



Identificación y evaluación de puntos potenciales para la implementación de Micro Centrales Hidroeléctrica de paso en la Región de O'Higgins.



ANÁLISIS DE COSTOS, PLAN DE NEGOCIO, VAN Y TIR.

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1.1. Introducción..... | 4 |
| 1.2. Metodología | 8 |
| 1.3. Resultados y conclusiones. | 12 |

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Concepto de remuneración en el mercado eléctrico.....7

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Costos de Inversión para los 20 puntos potenciales de implementar una micro central hidroeléctrica.12

Cuadro 2. Destino final de la energía generada para cada uno de los 20 puntos potenciales seleccionados.13

Cuadro 3. Evaluación económica con la potencial micro central operando durante la temporada de riego.14

Cuadro 4. Evaluación económica con la potencial micro central operando durante todo el año.15

Cuadro 5. Variación del VAN (\$) a partir de diferentes tasas de descuentos con la potencial micro central operando durante la temporada de riego16

Cuadro 6. Variación del VAN (\$) a partir de diferentes tasas de descuentos con la potencial micro central operando durante todo el año.....17

1. Análisis de Costos, Plan de Negocio, VAN y TIR.

1.1. Introducción

1.1.1. Análisis de Costos.

La generación de energía hidroeléctrica es una tecnología renovable madura que puede proporcionar electricidad, así como una variedad de otros servicios a bajo costo en comparación con muchas otras tecnologías.

- Costos de inversión y factores que lo afectan¹.

Básicamente, hay dos grupos principales de costos de inversión en proyectos de energía hidroeléctrica: a) Los costes de construcción civil y b) el costo de los equipos electromecánicos para la transformación de la energía.

Los costos de construcción civil siguen la tendencia de los precios del país donde el proyecto se va a desarrollar. En el caso de los países con economías en transición, los costos de construcción civil son generalmente más bajos que en los países desarrollados, debido a la utilización de la mano de obra y de materiales de construcciones locales.

Los costos de construcción civil dependen siempre del sitio específico, debido principalmente a las características propias de la topografía, las condiciones geológicas y el diseño de la construcción del proyecto. Esto puede conducir a costes de inversión diferentes incluso para los proyectos de la misma capacidad.

En proyectos de energía hidroeléctrica, donde la capacidad instalada es inferior a 5 MW, los costos de los equipos electromecánicos, tienden a dominar. A medida que aumenta la capacidad, los costos son cada vez más influenciada por el costo de las estructuras civiles.

Los costos específicos de inversión tienden a reducirse a una mayor cota y capacidad instalada del proyecto. Con mayor cota, el proyecto hidroeléctrico se puede configurar para utilizar menos volumen de flujo, por lo tanto más pequeños conductos hidráulicos o pasajes. El tamaño del equipo es también más pequeño y los costes relacionados son más bajos.

Los análisis de conexión para un proyecto son parte fundamental del mismo y su relevancia es tal, que en ciertas ocasiones los desarrolladores consideran que todo lo relativo a la conexión debe ser tratado como un proyecto aparte de al de la generación.

1. Viñuela V., I. Núñez. 2012. Evolución de Costo ERNC. Costos hidroelectricidad. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile. <http://web.ing.puc.cl/~power/alumno12/costosernc/C_Hidro.html>.[Consulta: 16 de enero 2014].

Lo primero que se debe hacer es el análisis de conexión a la red. Este aspecto es tan importante que puede llegar a representar una parte importante del costo de inversión del proyecto. Es necesario destacar que, para la conexión con el punto del tendido eléctrico, se deben evaluar al menos factores como la distancia al punto de conexión, la capacidad de evacuación del mismo, las servidumbres que deben obtenerse y el tipo de equipos requeridos para el empalme.

- Costos de Operación y Mantenimiento (O&M)

Una vez construidas y puestas en funcionamiento, las centrales hidroeléctricas por lo general requieren muy poco mantenimiento y los costos de operación se pueden mantener bajos, ya que las plantas hidroeléctricas no tienen los costos recurrentes en cuanto a combustibles. Los costos de operación y mantención podrían ubicarse dentro del rango de los 50 y 90 USD/kW² (CER, 2011).

1.1.2. Plan de Negocio

Las opción del plan de negocio va a depender de los actores que participarán al iniciarse el negocio, ¿una junta de vigilancia con una empresa privada?, ¿una comunidad de aguas?, ¿cuáles otros actores?

Al considerar el arriendo de los DAA de los regantes a inversionistas externos para la generación eléctrica se presentan tres alternativas básicas a seguir:

- La primera consiste en obtener un ingreso fijo independiente de las ventas de energía generadas en la planta.
- Una segunda alternativa, consiste en obtener un ingreso fijo, como piso o base, sumando a un ingreso variable de acuerdo a los ingresos que tengan la central por la venta de la energía generada.
- Una última posibilidad, es no considerar un piso o entrada fija base y depender de un ingreso porcentual previamente pactado en un contrato entre las partes, el cual se va incrementando paulatinamente durante los años de vida útil dela planta.

La forma de comercializar o tranzar la energía generada es lo que indica las fuentes de ingresos a obtener, estos pueden ser como generadora residencial (Ley Net Billing) o Pequeño medio generación distribuida (PMGDs).

- Ley 20.571 de Net Billing – Generadoras residenciales.

