

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES



**EVALUACION ECONOMICA DE TECNOLOGIAS ENERGETICAS ALTERNATIVAS,
EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN AVELLANO
EUROPEO (*Corylus avellana* L.) A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD.**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera. Como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

GONZALO ANDRES YÉVENES BARRÍA

TEMUCO - CHILE

2013

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES



**EVALUACION ECONOMICA DE TECNOLOGIAS ENERGETICAS ALTERNATIVAS,
EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN AVELLANO
EUROPEO (*Corylus avellana* L.) A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD.**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera. Como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

GONZALO ANDRES YÉVENES BARRÍA
PROFESOR GUIA: JORGE BARAONA VENEGAS.

TEMUCO - CHILE

2013

**EVALUACION ECONOMICA DE TECNOLOGIAS ENERGETICAS ALTERNATIVAS,
EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO EN AVELLANO
EUROPEO (*Corylus avellana* L.) A NIVEL DE PREFACTIBILIDAD.**

PROFESOR GUIA

: **Jorge Baraona Venegas**
Ingeniero Agrónomo, M. Sc.
Facultad de Cs. Agronómicas y Recursos
Naturales.

PROFESOR CONSEJERO

: **DRA. Berta Schnettler Morales.**
Ingeniero Agrónomo, Mg .Dr. En Ciencias.
Departamento de Producción Agropecuaria.
Facultad de Cs Agropecuarias y Forestales.

CALIFICACION PROMEDIO TESIS :

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, por estar siempre a mi lado, por bendecir mi vida y por abrir las puertas para poder cumplir los objetivos que me he planteado.

Agradecer a mi familia que ha sido un pilar fundamental y un apoyo para mi vida, en especial a mis padres que me han dado el privilegio de poder educarme, mis hermanos y abuela que me han entregado su amistad y cariño. Agradecer además, a mi polola y su familia que me han brindado su apoyo y su cariño (eternamente agradecido). A mis compañeros y amigos que me han acompañado durante mi vida en la universidad.

A mi profesor guía y consejero, que me han dado la oportunidad de realizar en conjunto este trabajo, por su paciencia y dedicación.

Un agradecimiento especial a Metalúrgica Germanía LTDA y Greenertec LTDA, por la valiosa ayuda que me han brindado.

INDICE

Capítulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Descripción de un sistema de riego por goteo	3
2.1.1	Componentes del sistema	3
2.1.1.1	Unidad de bombeo	3
2.1.1.2	Centro de control	4
2.1.1.3	Red de tuberías	4
2.1.1.4	Goteros o emisores	5
2.2	Fuentes de energía para la impulsión del agua	6
2.2.1	Fuentes de energía convencionales	6
2.2.1.1	Red de energía eléctrica	6
2.2.1.2	Generador eléctrico a combustión	7
2.2.1.3	Motobomba a combustión interna	7
2.2.2	Fuentes de energía renovables no convencionales	8
2.2.2.1	Energía solar	9
2.2.2.2	Turbina hidráulica	9
2.3	Diseño de un sistema de riego por goteo	10
2.3.1	Diseño agronómico del riego	10
2.3.1.1	Necesidades hídricas del Avellano europeo	10
2.3.1.2	Importancia y efecto productivo del riego	11
2.3.1.3	Determinación de la evapotranspiración	13
2.3.1.4	Elección de emisores	13
2.3.1.5	Dosis, frecuencia y tiempo de riego	14
2.3.2	Diseño hidráulico	14
2.4	Evaluación económica de proyectos de riego para avellano europeo	16
2.4.1	Mercado del avellano europeo	16
2.4.2	Ley de fomento N° 18.450 y fuente de energía renovable no convencionales	16
2.4.3	Indicadores económicos	16
2.4.3.1	Valor Actual Neto (VAN)	17
2.4.3.2	Tasa Interna de Retorno (TIR)	17
2.4.4	Flujo neto de caja	17
3	MATERIALES Y METODOS	19
3.1	Condiciones de diseño	19
3.1.1	Características del predio a regar	19

3.1.2	Plano topográfico	19
3.1.3	Tipo de suelo en el área a regar	20
3.1.4	Fuente de agua	20
3.1.5	Fuente de energía disponible	21
3.1.5.1	Energías convencionales	21
3.1.5.2	Energías renovables no convencionales	21
3.2	Tecnologías energéticas consideradas en el proyecto	22
3.2.1	Generador eléctrico a combustión	22
3.2.2	Motor a combustión interna	22
3.2.3	Turbinas hidráulicas	22
3.2.4	Paneles fotovoltaicos	23
3.3	Diseño y formulación de proyectos de riego	23
3.4	Diseño del sistema de riego por goteo	24
3.4.1	Diseño Agronómico	24
3.4.1.1	Determinación del consumo de agua	24
3.4.1.2	Frecuencia y tiempo de riego	25
3.4.1.3	Sectorización	25
3.4.2	Diseño hidráulico	25
3.4.2.1	Superficie por sector	25
3.4.2.2	Goterros por lateral	26
3.4.2.3	Caudal de la red de tuberías	26
3.4.2.4	Diámetro de tuberías	27
3.4.2.5	Pérdidas de carga	27
3.4.2.6	Potencia de la bomba	27
3.4.3	Diseño del sistema con turbina hidráulica	28
3.4.4	Diseño del sistema fotovoltaico	29
3.4.4.1	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico	30
3.5	Costos unitarios y totales de la inversión	31
3.6	Análisis económico	31
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSION DE RESULTADOS	36
4.1	Diseño del sistema de riego	36
4.1.1	Fase agronómica del diseño	36
4.1.1.1	Disposición de las líneas de goteros	36
4.1.1.2	Determinación del consumo de agua del cultivo	36
4.1.1.3	Cálculo del tiempo de riego	37
4.1.1.4	Sectorización	37
4.1.2	Diseño hidráulico	38
4.1.2.1	Diseño de la red hidráulica	38

4.1.2.2	Selección del equipo de bombeo	40
4.2	Tecnologías consideradas en el diseño	41
4.2.1	Selección del equipo de bombeo con fuente superficial	41
4.2.1.1	Generador eléctrico a combustión	41
4.2.1.2	Motor a combustión	41
4.2.1.3	Turbina hidráulica	41
4.2.2	Selección de la bomba con fuente subterránea	41
4.2.2.1	Generador eléctrico a combustión	42
4.2.2.2	Sistema fotovoltaico	42
4.2.3	Ventajas y desventajas de las tecnologías consideradas	42
4.2.3.1	Tecnologías convencionales	42
4.2.3.2	Tecnologías no convencionales (ERNC)	44
4.3	Análisis de la inversión de los proyectos	46
4.3.1	Inversión total	46
4.3.1.1	Activos fijos	46
4.3.1.1.1	Proyectos con fuente de agua Superficial	46
4.3.1.1.2	Proyectos con fuente de agua Subterránea	49
4.3.2	Activos nominales	51
4.3.3	Comparación de costos de inversión en activos fijos y activos nominales en los diferentes proyectos	53
4.3.4	Capital de trabajo	53
4.3.5	Costos	56
4.3.5.1	Costos fijos	56
4.3.5.2	Costos variables	58
4.3.6	Ingresos	64
4.3.7	Valor residual del proyecto	64
4.4	Indicadores económicos (VAN, TIR)	65
4.4.1	Evaluación del proyecto puro	66
4.4.2	Evaluación del proyecto desde el punto de vista del inversionista	67
4.5	Período de recuperación de la inversión	68
4.6	Análisis de sensibilidad	69
4.6.1	Variación en el precio de venta del kilogramo de avellana	69
4.6.2	Variación en el rendimiento (kg/ha)	73
4.6.3	Variación en el valor del dólar (US\$)	76
4.6.4	Variación en el costo de operación del riego	79
4.6.5	Sensibilidad al monto de la inversión	81
5	CONCLUSIONES	83
6	RESUMEN	86
7	SUMARY	88

8	LITERATURA CITADA	90
9	ANEXOS	95

1. INTRODUCCIÓN.

El uso de tecnologías en un sistema de riego tecnificado, tiene como limitantes el alto costo de inversión y operación, determinados por el sistema de impulsión, que tradicionalmente es accionado por energía eléctrica o combustibles, que representan altos costos marginales para el agricultor, debido a los elevados costos que presentan las fuentes energéticas tradicionales como petróleo y electricidad, esta última sustentada principalmente por combustibles fósiles (carbón y gas natural) que han experimentado un aumento sostenido y una alta volatilidad en sus precios, lo que implica, que nuestro país, tenga uno de los precios de electricidad más altos de América Latina, superiores al promedio del resto de países de la OCDE.

Chile, requiere un desarrollo energético, y que su energía provenga además, de fuentes energéticas limpias, renovables y que se encuentren en abundancia en el país, como es el caso de la generación hídrica y las Energías Renovables No Convencionales (ERNC).

La fragilidad energética de nuestro país y que también afecta al sector agrícola, ha motivado la preocupación de las autoridades respectivas, lo que se refleja en el convenio de cooperación entre los Ministerios de Agricultura y Energía que dispusieron recursos económicos, para apoyar el pago de la elaboración de proyectos que postulen al concurso de ERNC. El concurso, administrado por la Comisión Nacional de Riego (CNR), está dirigido a pequeños productores agrícolas de INDAP, organizaciones de usuarios del agua, pequeños y medianos agricultores.

Entre las ERNC que pueden liberar al actual sistema de la dependencia en la utilización de combustibles fósiles, se encuentran los paneles fotovoltaicos y las turbinas hidráulicas, que pueden ser utilizadas en sectores rurales, que tengan dificultad de acceso a redes convencionales de energía eléctrica, estos sistemas son atractivos dado los escasos costos de operación que conllevan. La gran desventaja de estos sistemas, son los elevados costos de inversión asociados.

Es por esto, que es necesario el desarrollo de estudios que permitan evaluar económicamente proyectos con ERNC.

En este contexto, donde la limitante al momento de tecnificar el riego, son el costo y disponibilidad de la energía, es relevante analizar alternativas a la energía eléctrica convencional que permitan la factibilidad de proyectos con otras fuentes energéticas.

Dado lo anterior, el presente estudio haciéndose eco de esta realidad y con el objeto de ser un aporte en la búsqueda de alternativas de ERNC en sectores agrícolas vulnerables energética y económicamente, plantea como hipótesis de trabajo, que para un diseño de riego por goteo en avellano europeo, el uso de fuentes de energías renovables no convencionales, presentan la opción más rentable ante fuentes de energía convencionales.

En este contexto, se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Evaluar económicamente tecnologías energéticas alternativas para la impulsión del agua, en el diseño de un sistema de riego por goteo en Avellano Europeo, a nivel de prefactibilidad.

Objetivos específicos:

1. Comparar la rentabilidad de implementar un sistema de riego por goteo, para 7,5 ha de avellano europeo, con distintas alternativas energéticas de impulsión del agua.
2. Evaluar el grado de sensibilidad de las alternativas, considerando el efecto de variación en los precio de venta, volumen de producción, precio del dólar, costos de operación del riego y el monto de inversión.

REVISION BIBLIOGRAFICA.

2.1 Descripción de un sistema de riego por goteo.

Un sistema de riego por goteo, es un sistema de riego que permite la aplicación de agua sobre la superficie del suelo, donde se desarrolla el sistema radical de la planta, produciendo un volumen de humedecimiento en el suelo. El agua se aplica en bajos caudales, mediante emisores dispuestos en una tubería lateral, los cuales son absorbidos por las raíces de la planta (C.N.R, 1996).

Entre las ventajas, se destaca la alta eficiencia en el uso de agua, posibilidades de automatizar el sistema y la operación del sistema por hasta 24 horas. La limitación, principalmente, es el alto costo de la inversión inicial (C.N.R, 1996).

2.1.1 Componentes del sistema.

Los componentes básicos de un sistema de riego por goteo son los siguientes:

2.1.1.1 Unidad de bombeo.

La unidad de bombeo tiene por objetivo impulsar el agua desde la fuente de agua (superficial, subterránea) a presión, al cabezal de control y a la red de tuberías (C.N.R. 1996).

Generalmente la unidad de bombeo se encuentra junto a la fuente de agua y lo más cerca de la fuente de energía disponible (C.N.R. 1996).

La mayoría de los sistemas de riego por goteo que requieren energía para impulsar el agua, usan bombas centrífugas de eje horizontal para captar aguas superficiales. También son

frecuentes las instalaciones con bombas de pozo profundo cuando es necesario captar aguas subterráneas (C.N.R. 1996).

2.1.1.2 Centro de control.

El centro de control corresponde a un conjunto de implementos que poseen distintas funciones, ya sea, regular presión, filtraje del agua, control de caudales (entrada y salida) y aplicación de fertilizantes con el agua de riego (C.N.R. 1996).

2.1.1.3 Red de tuberías.

La red de tuberías conforma el sistema donde el agua es distribuida, desde el centro de control hasta el punto de descarga, cercano a la zona de desarrollo radical del cultivo. La red está constituida por tuberías principales (matriz), secundarias y laterales. La tubería primaria (matriz) y secundarias de PVC van enterradas y las tuberías laterales se instalan en la superficie del terreno (C.N.R. 1996).

Las tuberías matrices son las que distribuyen el agua desde el cabezal de control hasta los puntos donde se derivan a los distintos sectores de riego, dentro del mismo predio. Dado que estas tuberías conducen los mayores caudales, son los de mayor diámetro. Presentan puntos, donde a través de válvulas, se unen con las tuberías secundarias (C.N.R. 1996).

Las tuberías secundarias se conectan con las tuberías laterales de polietileno, que se disponen en las hileras del cultivo y son las que incorporan los goteros, a distancias fijas (C.N.R. 1996).

La red de tuberías tiene generalmente distintos tipos de válvulas, de corta, válvulas reguladoras de presión, válvulas de aire, que pueden ser manuales o automáticas (C.N.R. 1996).

Las válvulas de compuertas son las válvulas de corta, utilizadas normalmente en redes de distribución de agua.

Las válvulas automáticas pueden ser del tipo solenoide, que se comandan eléctricamente a distancia. Estas válvulas solenoide permiten controlar el riego por goteo mediante la operación manual a distancia, o la operación automática mediante un programador simple que se instala en la caseta del cabezal de control (C.N.R. 1996).

En las matrices se instalan válvulas de aire (ventosas), que permiten el ingreso de aire a la tubería para evitar el colapso por aplastamiento cuando son vaciadas, y también sirven para extraer el aire de las tuberías al momento de llenarlas con agua (C.N.R. 1996).

Las piezas especiales de la red de tuberías la componen distintas unidades como tees, reducciones, curvas, etc., que se utilizan para derivar o unir tuberías, las características de estas piezas dependen del tipo de tubería en la cual deben ser incorporadas (C.N.R. 1996).

2.1.1.4 Goteros o emisores.

Los goteros o emisores son las unidades donde el agua pasa de la red de tuberías al punto de descarga (C.N.R. 1996).

Los tipos de goteros más utilizados son: goteros de laberinto en línea, goteros de botón con laberinto y goteros auto compensado, estos últimos, tienen en su interior membranas, que actúan como diafragmas que dificultan el paso del agua al aumentar la presión, manteniendo un caudal constante ante fluctuaciones importantes de dicha presión (C.N.R. 1996).

La distancia entre los goteros en la tubería lateral, depende de las distancias de plantación, del tipo y textura del suelo y el tipo de desarrollo radicular del cultivo (C.N.R. 1996).

2.2 Fuentes de energía para la impulsión del agua.

El agua necesita energía para ser impulsada, desde su captación y a través de distintas unidades del sistema. Desde la filtración, las diferentes válvulas y dispositivos mecánicos del control del flujos, red de cañerías y finalmente llegar al punto de aplicación (Martínez y Peralta, 2000).

Las distintas alternativas energéticas para impulsión del agua, son analizadas a continuación.

2.2.1. Fuentes de energía convencionales.

Las fuentes de energía convencionales suelen estar completamente desarrolladas y utilizan recursos no renovables, y están relacionadas principalmente con la energía eléctrica y combustibles fósiles (Kennan, 2013), las que son analizadas a continuación.

2.2.1.1. Red de energía eléctrica.

El tipo de abastecimiento en los sectores rurales corresponden especialmente a energía eléctrica, mediante sistemas de redes manejadas por empresas eléctricas de distribución, que operan con tarifas no subsidiadas (Hidalgo, 2006).

La red de distribución de energía eléctrica, establecida por una empresa, puede ser de alta tensión (superior 400 Volts) o baja tensión (igual o inferior a 400 Volts) (C.N.R., 2005).

Para el año 2002, la distribución del número de viviendas electrificadas según el Censo de Población y Vivienda 2002, muestra que la mayoría de las viviendas se abastece mediante red pública, atendida por una empresa de distribución, tanto para el sector urbano (99%) como el rural (95%). En cuanto al sector rural, el 4% se abastece mediante generador propio o comunitario y solo el 0,5% por paneles solares (ESMAP, 2005).

Con respecto a la cobertura de electrificación rural, la Región de La Araucanía, presenta una menor cobertura de electrificación rural (76%) con respecto a regiones como la Metropolitana (96%), Valparaíso (93%), General Bernardo O'Higgins (93%), la Del Maule (91%) y Biobío (88%) (ESMAP, 2005).

En este sentido, uno de los principales problemas en el mundo rural es la baja cobertura de energía eléctrica, generando una carencia de comodidades en el hogar y una falta de implementos necesarios para desarrollar un proceso productivo más completo (Pumariño, 2005).

2.2.1.2. Generador eléctrico a combustión.

Esta fuente de potencia, consiste en un motor a combustión conectado a un generador, (alternador), el cual alimenta de electricidad al sistema de bombeo. Las principales alternativas de combustibles son bencina y petróleo (diésel), considerando el uso de éstas, por la potencia, vida útil del equipo, costos de mantención y velocidad de operación. Los generadores que alimentan motores eléctricos, deben cumplir con las curvas de rendimiento y de potencia señaladas por los fabricantes (C.N.R, 2005).

2.2.1.3. Motobomba a combustión interna.

Esta energía es aprovechada por medio de motores de combustión interna, los cuales obtienen energía mecánica directamente de la energía química producida por un combustible, que arde dentro de una cámara de combustión (Gilardi, 1985).

La fuente de potencia, consiste en un motor de combustión interna acoplado a una bomba elevadora. El uso de combustible está relacionado con la potencia, siendo los motores a combustión interna de gasolina, los que trabajan a potencias menores de 15 HP, por lo general móviles (portátiles) (C.N.R, 2005).

2.2.2. Fuentes de energía renovables no convencionales.

Las energías alternativas o energías renovables no convencionales (ERNC), son las obtenidas por recursos naturales, que para obtenerlas en energía útil, se transforman y no se agotan a escala humana, por su bajo impacto al medio ambiente, se consideran energías limpias (C.N.R, 2012).

Gudemos (2007) resalta la necesidad de tener fuentes energéticas limpias, no contaminantes de bajo impacto ambiental y a la vez renovables, a través, de generadores eléctricos fotovoltaicos que cumplen una función trascendental en el abastecimiento de energía eléctrica en los sectores rurales.

Los generadores solares fotovoltaicos aportan una solución para el desarrollo rural, generando energía eléctrica destinada al bombeo de agua en cualquier lugar y en cantidades necesarias, permitiendo el consumo humano, animal, riego, etc. lo que implica el desarrollo socio-económico de áreas rurales (Gudemos, 2007).

Es así, como en la provincia de La Rioja, República Argentina, se han generado proyectos de bombeo de agua, a través del uso de paneles fotovoltaicos. Esta región se caracteriza por la falta de agua potable y de red eléctrica, es por eso, que estos sistemas cumplen un papel preponderante en el desarrollo de la población de esa zona (Gudemos, 2007).

Barreto (2010), señala que el sistema de riego por goteo es el que mejor se adapta al sistema solar, debido a lo eficiente en la distribución del agua, además, evalúa económicamente este sistema, y sostiene que presenta el valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) más alta y el periodo de pago más bajo.

2.2.2.1. Energía solar.

Existe una gran cantidad de energía que genera el sol, pero de esta energía solo una parte llega a la tierra en forma de radiación, aun así es la fuente energética más abundante e inagotable que posee el planeta. El uso de esta fuente genera energía eléctrica, con el inconveniente que solo

se obtiene durante el día, optando por implementar sistemas de almacenamiento (baterías) para obtener un suministro constante (C.N.R, 2012).

Los sistemas fotovoltaicos se componen necesariamente de muchas celdas, que transforman parte de la energía de la luz solar en electricidad (Vera, 2005).

El arreglo fotovoltaico, es la parte medular de un sistema solar. Consiste en módulos fotovoltaicos conectados para generar la potencia que alimenta el sistema. Los módulos fotovoltaicos son conectados en serie para obtener el voltaje necesario para cargar baterías y paralelamente generar la corriente suficiente para operar la bomba (Vera, 2005).

2.2.2.2. Turbina hidráulica.

El bombeo de agua y la energía renovable, son aplicaciones naturalmente compatibles que pueden crear soluciones económicas para cualquier aplicación de bombeo y generación de energía para transporte de agua, es así que la turbina hidráulica para la generación de electricidad, aprovecha la energía potencial y cinética del agua para producir energía eléctrica (Muller y Wolter, 2004).

Dentro del bombeo hidráulico existen distintos sistemas, todos bajo los principios de funcionamiento de la rueda hidráulica, que es una de las más antiguas máquinas hidráulicas que conoce la humanidad y ha estado en uso desde la antigüedad (Muller y Wolter, 2004).

La energía potencial del agua, hace que la rueda sea un convertidor hidráulico de energía eficiente y ecológicamente aceptable, con el potencial para un mayor desarrollo (Muller y Wolter, 2004).

Es así como en los sistemas de turbina hidráulica, el agua que circula por un río o estero ingresa por una tubería de carga y el fluido es conducido al equipo de máquina, donde se encuentra el sistema de bombeo. Mediante la energía hidráulica del recurso hídrico, la energía

mecánica producida acciona una bomba centrífuga, que conduce el agua mediante una tubería de alimentación con destino al punto de descarga (Saquicela, 2011).

2.3 Diseño de un sistema de riego por goteo.

Para diseñar un sistema de riego localizado, se deben determinar todas las características técnicas del riego, con el fin de que la distribución de agua sea eficiente y uniforme (Fuentes, 1996).

El proceso para la formulación de un proyecto de riego localizado, se divide en dos fases, diseño agronómico y diseño hidráulico (López *et al.*, 1997).

2.3.1 Diseño agronómico del riego.

Esta etapa es el componente fundamental del diseño del sistema, debido a que se define la cantidad de agua que será aplicada al cultivo (Fuentes, 1996).

Según López *et al.* (1997), se debe garantizar que la instalación sea capaz de abastecer, con una eficiencia de aplicación óptima, las necesidades hídricas del cultivo durante el período de máximo consumo, consiguiendo, además, mojar el volumen de suelo suficiente para su adecuado desarrollo.

El caudal que se aplica al cultivo debe satisfacer las necesidades hídricas en la estación de máxima demanda (López *et al.*, 1997).

2.3.1.1 Necesidades hídricas del avellano europeo.

Durante la fase de formación del huerto, el riego es muy importante para suplir las necesidades hídricas del cultivo y así lograr el desarrollo de la estructura productiva del árbol (Ellena *et al.* 2009).

Las necesidades de agua son particularmente elevadas durante el periodo que abarca el crecimiento vegetativo, la inducción floral y el desarrollo de la avellana (Lemus, 2004).

Gispert (1996), señala que es un cultivo que se desarrolla en medios con elevada humedad relativa. Por esta razón, es un cultivo que responde a primaveras lluviosas y veranos no muy secos, donde mejora el crecimiento, evitando el secado y caída prematura de sus hojas, manteniendo así, adecuadas producciones y rendimientos.

Las raíces se extienden tendidamente, siguiendo la proyección de la copa y presentan nudosidades de las cuales normalmente emiten los brotes. El crecimiento es superficial (40 a 50 cm de profundidad), y requieren de riego en veranos secos (De Berasategui, 1997).

Grau (2003), afirma que una planta, con su raíz poco desarrollada, demorará más tiempo en expandir un sistema radical que le permita iniciar su desarrollo aéreo. Asimismo, ante cualquier estrés, una planta poco desarrollada radicalmente, tendrá menos probabilidades de sobrevivir que una planta más equilibrada.

2.3.1.2 Importancia y efecto productivo del riego.

La importancia del riego está relacionada con el desarrollo de la estructura reproductiva del árbol. En la fase de producción en la Región de La Araucanía (enero, febrero y marzo), se generan las etapas críticas del ciclo biológico del avellano europeo. Durante estas fases una serie de procesos (crecimiento de brotes, frutos, semilla, diferenciación a flor de las yemas vegetativas, síntesis de elaborados) se sobreponen y pueden entrar en competencia, si alguno de los factores

productivos resulta limitantes, es por eso que el agua es fundamental para lograr el crecimiento de las avellanas, alcanzar buenos rendimientos por árbol y evitar alternancias en la producción (Ellena, 2009).

En el sur de Chile, la concentración de lluvias en invierno y primavera produce un periodo de déficit hídrico de cuatro a cinco meses (noviembre a marzo). Por lo anterior, para cultivos comerciales es estrictamente necesario contar con un sistema de riego que supla los requerimientos hídricos durante el período de déficit (Ellena, 2006).

La especie posee una baja resistencia al estrés hídrico y a los altos valores de déficit de potencial hídrico, consecuencia de lo cual disminuye su funcionamiento foliar (regulación estomática, transpiración) y reduce su capacidad fotosintética (Girona, 1987). El avellano reduce sensiblemente su capacidad productiva en condiciones de estrés hídrico (Girona, 1994).

Un ensayo en la región de Viterbo, Italia (Bignami *et al.* 1997) reporta la influencia del riego sobre la elongación de ejes y diámetro de troncos, concluyendo que el mejor balance entre crecimiento vegetativo y producción se observa reponiendo el 75% de la evapotranspiración del cultivo (ETc).

En cuanto a estrategias de riego en el cultivo del avellano, Girona *et al.* (1994) observaron una alta sensibilidad de esta especie a las reducciones del riego durante el verano (usando riego deficitario controlado). La falta de agua por los escasos riegos en el período estival, es el motivo del importante descenso que se genera en la producción por hectárea, al reducirse el tamaño del fruto.

De Salvador y Monastra (1997), indican la necesidad de humedecer un amplio volumen de suelo, para obtener una adecuada respuesta fisiológica y productiva en el avellano.

En este sentido, Cohen *et al.* (1992) presentan como factor negativo para la buena productividad del avellano europeo, el escaso número de goteros (1 a 2 por árbol) y la escasa superficie de suelo mojado.

En el mismo sentido, Gispert (2008), en base a una investigación para caracterizar el volumen de suelo húmedo (VSH) en riego por goteo, obtuvieron como resultado, que la mejor respuesta en parámetros de calidad con relación al peso del grano de avellana (g) corresponde a un 33% (VSH) y el mayor rendimiento del fruto (%) se obtiene con un porcentaje de suelo húmedo comprendido entre el 15 y el 33%.

2.3.1.3 Determinación de la evapotranspiración.

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar (sin restricciones de agua, fertilidad, fitosanidad) se determina utilizando los coeficientes de cultivo (K_c) que relacionan la E_{Tc} (evapotranspiración del cultivo) con la E_{To} (evapotranspiración de referencia) y el factor K_c que resume las diferencias físicas y fisiológicas entre el cultivo y el cultivo de referencia (Allen, 2006).

Para fines de proyectos en el marco de la ley N° 18.450, se deberá utilizar el estudio “Cálculo y Cartografía de Evapotranspiración Potencial en Chile”, de la Comisión Nacional de Riego (2000), asignando un coeficiente de cultivo (K_c) para el avellano europeo, dentro de los rangos permitidos por la CNR.

2.3.1.4 Elección de emisores.

Determinar el número adecuado de emisores, su caudal y su correcta disposición es tal vez el aspecto más importante de la fase de diseño agronómico. En cada caso, el número de emisores y el caudal serán diferentes en función de las propiedades físicas del suelo y de la dosis de riego a aplicar (López *et al.*, 1997).

2.3.1.5 Dosis, frecuencia y tiempo de riego.

Definida la evapotranspiración del cultivo, se deben determinar los requerimientos diarios de riego, es así que se deben calcular las “necesidades netas de riego diario (NRD)” que corresponde a los requerimientos diarios de riego. La frecuencia de aplicación en términos generales depende de las características de retención de humedad del suelo y absorción de agua de las plantas (Chile, Instituto de Investigación Agropecuaria, 2000).

El tiempo de riego dice relación con el tiempo necesario para aplicar y suplir las necesidades hídricas de la planta, en el periodo de máxima demanda, relacionando el número adecuado de horas para el funcionamiento continuo del sistema de riego, para posteriormente determinar el número máximo de sectores a regar (Chile, Instituto de Investigación Agropecuaria, 2000).

