



**Facultad de Ingeniería
Escuela de Construcción Civil**

**Estudio de la factibilidad técnica y económica del
aprovechamiento de la presión del agua potable domiciliaria para
la generación de energía eléctrica**

**Por:
David Olivares Vergara**

**Tesis para optar al Grado de Licenciado en Ciencias de la
Construcción y Título de Ingeniero Constructor.**

Prof. Guía: Nelson Valdés M.

Diciembre 2015

Índice

Contenido

CAPITULO I Antecedentes Generales	5
1.1 Introducción.	6
1.2 Objetivos de la Investigación.	8
1.2.1 Objetivos Generales	8
1.2.2 Objetivos Específicos	8
1.3 Alcances y Limitaciones.	8
1.4 Metodología de trabajo.....	9
1.5 Cuadro resumen metodología.....	10
CAPITULO II Recursos para la generación de energía.....	11
2.1 Recurso hídrico	12
2.2 Recurso hidráulico a utilizar para el proyecto.....	14
2.3 Turbinas.....	16
2.3.1 Picoturbinas Pelton.....	17
2.3.2 Turbina Francis	18
2.3.3 Las turbinas Francis espiral.....	19
2.3.4 Turbina Kaplan.....	19
2.4 Energía eléctrica.....	21
2.5 Centrales de generación	21
2.6 Consumo eléctrico en una casa común	22
2.7 Generador eléctrico.	23
2.8 Electricidad.....	24
2.9 Mercado energético en Chile	27
2.10 Matriz energética en Chile	28
2.11 Valparaíso.....	32
CAPITULO III DETERMINACION HIDRICA Y ENERGETICA EN RED DOMICILIARIA DE AGUA POTABLE	34
3.1 Caudal disponible.....	35
3.2 Dimensionamiento de la turbina según caudal.....	36
3.3 Determinación de turbina con mejores condiciones.	38
3.4 Turbina	38
CAPITULO IV desarrollo experimental	41
4.1 Determinación de Caudales in-situ.	42
4.2 Determinación de presión.....	44
4.3 Determinación de energía producida por una turbina.	46
4.4 Ubicación del sistema.....	55
CAPITULO V	56
Análisis de resultados.....	56
5.1 Análisis FODA.....	57
5.2 Análisis de costo del sistema.....	58
CAPITULO VI Conclusiones	68
Bibliografía.....	71
Anexo	72

Índice de imágenes

Imagen 2.1- Ciclo hidrológico natural	12
Imagen 2.2- Esquema representativo de una red de distribución de agua potable.....	15
Imagen 2.3 – Turbina pelton.....	17
Imagen 2.4 – Turbina Francis	18
Imagen 2.5 – Turbina kaplan.....	19
Imagen 2.6- Esquema de pérdidas de cargas en una turbina.....	20
Imagen 2.7- Tabla de consumo en una casa promedio en Chile	23
Imagen 2.8 – Generador eléctrico.	24
Imagen 2.9- Sistemas eléctricos en chile	28
Imagen 2.10 Expansión de la generación eléctrica en chile.....	29
Imagen 2.11 Gases de Efecto Invernadero.....	30
Imagen 3.1 – esquema representativo de prueba in-situ de toma de caudal	35
Imagen 3.2- Manómetro a utilizar.....	35
Imagen 3.3 - Clasificación de turbinas en base a N_s (velocidad específica) y H (altura de carga)	38
Imagen 4.1 - Ubicación geográfica de la toma de datos	42
Imagen 4.2 – turbina generando energía eléctrica en domicilio El Peral #60. Registrando un voltaje de 6,32V al tener un caudal de 0.07 litros por segundo.	46
Imagen 4.3-Grafica de voltaje vs Caudal	47
Imagen 4.4-Gráfico que se desprende de la toma de muestras de corriente generada por una turbina.....	48
Imagen 4.5-Esquema de medición de corriente consumida por el inversor.....	49
Imagen 4.6 Inversor de corriente utilizado.....	49
Imagen 4.7-Grafica de consumo de inversor de corriente	50
Imagen 4.8 – Toma de mediciones de consumo del inversor utilizando una ampolleta de 40 watts	51
Imagen 4.9- Esquema Representativo de sistema de micro turbinas	52
Imagen 4.10- Diagrama eléctrico para sistema propuesto	54
Imagen 4.11– Ubicación del sistema dentro del domicilio	55
Imagen 5.1 - Grafica de consumo de agua anual de vivienda el peral 60.....	59
Imagen 5.2 - Grafica de consumo de agua anual de vivienda 12 febrero 363	59
Imagen 5.3- Grafica de consumo anual de vivienda ubicada en republica 244	59

Índice de tablas

Tabla 4.1 Datos Valparaíso el peral #60 plaza de la justicia.....	43
Tabla 4.2 Datos plan de Valparaíso 12 febrero #363	43
Tabla 4.3 Datos cerro calle republica #244 cerro playa ancha.....	44
Tabla 4.4 resumen promedios caudales.....	44
Tabla 4.5 Datos Presión Valparaíso el peral #60 plaza de la justicia.....	45
Tabla 4.6 Datos Presión plan de Valparaíso 12 febrero #363	45
Tabla 4.7 Datos Presión cerro calle republica #244 cerro playa ancha.....	45
Tabla 4.8 resumen promedio presiones.....	46
Tabla 4.9 Voltaje producido por una turbina	47
Tabla 4.10 Caudal vs Corriente.....	48
Tabla 4.11 Consumo del inversor de corriente del sistema.....	50
Tabla 5.1 Detalle de costo del sistema	58
Tabla 5.2 Tiempo de funcionamiento del sistema.....	60
Tabla 5.3 Evaluación en pesos de la energía generada.	61
Tabla 5.4 ahorro por vivienda	61
Tabla 5.4 Valor actual neto de sistema instalado en El Peral 60	62
Tabla 5.5 Valor actual Neto quebrada verde 244.....	62
Tabla 5.6 calculo del nuevo costo del sistema	64
Tabla 5.7 Valor actual neto el peral #60 incrementando los ingresos en un 30%.....	65
Tabla 5.8 Valor actual neto el peral #60 incrementando los ingresos en un 50%.....	65
Tabla 5.9 Valor actual neto republica #244 incrementando los ingresos en un 30%	66
Tabla 5.10 Valor actual neto republica #244 incrementando los ingresos en un 50%	66
Tabla 5.11 Datos extrapolados al estimar implementar en 37.500 viviendas	67

CAPITULO I

Antecedentes Generales

1.1 Introducción.

Estudios realizados por parte de la organización de naciones unidas demuestran que la población actual es de 6.800 millones de habitantes y se espera que para el 2050 sea de 9.000 millones de habitantes. En la actualidad, nuestra sociedad está ligada al consumo energético para desarrollarnos diariamente, con lo cual la demanda energética aumenta cada día, y en consecuencia nace la necesidad de generar energías renovables no convencionales.

Chile vive un momento crucial en su historia, se enfrenta al enorme desafío de generar las condiciones adecuadas para llegar a ser un país desarrollado en la próxima década. Para alcanzar el ansiado desarrollo, se requiere de un crecimiento sostenido debido a que en la medida que nuestro país crece, mayor energía requiere. A futuro en materia energética, nuestro país aspira lograr que su futura demanda sea abastecida con energía limpia, segura y económica. (ERNC en el mercado chileno, 2009).

Nuestra geografía ofrece una variada riqueza de sus recursos naturales: El Desierto de Atacama dispone de uno de los más altos niveles de radiación solar en el mundo. Más aun, nuestro país posee un recurso eólico abundante tanto en el norte como en las zonas del sur y extremo sur del país. Además, por sus extendidas costas, existe un elevado potencial para el futuro desarrollo de la energía de los mares, mientras que la cordillera presenta grandes oportunidades para aprovechar energéticamente sus recursos hídricos y geotérmicos. Las fuentes de energía distribuidas a lo largo de Chile, conforme a sus excepcionales condiciones de calidad y disponibilidad, aspiramos que sean utilizadas respetando los más altos niveles de protección ambiental, en armonía con los elementos tradicionales de nuestra política energética. (Dieter, Holm, Arch, 2006).

Cabe destacar que, hoy en día somos totalmente dependientes del uso de combustibles fósiles (movilización, calefacción, etc.). La excesiva demanda de energía existente trae consigo la necesidad de incorporar fuentes de energías renovables de producción limpia, con la misión de dar sustentabilidad a generaciones futuras.

Cabe mencionar que, en los últimos años las condiciones para el desarrollo de las energías renovables no convencionales en Chile han mejorado significativamente las cuales han sido cristalizadas en la materialización de proyectos de inversión y la instauración de un debate nacional respecto de la importancia de una matriz energética diversificada, de las alternativas que el país tiene para lograr esa diversificación y del rol que deben cumplir las energías renovables no convencionales en el suministro de energía en el futuro inmediato. (ERNC en el mercado chileno, 2009)

El 1 de abril de 2008 entró en vigencia la Ley 20.257, que establece la obligación para las empresas eléctricas que efectúan ventas de energía a clientes finales para que acrediten que un porcentaje de la energía comercializada provenga de energías renovables no convencionales. (ERNC en el mercado chileno, 2009).

Una de las causas primordiales de la masificación de las ERNC dentro del escenario mundial, ha sido gracias a grupos medioambientalistas y asociaciones comunitarias aledañas a los centros energéticos, quienes han dado la voz de alerta respecto a las altas emisiones de partículas contaminantes que expelen los procesos generadores, siendo estos ligados directamente al cambio climático planetario de las últimas décadas. (ERNC, 2012)

Con el propósito de aportar con un recurso sustentable en el consumo de energía y aprovechar energía que no es utilizada, se plantea emplear el caudal de agua potable para la generación de energía eléctrica; haciendo hincapié en la ley de conservación de la energía: “La energía no se crea ni se destruye, solo se transforma”. La potencia eléctrica que se puede obtener depende de la cantidad de agua canalizada a la turbina, de la presión y del rendimiento eléctrico del generador. En este sentido, el agua que sale de la turbina es devuelta a su curso original a un nivel más bajo de energía respecto al que fue recogida. La propiedad más relevante de la energía hidráulica es que permite utilizarse a pequeña escala, de forma muy económica. Por ende, la energía producida será aprovechada de manera inmediata para evitar el almacenamiento, ya que en el proceso se producen pérdidas considerables que pueden afectar el diseño.