Hace más de un año se aprobó la ley de Net Billing que tiene por objeto permitir la generación de energía renovable a pequeña escala. Los beneficiarios de la ley son los usuarios finales sujetos a regulación de precios que dispongan para su propio consumo, de equipamiento de generación eléctrica, tendrán derecho de inyectar los excedentes a la red de la empresa distribuidora.

Características de las generadoras residenciales:

- Solamente mediante fuentes ERNC y cogeneración eficiente.
 - Capacidad máxima 100 kW.
 - Obras adicionales a la red de la empresa distribuidora, necesarias para la conexión del equipamiento de generación, son a cargo del cliente.
 - Energía Inyectada a la red es valorizada de acuerdo al precio al nivel generación – transporte que las concesionarias de distribución traspasan a sus clientes regulados, más las pérdidas medias a nivel de distribución (Precio Nudo).
 - Falta reglamento que determine los requisitos para conectarse a la red de distribución (borrador).
- Pequeño Medio de Generación Distribuida (PMGD)

Esta alternativa sólo está considerada para unidades de generación eléctrica menores a 9 MW en redes de media tensión en los sistemas de distribución. Este tipo de generación se coordina y establece relaciones contractuales directamente con la empresa distribuidora. A su vez, la empresa distribuidora se mantiene como responsable de la calidad de suministro y de servicio del sistema.

De esta forma. El PMGD tendrá como alternativas vender la energía al mercado Spot o través de un contrato con un cliente libre o la distribuidora, si es que ésta tiene algún compromiso con algún cliente libre. Finalmente. El PMGD también podrá acogerse al régimen de precio estabilizado, el cual corresponde al precio nudo de la barra correspondiente, valor que es calculado dos veces al año por la CNE.

Aquellos generadores que opten por esta modalidad, deben dar aviso al CDEC respectivo con una antelación de 6 meses y para cambiar de régimen se debe avisar con 12 meses de anticipación. El periodo mínimo de permanencia para cada régimen es de 4 años.

○ Alternativas de comercialización.

La figura 1 muestra las interacciones de los diferentes agentes en el esquema de mercado chileno.

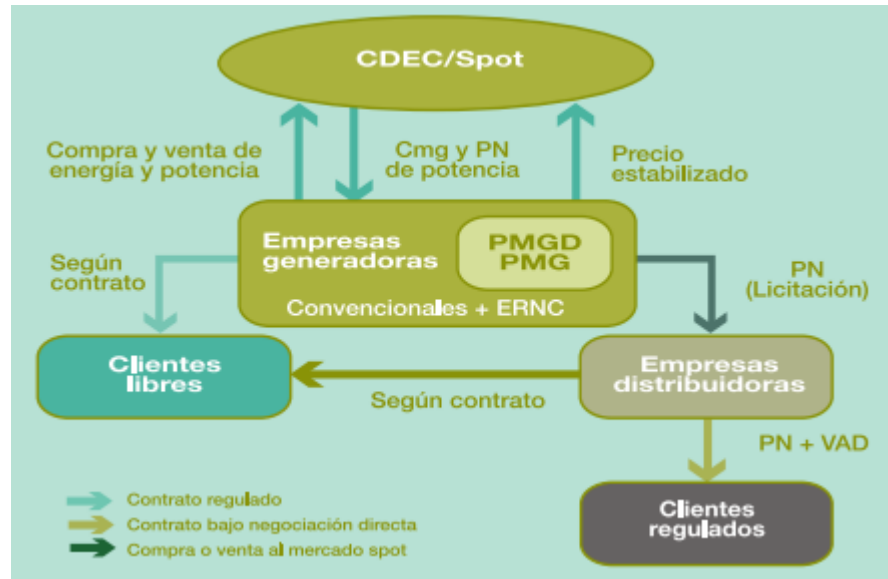


Figura 1. Concepto de remuneración en el mercado eléctrico.

Fuente: Manual Mercado Eléctrico, GIZ.

En él, los contratos de suministro entre los privados sólo tienen un carácter financiero, siendo el CDEC la entidad que realiza el despacho físico hora a hora, basado en la información de costos de operación de cada una de las unidades generadoras.

En la figura anterior, se aprecia que las empresas generadoras se relacionan con el mercado Spot a través de compras y ventas de energía y potencia al costo marginal de la energía (CMg) y precio de la potencia respectivamente. Este esquema también es aplicable a los Pequeños medios de Generación (PMG), Pequeños Medios de Generación Distribuida (PMGD) y otros proyectos ERNC. Sin embargo, en el caso de los PMG y PMGD también es factible acceder a un precio estabilizado en las ventas de energía. A su vez, las empresas generadoras poseen contratos con los clientes libres a precios libremente pactados y con las empresas distribuidoras a precio nudo, determinado por la autoridad o bien a través de un proceso regulado de licitaciones de suministro. A su vez, las empresas distribuidoras venden su energía a clientes regulados finales, o bien, a clientes libres que no desean pactar libremente contratos de suministros con las empresas de generación.

1.1.3. Evaluación económica.

El análisis económico y financiero de un proyecto de una Micro Central hidráulica se realiza para orientar la toma de decisión en torno a la pertinencia de ejecutarlo o no. Puesto que la

generación de energía es muy importante para el desarrollo y para elevar el nivel de vida de la población, debe considerarse de manera adecuada su rol de soporte productivo que cumple en la economía y la función social que ayuda a desempeñar.

Económicamente un proyecto es una fuente de costos y beneficios que ocurren en diferentes períodos de tiempo.

