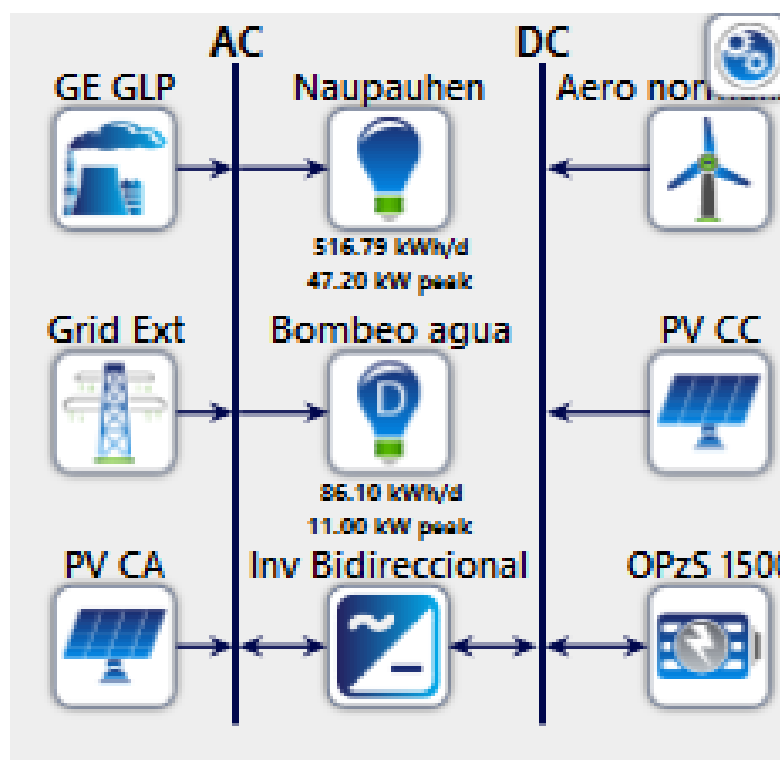


Ilustración 4: Esquema de interconexión.

4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPAMIENTO PRINCIPAL DE GENERACIÓN

4.1 SOLARES

Se sugiere una planta FV a nivel de suelo y aprovechando techo de sala de baterías pero concentrada en el sitio seleccionado para montar la usina.

Eficiencia superior al 15.5%

Estructura del panel de aluminio que soporte al menos una carga de 2400pa

Tolerancia de potencia positiva 0 +3%

Alta resistencia al amoníaco y a la niebla salina.

Los paneles seleccionados deberán garantizar el correcto cumplimiento de las normas IEC-61215; IEC-61730; IEC-62716; IEC-61701 y IEC-62759.

El proveedor deberá demostrar por cálculo que las estructuras de montaje son aptas para soportar las cargas de viento del lugar y peso del sistema.

Las estructuras serán de acero galvanizado y las fundaciones de hormigón.

4.2 EOLICOS

La granja eólica que se monte será tal que garantice una producción anual de energía considerando distribución de Rayleigh para el viento, con una densidad de referencia 1,125kg/m³ y velocidad de viento máxima 25 m/s para cada una de las velocidades medias de la tabla 2:

Tabla 3:EAP Eólica a instalar.

V(m/s)	EAP(Kwh)
5	45912
6	76140
7	108384
8	139008
9	165036

Estos valores deben ser certificados de acuerdo a la Norma IEC 6100-12 por algún organismo de referencia para el sector eólico de baja potencia, en el caso de los equipos de origen nacional el organismo de referencia es el INTI.

Los aerogeneradores serán de las siguientes características:

- Torre tubular arriostrada o autoportante de 20m de altura, se deberá demostrar mediante un informe de cálculo que la torre provista es apta clase 1 según –IEC61400-2
- Sistema de montaje y desmontaje a nivel de suelo tilt-up.

- De eje horizontal.
- De conexión directa, sin caja multiplicadora.
- Con sistema de paro automático eléctrico o mecánico según velocidad de viento, rpm o parámetros eléctricos consensuados.
- Con garantía de tres años bajo un programa de mantenimiento establecido.

Mínimamente el mantenimiento será anual a cargo del propietario e implicará:

- Revisar el funcionamiento de toda la instalación observando y registrando parámetros de funcionamiento.
- Bajar el aerogenerador a nivel de suelo por medio del sistema retráctil.
- Verificar el correcto funcionamiento del mecanismo de freno.
- Verificar el correcto funcionamiento del mecanismo de orientación.
- Verificar el correcto funcionamiento del mecanismo de giro del generador.
- Constatar la integridad de las palas.
- Revisar la integridad de todas las conexiones eléctricas: generador, colector, empalme de bajada, bornera del tablero de control, resistencia de dispersión, banco de baterías.
- Repasar todas las uniones roscadas desde la base de la torre hasta el aerogenerador.
- Lubricar los mecanismos que lo requieran.
- Reponer el aerogenerador a su posición de trabajo por medio de su sistema retráctil.
- Realizar el retensado de riendas en caso de torre arriostrada.
- Realizar la puesta en marcha del sistema verificando el correcto funcionamiento del mismo.

En caso de constatar anomalías el proveedor deberá proveer sin cargo las partes de componentes o componentes completos que se encuentren dañados.

4.3 GENERADOR TERMICO

Por pedido de la SE, se determina el uso de gas envasado (GLP) por tener la provincia de Río Negro un contrato de suministro vigente con la empresa YPF Gas. El grupo electrógeno seleccionado será del tipo Stand by de 75 kw 380V 50Hz.

El grupo deberá contar con cabina insonorizada. Se recomienda contar con dos grupos gemelos que operen intercaladamente y garanticen la disponibilidad en ocasiones de mantenimiento.

El almacenamiento de combustible será de 25.000 litros provisto de todas las instalaciones de adecuación de las condiciones de almacenamiento a las condiciones de uso. Se deberá garantizar los accesos de carga y proveer todas las condiciones de seguridad para las operaciones de carga, almacenamiento y operación del sistema. El sistema de almacenamiento deberá estar habilitado por el organismo correspondiente y aprobado por el proveedor del grupo generador.

4.4 Regulador de carga

Los reguladores de carga solar deberán elegirse con tecnología MPPT mayor a 500 VDC de entrada en cantidades adecuadas para cargar con la misma corriente cada banco, ya que si bien no trabajarán en paralelo los bancos, deben comportarse con los mismos valores de SOC y tensión.

En el caso de los cargadores eólicos se aceptaran equipos de tecnología mppt o pwm que garanticen la carga en estados de carga, fondo y flote respaldados en bancos resistivos de disipación al aire capaces de absorber toda la energía generada.

4.5 INVERSORES

4.5.1 Tipo de inversores solares a red

Sólo serán utilizados en el proyecto modelos de inversores tipo string inverters por el tamaño de proyecto (pequeño en comparación a parques solares), modularidad y facilidad de mantenimiento. En cuanto a la cantidad de entradas MPPT, no es necesario que sean múltiples ya que todos los módulos podrán generar en el mismo punto instantáneo de radiación por no haber sombras de edificios cercanos ni arboledas.

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), es la forma más simple de evitar sobrecarga de baterías en un sistema aislado.

4.5.2 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.

Se proveerán equipos de las siguientes características:

- Tensión nominal del bus DC: 48 V

- Tensión nominal del bus AC: 230/400 V
- Configuración multicluster trifásico (permite hasta 36 equipos en paralelo – serie para potencias de hasta 300 kW)
- Tipo de baterías: plomo-ácido OPzS
- Tipo de inversor: bidireccional para aceptar generación distribuida
- Rendimiento inversor y cargador: hasta 95%

4.6 BATERIAS

Por robustez, rango de descarga y vida útil, la mejor batería de uso demostrado para aplicaciones aisladas es la de tipo tubular abierta (OPZs). Se las seleccionarán en vasos de 2 V para la conformación de bancos serie. Los tamaños o capacidades de cada banco se seleccionarán para facilitar transporte y manipuleo, sabiendo lo dificultoso del trabajo con baterías.

Para los niveles de potencia que se necesitan en el paraje, a priori el sistema de inversores será un multicluster trifásico. Esto sugiere la utilización de bancos de baterías para cada cluster en grupos triples.

Cada banco de baterías se formará con 24 vasos individuales y su capacidad en 10 hs de descarga no deberá ser menor de 4500 Ah.

4.7 Estrategias de despacho de energía

Estrategia de seguimiento de carga

En la estrategia de seguimiento de carga el generador diesel 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 alimentar la carga diferida 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. Características de los componentes del sistema.

4.8 Obra civil

Según sean las características de los equipos provistos se dimensionará una obra civil que contará al menos de las siguientes dependencias:

Sala de Baterías:

Este ambiente se dimensionará de acuerdo a las características particulares de la batería que se provea, 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 de los vasos de cada uno de los bancos sin riesgo para la seguridad de los operarios.

Se recomiendan disposiciones que permitan el acceso directo cada vaso es decir en conjuntos de a dos filas de vasos. Con pasillos y esquinas que permitan el acarreo de una carretilla o Zorra manual adecuada para el traslado de los vasos. 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 de los vasos en caso de derrame.

Su estructura se calculará considerando el peso de las baterías.

Según sea la capacidad individual de los vasos que se provean será el arreglo de conexión, es condición necesaria para el diseño de esta sala contar con la definición de este punto. 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.

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, adicionalmente se instalará un sistema de descarga a tierra con pulseras antiestáticas dispuestas al alcance de cada tablero.

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 de los cargadores de baterías solares y eólicos, inversores y gestores de red que se provean.

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

Sala de motores

Esta sala será dimensionada en función de las características de los equipos que se provean, en cualquier caso se dispondrá de espacio para dos motores idénticos, ya sea que se provea en primera instancia o se monte en ocasiones de mantenimientos prolongados como equipo alquilado. 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.

Depósito:

Sera una facilidad para almacenar repuestos de todo el sistema, y consumibles. Se tendrá en cuenta la posibilidad de almacenar:

- Aerogeneradores
- Repuestos de aerogeneradores.
- Paneles solares
- Estructuras de montaje de paneles.
- Tableros eléctricos y electrónicos.
- Repuestos de motor.
- Aceite
- Grasas
- Solventes

- Agua destilada
- Cables
- Accesorios de montaje en general (tornillería, ferretería)
- Accesorios de montaje de aerogeneradores. (herramental específico)

Taller:

Se dispondrá de un espacio adecuado para realizar tareas de mantenimiento mecánico con mesas de trabajo elementos de sujeción (morzas etc) y manejo de cargas de hasta 1000kg pluma mecánico. Este será un ambiente permanente para operarios del sistema y eventual para los especialistas de mantenimiento.

Oficina:

Espacio de uso permanente para operarios del sistema provisto de sistemas informáticos y de comunicación, teléfono internet etc.

Sanitario:

Mixto, dimensionado para 5 personas permanentes.