En la actualidad, el aprovechamiento hídrico para la generación de energía eléctrica es un método común en el país realizado por las grandes centrales hidroeléctricas como por ejemplo Central Hidroeléctrica Colbún. En este sentido, las centrales utilizan el método del embalse que mediante presas de contención reservan agua en un embalse. Estas centrales permiten aprovechar la energía potencial de la caída del agua entre dos niveles, que pasa a convertirse en energía cinética. En nuestro caso, este proyecto utiliza el mismo principio de generación de energía, pero a una escala mucho menor.

En esta investigación se abarcará el estudio de la energía mecánica aportada por el caudal de red domiciliar de agua potable, con el propósito de transformarla en energía eléctrica, la que posteriormente se almacenará en baterías de ciclo profundo (12v corriente continua). Se plantea transformarla a corriente alterna (220v CA) y aportar a la iluminación de la vivienda; lo que implica un beneficio económico para los usuarios que utilizan este tipo de energía renovable, además de un beneficio medioambiental, al disminuir el consumo eléctrico.

1.2 Objetivos de la Investigación.

1.2.1 Objetivos Generales

Estudiar la factibilidad técnica y económica del aprovechamiento del caudal de la red agua potable domiciliaria para la generación de energía eléctrica.

1.2.2 Objetivos Específicos

Determinar los factores que permitan evaluar el sistema, presión y caudal existente, cantidad de energía producida y pérdida de carga.

Diseñar un sistema para uso domiciliario, mediante el aprovechamiento del caudal entregada por la empresa distribuidora de agua potable, utilizando su energía cinética para generar energía eléctrica mediante micro turbinas.

Estimar costos económicos del sistema de generación de energía hidroeléctrica.

1.3 Alcances y Limitaciones.

La experiencia se desarrollará en 3 domicilios de la ciudad de Valparaíso ubicados en subida El peral #60 Plaza de la Justicia, República #244 Quebrada Verde y 12 de Febrero #363 en el plan de Valparaíso.

El sistema se encuentra compuesto por la turbina Micro-hydro Water Flow 1/2"

La factibilidad del sistema hidroeléctrico estudiado, no abarca una evaluación legal, normativa ni medioambiental.

1.4 Metodología de trabajo.

En su inicio se plantea el problema, el cual se ha desarrollado en función de la necesidad de generar sistemas alternativos para la generación de energía a escala domiciliaria.

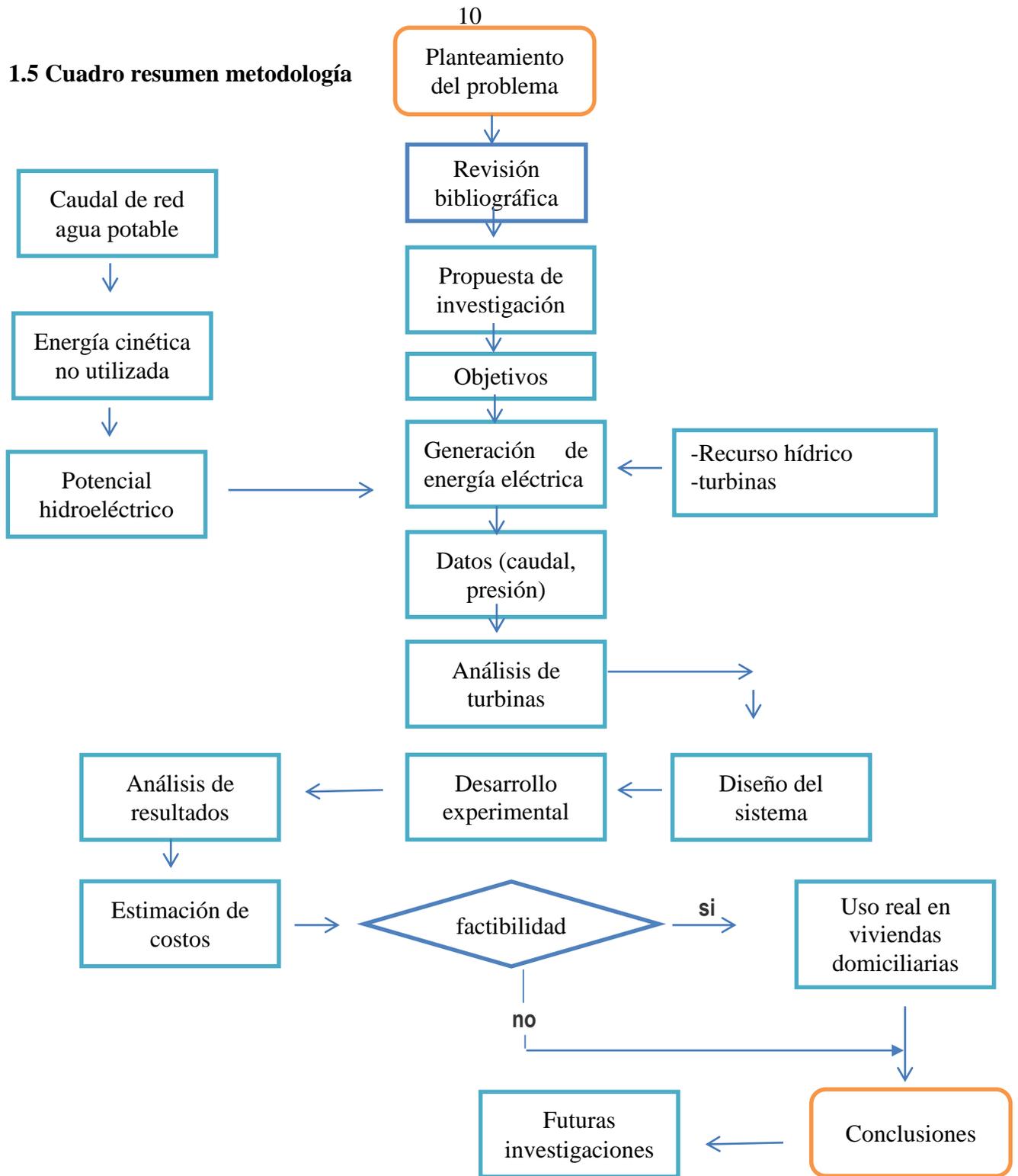
Lo primero a determinar es el caudal y presión de la red de agua potable, para poder identificar dentro del mercado la turbina indicada para el sistema, y así lograr la mayor eficiencia eléctrica posible.

Luego se debe determinar la cantidad de energía eléctrica producida para que de esta manera se puedan identificar las variables que se involucran en la investigación, las cuales están en función del análisis hídrico y la efectividad de la turbina en el caudal de red de agua potable en la ciudad de Valparaíso.

Este sistema busca utilizar la energía de la red de agua potable domiciliaria para la generación de energía eléctrica en base a turbinas.

Las variables a determinar son las siguientes caudal existente, cantidad de energía producida, presión y la pérdida de carga asociada al funcionamiento de las microturbinas.

1.5 Cuadro resumen metodología



CAPITULO II

Recursos para la generación de energía

2.1 Recurso hídrico

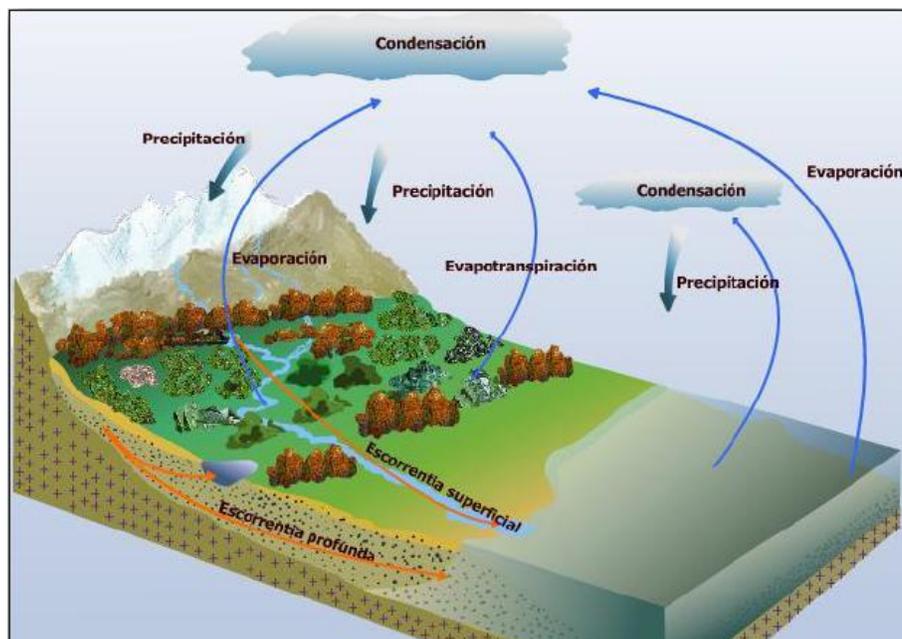
El agua es esencial para mantener la vida y el equilibrio ecológico de nuestro planeta; es indispensable para el mantenimiento de las funciones de los organismos y de los ecosistemas, es el componente principal de todos los seres vivos, el medio para transportar materia en el ambiente y facilitar el flujo de energía a través de las circulaciones oceánica y atmosférica. También se requiere para la producción industrial y pesquera (Badii, Marzo 2008).