1.2. Metodología

1.2.1. Costos de Inversión

Los costos de inversión de los equipos electromecánicos se obtienen a partir de las empresas proveedoras o distribuidoras nacionales como internacionales, solicitando los siguientes costos:

- Costos correspondientes al concepto de grupo generador (Turbina y generador).
- Costos de instalación.
- Costos de transporte desde puerto hasta el punto potencial de Microgeneración.

Los costos de inversión de las obras civiles, corresponden a aquellas obras que se requieren incorporar para el óptimo funcionamiento de la micro central hidroeléctrica y no se hace referencia a aquellas obras que deben ser restauradas. Los costos asociados corresponden a:

- Costos relacionados con los materiales y mano de Obras (Cubicación).
- Utilidad del contratista (12%).
- Gasto generales e imprevistos (10%).
- Inspección técnica de las obras.
- Costos por la presentación del proyecto.
- Costo por el diseño y elaboración del proyecto (10%).

Los costos de inversión correspondiente a la conexión del punto de generación con la red de media tensión son:

- Costos por equipos y elementos necesarios para conectarse con la red (transformadores, postes, etc.).
- Estudio de Línea, operación y protección (cuando corresponda).
- Estudio de impacto sistemático (cuando corresponda).

1.2.2. Plan de Negocio.

Las alternativas corresponden a:

- si el punto puede auto consumir la energía generada y vender los excedentes a la red (Ley 20571 – Net Billing)
- Vender la energía generada a la red y participar en el mercado spot.

Dado el objetivo del estudio corresponde al autoconsumo, se prioriza la capacidad de auto consumir la energía generada. Estos puntos deben cumplir con las exigencias establecidas por la Ley 20.571, la cuales son:

- Solamente mediante fuentes ERNC y cogeneración eficiente.
- Capacidad máxima 100 kW.

Los puntos que no cumplen con estas restricciones o no presenten consumidor potencial, se venderá la energía generada a la red y participara en el mercado spot.

1.2.3. Evaluación Económica.

La Evaluación Económica se evalúa por el método marginal a 20 años y se calculan los Índices Financieros VAN, TIR y PRI, evaluados a una tasa de 11.7%.

a. Inversión Inicial:

Se adiciona la inversión inicial calculada en los estudios técnicos.

La valorización residual de estas se asume de un 40% al año 20.

Las evaluaciones económicas, por convención, se evalúan con valores sin IVA. Sin embargo, para la realización de los proyectos se requiere una cierta cantidad de recursos para el IVA inicial que luego será recuperado. Con esto se calcula las necesidades iniciales de IVA para realizar la Inversión Inicial. Se asume que la recuperación total de este IVA se concretará el año 5 para todos los proyectos.

b. Ingresos

Los Ingresos en los proyectos estudiados, se generarán por los siguientes aspectos:

Ahorro por Energía de Autoconsumo: Es la suma anual del ahorro de energía por el hecho de realizar el proyecto, es decir, el gasto incurrido al utilizar el sistema de distribución eléctrica normal de la energía autoconsumida-generada por el nuevo sistema de micro central. El ingreso es el resultado de multiplicar el precio nudo de la energía por la cantidad de energía consumida. Para el precio de la energía (\$/kWh) se utiliza el valor promedio histórico entre los

años 2009 y 2013. La cantidad consumida se calcula de un análisis de consumo histórico-generación de cada proyecto.

Ingreso por venta de excedentes a la red: La venta de la energía generada- no autoconsumida a la red de distribución normal. La cantidad posible a vender a la red será la diferencia entre la generación de energía con proyecto y el consumo promedio estimado mensual, cuando este sea positivo. Para el precio de venta por kWh se realizó un análisis de precios nudo- costo marginal desde el 2009 al 2013.

Ingreso por potencia Firme:

Decreto N° 62. Art 39., en el caso de generadoras hidroeléctricas, con o sin capacidad de almacenamiento, se deberá utilizar la estadística de caudales afluentes correspondiente al promedio de los dos años hidrológicos de menor energía afluente de la estadística disponible con anterioridad al año de cálculo. (4700 \$/kWmes, en Alto Jahuel Ancoa).

Crédito por venta de Energías Renovables:

La ley N° 20.257 (abril, 2008), establece que las generadoras con capacidad sobre los 200 MW deberán comercializar al menos un 5% de la energía proveniente de fuentes renovables no convencionales, aumentando en 0,5% cada año a partir de 2014 hasta alcanzar el 10 % el año 2024. Lo que faculta a las empresas con ERNC pueden vender certificados (7 – 15 US\$/MWh) por su energía a empresas comercializadoras que necesitan acreditar el cumplimiento de tal obligación.

Ahorro por Impuesto a la renta.: Se calculó como un ingreso extra el ahorro generado por el menor pago de impuesto a la renta que se tendría con el proyecto por el hecho de tener un gasto no desembolsable como es la depreciación y que resulta en una baja en la utilidad neta.