5 RESULTADOS DE LA OPCIÓN ÓPTIMA PARA LA COMBINACIÓN SOLAR EÓLICA GLP.

5.1 Dimensionado.

La simulación devuelve como sistema óptimo el siguiente dimensionado:

System architecture		
PV	PV CA	50 kW
PV #2	PV CC	20 kW
Wind Turbine	Aerogenerador Normalizado 1 kw 20m/s	50
Generator	GE GLP	75 kW
Storage	Hoppecke 12 OPzS 1500	9 strings
Converter	Inv Bidireccional	48 kW
Dispatch Strategy	HOMER Load Following	

Tabla 4: Resumen de costos por componente y tipo de costo

Component	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$)	Fuel (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
Aerogenerador Normalizado 1 kw 20m/s	\$151,850.00	\$0.00	\$324,285.50	\$0.00	\$0.00	\$476,135.50
GE GLP	\$72,000.00	\$0.00	\$256,427.29	\$331,959.08	(\$3,306.05)	\$657,080.32
Hoppecke 12 OPzS 1500	\$144,444.44	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$144,444.44
Inv Bidireccional	\$42,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$42,000.00
Other	\$205,000.00	\$0.00	\$982,683.35	\$0.00	\$0.00	\$1,187,683.35
PV CA	\$106,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$106,000.00
PV CC	\$46,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$46,000.00
System	\$767,294.44	\$0.00	\$1,563,396.14	\$331,959.08	(\$3,306.05)	\$2,659,343.61

5.2 Resumen de costos inversión inicial.

Tabla 5: Costos de la inversión inicial

ÍTEM	UNITARIO U\$S+IVA	CANTIDAD	TOTAL U\$S+IVA
Módulos fotovoltaicos con estructura soporte e inversor o cargador de baterías.	2.140U\$S/KW	70KW	U\$S 149.752
Aerogenerador, torre y tablero de control cargador de baterías	3.037U\$S/KW	50KW	U\$S 151.850
Inversor bidireccional y gestor de energía	875U\$S/KW	48KW	U\$S 42.000
Baterías OPzS 48VCC 1500AH	U\$S 16.050	9 unid	U\$S 144.444
Grupo electrógeno GLP 75KW con depósitos de reserva de combustible	72.000U\$S	1 unid	U\$S 72.000
Proyecto ejecutivo Instalación y puesta en marcha	U\$S205.000	1 unid	U\$S205.000
		TOTAL	U\$S 767.294

Son valores nacionalizados o de fábrica. No incluyen IVA ni cargos de facturación.

5.3 Plan de obra.

Tabla 6: Cronograma de obra.

	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8	SEM 9	SEM 10	SEM 11	SEM 12	SEM 13	SEM 14
Proyecto ejecutivo														
Compras														
Movimiento de suelos														
Obra Civil														
Montaje y PEM provisoria grupo GLP														
Montaje módulos solares														
Montaje baterías														
Montaje eólicos														
Montaje inversores														
Cableado														
Conexionado														
PEM														

PROVINCIA DE RIO NEGRO

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

PROYECTO DE RE-FUNCIONALIZACIÓN DE
MICRO-CENTRALES HIDRÁULICAS ZONA ANDINA

TOMO 2:
RELEVAMIENTO DE ESTADO ACTUAL
DE MICRO Y MINI CENTRALES
HIDROELÉCTRICAS

INFORME FINAL

DICIEMBRE 2016

MAURICIO SCHNEEBELI
GONZALO RODRIGUEZ

1 ÍNDICE.

Sumario

Sumario

1ÍNDICE.....	2
2ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	4
3INTRODUCCIÓN.....	6
4GENERALIDADES.....	7
5. relevamiento de centrales	8
5.1 Central hidráulica Cuesta del Ternerero.....	8
5.1.1 Sala de máquinas	8
5.1.2 Equipamiento electromecánico.....	9
5.1.3 Obra de toma	11
5.1.4 Comentarios adicionales	13
5.2 CENTRAL HIDRÁULICA CATARATA MALLÍN	15
5.2.1 Sala de máquinas	15
5.2.2 Equipamiento electromecánico.....	16
5.2.3 Obra de toma	18
5.2.4 Comentarios adicionales	19
5.3 Aprovechamiento Loma Atravesada.....	21
5.3.1 Elementos comunes.....	21
5.3.2 Central Hidráulica N.º 1.....	23
5.3.2.1 Sala de máquinas.....	23
5.3.2.2 Equipamiento Electromecánico	24
5.3.2.3 Observaciones	25
5.3.3 Central Hidráulica N.º2	25
5.3.3.1 Sala de máquinas.....	26
5.3.3.2 Equipamiento Electromecánico	26
5.3.3.3 Observaciones	27
5.4 CENTRAL HIDRÁULICA LA MOSCA.....	28
5.4.1 Sala de máquinas	28
5.4.2 Equipamiento electromecánico.....	29
5.4.3 Obra de toma	30
5.4.4 Comentarios adicionales	31
6 REFUNCIONALIZACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE CENTRALES.....	33
6.1 Generalidades	33

6.2 Modalidad de estudio de refuncionalización	33
6.2.1 Refuncionalización CH Catarata Mallín	35
6.2.2 Refuncionalización CH La Mosca	39
6.3 CONCLUSIONES	42

2 ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: exterior sala de máquinas CH Cuesta del Terneró	8
Ilustración 2: turbina hidráulica francis de cámara abierta	10
Ilustración 3: tableros de control y sincronismo	10
Ilustración 4: obra de toma destruida por crecidas	11
Ilustración 5: cámara de carga, rejas y vertedero	13
Ilustración 6: ruinas de sala de máquinas	15
Ilustración 7: acceso a sala de máquinas hacia restitución a arroyo	16
Ilustración 8: turbina Francis CHOI industria argentina	16
Ilustración 9: presa vertedero con toma lateral	18
Ilustración 10: cámara de carga con salida de limpieza	19
Ilustración 11: obra de captación sobre arroyo Pedregoso	23
Ilustración 12: sala de máquinas CH1	24
Ilustración 13: miniturbina de flujo cruzado con sus accionamientos	25
Ilustración 14: sala de máquinas CH2	26
Ilustración 15: miniturbina de flujo cruzado con vista de válvula	26
Ilustración 16: miniturbina con volante y generador	26
Ilustración 17: miniturbina tipo Pelton con volante y generador	27
Ilustración 18: miniturbina con vista a válvula	27
Ilustración 19: predio de microturbina y grupos electrógenos	28
Ilustración 20: depósito de combustible en predio de generación	29
Ilustración 21: microturbina Francis Choi para uso aislado	29

Ilustración 22: Obra de captación, desarenador y cámara de carga.....	30
Ilustración 23: faltante de tubería a mitad de recorrido	31
Ilustración 24: faltante de tubería al inicio de traza	31
Ilustración 25: Tabla básica de selección de micro turbinas. Fuente: 1	34
Ilustración 26: diagrama de selección de turbinas. Fuente ITDG.....	36
Ilustración 27: Diagrama de selección de turbinas. Fuente: ITDG	40

3 INTRODUCCIÓN

El presente estudio encargado por la Secretaría de Energía de la provincia de Río Negro pretende transmitir el estado actual de los micro y mini aprovechamientos hidroeléctricos de la zona sur de Río Negro, propiedad del mismo estado provincial.

El precio actual de la generación de energía eléctrica, la necesidad de desalentar la generación fósil y el cuidado del patrimonio del estado rionegrino, ameritan a evaluar las condiciones de utilización y problemas en la operación que han tenido las centrales de Loma Atravesada, Catarata Mallín, Cuesta del Ternerero y La Mosca.

La tecnología actual podría ser la que impulse una generación hidroeléctrica en escala micro y mini mediante la automatización integral de cada aprovechamiento y una adecuada integración con las líneas de media tensión existente, sabido que una gran parte de las mini y micro centrales del país han dejado de operar por sus altos costos operativos.

Para tal fin, la SE encomienda a la empresa INVAP Ingeniería S.A. un relevamiento de diagnóstico para analizar mejoras a implementar en las centrales que podrían estar en generación y el estudio y conveniencia de una nueva puesta en valor.

Se ha contado con la colaboración de EDESA y DPA para recabar información técnica y operativa de las centrales.

4 GENERALIDADES

A diferencia de las centrales de Loma Atravesada, las tres restantes no tienen una clara definición de la propiedad de la tierra. En Cuesta del Ternerero hay pobladores fiscales sin título de propiedad pero sí en trámite. En la CH Catarata Mallín no hay registro de que sean tierras municipales o provinciales o si existió algún tipo de permiso para la implantación de las obras civiles.

Otro caso a estudiar en cuanto a tierras es CH La Mosca. La central se construyó antes de reglamentarse la normativa de “comanejo” de tierras de Parques Nacionales con comunidades mapuches. Ahora todas las obras civiles están dentro del área de comanejo, por tanto cualquier permiso de obra, usufructo o reglamentación del uso de la tierra es discutido en esta mesa común.

En cuanto a la calidad de las obras civiles, nuevamente es un caso de excepción Loma Atravesada ya que fue construida con estándares de construcción actuales de centrales hidráulicas. Se evidencia en fotografías la falta de alambrados perimetrales en salas de máquinas y obras de toma, monorioles o puentes grúa para mantenimiento y accesos delimitados.

5. RELEVAMIENTO DE CENTRALES

5.1 Central hidráulica Cuesta del Ternero

Fecha de relevamiento 17/10/2016

Localización geográfica: 41°57'3,82 S 71°22'23,44 O

5.1.1 Sala de máquinas

Es una sala concebida para el tipo de turbina instalada y el año de su instalación. Sus dimensiones aproximadas son 6m x 4m. El estado general es bueno. Actualmente la usa una persona autorizada por EDERSA como depósito, contando este poblador con una llave del candado del portón de acceso. En la sala se han visto cueros de ganado y forraje pero sin notar vandalismo.



Ilustración 1: exterior sala de máquinas CH Cuesta del Ternero

Por ser una central con turbina tipo Francis de cámara abierta, el rodete y su espiral se aloja en el interior de las paredes de hormigón de la sala, por lo que en el recinto puede verse sólo el antiguo sistema de mando de cierre, sistema de transmisión

para la multiplicación de velocidad de giro, su generador eléctrico y tableros de control montados en su última puesta en marcha del año 1994.



Ilustración 2: exterior sala de máquinas con vista de foso de descarga.

La central en sus inicios (aproximadamente década del 1940) fue utilizada en isla para generación en corriente continua para un aserradero y sus instalaciones complementarias. Luego se modificaron los equipos para corriente alterna y conexión en paralelo con la línea de media tensión del sistema Bolsón – Ñorquinco. Se desconoce la existencia de registros escritos de generación y detalles técnicos.

Bajo la platea de H°A° de sala de máquinas se aprecia el tubo de aspiración de sección circular.

5.1.2 Equipamiento electromecánico

Turbina hidráulica: Francis de cámara abierta. Se supone que es la máquina original, pudiendo contar con mas de 70 años. No se sabe si su diseño fue exactamente para el sitio. No posee chapa de características.