2.3.2 Diseño hidráulico.

La finalidad del diseño hidráulico, es conseguir el dimensionado óptimo de las tuberías para satisfacer las exigencias establecidas en el diseño agronómico (López *et al.*, 1997).

En el diseño hidráulico, se contempla el dimensionamiento del equipo de bombeo y toda la red de tuberías (matrices, secundarias y laterales) que lo componen. Para tal efecto, se calculan las pérdidas de carga (fricción y singularidades) de las diferentes combinaciones de diámetros y longitudes de tuberías, la que genera requerimientos de presión para el caudal determinado (López *et al.*, 1997).

En el diseño intervendrá entre otros elementos, la información topográfica del sector, tiempo de aplicación y frecuencia de riego prevista y varios datos opcionales que se basan en criterios técnico-económicos y de preferencias del usuario (López *et al.*, 1997).

En la elección se tendrán en cuenta las preferencias del usuario, precio, características hidráulicas y durabilidad del emisor. También se establecerá, mediante criterios técnico-económicos y de preferencia del usuario el tiempo de aplicación y la frecuencia de riego prevista, se calculará el número máximo de unidades operacionales en que se puede dividir el sistema (López *et al.*, 1997).

La uniformidad de aplicación, permitirá, mediante cálculos hidráulicos, definir las condiciones límites entre las que deberá funcionar la instalación y en base a ellas y al resto de los datos ejecutar el diseño preliminar de las subunidades de riego, dibujándolas sobre plano a escala. Su número y situación permiten conocer los caudales en las diversas conducciones y el flujo total, junto con el grado de automatización, serán los datos necesarios para el diseño preliminar del cabezal (López *et al.*, 1997).

Una vez, diseñada la instalación dentro de los límites fijados para el funcionamiento del proyecto, se procederá a completar los cálculos hidráulicos necesarios para definir materiales y dimensiones. Todos estos cálculos se realizarán partiendo desde emisores y avanzando hacia la toma de agua del predio, es decir, se calcularán primero las presiones y caudales de entrada en las sub unidades de riego y se continuará con las tuberías secundarias, hasta llegar a las primarias y terminar en el cabezal (López *et al.*, 1997).

2.4 Evaluación económica de proyectos de riego para avellano europeo.

La evaluación económica se realiza para determinar la factibilidad de un proyecto, en base a las características del mercado, se comparan los beneficios asociados a la decisión de la inversión, con su flujo proyectado de inversión (Sapag y Sapag , 2003).

En esta sección se desarrollarán los aspectos a considerar en la evaluación económica del proyecto de riego.

2.4.1 Mercado del avellano europeo.

Las exportaciones de frutos secos por parte de Chile se han duplicado, incrementándose desde US\$ 130 millones en el año 2009 a US\$ 274 millones en el año 2011 (ODEPA, 2012).

Las avellanas se exportan con cáscara o sin cáscara lo que ha permitido aumentar de 2.671 toneladas de avellanas con cáscara el año 2009 a 5.000 toneladas para el año 2011, al igual que sin cáscara, se ha incrementado el volumen de 44 toneladas en el año 2009 a 109 toneladas para el año 2011 (ODEPA, 2012).

El precio de exportación de la avellana con cáscara ha registrado un crecimiento continuo, llegando en el semestre del 2011 a un alto nivel de US\$ 3,70 por kilogramo (ODEPA, 2012).

2.4.2 Ley de fomento N° 18.450 y fuentes de energía renovables no convencionales.

La ley de Fomento a la inversión privada de obras menores de riego y drenaje, tiene como objetivo bonificar un porcentaje del costo en la construcción de proyectos de riego en los cuales se quiera aumentar la superficie regada del país e incentivar un uso eficiente en la aplicación de agua para el riego (INIA., 1989)

El Gobierno de Chile, a través de la CNR, incentiva la implementación de proyectos que a partir de ERNC puedan generar energía útil. A inicios de 2012 se lanzó la Estrategia Nacional de Energía para el período 2012-2030, donde, en el país es fundamental el desarrollo de las ERNC. La Comisión Nacional de Riego, sumándose al desarrollo de las ERNC, pretende incentivar el desarrollo de proyectos de riego, donde, la fuente de energía utilizada para su funcionamiento sea a través de ERNC (ODEPA, 2012).

2.4.3 Indicadores económicos.

Para evaluar la rentabilidad de un proyecto, se recurren a indicadores económicos como el VAN y la TIR.

2.4.3.1 Valor Actual Neto (VAN).

Este indicador económico plantea que el proyecto debe aceptarse si su valor actual neto (VAN) es igual o superior a cero, donde el VAN es la diferencia entre los ingresos y egresos de un proyecto. Se acepta que sea cero, ya que indica que se estará recuperando todos los desembolsos más la ganancia exigida por el inversionista, que está implícita en la tasa de descuento utilizada (Sapag y Sapag, 2003).

2.4.3.2 Tasa Interna de Retorno (TIR).

La Tasa Interna de Retorno, consiste en calcular la tasa de descuento específica, que hará igual el valor actual neto de los flujos de caja con el valor actual de la inversión requerida por el proyecto. Con este índice se busca determinar aquella tasa que haga el VAN igual a cero, indicando cuanto el inversionista puede exigirle al proyecto (Sapag y Sapag, 2003).

2.4.4 Flujo neto de caja.

Los flujos de caja sirven para medir la rentabilidad de la inversión y del inversionista, además, de la capacidad de pago que tiene un proyecto. Si el proyecto es evaluado en un horizonte de “n” años, el flujo de caja deberá analizarse en n+1 años, donde se considerará como año 0, el momento en que la inversión fue puesta en marcha (Sapag y Sapag, 2003).

El horizonte de evaluación depende de las características de cada proyecto. Si el proyecto tiene una vida útil esperada posible de prever y si no es de larga duración, lo más conveniente es construir el flujo en ese número de años. Si la empresa que se creará con el proyecto tiene

objetivos de permanencia en el tiempo, se puede aplicar la convención generalmente usada de proyectar los flujos a diez años (Sapag y Sapag, 2003).

En los proyectos se presentan dos tipos de flujo de caja, el proyecto sin financiamiento o puro, aquel financiado con recursos propios y el proyecto con financiamiento o del inversionista, aquel proyecto que parte de la totalidad de la inversión es financiado con recursos externos (Sapag y Sapag, 2003).

En cada flujo de caja, se encuentran costos asociados a la inversión, a saber:

A) Costos fijos: Son aquellos que no cambian frente a cambios en el volumen de producción. No se ve afectado por la cantidad de superficie que se riega o las horas de funcionamiento de equipos. Considera depreciación, mantención de las instalaciones (Fundación Chile, 2000).

B) Costo Variable: Son aquellos que cambian en forma directa con el volumen de producción. Los costos variables totales van aumentando en la medida que aumenta la cantidad producida. Son los gastos que varían directamente con la cantidad de horas de funcionamiento de equipos. Estos costos son, consumo de energía, mano de obra. La energía es el principal costo, en función del consumo y el costo del precio de combustible, contemplando el consumo de los motores existentes (Fundación Chile, 2000).

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1 Condiciones de diseño.

3.1.1 Características del predio a regar.

Se consideró el diseño de un sistema de riego por goteo para un predio, ubicado en la precordillera andina, a 5 km de Las Hortensias en la comuna de Cunco, Provincia de Cautín, Región de La Araucanía Chile, que cuenta con una superficie de 7,5 hectáreas, destinada al cultivo del avellano europeo, evaluándose técnica y económicamente (Figura 1).

La georefenciación del predio se realizó a través de un GPS (Garmin, e Trex Vista), el cual indicó que las coordenadas UTM, (Datum WGS84 18H), a una altura de 330 m.s.n.m, son:

Latitud sur: $38^{\circ} 58'21''$; Longitud oeste: $72^{\circ}7'31,6''$.



Figura 1. Foto aérea, con ubicación del predio.

Fuente: Google Earth.

3.1.2 Plano topográfico.

El estudio topográfico debe ser realizado previo a cualquier ejecución de obras y es el punto de partida para poder planificar las distintas etapas en el diseño de un sistema de riego (López *et al.*, 1997).

El plano topográfico del predio, permitió trabajar en la elaboración de las obras que más se adecúan a las características del predio. El trabajo con cartas se realizó con sistema CAD (CAD es la abreviación del sistema de dibujo por computadora, en programas como AutoCAD), donde, el diseño hidráulico se concretó sin errores, obteniendo el trazado de la matriz, secundarias, laterales y sectores.

El predio posee una topografía ondulada baja, donde la pendiente media del terreno es del 4%, con unidades que alcanzan el 9% en algunos sectores, entre ellos el área del proyecto.

3.1.3 Tipo de suelo en el área a regar.

El suelo es de origen volcánico, andisol, perteneciente a la familia Los Prados, serie Cunco. El rango de la profundidad del suelo es de 50 a 90 cm, con una matriz franco arcillosa (Millar, 2007), lo que lo hace apto para el cultivo de avellano europeo.

3.1.4 Fuente de agua.

En relación con la fuente de agua para abastecer el proyecto existen dos posibilidades, que son:

- **Superficial:** Corresponde al estero Quechurehue, ubicado a una distancia de 224 m desde la toma de agua hasta el predio (esquemático en la figura 2), a un desnivel topográfico de 15 m, donde escurre un caudal (Q) de 900 l/s en verano. Ver detalles en anexo 1.
- **Subterránea:** Se considera habilitar pozo profundo de 35 m de profundidad, 125 mm de diámetro y con un caudal de 5 l/s.

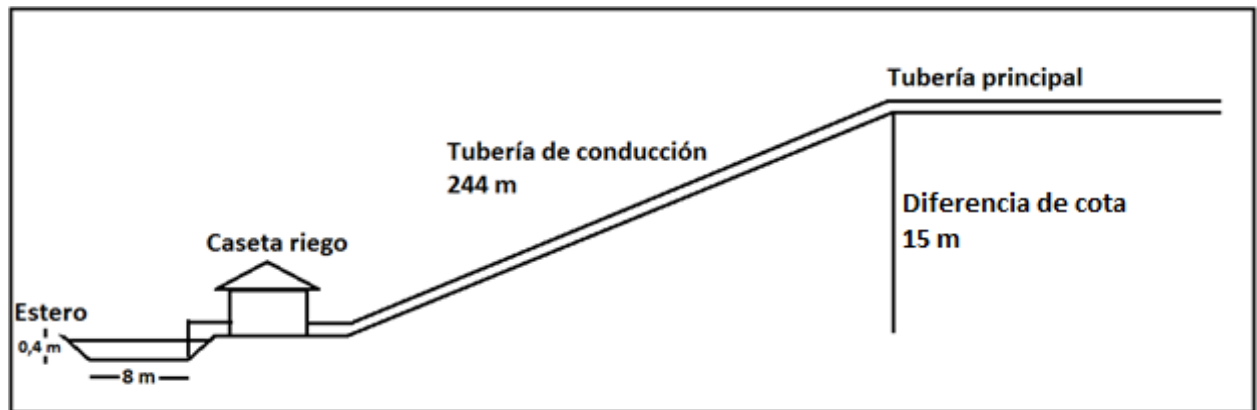


Figura 2. Ubicación toma de agua estero y predio a regar.

3.1.5 Fuente de energía disponible.

En el predio donde se desarrollará el proyecto, no existe un abastecimiento adecuado de energía eléctrica, dado que la red eléctrica sólo es capaz de suministrar energía a las familias del sector, además, la distancia entre el transformador y el área del proyecto es de aproximadamente 3 kilómetros.

3.1.5.1 Energías convencionales.

Dado lo anterior, como fuente de energía para el proyecto, se evaluaron la energía eléctrica, por medio de 2 generadores eléctricos y por combustión, a través de motobomba.

3.1.5.2 Energías renovables no convencionales.

En el presente estudio se decidió comparar la energía solar fotovoltaica y la generada por turbinas hidráulicas, esto en el marco de la ley N°18.450, y al llamado de la CNR para proyectos con ERNC (energía renovables no convencionales).

3.2 Tecnologías energéticas consideradas en el proyecto.

Conocidas las fuentes de energías disponibles que se pueden implementar en el predio, se procedió a elegir las tecnologías energéticas que se evaluaron en el presente estudio.

3.2.1 Generador eléctrico a combustión.

Este sistema tiene como objetivo cumplir con los requerimientos de potencia del sistema de bombeo y ser capaz de suministrar energía eléctrica para accionar la bomba y poner en marcha la impulsión del agua (C.N.R, 2005).

Para el proyecto se requiere un generador de 7 KVA necesario para proveer de energía a una bomba centrífuga (5,5 HP) para captar agua de la fuente superficial y de 10 KVA para accionar una bomba de pozo profundo (7,5 HP).

3.2.2 Motor a combustión interna.

Para el proyecto se consideró una motobomba de 5,5 HP, necesaria para alimentar al sistema de riego, conforme a las curvas de rendimiento y de potencia requeridas por el diseño, siendo esta última de 5,5 HP.

3.2.3 Turbinas hidráulicas.

Dado que el predio cuenta con el recurso hídrico proveniente de un estero, la alternativa considerada para impulsar el agua a través del equipo de bombeo, que corresponde a una turbina de 10 HP, la cual, a través de un generador de 5 kw acciona una bomba centrífuga. El sistema debe adaptarse a las condiciones del estero y a la demanda de caudal (Q) requerida por el diseño de riego.

3.2.4 Paneles fotovoltaicos.

Se consideró un sistema fotovoltaico, y para dimensionarlo es necesario conocer previamente cual es la demanda energética necesaria para accionar el equipo de bombeo. En este estudio, se contempló que el sistema fotovoltaico, debe suministrar energía para una bomba de pozo profundo de 7,5 HP, en el mes de máxima demanda (enero).

3.3 Diseño y formulación de proyectos de riego.

Para la formulación y diseño de proyectos de riego por goteo existen factores y sub-factores a considerar y a los cuales, se deben adecuar los proyectos generados. Respecto a los factores se refieren a la fuente energética, fuente de agua y la bonificación de la Ley N° 18.450. Los sub-factores, se refieren a las tecnologías energéticas a evaluar, fuente de agua (superficial o subterránea) y de bonificación a postular, lo que esquematiza el Cuadro 1.

Cuadro 1. Factores y sub-factores considerados para las alternativas de riego por goteo.

Sub-factores	Factores		
	Fuente energética	Fuente de agua	Bonificación Ley 18.450
Generador 7 KVA Generador 10 KVA Motobomba 5,5 HP Paneles Fotovoltaicos Turbinas	Subterránea Superficial	0% 50%	

Fuente: Elaboración propia.

Una vez, conocidas las alternativas de fuentes de agua disponibles en el predio y las fuentes energéticas para la impulsión del agua, y luego de combinar los factores y sub-factores considerados en el estudio, se obtuvieron las alternativas de proyectos posibles de evaluar, los cuales se encuentran resumidos en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Proyectos generados.

Fuente de agua					
Fuente energética	Superficial			Subterránea	
	Generador 7 KVA	Motobomba 5,5 HP	Turbina	Generador 10 KVA	Paneles Fotovoltaicos

Fuente: Elaboración propia

Los proyectos que se evaluarán y cuyas combinaciones se encuentran en el Cuadro 2 se compararán en base a un análisis, en dos contextos, con bonificación de la Ley 18.450 N° (proyecto inversionista) y sin bonificación (proyecto puro). Resultando en cinco proyectos, con dos evaluaciones para cada uno, lo que resulta finalmente en 10 evaluaciones de proyectos.

3.4 Diseño del sistema de riego por goteo.

El diseño del sistema de riego se divide en dos estudios que son fundamentales para la ejecución de la obra.

3.4.1 Diseño agronómico.

El diseño agronómico está relacionado con el consumo de agua, la frecuencia, el tiempo de riego y la sectorización (López *et al.*, 1997).

3.4.1.1 Determinación del consumo de agua.

El parámetro utilizado para medir el consumo de agua, corresponde a la evapotranspiración de un determinado cultivo bajo condiciones óptimas de humedad y desarrollo fenológico del mismo. Este se calculó a través de la ecuación 1 (Allen, 2006), anexo 2.

Para el cálculo de la evapotranspiración del Avellano, se obtuvo información del atlas o visualizador electrónico del estudio “Cartografía de la evapotranspiración potencial de Chile” de la CNR (2000). Esto permite estimar la ETo de la localidad de Cunco, en el mes de enero que

corresponde al mes de máxima demanda de agua, de acuerdo con las bases para proyectos de riego en la CNR.

La ETo anual, corresponde a los meses de diciembre, enero, febrero, cuando se produce la mayor evapotranspiración, siendo enero el de mayor ETo que corresponde a 5,16 mm/día.

El Kc utilizado para este cálculo, se obtuvo de rangos de valores que son los aceptados por la CNR para elaborar los diseños de riego, el valor utilizado fue de 0,7.

3.4.1.2 Frecuencia y tiempo de riego.

Para que el manejo del sistema de riego por goteo sea óptimo, se consideró regar todos los días con el objeto de mantener un alto contenido de humedad y evitar que el cultivo sufra de déficit hídrico y así afecte su productividad. Para calcular el tiempo de riego se utiliza la ecuación 2, (C.N.R. 1999), anexo 3.

3.4.1.3 Sectorización.

Esta cifra representa en cuantos sectores es posible dividir el predio a regar, de esta forma se reducen los costos que significaría regar toda la superficie (Fuentes, 1996). El número de sectores se calculó con la ecuación 3, anexo 4.

3.4.2 Diseño hidráulico.

En el diseño hidráulico, se contempla la sectorización, el dimensionamiento del equipo de bombeo y toda la red de tuberías (matriz, secundarias, laterales) que lo componen.

3.4.2.1 Superficie por sector.

Una vez obtenido el número de sectores en el diseño, se procedió a calcular la superficie por sector a través de la ecuación 4 (Fuentes, 1996) anexo 5.

Las áreas obtenidas, se definieron, buscando uniformidad, y que éstos tuvieran exigencias similares, en cuanto a la potencia de la bomba y así asegurar un funcionamiento uniforme en todos los sectores.

3.4.2.2 Goteros por lateral.

El cálculo de los goteros por lateral, se obtiene considerando la longitud de los laterales y el espaciamiento entre goteros. Se calcula por medio de la siguiente relación.

$$\text{Goteros por lateral} = \frac{\text{Longitud lateral}}{\text{Espaciamiento entre goteros}}$$

3.4.2.3 Caudal de la red de tuberías.

Para determinar el caudal que se debe suministrar a través de la matriz y las secundarias a cada sector, se debe primeramente conocer el caudal unitario de cada lateral.

El cálculo del caudal de cada lateral, se obtiene, mediante el número de goteros por lateral y el valor del caudal unitario del gotero, lo que se expresa a través de la siguiente relación.

$$\text{Caudal de lateral} = \frac{\text{Número de goteros} * \text{Caudal unitario del gotero (L/h)}}{3600 \text{ (s)}}$$

3.4.2.4 Diámetro de tuberías.

El diámetro de las tuberías, ya sea matriz y secundarias, se calcularon con la ecuación 5 de Hazen Williams; y luego de calculado el diámetro para cada tubería, este se aproximó al diámetro comercial existente en el mercado (Fuentes, 1996) anexo 6.

3.4.2.5 Pérdidas de carga.

Las pérdidas de carga o pérdidas de energía que sufre el agua por fricción dentro de las tuberías (matriz, secundarias, laterales) se obtuvieron a través de la ecuación 6 de Hazen Williams (Fuentes, 1996) anexo 7.

Además se tomó en cuenta que la tubería lateral tiene salidas múltiples (en cada gotero), entonces H_f (pérdidas de carga por fricción) se multiplicó por el factor “F” obtenido de la ecuación 7 de Christiansen (Fuentes, 1996) anexo 7.

De acuerdo a esto, las pérdidas por fricción para tuberías con salidas múltiples (laterales), se calculó con la ecuación 8, anexo 7.

Una vez calculada las pérdidas de carga en la tubería matriz, secundaria, lateral, tubo de succión y filtros, se procedió a calcular las pérdidas de cargas menores, correspondientes a los distintos elementos en la red hidráulica (codos, válvulas, fitting, terminales). Con la ecuación 9 se calculó las pérdidas de carga totales (HF), anexo 7.

3.4.2.6 Potencia de la bomba.

Debido a la diferencia de altura que existe entre el punto donde se capta el agua y la ubicación de la red de tuberías, es necesario contar con una fuente de impulsión del agua.

Para determinar la potencia de la bomba se debe determinar en forma previa, el caudal a utilizar en el sector crítico, la cual se definió a través de la ecuación 10, anexo 8.

Una vez realizado el cálculo, se procedió a seleccionar la bomba, donde cada una tiene asociada, una curva característica, que muestra la altura manométrica a la cual puede llevar un determinado caudal, la bomba se selecciona encontrando aquella que, dentro de su curva característica, entregue los requerimientos de caudal y altura obtenidos del diseño.

3.4.3 Diseño del sistema con turbina hidráulica.

Dentro de una micro-central hidroeléctrica el principal componente del equipo electromecánico, es la turbina, ya que es la encargada de transmitir al generador la energía que posee el agua.

Para seleccionar el tipo de turbina que mejor se adapta a las condiciones del proyecto, se utilizan dos parámetros fundamentales, que son la caída (altura del salto) y el caudal.

El método para cuantificar la adaptabilidad de un tipo de turbina a determinadas condiciones, se basa en la velocidad específica de la turbina, que corresponde al número de revoluciones que daría la turbina, semejante a la que se trata de buscar. Esta velocidad específica, rige el estudio comparativo de la velocidad de las turbinas, y es la base para su clasificación, la cual está dada por la ecuación 11, en tanto la potencia (P), se calcula con la ecuación 12 (Marín, 2007) anexo 9.

Se ha establecido que las turbinas funcionan con las mejores eficiencias si su velocidad específica se encuentra dentro del ámbito de los valores presentados en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Velocidad específica de turbinas.

Tipo de turbina	Ns
Pelton de una tobera	12 --30
Pelton de dos toberas	14 -- 40
Turgo	20 -- 70
Michell-Banki (Flujo cruzado)	20 -- 200
Francias	80 -- 400
Kaplan (Axial)	140 -- 1000

Fuente: Marín, 2007.

Por lo tanto, lo que se hace en el método, es calcular la velocidad específica con los valores de caída y caudal que se tengan, suponiendo eficiencias entre el 65 y 90% y una velocidad en el eje de la turbina en el rango de 400 a 1.800 r.p.m. Es importante mencionar que la eficiencia de la turbina está determinada por el porcentaje de caudal máximo con que esté trabajando; así, suponiendo un caudal del 100%, las turbinas tipo Kaplan tienen una eficiencia de un 90%.

Después de haber diseñado la turbina, el paso siguiente en el diseño del equipo electromecánico, es seleccionar el generador. Básicamente para hacer una elección adecuada del generador, hay que tomar en cuenta dos aspectos, el requerimiento de potencia (demanda) y el uso que se le dará a esta energía. Estos definirán el tipo de generación (continua o alterna), la fase (monofásica o trifásica).

Para el presente estudio la potencia demandada es mayor a 5 Kw, por tanto, el esquema de generación recomendado es el de corriente continua. El tipo de fase queda determinado como trifásico por ser la potencia mayor a 10 Kw.

3.4.4 Diseño del sistema fotovoltaico.

Los sistemas fotovoltaicos se componen de celdas fotovoltaicas, encargadas de convertir directamente la energía solar en electricidad. La parte medular del sistema, consiste en módulos

fotovoltaicos interconectados para generar la potencia que alimenta el sistema. En la unidad, los módulos fotovoltaicos son conectados eléctricamente en serie para generar el voltaje necesario para cargar las baterías y en paralelo generar la corriente para operar la bomba.

El diseño cuenta con un regulador de carga, necesario para el sistema, ya que éste contempla un banco de baterías. Este regulador protege al banco de baterías de descargas excesivas provocadas por la unidad de bombeo y de sobrecargas provocadas por el arreglo fotovoltaico, esto beneficia al sistema de baterías aumentando su vida útil.

En relación al banco de baterías, estas permiten mantener el voltaje y la corriente casi constantes para alimentar la bomba, mejorando notablemente la eficiencia en el funcionamiento de la bomba y a la vez se almacena energía en las baterías, permitiendo el funcionamiento del sistema durante días de baja radiación o durante horas nocturnas. La demanda de electricidad y el tamaño del banco de baterías para almacenamiento, determinan la duración del periodo de escasez de luz solar que podrá ser cubierto, al que se denomina periodo de autonomía.

3.4.4.1 Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

Para calcular la cantidad de placas fotovoltaicas, es necesario conocer primeramente, la cantidad de energía requerida, esta energía se obtiene con la potencia de la bomba, el número de equipos a funcionar y las horas de funcionamiento. Se calcula, a través, de la siguiente relación:

$$\text{Energía} = \text{Potencia de la bomba (HP)} * \text{N}^{\circ} \text{ de equipos} * \text{Horas de funcionamiento}$$

Conocida la energía requerida por el sistema, se procede a calcular el número de placas solares que contemplara el sistema, a través de la ecuación 13 (Vera, 2005), anexo 10.

El dimensionamiento del banco de baterías, está relacionado con la cantidad de energía requerida, periodo de autonomía del sistema. El número de baterías se calcula con la ecuación 14 (Vera, 2005) anexo 10.

3.5 Costos unitarios y totales de la inversión.

El estudio de los costos unitarios y totales del sistema de riego de cada proyecto generado, se realizó considerando la preparación de presupuestos, tomando como base precios unitarios que incluyen obras civiles, equipos para tecnificación, materiales y gastos generales basándose para ello en la Ley N°18.450.

Los costos en la implementación del huerto (plantas, fertilización, productos fitosanitarios, etc.) fueron extraídos del estudio publicado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA, 2008).

Los costos unitarios referidos a los equipos y elementos del sistema de riego se obtuvieron mediante cotizaciones concedidas por empresas ya sea en el área solar, por parte de **Greenertec Ltda.**; área hidráulica, **Metalúrgica Germania Ltda.**; equipos y materiales, **Agrosystems, Baper y Macrental.**

Los precios unitarios para zanja, caseta de riego, costos de montaje, fueron proporcionados por la consultora de riego **Greenertec Ltda.**

3.6 Análisis económico.

El análisis económico de la inversión en riego, se hizo por medio de un flujo de caja y sobre la base de un horizonte de evaluación de 15 años; se determinaron además, costos involucrados (fijos, variables), los valores del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Considerando los aportes de financiamiento del agricultor, se analizaron los proyectos resultantes en dos escenarios. El primer escenario, se consideró un aporte de un 100% del capital por parte del productor y el segundo, se consideró que el Estado aportaría un 50% del total de la inversión en riego, esto, por medio, de la Ley N° 18.450.

El flujo de caja se elaboró partiendo por la inversión inicial, donde se calcularon los costos de los distintos componentes que integran el sistema de riego, (centro de control, tuberías, laterales, válvulas, codos, terminales, etc.); sumado a esto, los costos que implica en cada proyecto de generación de energía (Generador, motobomba, paneles solares, turbinas hidráulicas) y la instalación de los equipos respectivos.

Los ingresos, se determinaron en base a la siguiente relación:

$$I = P(x) * Q(x)$$

Donde:

$P(x)$ = Precio del kg de Avellana en (\$).

$Q(x)$ = Producción.

La información que permitió calcular los valores de ingresos, se obtuvo, a través de los precios al productor cancelados por AgriChile, desde el año 2007 al 2013, y así, se pudo obtener un precio promedio final, considerando el precio promedio de dólar del año 2010 hasta el mes de Febrero del año 2013 (ODEPA, 2013) anexo 11.

Los rendimientos considerados en el estudio se obtuvieron del documento, “Avellano europeo en la Región de La Araucanía, primeros resultados productivos y económicos” (INIA, 2010), en el cual, se proyectan los rendimientos anuales para la región, considerando una densidad de 666 plantas por hectárea.

En el Cuadro 4 se exponen los rendimientos proyectados en el estudio (INIA, 2010), partiendo con 200 Kilos por hectárea en el tercer año, para alcanzar 3 mil kilos al año nueve.

Cuadro 4. Rendimiento anual avellano europeo Región de La Araucanía.

Rendimientos (Kg/ha)									
Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9 - 15
0	0	0	200	600	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000

Fuente: Elaboración propia

La depreciación de los activos fijos (Equipos de riego, materiales, plantas), se calculó en forma anual y lineal, donde una parte del costo del activo es distribuido en cada período de uso, por medio de la ecuación 15:

Ecuación 15.

$$D = \frac{P}{n}$$

Donde:

D = Depreciación.

P = costo de adquisición (\$).

n = Vida útil (años).

Dentro de los costos fijos, también se encuentran los de mantenimiento del equipo, el cual, se estimó en un 2% del valor total de la inversión en equipos e instalaciones hidráulicas, según la Comisión Nacional de Riego (1996).