Cabe destacar que en cada caso se debería revisar la categoría impositiva del ejecutor del proyecto ya que puede ocurrir que algún contribuyente esté afecto a renta presunta con lo que este análisis podría variar. Además dependerá del monto de los ingresos en la operación normal de la empresa lo que haga acelerar en el tiempo la recuperación de este ahorro impositivo.

c. Costos de Mantenimiento y Operación:

Se utiliza como costo de mantenimiento y operación un promedio de 37.075,5 \$kW/ año. La bibliografía muestra rangos de entre 50 a 90US\$/kW/año para estos costos en microcentrales fijas.

d. Depreciación:

Se utiliza Depreciación normal según tabla del Servicio de Impuestos Internos de Chile.

| Ítem | Años de Vida Útil Normal | Años de Vida Útil Acelerada |
|--|--------------------------|-----------------------------|
| Equipos de Generación y Eléctricos utilizados en la generación | 10 | 3 |
| Obras Civiles hidráulicas y otros relacionados con la generación | 20 | 6 |
| Bocatomas , muros de presa | 50 | 16 |
| Descargas | 30 | 10 |

5.- Impuesto a la Renta:

Se utiliza impuesto a la renta de Utilidades de 20% que rige en Chile.

6.- Tasa de descuento:

Se utilizó la tasa del 11,7% calculada con el método CAMP, y contrastada con las tasas utilizadas en estudios eléctricos en Chile.

1.3. Resultados y conclusiones.

1.3.1. Inversión Inicial.

A continuación se dan a conocer los costos de Inversión Inicial asociados a las obras civiles, equipos electromecánicos y Componentes eléctricas necesarias para la conexión a la red

Cuadro 1. Costos de Inversión para los 20 puntos potenciales de implementar una micro central hidroeléctrica.

| Punto | Nombre | Equipo electromecánico (\$) | Obras Civiles (\$) | Componentes eléctricas (\$) | IVA (19%) (\$) | Total (\$) |
|-------|---------------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------------------|----------------|-------------|
| 1 | Canal Esperanza Ramirano | 45.925.692 | 18.437.301 | 6.210.104 | 13.408.888 | 83.981.985 |
| 2 | Canal La Cuesta | 96.687.435 | 20.910.291 | 6.262.099 | 23.533.367 | 147.393.191 |
| 3 | Canal La Cuesta | 104.856.236 | 23.247.070 | 9.549.424 | 26.154.019 | 163.806.749 |
| 4 | Canal Nancagua | 118.945.824 | 18.418.976 | 13.333.467 | 28.632.671 | 179.330.938 |
| 5 | Canal Polcura | 85.106.476 | 23.278.938 | 11.995.095 | 22.872.297 | 143.252.806 |
| 6 | Canal Tambino | 179.192.941 | 26.366.280 | 16.825.008 | 42.253.003 | 264.637.232 |
| 7 | Canal La Punta | 79.183.023 | 19.279.671 | 11.322.826 | 20.859.249 | 130.644.769 |
| 8 | Canal Los Lingues | 116.039.055 | 12.331.514 | 19.128.165 | 28.024.760 | 175.523.494 |
| 9 | Canal Común Tinguiririca | 229.191.725 | 63.301.419 | 22.377.220 | 59.825.369 | 374.695.734 |
| 10 | Canal San Pedro | 155.005.613 | 13.705.940 | 9.004.916 | 12.583.202 | 211.482.598 |
| 11 | Canal Coligues Altos | 87.926.754 | 7.760.878 | 18.401.774 | 21.676.987 | 114.089.407 |
| 12 | Canal De Lo Cuevas | 140.653.203 | 23.052.721 | 11.010.795 | 33.196.176 | 207.912.895 |
| 13 | Canal Doñihue Parral | 232.432.323 | 33.177.807 | 18.049.645 | 53.895.357 | 337.555.132 |
| 14 | Canal Doñihue Parral | 155.104.512 | 19.532.931 | 15.976.634 | 36.216.675 | 226.830.753 |
| 15 | Canal Almahue | 39.387.916 | 8.383.441 | 5.278.820 | 10.079.533 | 63.129.710 |
| 16 | Canal Cocalan | 92.807.865 | 8.278.355 | 15.793.866 | 22.207.216 | 139.087.302 |
| 17 | Canal Cocalan | 167.123.317 | 10.299.751 | 18.750.096 | 37.272.901 | 233.446.065 |
| 18 | Canal Pichidegua | 13.236.282 | 10.103.650 | 4.936.090 | 5.372.444 | 33.648.466 |
| 19 | Canal Peñón | 70.082.585 | 11.636.399 | 11.854.794 | 17.779.018 | 111.352.796 |
| 20 | Canal Población Unificado | 118.930.985 | 21.730.499 | 5.926.947 | 27.851.802 | 174.440.232 |

El rango de inversión inicial requerido para los puntos van desde los \$ 33.000.000 a los \$ 374.000.000, estableciendo que los costos por equipos electromecánicos son los dominantes.

1.3.2. Plan de Negocio.

En el cuadro 2 se muestran los 20 puntos seleccionados y sus respectivos planes de uso de la energía generada por la micro central hidroeléctrica.

Cuadro 2. Destino final de la energía generada para cada uno de los 20 puntos potenciales seleccionados.