Ilustración 2: turbina hidráulica francés de cámara abierta

Tipo de transmisión: por poleas. Seguramente con un bajo rendimiento por ser aproximadamente 1:4 su relación de multiplicación.

Generador: no posee chapa de características. Se evidencia por su apariencia anterior a la década del 1960. Generador con carbones y escobillas.

Tableros de control y sincronismo:



es lo único de la central que sería de su última puesta en marcha. Posee componentes automáticos para su funcionamiento en sincronismo con la red pero con poca posibilidad de reutilizarse.

5.1.3 Obra de toma

Cierre: no posee. La captación se realizaba por una derivación parcial en una curva del arroyo Ternero pero la falta de mantenimiento y seguramente lo artesanal de esta obra de toma lo dejó fuera de servicio. Por comentario del poblador, una crecida con arrastre de rollizos destruyó la toma.



Ilustración 4: obra de toma destruida por crecidas

Desarenador: muy precario, con poco mantenimiento a lo largo de años. Hoy evidencia caída de material desde la ladera. Sus compuertas para manejo de caudal al canal de aducción eran precarias con mecanismos manuales. También están sin capacidad de operación.



Canal: tiene una longitud de 700 metros con un desnivel de 3 m en su recorrido. Su estado es de baja conservación. En alguna época comenzaron a revestirlo en H°A°. Su capacidad de transporte podría haber llegado a ser 1500 l/s. En su longitud hay mangueras en sifón para riego de pasturas de animales ya que un sector de aproximadamente 200 metros se llena por una vertiente que proviene de la proviene de una propiedad aledaña a la comisaría.

Cámara de carga: esta se encuentra justo arriba de sala de máquinas. Se evidencia deterioro en H°A° por sus filtraciones y falta de material en vértices. No posee seguridad para su operación. A la fecha de la visita la cámara se encontraba llena por el cierre de su válvula de vaciado a la tubería de PRFV.



Ilustración 5: cámara de carga, rejas y vertedero

Compuertas de limpieza: sobre el sector de toma para llenado de canal, limpieza de arena. Todo fuera de servicio.

Vertedero de demasías: se evidencia una remodelación del original por el tipo de material empleado. Se encuentra fuera de uso por estar embancado.

5.1.4 Comentarios adicionales

Se desconoce la propiedad de las tierras de la central y tierras aledañas.

Podría realizarse un estudio de generación hidroeléctrica en el mismo arroyo con una toma aguas arriba de la utilizada. Hay grandes paredes laterales de piedra con posibilidades de apoyar un dique de características de mini central.

Bajo el puente de la ruta provincial se fotografió una escala de caudales sin saber qué organismo podría tener registros.

Esta central quedó fuera de operación por costos de operación, falta de protecciones eléctricas adecuadas para no trabajar en isla ante cortes de la LMT y la rotura por avenida de la obra de toma.

No se recomienda una inversión de recuperación de la vieja central por la baja potencia obtenible versus inversiones a realizar.

5.2 CENTRAL HIDRÁULICA CATARATA MALLÍN

Fecha de relevamiento: 18/10/2016

Localización geográfica: 41°53'7,54"S 71°31'51,83"O

5.2.1 Sala de máquinas

El estado es de total abandono. Se ha desmantelado la cubierta del techo, puertas, portón de acceso y todo elemento reutilizable.



Ilustración 6: ruinas de sala de máquinas

La sala fue proyectada para turbina tipo Francis convencional (con espiral y distribuidor) por lo que la entrada de agua es por bajo platea. Al momento de la visita la tubería de presión estaba llena, descargando poca agua por salidas de la espiral y descarga de máquina.

Llama la atención que la sala no posea estructura para montar un puente grúa o monoriel para mantenimientos, requiriendo camión grúa para cualquier tarea de mantenimiento mecánico.



Ilustración 7: acceso a sala de máquinas hacia restitución a arroyo

5.2.2 Equipamiento electromecánico

Turbina hidráulica: de tipo Francis. Sólo queda la turbina propiamente dicha. La máquina no fue proyectada para el sitio. Fue traída desde La Rioja sin uso para su funcionamiento en Catarata Mallín. Se desconoce si se ha adaptado el proyecto hidráulico para utilizar la TH. El equipo es demasiado antiguo y al no haberse mantenido durante años, quedando a la intemperie, probablemente sus piezas móviles sean de difícil recuperación por corrosión.

Ya en fecha de su inauguración, este equipo era obsoleto. Se comprueba por el tipo de regulador de velocidad mecánico. Sin chapa de características.



Ilustración 8: turbina Francis CHOI industria argentina

Tipo de transmisión: directa con acoplamiento flexible del que sólo quedan los pernos.

Generador: no existe

Tableros de control y sincronismo: no existen

Transformador elevador: no existe.

Punto de conexión: a 200 metros de la usina, LMT 13,2 kV del sistema de distribución de Mallín Ahogado.

5.2.3 Obra de toma

Cierre: presa vertedero con conducción lateral a compuerta. No se aprecian problemas estructurales. Tampoco un embanque que revista problemas de mantenimiento. Este cierre posee un puente peatonal metálico para el acceso desde el



Ilustración 9: presa vertedero con toma lateral

estacionamiento al sistema hidráulico.

Desarenador: a simple vista puede que sea pequeño para el caudal de diseño pero puede ser un arroyo con bajo transporte de sedimento. Compuertas con accionamiento manual en buen estado de conservación.

Canal de conducción: de sección rectangular revestido en H°A°. Hay mucha vegetación en su recorrido. No hay una senda adecuada para llegar desde el puente peatonal.

Cámara de carga: de H°A° con sistema de compuertas de accionamiento manual a tubería y compuerta de descarga de difícil utilización por no ser vertedero.

Se han robado los sensores de nivel que seguramente transmitían datos al control de turbina. No posee chimenea de equilibrio generando problemas en transitorios hidráulicos.

Al estar llena la cámara, es utilizada por vecinos para bombeo de agua.



Ilustración 10: cámara de carga con salida de limpieza

Tubería forzada: de PRFV con diámetro de 800 mm. No se aprecian descalces o pérdidas de fluido en su recorrido. Aproximadamente 60 m de conducción. Sólo un tramo se ve a cielo abierto.

5.2.4 Comentarios adicionales

El aprovechamiento podría entrar en discusión sobre el uso del recurso ya que en es ofrecido al visitante como atractivo turístico. La hidraulicidad del arroyo es considerablemente baja en meses de turismo estival, con lo cual podría compartirse su uso.

El acceso al edificio de la central es por el vado del arroyo, lo que dificulta acciones de construcción y mantenimiento en meses por fuera del estiaje. Como acceso peatonal por el puente del azud tiene problemas de transitabilidad luego de la zona de compuertas. No hay sendero definido y la bajada desde la cámara de carga a la sala de máquinas tiene una fuerte pendiente.

En operación, esta central carecía de elementos de control y protecciones adecuadas que puedan abrir rápidamente su vinculación con la LMT, ocasionando transitorios eléctricos en detrimento de la calidad de servicio.

5.3 Aprovechamiento Loma Atravesada

Fecha de relevamiento: 18/10/2016

5.3.1 Elementos comunes

5.3.1.1 Circuito Hidráulico

El sistema Loma Atravesada es el más reciente de los aprovechamientos del estado provincial de la zona Andina. Se basa en una obra de cierre del arroyo Pedregoso con derivación a canal a cielo abierto, revestido en H°A° en su totalidad. Este canal no presenta desmoronamientos ni pérdidas que se vean a simple vista. Tiene sitios con material embancado que pueden solucionarse con limpieza mecánica.

En el tramo final del canal comienza la conducción forzada a la CH1 de turbina tipo Crossflow o Mitchel Banki. Las demásías son vertidas a una segunda tubería hasta la descarga de la CH1, donde comienza un segundo tramo de canal para luego alimentar la turbería forzada de la CH2.

El recurso restituído de la CH2 es aprovechado para riego de zona de chacras en Mallín Ahogado.

Todos los trabajos sobre obra de toma, compuertas y canal son de competencia del Departamento Provincial de Aguas.

5.3.1.2 Obra de toma

Localización geográfica: 41°45'43,60"S 71°33'10,32"O

Cierre: presa vertedero con conducción lateral a compuerta y desarenador. No se aprecian problemas estructurales.

No se aprecia un embanque que revista problemas de mantenimiento.

El acceso peatonal para mantenimiento es adecuado, posee pasarelas con barandas en su recorrido.

Desarenador: a simple vista puede que sea pequeño para el caudal de diseño pero puede ser un arroyo con bajo transporte de sedimento. Compuertas en buen estado de conservación.



Ilustración 11: obra de captación sobre arroyo Pedregoso

Canal de conducción: de sección trapezoidal revestido en H°A° con una longitud aproximada de 3600 metros el tramo 1 y 1000 metros aproximadamente el tramos 2. La transitabilidad en pickup es muy buena en los 2 tramos.

Cámaras de carga: de H°A° con sistema de compuertas de accionamiento manual a tubería. Las cámaras de carga poseen sensores de nivel con comunicación (cableada y radio) hasta sala de máquinas.

5.3.2 Central Hidráulica N.º 1

5.3.2.1 Sala de máquinas

Posee una sala de máquinas muy adecuada para alojar todos los equipos electromecánicos. Su estado de conservación es bueno, apto para nueva puesta en marcha, con evidencia que hace algunos años no opera.



Ilustración 12: sala de máquinas CH1

5.3.2.2 Equipamiento Electromecánico

Turbina hidráulica: de flujo cruzado con tubo de aspiración y doble regulación de caudal ($\frac{1}{3} + \frac{2}{3}$). Fabricante: Orengine, Italia.

Caudal de diseño: 1500 litros/seg

Altura neta: 56 m

Potencia máxima: 702 kW (se supone al eje)

Válvula: mariposa con accionamiento hidráulico

Tipo de transmisión: directa al generador.

Generador: Marelli Motori, 600 RPM, 400 VCA, sincrónico.

Tableros de control y sincronismo: provistos por fabricante de turbina

Transformador elevador: en predio exterior, 0,4 kV a 13,2 kV.



Ilustración 13: miniturbina de flujo cruzado con sus accionamientos

5.3.2.3 Observaciones

Esta central no opera desde 2013 por problemas en el control y/o lectura de velocidad. Se ha colocado un repuesto provisto con la entrega inicial pero el problema persiste. El concesionario Edersa no puede estimar fecha de puesta en marcha.

El concesionario nunca la utiliza en potencia nominal. Según personal de EDERSA es muy complicado trabajar con el canal en $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ y en los ensayos de recepción tampoco erogó la potencia de diseño. Se ha retirado el tubo de aspiración de la máquina.

Puede haber un problema de diseño en la distancia de válvula a rodete de turbina, siendo esta distancia muy corta con relación a lo recomendado por bibliografía. Se sugiere un cálculo por métodos computacionales de la perturbación hidráulica si se pretende relocalizar válvula.

No existe un plan de mantenimiento para la central.