Los costos variables contemplan el servicio de maquinaria, insumos, fertilizantes, agroquímicos y mano de obra, los cuales se obtuvieron en base al documento publicado por FIA (FIA, 2008), además de los costos de operación de riego que se calcularon para cada proyecto.

Una vez construido los flujos netos de caja en los proyectos formulados, se determinaron los valores del VAN y TIR.

El valor actual neto (VAN) y La Tasa interna de retorno (TIR) se calcularon mediante la ecuación 16 y 17 (Sapag y Sapag 2003):

Ecuación 16.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+i)^t} - Io$$

Donde:

Ft = Flujo neto de caja en cada periodo.

Io = Inversión inicial.

i = Tasa de descuento asociado al proyecto (%).

t = Número de períodos de evaluación del proyecto (años).

Ecuación 17.

$$\sum_{t=1}^n \frac{Ft}{(1+r)^t} - Io = 0$$

Donde:

Io = Inversión en el periodo 0.

Ft = Flujo neto de caja al periodo i.

r = Tasa interna de retorno (TIR).

T = Número de períodos de evaluación del proyecto (años).

El periodo de recuperación de la inversión corresponde, al tiempo que se requiere para que los capitales invertidos se igualen con los flujos netos de ingresos generados por la inversión (Schnettler *et al.*2006).

La tasa de descuento del proyecto, o tasa de costo de capital, es el precio que se paga por los fondos requeridos para hacer la inversión completa. Esta tasa es la medida de rentabilidad mínima que se le puede exigir al proyecto, tomando en cuenta su riesgo, de manera tal que el retorno esperado permita cubrir la totalidad de la inversión inicial y los egresos de operación (Sapag y Sapag 2003).

Finalmente para incorporar el factor de riesgo a los resultados de cada proyecto especialmente al criterio del VAN y la TIR, se realizó un análisis de sensibilidad, para evaluar cuan sensible son los proyectos frente a variables y parámetros críticos, es decir, aquellos que al variar afectan al proyecto.

- Precio del kilogramo de avellana (\$/kg).
- Rendimiento (kg/ha).
- Valor del dólar (US\$).
- Costos de operación del riego.
- Monto de inversión.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSION DE RESULTADOS.

A continuación se exponen los resultados del diseño agronómico e hidráulico y además, los resultados de las comparaciones técnicas y económicas de los proyectos en estudio.

4.1 Diseño del sistema de riego.

4.1.1 Fase agronómica del diseño.

4.1.1.1 Disposición de las líneas de goteros.

Para determinar la disposición de la línea de goteros, se utilizó el espaciamiento sobre hileras y entre hileras Cuadro 5.

Cuadro 5. Disposición de la línea de goteros en Avellano europeo

Cultivo	Distancia entre hileras (m)	Distancia sobre hilera (m)
Avellano europeo	5	3

Fuente: Elaboración propia.

Con el objeto de suministrar el agua en cantidad necesaria a cada planta y a menor costo en el mes de máxima demanda, se utilizarán goteros integrados auto compensados marca NAAN PC 16/3,5 (ver en http://www.agrosystems.cl/galeria_productos.asp?noid=21&padreid=12), los cuales proporcionan un caudal de 3,5 l/h/m.l., distanciados cada 50 cm, generando un traslape de aproximadamente 15 cm.

4.1.1.2 Determinación del consumo de agua del cultivo.

El requerimiento máximo de consumo de agua del cultivo en la temporada de riego, corresponde al mes de enero, el que se detalla en el Cuadro 6:

Cuadro 6. Disposición de la línea de goteros en Avellano europeo.

Eto Enero	N° Días	Eto	Kc	Etc (1)
(mm/mes)	Enero	(mm/día)		(mm/día)
160	31	5,2	0,7	3,6

(1) = Calculado en base a la Ecuación 1.

4.1.1.3 Cálculo del tiempo de riego.

Para el cálculo del tiempo de riego, se considera la distancia entre hileras, la distancia sobre hileras y el caudal unitario del gotero detallando en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Cálculo tiempo de riego.

Distancia entre hilera	Distancia sobre hilera	Caudal gotero	Etc (1)	N° got Árbol (2)	F cobertura (3)	Eficiencia (4)	Tr (5)
(m)	(m)	l/h	(mm/día)			(%)	(hrs)
5	3	3,5	5,2	6,0	1	90	2,9

(1) = Calculado en base a la Ecuación N°1.

(2) = Goteros integrados, cada 50 cm.

(3) = Cobertura de sombreado del árbol (100%).

(4) = Eficiencia del riego por goteo.

(5) = Calculado en base a la ecuación N°2.

4.1.1.4 Sectorización.

Con el objeto de reducir los costos de inversión y de operación del sistema y en consideración al tiempo de riego y el tiempo total de riego diario, se obtuvo un número de ocho sectores.

En el periodo de máxima demanda se regará 2,9 horas cada sector, lo que da un total de 22 horas de riego, quedando un margen de 2 horas para imprevistos o mantenimiento del sistema.

Cuadro 8. Cálculo del número de sectores.

Tiempo total de riego diario (h)	Tiempo de riego	Número de sectores (1)
22	2,9	8

(1) = Cálculo en base a la ecuación 3.

En el diseño del sistema de riego, el predio se dividió en ocho sectores, dentro de los cuales existen subdivisiones, esto para mantener una alta uniformidad y evitar laterales muy largos.

En el Cuadro 9 se resume la sectorización realizada, indicando superficie y caudal.

Cuadro 9. Superficie y caudal de cada sector.

Sector	Subunidades	Superficie (m ²)	Caudal (l/s)
1	1A-1B	11.769	4,60
2	2A-2B	10.532	3,98
3	3A-3B	8.895	3,54
4	-	8.271	2,90
5	-	8.791	3,48
6	-	8.565	3,15
7	-	9.394	3,68
8	-	9.175	3,40
Total		7,5	28,72

Fuente: elaboración propia.

4.1.2 Diseño hidráulico.

4.1.2.1 Diseño de la red hidráulica.

a) Tubería matriz y secundaria:

Para el cálculo del dimensionamiento de la tubería matriz, tuberías secundarias, se utilizó la ecuación 6, de pérdidas de carga de Hazen y Williams, descritas en materiales y métodos, considerando un coeficiente de rugosidad (C) de 140.

La red de tuberías está compuesta por primarias y secundarias, que alimentan los laterales de riego.

Considerando la longitud de cada lateral y caudales que deberá soportar la red, se consideraron tuberías de diámetros entre 32 mm y 75 mm, en PVC, marca Duratex Vinilit (ver en <http://www.vinilit.cl/index.php/vinilit/productos/9>).

b) Las sub-matrices:

Las sub matrices son necesarias en los sectores de mayor superficie, y tienen con objetivo alimentar las secundarias de los subsectores se diseñaron con diámetros nominales de 63 mm, clase 6.

Las características de la red hidráulica relacionadas con el número de tiras de 6 metros, diámetro nominal y las clases respectivas se resumen en el cuadro 10. Ver detalles en plano de diseño anexo 12.

Cuadro 10. Características generales de la red hidráulica.

Tipo de tubería	Número de tiras de 6 metros	Diámetro Nominal (mm)	Clase de la Tubería
Matriz			
PVC	96	75	4
Sub-Matrices			
PVC	34	63	6
Secundaria			
PVC	18	75	4
PVC	63	60	6
PVC	52	50	6

PVC	30	40	6
PVC	42	32	10

Fuente: Elaboración propia.

c) Laterales:

En lo que respecta a los laterales, se utilizaron goteros integrados auto compensados, dado la irregularidad del terreno, con puntos de descarga cada 0,5 m y un diámetro de 16 mm.

La unión de los laterales y la secundaria será con gromits de 16 mm y conectores.

d) Válvulas y automatización:

En cuanto a las válvulas, se consideró válvulas solenoides de 2" y válvulas ventosas de 1".

El sistema de automatizara con un programador de 8 estaciones marca Irritrol (ver en http://www.agrosystems.cl/galeria_productos.asp?noid=65&padreid=11), además se consideró válvulas de esfera de 1" para lavado al final de las tuberías secundarias.

4.1.2.2 Selección del equipo de bombeo.

El anexo 13 presenta el resumen del diseño hidráulico, donde, se exponen las alturas manométricas de cada sector con sus pérdidas de cargas correspondientes, además, del requerimiento de caudal y potencia estimada en Hp y Kw, para posteriormente evaluar las distintas tecnologías relacionadas con la impulsión.

Las condiciones de operación consideradas para la selección del equipo de bombeo fueron; una altura manométrica total de 34,68 m.c.a y un caudal de 4,6 (l/s) correspondiente al sector más crítico (sector 1).

4.2 Tecnologías consideradas en el diseño.

4.2.1 Selección equipo de bombeo fuente superficial

4.2.1.1 Generador eléctrico a combustión.

El generador será de tipo estacionario Genpak, adecuado para operar continuamente 22 horas/día. La potencia continua suministrada será de 7 KVA, necesaria para accionar una electrobomba centrífuga SAER, Modelo BP 10NC 2”*1 1/2” potencia de 5,5 HP, eje horizontal, donde a 2900 rpm entrega un caudal de 16 m³/h a una presión de 34 m.c.a. con un rodete de 190 mm. (Ver anexo 14).

4.2.1.2 Motor a combustión.

Para la selección de la motobomba se debe medir la velocidad de descarga (l/min) y elevación (m).

La motobomba marca HONDA WH20X de alta presión 2” de succión por 2” de descarga de potencia de 5,5 HP/3.600 rpm, entrega 16 m³/h a una presión de 34 m.c.a. (Ver anexo 15).

4.2.1.3 Turbina hidráulica.

La turbina hidráulica que se ajustan a las condiciones del terreno y a los requerimientos del diseño del sistema, corresponden a las fabricadas por Metalúrgica Germania, donde la turbina tipo KAPLAN de 600 mm y potencia 10 HP, las que se utilizan en sistemas de gran caudal y poca altura, lo que conlleva a que su instalación se encuentre muy próxima a la toma de agua. Acciona a través de un generador 10 Kw una bomba centrífuga de eje libre que entrega un caudal de 4,5 l/s. (Ver anexo 16).

4.2.2 Selección bomba fuente subterránea.

4.2.2.1 Generador eléctrico a combustión.

El generador Genpak será del tipo estacionario adecuado para operar continuamente 22 hrs/día, de potencia 10 KVA necesario para accionar una bomba de pozo profundo marca SAER, modelo NS-95E/24 2" potencia de 7,5 HP, donde a 2.900 rpm entrega un caudal de 16 m³/h a una presión de 50 m.c.a. (Ver anexo 17).

4.2.2.2 Sistema fotovoltaico.

El sistema fotovoltaico compuesto por placas policristalinas de 245 W Ja solar, baterías de 220 A Victron de ciclo profundo debe suministrar energía suficiente para accionar una bomba de pozo profundo marca SAER, modelo NS-95E/24 2" potencia de 7,5 HP, donde a 2.900 rpm entrega un caudal de 16 m³/h a una presión de 50 m.c.a. (Ver anexo 18).

4.2.3 Ventajas y desventajas de las tecnologías consideradas.

A continuación se presentan las ventajas y desventajas que involucran a las distintas tecnologías consideradas, ya sean, convencionales y no convencionales (ERNC), en base a información recopilada por distintos autores (Barreto; 2010; Marín, 2007; Hidalgo, 2006; Vera, 2005, entre otros), publicaciones (CNR, 2005; ESMAP, 2005) e información técnica presente en la web.

4.2.3.1 Tecnologías convencionales.

A) Generadores eléctricos a combustión.

Ventajas.

- Los generadores a combustión (bencineros o diésel), tienen un amplio rango de capacidades, donde se encuentran tecnologías disponibles que permiten abastecer consumos pequeños (1-1,5 kw) hasta consumos elevados (600 kw).
- El costo de inversión inicial es bajo, en comparación con otras tecnologías.
- La instalación del sistema es relativamente simple.
- Por utilizar combustible para su funcionamiento, hace que el sistema no dependa de factores climáticos para su accionamiento.
- Es factible de implementar en sectores rurales que no dispongan del suministro eléctrico.

Desventajas

- Estas tecnologías tienen un alto costo de operación.
- Involucra la necesidad de disponer de combustibles para generar electricidad, resultando en una dependencia para el agricultor.
- El sistema contamina, al emitir gases al medio ambiente.
- Los equipos para poder funcionar requieren de un operador, para abastecer de combustible cuando el equipo deja de funcionar.

B) Motobomba.

Ventajas.

- Los costos de inversión son bajos en comparación a otras tecnologías.
- La implementación de los equipos es relativamente fácil.
- No depende de factores climáticos, por utilizar combustible para su funcionamiento.
- Estos equipos poseen la capacidad de trabajar a presiones elevadas, adecuándose a las condiciones de cada sistema, modificando la aceleración del motor.
- Los equipos al ser portátiles pueden ser movilizados si es necesario.

Desventajas.

- Se deben realizar recargas periódicas del estanque, lo que se traduce en altos costos de operación.
- Involucra disponibilidad de combustible para su funcionamiento.
- Requiere de un operador para realizar las recargas del estanque durante el riego.
- Contamina, al emitir gases al medio ambiente.

4.2.3.2 Tecnologías no convencionales (ERNC).

A) Turbina hidráulica.

Ventajas.

- No requieren del tendido eléctrico para su funcionamiento.
- Son fuentes de energía renovable y limpia, al no contaminar el medio ambiente.
- Generan más potencia que las ruedas hidráulicas.
- No consume combustible, por tanto, el agricultor no depende de este factor.
- Tienen un efecto de auto-limpiador en el rodete, razón por la cual se obtiene agua limpia.
- Sigue funcionando durante el año, generando electricidad para viviendas cercanas a la instalación.
- El no usar combustible para su funcionamiento, hace que el sistema no tenga costos de operación y solo costos anuales de mantención.

Desventaja.

- La implementación del sistema, involucra una inversión inicial alta, en comparación con otras tecnologías.
- Requiere de un acondicionamiento del terreno para instalar el sistema.
- Depende de la existencia de un recurso hídrico (canales, esteros).
- Requiere mantención, al existir un trabajo continuo de los equipos.

B) Sistema fotovoltaico.

Ventajas.

- Los sistemas fotovoltaicos, son una alternativa técnicamente viable para generar electricidad, es de fácil instalación.
- La energía se produce en el mismo lugar donde se utiliza.
- No consume combustible, descartando la dependencia de este factor en el sistema.
- No posee costos de operación.
- Sus costos de mantención son mínimos, al no tener partes mecánicas en movimiento, ni sometidas a desgastes.
- Resiste condiciones extremas de viento, granizo, temperaturas extremas, humedad ambiental.
- La vida útil de los módulos fotovoltaicos es superior a los veinte años.
- Es un sistema que se adecúa al sistema por goteo, dada la eficiencia de éste.
- Tiene la coincidencia temporal entre “peaks” en demanda de agua de los cultivos y niveles altos de radiación.

Desventaja.

- Al requerir de una alta inversión, se traduce en una restricción en localidades alejadas de las redes de distribución eléctrica y de difícil acceso a combustibles convencionales.
- Depende de factores climáticos.
- Requiere de baterías, para almacenar la energía producida y así suministrar energía de forma continua al sistema.

En base a las ventajas y desventajas expuestas anteriormente, se presentan como equipos ideales a implementar, los que utilizan ERNC, principalmente por el mínimo costo de operación y la mayor factibilidad en el manejo, pero esto, se debe comprobar mediante una evaluación económica.

4.3 Análisis de la inversión de los proyectos.

4.3.1 Inversión total.

La inversión total para cada uno de los 5 proyectos a evaluar, en las 7,5 hectáreas de avellano europeo, se desglosa en activos fijos, activos nominales y el capital de trabajo.

4.3.1.1 Activos fijos.

Los activos fijos se refieren a todas aquellas inversiones tangibles, que se realizan antes de la puesta en marcha de cada proyecto, tales como: equipos, materiales de riego, construcciones y plantas.

A continuación se detallan las inversiones en activos fijos, desglosados para las alternativas que contemplan fuente de agua superficial y fuente de agua subterránea.

4.3.1.1.1 Alternativas con fuente de agua Superficial.

A) Generador 7 KVA.

Dentro de las inversiones en activos fijos que contempla esta alternativa, se encuentran; generador 7 KVA, bomba BP 10NC, cabezal de riego, red hidráulica, línea de riego, válvulas y reguladores de presión, automatización, caseta de riego y plantas. Los detalles de la inversión se encuentran en el anexo 19. En el Cuadro 11 se presentan los costos en activos fijos.

Cuadro 11. Inversión en activos fijos para la alternativa generador 7 KVA:

Ítem	Costo (7,5 ha)
Generador 7 KVA	1.062.000
Bomba BP 10NC 5,5 HP	362.290
Cabezal de riego.	233.342

Red hidráulica.	2.431.961
Línea de gotero integrado	5.301.880
Válvulas y reguladores de presión.	308.910
Automatización.	2.916.278
Caseta de riego	750.000
Imprevistos (1%)	133.667
Costo de las plantas	4.995.000
1% replantes	52.500
Total (\$)	18.547.828

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 11 se puede apreciar que los principales costos están relacionados con la línea de goteros (29% de la inversión total), plantas (27%), automatización (16%) y red hidráulica (13%).

Cabe señalar que se contempla realizar reinversiones en los años 6 y 12, correspondientes al generador 7 KVA que posee vida útil de 6 años, esto, conforme a la vida útil obtenida en los registros del Servicio de Impuestos Internos (SII); además, en el año 10 la reinversión contempla: bomba BP 10NC, cabezal de riego, línea de goteros, válvulas y reguladores de presión, que poseen vida útil de 10 años, según los registros del SII (ver http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm).

B) Motobomba.

En la alternativa que considera la motobomba como fuente energética, las inversiones en activos fijos contemplan: una motobomba Honda 5,5 HP, el cabezal de riego, red hidráulica, línea de goteros, válvulas y reguladores de presión, automatización, caseta de riego y plantas, los detalles de la inversión en anexo 20. En el cuadro 12 se presentan los costos en activos fijos.

Cuadro 12. Inversión en activos fijos alternativa motobomba.

Ítem	Costo (7,5 ha)
Motobomba Honda WH20X.	460.000
Cabezal de riego.	233.342

Red hidráulica.	2.431.961
Línea de gotero integrado	5.301.880
Válvulas y reguladores de presión.	308.910
Automatización.	2.916.278
Caseta de riego	750.000
Imprevistos (1%)	124.024
Costo de las plantas	4.995.000
1% replantes	52.500
Total (\$)	17.573.895

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 12 se aprecia que los principales costos involucrados corresponden a la línea de goteros integrados (30% de la inversión total), plantas (28%) y automatización (17%) y red hidráulica (14%).

Se realizará una reinversión en el año 8, correspondiente a la motobomba Honda, de acuerdo a la vida útil de 8 años según el SII, además, en el año 10 la reinversión contempla toda la línea de goteros, válvulas y reguladores de presión, cabezal de riego, con vida útil de 10 años según SII (ver http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm).

C) Turbina.

La alternativa que considera como fuente energética una turbina hidráulica, contempla en activos fijos: Turbina hidráulica y sus obras anexas para su instalación y operación, cabezal de riego, red hidráulica, línea de goteros, válvulas, automatización, caseta de riego y plantas. Los detalles en anexo 21. En el Cuadro 13 se presentan los costos en activos fijos.

Cuadro 13. Inversión activos fijos alternativa turbina hidráulica.

Ítem	Costo (7,5 ha)
Turbinas Hidráulicas	13.152.754
Cabezal de riego.	233.342
Red hidráulica.	2.431.961
Línea de gotero integrado	5.301.880

Válvulas y reguladores de presión.	308.910
Automatización.	2.916.278
Caseta de riego	750.000
Imprevistos (1%)	133.667
Costo de las plantas	4.995.000
1% replantes	52.500
Total (\$)	30.276.292

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 13 se aprecia que el principal costo corresponde a la turbina hidráulica y sus obras anexas (muro gaviones, equipos, compuerta metálica) que representa un 43% de la inversión total, seguida de la línea de goteros (18%) y plantas (16%).

Se realizará durante el año 8 una reinversión, correspondiente a una bomba centrífuga, la cual posee una vida útil de 8 años según SII. En el año 10 se efectuará el reemplazo de la turbina Kaplan 10 HP, generador de 5 Kw, cabezal de riego, línea de goteros, válvulas y reguladores de presión, todo con vida útil de 10 años según el SII.

(Ver http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm).

4.3.1.1.2 Alternativas con fuente de agua Subterránea.

A) Generador 10 KVA.

La alternativa contempla inversiones en activo fijos, como: generador 10 KVA, bomba pozo profundo 7,5 HP, cabezal de riego, red hidráulica, línea de goteros, válvulas, automatización, caseta de riego, pozo profundo y las plantas. Los detalles en anexo 22. En el Cuadro 14 se presentan los costos en activos fijos.

Cuadro 14. Inversión en activos fijos alternativa generador 10 KVA

Ítem	Costo (7,5 ha)
Generador 10 KVA	2.790.000
Bomba pozo SAER NS-95E-24 7,5 HP	1.083.529
Cabezal de riego.	233.342
Red hidráulica.	2.258.133
Línea de gotero integrado	5.301.880
Válvulas y reguladores de presión.	308.910
Automatización.	2.916.278
Caseta de riego	750.000
Construcción Pozo Profundo	5.600.000
Imprevistos (1%)	212.421
Costo de las plantas	4.995.000
1% replantes	52.500
Total (\$)	26.501.993

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 14 se aprecia que dentro de las inversiones, el principal que involucra esta alternativa corresponde a la construcción y habilitación del pozo profundo (21% de la inversión total), le sigue la línea de goteros (20%), las plantas (19%) y la automatización (11%).

Se realizará una reinversión durante el año 6 y el año 12, donde se reemplazará el generador 10 KVA, debido a que posee una vida útil de 6 años según el SII. En el año 10 se reemplazará la bomba centrífuga, cabezal de riego, línea de goteros, válvulas y reguladores de presión con vida útil de 10 años según el SII (ver http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm).

B) Paneles fotovoltaicos.

Esta alternativa contempla inversiones en activos fijos correspondientes a placas 245 w policristalina, baterías 220 A Victron, regulador de carga 70 A Victron, inversor 10 Kw Victron, soporte del sistema, bomba pozo profundo 7,5 HP, cabezal de riego, red hidráulica, línea de goteros, válvulas y reguladores de presión, automatización, pozo profundo, caseta de riego y las plantas. Los detalles en anexo 23. En el Cuadro 15 se presentan los costos en activos fijos.

Cuadro 15. Inversión en activos fijos alternativa sistema fotovoltaico.

Ítem	Costo (7,5 ha)
Sistema fotovoltaico	51.873.975
Bomba pozo SAER NS-95E-24 7,5 HP	1.083.529
Cabezal de riego.	233.342
Red hidráulica.	2.258.133
Línea de gotero integrado	5.301.880
Válvulas y reguladores de presión.	308.910
Automatización.	2.916.278
Pozo profundo	5.600.000
Caseta de riego	750.000
Imprevistos (1%)	133.667
Costo de las plantas	4.995.000
1% replantes	52.500
Total (\$)	75.507.214

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 15 se aprecia que el principal costo corresponde al sistema fotovoltaico (69% de la inversión total) y sus elementos anexos (banco de baterías, placas fotovoltaicas, regulador de carga, inversor, soporte de la estructura metálica), la gran inversión que conlleva este proyecto es que el sistema debe funcionar de forma autónoma, requiriendo del banco de batería, el que suministra energía de forma constante al sistema. Le sigue la inversión del pozo profundo (7%), línea de goteros (7%) y plantas (7%).

Se contempla reinversión, durante el año el año 12, con respecto al banco de baterías, debido a que pasado su tiempo de vida útil de 12 años deben ser reemplazadas, por baterías nuevas. En el año 10, se reemplazará la bomba para pozo profundo, cabezal de riego, línea de goteros, válvulas y reguladores de presión según SII.

(Ver http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm).

4.3.2 Activos nominales.

Los activos nominales son inversiones que no son tangibles y que son necesarias para el funcionamiento de un proyecto tales como construcción de zanjas, montaje del sistema de riego, topografía y plantación, entre otros.

La inversión en activos nominales para todas las alternativas, contempla: drenaje, preparación de suelo, plantación, fertilización base, montaje del sistema de riego, construcción de zanjas.

El montaje del sistema de riego, representa la mayor parte de la inversión con un 22% de la inversión total en activos nominales, para los proyectos que contemplan el generador 7 KVA, motobomba y generador 10 KVA. Los detalles en anexo 24.

En la alternativa con turbina hidráulica, el costo más relevante corresponde a la instalación del sistema turbina, representando el 26% de la inversión total en activos nominales que incluye la limpieza del área y fondo del canal, retiro de escombros, instalación de gaviones, entre otro. Más detalles en anexo 25.

En el proyecto con paneles fotovoltaicos, el valor más alto de la inversión, corresponde a la instalación del sistema solar, que representa el 36% de la inversión inicial en activos nominales. Detalles en anexo 26.

En el Cuadro 16, se resumen las inversiones en activos nominales, para los 5 proyectos en estudio, donde se aprecia los proyectos con paneles fotovoltaicos y turbina hidráulica presentan la mayor inversión en activos nominales:

Cuadro 16. Inversión en activos nominales, para cada proyecto.

Costo total (\$)				
Superficial			Subterránea	
Generador 7 KVA	Motobomba	Turbina hidráulica	Generador 10 KVA	Paneles fotovoltaicos
4.775.327	4.775.327	6.481.427	4.775.327	7.496.236

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Comparación de costos de inversión en activos fijos y activos nominales en las diferentes alternativas.

La comparación de costos, entre las distintas alternativas se enfocará principalmente en los costos más relevantes de cada uno, además el análisis evaluará las inversiones totales entre los distintos proyectos considerando, las fuentes de agua y las fuentes de energías, ya sea convencional o energía renovable no convencionales (ERNNC).

Entre las alternativas que utilizan fuente de agua superficial y que considera un generador 7 KVA y motobomba respectivamente, sus costos de inversión son similares entre ellos, y dicen relación (en orden decreciente) con la línea de goteros, plantas, automatización y red hidráulica. Sin embargo, el proyecto de agua superficial que considera la turbina hidráulica, a diferencia de los proyectos que utilizan un generador de 7 KVA y motobomba, sus costos más relevantes, están relacionados con el valor de la turbina y las obras relacionadas con su instalación y en menor medida con las plantas, línea de goteros y automatización, respectivamente. Ver Cuadro 13.

Las alternativas que utilizan la fuente de agua superficial, la que representa la mayor inversión, es el que considera la turbina, seguida por el generador de 7 KVA y la de menor costo es la que considera la motobomba. Ver figura 3.

Las alternativas que utilizan aguas subterráneas tienen costos de inversión adicionales a las alternativas que utilizan agua superficial. La alternativas que contemplan paneles solares, tiene un costo mayor que el proyecto que contempla un generador 10 KVA. Ver figura 3.

Al comparar todas las alternativas en relación a los costos de inversión en activos fijos y activos nominales, se puede apreciar, que la que presenta los mayores costos de inversión es la alternativas que contempla paneles fotovoltaicos con fuente de agua subterránea, seguida por la de turbina hidráulica con fuente de agua superficial, el generador eléctrico 10 KVA con fuente

de agua subterránea, la del generador eléctrico 7 KVA con fuente de agua superficial y finalmente la alternativa con menor inversión es la que considera motobomba con fuente de agua superficial.

Al realizar el análisis de las alternativas en función a las energías renovables (turbina hidráulica, paneles fotovoltaicos) no convencionales (generador 7 KVA, motobomba, generador 10 KVA), la alternativa que utiliza la turbina hidráulica con fuente de agua superficial y la de paneles fotovoltaicos con fuente de agua subterránea, son las que involucran los costos de inversión más elevados, y entre estas, la alternativa con paneles solares, es la que involucra gastos de inversión más elevados como queda demostrado en la Cuadro 15 (solar), en relación al proyecto que contempla turbina hidráulica Cuadro 13 (Turbina).

Al realizar el análisis de las alternativas en función de las energías convencionales (generador 7 KVA, motobomba, generador 10 KVA), la alternativa con generador 10 KVA es la que presenta los costos más elevados, en relación a las alternativas generador 7 KVA y motobomba. Ver figura 3.

En la figura 3 se presenta el resumen de las inversiones en activos fijos y activos nominales de cada proyecto.