| Punto | Nombre | Plan de Negocio |
|-------|---------------------------|------------------------------|
| 1 | Canal Esperanza Ramirano | Autoconsumo, Net Billing |
| 2 | Canal La Cuesta | Autoconsumo, Net Billing |
| 3 | Canal La Cuesta | Autoconsumo, Net Billing |
| 4 | Canal Nancagua | Venta a la red, Mercado Spot |
| 5 | Canal Polcura | Autoconsumo, Net Billing |
| 6 | Canal Tambino | Venta a la red, Mercado Spot |
| 7 | Canal La Punta | Autoconsumo, Net Billing |
| 8 | Canal Los Lingues | Venta a la red, Mercado Spot |
| 9 | Canal Común Tinguiririca | Venta a la red, Mercado Spot |
| 10 | Canal San Pedro | Autoconsumo, Net Billing |
| 11 | Canal Coligues Altos | Venta a la red, Mercado Spot |
| 12 | Canal De Lo Cuevas | Autoconsumo, Net Billing |
| 13 | Canal Doñihue Parral | Venta a la red, Mercado Spot |
| 14 | Canal Doñihue Parral | Autoconsumo, Net Billing |
| 15 | Canal Almahue | Autoconsumo, Net Billing |
| 16 | Canal Cocalan | Autoconsumo, Net Billing |
| 17 | Canal Cocalan | Venta a la red, Mercado Spot |
| 18 | Canal Pichidegua | Autoconsumo, Net Billing |
| 19 | Canal Peñón | Autoconsumo, Net Billing |
| 20 | Canal Población Unificado | Autoconsumo, Net Billing |

En conclusión el cuadro muestra que existen 7 puntos de 20 que la energía generada se comercializada en el mercado spot y 13 puntos de 20 (65%) son destinado al autoconsumo bajo el marco de Ley 20.571 – Net Billing.

1.3.3. Evaluación Económica.

La evaluación económica se evalúa considerando dos posibles escenarios, el primer escenario consiste que las bocatomas de los canales donde se encontraron los potenciales puntos mantienen el manejo actual, es decir en invierno cierran las bocatomas y las abren para la temporada de riego, por lo consiguiente solo la micro central operada durante la temporada de riego. El segundo caso muestra que pasaría con las bocatomas abiertas durante todo el año, donde la micro central operaría todo el año.

Cuadro 3. Evaluación económica con la potencial micro central operando durante la temporada de riego.

| Punto | Nombre | VAN _(11,7%) (\$) | TIR (%) | PRI (años) |
|-------|---------------------------|-----------------------------|---------|------------|
| 1 | Canal Esperanza Ramirano | -58.445.436 | -1,70 | 31 |
| 2 | Canal La Cuesta | -94.186.322 | -0,11 | 24 |
| 3 | Canal La Cuesta | -97.978.165 | 0,79 | 21 |
| 4 | Canal Nancagua | -67.430.564 | 5,28 | 13 |
| 5 | Canal Polcura | -44.536.485 | 6,71 | 11 |
| 6 | Canal Tambino | -93.507.514 | 5,72 | 13 |
| 7 | Canal La Punta | -81.819.327 | 0,11 | 23 |
| 8 | Canal Los Lingues | -71.720.576 | 4,66 | 14 |
| 9 | Canal Común Tinguiririca | 34.567.899 | 13,15 | 6 |
| 10 | Canal San Pedro | -95.362.176 | 3,93 | 16 |
| 11 | Canal Coligues Altos | 208.344.657 | 33,29 | 3 |
| 12 | Canal De Lo Cuevas | -88.502.521 | 4,38 | 16 |
| 13 | Canal Doñihue Parral | 35.109.375 | 13,32 | 7 |
| 14 | Canal Doñihue Parral | -68.306.147 | 6,68 | 11 |
| 15 | Canal Almahue | 86.425.749 | 30,97 | 4 |
| 16 | Canal Cocalan | -13.838.100 | 10,11 | 8 |
| 17 | Canal Cocalan | 851.593.721 | 59,89 | 2 |
| 18 | Canal Pichidegua | -24.703.813 | -3,16 | 37 |
| 19 | Canal Peñón | -18.305.535 | 9,03 | 8 |
| 20 | Canal Población Unificado | -93.074.734 | 2,23 | 21 |

Cuadro 4. Evaluación económica con la potencial micro central operando durante todo el año.

| Punto | Nombre | VAN _(11,7%) (\$) | TIR (%) | PRI (años) |
|-------|---------------------------|-----------------------------|---------|------------|
| 1 | Canal Esperanza Ramirano | -54.288.383 | -0,47% | 25 |
| 2 | Canal La Cuesta | -84.671.805 | 1,33% | 24 |
| 3 | Canal La Cuesta | -84.131.833 | 2,60% | 19 |
| 4 | Canal Nancagua | -33.441.021 | 8,65% | 10 |
| 5 | Canal Polcura | -44.536.485 | 6,71% | 11 |
| 6 | Canal Tambino | -44.403.561 | 8,97% | 9 |
| 7 | Canal La Punta | -71.488.705 | 1,86% | 18 |
| 8 | Canal Los Lingues | -38.055.930 | 8,13% | 10 |
| 9 | Canal Común Tinguiririca | 205.260.291 | 19,85% | 5 |
| 10 | Canal San Pedro | -69.507.394 | 6,21% | 12 |
| 11 | Canal Coligues Altos | 318.858.642 | 43,92% | 3 |
| 12 | Canal De Lo Cuevas | -24.064.921 | 9,84% | 9 |
| 13 | Canal Doñihue Parral | 265.790.881 | 23,25% | 5 |
| 14 | Canal Doñihue Parral | 16.887.390 | 12,86% | 8 |
| 15 | Canal Almahue | 114.697.601 | 36,87% | 3 |
| 16 | Canal Cocalan | 2.812.542 | 12,02% | 7 |
| 17 | Canal Cocalan | 869.282.295 | 61% | 2 |
| 18 | Canal Pichidegua | -24.180.088 | -2,71% | 34 |
| 19 | Canal Peñón | 13.627.683 | 13,60% | 7 |
| 20 | Canal Población Unificado | -69.953.896 | 4,62% | 15 |