La disponibilidad de agua en una determinada región está dada por la dinámica del ciclo hidrológico, en el cual el agua de mar se evapora y cae nuevamente en forma de lluvia o precipitación. Dado que el agua puede reutilizarse muchas veces, el acceso a ella para uso humano depende, en gran parte, tanto del manejo que se haga de los recursos hídricos como de la limitación que de manera natural pueda existir (Badii, Marzo 2008).

La energía es una propiedad de todo cuerpo o sistema material en virtud de la cuál éste puede transformarse, modificando su estado o posición, así como actuar sobre otros originando en ellos procesos de transformación. (Aceituno, 2014).

Se denomina energía hidráulica o energía hídrica a aquella que se obtiene del aprovechamiento de la energía cinética y la energía potencial de la corriente de ríos, saltos de agua o mareas, siendo la energía renovable más utilizada en todo el mundo. Se le denomina energía renovable ya que no se hace un uso consuntivo del recurso gracias al ciclo hidrológico natural o ciclo del agua que se rige por el sol, desde el calentamiento del agua de océanos, mares y ríos con su consiguiente evaporación, hasta las precipitaciones, escorrentías y aguas subterráneas que devuelven el agua a estas masas de agua. (Banki, 2012).

Imagen 2.1- Ciclo hidrológico natural



(Rios, 2015)

El aprovechamiento de la energía hidráulica data de la época de los griegos, quienes empleaban la rueda hidráulica horizontal de eje vertical llamada noria o “molino griego”, inventada por Filón de Bizancio en el siglo III A.C, para bombear agua

La palabra “hidráulica” viene del griego “hydraulikós” que, a su vez, viene de hydraulos (tubo de agua), palabra compuesta por hydor (agua) y aulos (tubo).

Posteriormente los romanos desarrollaron el tipo de molino hidráulico o rueda hidráulica vertical con eje horizontal y que se comenzó a construir en el siglo I A. C. por el ingeniero Marco Vitruvio.

Durante la edad media, la rueda hidráulica fue ampliamente usada en Europa para una gran variedad de usos industriales como: accionar molinos de cereales y minerales, en aserraderos, molinos con martillos para trabajar el metal, batanadura de la lana, entre otros.

Con la Revolución Industrial, especialmente a partir del siglo XIX, la hidroelectricidad comenzó a cobrar mayor importancia, impulsando las industrias textiles, de cuero y los talleres de construcción de máquinas. Las ruedas hidráulicas deben gran parte de su desarrollo al ingeniero civil británico John Smeaton (1724-1792), quién construyó por primera vez grandes ruedas hidráulicas de hierro colado.

En 1837 se instalaba la primera turbina hidráulica, construida por el ingeniero francés Benoît Fourneyron, tras sus mejoras desde que la inventara en 1827. En 1848, el ingeniero británico James B. Francis perfeccionaba el diseño con un 90% de eficiencia. La “Turbina Francis”, es de las turbinas hidráulicas la más utilizada en todo el mundo, principalmente en las grandes centrales hidroeléctricas.

En 1881, se proveía de suministro eléctrico público por primera vez en el mundo, en la ciudad de Godalming, Surrey, GB, con el Molino Westbrook. El sistema funcionaba con una rueda hidráulica en el río Wey y un alternador de corriente alterna de Siemens. Ese mismo año, se instalaba una pequeña estación hidroeléctrica en las Cataratas del Niagara, EE.UU, que además de proveer de luz al pueblo, también suministraba electricidad a varios molinos.

La energía hidráulica volvía a resurgir a principios del siglo XX gracias al desarrollo del generador eléctrico y el perfeccionamiento de la turbina hidráulica, además del aumento de la demanda eléctrica. (ecovive, 2010).

En el año 1920, las centrales hidroeléctricas ya generaban parte importante de la producción total de electricidad, y hasta mediados del siglo XX, la hidráulica era la principal fuente de energía eléctrica a gran escala.

A principios de la década de los noventa, las primeras potencias productoras de hidroelectricidad eran Canadá y Estados Unidos.

Las grandes centrales tienen un gran impacto ambiental, aunque en sí mismas no son contaminantes pues no emiten CO₂, sin embargo, su construcción produce numerosas alteraciones del territorio, de la fauna y de la flora. Es por esto que se deben realizar constantes estudios medioambientales y planificar nuevas medidas para disminuir o reducir el impacto medioambiental. (Banki, 2012)

2.2 Recurso hidráulico a utilizar para el proyecto

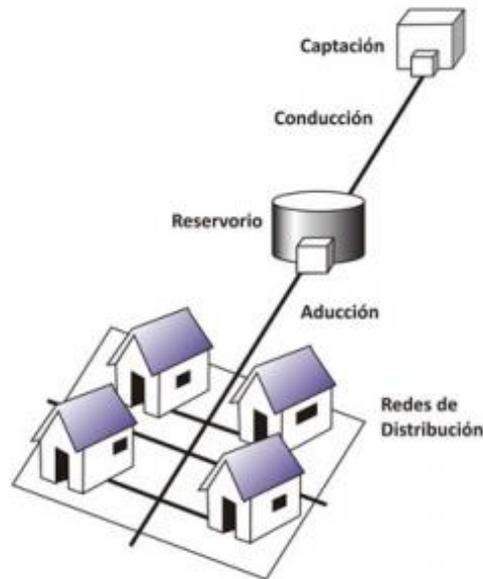
Un sistema de abastecimiento de agua potable, tiene como finalidad primordial, la de entregar a los habitantes de una localidad, agua en cantidad y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades, ya que como se sabe los seres humanos estamos compuestos en un 70% de agua, por lo que este líquido es vital para la supervivencia. Uno de los puntos principales de este capítulo, es entender el término potable. El agua potable es considerada aquella que cumple con la norma Establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la cual indica la cantidad de sales minerales disueltas que debe contener el agua para adquirir la calidad de potable.

Sin embargo, una definición aceptada generalmente es aquella que dice que el agua potable es toda la que es “apta para consumo humano”, lo que quiere decir que es posible beberla sin que cause daños o enfermedades al ser ingerida. La contaminación del agua ocasionada por aguas residuales municipales, es la principal causa de enfermedades de tipo hídrico por los virus, bacterias y otros agentes biológicos que contienen las heces fecales (excretas), sobre todo si son de seres enfermos. Por tal motivo es indispensable conocer la calidad del agua que se piense utilizar para el abastecimiento a una población (TERÁN, 2009).

La captación es la parte inicial del sistema hidráulico y consiste en las obras donde se capta el agua para poder abastecer a la población. Pueden ser una o varias, el requisito es que en conjunto se obtenga la cantidad de agua que la comunidad requiere. Para definir cuál será la fuente de captación a emplear, es indispensable conocer el tipo de disponibilidad del agua en la tierra, basándose en el ciclo hidrológico, de esta forma se consideran los siguientes tipos de agua según su forma de encontrarse en el planeta:

- Aguas superficiales.
- Aguas subterráneas.
- Aguas meteóricas (atmosféricas).
- Agua de mar (salada).

Imagen 2.2- Esquema representativo de una red de distribución de agua potable



(conversacion de conservacion, 2015)

Actualmente solo quedan dos alternativas viables para abastecer de agua potable a una población con la cantidad y calidad adecuada y a bajo costo, las aguas superficiales y las subterráneas. (micro turbinas,2012)

Las aguas superficiales son aquellas que están en los ríos, arroyos, lagos y lagunas, las principales ventajas de este tipo de aguas son que se pueden utilizar fácilmente, son visibles y si están contaminadas pueden ser saneadas con relativa facilidad y a un costo aceptable. Su principal desventaja es que se contaminan fácilmente debido a las descargas de aguas residuales, pueden presentar alta turbiedad y contaminarse con productos químicos usados en la agricultura.

Las aguas subterráneas son aquellas que se encuentran confinadas en el subsuelo y su extracción resulta algunas veces cara, éstas se obtienen por medio de pozos someros y profundos, galerías filtrantes y en los manantiales cuando afloran libremente. Por estar confinadas están más protegidas de la contaminación que las aguas superficiales, pero cuando un acuífero se contamina, no hay método conocido para descontaminarlo.

Las obras de captación son las obras civiles y electromecánicas que se emplean para extraer las aguas. Estas obras varían de acuerdo a las características de la fuente de abastecimiento, su localización, la topografía del terreno y por la cantidad de agua a extraer. Un requisito importante para el diseño de una obra de captación, es la previsión que sea necesaria para evitar la contaminación de las aguas.

La denominada “línea de conducción” consiste en todas las estructuras civiles y electromecánicas cuya finalidad es la de llevar el agua desde la captación hasta un punto que puede ser un tanque de regularización, una planta de tratamiento de potabilización o el sitio de consumo. Es necesario mencionar que debido al alejamiento cada vez mayor entre la captación y la zona de consumo, las dificultades que se presentan en estas obras, cada día son mayores.

El tratamiento, se refiere a todos los procesos físicos, mecánicos y químicos que harán que el agua adquiera las características necesarias para que sea apta para su consumo. Los tres objetivos principales de una planta potabilizadora son lograr un agua que sea: segura para consumo humano, estéticamente aceptable y económica. Para el diseño de una planta potabilizadora, es necesario conocer las características físico-químicas y biológicas del agua así como los procesos necesarios para modificarla. (TERÁN, 2009)

Como punto importante de este apartado, es indispensable establecer con claridad la diferencia entre los términos “almacenamiento” y “regularización”. La función principal del almacenamiento, es contar con un volumen de agua de reserva para casos de contingencia que tengan como resultado la falta de agua en la localidad y la regularización sirve para cambiar un régimen de abastecimiento constante a un régimen de consumo variable.