5.3.3 Central Hidráulica N°2

Relevamiento 18/10/2016

Ubicación: 41°49'5,47"S 71°31'57,86"O

5.3.3.1 Sala de máquinas

Posee una sala de máquinas de diseño también adecuado para alojar todos los equipos electromecánicos. Su estado de conservación es bueno.



Ilustración 14: sala de máquinas CH2

5.3.3.2 Equipamiento Electromecánico



Ilustración 15: miniturbina de flujo cruzado con vista de válvula



Ilustración 16: miniturbina con volante y generador

Turbina hidráulica: Pelton de 2 inyectores. Fabricante: Orendine, Italia.

Caudal de diseño: 1000 litros/seg

Altura neta: 200 m

Potencia máxima: 1700 kW (se supone al eje)

Válvula de admisión: esférica con accionamiento hidráulico

Tipo de transmisión: directa al generador.

Generador: Ansaldo, 600 RPM, 6600 VCA, sincrónico.

Tableros de control y sincronismo: provistos por fabricante de turbina. Control apto para trabajo en isla como en sincronismo con la red.

Transformador elevador: en predio exterior.



Ilustración 17: miniturbina tipo Pelton con volante y generador



Ilustración 18: miniturbina con vista a válvula

5.3.
3.3
Obs
erv
aci
one
s

Esta central no opera desde marzo/abril del 2016 por problemas en centralina hidráulica. El concesionario espera solucionar el problema en breve.

Se ha modificado por parte del concesionario el sistema de deflectores de chorro de cada inyector.

La tubería de presión descarga desde un sistema de válvulas por el costado de la sala de máquinas para asegurar un caudal mínimo de riego.

No existe un plan de mantenimiento para la central.

5.4 CENTRAL HIDRÁULICA LA MOSCA

Fecha de relevamiento 19/10/2016

Localización geográfica: 41°34'29,69"S 71°30'4,90"O

5.4.1 Sala de máquinas

El estado general es bueno. Todavía alberga el equipamiento hidráulico. Al ser una sala de mampostería, sus condiciones son adecuadas para refuncionalizarla con equipamiento moderno. El predio posee alambrado perimetral y portón de acceso,



Ilustración 19: predio de microturbina y grupos electrógenos

seguramente porque actualmente se utiliza para alojar los grupos térmicos diesel en

funcionamiento. Sus dimensiones (7m x 7m aproximadamente) son útiles para alojar equipos de la potencia obtenible.

El acceso al predio es por camino consolidado desde la RN 40, donde actualmente funciona un camping de la comunidad mapuche.



Ilustración 20: depósito de combustible en predio de generación

En el sitio también hay un galpón abierto usado como depósito de lubricantes, tableros eléctricos y filtros para los grupos diesel.

5.4.2 Equipamiento electromecánico

Turbina hidráulica: de tipo Francis. El equipo está completo y armado. Se estima que la fabricación, como las máquinas de marca Choi que abundan en el país, puede ser de la década del 1940. No posee chapa de características.



21: microturbina Francis Choi para uso aislado

Ilustración

Tipo de transmisión: directa con volante de inercia ya que era usada sólo en isla.

Generador: marca Elin de industria alemana, posiblemente del época de fabricación de la turbina. 6 polos y 125 kVA de potencia máxima aparente.

Tableros de control: completos pero para su funcionamiento aislado.

Transformador elevador: a 30 metros fuera del predio.

Punto de conexión: no corresponde, es un sistema aislado para El Foyel, Río Villegas y El Manso. No se ha terminado la interconexión con el sistema eléctrico de El Bolsón.

5.4.3 Obra de toma



Ilustración 22: Obra de captación, desarenador y cámara de carga

Cierre, desarenador y cámara de carga: muy bien resuelto en un cajón natural del arroyo.

En la misma obra civil se tiene el vertedero, luego un desarenador con compuerta de limpieza y acceso a cámara de carga con reja. Sólo necesita una limpieza manual del material acumulado. Se ve la obra operativa.

Tubería forzada: de PRFV con diámetro de 300 mm. En el inicio y mitad de recorrido hay faltantes de tubería. El faltante de la mitad se ha descalzado por un deslave de la ladera. No hay una protección de ladera adecuada y posiblemente la distancia entre los muertos de anclaje sea demasiado larga. Este sector es problemático ya que la tubería va a cielo abierto.



Ilustración 23: faltante de tubería a mitad de recorrido Ilustración 24: faltante de tubería al inicio de traza

5.4.4 Comentarios adicionales

Como se ha comentado ya, cualquier tipo de trabajo deberá ser presentado ante la mesa de comanejo de APN y la comunidad.

Esta es una CH con muy buenas posibilidades de nueva puesta en marcha sin pretender la autogeneración del 100% para los tres parajes que hoy están conectados a la distribución de los grupos térmicos, pero sí bajaría el consumo de combustible considerablemente por lo menos 8 meses al año.

Como todas las cuencas de la Patagonia norte, el caudal está en descenso desde por lo menos 10 años a la fecha, lo que obliga a la CH a ser proyectada para inyección a red.

Para proyecto de esta central, es necesario conocer el proyecto de interconexión que tendrán estos parajes. Los sistemas de protecciones deben ser distintos para actuar en paralelo con una red fuerte que con grupos térmicos de mediano porte.

Por último, en el predio de la central existen focos de contaminación por mal manejo de combustibles y lubricantes utilizados. Se han registrado ya incidentes hace algunos años por vertido de gasoil.

6 REFUNCIONALIZACIÓN Y PUESTA EN VALOR DE CENTRALES

6.1 Generalidades

Como se deduce de párrafos anteriores, las centrales que merecen atención por su actual estado, operación o posibilidad de nueva puesta en valor son Catarata Mallín, La Mosca y AH Loma Atravesada.

Las dos primeras merecen ser estudiadas ya que lo más oneroso de las centrales, la obra civil de toma y conducción, está en condiciones de ser nuevamente utilizable. Por experiencias propias y análisis de costos de distintos autores, las obras civiles pueden representar el 60 al 70% de los costos de un aprovechamiento hidroeléctrico en escala micro, lo restante queda representado por equipamiento electromecánico, puesta en marcha y proyecto ejecutivo.

Distinto es el caso del aprovechamiento mixto Loma Atravesada. A la fecha de este informe final (Dic. 2016), por conversación con Fernando Versino, la CH2 nuevamente está en funcionamiento luego de ser reemplazado un motor de la centralina hidráulica. La CH1 no tiene fecha de nueva PEM.

De estas 2 centrales se destaca la necesidad de poner en práctica un plan de mantenimiento de acuerdo a la documentación y recomendaciones del fabricante. El plan de mantenimiento preventivo y predictivo será en pos de lograr confiabilidad de operación autónoma y minimizar los costos de mantenimiento correctivos.

La experiencia propia por la operación del concesionario debe ser suficiente para la elaboración del plan de mantenimiento. Si bien los turbogrupos son diferentes, las generalidades de las máquinas de acción harán que se repitan la mayoría de los puntos de seguimiento.

Notamos que en el caso de Loma Atravesada, no le es beneficioso económicamente al concesionario la puesta en servicio de las mini turbinas. Será necesaria una revisión de los costos de generación del sistema eléctrico de la zona Andina ya que está demostrado que la generación hidro bien concebida es notablemente mas ventajoso con la generación diesel, en términos económicos y ambientales.

6.2 Modalidad de estudio de refuncionalización

Este estudio será a nivel de inventario para dar pautas de acerca de la solución tecnológica, tipo de obras y estudio de costos para luego desarrollarse en un estudio de factibilidad.

Al diseñar nuevamente el layout de una central hidráulica, puede comenzarse por la elección del tipo de turbina a instalar y el número de máquinas. El tipo de turbina se analiza comunmente por la velocidad específica pero hay cuestiones por fuera de cálculo como son la facilidad de mantenimiento, la elección del número de turbogrupos, precios, posibilidad de fabricación local, rendimiento esperado, etc.

A este nivel de estudio haremos el análisis con 1 turbina por aprovechamiento y una velocidad de giro independiente a la del alternador. Los alternadores a utilizar serán los estándar en el país de 1500 RPM. Potencias del orden de 100 kW no merecen la utilización de alternadores de más de 4 polos por sus elevados precios.

Por manuales de selección de turbinas¹ en base a velocidad específica y rango de alturas de operación, estamos en la zona de solape de turbinas Francis y de Flujo Cruzado (Michell – Banki).

Tipo de turbina	horquilla de salto en metros
Kaplan y hélice	$2 < H < 20$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1300$
Michell-Banki	$3 < H < 200$
Turgo	$50 < H < 250$

Ilustración 25: Tabla básica de selección de micro turbinas. Fuente: 1

La selección del tipo de máquina cambiará también los costos de las salas de máquinas.

1 Manual de Pequeña Hidráulica. European Small Hydro Association.

6.2.1 Refuncionalización CH Catarata Mallín

Obras y tareas a realizar:

- Solicitación de permisos para el uso del suelo.
- Solicitación de permisos para el uso del recurso hídrico compartido.
- Elaboración de plan de obra.
- Informe de impacto ambiental. Evaluación y presentación.
- Limpieza de sedimentos en azud.
- Mantenimiento general de compuertas.
- Mantenimiento de canal de aducción o posibilidad de soterramiento con tubería.
- Modificación de cámara de carga para instalar vertedero de demasías.
- Control automático de niveles en cámara de carga.
- Instalación de chimenea de equilibrio en el inicio de tubería de presión.
- Apertura de camino peatonal desde desarenador hasta sala de máquinas.
- Instalación de sistema de vigilancia remota mediante cámaras.
- Instalación de alambrado tipo olímpico en las instalaciones susceptibles a vandalismo.
- Adecuación de vado para vehículos (máximo camión con chasis y grua de 2 ejes).
- Limpieza de predio.
- Modificación de sala de máquinas.
- Equipamiento electromecánico y puesta en marcha.
- Vinculación eléctrica a red de distribución.

Los ítems no están concatenados ni son consecutivos. Se estima desde la finalización del proyecto ejecutivo y adjudicación de obra una duración de trabajos de 12 meses corridos teniendo en cuenta la veda climática de la zona.