La tasa de descuento no es estrictamente un parámetro de rendimiento. Sin embargo, puede tener una influencia decisiva en la evaluación económica en función de los patrones de gastos e ingresos que típicamente ocurren durante la vida útil de la inversión. Los inversores privados suelen optar por las tasas de descuentos de acuerdo a las características de riesgo-rendimiento de sus alternativas de inversión. Una alta tasa de descuento será benéfica para las tecnologías con baja inversión inicial y los altos costes

de funcionamiento. Una baja tasa de descuento, generalmente a favor de las fuentes de energías renovables, ya que muchos de ellas, incluida la energía hidroeléctrica, tiene un costo inicial de inversión relativamente altos y bajos costes recurrentes. Este efecto será aún más pronunciado para las tecnologías con una larga vida útil como la hidroeléctrica. Un estudio realizado por el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania (BMU, 2008) utiliza un 6%. En la IEA (2010) los costos de energía se han calculado con tasas de descuentos de 5% y 10%.

En los cuadros 5 y 6 se muestra como varía el VAN si evaluamos los potenciales puntos de micro generación hidroeléctrica con tasas de descuentos de 6% al 12 %.

Cuadro 5. Variación del VAN (\$) a partir de diferentes tasas de descuentos con la potencial micro central operando durante la temporada de riego

| Punto | Nombre | Tasa de Descuento | | | | | | |
|-------|---|-------------------|------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 11% | 12% |
| 1 | Canal Esperanza Ramirano (Disipador de energía) | -\$ 45.559.413 | -\$ 48.524.070 | -\$ 51.128.937 | -\$ 53.428.839 | -\$ 55.469.150 | -\$ 57.287.554 | -\$ 58.445.436 |
| 2 | Canal La Cuesta (Marco La Calle) | -\$ 66.778.577 | -\$ 73.106.002 | -\$ 78.656.544 | -\$ 83.548.950 | -\$ 87.881.517 | -\$ 91.735.887 | -\$ 94.186.322 |
| 3 | Canal La Cuesta (Marco La Ponderosa) | -\$ 64.211.836 | -\$ 71.988.756 | -\$ 78.819.955 | -\$ 84.848.335 | -\$ 90.192.443 | -\$ 94.950.951 | -\$ 97.978.165 |
| 4 | Canal Nancagua (Marco 1) | -\$ 10.543.559 | -\$ 23.579.579 | -\$ 35.063.962 | -\$ 45.224.376 | -\$ 54.250.788 | -\$ 62.302.237 | -\$ 67.430.564 |
| 5 | Canal Polcura (El tranque) | \$ 8.451.106 | -\$ 3.235.402 | -\$ 13.543.854 | -\$ 22.674.067 | -\$ 30.793.141 | -\$ 38.041.276 | -\$ 42.660.730 |
| 6 | Canal Tambino (Disipador de energía) | -\$ 6.093.680 | -\$ 26.144.174 | -\$ 43.799.933 | -\$ 59.412.957 | -\$ 73.276.908 | -\$ 85.637.586 | -\$ 93.507.514 |
| 7 | Canal La Punta | -\$ 56.901.462 | -\$ 62.636.995 | -\$ 67.676.305 | -\$ 72.124.680 | -\$ 76.069.434 | -\$ 79.583.214 | -\$ 81.819.327 |
| 8 | Canal Los Lingues (Molino San Pedro) | -\$ 18.920.443 | -\$ 31.025.983 | -\$ 41.687.518 | -\$ 51.117.577 | -\$ 59.493.392 | -\$ 66.963.245 | -\$ 71.720.576 |
| 9 | Canal Común Tinguiririca (Quicharco) | \$ 240.708.989 | \$ 193.722.918 | \$ 152.202.732 | \$ 115.370.801 | \$ 82.574.277 | \$ 53.263.344 | \$ 34.567.899 |
| 10 | Canal San Pedro (Molino koke) | -\$ 35.330.599 | -\$ 49.147.376 | -\$ 61.291.088 | -\$ 72.011.537 | -\$ 81.516.512 | -\$ 89.979.427 | -\$ 95.362.176 |
| 11 | Canal Coligues Altos | \$ 381.946.737 | \$ 342.472.077 | \$ 307.538.910 | \$ 276.512.978 | \$ 248.859.706 | \$ 224.127.181 | \$ 208.344.657 |
| 12 | Canal De Lo Cuevas | -\$ 27.218.056 | -\$ 41.289.698 | -\$ 53.673.191 | -\$ 64.618.261 | -\$ 74.332.966 | -\$ 82.991.231 | -\$ 88.502.521 |
| 13 | Canal Doñihue Parral (Marco 1) | \$ 224.037.413 | \$ 180.914.659 | \$ 142.836.169 | \$ 109.080.559 | \$ 79.042.741 | \$ 52.213.567 | \$ 35.109.375 |
| 14 | Canal Doñihue Parral (Molino California) | \$ 12.926.611 | -\$ 5.692.295 | -\$ 22.094.576 | -\$ 36.604.554 | -\$ 49.493.038 | -\$ 60.986.891 | -\$ 68.306.147 |
| 15 | Canal Almahue (Marco El Toco) | \$ 162.341.100 | \$ 145.064.364 | \$ 129.781.934 | \$ 116.214.476 | \$ 104.126.691 | \$ 93.319.768 | \$ 86.425.749 |
| 16 | Canal Cocalan (Descarga el durazno) | \$ 50.107.998 | \$ 35.486.915 | \$ 22.588.566 | \$ 11.164.385 | \$ 1.006.244 | -\$ 8.060.679 | -\$ 13.838.100 |
| 17 | Canal Cocalan (Turbina) | \$ 1.403.330.905 | \$ 1.277.898.220 | \$ 1.166.876.555 | \$ 1.068.262.253 | \$ 980.364.831 | \$ 901.753.785 | \$ 851.593.721 |
| 18 | Canal Pichidegua | -\$ 20.366.642 | -\$ 21.355.337 | -\$ 22.228.088 | -\$ 23.002.171 | -\$ 23.691.928 | -\$ 24.309.303 | -\$ 24.703.813 |
| 19 | Canal Peñón (Lechería) | \$ 29.085.174 | \$ 18.252.863 | \$ 8.695.561 | \$ 229.272 | -\$ 7.300.043 | -\$ 14.021.764 | -\$ 18.305.535 |
| 20 | Canal Población Unificado | -\$ 51.163.822 | -\$ 60.813.506 | -\$ 69.292.149 | -\$ 76.775.635 | -\$ 83.410.069 | -\$ 89.317.227 | -\$ 93.074.734 |