La línea de alimentación es el conjunto de tuberías que sirven para conducir el agua desde el tanque de regularización hasta la red de distribución, cada día son más usuales por la lejanía de los tanques y la necesidad de tener zonas de distribución con presiones adecuadas.

Este sistema de tuberías es el encargado de entregar el agua a los usuarios en su domicilio, debiendo ser el servicio constante las 24 horas del día, en cantidad adecuada y con la calidad requerida para todos y cada uno de los tipos de zonas socio-económicas (comerciales, residenciales de todos los tipos, industriales, etc.) que tenga la localidad que se esté o pretenda abastecer de agua. El sistema incluye válvulas, tuberías, tomas domiciliarias, medidores y en caso de ser necesario equipos de bombeo.

2.3 Turbinas

Turbina hidráulica se puede definir como aquella máquina que transforma la energía hidráulica aportada por un fluido incompresible (agua) en energía mecánica, mediante la variación del momento de la cantidad de movimiento, en resumen es una turbomáquina hidráulica motora.

El elemento fundamental de la turbina es el impulsor llamado rodete o rueda, es el único elemento giratorio, y es donde se verifica la transformación de energía hidráulica en mecánica. La aplicación inmediata del trabajo mecánico desarrollado en la turbina, es la de hacer girar al rotor generador de energía eléctrica, todo ello como consecuencia de estar rígidamente unidos, generalmente, los ejes de ambas maquinas, turbinas-generador, formando un eje único con el que se obtiene sincronismo de giro entre las mismas, es decir idéntico número de revoluciones durante tiempos de espacios iguales.

Hay tres tipos principales de turbinas hidráulicas:

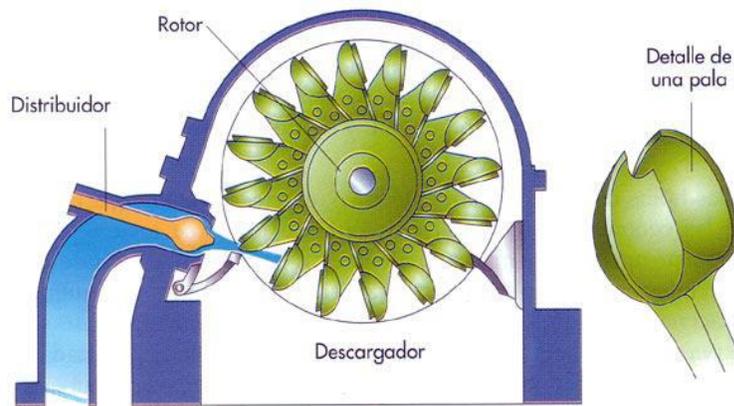
- La rueda Pelton
- La turbina Francis
- La de hélice o turbina Kaplan

El tipo más conveniente dependerá en cada caso del salto de agua y de la potencia de la turbina.

Turbina Pelton

La turbina Pelton fue inventada por Lester A. Pelton. Esta turbina se define como una turbina de acción, de flujo tangencial y de admisión parcial. Opera más eficientemente en condiciones de grandes saltos, bajos caudales y cargas parciales.

Imagen 2.3 – Tubina pelton.



(Banki, 2012)

Microturbinas Pelton

Se usan en zonas rurales aisladas donde se aprovechan los recursos hidroenergéticos que existen en pequeños ríos o quebradas para transformarlos en energía mecánica o eléctrica. Para hacer posible este proceso se tiene que hacer un grupo de obras así como obtener equipos especiales, estos se dividen normalmente en tres grupos: obras civiles, equipo electromecánico y redes eléctricas.

2.3.1 Picoturbinas Pelton

La aparición de picocentrales hidroeléctricas y consecuentemente de picoturbinas, tiene apenas una década. El rango de picocentrales está por debajo de los 10kW. Las picoturbinas se

aprovechan por los recursos hidráulicos existentes en quebradas muy pequeñas, manantiales u otras fuentes donde existen algunos chorros de agua y alguna pequeña caída que podría transformarse en energía mecánica o eléctrica. Las picoturbinas se diseñan en la actualidad como pequeños bloques compactos, donde en una sola unidad se incluyen todas sus partes. Se caracteriza principalmente por su pequeño tamaño, su versatilidad y por su facilidad para el transporte e instalación.

2.3.2 Turbina Francis

La turbina Francis es en la actualidad, la turbina hidráulica típica de reacción de flujo radial, lleva este nombre en honor al ingeniero James Bichano Francis, fue encargado de realizar proyectos hidráulicos utilizando turbinas centrípetas, esto es con recorrido radial del agua de afuera hacia dentro, para un debido aprovechamiento de la acción centrípeta.

La Turbina Francis presenta las siguientes características:

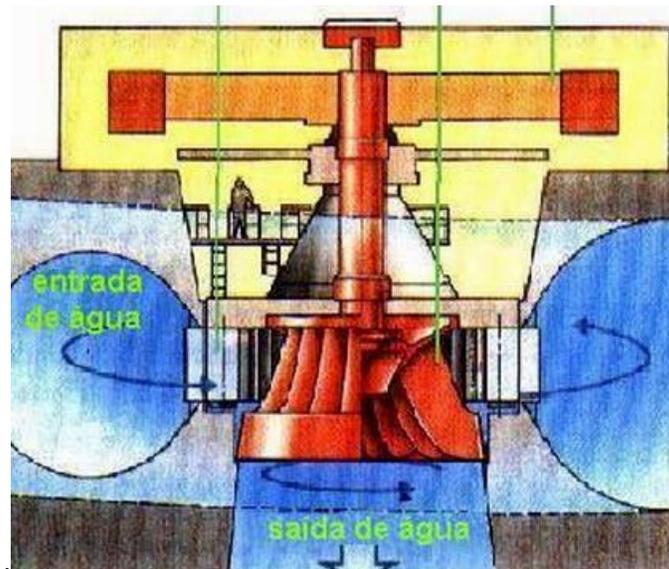
Su óptimo diseño hidráulico garantiza un alto rendimiento.

Su diseño reforzado da una vida útil de muchas décadas en servicio continuo.

Alta velocidad de giro permite pequeñas dimensiones.

La aplicación de modernos materiales reduce el mantenimiento de las piezas móviles.

Imagen 2.4 – Turbina Francis



(Banki, 2012)

Las turbinas Francis de Pozo

Son principalmente utilizadas en la rehabilitación de centrales hidroeléctricas existentes, con bajas caídas de aproximadamente 1,5 m - 10 m y grandes volúmenes de agua.

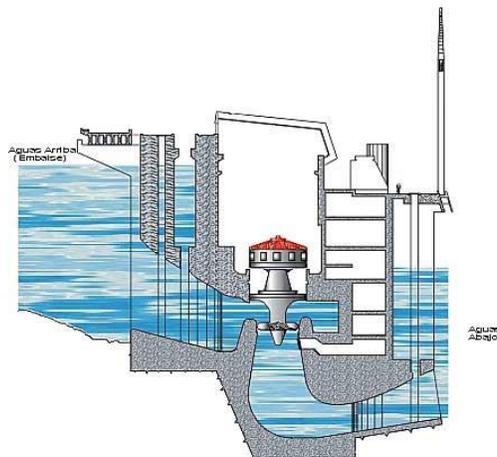
2.3.3 Las turbinas Francis espiral

Son empleadas predominantemente en instalaciones con potencias mayores, alturas de caídas de 5 m hasta aproximadamente 250 m y donde no varía mucho el caudal de agua. Por sus elevados números de revoluciones se puede lograr casi siempre la velocidad síncrona de un generador, lo que permite un acople directo entre la turbina y el generador. Cuando la turbina Francis espiral compite con la turbina Pelton se debe analizar con mucho cuidado varios aspectos adicionales (como la velocidad de giro, materiales en suspensión en el agua, variaciones en la oferta hídrica, etc.). (Valdes, 2008).

2.3.4 Turbina Kaplan

La importancia de las turbinas Hélice y Kaplan en pequeños saltos con grandes caudales, las hacen idóneas tanto en posición horizontal como vertical; por su similitud con las turbinas Bulbo, empleadas tanto en centrales mareomotrices como en algunas minicentrales hidráulicas, presentamos este somero estudio que permite comprender su funcionamiento y campos de aplicación. (Valdes, 2008)

Imagen 2.5 – Turbina kaplan

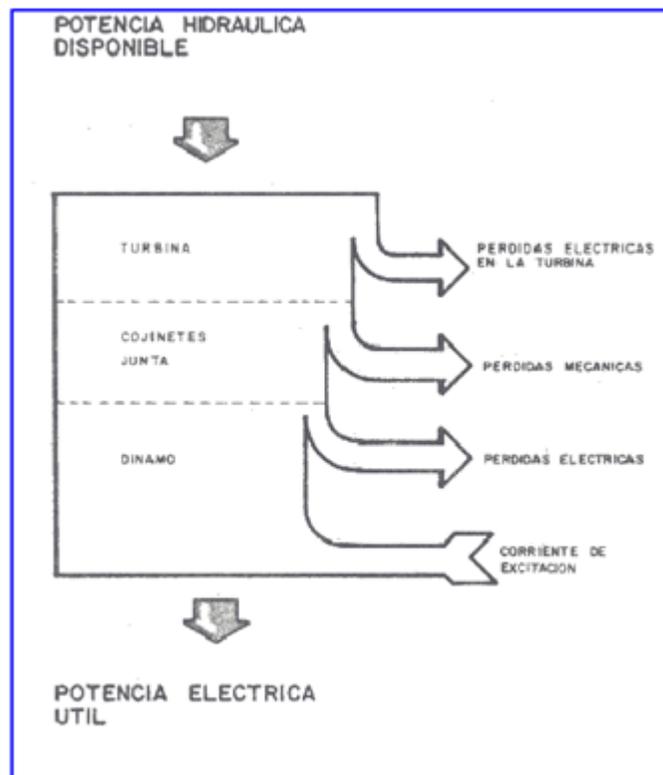


(Banki, 2012)

Como sucede en todas las máquinas, durante el funcionamiento de las turbinas se producen pérdidas de energía que determinan el rendimiento de aquéllas. Las principales causas que producen estas pérdidas de energía son:

- Rozamiento del agua en el distribuidor.
- Pérdidas en el rodete producidas por el choque de entrada y por el cambio brusco de velocidad de los filetes de agua que salen del distribuidor y chocan con los bordes de los álabes del rodete.
- Rozamiento del agua en el tubo de aspiración.
- Distancia que hay entre el distribuidor y el rodete por donde se escapa una parte del agua.
- Resistencias pasivas en los cojinetes, gorriones, etc.
- Velocidad de salida del agua que, aunque pequeñas, es necesaria para que el agua salga al exterior de la turbina.