Para la elección del tipo de turbina puede tomarse el número específico n_s

$$n_s = \frac{(1,2 \, n \, \sqrt{N})}{H^{1,25}}$$

n [=] rpm

N [=] kW en punta de eje

H [=] m

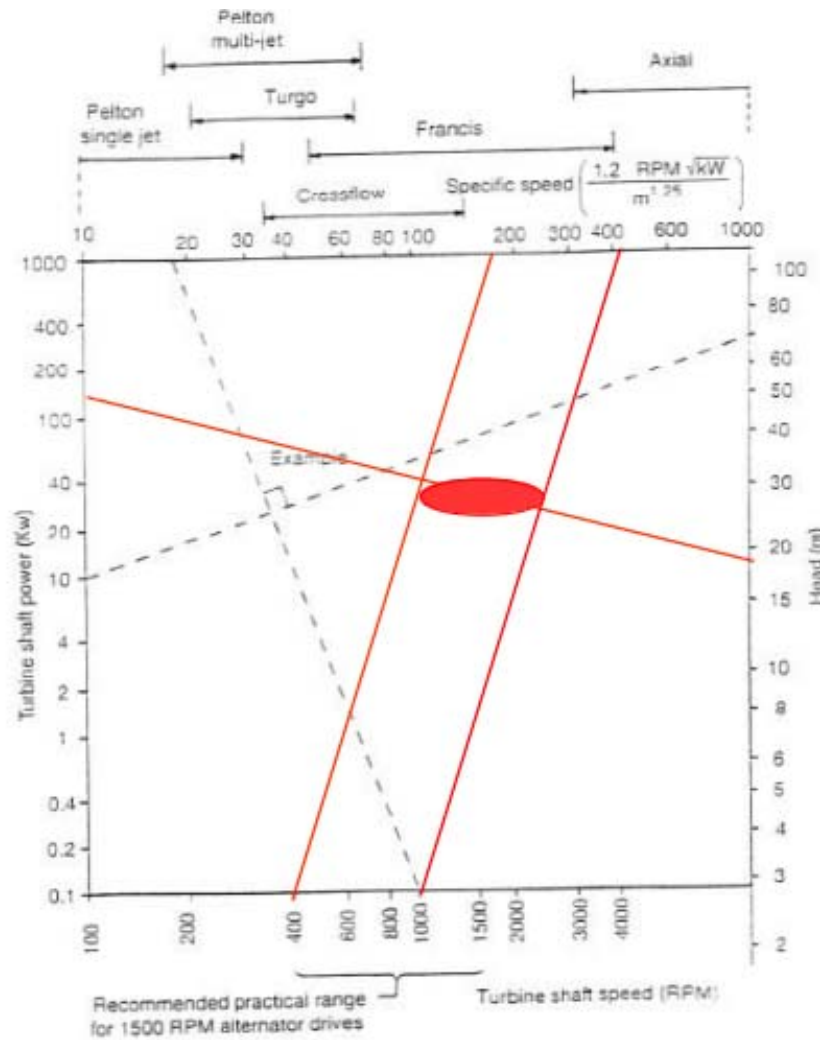


Ilustración 26: diagrama de selección de turbinas. Fuente ITDG.

En Catarata Mallín, con una altura neta de 17 m y caudal nominal de 1000 l/s, un rango apropiado de velocidades de giro es de 300 a 800 rpm, lo cual da un rango también de velocidades específicas: $n_{s1}=160$ y $n_{s2}=400$. Máquinas de bajas rpm podrían ser de flujo cruzado y superando las 600 rpm sin duda serán Francis.

En la siguiente planilla se enumeran items resumidos de obra para un tipo de contratación por administración. El tipo de contratación variará el costo final y dependerá del régimen que adopte la provincia de Río Negro para su obra pública.

Planilla resumida de precios anteproyecto

Central: Catarata Mallín

item	descripción	cantidad	UM	precio unit USD s/iva	Subtotal USD s/iva
Obras civiles					
1	Limpieza de azud con retro excavadora mediana	2	días	741	1481
2	Mantenimiento de compuertas toma	1	gl	926	926
3	Alambrado perimetral olímpico con accesos	1	gl	2778	2778
4	Accesos peatonales	1		3086	3086
5	Remodelación de cámara de carga	1	gl	3086	3086
6	Sala de máquinas	40	m ²	1300	52000
7	Vado de vehículos pesados	15	m ³	49	741
Trabajos generales					
8	Estudio de impacto ambiental	1	gl	3000	3000
9	Administración y generación de permisos	3	meses	1543	4630
10	Levantamientos topográficos	1	gl	3000	3000
11	Cartel de obra	1	unidad	370	370
12	Proyecto ejecutivo	1	gl	11520	11520
13	Servicio de seguridad e higiene laboral	8	meses	926	7407
14	Inspección	40	días	370	14815
15	Recepción	5	días	370	1852
Equipamiento electromecánico					
16	Turbogruppo con alcance hasta distribución	120	kw	1200	144000
17	SET subida 0,4/13,2 con protecciones	1	gl	12000	12000
18	Puesta en marcha	1	gl	5000	5000
	total				271693
	precio USD/kW				2264

El precio unitario por kW de generación se corresponde adecuadamente a valores de mercado teniendo en cuenta las obras ya construidas. Obras de similares características pueden rondar los 5000 USD/kW de generación cuando deben realizarse la totalidad de las obras civiles.

6.2.2 Refuncionalización CH La Mosca

Obras y tareas a realizar:

- Solicitud de permisos para el uso del suelo en mesa de comanejo.
- Solicitud de permisos para el uso del recurso hídrico compartido.
- Elaboración de plan de obra.
- Informe de impacto ambiental. Evaluación y presentación.
- Limpieza artesanal de sedimentos en azud.
- Mantenimiento general de compuertas y descarga de fondo.
- Reparación de tubería.
- Nuevos muertos de aclaje o apoyos.
- Muros de contención.
- Control automático de niveles en cámara de carga.
- Instalación de chimenea de equilibrio en el inicio de tubería de presión.
- Apertura de camino peatonal desde cámara de carga hasta sala de máquinas.
- Limpieza de predio.
- Modificación de sala de máquinas según proyecto ejecutivo.
- Equipamiento electromecánico y puesta en marcha.
- Vinculación eléctrica a red de distribución de sistema Bolsón o generación diesel Río Villegas.

Los ítems no están concatenados ni son consecutivos. Se estima desde la finalización del proyecto ejecutivo y adjudicación de obra una duración de trabajos de 12 meses corridos teniendo en cuenta la veda climática de la zona.

Para la elección del tipo de turbina puede tomarse el número específico n_s

$$n_s = \frac{(1,2 \cdot n \cdot \sqrt{N})}{H^{1,25}}$$

n [=] rpm

N [=] kW en punta de eje

H [=] m

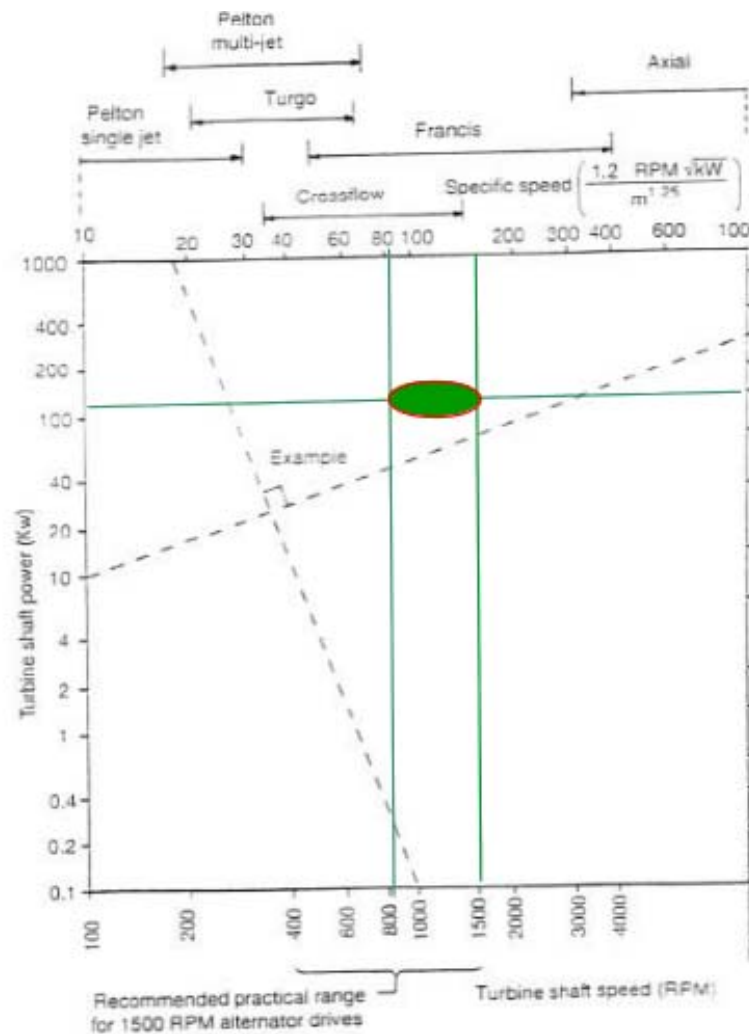


Ilustración 27: Diagrama de selección de turbinas. Fuente: ITDG

En la central La Mosca, con una altura neta de 50 m y caudal nominal de 300 l/s, un rango apropiado de velocidades de giro es de 800 a 1500 rpm, lo cual da un rango también de velocidades específicas: $n_{s1}=80$ y $n_{s2}=150$. Máquinas de bajas rpm podrían

ser de flujo cruzado. No se descarta el reacondicionamiento de la vieja turbina luego de estudiar sus dimensiones de rodete y ver estado general del distribuidor. Esta turbina a diferencia de la turbina de CH Catarata Mallín, no ha quedado a la intemperie.

En la siguiente planilla se enumeran items resumidos de obra para un tipo de contratación por administración. El tipo de contratación variará el costo final y dependerá del régimen que adopte la provincia de Río Negro para su obra pública.

Planilla resumida de precios anteproyecto

Central: La Mosca

item	descripción	cantidad	UM	precio unit USD s/iva	Subtotal USD s/iva
Obras civiles					
1	Limpieza de azud artesanal	2	jornales	154	309
2	Mantenimiento de compuertas toma	1	gl	926	926
3	Reparación de tubería en PRFV	1	gl	3704	3704
4	Mejoramiento de accesos peatonales	1	gl	1852	1852
5	Anclajes de tubería en sectores expuestos	1	gl	3086	3086
6	Adecuación de sala de máquinas	1	gl	1852	1852
7	Contención de ladera	50	ml	100	5000
Trabajos generales					
8	Estudio de impacto ambiental	1	gl	3000	3000
9	Administración y generación de permisos	3	meses	1543	4630
10	Levantamientos topográficos	1	gl	3000	3000
11	Cartel de obra	1	unidad	370	370
12	Proyecto ejecutivo	1	gl	10080	10080
13	Servicio de seguridad e higiene laboral	5	meses	926	4630
14	Inspección	40	días	370	14815
15	Recepción	5	días	370	1852
Equipamiento electromecánico					
16	Turbogruppo con alcance hasta distribución	105	kw	1200	126000
17	SET subida 0,4/13,2 con protecciones	1	gl	12000	12000
18	Puesta en marcha	1	gl	5000	5000
	total				202105
	precio USD/kW				1925

El precio unitario por kW de generación se corresponde adecuadamente a valores de mercado teniendo en cuenta las obras ya construidas. Obras de similares características pueden rondar los 5000 USD/kW de generación cuando deben realizarse la totalidad de las obras civiles. En La Mosca las obras civiles son sólo de reparaciones y adecuación de sala de máquinas para albergar otro tipo de turbina.

6.3 CONCLUSIONES

De las planillas de precios se deduce el precio adecuado o normal de mercado para la refuncionalización de las centrales Catarata Mallín y La Mosca. La conveniencia o no de su nueva puesta en marcha dependerá de los costos actuales de generación eléctrica.