A partir del cuadro 5 se puede observar que de los 20 puntos seleccionados, pasan a tener un VAN positivo 4 puntos potenciales (5, 14, 16, 19) si se les evalúa económicamente con una tasa de descuento menor al 6%, 9% y al 10 % respectivamente.

Cuadro 6. Variación del VAN (\$) a partir de diferentes tasas de descuentos con la potencial micro central operando durante todo el año.

| Punto | Nombre | Tasa de Descuento | | | | | | |
|-------|---|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| | | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% | 11% | 12% |
| 1 | Canal Esperanza Ramirano (Disipador de energía) | -39.295.593 | -42.738.590 | -45.767.165 | -48.443.664 | -50.819.822 | -52.938.714 | -54.288.383 |
| 2 | Canal La Cuesta (Marco La Calle) | -52.442.167 | -59.864.400 | -66.384.708 | -72.139.057 | -77.240.299 | -81.782.415 | -84.671.805 |
| 3 | Canal La Cuesta (Marco La Ponderosa) | -43.348.275 | -52.718.453 | -60.960.938 | -68.243.690 | -74.706.438 | -80.465.813 | -84.131.833 |
| 4 | Canal Nancagua (Marco 1) | 40.701.129 | 23.747.572 | 8.792.991 | -4.451.874 | -16.229.061 | -26.741.757 | -33.441.021 |
| 5 | Canal Polcura (El tranque) | 8.451.106 | -3.235.402 | -13.543.854 | -22.674.067 | -30.793.141 | -38.041.276 | -42.660.730 |
| 6 | Canal Tambino (Disipador de energía) | 67.940.901 | 42.230.376 | 19.560.847 | -508.661 | -18.347.033 | -34.263.844 | -44.403.561 |
| 7 | Canal La Punta | -41.335.349 | -48.259.597 | -54.351.855 | -59.736.106 | -64.515.467 | -68.775.985 | -71.488.705 |
| 8 | Canal Los Lingues (Molino San Pedro) | 31.877.884 | 15.881.760 | 1.774.185 | -10.718.612 | -21.825.632 | -31.739.044 | -38.055.930 |
| 9 | Canal Común Tinguiririca (Quicharco) | 498.279.480 | 431.565.722 | 372.571.996 | 320.210.134 | 273.564.783 | 231.863.579 | 205.260.291 |
| 10 | Canal San Pedro (Molino koke) | 3.627.214 | -13.164.598 | -27.943.557 | -41.006.252 | -52.600.026 | -62.931.826 | -69.507.394 |
| 11 | Canal Coligues Altos | 548.467.431 | 496.277.547 | 450.080.943 | 409.043.495 | 372.461.659 | 339.740.256 | 318.858.642 |
| 12 | Canal De Lo Cuevas | 69.876.088 | 48.389.797 | 29.438.506 | 12.655.882 | -2.264.713 | -15.580.783 | -24.064.921 |
| 13 | Canal Doñihue Parral (Marco 1) | 567.686.769 | 499.135.743 | 438.431.571 | 384.480.341 | 336.360.086 | 293.291.378 | 265.790.881 |
| 14 | Canal Doñihue Parral (Molino California) | 141.295.662 | 112.873.782 | 87.788.155 | 65.560.293 | 45.789.054 | 28.137.075 | 16.887.390 |
| 15 | Canal Almahue (Marco El Toco) | 204.940.938 | 184.411.041 | 166.247.004 | 150.118.333 | 135.746.475 | 122.895.951 | 114.697.601 |
| 16 | Canal Cocalan (Descarga el durazno) | 75.197.073 | 58.660.049 | 44.064.585 | 31.131.983 | 19.628.643 | 9.358.145 | 2.812.542 |
| 17 | Canal Cocalan (Turbina) | 1.429.983.930 | 1.302.515.872 | 1.189.691.301 | 1.089.474.549 | 1.000.148.073 | 920.258.427 | 869.282.295 |
| 18 | Canal Pichidegua | -19.577.496 | -20.626.455 | -21.552.586 | -22.374.115 | -23.106.184 | -23.761.416 | -24.180.088 |
| 19 | Canal Peñón (Lechería) | 77.201.932 | 62.695.158 | 49.883.065 | 38.523.871 | 28.414.682 | 19.384.702 | 13.627.683 |
| 20 | Canal Población Unificado | -18.858.521 | -30.565.309 | -40.877.536 | -50.001.495 | -58.109.012 | -65.343.685 | -69.953.896 |

A partir del cuadro 6 se puede observar que de los 20 puntos seleccionados, pasan a tener un VAN positivo 6 puntos potenciales (4, 5, 6, 8, 10, 12) si se les evalúa económicamente con una tasa de descuento menor al 6%, 8% y al 9 % respectivamente.