Imagen 2.6- Esquema de pérdidas de cargas en una turbina.



Fuente: (<http://www.unet.edu.ve/>, 2015).

En el esquema se puede apreciar las pérdidas energéticas que se producen al aprovechar recursos hídricos para la generación de energía eléctrica.

2.4 Energía eléctrica

Actualmente en casi todas las actividades que realizamos los seres humanos, utilizamos la energía eléctrica para satisfacer nuestras necesidades y para mejorar el nivel de vida.

La energía eléctrica es una forma de energía basada en la generación de diferencias de potencial eléctrico entre dos puntos, que permiten establecer una corriente eléctrica entre ambos. Esta energía es una de las más utilizadas debido principalmente a la facilidad de transportarla, para convertirlas en otras energías y para producirla también a partir de diversas fuentes. (Alarcón, 2006)

La generación de energía eléctrica se lleva a cabo mediante diferentes tecnologías. Las principales aprovechan un movimiento rotatorio para generar corriente alterna en un alternador o generador eléctrico. El movimiento rotatorio puede provenir de una fuente de energía mecánica directa, como la corriente de un salto de agua, el viento, o de un ciclo termodinámico.

2.5 Centrales de generación

El servicio a la demanda energética de un sistema eléctrico se satisface con la aportación de numerosos centros de generación de diferentes tipos, capacidades y condiciones operativas.

Las centrales de generación, en las que se transforma la energía primaria en energía eléctrica, se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- a) Centrales térmicas (CT), que utilizan como fuente de energía recursos no renovables, como los combustibles fósiles o energía nuclear,
- b) Centrales que utilizan como fuente energética recursos renovables es decir la energía potencial de las corrientes de aguas, la energía eólica o la energía solar.

La única energía renovable que en la actualidad puede satisfacer una parte, minoritario pero significativa, de la demanda es la energía de origen hidráulico, la cual puede ser utilizada con unos costes competitivos con la energía térmica y, contabilizada a escala mundial, existe una amplia disponibilidad de recursos aún no utilizados. La producción anual de energía eléctrica en el mundo es de unos 2.600 TWh/año, lo que representa casi el 95% de la energía generada a partir de recursos renovables y algo más del 20% de la generación total de energía eléctrica mundial . (Banki, 2012).

El agua, bajo la forma líquida o de vapor, es el fluido del que más se sirve el hombre en los procesos de conversión de energía. Se aprovecha la energía del agua de los ríos, transformándola en electricidad en plantas o centrales hidroeléctricas; se beneficia también su energía, en forma de vapor, en las plantas o centrales termoeléctricas.

La energía hidroeléctrica, además de renovable y no contaminante, es de excelente calidad, puesto que es de utilización muy simple y eficiente y puede ser regulada con facilidad para ajustar la generación a la demanda.

El calor que el sol irradia sobre la tierra evapora grandes cantidades de agua de los mares, lagos, ríos, superficies de tierra, plantas, etc. Este vapor de agua distribuida, por los vientos en la atmosfera, al descender la temperatura de esta, se condensa en gotas de agua, o se solidifica en cristales de hielo, y precipita sobre la tierra en forma de lluvia, nieve o granizo. El ciclo hidrológico continúa con la formación de arroyos y ríos que descienden desde las montañas a las llanuras y al mar, completándose de esta manera el ciclo termodinámico (caldera: sol; condensador: atmósfera). (mataix, 2009)

Centrales Hidroeléctricas.

Una central hidroeléctrica es la que aprovecha la energía hidráulica para producir energía eléctrica. Si se concentran grandes cantidades de agua en un embalse, se obtiene inicialmente, energía potencial, la que por la acción de la gravedad adquiere energía cinética o de movimiento, es decir, pasa de un nivel superior a otro muy bajo, a través de las obras de conducción (la energía desarrollada por el agua al caer se le conoce como energía hidráulica). Por su masa y velocidad, el agua produce un empuje que se aplica a las turbinas, las cuales transforman la energía hidráulica en energía mecánica.

Esta energía se propaga a los generadores que se encuentran acoplados a las turbinas, los que la transforman en energía eléctrica, luego es pasada a la subestación elevadora de tensión para que la energía llegue a los centros de consumo con la debida calidad.

2.6 Consumo eléctrico en una casa común

Una casa con características como las mencionadas anteriormente en la que se utiliza leña y gas para calefacción, agua sanitaria y cocina, dejando a la energía eléctrica para el resto de requerimiento energético del hogar, tiene un consumo promedio aproximado de 270KWh por mes, en la que se muestran las potencias de los diferentes artefactos, la cantidad de cada uno, las horas de uso diario (factor de demanda), para luego estimar el consumo mensual. (Herrera, 2009).

Imagen 2.7- Tabla de consumo en una casa promedio en Chile

	Potencia x artefacto	unidades	potencia x tipo	horas diarias	factor	Energía diaria	
	(W)		(W)	(hrs.)		(Wh)	
1	ampolletas	60	5	300	8	0,33	2.400
2	microondas	1.750	1	1.750	1	0,02	875
3	hervidor eléctrico	1.500	1	1.500	1	0,02	750
4	lavadora	1.500	1	1.500	1	0,02	750
5	televisores	135	2	270	4	0,17	1.080
6	computador	100	2	200	2	0,08	400
7	<i>Calefacción</i>	<i>500</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>0,21</i>	<i>0</i>
8	<i>thermo</i>	<i>1.200</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>2</i>	<i>0,06</i>	<i>0</i>
9	<i>horno eléctrico</i>	<i>2.200</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0,01</i>	<i>0</i>
10	<i>encimera eléctrica</i>	<i>2.200</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>2</i>	<i>0,06</i>	<i>0</i>
11	plancha	1.000	1	1.000	1	0,02	500
12	aspiradora	1.000	1	1.000	1	0,02	500
13	refrigerador	150	2	300	4	0,17	1.200
14	otros	500	1	500	1	0,04	500
		13.795		8.320			8.955
						<i>Energía mensual</i>	268.650

Fuente (Herrera, 2009)

2.7 Generador eléctrico.

Un generador de corriente eléctrica es un dispositivo que permite la obtención de corriente inducida en forma mantenida, es decir, en él se origina y se mantiene durante el tiempo que se desee, el fenómeno de la inducción electromagnética.

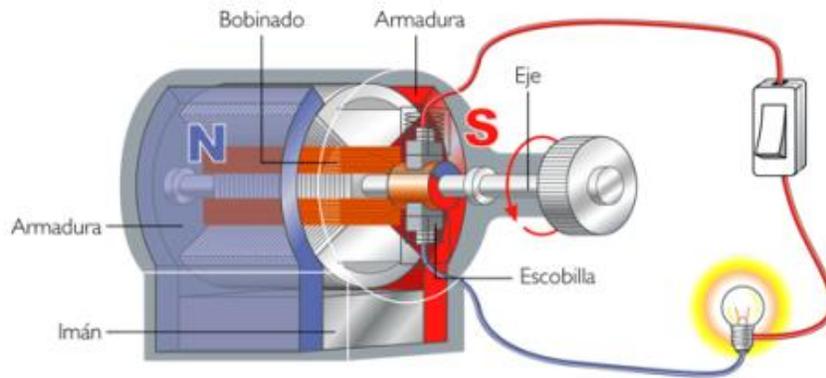
Uno de los modelos más sencillos y de los primeros en utilizarse como generador eléctrico es el de corriente continua. Su estructura es parecida a la de un motor eléctrico.

En la actualidad, los generadores más utilizados en las centrales eléctricas son los que permiten obtener corriente alterna.

Todo generador eléctrico está constituido por cuatro partes fundamentales. El inducido (bobinado) formado por un conjunto de espiras, las cuales, al rotar cortan las líneas de inducción del campo magnético del inductor, constituido por un imán. Esto determina que en las espiras se induzca una corriente eléctrica, la cual se mantiene mientras las espiras se mantengan rotando en el interior del inductor. También forman parte de ellos las escobillas (contactos encargados

de llevar al exterior la corriente generada) que se deslizan sobre el colector (anillos soldados a los extremos del inducido).

Imagen 2.8 – Generador eléctrico.



(Badii, Marzo 2008)

Dos principios físicos relacionados entre sí sirven de base al funcionamiento de los generadores. El primero es el principio de la inducción descubierto por el científico e inventor británico Michael Faraday en 1831. Si un conductor se mueve a través de un campo magnético, o si está situado en las proximidades de un circuito de conducción fijo cuya intensidad puede variar, se establece o se induce una corriente en el conductor. El principio opuesto a éste fue observado en 1820 por el físico francés André Marie Ampère. Si una corriente pasaba a través de un conductor dentro de un campo magnético, éste ejercía una fuerza mecánica sobre el conductor.