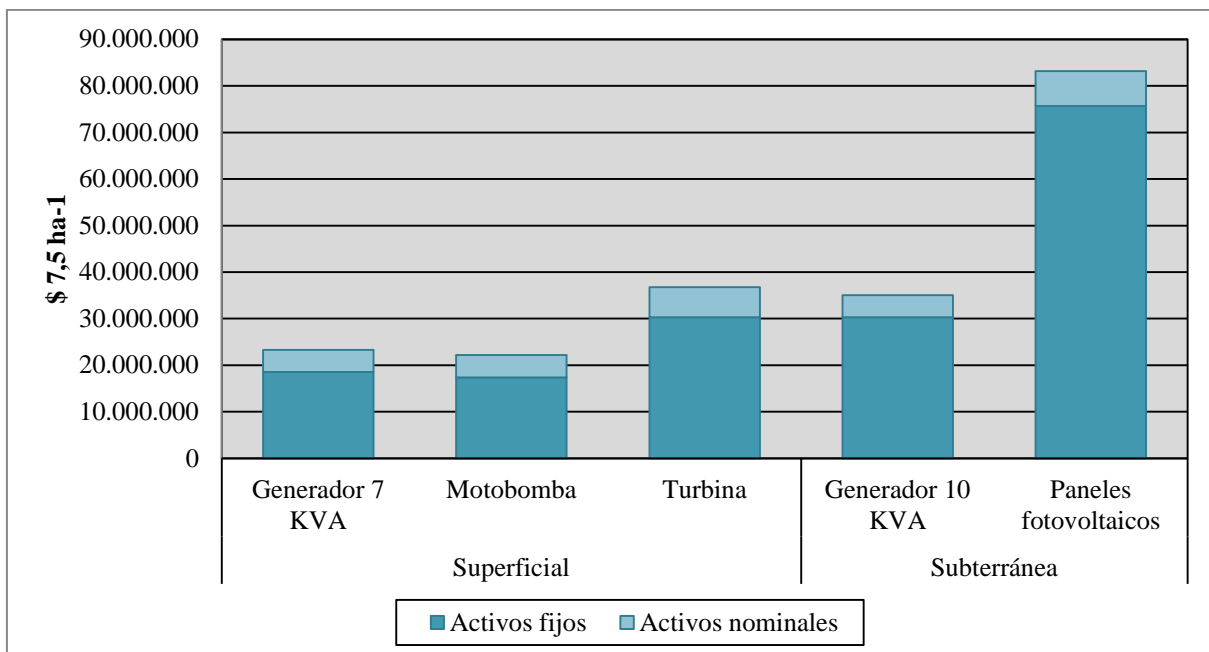


Figura 3. Comparación de inversiones en activos fijos y activos nominales de inversión entre proyectos generados en 7,5 ha.

En la Figura 3 se aprecia que al comparar las alternativas con el total de activos fijos y activos nominales de inversión, para este estudio, que la alternativa que presenta los mayores costos de inversión es la que contempla paneles fotovoltaicos con fuente de agua subterránea, seguido por la turbina hidráulica con fuente de agua superficial, generador 10 KVA con fuente de agua subterránea, generador 7 KVA y motobomba con fuente de agua superficial.

4.3.4 Capital de trabajo.

En relación al cálculo del capital de trabajo que deberá disponer o incurrir el agricultor para operar y solventar los costos durante los años que siguen después del establecimiento del huerto, donde los egresos, no estén siendo financiados por los ingresos por ventas, se utilizó el método del déficit acumulado máximo el cual consiste en estimar para cada mes, durante todo el período de recuperación del proyecto, los flujos de ingresos y egresos, mensuales y acumulados y así, determinar el total como el equivalente al déficit acumulado máximo, considerando las inversiones afectas a IVA (Sapag y Sapag, 2003).

Al evaluar el máximo saldo negativo acumulado de caja entre las distintas alternativas, el proyecto generador 7 KVA corresponde a un periodo de 4 años y 3 años para los proyectos motobomba, generador 10 KVA, turbina hidráulica, paneles solares. Se consideró el IVA de las transacciones, los PPM (pagos provisionales mensuales 1% sobre las ventas). Para cada uno de los proyectos se consideró que la producción comienza en el tercer año de establecido.

Cuadro 17. Monto de capital de trabajo e IVA de la inversión inicial para los cinco proyectos.

Fuente de agua	Subterránea			Superficial	
Proyectos	Generador 7 KVA	Motobomba	Turbina hidráulica	Generador 10 KVA	Paneles fotovoltaicos
Capital de trabajo (\$)	34.033.712	25.217.630	19.707.650	24.733.720	28.089.812
IVA inversión inicial (\$)	3.524.087	3.339.040	5.752.495	5.035.379	14.346.371

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 17 las alternativas que presentan un menor capital de trabajo son la turbina hidráulica, generador 10 KVA y motobomba, los cuales presentan un bajo costo de operación en comparación con los otros proyectos. Las alternativas que requieren de un mayor capital de trabajo corresponden a generador 7 KVA, el cual posee un elevado costo de operación y paneles fotovoltaicos, el cual posee un bajo costo de operación pero requiere una alta inversión inicial.

4.3.5 Costos.

4.3.5.1 Costos fijos.

Los costos fijos son aquellos costos independientes del volumen de producción. Incluyen gastos de administración que para este estudio se estimaron, en base al documento publicado por FIA (2008). Este incluye a un administrador contratado de tiempo parcial que anualmente recibe \$2.400.000 (\$200.000/mes) y gastos relacionados con su gestión \$600.000 anuales (\$50.000/mes). Además, se incluyó el costo de uso de suelo correspondiente a 8 qqm/ha, con un valor de \$15.000/qqm (cotrisa.cl) el cual se debe considerar, independiente de si el agricultor es el propietario del terreno, además se consideró un operador del equipo de riego durante la

temporada de riego (cuatro meses) con un total de \$780.000 (\$6.500 JH), el cual, suministrará de combustibles a los equipos (Generadores, motobomba). Este costo se omite en las alternativas con fuente de ERNC.

Los costos de mantención del sistema de riego corresponden a un 2% de los equipos e instalaciones hidráulicas que lo componen (CNR, 1996) para cada uno de las alternativas a evaluar. Los imprevistos contemplan el 10% costos fijos.

En el cuadro 18 y 19 se detallan los costos fijos, según en fuente de agua superficial y subterránea respectivamente.

Cuadro 18. Costos fijos (\$), alternativas energéticas fuente de agua superficial.

Ítem	Generador 7KVA Años 1-15 (\$)	Motobomba Años 1-15 (\$)	Turbina hidráulica Años 1-15 (\$)
Sueldo administrador	2.400.000	2.400.000	2.400.000
Sueldo operador de riego	780.000	780.000	-
Costo de uso de suelo	930.000	930.000	930.000
Gestión de la administración	600.000	600.000	600.000
Mantención del sistema de riego 2% inversión riego	270.007	250.528	241.521
Imprevistos 10% costos fijos	498.001	496.053	417.152
Total (\$)	5.478.007	5.456.581	4.588.673

Fuente: Elaborado por el autor.

Cuadro 19. Costos fijos (\$), alternativas energéticas con ERNC.

Ítem	Generador 10 KVA Años 1-15 (\$)	Paneles fotovoltaicos Años 1-15 (\$)
Sueldo administrador	2.400.000	2.400.000
Sueldo operador de riego	780.000	-
Costo de uso de suelo	930.000	930.000
Gestión de la administración	600.000	600.000
Mantención del sistema de riego 2% inversión riego	429.090	371.715
Imprevistos 10% costos fijos	513.909	430.519
Total (\$)	5.652.999	4.731.886

Fuente: Elaborado por el autor.

4.3.5.2 Costos variables.

Los costos variables son los que están involucrados directamente en la producción. Varían en forma proporcional al volumen de producción.

Los costos variables de acuerdo a la publicación de FIA (FIA, 2008) están dados por: costos de fertilización, control malezas, control de plagas y enfermedades, mano de obra (aplicación herbicidas, cosecha directa, poda), flete de entrega. El costo variable de operación correspondiente al riego, se calculó para cada proyecto. Cuadro 20 al 24.

Cada uno de los costos variables que involucran los proyectos se detallan a continuación:

Fertilización: La fertilización es una práctica que debe realizarse por todo huerto, los costos van aumentando desde el año 1 al año 6 a medida que crece el huerto. Estabilizándose al año 7, alcanzando un valor de \$135.171/ha.

Control de malezas: El control de malezas es uno de los principales costos de producción en avellano. Este costo va disminuyendo a medida que el huerto crece, estabilizándose en el año 4, producto de que las plantas crecen y van sombreando el suelo, disminuyendo la carga de malezas. El costo va decreciendo y se estabiliza en el año 4, llegando a un costo de \$52.006/ha.

Plagas y enfermedades: El costo del control de plagas es menos relevante que otros manejos, pero no menos importante, a medida que crece el huerto aumenta su valor.

La principal plaga es el insecto conocido como “burrito” (*Aegorhinus sp*), el cual se ha transformado en la principal plaga de los huertos del sur de Chile. En cuanto al costo del control de enfermedades, se ha enfocado a la principal enfermedad del avellano, *xanthomona*, la cual ataca la parte vegetativa del árbol (yemas, ramas y brotes) (INIA, 2010).

El costo del control de plagas y enfermedades, es creciente en las primeras temporadas estabilizándose en el año 7, alcanzando un valor de \$40.178/ha.

Cosecha y flete de entrega: La cosecha es sencilla, ya que el fruto alcanza su madurez y cae al suelo, donde se recolecta. La cosecha es manual, con un valor US\$ 0,15/kg (FIA, 2008). El costo del flete de entrega, está valorizado en \$10/kg (FIA, 2008). De esta forma, se alcanza un costo de cosecha de \$219.690/ha, en el año 9 cuando se alcanza el mayor rendimiento. El costo de flete llega a los \$30.000/ha.

Poda: La poda, fundamental para un tratamiento de formación y de producción, es necesaria para permitir ventilación e iluminación en el interior de la copa del árbol. Los valores alcanzan \$33.048/ha.

Riego: El costo del riego, está directamente relacionado con el consumo de combustible, es así, que en las alternativas que contemplan fuentes de energía convencionales, los costos de operación son elevados en comparación con las alternativas con ERNC.

Los costos de operación de la variable riego se detallan a continuación:

A) Costos operación de riego en alternativas fuente de agua superficial.

En relación a los costos de operación el sistema que contempla el generador Genpak 7 KVA, presenta los costos de operación más elevados, debido a que su autonomía de funcionamiento es de 3 horas, con una capacidad de estanque de 7 litros, alcanzando los \$4.563.429 para regar el total de la superficie (7,5 ha) anualmente, considerando un precio de bencina 93 octanos, \$726/L, el que corresponde al promedio de los años 2011, 2012 y parte del 2013 (ver http://www.enap.cl/comercial_relations/tabla_precios_paridad.php) durante los 4 meses de riego que contempla el proyecto.

Le sigue en costos de operación el sistema correspondiente a la motobomba Honda WB20XT, con una capacidad de estanque de 2,5 L y autonomía de 2,2 hrs, obteniendo un costo

de operación de \$2.464.251, considerando un precio de bencina 93 octanos, \$726/L, el que corresponde al promedio de los años 2011, 2012 y parte del 2013

(Ver http://www.enap.cl/comercial_relations/tabla_precios_paridad.php), durante los 4 meses de riego.

El sistema que contempla ERNC, por utilizar energías renovables, no presenta costos de operación, es así, que se contempló costos de mantención. El sistema que contempla turbina hidráulica presenta costos de mantención anual de \$235.000. Estos costos contemplan limpieza de canal, pinturas equipos, correa lubricante y rodamiento.

B) Costos operación de riego proyectos fuente de agua subterránea.

El sistema que incorpora el generador Genpak 10 KVA es eficiente debido a que su autonomía es de 3,9 hrs, con una capacidad de 4,3 litros. Su costo de operación alcanza a \$1.559.448 para regar el total de la superficie durante la temporada de riego, considerando el valor diesel de \$575/L, correspondiente al promedio del año 2011 y 2012.

(Ver http://www.enap.cl/comercial_relations/tabla_precios_paridad.php).

En relación al sistema fotovoltaico, los costos de mantención son bajos, ya que solo se requiere que las placas se encuentren limpias, Estos costos se estimaron en \$45.000 anuales.

Cuadro 20. Costos variables totales correspondientes a la alternativa Generador 7 KVA.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9-15
Fertilización	235.343	368.595	518.340	696.623	866.648	1.013.783	1.013.783	1.013.783	1.013.783
Control malezas	477.750	432.750	399.000	320.250	320.250	320.250	320.250	320.250	320.250
Control plagas y enfermedades	75.330	150.668	225.998	301.335	301.335	301.335	301.335	301.335	301.335
Riego	4.563.429	4.563.429	4.563.429	4.563.429	4.563.429	4.563.429	4.563.429	4.563.429	4.563.429
Mano obra aplicar herbicidas	194.790	111.458	90.623	69.795	69.795	69.795	69.795	69.795	69.795
Costo cosecha directa			109.845	329.535	549.225	823.838	1.098.450	1.373.063	1.647.675
Costo de flete total			15.000	45.000	75.000	112.500	150.000	187.500	225.000
Costo poda	167.498	188.333	204.998	230.003	247.860	247.860	247.860	247.860	247.860
Costos variables totales (\$)	5.714.139	5.815.231	6.127.231	6.555.969	6.993.541	7.452.789	7.764.901	8.077.014	8.389.126

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 21. Costos variables totales correspondientes a la alternativa Motobomba.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9-15
Fertilización	235.343	368.595	518.340	696.623	866.648	1.013.783	1.013.783	1.013.783	1.013.783
Control malezas	477.750	432.750	399.000	320.250	320.250	320.250	320.250	320.250	320.250
Control plagas y enfermedades	75.330	150.668	225.998	301.335	301.335	301.335	301.335	301.335	301.335
Riego	2.464.251	2.464.251	2.464.251	2.464.251	2.464.251	2.464.251	2.464.251	2.464.251	2.464.251
Mano obra aplicar herbicidas	194.790	111.458	90.623	69.795	69.795	69.795	69.795	69.795	69.795
Costo cosecha directa	0	0	109.845	329.535	549.225	823.838	1.098.450	1.373.063	1.647.675
Costo de flete total	0	0	15.000	45.000	75.000	112.500	150.000	187.500	225.000
Costo poda	167.498	188.333	204.998	230.003	247.860	247.860	247.860	247.860	247.860
Costos variables totales (\$)	3.614.961	3.716.054	4.028.054	4.456.791	4.894.364	5.353.611	5.665.724	5.977.836	6.289.949

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 22. Costos variables totales correspondientes a la alternativa Turbina hidráulica.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9-15
Fertilización	235.343	368.595	518.340	696.623	866.648	1.013.783	1.013.783	1.013.783	1.013.783
Control malezas	477.750	432.750	399.000	320.250	320.250	320.250	320.250	320.250	320.250
Control plagas y enfermedades	75.330	150.668	225.998	301.335	301.335	301.335	301.335	301.335	301.335
Riego	235.000	235.000	235.000	235.000	235.000	235.000	235.000	235.000	235.000
Mano obra aplicar herbicidas	194.790	111.458	90.623	69.795	69.795	69.795	69.795	69.795	69.795
Costo cosecha directa	0	0	109.845	329.535	549.225	823.838	1.098.450	1.373.063	1.647.675
Costo de flete total	0	0	15.000	45.000	75.000	112.500	150.000	187.500	225.000
Costo poda	167.498	188.333	204.998	230.003	247.860	247.860	247.860	247.860	247.860
Costos variables totales (\$)	1.385.710	1.486.803	1.798.803	2.227.540	2.665.113	3.124.360	3.436.473	3.748.585	4.060.698

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 23. Costos variables totales correspondientes a la alternativa Generador 10 KVA.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9-15
Fertilización	235.343	368.595	518.340	696.623	866.648	1.013.783	1.013.783	1.013.783	1.013.783
Control malezas	477.750	432.750	399.000	320.250	320.250	320.250	320.250	320.250	320.250
Control plagas y enfermedades	75.330	150.668	225.998	301.335	301.335	301.335	301.335	301.335	301.335
Riego	1.669.800	1.669.800	1.669.800	1.669.800	1.669.800	1.669.800	1.669.800	1.669.800	1.669.800
Mano obra aplicar herbicidas	194.790	111.458	90.623	69.795	69.795	69.795	69.795	69.795	69.795
Costo cosecha directa	0	0	109.845	329.535	549.225	823.838	1.098.450	1.373.063	1.647.675
Costo de flete total	0	0	15.000	45.000	75.000	112.500	150.000	187.500	225.000
Costo poda	167.498	188.333	204.998	230.003	247.860	247.860	247.860	247.860	247.860
Costos variables totales (\$)	2.820.510	2.921.603	3.233.603	3.662.340	4.099.913	4.559.160	4.871.273	5.183.385	5.495.498

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 24. Costos variables totales correspondientes a la alternativa Paneles fotovoltaicos.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9-15
Fertilización	235.343	368.595	518.340	696.623	866.648	1.013.783	1.013.783	1.013.783	1.013.783
Control malezas	477.750	432.750	399.000	320.250	320.250	320.250	320.250	320.250	320.250
Control plagas y enfermedades	75.330	150.668	225.998	301.335	301.335	301.335	301.335	301.335	301.335
Riego	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
Mano obra aplicar herbicidas	194.790	111.458	90.623	69.795	69.795	69.795	69.795	69.795	69.795
Costo cosecha directa	0	0	109.845	329.535	549.225	823.838	1.098.450	1.373.063	1.647.675
Costo de flete total	0	0	15.000	45.000	75.000	112.500	150.000	187.500	225.000
Costo poda	167.498	188.333	204.998	230.003	247.860	247.860	247.860	247.860	247.860
Costos variables totales (\$)	1.195.710	1.296.803	1.608.803	2.037.540	2.475.113	2.934.360	3.246.473	3.558.585	3.870.698

Fuente: Elaboración propia.

4.3.6 Ingresos.

Los ingresos anuales por hectárea, obtenidos por la venta de avellana se calcularon en base a los rendimientos proyectados por INIA (2010). El precio promedio del kilogramo de avellana (2007-2013) fue de US\$ 4,5/kg. Se usó el promedio observado del dólar (2010-2013) correspondiente a \$488 (ODEPA, 2013). Los ingresos se presentan en el Cuadro 25.

Cuadro 25. Ingreso anual por hectárea por venta de avellana.

Año	Rendimiento (kg/ha)	Ingresos (\$/ha)
1	0	0
2	0	0
3	200	439.200
4	600	1.317.600
5	1.000	2.196.000
6	1.500	3.294.000
7	2.000	4.392.000
8	2.500	5.490.000
9 -15	3.000	6.588.000

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en el cuadro 25, los dos primeros años, no existe producción por tanto no hay ingresos, los cuales se comienza a registrar a partir del tercer año y se estabilizan al noveno año.

4.3.7 Valor residual del proyecto.

El valor residual, se calculó, a través, del método contable, que considera la diferencia entre el valor adquisición de los activos y el valor contable o valor libro de los activos. El valor libro corresponde al valor de un activo, que al final del periodo de un proyecto no se han depreciado completamente (Sapag y Sapag, 2003). Ver anexo 27 al 31.

El cálculo de la depreciación se realizó a partir de la ecuación 15 y cambia dependiendo de la vida útil de los componentes en cada proyecto, y está basada en los valores del Servicio de Impuestos Internos (SII). La depreciación se determinó por el valor de compra de los activos y el tiempo de vida útil (años).

4.4 Indicadores económicos (VAN, TIR).

El VAN será calculado para un horizonte de 15 años. Para que las alternativas en estudio sean evaluados y aceptados, su VAN debe ser igual o superior a cero y su tasa interna de retorno (TIR) calculada, debe ser igual o mayor que la tasa de descuento utilizada para el proyecto.

Para el caso del cálculo del VAN, tanto en el proyecto puro es decir 100% aporte del inversionista y del proyecto inversionista, es decir cuando existe un 50% de financiamiento por parte del inversionista y un 50% de financiamiento mediante bonificación, se utilizará una tasa de descuento del 12% (INIA, 2010).

Se considera un impuesto a la renta de un 20% (correspondiente al año 2013) sobre las utilidades, por medio de renta presunta, donde se debe tributar sobre la renta que la ley presume, independiente de si en realidad se producen pérdida o utilidades. Para calcular la renta presunta se presume que la utilidad equivale al 10% del avalúo fiscal del predio, correspondiente al valor del terreno (\$23.000.000).

Para el cálculo del VAN y la TIR, se utilizaron los valores descritos en el Cuadro 26:

Cuadro 26. Valores utilizados para el cálculo del VAN y TIR.

Ítem	Generador 7 KVA	Motobomba	Turbina hidráulica	Generador 10 KVA	Paneles fotovoltaicos
	Cantidad (\$)	Cantidad (\$)	Cantidad (\$)	Cantidad (\$)	Cantidad (\$)
Inversión requerida (\$)	23.323.154	22.349.221	36.757.718	31.277.319	83.003.449
Aporte propio (100%)	23.323.154	22.349.221	36.757.718	31.277.319	83.003.449
Aporte propio (50% bonificación)	15.778.023	15.291.057	22.495.305	19.755.106	45.618.171
Bonificación Ley 18.450	7.545.131	7.058.164	14.262.413	11.522.213	37.385.278
Tasa descuento proyecto (%)	12%	12%	12%	12%	12%
Impuesto a la renta	20%	20%	20%	20%	20%

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1 Evaluación del proyecto puro.

El Cuadro 27 presenta los indicadores de rentabilidad VAN y TIR para el flujo de caja del proyecto puro, correspondientes a las cinco alternativas evaluadas.

Cuadro 27. VAN y TIR, correspondiente al flujo de caja del proyecto puro, para cada alternativa evaluada.

Alternativas	Fuente de agua superficial			Fuente de agua subterránea	
	Generador 7KVA	Motobomba	Turbina hidráulica	Generador 10KVA	Paneles fotovoltaicos
Parámetros de rentabilidad	Valor (\$)	Valor (\$)	Valor (\$)	Valor (\$)	Valor (\$)
VAN (\$)	11.646.114	34.137.322	44.775.666	28.465.777	-8.234.564
TIR (%)	13%	17%	18%	16%	11%

Ver anexo 32 al 36.

Como se observa en el Cuadro 27 los resultados del VAN son positivos en la mayoría de las alternativas, excepto en la alternativa que incluye paneles fotovoltaicos, donde los flujos netos no logran recuperar la elevada inversión inicial. De esta forma, esta alternativa no es rentable, generando pérdidas a la rentabilidad exigida. En este contexto, se observa que la alternativa turbina hidráulica presenta el VAN más elevado, a pesar de su alta inversión, principalmente al no tener costos de energía en su fase de operación.

4.4.2 Evaluación del proyecto desde el punto de vista del inversionista.

El Cuadro 28 muestra los resultados del VAN y la TIR considerando los valores correspondientes al monto de inversión inicial, con un aporte de capital propio de un 50% relacionado con la implementación del sistema de riego por parte del inversionista, y un 50% de aporte por bonificación.

Cuadro 28. VAN Y TIR correspondiente al flujo de caja del inversionista, para cada alternativa evaluada.

Alternativas	Fuente de agua superficial			Fuente de agua subterránea	
	Generador 7KVA	Motobomba	Turbina hidráulica	Generador 10KVA	Paneles fotovoltaicos
Parámetros de rentabilidad	Valor (\$)	Valor (\$)	Valor (\$)	Valor (\$)	Valor (\$)
VAN (\$)	18.504.529	40.439.255	57.509.963	39.073.166	27.503.619
TIR (%)	14%	18%	21%	18%	15%

Ver Anexo 37 al 41

Se observa en el Cuadro 28, que las alternativas en estudio, analizados como proyectos del inversionista, presentan VAN positivos, aumentando el VAN, además se puede apreciar que el proyecto con paneles solares, presenta un VAN positivo, respecto al que presentaba al ser evaluado como proyecto puro.

Con respecto a la TIR, se aprecia que son mayores a las tasas internas de retorno de los proyectos puros, aumentando la rentabilidad de los proyectos con bonificación (inversionista).

4.5 Período de recuperación de la inversión (PRI).

Es el periodo que evalúa el tiempo que requiere un proyecto para recuperar totalmente la inversión. Determina el número de años durante los cuales, los proyectos acumularán ingresos suficientes para cubrir el monto de la inversión inicial.

En el Cuadro 29 se presentan el periodo de recuperación de la inversión de las distintas alternativas.

Cuadro 29. Periodo de recuperación de la inversión, en las diferentes alternativas.

Alternativas	Superficial			Subterránea	
	Generador 7 KVA	Motobomba	Turbina hidráulica	Generador 10 KVA	Sistema fotovoltaico
PRI (Años)	10	9	9	9	12

Fuente: Elaborado por el autor sobre la base de información del flujo de caja del proyecto puro.

En el Cuadro 29 se observa que la alternativa con menor tiempo para recuperar el capital inicial, corresponde a la alternativa con motobomba, con un PRI de 9 años, 4 meses y 19 días aproximadamente. Le sigue, la alternativa con turbina hidráulica con un PRI de 9 años, 5 meses y 8 días. La alternativa con generador 10 KVA posee un PRI de 9 años, 9 meses y 3 días. En cuanto a las alternativas con generador 7 KVA y Sistema fotovoltaico poseen un PRI de 10 años, 6 meses y 15 días y 12 años, 8 meses y 23 días respectivamente (ver anexo 42 al 46).

4.6 Análisis de sensibilidad.

El análisis de sensibilidad tiene como objetivo agregar información a los resultados arrojados por el proyecto, esto permite medir que tan sensible es la proyección realizada respecto a las variaciones en uno o más parámetros escogidos para desarrollar el análisis.

En el presente capítulo se resumen los valores del VAN (\$), para los parámetros que se sensibilizaron, presentados a continuación.

4.6.1 Variación en el precio de venta del kilogramo de avellana.

Los precios (US\$/Kg) de venta del kilogramo de avellana se modificaron en -5 y -15% para la alternativa con generador 7 KVA. La alternativa con turbina hidráulica se modificó en -20%, -30% y -40%. En los proyectos que contemplan motobomba y generador 10 KVA, los precios se modificaron en -10, -20 y -25%.

En la Figura 4, se determina el porcentaje de variación en el precio de venta que hace el VAN igual a 0 en el proyecto puro del generador 7 KVA, motobomba, generador 10 KVA y turbina hidráulica.

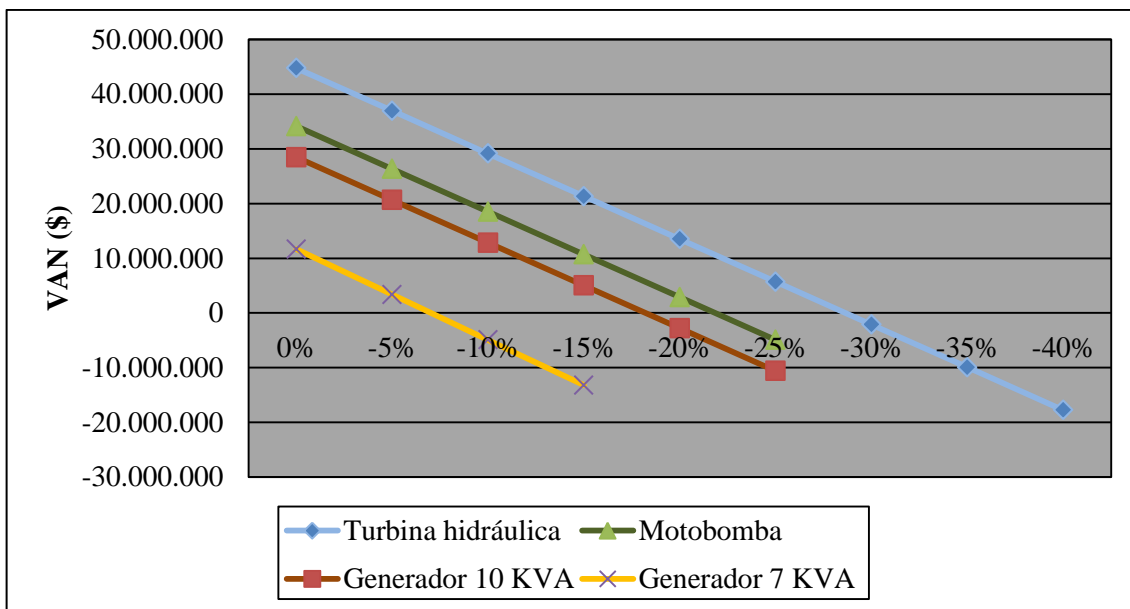


Figura 4. Comportamiento del VAN, respecto a la variación en el precio de venta para el proyecto puro.

En la Figura 4, se analizan las distintas alternativas para el caso del proyecto puro. Se logra un VAN igual a cero al haber una disminución en los precios de venta del kilogramo de avellana, con una disminución de -7,02 % para la alternativa con generador 7 KVA; de -18,21% para la alternativa con generador 10 KVA; de -21,83% para la alternativa con motobomba; y -28,64% para la alternativa con turbina hidráulica. Se observa que la alternativa con turbina hidráulica resiste una mayor disminución sobre el precio de venta en comparación con las alternativas generador 10 KVA y motobomba, la alternativa que resiste menos una disminución en los precios corresponde al generador 7 KVA.