Para la correcta evaluación de la puesta en marcha de las centrales, deberán compararse los costos de operación, mantenimiento y amortización de obra. Existen diversos mecanismos de financiamiento para energías renovables lo que hace pensar que superaría ampliamente una evaluación financiera.

Los proyectos de estas CH no sólo son ventajosos directamente en términos económicos y ambientales sino también en concienciación de la población para el cuidado de los recursos energéticos que están a la mano.

PROVINCIA DE RIO NEGRO

CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES

PROYECTO DE RE-FUNCIONALIZACIÓN DE
MICRO-CENTRALES HIDRÁULICAS ZONA ANDINA
Y ESTUDIO DE DEMANDA ELÉCTRICA Y
PROYECTO DE MICRO-RED ABASTECIMIENTO
PARAJE NAUPA HUÉN.

TOMO 3

ANEXO 1:
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MARZO 2017

MAURICIO SCHNEEBELI
GONZALO RODRIGUEZ

1 ÍNDICE.

1	ÍNDICE.	2
2	ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.	3
3	ÍNDICE DE TABLAS	3
4	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO DE RE-FUNCIONALIZACIÓN DE MICRO-CENTRALES HIDRÁULICAS ZONA ANDINA	4
4.1	RECOMENDACIONES	4
4.1.1	CH Cuesta del Ternerero	4
4.1.2	CH Loma Atravesada	4
4.2	TAREAS A REALIZAR PARA LA PUESTA EN MARCHA DE LAS CENTRALES:	5
4.2.1	Descripción de actividades de planilla resumida CH Catarata Mallín	5
4.2.2	Descripción de actividades de planilla resumida CH La Mosca	7
5	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN HÍBRIDO PARA LA MICRO RED NAUPAHUEN	9
5.1	GENERALIDADES	9
5.2	SITIO DE IMPLANTACIÓN	9
5.3	ESQUEMA DE INTERCONEXIÓN	12
5.4	Especificaciones técnicas del equipamiento principal de generación	13
5.4.1	SOLARES	14
5.4.2	EOLICOS	14
5.4.3	GENERADOR TERMICO	15
5.4.4	Regulador de carga	16
5.4.5	INVERSORES	16
5.4.6	BATERIAS	17
5.4.7	Estrategias de despacho de energía	17
5.4.8	Obra civil	18
5.5	Resultados de la Opción óptima para la combinación solar eólica GLP.	21
5.5.1	Dimensionado.	21
5.5.2	Resumen de costos inversión inicial.	22
5.5.3	Plan de obra.	23

2 ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1: Distribución mensual de la energía para la carga diferida. Ordenadas: Energía en Kwh.....	9
Ilustración 1: Panorámica del centro urbano.	10
Ilustración 16: Sitio seleccionado para el montaje de todos los componentes de generación.	11
Ilustración 21: Esquema de interconexión.	13

3 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas de vértices polígono sugerido para implantación Usina	11
Tabla 2:EAP Eólica a instalar.	12
Tabla 2:EAP Eólica a instalar.	14
Tabla 3: Resumen de costos por componente y tipo de costo	21
Tabla 4: Costos de la inversión inicial.....	22
Tabla 5: Cronograma de obra.....	23

4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO DE RE-FUNCIONALIZACIÓN DE MICRO-CENTRALES HIDRÁULICAS ZONA ANDINA

4.1 RECOMENDACIONES

4.1.1 CH Cuesta del Ternerero

En el caso de la central Cuesta del Ternerero, tal como se mencionó en el punto 5.1.4 no se recomienda su refuncionalización tal como era esta central. Al no contar con ningún elemento constitutivo aprovechable civil ni electromecánico, no es menester realizar la obra en esas condiciones.

Tal como fue planteada la central de la época, no se considera su nueva puesta en marcha pero sí se hace hincapié en el potencial del arroyo Ternerero para la hidrogenación.

Existen sitios muy interesantes para una nueva obra de captación aguas arriba de la vieja obra con ventajas técnicas para realizar un cierre frontal y captar un caudal mucho mayor al límite del caudal ecológico.

Deberán realizarse estudios hídricos y geológicos en caso de profundizar la búsqueda de alternativas aguas arriba. A priori es muy posible realizar una pequeña presa con apoyos laterales en roca, muy similar a la que posee la CH La Mosca pero de mayor porte.

4.1.2 CH Loma Atravesada

En el caso de las dos centrales del sistema Loma Atravesada, las situaciones que las tiene fuera de servicio son totalmente subsanables y a cargo del concesionario EDESA.

Recordemos que la CH1 tiene problemas de control por defectos de funcionamiento de la adquisición de datos de velocidad. Desconocemos los motivos por los que el concesionario no ha comunicado el desperfecto con el fabricante (Orengine), estando todavía esta fábrica italiana en actividad.

La recomendación para la PEM de esta central es la urgente comunicación y provisión de repuestos originales por parte del fabricante. No sería práctico adecuar otras soluciones por falta de compatibilidad de comunicación electrónica. En caso de no contar con el apoyo de fábrica, se recomienda un nuevo sistema de control y sincronismo de una empresa de electrónica para turbinas hidráulicas.

En el caso de la CH2, se notó aquí una falta de repuestos estándar para tener en stock. Una falla de centralina hidráulica o sus componentes es fácilmente reparable en la zona.

Se recuerda que ninguna de las dos centrales de Loma Atravesada posee personal a cargo y un plan de mantenimiento predictivo y preventivo en curso. Es imprescindible contar con lo anterior antes de nuevas puestas en marcha.

Las centrales poseen entre las dos una potencia nada despreciable que hace de suma importancia que estén a plena carga en el período de alto caudal del arroyo.

4.2 TAREAS A REALIZAR PARA LA PUESTA EN MARCHA DE LAS CENTRALES:

4.2.1 Descripción de actividades de planilla resumida CH Catarata Mallín

1. Limpieza de sedimentos hasta nivel inferior de azud y apoyos inferiores de compuertas de derivación.
2. Rasqueteado y pintado con revestimiento epoxi de escudos de compuertas. Engrase de tornillos.
3. Cerramiento de alambrado romboidal para delimitar acceso de turistas y vandalismo. Deberá tener apertura para camión desde vado y peatonal desde escaleras.
4. Accesos peatonales con barandas para poder acceder de forma segura a la sala de máquinas desde el puente peatonal.
5. La nueva cámara de carga deberá tener chimenea de equilibrio y un volumen adecuada para el caudal de operación. Se deberán dejar conductores eléctricos de señal para sensores de nivel hacia tableros de control de turbina.
6. La casa de máquinas deberá alojar el final de la tubería, su válvula (mariposa, esclusa o esférica), turbina/s, multiplicadores de velocidad, tableros de control y sincronismo. No se prevee alojamiento para maquinista, cocina ni toilette. La altura del techo no necesariamente deben ser como el actual. Sólo será necesaria una altura tal que eleve cualquier elemento pesado hasta una caja playa de camión liviano con pluma.

7. Se requiere un acceso para camión de 1 eje trasero para las obras civiles y el transporte de nuevos equipos electromecánicos. Este acceso deberá ser por un vado en el arroyo con una profundidad no mayor a 40 cm en época de estiaje. Se descarta el acceso en épocas de grandes caudales.
8. El EIA es necesario para solicitar permisos de generación ante la provincia y por uso del suelo público.
9. Las obras requerirán por parte de la empresa que tome el emprendimiento (sea privada o estatal) contar con un administrativo legal/contable para la presentación y solicitud de formularios de permisos ante el Departamento Provincial de Aguas, EPRE, EDERSA y municipalidad de El Bolsón.
10. No existe documentación de ingeniería sobre esta obra. Con un nuevo emprendimiento o puesta en marcha será necesario contar con una altimetría de precisión para la solicitud de la/s turbina/s y replanteo general de la obra. Lo requerirá también el Estudio de Impacto Ambiental.
11. Cartel de obra es necesario por ordenanzas municipales y por afectar espacios públicos a modo de información.
12. El proyecto ejecutivo delinearé con la ingeniería de detalle cada trabajo que luego se certificará al contratista. Obras de este tipo conllevan costos de PE del orden del 7% al 10% de una estimación de costos de obra.
13. El servicio de Seguridad e Higiene se ha presupuestado desde el momento de inicio de obra. Por la baja complejidad sólo sería necesario un supervisor una vez comenzados los trabajos en sala de máquinas.
14. Se ha incluido una inspección de obra por 40 jornales. Este servicio puede ser contratado por la empresa contratista de las obras o por un tercero. Las visitas pueden pactarse por hitos en la obra.
15. La recepción será a cargo de la empresa contratante en los días finales de obra civil y electromecánica.

16. A este nivel de proyecto es usual solicitar presupuestos desde punta de tubería hasta el mecanismo de sincronismo con la red. Son suministros que no es conveniente tener más de un proveedor (water to wire) por definición de alcances. La decisión del tipo de turbina la tomará el proyectista de fábrica junto con el consultor de proyecto ejecutivo.
17. La subestación transformadora de elevación tomará potencia desde bornes de tablero de sincronismo hasta la línea de media tensión de 13200 V.

4.2.2 Descripción de actividades de planilla resumida CH La Mosca

1. Limpieza de sedimentos hasta nivel inferior de azud y apoyos inferiores de compuertas de derivación. Al no existir un camino apto para mini pala/retro del tipo Bobcat, la limpieza deberá ser artesanal.
2. Rasqueteado y pintado con revestimiento epoxi de escudos de compuertas. Engrase de tornillos.
3. Debido al deslave, se necesita el reemplazo de parte aérea de la tubería de plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV).
4. Accesos peatonales con barandas para poder acceder de forma segura desde sala de máquinas hasta la toma o captación de agua. La frecuencia de visitas a la toma es diaria.
5. Es necesario disminuir la luz entre muertos de anclaje por nuevos deslaves o movimientos.
6. Al cambiar de tipo de turbina hidro o adecuar otra marca de turbina Francis, será necesario cambiar la forma del canal de fuga y seguramente las alturas de generador con caja multiplicadora.
7. Para evitar posibles nuevos deslaves, se recomienda un mejoramiento de la protección de la ladera. Puede realizarse con membrana geotextil semillada, alambrados o postes.
8. El EIA es necesario para solicitar permisos de generación ante la provincia y por uso del suelo de la comunidad mapuche y mesa de comanejo.
9. Las obras requerirán por parte de la empresa que tome el emprendimiento (sea privada o estatal) contar con un administrativo legal/contable para la

presentación y solicitud de formularios de permisos ante el Departamento Provincial de Aguas, EPRE, EDERSA y mesa de comanejo.