2.8 Electricidad

La electricidad es un fenómeno físico, su origen son las cargas eléctricas y cuya energía se manifiesta en fenómenos mecánicos, térmicos, luminosos, químicos, entre otros la electricidad es originada por las cargas eléctricas, en reposo o en movimiento, y las interacciones entre ellas. Cuando varias cargas eléctricas están en reposo relativo se ejercen entre ellas fuerzas electrostáticas. Cuando las cargas eléctricas están en movimiento relativo se ejercen también fuerzas magnéticas. Se conocen dos tipos de cargas eléctricas: positivas y negativas. los átomos que conforman la materia contienen partículas subatómicas positivas (protones), negativas (electrones) y neutras (neutrones).

Se puede definir como materia todo aquello que tiene volumen, peso y ocupa un lugar en el espacio y es perceptible a través de los sentidos. La materia está compuesta por moléculas, estas a su vez están formadas por átomos de distintos elementos, que son los que podemos ver

en una tabla periódica, la unidad más pequeña que pertenece a un elemento son los átomos. Un elemento tiene todos sus átomos iguales.

La corriente eléctrica puede definirse como la acumulación o el desplazamiento de electrones a través de un material. Esta se genera cuando los electrones saltan de un átomo a otro y comienzan a circular, cuando un átomo gana un electrón, automáticamente pierde uno que salta al átomo siguiente.

De todos los materiales que existen en la naturaleza, algunos son más aptos al pasaje de los electrones, en cambio otros lo dificultan y en algunos casos hasta lo impiden. Denominamos materiales conductores a aquellos que permiten la circulación de la corriente eléctrica. Mientras que denominamos materiales aisladores a aquellos que impiden la circulación de la corriente eléctrica.

Los símbolos son objetos gráficos que representan algo, por ejemplo en este caso un objeto material. Los símbolos eléctricos representan los materiales, objetos o componentes utilizados en una instalación o circuito y su forma de interconexión y conexión externa. Los símbolos están conforme a normas nacionales e internacionales y hasta podríamos decir que comprenderlos e interpretarlos es como saber otro lenguaje, no importa el lugar del mundo donde nos encontremos siempre sabremos interpretar un plano eléctrico.

Así como medimos longitudes y volúmenes, dentro de la electricidad existen magnitudes que se pueden medir.

Conceptos básicos:

voltaje: es el trabajo por unidad de carga ejercida por el campo eléctrico sobre una partícula para que esta se mueva de un lugar a otro.

corriente: es el flujo de carga por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe al movimiento de los electrones en el interior del metal en el sistema internacional de unidades se expresa en c/s (coulomb sobre segundo).

resistencia: la resistencia eléctrica es toda oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones.

resistencia en serie: dos o más resistencias se encuentran conectadas en serie cuando al aplicar al conjunto una diferencia de potencial, todas ellas son recorridas por la misma corriente.

resistencia en paralelo: dos o más resistencias se encuentran en paralelo cuando tienen dos terminales comunes de modo que al aplicar al conjunto una diferencia de potencial, uab, todas las resistencias tienen la misma caída de tensión, uab.

potencia: es la relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo: es decir, la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado.

La unidad en el sistema internacional de unidades es el vatio (watt).

medición de corriente: la medición de corriente en un circuito eléctrico se hace de la siguiente manera:

-es necesario abrir el circuito por donde pasa la corriente a medir.

-el amperímetro se tiene que conectar en serie, al circuito abierto.

existen diferentes instrumentos de medición, a continuación se presentan algunos:

un voltímetro: es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.

un amperímetro: es un instrumento que sirve para medir la intensidad de corriente que está circulando por un circuito eléctrico.

un óhmetro: es un instrumento para medir la resistencia eléctrica.

el diseño de un óhmímetro se compone de una pequeña batería para aplicar un voltaje a la resistencia bajo medida, para luego mediante un galvanómetro medir la corriente que circula a través de la resistencia.

ley de ohm:

la ley de ohm, establece que la intensidad eléctrica que circula entre dos puntos de un circuito eléctrico es directamente proporcional a la tensión eléctrica entre dichos puntos, existiendo una constante de proporcionalidad entre estas dos magnitudes. dicha constante de proporcionalidad es la conductancia eléctrica que es inversa a la resistencia eléctrica.

La ecuación matemática que describe esta relación es:

$$V = I \cdot R$$

Donde las unidades son:

V= voltaje (V) voltios

I= corriente (A) amperios

R = resistencia (Ω) ohmios

Las leyes de kirchhoff son dos igualdades que se basan en la conservación de la energía y la carga en los circuitos eléctricos fueron descritas por primera vez en 1845 por Gustav kirchhoff, son ampliamente usadas en ingeniería eléctrica.

Primera ley de kirchhoff:

Esta ley también es llamada ley de nodos o primera ley de kirchhoff y es común que se use la sigla lck para referirse a esta ley. La ley de corrientes de kirchhoff nos dice que: en cualquier nodo, la suma de las corrientes que entran en ese nodo es igual a la suma de las corrientes que salen de forma equivalente, la suma de todas las corrientes que pasan por el nodo es igual a cero.

$$\sum_{k=1}^n I_k = I_1 + I_2 + I_3 \dots + I_n = 0$$

Segunda ley de kirchhoff:

Esta ley es llamada también segunda ley de kirchhoff, ley de lazos de kirchhoff o ley de mallas de kirchhoff y es común que se use la sigla lvk para referirse a esta ley, en un lazo cerrado la suma de todas las caídas de tensión es igual a la tensión total suministrada de forma equivalente, la suma algebraica de las diferencias de potencial eléctrico en un lazo es igual a cero.

$$\sum_{k=1}^n V_k = V_1 + V_2 + V_3 \dots + V_n = 0$$

Cuadro resumen de sumas de resistencia (R), voltajes (V) y corriente (I), en paralelo y en serie en circuitos eléctricos.

Item	En serie	En paralelo
Resistencia	$R_{eq}=R_1+R_2+R_3\dots+R_n$	$\frac{1}{Req} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} \dots \dots + \frac{1}{Rn}$
Voltaje	$V=V_1+V_2+V_3\dots\dots+V_n$	$V= V_1=V_2=V_3=V_n$
Corriente	$I=I_1=I_2=I_3\dots\dots\dots=I_n$	$I=I_1+I_2+I_3\dots\dots+I_n$

Potencia eléctrica

La forma más simple de calcular la potencia que consume una carga activa o resistiva conectada a un circuito eléctrico es multiplicando el valor de la tensión en volt (V) aplicada por el valor de la intensidad (I) de la corriente que lo recorre, expresada en amper. Para realizar ese cálculo matemático se utiliza la siguiente fórmula:

$$P= V*I$$

El resultado de esa operación matemática para un circuito eléctrico monofásico de corriente directa o de corriente alterna estará dado en watt (W). Por tanto, si sustituimos la “P” que identifica la potencia por su equivalente, es decir, la “W” de watt, tenemos también que: $P = W$, por tanto:

$$W=V*I$$

2.9 Mercado energético en Chile

Ley 20.571-2007

Este cuerpo legal viene a establecer el sistema de incentivo a los pequeños medios de generación distribuidos en base a energías renovables no convencionales (“ERNC”). (Leyton, 2014)

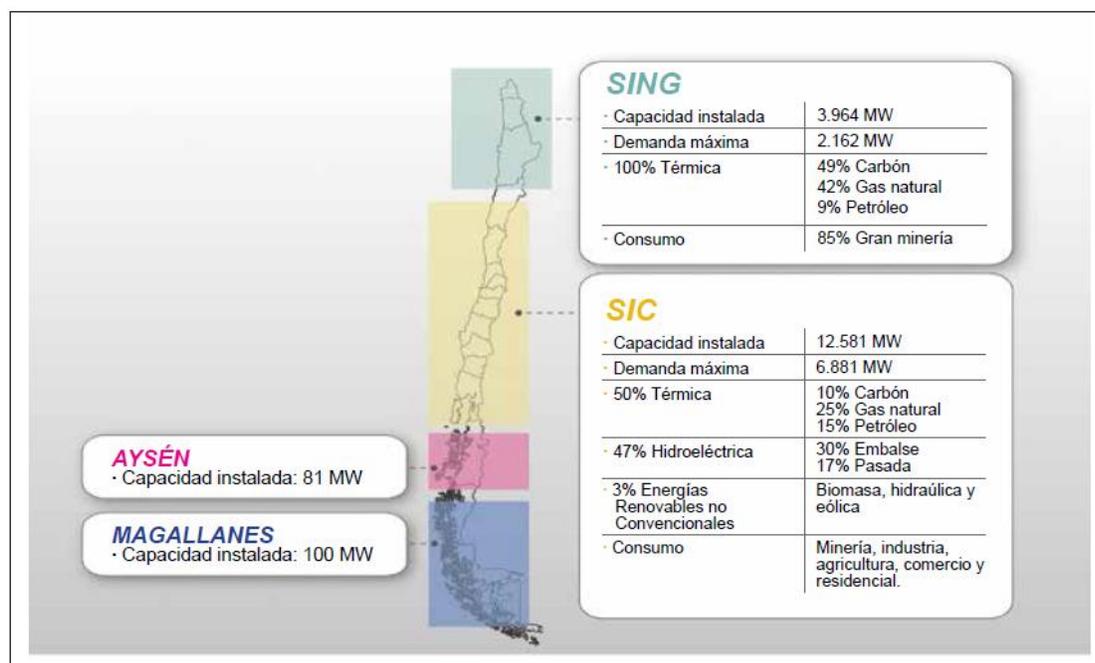
La Ley 20.571 incorpora cuatro nuevos artículos a la Ley General de Servicios Eléctricos, que buscan establecer el derecho de los clientes regulados que tengan medios de generación ERNC o de cogeneración eficiente a inyectar los excedentes de energía a la red de distribución. Este derecho se encuentra establecido *a prima facie* para los clientes regulados que cuenten con medios de generación que no superen los 100 kilowatts, sujeto a que no afecte a la seguridad operacional de las redes de distribución, lo que será detallado en el respectivo reglamento. Las

inyecciones de energía que realicen estos medios de generación serán valorizadas al precio que las empresas de distribución traspasan a sus clientes la energía conforme a los precios regulados fijados por decreto, lo que debe incluir las menores pérdidas de energía. Esto difiere de la redacción original del Proyecto, que proponía una remuneración equivalente al costo de la distribuidora de entregar dicha electricidad, menos el 10% correspondiente a gastos de administración, facturación y mantenimiento de las líneas de distribución.