Al analizar los proyectos en el escenario del inversionista, para obtener un VAN cero, se debe disminuir los precios de venta en un 11,16%, 25,86%, 24,99% y un 36,78% para el proyecto generador 7KVA, motobomba, generador 10KVA y turbina hidráulica, respectivamente.

En la Figura 5 para el proyecto con paneles fotovoltaico para que el VAN sea igual a 0 se modificó los precios en un +5% y +10%. El determinar el VAN igual a 0, permite definir, el punto de aprobación de un proyecto, donde no existen perdidas.

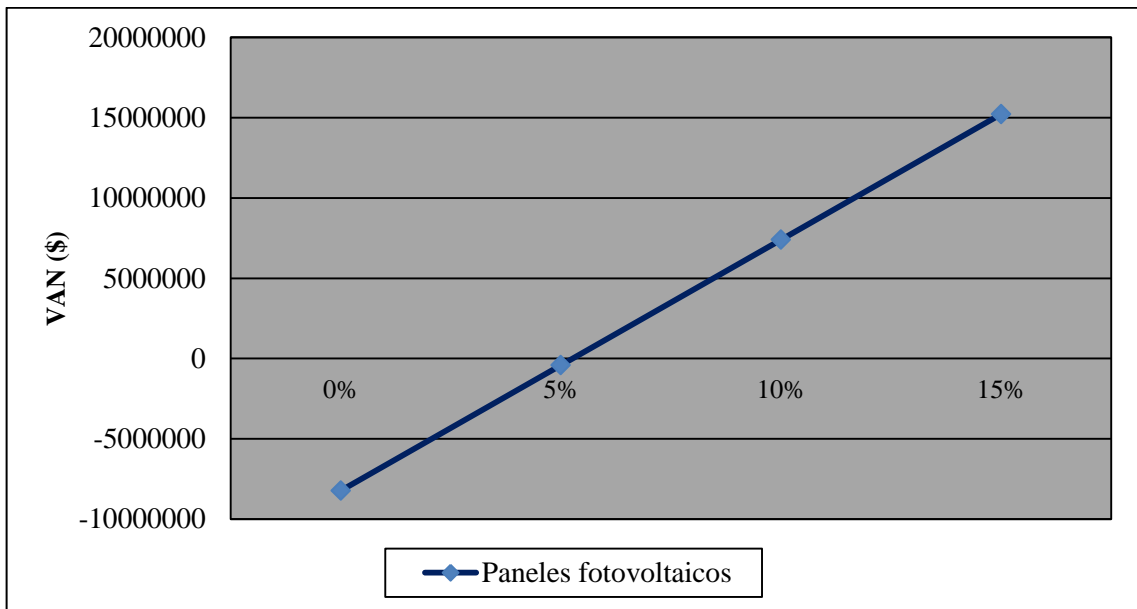


Figura 5. Comportamiento del VAN, respecto a la variación en el precio de venta para el proyecto puro.

En la Figura 5, para el proyecto con paneles fotovoltaicos, se observa que si se produjera un aumento en los precios de un 5,27% el VAN del proyecto puro igual a cero. En el caso del proyecto del inversionista una disminución de los precios con respecto al valor inicial, de un -17,59% hacen el VAN del inversionista igual a cero.

En el Cuadro 30, se indica el precio (US\$/Kg) al que debe venderse las avellanas para obtener VAN igual a 0.

Cuadro 30. Precio (US\$/Kg) de avellana en que VAN es igual a cero.

Alternativas	Fuente de agua superficial			Fuente de agua subterránea	
	Generador 7 KVA	Motobomba	Turbina hidráulica	Generador 10 KVA	Paneles fotovoltaicos
Precio inicial		4,5	4,5	4,5	4,5
Precio proyecto puro		4,2	3,5	3,2	3,6
Precio proyecto inversionista		4,0	3,3	2,8	3,3

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar el Cuadro 30, en general se observa que para no generar pérdidas, los precios de venta por kilogramo de avellana, varían considerablemente, respecto al precio promedio utilizado inicialmente. Para el caso de las alternativas que contemplan motobomba, generador 10 KVA, turbina hidráulica, se aprecia que los precios son notoriamente menores con respecto al precio inicial, esto, en relación con la baja inversión para el proyecto con motobomba y el bajo costo del proyecto con turbina hidráulica, y en menor medida el proyecto con generador 10 KVA. Para las alternativas con generador 7 KVA y paneles fotovoltaicos, los precios de venta, están más cercanos al precio promedio inicial, dado principalmente por el alto costo de operación que requiere el generador 7 KVA para energizar el sistema de impulsión. Para lograr rentabilidad en el proyecto puro que contempla paneles fotovoltaicos se requiere de mayores ingresos, por esto el precio debe aumentar un 5,2% respecto al valor inicial.

Al comparar los precios del proyecto puro con los del inversionista, se observa que los precios para el inversionista son considerablemente menores con respecto al precio promedio inicial, y en menor medida al precio del proyecto puro, principalmente para las alternativas que involucran motobomba, generador 10 KVA, turbina hidráulica y generador 7 KVA. Para el proyecto con sistema fotovoltaico, el precio de venta correspondiente al proyecto inversionista, es considerablemente más bajo que el proyecto puro, la principal causa es la bonificación que contempla el proyecto.

En la Figura 6, se determina el porcentaje de variación en el precio de venta que hacen el VAN igual a cero, en el proyecto del inversionista de las cinco alternativas de proyecto analizadas.

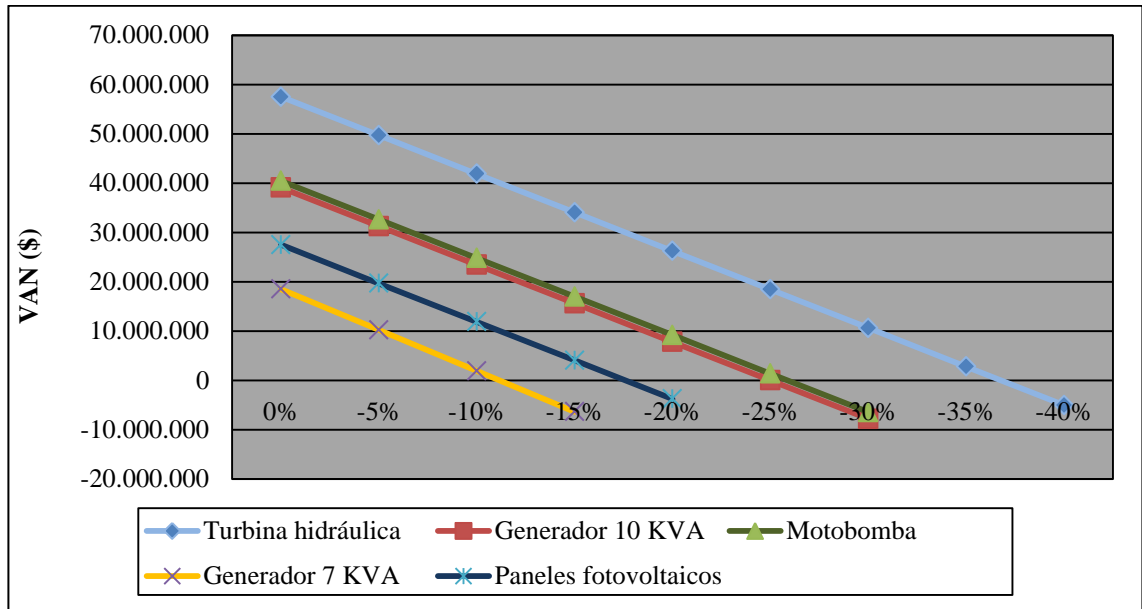


Figura 6. Comportamiento del VAN, respecto a la variación en el precio de venta para el proyecto del inversionista.

4.6.2 Variación en el rendimiento (kg/ha).

Se sensibilizó cada alternativa con una disminución en el rendimiento (kg/ha) de -5%, -10% y -15% para el proyecto con generador 7 KVA, -5%, -15% y -25% para los proyectos con motobomba y generador 10 KVA y -15%, -30% y -35%, para el proyecto que contempla turbina hidráulica Figura 7. Para el proyecto con paneles fotovoltaico en los rendimientos se aumentó en +5 y +15%.

La disminución en la producción, puede ocasionar rendimientos críticos lo que puede hacer inviables a los proyectos.

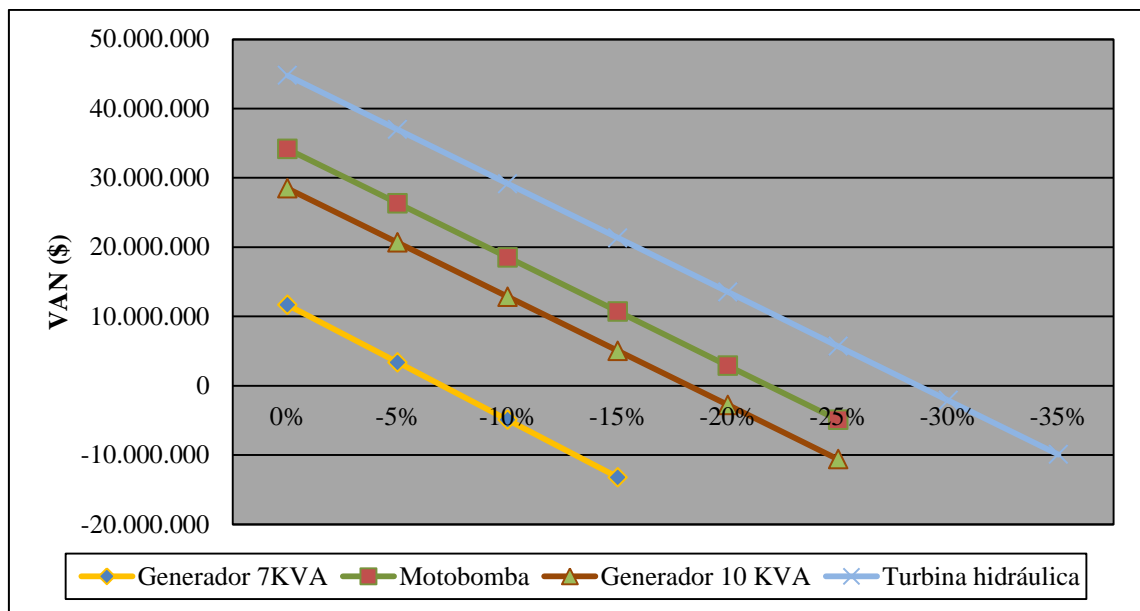


Figura 7. Comportamiento del VAN, respecto a la variación en rendimiento (Kg/ha) para el proyecto puro.

En la figura 7, se observa que el VAN igual a cero se obtiene al disminuir el rendimiento en -7,02% para el proyecto puro con generador 7 KVA, en -18,21% para el proyecto con generador 10 KVA, en -21,83% para el proyecto con motobomba y en -28,64% para el proyecto con turbinas hidráulicas. Se aprecia que la alternativa que resiste una eventual disminución en el rendimiento, es la alternativa con turbina hidráulica.

Para el caso del proyecto inversionista, el VAN igual a cero se obtiene cuando los rendimientos varían en -11,16% para el proyecto generador 7 KVA, en -24,99% para el proyecto con generador 10 KVA, en -25,86% para el proyecto con motobomba y -36,78% para el proyecto con turbinas hidráulicas (ver anexos 47 al 51)

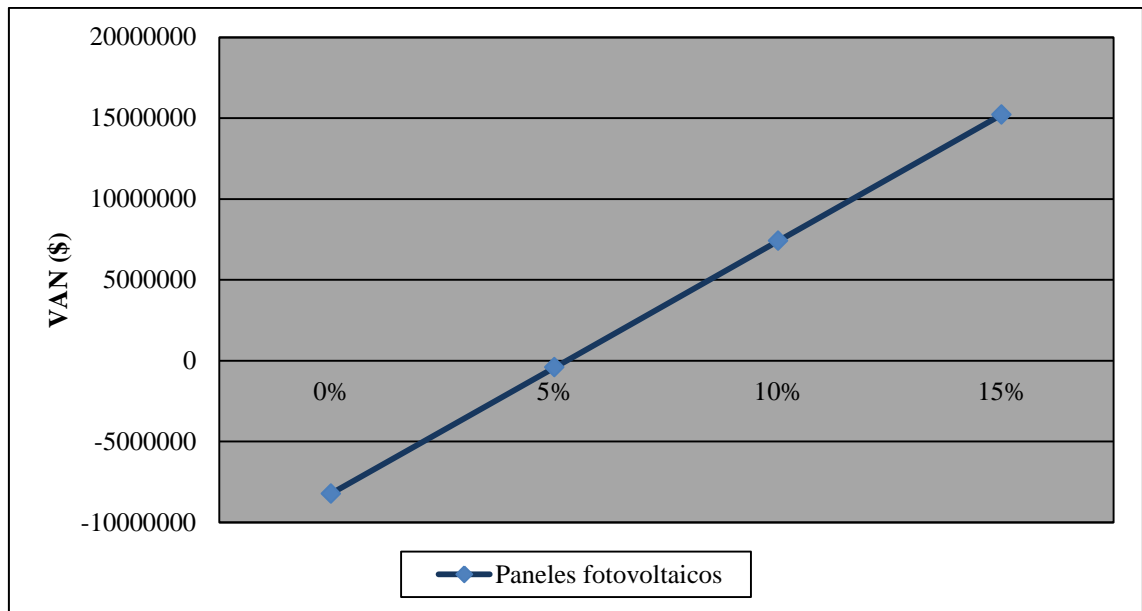


Figura 8. Comportamiento del VAN, respecto a la variación en rendimiento (Kg/ha) para el proyecto puro.

Para el proyecto con paneles fotovoltaicos en el escenario del proyecto puro, se observa en la Figura 8, que con un aumento en el rendimiento de +5,27% se obtiene un VAN igual a cero y en la situación del proyecto del inversionista, una disminución en los rendimientos con respecto al valor inicial, de un -17,5% hacen el VAN igual a cero Figura 9.

En la Figura 9 se presenta el porcentaje de variación en el rendimiento, que hace el VAN igual a cero, para el proyecto inversionista, correspondiente a los cinco proyectos.

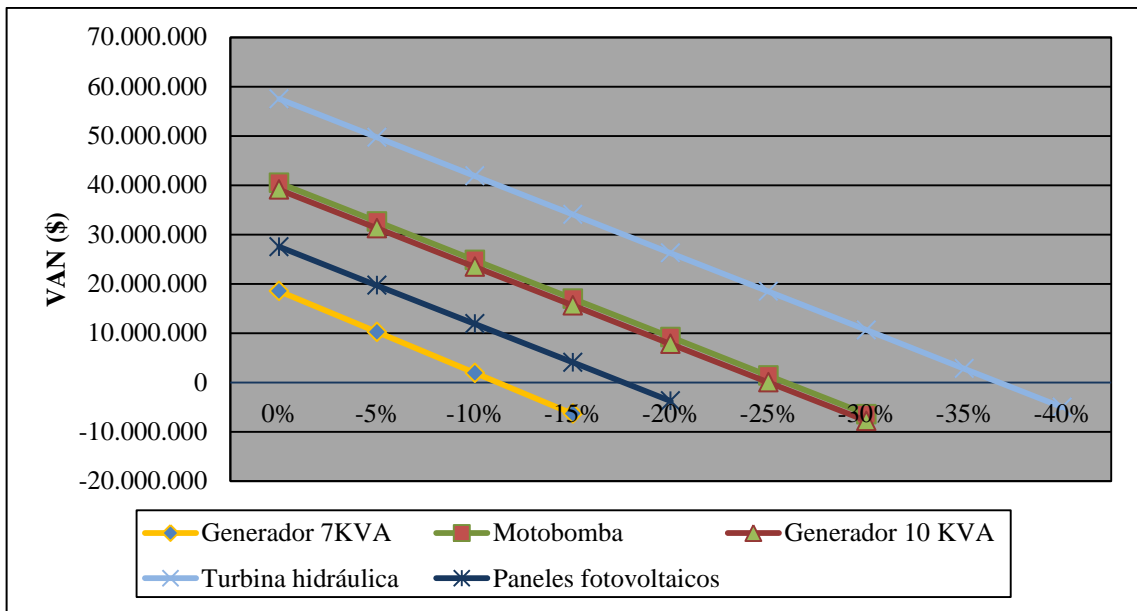


Figura 9. Comportamiento del VAN, respecto a la variación en rendimiento (Kg/ha) para el proyecto del inversionista.

En la figura 9, se aprecia que el proyecto más sensible a la variación en el rendimiento, corresponde al generador 7 KVA, le sigue el proyecto con paneles fotovoltaicos.

4.6.3 Variación en el precio del dólar (US\$).

Se analizó cada alternativa en el escenario con el proyecto puro, con respecto a la variación en el valor del dólar, en -15% para las alternativas generador 7 KVA, motobomba, generador 10 KVA y turbina hidráulica. En tanto, para el proyecto con paneles fotovoltaicos el valor del tipo de cambio se aumentó en +15%. Esta disminución tiene relación con la disminución que ha tenido el valor del dólar (US\$), donde una posible disminución de un 15% con respecto al valor inicial, es poco probable debido a los valores históricos de los últimos cuatro años.

Las Figuras 10 y 11, presentan la sensibilidad del VAN con respecto a la disminución del valor del dólar y al aumento del valor, para los proyectos respectivos.

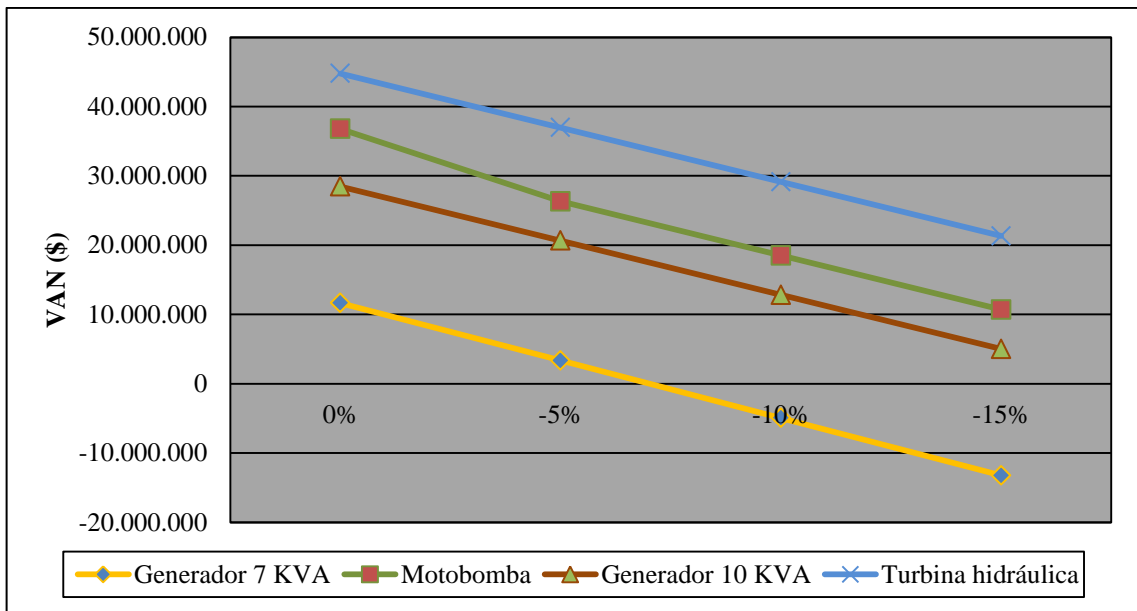


Figura 10. Comportamiento del VAN, respecto a la variación del valor del dólar para el proyecto puro.

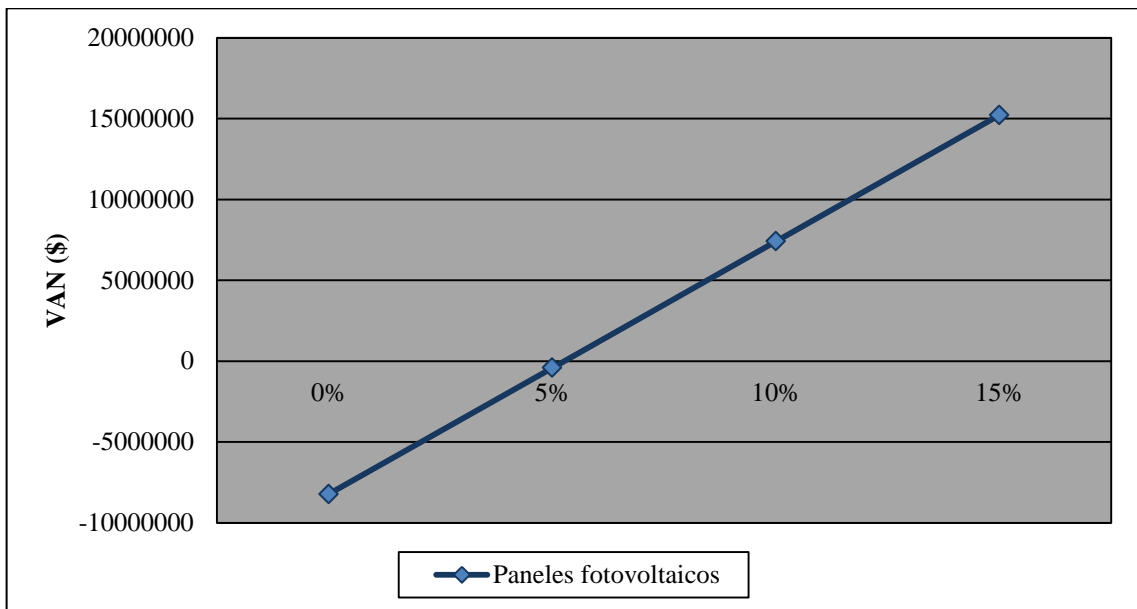


Figura 11. Comportamiento del VAN, respecto a la variación del valor del dólar para el proyecto puro.

En las Figura 10 y 11, se aprecia que las alternativas sensibles a la variación en el precio del dólar corresponden a generador 7 KVA y paneles fotovoltaicos, donde al variar en -7,02% y +5,27%, respectivamente, se obtiene un VAN igual a cero.

La figura 12, presenta la variación del VAN, respecto a la variación del valor del dólar, para el proyecto del inversionista:

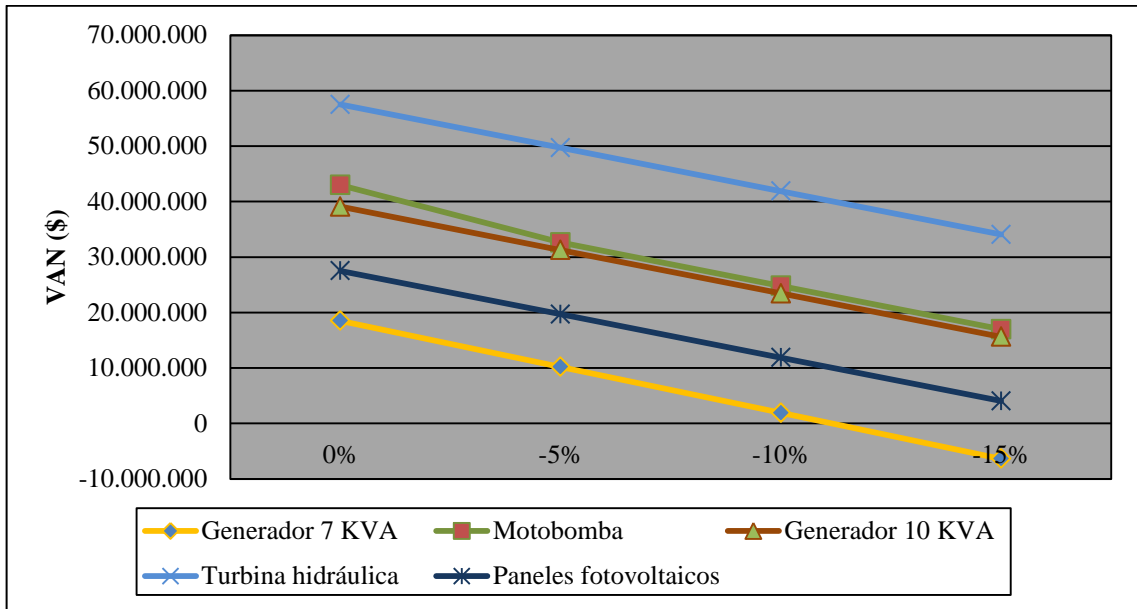


Figura 12. Comportamiento del VAN, respecto a la variación del valor del dólar para el proyecto del inversionista.

Se puede apreciar en la figura 12, que el proyecto con generador 7 KVA, presenta sensibilidad a la disminución del valor del dólar, obteniendo VAN igual a cero, al disminuir en -11,16% el valor del dólar. Los proyectos restantes presentan menor variación y por tanto, no se logra obtener VAN igual a cero con la disminución considerada en el precio del dólar.

4.6.4 Variación en el costo de operación del riego.

Para sensibilizar el costo de operación de riego, se analizó la situación aumentando los costos en +20%, para los proyectos, generador 7 KVA, motobomba, generador 10 KVA y turbina hidráulica. Este aumento está directamente relacionado por el precio del combustible, siendo el principal costo, en tanto el costo de operación de la turbina hidráulica es mínimo, y tiene relación principalmente a la mantención anual del sistema. Los resultados se presentan en la Figura 13.

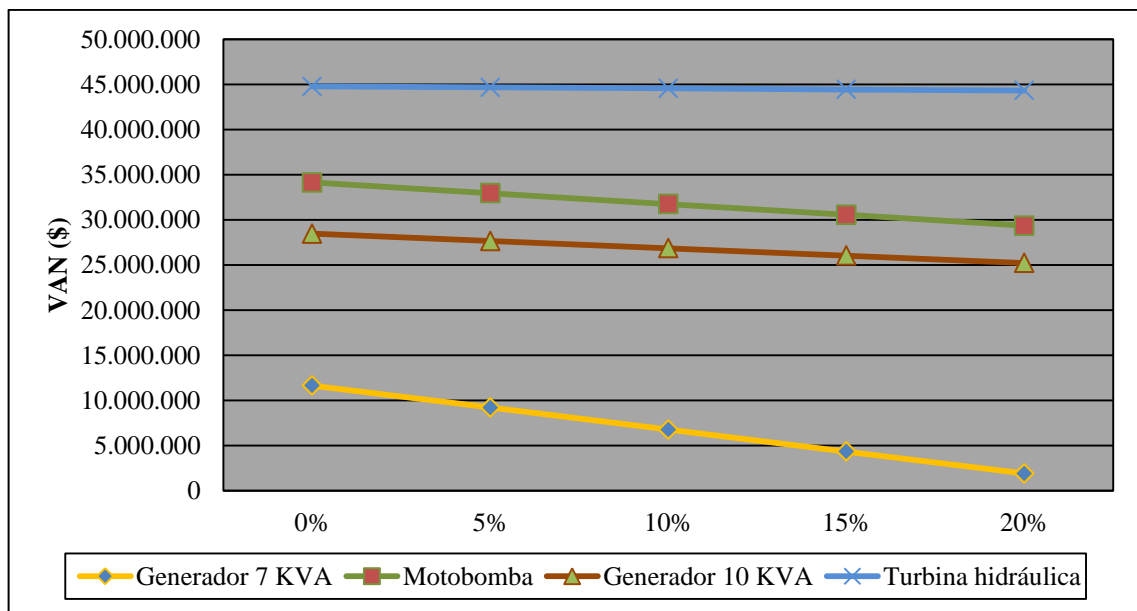


Figura 13. Variación del VAN, respecto a la variación en el costo de operación para el proyecto puro.

Para el proyecto con paneles fotovoltaicos, la variación en el costo de operación, disminuyó en -20% (Figura 14), no lográndose un VAN igual a cero.

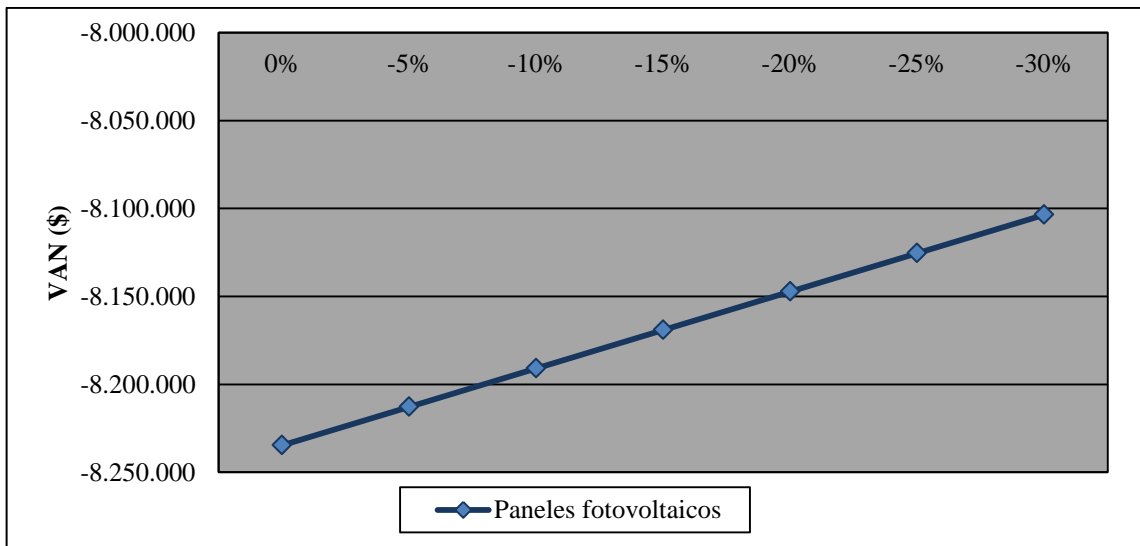


Figura 14. Variación del VAN, respecto a la variación en el costo de operación para el proyecto puro.