10. No existe documentación de ingeniería sobre esta obra. Con un nuevo emprendimiento o puesta en marcha será necesario contar con una altimetría de precisión para la solicitud de la/s turbina/s y replanteo general de la obra. Lo requerirá también el Estudio de Impacto Ambiental.
11. Cartel de obra es necesario por ordenanzas municipales y por afectar espacios públicos a modo de información.
12. El proyecto ejecutivo delinearé con la ingeniería de detalle cada trabajo que luego se certificará al contratista. Obras de este tipo conllevan costos de PE del orden del 7% al 10% de una estimación de costos de obra.
13. Cerramiento de alambrado romboidal para delimitar acceso de turistas y vandalismo. Deberá tener apertura para camión desde vado y peatonal desde escaleras.
14. Se ha incluido una inspección de obra por 40 jornales. Este servicio puede ser contratado por la empresa contratista de las obras o por un tercero. Las visitas pueden pactarse por hitos en la obra.
15. La recepción será a cargo de la empresa contratante en los días finales de obra civil y electromecánica y tendrá que intervenir también por cuestiones de propiedad la mesa de comanejo.
16. A este nivel de proyecto es usual solicitar presupuestos desde punta de tubería hasta el mecanismo de sincronismo con la red. Son suministros que no es conveniente tener más de un proveedor (water to wire) por definición de alcances. La decisión del tipo de turbina la tomará el proyectista de fábrica junto con el consultor de proyecto ejecutivo. Las posibles máquinas son de flujo cruzado (Michel Banki) y Francis. Para la primera opción será necesaria una remodelación mayor en sala de máquinas por el tipo de admisión y salida del flujo.
17. La subestación transformadora de elevación tomará potencia desde bornes de tablero de sincronismo hasta la línea de media tensión de 13200 V. Se realizará el proyecto con el conocimiento previo de la llegada del sistema interconectado provincial.

5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA DE GENERACIÓN HÍBRIDO PARA LA MICRO RED NAUPAHUEN

5.1 GENERALIDADES

En el presente Capítulo se definen las especificaciones técnicas del sistema híbrido de generación para la micro-red de Naupahuén y los equipos que la componen, describiendo además las obras necesarias para su correcta puesta en funcionamiento.

El sistema híbrido de generación Naupahuén consiste en una combinación inteligente de Aerogeneradores y Paneles fotovoltaicos formando un sistema híbrido con un grupo electrógeno de motorización a combustión interna de Gas Licuado de Petróleo. Los generadores se respaldan en inversores bidireccionales con base en un banco de baterías OPzS de forma tal que se garantice la calidad de energía en cuanto a estabilidad de tensión y frecuencia.

Para el diseño se consideró una demanda promedio anual de 519.74 KWh/día con un pico de potencia demandado de 47.2KW.

El sistema de generación incorpora además la demanda del sistema de bombeo y potabilización de agua, como una carga diferida con el siguiente perfil mensual de demanda

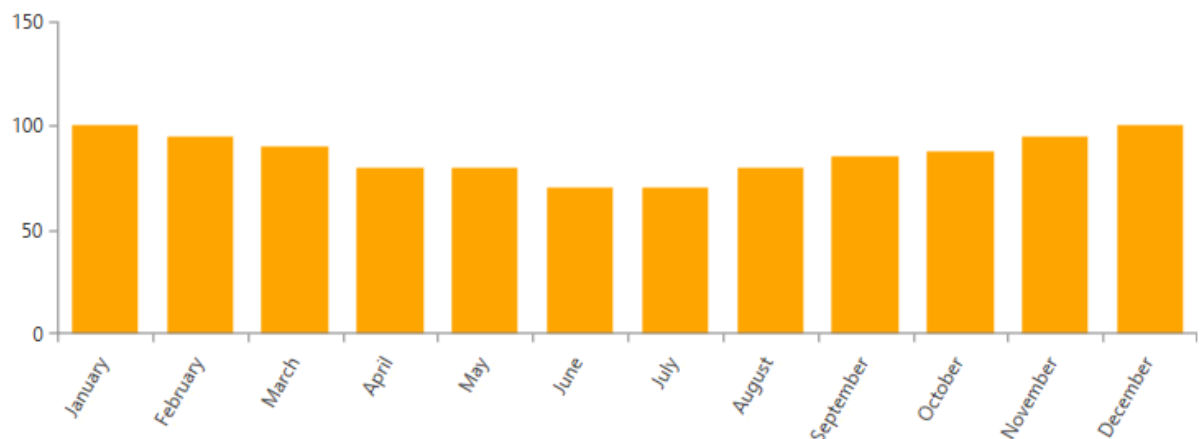


Ilustración 1: Distribución mensual de la energía para la carga diferida. Ordenadas: Energía en Kwh

5.2 SITIO DE IMPLANTACIÓN

El sistema de generación híbrido será implantado en la localidad de Naupahuén, un paraje rural perteneciente al departamento El Cuy de la provincia de Rio Negro ubicado en coordenadas -39.829924, -69.508362.

Se accede desde el puente aguas debajo de la Central Hidroeléctrica Pichi Picún Leufú por un camino consolidado que hace sus primeros kilómetros bordeando el río Limay.

El centro urbano del paraje tiene un desarrollo norte sur de 2km y este oeste de 1 km siendo el límite norte la costa del río Limay, se destaca que el área de mayor densidad se ubica al sur en una extensión aproximada de 1 km norte-sur por 0.5 km este-oeste.



Ilustración 2: Panorámica del centro urbano.

Se selecciona como sitio de emplazamiento para todo el sistema de generación el límite oeste del centro urbano y tomando como referencia la cancha de actividades hípcas el emplazamiento correcto es 100m al sur y 50m al oeste de la cabecera de dicha pista.



Ilustración 3: Sitio seleccionado para el montaje de todos los componentes de generación.

El sitio seleccionado es actualmente propiedad de la familia del comisionado de fomento. El territorio en que se implante la obra deberá estar legalmente bajo control del estado mientras se mantenga en operación.

La superficie necesaria para establecer el centro de generación será ubicada dentro del polígono formado por las coordenadas de la tabla 1.

Tabla 1: Coordenadas de vértices polígono sugerido para implantación Usina

Latitud	Longitud
-39.829092°	-69.513850°
-39.829142°	-69.511497°
-39.832561°	-69.510995°

-39.832549°	-69.513673°
-------------	-------------

5.3 ESQUEMA DE INTERCONEXIÓN

El Sistema híbrido de generación para la micro-red propuesta se compone de:

- Un sistema de tres barras de corriente continua en 48V que mediante inversores sincronizados serán transformados en tres barras de Corriente alterna de 220V cada una que mediante inversores sincronizados serán transformados en un sistema trifásico.
- Un grupo electrógeno equipado con motor de combustión interna a Gas Licuado de Petróleo conectado en la barra de corriente alterna 380V 75KW con depósito de combustible adaptado para el uso de 25.000litros
- 50KW pico de generación fotovoltaica conectados mediante inversores sincrónicos a la barra de CA .
- 20KW pico de generación fotovoltaica conectados mediante Reguladores de carga a la barra de CC
- Tres Bancos de baterías 48VCC 4500Amph C10, de tecnología OPzS con electrolito de Plomo ácido en vasos de 2VCC conectados cada uno en una barra de corriente continua.
- Generación eólica conectada a la barra de corriente continua por medio de cargadores de baterías en 48VCC que garantice al menos la siguiente producción anual de energía considerando distribución de Rayleigh para el viento, con una densidad de referencia 1,125kg/m³ y velocidad de viento máxima 25 m/s para cada una de las velocidades medias de la tabla 2:

Tabla 2:EAP Eólica a instalar.

V(m/s)	EAP(Kwh)
5	45912
6	76140
7	108384
8	139008
9	165036

Estos valores deben ser certificados de acuerdo a la Norma IEC 6100-12 por algún organismo de referencia para el sector eólico de baja potencia, en el caso de los equipos de origen nacional el organismo de referencia es el INTI.

Según los informes del laboratorio de energía eólica del INTI esto lo garantizan, por energía y tensión e generación por ejemplo:

Marca	Modelo	Cantidad
EBH	Wintec-1500	22
Giacobone	Eolux-1200	60
Giafa	TGP-2000	34
INVAP Ing.	IVS-4500	12

- Inversores bidireccionales Sincronizables en base a baterías que vinculan las barras de CC y CA en potencia de 48KW.
- Un sistema de gestión de la energía que permita realizar una estrategia de despacho de energía según el método de seguimiento de carga.

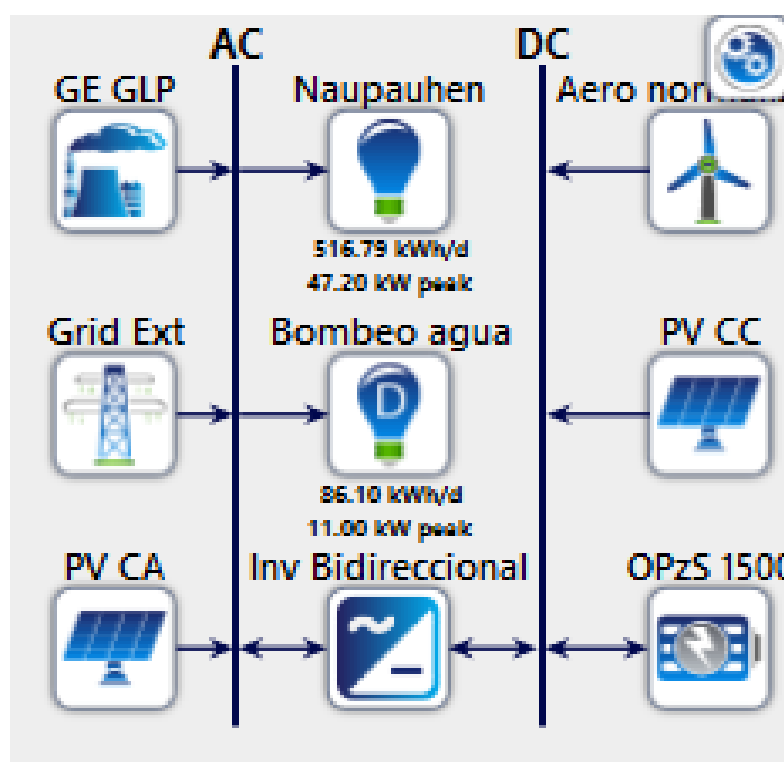


Ilustración 4: Esquema de interconexión.

5.4 Especificaciones técnicas del equipamiento principal de generación

5.4.1 SOLARES

Se sugiere una planta FV a nivel de suelo y aprovechando techo de sala de baterías pero concentrada en el sitio seleccionado para montar la usina.

Eficiencia superior al 15.5%

Estructura del panel de aluminio que soporte al menos una carga de 2400pa

Tolerancia de potencia positiva 0 +3%

Alta resistencia al amoníaco y a la niebla salina.

Los paneles seleccionados deberán garantizar el correcto cumplimiento de las normas IEC-61215; IEC-61730; IEC-62716; IEC-61701 y IEC-62759.

El proveedor deberá demostrar por cálculo que las estructuras de montaje son aptas para soportar las cargas de viento del lugar y peso del sistema.

Las estructuras serán de acero galvanizado y las fundaciones de hormigón.