2.10 Matriz energética en Chile

Actualmente la matriz eléctrica chilena está dominada por combustibles fósiles, no renovables y sucios, tales como el petróleo, el carbón mineral y el gas natural, a lo que se suman grandes represas de generación hidroeléctrica. Los principales sistemas eléctricos en Chile son el Sistema Interconectado Norte Grande (SING) que cubre las regiones de Arica, Iquique y Antofagasta, con el 23,7 % de la capacidad instalada del país, y cuya generación está dominada en un 100% por centrales termoeléctricas. Por su parte, el Sistema Interconectado Central (SIC), que cubre desde Taltal (al sur de Antofagasta) hasta Chiloé, representa el 75,2% de la capacidad instalada del país, y su composición es 50% generación térmica, 47% hidroeléctrica y solo 3% de energías renovables no convencionales. También existen 2 sistemas interconectados más pequeños en Aysén y Magallanes, los cuales dependen en un 47% y 100%, respectivamente, de combustibles fósiles.

Imagen 2.9- Sistemas eléctricos en Chile



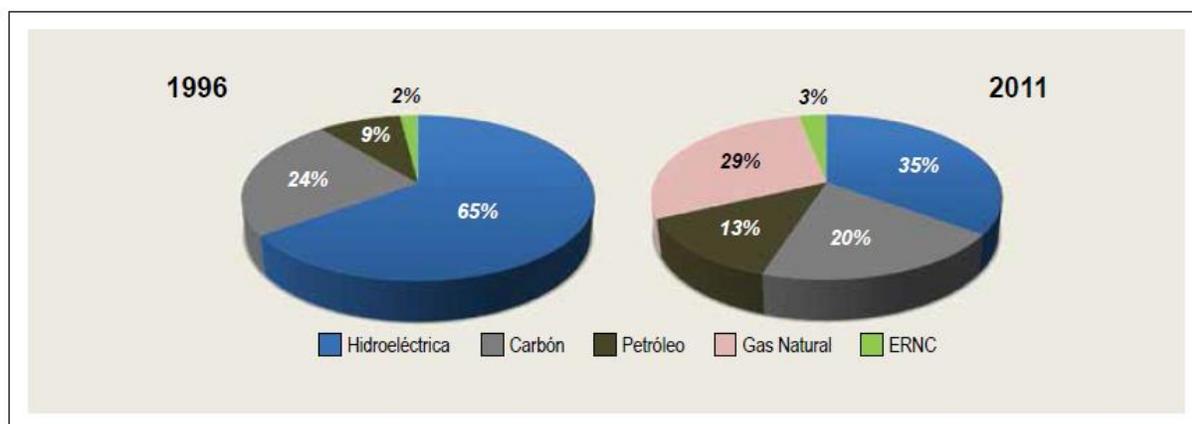
Fuente <http://www.energiaciudadana.cl> (2015)

La política eléctrica vigente en Chile, centrada en la oferta (“mientras más vendo más gano”), ha ignorado los límites sociales y ambientales. La generación en base a combustibles fósiles ha incrementado fuertemente la contaminación local de material particulado, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, además de metales pesados como Vanadio, Mercurio y Níquel, en el caso del carbón. Producto de ello, la generación eléctrica ha generado graves impactos al ambiente, la economía local y la salud de la población, debiéndose declarar como Zonas Saturadas de contaminantes a ciudades como Tocopilla, Huasco y Puchuncaví, y establecer Planes de Descontaminación Atmosférica en cada una de ellas.

Las comunidades locales que sufren los impactos de estos proyectos han rechazado energicamente la construcción de nuevas termoeléctricas en sus territorios. Es el caso de Castilla en Atacama; Los Robles en Maule; Campiche en Valparaíso; Barrancones en Coquimbo; Patache en Iquique y Pacífico en Arica.

La carbonización de la matriz eléctrica, producto del menor costo de este combustible en el mercado de commodities energéticos, también ha significado un aumento sostenido en las emisiones de CO2 y otros gases de efecto invernadero (GEI) en el país, incrementando la huella de carbono del desarrollo nacional.

Imagen 2.10 Expansión de la generación eléctrica en Chile



Fuente <http://www.energiaciudadana.cl> (2015)

Hoy Chile importa 70% de sus insumos energéticos: es decir compramos 98% del petróleo, 94% del carbón y 90% del gas natural que consumimos, lo que nos hace muy dependientes del mercado internacional de los combustibles. (ProChile, 2012)

El precio de la energía es un factor fundamental para el acceso y bienestar de las personas y la competitividad del país. La presencia preponderante de fuentes energéticas importadas somete al país a una gran vulnerabilidad energética, no sólo por riesgo de suministro, sino también por el impacto de las alzas y la volatilidad de los precios de los combustibles a nivel internacional.

Bonos de carbono

El cambio climático ha sido en el último tiempo uno de los principales temas a discutir en el ámbito político, económico y social. La quema de combustibles fósiles, como petróleo, carbón y gas natural, que el ser humano comenzó a utilizar a finales del siglo XVII, ha provocado un incremento de CO₂ en la atmósfera, ocasionando un aumento de la temperatura global. No sólo el dióxido de carbono es responsable de este calentamiento global, sino también otro tipo de gases de efecto invernadero como el metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆). Según distintas estimaciones, la temperatura ha aumentado 0.5° C en los últimos 150 años y se pronostica un incremento de 1°C en el 2020 y de 2°C en el 2050. En este escenario de acontecimientos juega un papel importante el Protocolo de Kioto, acuerdo internacional que propone la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Para poder llevar a cabo su objetivo se han implementado diversas medidas de mitigación de emisiones ejecutadas principalmente en países en vías de desarrollo, considerando también la importancia de un desarrollo sostenible. Estas medidas se ven aplicadas principalmente en forma de proyectos, los cuales por ejemplo, pueden ser financiados por países industrializados para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero mediante la transacción de certificados de reducción de emisiones, llamados también bonos de carbono. De esta forma, nos encontramos ante un escenario que apunta al desarrollo de proyectos acorde a los nuevos desafíos medioambientales, en los cuales una gran cantidad de países está participando, siendo Chile uno de los países pioneros en implementar una amplia gama de proyectos bajo los mecanismos del Protocolo de Kioto. (ProChile, 2012)

El Protocolo de Kioto es un acuerdo internacional presentado por la Convención Marco de las Naciones Unidas (CMNUCC) para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que provocan el calentamiento global. Los gases en cuestión están clasificados según su equivalencia en CO₂ en la siguiente imagen.

Imagen 2.11 Gases de Efecto Invernadero

Gases de Efecto Invernadero	Equivalencia en CO ₂ de una medida de gas (Co ₂ e)
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	21
Óxido Nitroso (N ₂ O)	310
HidrofluoroCarbonos (HFC)	740
Perfluorocarbonos (PFC)	1.300
Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	23.900

Fuente: ProChile.cl

Los bonos de carbonos están asociados a un precio promedio (\$4-\$6/MtCO₂), los cuales son aproximadamente 2800- 4200(pesos chilenos). (ProChile, 2012)

Las actividades que provocan emisiones de gases de efecto invernadero están clasificadas, según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en: actividades del sector energético, actividades del sector industrial, uso de disolventes y otros productos, agricultura y desechos. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) se encarga de analizar la información científica, técnica y socioeconómica relativa al cambio climático provocado por las actividades humanas. No realiza investigaciones, sino que analiza y evalúa la información científica publicada. Gracias a ello y a las exigencias del protocolo de Kyoto podemos conocer el nivel de emisiones de cada industria. Asimismo, es posible conocer nuestro nivel de emisiones particular, conocido como nuestra huella de carbono. Nuestra responsabilidad fundamental radica en realizar un consumo eléctrico y un transporte eficientes.

En consumo eléctrico, porque pese al desarrollo de las energías renovables, la generación de electricidad se sigue produciendo mayoritariamente mediante la quema de combustibles fósiles (carbón, gas o petróleo), que emiten CO₂ y otros gases de efecto invernadero. Por lo tanto, cuanto menor sea nuestro consumo eléctrico, menos contaminaremos.

Desarrollo no sustentable

Pero no todo es tan bueno. Pese a notables mejoras en su conducta respecto a lo que mostraban hasta los años '80 las centrales termoeléctricas, lamentablemente, siguen pisando fuerte sobre el medio ambiente y siguen sin hacerse cargo del daño que ocasionan.

Que la utilización de combustibles fósiles como fuente de energía genera contaminación nociva para la vida no es nada nuevo. El proceso de combustión de las termoeléctricas emite óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), material particulado y metales pesados, elementos que inciden directamente en la salud de las personas así como en el ecosistema circundante a la central. Estos son efectos que se perciben ya sea en problemas respiratorios de los vecinos o en el deterioro de los suelos. Sin embargo, estas sustancias se diluyen con la distancia y su efecto es acotado al entorno de la planta. Tal vez esta sea la razón por la cual la sociedad históricamente ha aceptado este perjuicio: la gran mayoría no lo sufre.