En las figuras 13 y 14, se aprecia que en relación a la sensibilización del costo de operación del riego, los proyectos no muestran una alta sensibilidad a este factor, debido principalmente a que el costo de operación presenta una variación muy baja en base a los porcentajes asignados, donde no se logra el VAN de equilibrio ($VAN=0$) con las variaciones consideradas.

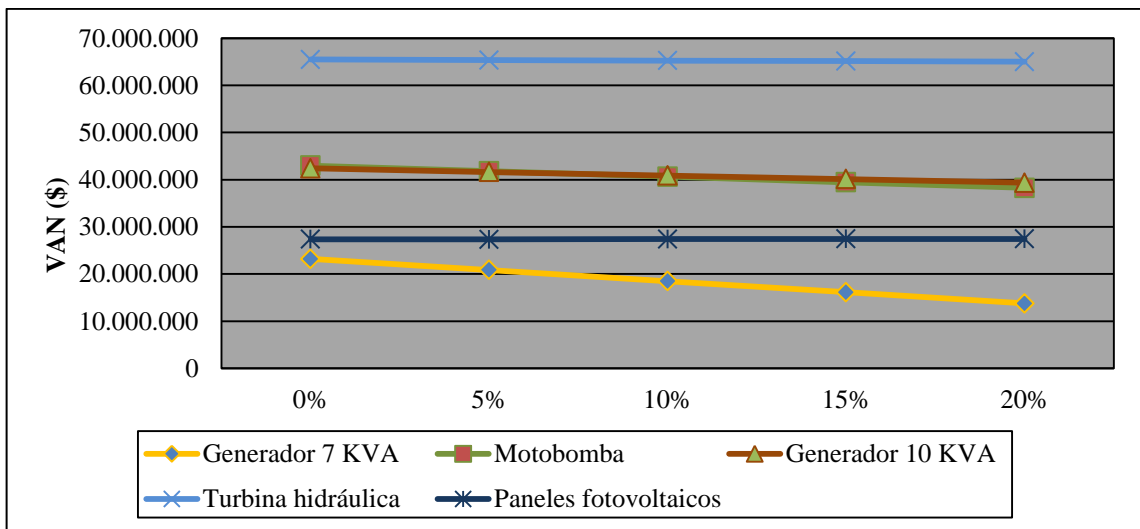


Figura 15. Variación del VAN, respecto a la variación en el costo de operación para el proyecto del inversionista.

La figura 15 presenta la sensibilización del VAN respecto al costo de operación, para el proyecto del inversionista, donde se observa que al igual que en el proyecto puro, no presenta gran variación, razón por lo cual, no se logra un VAN igual a cero con las variaciones de costo consideradas.

4.6.5 Sensibilidad al monto de la inversión.

Con respecto al costo de inversión en el proyecto con paneles fotovoltaico, en activos fijos (placas fotovoltaicas, baterías, etc.) y nominales (instalación sistema fotovoltaico), se aprecia que el proyecto, no es una alternativa rentable (proyecto puro), debido al alto costo de la inversión. En este contexto resulta importante sensibilizar el proyecto (puro), con respecto a la inversión, y así conocer, cuál es el monto necesario para que el proyecto no genere pérdidas.

Se sensibilizó el proyecto, variando el monto de inversión en -5% y -15%. Los resultados del VAN con respecto al monto de la inversión, se presentan en la Figura 16.

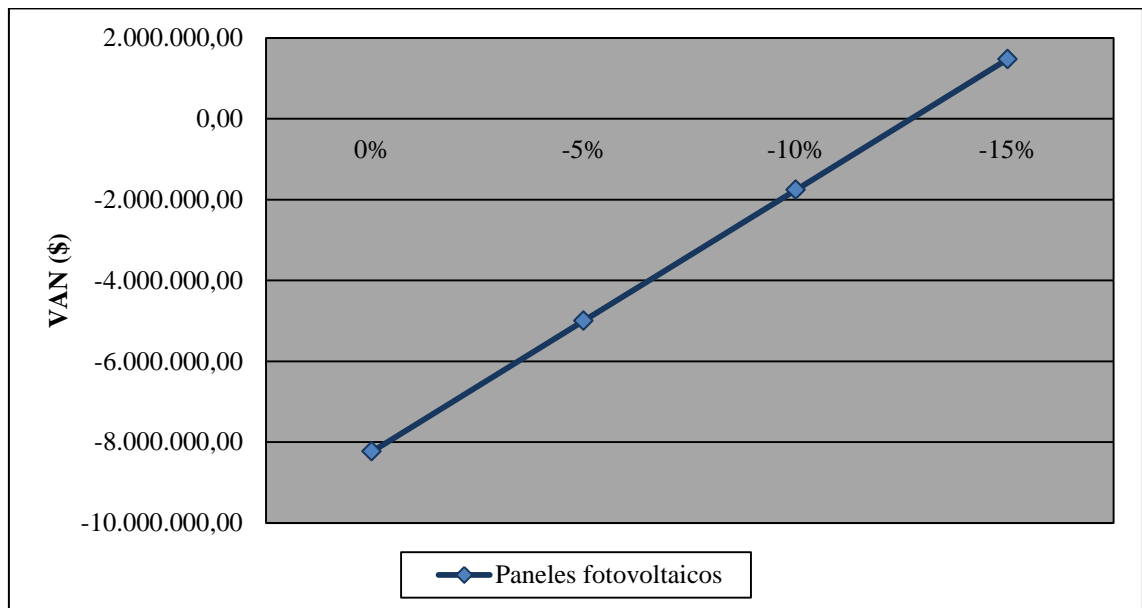


Figura 16. Variación del VAN, respecto a la variación en el monto de la inversión para el proyecto puro.

En la Figura 16, se aprecia que en la alternativa con sistema fotovoltaico (puro), una disminución de un -12,7% en el monto de la inversión, que equivale a \$41.585.001 en equipos e instalación (sistema fotovoltaico), permite el VAN de equilibrio ($\text{VAN} = 0$).

5. CONCLUSIONES.

En base a la evaluación económica de tecnologías energéticas alternativas para la impulsión del agua en el diseño de un sistema de riego por goteo en avellano europeo bajo las condiciones planteadas en esta tesis, se puede concluir lo siguiente:

1.- La inversión inicial para implementar un sistema de riego a través de un generador 7 KVA con fuente de agua superficial, corresponde a \$23.323.154 y el capital de trabajo a \$34.033.712. Los costos fijos corresponden a \$5.478.007 y los costos variables oscilan entre \$5.714.139 y \$8.389.126. Los indicadores económicos VAN (con una tasa de descuento de 12%) y TIR para el proyecto puro, corresponden a \$11.646.114 y 13% respectivamente y para el caso del proyecto del inversionista, el VAN (12%) asciende a \$18.504.529 y la TIR a 14%.

2.- En la situación con motobomba con fuente agua superficial, la inversión inicial es de \$22.349.221 y el capital de trabajo es de \$25.217.630. Los costos fijos corresponden a \$5.456.581 y los costos variables fluctúan entre \$3.614.961 y \$6.289.949. Los indicadores económicos para el proyecto puro, corresponden a un VAN (12%) de \$34.137.322 y la TIR es de 17%, y para el caso del proyecto del inversionista, el VAN (12%) asciende a \$40.439.255 y la TIR a 18%.

3.- La alternativa que contempla una turbina hidráulica (fuente de agua superficial), la inversión inicial corresponde a \$36.757.718 y el capital de trabajo corresponde a \$19.707.650. Los costos fijos corresponden a \$4.588.673 y los costos variables oscilan entre \$1.385.710 y \$4.060.698. Los indicadores económicos para el proyecto puro corresponden a un VAN (12%) de \$44.775.666 y la TIR es de 18% y en el proyecto del inversionista, el VAN (12%) asciende a \$57.509.963 y la TIR a 20%.

4.- El análisis de sensibilidad en las alternativas con fuente de agua superficial, muestra que la rentabilidad depende principalmente del precio de venta del kilogramo de avellana y del rendimiento (kg/ha). Para obtener un VAN igual a cero en el proyecto puro, éstas variables se

deben disminuir en -7,02% para el proyecto con generador 7 KVA (-11,16% proyecto inversionista); 21,83% para el proyecto motobomba (-25,86% proyecto inversionista) y -28,64% para el proyecto con turbina hidráulica (-36,78% proyecto inversionista).

5.- En cuanto a la inversión la alternativa con fuente de agua subterránea, que contempla un generador de 10 KVA, la inversión inicial alcanza \$31.277.319 y el capital de trabajo a \$24.733.720. Los costos fijos corresponden a \$5.652.999 y los costos variables oscilan entre \$2.820.519 y \$5.495.498. Los indicadores económicos para el proyecto puro corresponden a un VAN (12%) de \$28.465.777 y la TIR es de 16%. En el caso del proyecto del inversionista, el VAN (12%) asciende a \$39.073.166 y la TIR a 17%.

6.- Para implementar el proyecto con sistema fotovoltaico (fuente de agua subterránea), requiere una inversión inicial de \$83.003.449 y el capital de trabajo es de \$28.089.812. Los costos fijos corresponden a \$4.731.886 y los costos variables fluctúan entre \$1.195.710 y \$3.870.698. Los indicadores económicos para el proyecto puro corresponden a un VAN (12%) de -\$8.234.564 y la TIR es de 11% y para proyecto del inversionista, el VAN (12%) asciende a \$27.503.619 y la TIR a 15%.

7.- El análisis de sensibilidad de las alternativas con fuente de agua subterránea, muestra que la rentabilidad también depende principalmente del precio de venta del kilogramo de avellana y del rendimiento (kg/ha). Para la alternativa generador 10 KVA se obtiene en el proyecto puro que disminuyendo estas variables en -18,21% (-24,99% proyecto inversionista) se obtiene un VAN igual a cero. Para el proyecto con sistema fotovoltaico en el proyecto puro el precio y el rendimiento, deben aumentar en un +5,27% para obtener un VAN igual a cero. En cambio en el proyecto del inversionista, las variables deben disminuir en -17,5% para obtener el VAN de equilibrio.

8.- La alternativa con sistema fotovoltaico, en el escenario del proyecto puro, no es rentable, debido al elevado costo de la inversión. Esta alternativa sería rentable si el monto de la inversión disminuye en -12,7% (activos fijos y nominales) respecto al valor considerado en esta investigación.

9.- La implementación de tecnologías energéticas bajo los parámetros considerados en el presente estudio, para el proyecto puro, es rentable, tanto en las alternativas energéticas convencionales (generadores y motobomba) como la turbina hidráulica (ERNC), ésta última presenta la mayor rentabilidad. El sistema fotovoltaico, no es rentable, debido principalmente al elevado costo de inversión inicial (placas fotovoltaicas, banco de baterías, soporte del sistema, etc.) y al tener que realizar una reposición el total del banco de baterías durante el proyecto.

10.- Analizando la implementación de tecnologías energéticas para el proyecto del inversionista, los proyectos presentan un VAN más elevado y todas las alternativas se presentan rentables. En este contexto es fundamental la bonificación a través de la CNR por medio de la Ley N°18.450, que permite la incorporación de ERNC, especialmente de un sistema fotovoltaico, para pequeños agricultores.

6. RESUMEN.

Los altos costos de operación que presenta un sistema de riego tecnificado, determinado principalmente por los altos valores de los combustibles y energía eléctrica, sumado a la baja disponibilidad en sectores rurales, obliga a buscar recursos energéticos propios, que sean de fuentes limpias, renovables y no convencionales, que se puedan utilizar en el desarrollo de la agricultura; lo que ha motivado incluso a que el estado apoye la generación de proyectos que contemplen energías renovables no convencionales (ERNC), como paneles fotovoltaicos y las turbinas hidráulicas, especialmente en sectores lejanos y vulnerable energéticamente.

El presente estudio tiene como objetivo, realizar una evaluación económica, de tecnologías energéticas, para el diseño de un sistema de riego por goteo en un huerto de avellano europeo (*Corylus avellana* L.), de 7,5 ha, ubicado en Las Hortensias, Cunco, Región de La Araucanía, Chile.

Para desarrollar este estudio se evaluaron distintas tecnologías de riego a saber: generador 7 KVA, motobomba, turbina hidráulica con fuente de agua superficial, generador 10 KVA, y un sistema fotovoltaico; con fuente de agua subterránea y con financiamiento por parte de la Ley N° 18.450 de 0 y 50% respectivamente.

Para el diseño del riego se utilizaron relaciones matemáticas, mientras que para el análisis económico de cada proyecto, se analizaron los costos de inversión y mediante un flujo de caja, en un horizonte a 15 años, se determinaron los indicadores VAN y TIR.

La inversión inicial para energizar un sistema de riego con la alternativa de un Generador 7 KVA, corresponde a \$23.323.154 y el capital de trabajo que requiere es de \$34.033.712. En el caso de la Motobomba la inversión es de \$22.349.221 y el capital de trabajo es de \$25.217.630. La inversión con un Generador 10 KVA alcanza los \$31.277.319 y el capital de trabajo a \$24.733.720. En el proyecto que contempla una turbina hidráulica la inversión inicial

corresponde a \$36.757.718 y el capital de trabajo a \$19.707.650. La inversión para implementar el sistema fotovoltaico corresponde a \$83.003.449 y el capital de trabajo es de \$28.089.812.

En la evaluación económica, para el proyecto con generador 7 KVA, se obtiene un valor actual neto (VAN) y una tasa interna de retorno (TIR) de \$11.646.114 y 13% para el proyecto puro y un VAN (12%) y TIR de \$18.504.529 y 14%, para el proyecto del inversionista. Para el proyecto con motobomba se obtuvo un VAN (12%) y una TIR de \$34.137.322 y 17%, correspondiente al proyecto puro, para el proyecto del inversionista el VAN (12%) y la TIR corresponden a \$40.439.255 y 18%. Para el proyecto con un generador 10 KVA, el VAN (12%) y la TIR corresponden a \$28.465.777 y 16%, para el proyecto puro, en el caso del proyecto inversionista el VAN (12%) y la TIR corresponden a \$39.073.166 y 17%. El proyecto con turbina hidráulica, el VAN (12%) y la TIR corresponden a \$44.775.666 y 18% en el proyecto puro, para el proyecto del inversionista el VAN (12%) y la TIR alcanzan los \$57.509.963 y 20%. Para implementar un sistema fotovoltaico el VAN (12%) y la TIR corresponden a -\$8.234.564 y 11% en el proyecto puro, para el proyecto del inversionista el VAN (12%) y la TIR ascienden a \$27.503.619 y 15%.

Para el proyecto puro (sin bonificación externa), la implementación de tecnologías, es rentable bajo los parámetros considerados en el estudio, tanto para los proyectos que contemplan generadores y motobomba, como el que considera la turbina hidráulica, ésta última, presenta la mayor rentabilidad. El sistema fotovoltaico, no es rentable, debido principalmente al elevado costo de inversión inicial y al tener que reponer el total del banco de baterías, durante la operación del proyecto. Para el proyecto del inversionista (con bonificación), los proyectos presentan un VAN más elevado, donde todas las alternativas se presentan rentables.

Dado lo anterior, para lograr una mayor rentabilidad de los proyectos, es fundamental la bonificación a través de la CNR, por medio de la Ley N°18.450, que permite poner a disposición de pequeños agricultores proyectos en base a ERNC, con turbinas y sistema fotovoltaico. En este último caso, sin este beneficio sería inviable.

7. SUMMARY

High operating costs that presents a tech irrigation system, determined mainly by the high costs of fuels and electricity, also the low availability in rural areas, forces to look for energy resources of their own, that could be clean, renewable and non-conventional sources, that could be used in the development of agriculture; All this has even motivated the authorities to support projects that contemplate non-conventional renewable energy (NCRE), like: photovoltaic panels and hydraulic turbines, particularly in distant areas with problems accessing to energy.

The present study aims to make an economic evaluation of energy technologies, to design a drip irrigation system for an European Hazelnut orchard (*Corylus avellana* L.), of 7.5 ha, located in Las Hortensias, Cunco, Region de La Araucanía, Chile.

To develop this study, different irrigation technologies were evaluated, like: 7 KVA generator, pump, hydraulic turbine with source of surface water, generator 10 KVA, and a photovoltaic system; with underground water source and financed by the Law 18.450 of 0 and 50% respectively.

For the irrigation design mathematical relations were used, while for the economic analysis of each project, its investment costs were analyzed using a cash flow, within in a 15 year period, NPV and IRR were determined.

The initial investment to energize an irrigation system with the 7 KVA generator alternative of a, corresponds to \$23.323.154 and the working capital that it is required is \$34.033.712. In the case of the motor pump, the investment is \$22.349.221 and the working capital is \$25.217.630. Investment with a generator 10 KVA reaches the \$31.277.319 and the working capital \$24.733.720. For the project that contemplates an hydraulic turbine, the initial investment corresponds to \$36.757.718 and \$19.707.650 for working capital. The investment to implement the photovoltaic system it costs \$83.003.449 and the working capital of \$28.089.812.

The economic evaluation for the project with 7 KVA generator, gets a net present value (NPV) and internal rate of return (IRR) of \$11.646.114, 13% for the pure project, a NPV (12%), IRR of \$18.504.529 and 14% for the investment project. For the project with motor the NPV was (12%), an IRR of \$34.137.322 and 17%, corresponding to the pure project, to the project of the investor the NPV was (12%) and the IRR correspond to \$40.439.255 and 18%. For the project with a generator 10 KVA, the NPV was (12%), the IRR correspond to \$28.465.777 and 16% investor for the pure project, in the case of the investment project the NPV was (12%), the IRR correspond to \$39.073.166 and 17%. The project with hydraulic turbine, the NPV (12%), the IRR correspond to \$44.775.666 and 18% in the pure project, in the project of the investor the NPV (12%), the IRR reach the \$57.509.963 and 20%. To implement a photovoltaic system the NPV (12%), the IRR correspond to - \$8.234.564 and 11% in the pure project, to the project of the investor the NPV (12%) and the IRR amounted to \$27.503.619 and 15%.

For the pure project (without external bonus), the implementation of technologies is profitable under the parameters considered in the study, in the projects that include generators and pump, as the last one considers the turbine hydraulic, has the highest profitability. The photovoltaic system is not profitable, mainly because of to the high initial cost of investment and having to replace the entire battery bank during project operation. For the investor project (with bonus), projects have a higher NPV, where all alternatives are profitable.

Given the above, to achieve a higher profitability of the projects, is essential bonus through CNR, through law No. 18,450, which allows to provide to small farmers projects, bases on ERNC, with turbines and photovoltaic system. In the last case, without this benefit would be unworkable.

8. LITERATURA CITADA.

Allen, R. 2006. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Ed. FAO. Serie Riego y Drenaje. Roma. Italia. 298 p.

Barreto, C. 2010. Riego solar-eólico por goteo de bajo costo para pequeños agricultores. Universidad de Massachusetts Lowell. Programa de Ingeniería solar. 11p

Bignami, C., Natali, S. 1997. Influence of irrigation on the growth and production of young hazelnuts. Acta Horticulturae. 445: 247-254.

Chile, Instituto de Investigación Agropecuaria, Centro Regional de Investigación Carillanca. 2010. Avellano europeo en la Región de La Araucanía, primero resultados productivos y económicos. Boletín técnico INIA. N° 203. 60p

Chile, Instituto de Investigación Agropecuaria. 2000. Diseño, manejo y mantención de equipos de riego localizado de alta frecuencia. Boletín técnico INIA. N°35. 55 p.

Chile, Instituto de Investigación Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Remehue (INIA). 1989. Ley de fomento a obras de riego y drenaje. Boletín Técnico INIA. N° 148. Osorno, Chile. 30 p.

ODEPA. 2013. Macroeconomía y Agricultura. Informativo ODEPA. 12 p.

ODEPA. 2012. Energías renovables no convencionales en la agricultura. Informativo ODEPA. 5p

ODEPA. 2012. Industria de frutos secos, evolución destacada y amplio potencial. Informativo ODEPA. 10 p.

Cohen, M., Girona, J., Poblete, P., Fortuny, J., Gené, J. 1992. El riego del avellano en 3 municipios representativos de Tarragona: Riudoms (Baix Camp), Alcocer (alt Camp) y Vila-Seca (Tarragonés). ITEA. 31-45.

Comisión Nacional de Riego. 2012. Manual descriptivo para la presentación de proyectos de riego tecnificado con fuentes de energías renovables no convencionales, a los concursos de la Ley N° 18.450. 32 p.

Comisión Nacional de Riego. 2005. Manual sobre fuentes de energía para sistemas de impulsión en obras menores de riego. 312p.

Comisión Nacional de Riego. 1999. Programación del riego. Universidad de Talca. Servicio integrado de Agroclimatología y riego (SIAR). 15 p.

Comisión Nacional de Riego. 1996. Manual de obras menores de riego. 346 p.

De Berasategui, L. 1997. El avellano en Argentina. Información técnica N°13. Estación experimental agropecuaria del Valle Inferior del Río Negro. Convenio IDEV – INTA. Río Negro, Argentina. 64 p.

De Salvador, F., Monastra, F. 1997. Water regime and soil management in hazelnut trees: preliminary studies in post. Acta Horticulturae. 445: 255- 262.

Ellena, M., Montenegro, A., Azócar, G. 2009. Avellano europeo, parte 2: “Manejo del suelo”. Revista INIA Tierra Adentro. 30 p.

- Ellena, M.** 2006. Para el sur de Chile: Elementos básicos del cultivo de Avellano europeo. Revista INIA Tierra Adentro 83. 30 p.
- Fundación Chile.** 2000. Manual de criterios comunes, Programa Gestión Agropecuaria. Chile. 66 p.
- Fundación Para La Innovación Agraria (FIA).** 2008. Resultados y lecciones en Avellano europeo: Proyectos de innovación en zona centro-sur VII Región del Maule a XIV Región de Los Rios. Chile. 38p
- Fuentes, J.** 1996. Técnicas de Riego. 2da. Ed. Mundi – Prensa.
- Grau, P.** 2003. Avellano europeo: manual de plantación y manejo. Boletín INIA nº 108. Centro Regional de Investigación Quilamapu. Chillán, Chile. 90 p.
- Gispert, J.** 2008. Investigación para caracterizar el volumen de suelo húmedo (VSH) en riego localizado. Influencia del VSH en olivo (*Olea europea* L.), manzano (*Malus domestica* Borkh.) y avellano (*Corylus avellana* L.). Tesis Dr Ingeniero agrónomo. Universidad de Lleida. 396 p.
- Gispert, J., Gil, J., Company, A.** 1996. La superficie mullada del cultiu de l'avellaner. Catalunya Rural i Agrària, 29: 29-37.
- Girona, J.** 1987. El riego de los frutos secos. Fruticultura profesional. 28p.
- Girona, J.** 1994. Repuesta fisiológica y productiva del estrés hídrico en diferentes especies frutales: melocotonero (*Prunus pérsica* L Batsch), avellano (*Corylus avellana* L) y nogal (*Juglans regia*). Tesis Doctoral Ingeniero Agrónomo. Universidad de Lleida. 150 p.

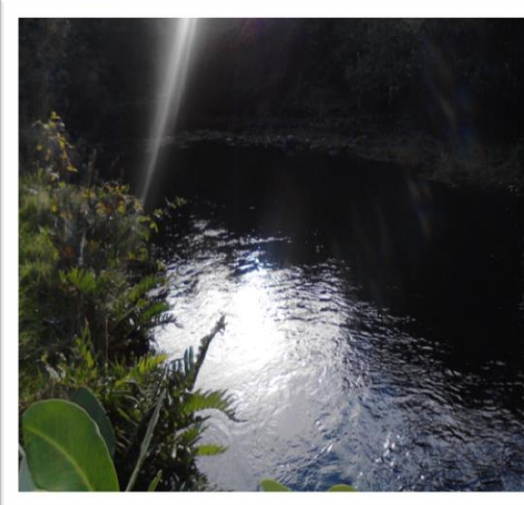
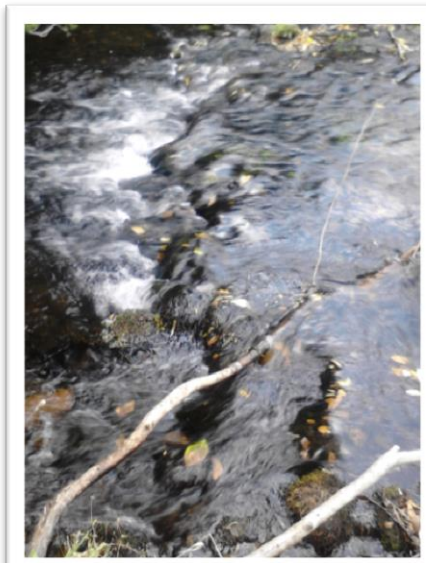
- Girona, J., Cohen, M., Mata, M., Marsal, J., Miravete, C.** 1994. Physiological growth and yield responses of hazelnut (*Corylus Avellana* L.) to different irrigation regimes. Acta Horticulturae. 351: 463-472
- Gudemos.** 2007. Energía en la gestión del agua. Revista RIE Octubre N°1. 10-18. 52 p.
- Gilardi, J.** 1985. Diagnóstico de fallas en motores de combustión. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José. 81 p.
- Hidalgo, P.** 2006. Proyecto electrificación rural, localidad de Cámar, II Región, Antofagasta. Memoria para optar al título de Ingeniero civil electricista. Universidad de Chile. 82 p.
- Kenna, M.** Fuentes de energías convencionales y no convencionales. 12 Mar. 2013
<http://www.ehowenespanol.com/fuentes-energia-convencionales-convencionales-hechos_33451/>
- López, R., Hernández, J., Pérez, A., Gonzales, J.** 1997. Riego Localizado. Madrid. Mundi-Prensa.
- Lemus, G.** 2004. El cultivo del avellano (*Corylus avellana*). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) La Platina - Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Proyecto FIA N° C.96-I-1-025. 29 p.
- Marín, J. M.** 2007. Estudio de costos de instalación de sistemas pico y micro hidroeléctrico (100 W a 100 kw). Tesis Ingeniero Eléctrico. Universidad de Costa Rica. Ciudad universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica. 130 p.
- Martínez, L., Peralta, J.** 2000. Conceptos de riego localizado. Boletín INIA N° 22. 21p

- Millar, D.** 2007. Efecto de la aplicación de biosólidos provenientes de una planta de tratamiento de aguas servidas sobre las propiedades físicas de un suelo Andisol. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de La Frontera. Temuco. 74 p.
- Muller, G., Wolter, V.** 2004. The breast shot water wheel: design and model tests. Proceedings of the Institute of Civil Engineers: Engineering Sustainability, 157, (4), 203-211.
- Programa de asistencia a la gestión del sector de la energía (ESMAP).** 2005. Desafíos de la Electrificación Rural en Chile. ESMAP TECHNICAL PAPER. 114 p.
- Pumariño, L.** 2005. Catastro y evaluación de necesidades energéticas en comunidades costeras rurales (algueros) de la VI Región. Tesis realizada para optar al título de Licenciatura en Ciencias Ambientales. 129 p.
- Saquicela, F., Velepucha, R.** 2011. Diseño y construcción de una rueda hidráulica para el abastecimiento de agua para riego a una altura de 120 metros. Tesis Ingeniero Mecánico. Universidad Politécnica Salesiana. 164p
- Sapag, N., Sapag, R.** 2003. Preparación y evaluación de proyectos. Editorial Mc Graw-Hill. Santiago, Chile. 437p
- Schnettler, B., Mera, A., Pihán, R.** 2006. Evaluación técnico-económica de la producción de calas de color en la Región de La Araucanía, Chile. Idesia 24(1): 17-24.
- Vera, E.** 2005. Estudio del uso de energías eólica y fotovoltaica para el bombeo de agua en el secano interior. Tesis de Grado U. de Concepción. 72 p.

9. Anexos

Anexo 1. Características del estero.

Datos generales	Velocidad (V) m/s	Caudal (Q) l/s
	0,28	900



Anexo 2. Determinación del consumo de agua.