Conclusiones.

- En la evaluación económica los modelos de negocio sugeridos para los 20 puntos son: auto consumo configuración eléctrica en isla, modelo mixto (Net Billing) y modelo venta directa a la red (PMGD), con un periodo de evaluación a 20 años y una tasa de interés del 11,7%, en periodo de riego, los modelos se distribuyen en: 1 punto potencial de auto consumo, con configuración eléctrica en isla, siendo económicamente rentable, 12 puntos potenciales bajo el modelo mixto (Net Billing) siendo ninguno de ellos económicamente rentables y 7 puntos potenciales presentan el modelo venta directa a la red (PMGD), siendo 4 de ellos rentables.
- En general el modelo venta PMGD presenta mejores indicadores económicos debido a que percibe mayores ingresos en relación al modelo Net Billing, teniendo ingresos por la venta directa de energía a la red accediendo a precios en base a los Costos Marginales de generación (CMg) o precios estabilizados, ingresos por venta de potencia firme en hora punta, ingreso asociado a la venta de créditos de energía renovables entre generadoras, en cambio el modelo Net Billing presenta ingresos en ahorro de la energía consumida y la venta de excedentes de energía a precio de nudo, precio que depende del nudo más cercano, que para efectos de la evaluación corresponde al nudo Alto Jahuel. Cabe destacar que el objetivo de este proyecto se enmarca en proyectos de auto consumo o que parte de la energía sea consumida por unidades productivas de los rubros agrícolas o industriales.
- En el análisis de los resultados respecto a los puntos rentables, el proyecto Almahue marco el Toro tiene una potencia neta de 8 kW y presenta el modelo auto consumo en isla, el proyecto presenta indicadores económicos rentables con un Valor Actual Neto con una tasa del 11,7% ($VAN_{(11,7\%)}$) de \$ 86.425.749, Tasa Interna de Retorno (TIR) del 30,97%, con un Periodo de Retorno de Inversión (PRI) de 4 años y costos por kW instado de 7,8 millones, estos resultados positivos se obtuvieron debido a que en este lugar el consumidor de la energía presenta generación de energía en base a petróleo, cuya generación tiene un costo de 380 \$/kW producido.
- Respecto a los proyectos rentables, evaluados como PMGD estos tienen potencias entre 125 y 267 kW, con $VAN_{(11,7\%)}$ sobre 34 millones, Tir sobre 13,15%, periodos de retornos bajo los 6 años y con costos de inversión por kW instalados entre 0,8 a 2,7 millones. En contraste a los puntos evaluados con el mismo modelo PMGD con indicadores económicos negativos ellos presentan en promedio 42 kW de potencia neta con costos de inversión por kW entre 4,5 a 5,3 millones, producto que estos proyectos presentan caudales medios entre 0,8 a 2 m³/s, con alturas bajas inferiores a 5 metros, cabe destacar que estos proyectos evaluados con una tasa de retorno del 8% en iguales condiciones cambiarían sus indicadores a positivos, tasa que algunos bancos pueden entregar analizando los factores de riesgo en cada caso. Además se espera que sigan mejorando los indicadores con factores de planta más altos, producto de la generación en meses de invierno que es donde se presentan a su vez, los precios de energía más altos del año (mayo y junio).

- En los 12 proyectos evaluados bajo el modelo de negocio Net Billing estos presentan $VAN_{(11,7\%)}$ negativos, los cuales se distribuyen en dos grupos iguales con potencias entre 1,7 a 35 kW y el otro entre 54 a 96 kW en este grupo además se incluye un punto de potencia de 35 kW que presenta una altura de 23 metros, el primer grupo presenta todos los indicadores económicos deficientes con TIR bajo 4,3%, con periodos de retorno sobre los 16 años, con costos de inversión en promedio 9 millones por kW instalado, de los cuales evaluándolos en funcionamiento todo el año sus mejoras no son suficientes para que sean rentables. En el caso del segundo grupo de mayores potencias presentan mejores indicadores, con TIR sobre 6,68%, con periodos de retorno bajo 11 años, con costos de inversión en promedio de 2,7 millones por kW instalado. Estos proyectos al evaluarlos con una tasa de interés del 11,7%, pero mejorando sus factores de planta, al producir energía en los meses de invierno se obtuvieron 3 puntos potenciales (Canal Cocalan Sector el Golf, Canal Doñihue y Parral Molino California y Canal Peñon Lechería), con índices favorables $VAN_{(11,7)}$ positivos sobre 2 millones de pesos, con TIR sobre 12%.
- En base a la experiencia de los resultados obtenidos en la evaluación de puntos bajo el modelo venta directa a la red PMGD, se espera que al evaluar estos 6 proyectos (potencias entre 54 y 96 kW, incluyendo uno punto de 35 kW con altura de 23 metros) produciendo energía todo el año, con una tasa de interés del 11,7% estos pasen hacer todos rentables. Estos rangos de operación están marcados por las turbinas disponibles y sus valores, los cuales son determinantes en la realización de los proyectos de micro generación.