5.4.2 EOLICOS

La granja eólica que se monte será tal que garantice una producción anual de energía considerando distribución de Rayleigh para el viento, con una densidad de referencia 1,125kg/m³ y velocidad de viento máxima 25 m/s para cada una de las velocidades medias de la tabla 2:

Tabla 3:EAP Eólica a instalar.

V(m/s)	EAP(Kwh)
5	45912
6	76140
7	108384
8	139008
9	165036

Estos valores deben ser certificados de acuerdo a la Norma IEC 6100-12 por algún organismo de referencia para el sector eólico de baja potencia, en el caso de los equipos de origen nacional el organismo de referencia es el INTI.

Los aerogeneradores serán de las siguientes características:

- Torre tubular arriostrada o autoportante de 20m de altura, se deberá demostrar mediante un informe de cálculo que la torre provista es apta clase 1 según –IEC61400-2
- Sistema de montaje y desmontaje a nivel de suelo tilt-up.

- De eje horizontal.
- De conexión directa, sin caja multiplicadora.
- Con sistema de paro automático eléctrico o mecánico según velocidad de viento, rpm o parámetros eléctricos consensuados.
- Con garantía de tres años bajo un programa de mantenimiento establecido.

Mínimamente el mantenimiento será anual a cargo del propietario e implicará:

- Revisar el funcionamiento de toda la instalación observando y registrando parámetros de funcionamiento.
- Bajar el aerogenerador a nivel de suelo por medio del sistema retráctil.
- Verificar el correcto funcionamiento del mecanismo de freno.
- Verificar el correcto funcionamiento del mecanismo de orientación.
- Verificar el correcto funcionamiento del mecanismo de giro del generador.
- Constatar la integridad de las palas.
- Revisar la integridad de todas las conexiones eléctricas: generador, colector, empalme de bajada, bornera del tablero de control, resistencia de dispersión, banco de baterías.
- Repasar todas las uniones roscadas desde la base de la torre hasta el aerogenerador.
- Lubricar los mecanismos que lo requieran.
- Reponer el aerogenerador a su posición de trabajo por medio de su sistema retráctil.
- Realizar el retensado de riendas en caso de torre arriostrada.
- Realizar la puesta en marcha del sistema verificando el correcto funcionamiento del mismo.

En caso de constatar anomalías el proveedor deberá proveer sin cargo las partes de componentes o componentes completos que se encuentren dañados.

5.4.3 GENERADOR TERMICO

Por pedido de la SE, se determina el uso de gas envasado (GLP) por tener la provincia de Río Negro un contrato de suministro vigente con la empresa YPF Gas. El grupo electrógeno seleccionado será del tipo Stand by de 75 kw 380V 50Hz.

El grupo deberá contar con cabina insonorizada. Se recomienda contar con dos grupos gemelos que operen intercaladamente y garanticen la disponibilidad en ocasiones de mantenimiento.

El almacenamiento de combustible será de 25.000 litros provisto de todas las instalaciones de adecuación de las condiciones de almacenamiento a las condiciones de uso. Se deberá garantizar los accesos de carga y proveer todas las condiciones de seguridad para las operaciones de carga, almacenamiento y operación del sistema. El sistema de almacenamiento deberá estar habilitado por el organismo correspondiente y aprobado por el proveedor del grupo generador.

5.4.4 Regulador de carga

Los reguladores de carga solar deberán elegirse con tecnología MPPT mayor a 500 VDC de entrada en cantidades adecuadas para cargar con la misma corriente cada banco, ya que si bien no trabajarán en paralelo los bancos, deben comportarse con los mismos valores de SOC y tensión.

En el caso de los cargadores eólicos se aceptaran equipos de tecnología mppt o pwm que garanticen la carga en estados de carga, fondo y flote respaldados en bancos resistivos de disipación al aire capaces de absorber toda la energía generada.

5.4.5 INVERSORES

5.4.5.1 Tipo de inversores solares a red

Sólo serán utilizados en el proyecto modelos de inversores tipo string inverters por el tamaño de proyecto (pequeño en comparación a parques solares), modularidad y facilidad de mantenimiento. En cuanto a la cantidad de entradas MPPT, no es necesario que sean múltiples ya que todos los módulos podrán generar en el mismo punto instantáneo de radiación por no haber sombras de edificios cercanos ni arboledas.

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), es la forma más simple de evitar sobrecarga de baterías en un sistema aislado.

5.4.5.2 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.

Se proveerán equipos de las siguientes características:

- Tensión nominal del bus DC: 48 V

- Tensión nominal del bus AC: 230/400 V
- Configuración multicluster trifásico (permite hasta 36 equipos en paralelo – serie para potencias de hasta 300 kW)
- Tipo de baterías: plomo-ácido OPzS
- Tipo de inversor: bidireccional para aceptar generación distribuida
- Rendimiento inversor y cargador: hasta 95%

5.4.6 BATERIAS

Por robustez rango de descarga y vida útil, la mejor batería de uso demostrado para aplicaciones aisladas es la de tipo tubular abierta (OPZs). Se las seleccionarán en vasos de 2 V para la conformación de bancos serie. Los tamaños o capacidades de cada banco se seleccionarán para facilitar transporte y manipuleo, sabiendo lo dificultoso del trabajo con baterías.

Para los niveles de potencia que se necesitan en el paraje, a priori el sistema de inversores será un multicluster trifásico. Esto sugiere la utilización de bancos de baterías para cada cluster en grupos triples.

Cada banco de baterías se formará con 24 vasos individuales y su capacidad en 10 hs de descarga no deberá ser menor de 4500 Ah.

5.4.7 Estrategias de despacho de energía

Estrategia de seguimiento de carga

En la estrategia de seguimiento de carga el generador diesel 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 alimentar la carga diferida 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. Características de los componentes del sistema.

5.4.8 Obra civil

Según sean las características de los equipos provistos se dimensionará una obra civil que contará al menos de las siguientes dependencias:

Sala de Baterías:

Este ambiente se dimensionará de acuerdo a las características particulares de la batería que se provea, 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 de los vasos de cada uno de los bancos sin riesgo para la seguridad de los operarios.

Se recomiendan disposiciones que permitan el acceso directo cada vaso es decir en conjuntos de a dos filas de vasos. Con pasillos y esquinas que permitan el acarreo de una carretilla o Zorra manual adecuada para el traslado de los vasos. 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 de los vasos en caso de derrame.

Su estructura se calculará considerando el peso de las baterías.

Según sea la capacidad individual de los vasos que se provean será el arreglo de conexión, es condición necesaria para el diseño de esta sala contar con la definición de este punto. 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.

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, adicionalmente se instalará un sistema de descarga a tierra con pulseras antiestáticas dispuestas al alcance de cada tablero.

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 de los cargadores de baterías solares y eólicos, inversores y gestores de red que se provean.

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

Sala de motores

Esta sala será dimensionada en función de las características de los equipos que se provean, en cualquier caso se dispondrá de espacio para dos motores idénticos, ya sea que se provea en primera instancia o se monte en ocasiones de mantenimientos prolongados como equipo alquilado. 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.

Depósito:

Sera una facilidad para almacenar repuestos de todo el sistema, y consumibles. Se tendrá en cuenta la posibilidad de almacenar:

- Aerogeneradores
- Repuestos de aerogeneradores.
- Paneles solares
- Estructuras de montaje de paneles.
- Tableros eléctricos y electrónicos.
- Repuestos de motor.
- Aceite
- Grasas
- Solventes

- Agua destilada
- Cables
- Accesorios de montaje en general (tornillería, ferretería)
- Accesorios de montaje de aerogeneradores. (herramental específico)

Taller:

Se dispondrá de un espacio adecuado para realizar tareas de mantenimiento mecánico con mesas de trabajo elementos de sujeción (morzas etc) y manejo de cargas de hasta 1000kg pluma mecánico. Este será un ambiente permanente para operarios del sistema y eventual para los especialistas de mantenimiento.

Oficina:

Espacio de uso permanente para operarios del sistema provisto de sistemas informáticos y de comunicación, teléfono internet etc.

Sanitario:

Mixto, dimensionado para 5 personas permanentes.

5.5 Resultados de la Opción óptima para la combinación solar eólica GLP.

5.5.1 Dimensionado.

La simulación devuelve como sistema óptimo el siguiente dimensionado:

System architecture		
PV	PV CA	50 kW
PV #2	PV CC	20 kW
Wind Turbine	Aerogenerador Normalizado 1 kw 20m/s	50
Generator	GE GLP	75 kW
Storage	Hoppecke 12 OPzS 1500	9 strings
Converter	Inv Bidireccional	48 kW
Dispatch Strategy	HOMER Load Following	

Tabla 4: Resumen de costos por componente y tipo de costo

Component	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$)	Fuel (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
Aerogenerador Normalizado 1 kw 20m/s	\$151,850.00	\$0.00	\$324,285.50	\$0.00	\$0.00	\$476,135.50
GE GLP	\$72,000.00	\$0.00	\$256,427.29	\$331,959.08	(\$3,306.05)	\$657,080.32
Hoppecke 12 OPzS 1500	\$144,444.44	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$144,444.44
Inv Bidireccional	\$42,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$42,000.00
Other	\$205,000.00	\$0.00	\$982,683.35	\$0.00	\$0.00	\$1,187,683.35
PV CA	\$106,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$106,000.00
PV CC	\$46,000.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$46,000.00
System	\$767,294.44	\$0.00	\$1,563,396.14	\$331,959.08	(\$3,306.05)	\$2,659,343.61

5.5.2 Resumen de costos inversión inicial.

Tabla 5: Costos de la inversión inicial

ÍTEM	UNITARIO U\$S+IVA	CANTIDAD	TOTAL U\$S+IVA
Módulos fotovoltaicos con estructura soporte e inversor o cargador de baterías.	2.140U\$S/KW	70KW	U\$S 149.752
Aerogenerador, torre y tablero de control cargador de baterías	3.037U\$S/KW	50KW	U\$S 151.850
Inversor bidireccional y gestor de energía	875U\$S/KW	48KW	U\$S 42.000
Baterías OPzS 48VCC 1500AH	U\$S 16.050	9 unid	U\$S 144.444
Grupo electrógeno GLP 75KW con depósitos de reserva de combustible	72.000U\$S	1 unid	U\$S 72.000
Proyecto ejecutivo Instalación y puesta en marcha	U\$S205.000	1 unid	U\$S205.000
		TOTAL	U\$S 767.294

Son valores nacionalizados o de fábrica. No incluyen IVA ni cargos de facturación.

5.5.3 Plan de obra.

Tabla 6: Cronograma de obra.

	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 5	SEM 6	SEM 7	SEM 8
Proyecto ejecutivo	3	3	3	3	3	3	3	
Compras			1	1	1	1	1	
Movimiento de suelos				2	2			
Obra Civil						4	4	
Montaje y PEM provisoria grupo GLP								
Montaje módulos solares						4	4	
Montaje baterías								
Montaje eólicos								
Montaje inversores								
Cableado								
Conexionado								
PEM								