Ecuación 1.

$$ET_c = ET_o * K_c$$

Donde:

ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

ET_o = Evapotranspiración de Referencia (mm/día).

K_c = Coeficiente del cultivo (adim).

Anexo 3. Frecuencia y tiempo de riego.

Ecuación 2.

$$N.R.D. = ET_{real} * P_{sombra} * D_e * D_h$$

$$TR = \frac{N.R.D.}{N_{got} * E_{fa} * q_{got}}$$

Donde:

N.R.D. = Necesidades netas de riego diario (l/planta/día).

ET_{real} = Evapotranspiración real (mm/día).

P_{sombra} = Porcentaje de sombreamiento en relación al área asignada al cultivo (expresado en forma decimal).

D_e = Distancia entre hilera (m).

D_h = Distancia sobre hilera (m).

TR = Tiempo de riego (hr).

N_{got} = Número de goteros por planta.

E_{fa} = Eficiencia de aplicación (expresado en forma decimal).

q_{got} = Caudal del emisor (l/hr).

Anexo 4. Sectorización.

Ecuación 3.

$$N_s = \frac{TDr}{Tr}$$

Donde:

N_s = Número de sectores

TDr = Tiempo diario disponible para riego (h).

Tr = Tiempo de riego (h).

Anexo 5. Superficie por sector.

Ecuación 4.

$$S_s = \frac{STr}{N_s}$$

Donde:

S_s = Superficie por sector (ha).

STr = Superficie total de riego (ha).

N_s = Número de sectores.

Anexo 6. Diámetro de tuberías.

Ecuación 5.

$$D = \left(\frac{(1,2126 * 10^{10} * (\frac{Q}{C})^{1,852})}{hf} \right)^{1/4,87}$$

Donde:

D = Diámetro de la tubería (mm).

Q= Caudal (l/s).

C= Coeficiente de Hazen Williams.

hf = Pérdida de carga (m/m).

Anexo 7. Pérdidas de carga.

Ecuación 6.

$$hf = \frac{(1,2126 * 10^{10} * (\frac{Q}{C})^{1,852})}{D^{4,87}}$$

Donde:

hf = Perdida de carga (m/m).

Q= Caudal (l/s).

C= Coeficiente de Hazen Williams (adim).

D= Diámetro de la tubería (mm).

Ecuación 7.

$$F = \frac{1}{m + 1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m} - 1}{6N^2}$$

Donde:

m = Velocidad media de flujo (1,75).

N = Número de salidas (número de goteros).

Ecuación 8.

$$Hf = Hf * F$$

Ecuación 9.

$$HF = Hf \text{ mat} + Hf \text{ sec} + Hf \text{ lat} + Hf \text{ suc} + Hf \text{ filtros} + Hf \text{ menores.}$$

Donde:

HF = Pérdidas de carga total del sector (m.c.a).

Hf mat = Pérdidas de carga matriz (m.c.a.).

Hf sec = Pérdidas de carga secundarias (m.c.a.).

Hf lat = Pérdidas de carga lateral (m.c.a).

Hf suc = Pérdidas de carga succión (m.c.a).

Hf filtros = Pérdidas de carga en filtros (m.c.a).

Hf menores = Pérdidas de carga menores (m.c.a).

Anexo 8. Potencia de la bomba.

Ecuación 10.

$$Potencia\ de\ la\ bomba = \frac{CDT * Q}{76 * n}$$

Donde:

Potencia de la bomba = HP.

CDT = Carga dinámica total (m.c.a).

Q = Caudal del sistema (l/s).

n = eficiencia de la bomba.

Anexo 9. Diseño del sistema con turbina hidráulica.

Ecuación 11.

$$Ns = 1.2 * N * \frac{P^{0.5}}{H^{1.25}}$$

Donde:

Ns = Velocidad específica de la turbina.

N = Velocidad en el eje de la turbina (r.p.m).

P = Potencia disponible en el eje de la turbina, en Kw.

H = Caída o salto (m).

Ecuación 12.

$$P = 9.8 * H * Q * Ef$$

Donde:

Q = Caudal (m³/s).

H = Caída o salto (m).

Ef = Eficiencia de la turbina.

Anexo 10. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

Ecuación 13.

$$NP = \frac{E}{FdM * P * Fh}$$

Donde:

E = Demanda energética (KW).

FdM = Factor de rendimiento del módulo.

P = Potencia del panel (KW).

F = Factor de horas punta.

Ecuación 14.

$$NB = \frac{E * A}{V * P md}$$

Donde:

NB = Número de baterías.

E = energía requerida (KW/día).

A = periodo de autonomía (día).

V = voltaje de la batería (Volt).

P md = Profundidad máxima de descarga de las baterías (0,7).

Anexo 11. Precio de venta del kilogramo de avellanas y precio dólar.

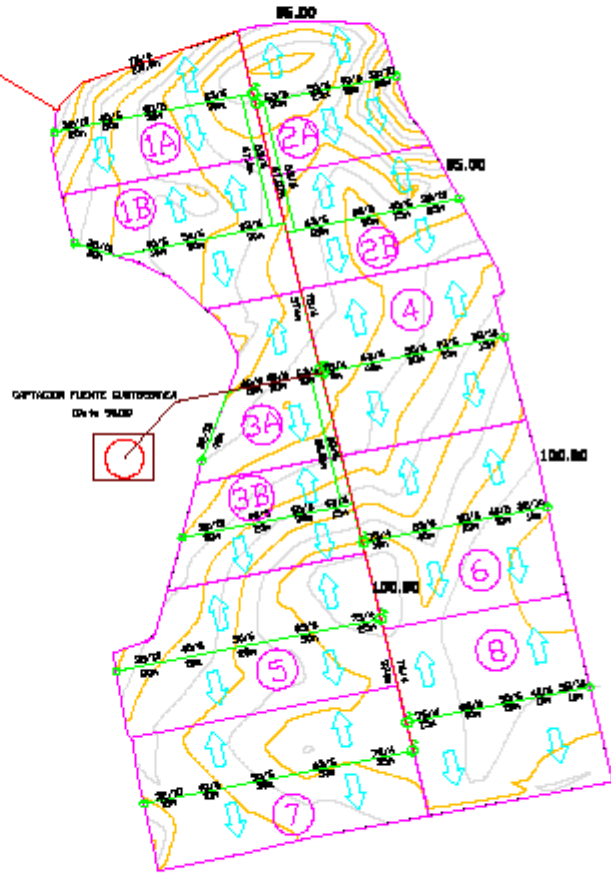
Año	Precio venta (US\$/Kg)
2007	6
2008	5,4
2009	5
2010	4,8
2011	4,2
2012	3,5
2013	2,5

Precio dólar				
Mes	2010	2011	2012	2013
Enero	500	490	500	475
Febrero	530	475	480	475
Marzo	525	480	483	-
Abril	520	470	485	-
Mayo	530	469	490	-
Junio	535	465	505	-
Julio	530	463	490	-
Agosto	515	465	480	-
Septiembre	490	480	475	-
Octubre	483	519	475	-
Noviembre	480	515	480	-
Diciembre	470	519	475	-

OPTIMIZACION FUENTE BIOPONICA
Cota 6740



LEGENDA	
OPCIÓN OPTIMIZADA	
D. MARRULLAS	100.00
C. INTERMEDIAS	
LÍNEAS DE SECTOR	
SECTORES DE SECTOR	
SECTORES	
INSTRUMENTALES	
CAUDALIZADORES	
VÁLV. MANOMETRICA	
VÁLV. LAVADO	
ALBARRINES, CLAVES, LINDALES, etc.	



	ANEXO 12. PLANO DE DISEÑO	
	MITAD DE ESCO POR SECTOR	SECTOR
	7.8 ha. ZONAS DE SECTOR	SECTOR
PROYECTO: OPTIMIZACION DE FUENTE	SECTOR	
PLANO DE	DESIGNACION DE SECTORES DE ESCO	SECTOR
01	PLAN DE DISEÑO DE OPTIMIZACION DE FUENTE	SECTOR
FECHA: MARZO, AÑO 2014	SECTOR	SECTOR



Anexo 13. Resumen hidráulico.

CUADRO RESUMEN DISEÑO HIDRÁULICO								
Ítem	SECTOR							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Área regada (m2)	11.769	10.536	8.895	8.271	8.791	8.565	9.394	9.175
Presión de trabajo gotero (mca)	10	10	10	10	10	10	10	10
Pérdida de carga lateral (mca)	0,3	0,4	0,1	0,6	0,3	0,7	0,3	0,8
Pérdida de carga secundaria (mca)	1,19	0,74	1,07	1,08	1,64	1,12	1,72	1,15
Perdida carga matriz total (mca)	4,75	3,71	4,73	3,28	6,15	4,71	6,39	6,52
Pérdida carga succión (mca)	0,2	0,16	0,13	0,09	0,12	0,1	0,13	0,12
Pérdidas carga filtros (mca)	5	5	5	5	5	5	5	5
Pérdidas menores (mca)	0,64	0,5	0,66	0,5	0,82	0,66	0,85	0,86
Diferencia de cota desde nivel dinámico	7,41	7,78	10,5	10	10	11,5	10,5	11
Altura manométrica total (hm)	29,4	28,3	32,8	30,5	34,04	33,75	34,9	35,4
Caudal total lpm	276,03	238,76	212,1	174,1	208, 8	189	220,7	203,93
Caudal total m3/h	16,56	14,33	12,73	10,45	12,53	11,34	13,24	12,24
Caudal total l/s	4,6	3,98	3,54	2,9	3,48	3,15	3,68	3,4
Potencia estimada (hp)	3,01	2,5	2,58	1,97	2,63	2,36	2,85	2,68
Potencia estimada (kw)	2,24	1,86	1,92	1,47	1,96	1,76	2,13	1,99

Anexo 15. Motobomba Honda

MOTOBOMBA DE ALTA PRESIÓN **WH20X**



HONDA
PRODUCTOS DE FUERZA

Características técnicas WH20X	
Uso Principal	: Alta Presión
Bomba	
Diámetro de succión	: 2"Ø (2 Pulgadas)
Diámetro de descarga	: 2"Ø (2 Pulgadas)
Altura de succión	: 8 Mts
Elevación Total	: 50 Mts
Capacidad Maxima de Bombeo	: 500 Lts. / Min.
Tiempo de autocebado	: 90 Seg. / 5 Mts
Motor	
Modelo	: GX160K1
Desplazamiento	: 163cc.
Potencia Maxima	: 5,5 Hp / 3.600 Rpm
Encendido	: Transistorizado
Arranque	: Manual con piola retractil
Equipamiento	
Armazon	: Manilla tipo L
Accesorios	
Coplas de Tipo	
Mariposa	: Succion y Descarga
Abrazaderas	
C/Perno	: 3 Unidades
Canastillo de Succion	: Filtro Colador
Dimensiones	
Largo	: 43 mm.
Alto	: 38 mm.
Ancho	: 41 mm.
Peso Seco	: 23,5 Kgr.
Estanque de Combustible	: 3,6 Lts.
Autonomía	: 2,8 Hrs.



VOLUMEN DE DESCARGA (l/min.)	ELEVACION TOTAL (mts)
0	50
100	48
200	45
300	40
400	30
500	15

Baper

Chacabuco 778 - Santiago Centro
♦♦♦ Estación Quinta Normal Línea 5
info@baper.net
www.baper.net
☎ 682 5087

Anexo 16. Turbina hidráulica.



Anexo 17. Generador 10 KVA y Bomba pozo profundo NS-95E-24 7,5 HP.



Grupo Generador Genpack - D 10 KVA Diesel

DATOS TÉCNICOS

MODELO	Genpack - D 10 KVA
TIPO	Sin escobillas, generador 2 polos
FACE / VOLTAJE	Monofásico
FRECUENCIA	50 Hz
POTENCIA MAX. - CONTINUA	10 Kva - 9,0 Kva
VELOCIDAD MOTOR	3,000 Rpm
TIPO REG. DE VOLTAJE	Tarjeta AVR
MOTOR	
TIPO	Diesel, refrigerado por aire
MODELO	Lombardini 25LD 425/2
POTENCIA	19 Hp (14 Kw)
CILINDROS	2
CAP. ESTANQUE COMBUSTIBLE	4,3 Lts
CAP. ACEITE MOTOR	1,8 Lts.
TIPO DE ACEITE	SAE 15 W 40
CONSUMO	1,1 Lts / Hrs
LARGO / ANCHO/ ALTO	1.000mm / 780mm / 1.000mm

4"

ELETTROPOMPE

TABELLA DELLE CARATTERISTICHE IDRAULICHE

TABLE OF THE HYDRAULIC FEATURES

TABLA DE LAS CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES HYDRAULIQUES

TABELLE DER HYDRAULISCHEN EIGENSCHAFTEN

TABELA DE CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

NS-95
DA-E-F
2900 1/min

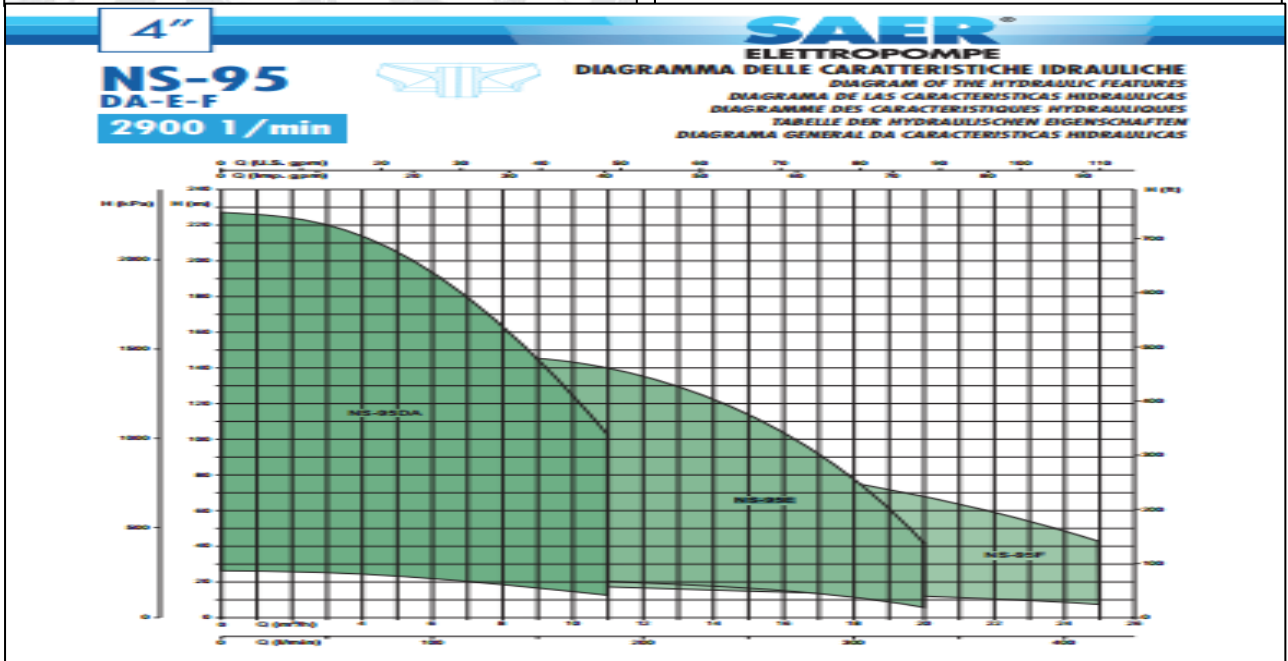
Tipo Type	Motor Motor	3- HP	1- 1/2"	3- 400V	1- 230V	µF	V	D	U _{spm}										
									0	22	27,7	31	35	40	44	48			
NS-95A/14*	1,1	1,5	2,9	9,6	40	430	H	100	0	5	6,3	7	8	9	10	11			
									26	23,2	21,5	20,5	18,5	17	14,5	12			
									39	35	32,5	31,5	28,5	25	21,5	18			
									52	44	43	41	38	34	29	24			
									65	58	54	53	47	43	36	30			
									85	75	70	67	61	55	47	38			
									111	96	92	87	80	71	61	50			
									136	119	116	112	112	101	87	71			
									164	139	136	133	133	121	101	87			
									192	164	161	158	158	144	121	101			
									220	202	199	197	194	147	126	103			

Tipo Type	Motor Motor	3- HP	1- 1/2"	3- 400V	1- 230V	µF	V	D	U _{spm}										
									0	40	44	48	55	62	70	79	88		
NS-95B/15*	1,1	1,5	2,9	9,6	40	430	H	100	0	10	11	12,5	14	16	18	20			
									26	21,5	21	20,5	20	18	14,5	11,5	6		
									37	30	29,5	29	28	25	20,5	16	8,5		
									52	44	43	42	39	37	30	22	12		
									73	61	60	58	55	51	42	32	17		
									94	79	77	75	71	66	54	42	22		
									125	104	102	99	94	87	73	56	29		
									177	147	144	141	134	121	100	78	41		

Tipo Type	Motor Motor	3- HP	1- 1/2"	3- 400V	1- 230V	µF	V	D	U _{spm}										
									0	48	55	62	70	79	88	97	110		
NS-95C/16*	1,1	1,5	2,9	9,6	40	430	H	100	0	11	12,5	14	16	18	20	22	25		
									26	22	21,5	20,5	18,5	17	15,5	13,5	9,5		
									37	31	29,5	29	28	24	22	19	14		
									52	44	43	42	39	37	34	31	27	19	
									73	62	60	57	53	48	44	41	37	27	
									94	79	76	72	67	62	56	48	34		
									115	95	92	89	83	75	68	59	42		

* Funzionamento in orientazione possibile. Si raccomanda la corretta posa dei supporti onde evitare che l'elettropompe lavori a sbalzo. • Horizontal operation is possible. The motor shall be correctly installed with the relative supports in order to ensure the electric pump works properly. • El funcionamiento en posición horizontal es posible. Se aconseja colocar correctamente los soportes especiales para evitar que la electrobomba funcione a saltos. • Fonctionnement horizontal possible. Mettre le pump correctement les supports pour éviter que l'électropompe travaille par sauts. • Horizontalbetrieb möglich. Die Elektropumpe nicht überhöhen aufstellen, weil die korrekte Befestigung ein Muss ist. • Funcionamento possível no horizontal. Atenção na colocação correta dos suportes correspondentes para que a bomba trabalhe independentemente.

• Potenza nominale motore • Rated power of motor • Potencia nominal del motor • Potencia nominal motor • Nennleistung des Motors • Potencia nominal do motor
 ** A richiesta il motore motore 230V con funzionamento 3- • On request motor 230V with functioning 3- • Bajo demanda motor 230V en funcionamiento 3- • Sur demande en fin moteur 230V fonctionnement 3- • Auf Anfrage mit Motor 230V mit laufzeit 3- • Sob pedido motor 230V com funcionamento 3-



Anexo 18. Sistema fotovoltaico.

JA Solar Mono – Alta fiabilidad, mejor rendimiento

Convincente relación precio-rendimiento
Siendo uno de los fabricantes líderes en el mundo de productos fotovoltaicos de alto rendimiento, JA Solar presenta paneles de alta calidad a través de la serie JAM. Por sus grados de eficiencia superiores al promedio, los paneles logran una muy buena relación precio-rendimiento.

Paneles solares para todos los usos
Gracias a la superficie de vidrio templado optimizada, altamente transparente y sobre en hierro, con valores de reflexión muy bajos y células de silicio de alta eficiencia, los paneles JA logran también un excelente rendimiento con baja luminosidad. Debido a su sólida construcción, los paneles pueden resistir incluso adversas condiciones climáticas. Para las instalaciones fotovoltaicas especialmente atractivas a la vista, se encuentra disponible una versión de panel negro.

- Calidad sin compromisos**
- resistencia de los paneles al amoníaco y a la niebla salina comprobada
 - sin efecto PID
 - doble prueba de electrominiscencia
 - líneas de producción automatizadas, altamente modernas, y estrictos controles de procesos
 - estándares de pruebas europeos para controles de rendimiento de paneles

- Certificados y garantías**
- IEC 61215, IEC 61730, IEC 62716, IEC 61701, CE, UL Listed, CEC, VDE, RoHS, TÜV, PV CYCLE
 - Garantía de rendimiento: 12 años al 90 % y 25 años al 80 % de la potencia nominal
 - 10 años de garantía de producto
 - tramitación de garantía europea



La caja de conexión estándar a prueba de agua con diodo de derivación y la construcción sólida garantizan una fiabilidad a largo plazo.



Gracias a las células de silicio cristalinas de alta eficiencia se garantiza un rendimiento excelente en condiciones de baja luminosidad. La clasificación en clases de corriente eléctrica posibilita además un rendimiento óptimo del sistema.



1. La tecnología VRLA
VRLA son las siglas de Valve Regulated Lead Acid, lo que significa que la batería es hermética. Habrá escape de gas en las válvulas de seguridad únicamente en caso de sobrecarga o de algún fallo de los componentes. Las baterías VRLA son muy resistentes a los escapes excepcionales y se pueden utilizar en todas las posiciones. Las baterías VRLA no requieren ningún tipo de mantenimiento.

2. Las baterías AGM estancas (VRLA)
AGM son las siglas de Absorbent Glass Mat. En estas baterías, el electrolito se absorbe por capilaridad en una estera en fibra de vidrio situada entre las placas. Tal como se explica en nuestro libro "Energía Sin Límites", las baterías AGM resultan más adecuadas para suministrar corrientes muy elevadas durante períodos cortos (arranque) que las baterías de Gel.

3. Las baterías de Gel estancas (VRLA)
En este tipo de baterías, el electrolito se inmoviliza en forma de gel. Las baterías de Gel tienen por lo general una mayor duración de vida y una mejor capacidad de ciclos que las baterías AGM.

4. Autodescarga escasa
Gracias a la utilización de rejillas de plomo-calcio y materiales de gran pureza, las baterías VRLA Victron se pueden almacenar durante largo tiempo sin necesidad de recarga. El índice de autodescarga es inferior a un 2% al mes, a 20°C. La autodescarga se duplica por cada 10°C de aumento de temperatura. Con un ambiente fresco, las baterías VRLA de Victron se pueden almacenar durante un año sin tener que recargar.

5. Extraordinaria recuperación tras descarga profunda
Las baterías Victron VRLA tienen una extraordinaria capacidad de recuperación incluso tras una descarga profunda o prolongada sin embargo, se debe recalcar que las descargas profundas o prolongadas frecuentes tienen una influencia muy negativa en la duración de vida de las baterías de plomo/calcio, y las baterías de Victron no son la excepción.

6. Características de descarga de las baterías
Las capacidades nominales de las baterías de Victron se indican para una descarga de 10 horas, es decir para una corriente de descarga de 0,1C. La capacidad real disminuye en descargas más rápidas con intensidades elevadas (ver tabla 1). La reducción de capacidad aún será más rápida con aparatos de potencia constante como por ejemplo las inversoras.

Duración de descarga	Voltage Final V	AGM Deep Cycle ^a %	Gel Deep Cycle ^a %	Gel Long Life ^a %
20 horas	10,8	100	100	112
10 horas	10,8	92	97	100
5 horas	10,8	85	90	94
3 horas	10,8	78	79	79
1 hora	9,6	65	61	63
30 minutos	9,6	55	51	45
15 minutos	9,6	42	38	29
10 minutos	9,6	38	34	21
5 minutos	9,6	27	24	15
5 segundos	8,0	7,0	7,0	7,0

Tabla 1: Capacidad real en función de la capacidad de descarga. (La última línea indica la corriente de descarga máxima autorizada durante 5 segundos).

Nuestras baterías AGM Deep Cycle (ciclo profundo) ofrecen excelentes resultados a alta intensidad y por ello se recomiendan para aplicaciones como el arranque de motores. Debido a su diseño, las baterías de gel tienen una capacidad real menor a alta intensidad. En cambio, las baterías de gel tienen mejor duración de vida en modo flotación y ciclo.

7. Efectos de la temperatura en la duración de vida
Las temperaturas elevadas tienen una influencia muy negativa en la duración de vida. La tabla 2 presenta la duración de vida previsible de las baterías de Victron en función de la temperatura.

Temperatura media de funcionamiento	AGM Deep Cycle años	Gel Deep Cycle años	Gel Long Life años
20°C / 68°F	7 - 10	12	10
25°C / 77°F	4	6	10
30°C / 86°F	2	3	5

Tabla 2: Duración de vida

Art. nº 0101459 0101468 0101455



Modelo	JA Solar JAM5(L)(BK)-72-200SI Mono	JA Solar JAM6(BK)-60-250SI Mono	JA Solar JAM6-G0-260SI Mono
Potencia nominal	200 W +5 %, -0 %	255 W +5 %, -0 %	260 W +5 %, -0 %
Tensión máx. del sistema	1000 V	1000 V	1000 V
Tensión de servicio	37.11 V	30.62 V	30.98 V
Corriente de servicio	5.39 A	8.31 A	8.39 A
Tensión en circuito abierto	45.69 V	38.10 V	38.24 V
Corriente de cortocircuito	5.69 A	8.72 A	8.76 A
Coefficiente de temp. potencia	-0.430 %/°C	-0.430 %/°C	-0.430 %/°C
Coefficiente de temp. tensión	-0.340 %/°C	-0.340 %/°C	-0.340 %/°C
Coefficiente de temp. corriente	0.049 %/°C	0.049 %/°C	0.049 %/°C
Carga máx. de corriente inversa	10 A	15 A	15 A
Temperatura admitida por el panel	-40 a +85 °C	-40 a +85 °C	-40 a +85 °C
Células por panel	72 uds	60 uds	60 uds
Tipo de célula	Silicio monocristalino	Silicio monocristalino	Silicio monocristalino
Dimensiones de la célula (l / a)	125 mm / 125 mm	156 mm / 156 mm	156 mm / 156 mm
Tipo de conexión	Cables 4 mm² con conectores MC4	Cables 4 mm² con conectores MC4	Cables 4 mm² con conectores MC4
Marco de montaje	Aluminio anodizado negro	Aluminio anodizado negro	Aluminio anodizado
Lamina posterior	Negra	Negra	Blanca
Dimensiones (l / a / a)	1580 mm / 808 mm / 40 mm	1650 mm / 991 mm / 40 mm	1650 mm / 991 mm / 40 mm
Peso	15.0 kg (aprox.)	18.5 kg (aprox.)	18.5 kg (aprox.)
Nº por contenedor	728 uds	728 uds	728 uds
Carga máx.	5400 Nm²	5400 Nm²	5400 Nm²
Garantía de rendimiento*	10 / 25 años	10 / 25 años	10 / 25 años
Garantía de producto	10 años	10 años	10 años
Normas	IEC 61215, IEC 61730, clase de protección 2, marca CE, MCS, ISO 9001 (2008), ISO 14001 (2004), BS OHSAS 18001 (2007)	IEC 61215, IEC 61730, clase de protección 2, marca CE, MCS, ISO 9001 (2008), ISO 14001 (2004), BS OHSAS 18001 (2007)	IEC 61215, IEC 61730, clase de protección 2, marca CE, MCS, ISO 9001 (2008), ISO 14001 (2004), BS OHSAS 18001 (2007)

* - Garantía de rendimiento del fabricante: 10 años si la pérdida de potencia del panel es superior al 10 % / 25 años si la pérdida de potencia del panel es superior al 20 % de la potencia nominal mín. en condiciones de ensayo estándar (STC).

Las especificaciones eléctricas han sido medidas en condiciones de ensayo estándar (STC): irradiación 1 kW/m², espectro de 1.5 masa del aire y temperatura de la célula de 25°C.

15. Corriente de carga

Preferentemente, la corriente de carga no debe superar 0,2 C (20 A para una batería de 100 Ah). La temperatura de una batería aumentará más de 10°C si la corriente de carga es superior a 0,2 C. Así pues, la compensación de temperatura resulta indispensable para corrientes de carga superiores a 0,2 C.

Utilización en Flotación	Ciclos normal	Ciclos Recarga rápida
Victron AGM "Deep Cycle"		
Absorción	14,2 - 14,6	14,6 - 14,9
Flotación	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8
Almacenamiento	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5
Victron Gel "Deep Cycle"	14,1 - 14,4	
Absorción	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8
Flotación	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5
Victron Gel "Long Life"		
Absorción	14,0 - 14,2	
Flotación	13,5 - 13,8	
Almacenamiento	13,2 - 13,5	

Tabla 3: Voltajes de carga recomendados

12 Volt Deep Cycle AGM						Especificaciones generales	
Referencia	Ah	V	ltanxal mm	Peso kg	CCA @0°F	RES CAP @60°F	Tecnología: flat plate AGM Bornes: cobre, MS
BAT406235000	240	6	320x176x247	31	1500	480	Capacidad nominal: descarga en 20h a 25°C
BAT12070000	8	12	151x65x101	2,5			Dur. de vida en flotación: 7-10 años a 20°C
BAT12120000	14	12	151x88x101	4,1			Dur. de vida en ciclo: 200 ciclos en descarga 100%*
BAT12200000	22	12	181x77x167	5,8			400 ciclos en descarga 50%*
BAT12350000	38	12	197x165x170	12,5			900 ciclos en descarga 30%*
BAT12550000	60	12	229x138x227	20	450	90	
BAT12600000	66	12	258x166x235	24	520	100	
BAT12800000	90	12	350x167x183	27	600	145	
BAT12101000	110	12	330x171x220	32	800	190	
BAT12121000	130	12	410x176x227	38	1000	230	
BAT12151000	165	12	485x172x240	47	1200	320	
BAT12201000	220	12	522x238x240	65	1400	440	

12 Volt Deep Cycle GEL						Especificaciones generales	
Referencia	Ah	V	ltanxal mm	Peso kg	CCA @0°F	RES CAP @80°F	Tecnología: flat plate GEL Bornes: cobre, MS
BAT12550100	60	12	229x138x227	20	300	80	Capacidad nominal: 20 hr discharge at 25°C
BAT12600100	66	12	258x166x235	24	360	90	Dur. de vida en flotación: 12 years at 20°C
BAT12800100	90	12	350x167x183	26	420	130	Dur. de vida en ciclo: 300 ciclos en descarga 100%*
BAT12101100	110	12	330x171x220	33	550	180	600 ciclos en descarga 50%*
BAT12121100	130	12	410x176x227	38	700	230	1300 ciclos en descarga 30%*
BAT12151100	165	12	485x172x240	48	850	320	
BAT12201100	220	12	522x238x240	66	1100	440	

2 Volt Long Life GEL						Especificaciones generales	
Referencia	Ah	V	ltanxal mm	Peso kg	CCA @0°F	RES CAP @80°F	Tecnología: tubular plate GEL Terminal: copper
BAT702601260	600	2	149x208x710	48			Capacidad nominal: 10 hr discharge at 25°C
BAT702801260	800	2	215x193x710	68			Dur. de vida en flotación: 20 years at 20°C
BAT702102260	1000	2	215x235x710	82			Dur. de vida en ciclo: 1200 ciclos en descarga 100%*
BAT702122260	1200	2	215x277x710	94			1200 ciclos en descarga 50%*
BAT702152260	1500	2	215x277x855	120			2400 ciclos en descarga 30%*
BAT702202260	2000	2	215x400x815	160			
BAT702222260	2500	2	215x400x815	200			
BAT702302260	3000	2	215x500x815	240			

Otras capacidades y tipos de bornes: por engargo
* Voltaje de fin de descarga: 10,8 V para una batería de 12 V

Anexo 19. Inversión activos fijos alternativa Generador 7 KVA.

	Ítem	Unid.	Cant.	Valor unitario	Total
1	Costos inversión Activos fijos Proyecto Generador 7 KVA				
1.1	Sistema de riego (materiales)				
1.1.1	Red Hidráulica				
	Tee PVC 75mm	UNIDADES	8	2.678	21.424
	Tee PVC 63mm	UNIDADES	3	1.999	5.997
	METROS PVC 75mm C4	Tiras 6 metros	113,3	8.711	987.247
	METROS PVC 63mm C6	Tiras 6 metros	97	7.607	737.879
	METROS PVC 50mm C6	Tiras 6 metros	51,5	5.527	284.641
	METROS PVC 40mm C6	Tiras 6 metros	29,8	4.675	139.471
	METROS PVC 32mm C10	Tiras 6 metros	42,3	3.447	145.923
	TERMINALES PVC 75x2"HE	UNIDADES	10	1.990	19.900
	TERMINALES PVC 63X2"HE	UNIDADES	6	1.199	7.194
	TERMINALES PVC 32X1"HE	UNIDADES	11	172	1.892
	CODOS 90° PVC 75mm	UNIDADES	20	1.790	35.800
	CODOS 90° PVC 63mm	UNIDADES	15	1.450	21.750
	CODOS 90° PVC 32mm	UNIDADES	22	197	4.334
	REDUCCIÓN LARGA 75X63	UNIDADES	8	1.035	8.280
	REDUCCIÓN LARGA 63X50	UNIDADES	11	483	5.313
	REDUCCIÓN LARGA 50X40	UNIDADES	11	276	3.036
	REDUCCIÓN LARGA 40X32	UNIDADES	11	171	1.881
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 2.431.961
1.1.2	Línea de riego				
	GOTEROS INTEGRADOS 3,5 l/h	m	14820	347,00	5.142.616
	METROS TUBERÍA PE 16mm x 1,2 mm	m	224	115,00	25.760
	CONECTORES 16mm	UNIDADES	224	38,00	8.512
	GROMITS 16mm	UNIDADES	224	71,00	15.904
	TEE PE 16mm	UNIDADES	224	79,00	17.696
	TERMINALES DE LÍNEA 16mm	UNIDADES	448	204,00	91.392
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 5.301.880
1.1.3	Válvulas y reguladores de presión				
	VALVULA SOLENOIDE 2"	UNIDADES	8	26.900,00	215.200
	VALVULA BOLA 1"	UNIDADES	11	1.450,00	15.950
	VÁLVULA VENTOSA 1"	UNIDADES	8	6.090,00	48.720
	Collarin PE2"x1"HI	UNIDADES	8	1.686,00	13.488
	VÁLVULA VENTOSA 1"	unidad	2	6.090,00	12.180
	Collarin PE2"x1"HI	unidad	2	1.686,00	3.372
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 308.910
1.1.4	Automatización				
	PROGRAMADOR DE RIEGO 8 ESTACIONES Irritrol			57300	57.300
	TIRAS CONDUIT 32mm	Tiras 6 metros	132	3302	72.644
	TIRAS CONDUIT 25mm	Tiras 6 metros	272	2180	98.827
	TIRAS CONDUIT 20mm	Tiras 6 metros	68	1730	19.719
	CABLE NYA 2,5 ROJO	m	2727,8	326	889.263
	CABLE NYA 2,5 BLANCO	m	2727,8	326	889.263
	CABLE NYA 2,5 VERDE	m	2727,8	326	889.263
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 2.916.278
1.1.5	Centro de control				
	TUBO SUCCIÓN FLEXIBLE 2 1/2"	m	10	4.000	40.000
	TERMINAL HE 63 mm	unidades	1	1.119	1.119
	CODOS PVC 90° 63mm	unidades	3	1.450	4.350
	VÁLVULA DE COMPUERTA BRONCE 2"	unidades	2	12.600	25.200
	VÁLVULA VENTOSA 1"	unidades	1	6.090	6.090
	COLLARIN PE 2"x1"HI	unidades	1	1.686	1.686
	FILTRO DE ANILLOS AMIAD 2T 2"	unidades	1	84.700	84.700
	TEE PVC 63X25mm	unidades	2	278	556
	Buje reducción 63x32 mm	unidades	2	777	1.554
	Buje reducción 32x25 mm	unidades	2	69	138

	FILTRO DE MALLA 3/4"	unidades	1	4.474	4.474
	COLLARÍN 63 mm X1"	unidades	1	1.686	1.686
	MANÓMETRO GLICERINA 0-10 BAR	unidades	3	11.200	33.600
	TIRAS PVC 25mm c/16	Tiras 6 metros	1	2.281	2.281
	TERMINAL HI 25mmx3/4"	unidades	2	115	230
	INYECTOR VENTURI 3/4" MAZZEI CON KIT DE SUCCIÓN	unidades	1	11.000	11.000
	VÁLVULA BOLA PVC 3/4"	unidades	2	990	1.980
	Codos 3/4	unidades	2	128	256
	TERMINAL 63X2" HE	unidades	10	1.199	11.990
	TERMINAL PVC 25X3/4" HE	unidades	4	113	452
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 233.342
1.1.6	Tecnologías impulsión				
	Generador 7 kva (1)	unidades	1	1.062.000	1.062.000
	Bomba BP 10NC 5,5 HP (2)	unidades	1	362.290	362.290
	Fuente: Mcrental (1); Agrosystems (2)				
	Subtotal				\$ 1.424.290
1.1.7	Caseta de riego				
	Excavación terreno semi duro	M3	20	1.860	38.200
	Hormigón h25	M3	6	54.870	325.435
	Fierro	KG	148	503	84.612
	Pérdidas	%	3		12.001
	Moldajes	M2	5	2.138	10.688
	Carpintero	ds	8	12.108	96.860
	Ayudante	ds	8	6.000	48.000
	Ripio	M3	0,75	7.800	5.850
	Arena	M3	0,44	6.000	2.640
	Cemento	bolsa	8	3.860	33.880
	Betonera	hra.	0,42	975	820
	Concretero	ds	1	9.000	9.000
	Pino bruto	pulg.	0,49	1.100	539
	Clavo 2 1/2	kg	0,11	350	133
	Alambre negro N° 14	kg	0,20	375	675
	Carpintero + 1/2 ayudante	ds	0,11	9.000	990
	Leyes sociales	%	50		76.995
	Fierro redondo 8 mm	KG	1	285	1.484
	Jornalero	ds	0,20	6.000	1.200
	Fuente: Greenerterc Ltda				
	Subtotal				\$ 750.001
1.2	Inversión en plantas				
1.2.1	Plantas y replantes				
	Costo de las plantas	por planta	4995	1.000	4.995.000
	1% replantes	Unidad	52,5	1.000	52.500
	Fuente: FIA, 2008.				
	Subtotal				\$ 5.047.500
	Imprevistos (1%) materiales, equipos riego				133.667
	Total				\$ 18.547.828

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 20. Inversión activos fijos alternativa Motobomba.

	Ítem	Unid.	Cant.	Valor unitario	Total
1	Costos inversión Activos fijos Proyecto Motobomba.				
1.1	Sistema de riego (materiales)				
1.1.1	Red Hidráulica				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 2.431.961
1.1.2					

	Línea de riego				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 5.301.880
1.1.3	Válvulas y reguladores de presión				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 308.910
1.1.4	Automatización				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 2.916.278
1.1.5	Centro de control				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 233.342
1.1.6	Tecnologías impulsión				
	Motobomba Honda WH20X 5,5 HP	unidades	1	460.000	460.000
	Fuente: Baper.				
	Subtotal				\$ 460.000
1.1.7	Caseta de riego				
	Fuente: Greenerterc Ltda				
	Subtotal				\$ 750.000
1.2	Inversión en plantas				
1.2.1	Plantas y replantes				
	Fuente: FIA, 2008.				
	Subtotal				\$ 5.047.500
	Imprevistos (1%) materiales, equipos riego				124.024
	Total				\$ 17.573.895

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 21. Inversión activos fijos alternativa Turbina hidráulica.

	Ítem	Unid.	Cant.	Valor unitario	Total
1	Costos inversión Activos fijos Proyecto Turbina hidráulica.				
1.1	Sistema de riego (materiales)				
1.1.1	Red Hidráulica				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 2.431.961
1.1.2	Línea de riego				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 5.301.880
1.1.3	Válvulas y reguladores de presión				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 308.910

	Subtotal				
1.1.4	Automatización	<hr/>			
	Fuente: Agrosystems	<hr/>			
	Subtotal				\$ 2.916.278
1.1.5	Centro de control	<hr/>			
	Fuente: Agrosystems	<hr/>			
	Subtotal				\$ 233.342
1.1.6	Tecnología impulsión	<hr/>			
	Bolones para llenado de gaviones	MT3	6	5.000	30.000
	Gavión 2000x1000x500	UN	4	13.800	55.200
	Compuerta metálica 900x1000mm c/ hilo	KG	112	1.820	203.840
	Mortero base compuerta	MT3	0,3	125.000	37.500
	Arriendo generador y betonera	GL	4	22.000	88.000
	Moldaje para gaviones	MT 2	16	3.800	60.800
	Mortero base gaviones	MT3	4	125.000	500.000
	Alambre 6mm estructuración gaviones	KG	5	820	4.100
	Moldaje loza turbina	MT2	4	4.500	18.000
	Bloques de cemento 30x20x10cm	UN	20	980	19.600
	Bomba centrífuga eje libre 4,5 l/s	UN	1	800.000	800.000
	Fitting succión y descarga	GL	1	85.000	85.000
	Filtro gravilla 160 lt, completo	MT3	2	95.000	190.000
	Turbina Kaplan 600mm 10hp	GL	1	3.800.000	3.800.000
	Chasis turbina bomba generador	KG	160	2.200	352.000
	Cuadro eléctrico de control y regulación	GL	1	1.800.000	1.800.000
	Montaje cuadro eléctrico y regulación	GL	1	320.000	320.000
	Generador 5kw	GL	1	1.200.000	1.200.000
	Sistema de correasy poleas	GL	1	220.000	220.000
	Desarenador 0,5 m3	MT3	0,4	125.000	50.000
	Válvula de limpieza 3"	GL	1	45.000	45.000
	Cámara de carga	MT3	0,6	125.000	75.000
	Moldaje cámara de carga	MT2	8	4.500	36.000
	Enfierradura de cámara	KG	80	650	52.000
	Tubo metálico aducción 500mm	UN	1	140.000	140.000
	Desgaste de herramientas	gl	1	80.000	80.000
	Día equivalente a taller	DIA	8	4500	45000
	Gastos generales e imprevistos		0,06		711.428
	Ingreso neto		0,18		2.134.285
	Fuente: Metalurgica Germanía Ltda	<hr/>			
	Subtotal				\$ 13.152.754
1.1.7	Caseta de riego	<hr/>			
	Fuente: Greenerterc Ltda	<hr/>			
	Subtotal				\$ 750.000
1.2	Inversión en plantas	<hr/>			
1.2.1	Plantas y replantes	<hr/>			
	Fuente: FIA, 2008.	<hr/>			
	Subtotal				\$ 5.047.500
	Imprevistos (1%) materiales, equipos riego				133.667
	Total				\$ 30.276.292

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 22. Inversión activos fijos alternativa Generador 10 KVA.

	Ítem	Unid.	Cant.	Valor unitario	Total
1	Costos inversión Activos fijos Proyecto Generador 10 KVA				
1.1	Sistema de riego (materiales)				
1.1.1	Red Hidráulica				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 2.258.133
1.1.2	Línea de riego				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 5.301.880
1.1.3	Válvulas y reguladores de presión				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 308.910
1.1.4	Automatización				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 2.916.278
1.1.5	Centro de control				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 233.342
1.1.6	Tecnología impulsión				
	Generador 10 KVA (1)	unidades	1	2.790.000	2.790.000
	Bomba SAER NS-95E-24 7,5 HP (2)	unidades	1	1.083.529	1.083.529
	Fuente: Mcrental (1); Agrosystems (2).				
	Subtotal				\$ 3.873.529
1.1.7	Caseta de riego				
	Fuente: Greenerterc Ltda				
	Subtotal				\$ 750.000
1.1.8	Construcción pozo profundo				
	Pozo profundo	m	35	160.000	5.600.000
	Fuente: Armando Lillo.				
	Subtotal				\$ 5.600.000
1.2	Inversión en plantas				
1.2.1	Plantas y replantes				
	Fuente: FIA, 2008.				
	Subtotal				\$ 5.047.500
	Imprevistos (1%) materiales, equipos riego				212.421
	Total				\$ 26.501.994

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 23. Inversión activos fijos alternativa Sistema fotovoltaico.

	Ítem	Unid.	Cant.	Valor unitario	Total
1	Costos inversión Activos fijos Proyecto Sistema fotovoltaico.				
1.1	Sistema de riego (materiales)				
1.1.1	Red Hidráulica				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 2.258.133
1.1.2	Línea de riego				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 5.301.880
1.1.3	Válvulas y reguladores de presión				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 308.910
1.1.4	Automatización				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 2.916.278
1.1.5	Centro de control				
	Fuente: Agrosystems				
	Subtotal				\$ 233.342
1.1.6	Tecnología impulsión				
	Bomba SAER NS-95E-24 7,5 HP (2)	unidades	1	1.083.529	1.083.529
	Placas 245 w policristalina Ja Solar	unidades	128	153.517	19.650.176
	Baterías 220 A Victron	unidades	80	254.033	20.322.640
	Regulador Carga 70 A Victron	unidades	18	340.557	6.130.019
	Inversor 10 Kw Victron	unidades	1	3.112.811	3.112.811
	Estructura	unidades	1	2.398.630	2.398.630
	Parte electrica	unidades	1	259.699	259.699
	Fuente: Greenertec (2); Agrosystems (1).				
	Subtotal				\$ 52.957.504
1.1.7	Caseta de riego				
	Fuente: Greenertec Ltda				
	Subtotal				\$ 750.000
1.1.8	Construcción pozo profundo				
	Pozo profundo	m	35	160.000	5.600.000
	Fuente: Armando Lillo				
	Subtotal				\$ 5.600.000
1.2	Inversión en plantas				
1.2.1	Plantas y replantes				
	Subtotal				\$ 5.047.500
	Imprevistos (1%) materiales, equipos riego				133.667
	Total				\$ 75.507.215

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 24. Inversión activos nominales alternativas Generador 7 KVA, Motobomba y Generador 10 KVA.

Ítem	Unidad	Valor	Nº/ha	\$/ha	\$/7,5 ha
Drenaje y preparación de suelo	unidad	100.000	1	100.000	750.000

Holladuras, plantar y tapar	por planta	100	666	66.600	499.500
Fertilización de base	por planta	118	666	78.588	589.410
Topografía de plantación	por planta	13.000	1	13.000	97.500
Montaje sistema de riego	Unidad	-	1	138.960	1.042.200
Zanjas	Unidad	-	1	73.031	547.734
Varios, fungicida, selección materiales, etc.	por planta	100	666	66.600	499.500
Varios e imprevistos	5%	99.931	1	99.931	749.483
Costo total activo nominal				\$ 636.710	4.775.327

Fuente: FIA, 2010.

Anexo 25. Inversión activos nominales alternativa Turbina hidráulica.

Ítem	Unidad	Valor	N°/ha	\$/ha	\$/7,5 ha
Drenaje y preparación de suelo	unidad	100.000	1	100.000	750.000
Holladuras, plantar y tapar	por planta	100	666	66.600	499.500
Fertilización de base	por planta	118	666	78.588	589.410
Topografía de plantación	por planta	13.000	1	13.000	97.500
Instalación de faenas	JDA	18.500	3	55.500	55.500
Roce y despeje área intervenida	JDA	18.500	3	55.500	55.500
Limpieza área y fondo canal (retro)	HR	22.000	4	88.000	88.000
Transporte bolones gaviones (retro)	GL	100.000	1	100.000	100.000
Bolones estabilizado base turbina (retro)	MT3	5.000	0,4	2.000	2.000
Instalación de compuerta metálica	JDA	18.500	4	74.000	74.000
Transporte insumos y equipos	GL	80.000	1	80.000	80.000
Retiro de escombros, carga de equipos	JDA	18.500	3	55.500	55.500
Transporte personal a terreno (120km)	ss	220	1680	369.600	369.600
Alimentación en terreno (3x20)	dia	8.000	20	160.000	160.000
Instalación de compuerta principal	JDA	18.500	6	111.000	111.000
Confeción radier sala turbina	JDA	18.500	6	111.000	111.000
Instal. turbina y p de bombeo	JDA	18.500	8	148.000	148.000
Instal mortero base gav y compuerta	JDA	18.500	3	55.500	55.500
Instal moldaje de gaviones	JDA	18.500	2	37.000	37.000
Llenado de gaviones	JDA	18.500	6	111.000	111.000
Llenado pared interna impermeable	JDA	18.500	3	55.500	55.500
Puesta en marcha	JDA	18.500	2	37.000	37.000
Montaje sistema de riego	Unidad	-	1	138.960	1.042.200
Zanjas	Unidad	-	1	73.031	547.734
Varios, fungicida, selección materiales, etc.	por planta	100	666	66.600	499.500
Varios e imprevistos	5%	99.931	1	99.931	749.483
Costo total activo nominal				\$ 2.342.810	\$ 6.481.427

Fuente: FIA, 2010; Metalúrgica Germania Ltda.

Anexo 26. Inversión activos alternativa alternativa Sistema fotovoltaico.

Ítem	Unidad	Valor	N°/ha	\$/ha	\$/7,5 ha
Drenaje y preparación de suelo	unidad	100.000	1	100.000	750.000
Holladuras, plantar y tapar	por planta	100	666	66.600	499.500
Fertilización de base	por planta	118	666	78.588	589.410
Topografía de plantación	por planta	13.000	1	13.000	97.500
Instalación paneles fotovoltaicos	Unidad	-	-	-	2.720.909
Montaje sistema de riego	Unidad	-	1	138.960	1.042.200
Zanjas	Unidad	-	1	73.031	547.734
Varios, fungicida, selección materiales, etc.	por planta	100	666	66.600	499.500
Varios e imprevistos	5%	99.931	1	99.931	749.483
Costo total activo nominal				\$ 636.710	\$ 7.496.236

Fuente: FIA, 2010; Greenertec ltda.

Anexo 27. Valor residual, alternativa Generador 7 KVA.

Componente	Valor inicial	Vida útil SII	Depreciación 1	Depreciación 2	Valor residual
Generador 7 KVA	1.062.000	6	177.000	177.000	531.000
Bomba centrífuga	362.290	10	36.229	36.229	181.145
Cabezal de riego	233.342	10	23.334	23.334	116.671
Caseta bomba	750.000	50	15.000	15.000	525.000
Red hidráulica	2.431.961	30	81.065	81.065	1.215.981
Línea de riego	5.301.880	10	530.188	530.188	2.650.940
Válvulas y reguladores de presión	308.910	10	30.891	30.891	154.455
Automatización.	2.916.278	20	145.814	145.814	729.070
Plantas	5.047.500	13	388.269		
TOTAL			\$ 1.427.791	\$ 1.039.521	\$ 6.104.261

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 28. Valor residual, alternativa Motobomba.

Componente	Valor inicial	Vida útil SII	Depreciación 1	Depreciación 2	Valor residual
Motobomba Honda WH20X.	460.000	8	57.500	57.500	57.500
Cabezal de riego	233.342	10	23.334	23.334	116.671
Caseta de riego	750.000	50	15.000	15.000	525.000
Red hidráulica	2.431.961	30	81.065	81.065	1.215.981
Línea de riego	5.301.880	10	530.188	530.188	2.650.940
Válvulas y reguladores de presión	308.910	10	30.891	30.891	154.455
Automatización.	2.916.278	20	145.814	145.814	729.070
Plantas	5.047.500	13	388.269		
TOTAL			\$ 1.272.062	\$ 883.792	\$ 5.449.616

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 29. Valor residual, alternativa Turbina hidráulica.

Componente	Valor inicial	Vida útil SII	Depreciación 1	Depreciación 2	Valor residual
TURBINA KAPLAN 600mm 10HP	3.800.000	10	380.000	380.000	1.900.000
BOMBA CENTRIFUGA EJE LIBRE	800.000	8	100.000	100.000	100.000
GENERADOR 5KW	1.200.000	10	120.000	120.000	600.000
Caseta riego	750.000	50	15.000	15.000	525.000
Red hidráulica	2.431.961	30	81.065	81.065	1.215.981
Línea de riego	5.301.880	10	530.188	530.188	2.650.940
Válvulas y reguladores de presión	308.910	10	30.891	30.891	154.455
Automatización.	2.916.278	20	145.814	145.814	729.070
Plantas	5.047.500	13	388.269		
TOTAL			\$ 1.791.227	\$ 1.402.958	\$ 7.875.445

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 30. Valor residual, alternativa Generador 10 KVA.

Componente	Valor inicial	Vida útil SII	Depreciación 1	Depreciación 2	Valor residual
Generador 10 KVA	2.790.000	6	465.000	465.000	1.395.000
Bomba centrífuga 7,5 HP	1.083.529	10	108.353	108.353	541.765
Cabezal de riego	233.342	10	23.334	23.334	116.671
Caseta de riego	750.000	50	15.000	15.000	525.000
Red hidráulica	2.258.133	30	75.271	75.271	1.129.067
Línea de riego	5.301.880	10	530.188	530.188	2.650.940
Válvulas y reguladores de presión	308.910	10	30.891	30.891	154.455
Automatización.	2.916.278	20	145.814	145.814	729.070
Pozo profundo	5.600.000	40	140.000	140.000	3.500.000
Plantas	5.047.500	13	388.269		
TOTAL			\$ 1.922.120	\$ 1.533.851	\$ 7.241.967

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 31. Valor residual, alternativa Sistema fotovoltaico.

Componente	Valor inicial	Vida útil SII	Depreciación 1	Depreciación 2	Valor residual
Placas 245 w policristalina	19.650.176	20	982.509	982.509	4.912.544
Baterías 220 A Victron	20.582.339	12	1.715.195	1.715.195	15.436.754
Inversor 10 KW Victron	3.112.811	10	311.281	311.281	1.556.406
Soporte	2.398.630	30	79.954	79.954	1.199.315
Bomba pozo profundo	1.083.529	10	108.353	108.353	541.765
Caseta riego	750.000	50	15.000	15.000	525.000
Red hidráulica	2.258.133	30	75.271	75.271	1.129.067
Línea de riego	5.301.880	10	530.188	530.188	2.650.940
Válvulas y reguladores de presión	308.910	10	30.891	30.891	154.455
Pozo profundo	5.600.000	40	140.000	140.000	3.500.000
Automatización.	2.916.278	20	145.814	145.814	729.070
Plantas	5.047.500	13	388.269		
TOTAL			\$ 4.522.725	\$ 4.134.456	\$ 32.335.314

Fuente: Elaborado por el autor.

Anexo 42. Periodo de recuperación de la inversión, alternativa generador 7 KVA.

Años	Flujo neto de caja (\$)	PRI
0	-57.356.867	
1	-11.652.146	-69.009.012
2	-11.753.238	-80.762.251
3	-8.769.551	-89.531.801
4	-2.606.913	-92.138.715
5	3.546.889	-88.591.825
6	10.264.860	-78.326.965
7	19.253.967	-59.072.998
8	27.181.073	-31.891.925
9	35.108.179	3.216.254
10	28.901.757	32.118.011
11	35.108.179	67.226.190
12	34.046.179	101.272.370
13	35.108.179	136.380.549
14	35.108.179	171.488.728
15	75.246.153	246.734.881

Anexo 43. Periodo de recuperación de la inversión, alternativa motobomba

Años	Flujo neto de caja (\$)	PRI
0	-47.566.851	
1	-9.531.542	-57.098.393
2	-9.632.635	-66.731.028
3	-6.648.947	-73.379.975
4	-486.310	-73.866.284
5	5.667.493	-68.198.791
6	13.447.464	-54.751.327
7	21.374.570	-33.376.757
8	29.301.677	-4.075.080
9	37.228.783	33.153.703
10	28.468.373	61.622.075
11	37.228.783	98.850.858
12	37.228.783	136.079.641
13	37.228.783	173.308.424
14	37.228.783	210.537.207
15	67.896.029	278.433.236

Anexo 44. Periodo de recuperación de la inversión, alternativa turbina hidráulica

Años	Flujo neto de caja (\$)	PRI
0	-56.465.368	
1	-6.434.383	-62.899.751
2	-6.535.475	-69.435.226
3	-3.551.788	-72.987.014
4	2.610.850	-70.376.164
5	8.764.652	-61.611.512
6	16.544.623	-45.066.889

7	24.471.730	-20.595.159
8	31.598.836	11.003.677
9	40.325.942	51.329.619
10	29.481.810	80.811.429
11	40.325.942	121.137.371
12	40.325.942	161.463.314
13	40.325.942	201.789.256
14	40.325.942	242.115.198
15	67.909.037	310.024.235

Anexo 45. Periodo de recuperación de la inversión, alternativa generador 10 KVA

Años	Flujo neto de caja (\$)	PRI
0	-56.011.039	
1	-8.933.509	-64.944.548
2	-9.034.601	-73.979.149
3	-6.050.914	-80.030.063
4	111.724	-79.918.339
5	6.265.526	-73.652.813
6	11.255.497	-62.397.316
7	21.972.604	-40.424.712
8	29.899.710	-10.525.002
9	37.826.816	27.301.814
10	30.899.155	58.200.969
11	37.826.816	96.027.785
12	35.036.816	131.064.602
13	37.826.816	168.891.418
14	37.826.816	206.718.234
15	69.802.502	276.520.736

Anexo 46. Periodo de recuperación de la inversión, alternativa sistema fotovoltaico

Años	Flujo neto de caja (\$)	PRI
0	-111.093.261	
1	-6.387.596	-117.480.857
2	-6.488.689	-123.969.546
3	-3.505.001	-127.474.547
4	2.657.636	-124.816.911
5	8.811.439	-116.005.472
6	16.591.410	-99.414.062
7	24.518.516	-74.895.546
8	32.445.623	-42.449.923
9	40.372.729	-2.077.195
10	30.332.257	28.255.062
11	40.372.729	68.627.791
12	19.790.390	88.418.181
13	40.372.729	128.790.909
14	40.372.729	169.163.638
15	100.797.855	269.961.493