Fue a fines de los '80 que a nivel mundial se comenzó a tomar conciencia de los efectos globales de la contaminación. Surgieron las primeras voces de alerta respecto al efecto invernadero y lo que hoy conocemos como Cambio Climático: Ahora el problema era de todos. Los principales contaminantes atmosféricos globales que genera la combustión son el dióxido de carbono (CO₂) y el dióxido de nitrógeno (NO₂). Mientras el primero no afecta la salud de las personas el segundo si lo hace, pero es el carácter de gas de efecto invernadero el que los convierte en los grandes enemigos del ambiente. (termoelectricas, 2015)

Se estima que durante 2010 el sector eléctrico generó alrededor de 32,5 millones de tCO₂e que corresponde al 26% de las emisiones de Chile. La mayor responsabilidad, por supuesto,

corresponde a las centrales térmicas. Hoy conviven en nuestra matriz centrales viejas y otras modernas – más eficientes -, algunas a carbón, otras a gas o diesel. A continuación se presenta una estimación de emisiones de centrales nacionales:

- Carbón: entre 0,95 y 1,4 kg de CO₂ por kWh
- Diesel: entre 0,5 y 1,3 kg de CO₂ por kWh
- Gas Natural: entre 0,3 y 0,6 kg de CO₂ por kWh

2.11 Valparaíso

Valparaíso es una ciudad y comuna ubicada en el litoral central del territorio continental de Chile. Es la capital de la región y de la provincia homónimas. Con una población que supera los 300.000 habitantes y su Área metropolitana el Gran Valparaíso que conforman las Comunas de Valparaíso, Viña del Mar, Concón, Quilpué y Villa Alemana supera el 1.029.000 habitantes, siendo así la segunda área urbana después de Santiago.

Geográficamente, Valparaíso se presenta en forma de un gran anfiteatro natural, emplazada en la bahía homónima y rodeada de cerros, en los cuales vive la mayor parte de la población. Entre el pie de los cerros y el mar se forma el Plan, centro administrativo, comercial y financiero de la ciudad; mientras el bordemar es ocupado por el puerto.

Valparaíso está dividido esencialmente en 2 partes: el plan y los cerros, además de Laguna Verde y Placilla-Curauma.

El plan está dividido en tres sectores:

El barrio Puerto, el más antiguo de la ciudad, habitado desde la época colonial. En este barrio se ubica La Matriz, la primera iglesia de Valparaíso (eso sí, el edificio ha sido reconstruido en el mismo lugar en diversos estilos), la Comandancia en Jefe de la Armada de Chile, las mayores instalaciones del puerto de la ciudad, las plazas Wheelwright, Echaurren y Sotomayor, el ruinoso mercado Puerto, bares, hoteles que alojaron originalmente a marineros y familias de inmigrantes, diversas sedes bancarias, el Servicio Nacional de Aduanas, la Corte de Apelaciones de Valparaíso, el Registro Civil, el Monumento a los Héroes de Iquique, la sede del diario *El Mercurio de Valparaíso*, la primera estación del Merval, entre otros.

El Almendral, es la mayor planicie de Valparaíso, al igual que el Barrio Puerto, se fue agrandado en el siglo XIX mediante continuos trabajos para ganar terrenos al mar, lo que hizo posible la construcción de las avenidas Brasil y Errázuriz y el bordemar que es ocupado por el puerto. Luego, a inicios del siglo XX, y dentro de las obras de reconstrucción de la ciudad debido al Terremoto de Valparaíso de 1906, se ganaron más terrenos aún con el abovedamiento de los esteros Delicias y de Jaime, construyendo las actuales avenidas Argentina y Francia respectivamente. En este lugar se ubica el Congreso Nacional de Chile,

las plazas Victoria, el Parque Italia y la Plaza O'Higgins (en las dos últimas se instalan ferias navideñas), la Catedral de Valparaíso, el teatro Municipal, el mercado Cardonal y la mayoría del comercio de la ciudad, además de diversos servicios municipales, y el Hospital Carlos Van Buren. Muchos de los establecimientos educacionales de Valparaíso se encuentra en este barrio, como las escuelas y liceos en la calles av. Argentina, av. Pedro Montt, Independencia, Victoria y Colón, o las universidades, institutos profesionales y la biblioteca pública Severín, en la av. Brasil.

El sector Yolanda que se ubica entre el pie de los cerros Barón y Placeres, la avenida Argentina, el océano Pacífico y la vecina comuna de Viña del Mar. Aquí se ubican zonas de almacenamiento de contenedores del puerto, el antiguo frigorífico Barón (utilizado actualmente como terminal de pasajeros de cruceros), el muelle Barón, los restos de una maestranza de ferrocarriles, el paseo peatonal Weelwright y la caleta Portales. Esta zona es desde 2014 objeto de polémica y debate, debido a intereses inmobiliarios de levantar un mall en un lugar que los porteños y empresarios portuarios consideran no debería ocurrir, ya que dicen entorpecería planes futuros de expansión de las instalaciones portuarias. También hay críticas al megapuerto que se pretende construir en el sector.

Los cerros son básicamente el lugar residencial de la ciudad y más. En ellos podemos encontrar desde chozas construidas precariamente, a palacetes de los más variados estilos arquitectónicos y tamaños, una antigua cárcel transformada en centro cultural, los cementerios (Nº1, de Disidentes, Nº2 o el Nº3); agradables paseos peatonales desde los cuales se puede observar todo Valparaíso, accesibles desde los múltiples ascensores públicos que se pueden encontrar, vibrante vida nocturna, hoteles boutiques emplazados en casonas antiguas, restaurantes, tiendas o galerías de arte. En los cerros también se encuentran jardines infantiles, escuelas básicas, secundarias y universidades como la Federico Santa María en Placeres, o la de Playa Ancha y la Escuela Naval Arturo Prat, plazas, museos como La Sebastiana, Museo Marítimo Nacional, el Museo del Títere y el Payaso o el Museo de Bellas Artes de Valparaíso, hospitales, consultorios y estadios.

Los cerros de Valparaíso poseen características urbanas y sociales diferentes unos de otros. Tienen sus propias calles y escaleras de acceso y muchos tuvieron o tienen el ascensor que los une al plan. Están sus almacenes, sus agrupaciones, su vida comunitaria, en otras palabras, son unidades reconocibles que conforman barrios e identidad.

CAPITULO III

**DETERMINACION HIDRICA Y ENERGETICA EN RED
DOMICILIARIA DE AGUA POTABLE**

3.1 Caudal disponible

El caudal disponible para la investigación será medido a través de pruebas in-situ, en donde durante un tiempo determinado se deja circular el agua potable hacia un bidón tabulado, así de esta manera determinar el caudal en litros / segundos.

Imagen 12 – esquema representativo de prueba in-situ de toma de caudal



Fuente Propia

La presión de la red de agua potable es un dato que se determinara in-situ a través de un manómetro de presión.

Todos los manómetros tienen un elemento que cambia alguna propiedad cuando son sometidos a la presión, este cambio se manifiesta en una escala o pantalla calibrada directamente en las unidades de presión correspondientes.

Imagen 13.2- Manómetro a utilizar.



(Agroterra, 2015)

La presión mínima para el diseño de la instalación domiciliaria de agua potable será la establecida en la Norma Chilena NCh 2485. En los casos de excepción que permite esta norma, respecto a que no se alcance la presión mínima 14 m.c.a. después de la llave de paso aguas abajo del medidor, el prestador deberá justificar técnicamente esta situación teniendo presente que la red pública debe cumplir siempre con las presiones mínimas especificadas en la NCh 691.

Las empresas sanitarias tienen por obligación respetar y mantener las presiones mínimas y máximas de servicio señaladas en la norma chilena NCh 691.Of98, y son las siguientes:

A nivel de terreno sobre la tubería, la presión mínima de servicio en las tuberías de distribución, excluyendo el arranque, debe ser 147 kPa (1,5 kgf/cm² = 15 mca), para el consumo máximo horario, con una pérdida de carga máxima de 49 kPa (5 mca) en el arranque.

A nivel de terreno sobre la tubería, la presión estática en tuberías de distribución no debe ser mayor que 686,47 kPa (7 kgf/cm² = 70 mca)

Donde:

kgf/cm²: kilogramo fuerza por centímetro cuadrado

mca: metros de columna de agua

kPa: kilopascales

Dentro de las mediciones pueden existir variaciones de caudal y de presiones, se utilizan los valores más favorables para la investigación, en donde existan las mayores presiones dentro de la red de agua potable domiciliaria.

3.2 Dimensionamiento de la turbina según caudal

Determinación de potencia hidroeléctrica.

Para conocer la potencia aportada para un pico central hidroeléctrica es indispensable conocer los fundamentos relativos al salto o desnivel realizable y el caudal de agua disponible.

Potencia hidráulica: es la máxima potencia que se puede tener con un salto de agua H y un caudal Q

$$P_{hid}=9,8*Q*H$$

Donde :

P_{hid} = potencia hidraulica , KW

Q = Caudal disponible, m³/s

H= altura de carga, m

Mientras que la potencia hidroeléctrica se determina a partir de la siguiente ecuación.

$$P = 9,8 * Q * H * R_t * R_g$$

Donde:

P= potencia, KW

Q = Caudal disponible, m³/s

H= altura de carga, m

R_t= rendimiento de la turbina, adimensional (0,75 y 0,90)

R_g = rendimiento del generador, eléctrico, adimensional (entre 0,92 y 0,97)

Calculo de velocidad específica.

$$N_s = (n * P^{1/2}) / H^{5/8}$$

Donde:

N_s= velocidad específica, m/s

n = velocidad angular, rpm

P= potencia del eje, CV

H= altura de carga, m

En base a la ley de conservación de energía se puede concluir lo siguiente:

Energía mecánica = energía cinética + energía potencial

$$E = \frac{1}{2} * m * v^2 + m * g * H$$

Al medir presión en la red no existe energía cinética por lo que la expresión se reduce a la siguiente:

$$E = m * g * H$$

$$P = m * g * H$$

Como estamos hablando de un líquido, $m = \rho$

$$P = \rho * g * H$$

Donde :

P= presión de red domiciliaria existente, Kg/m²

ρ = Densidad del agua potable, Kg/m³

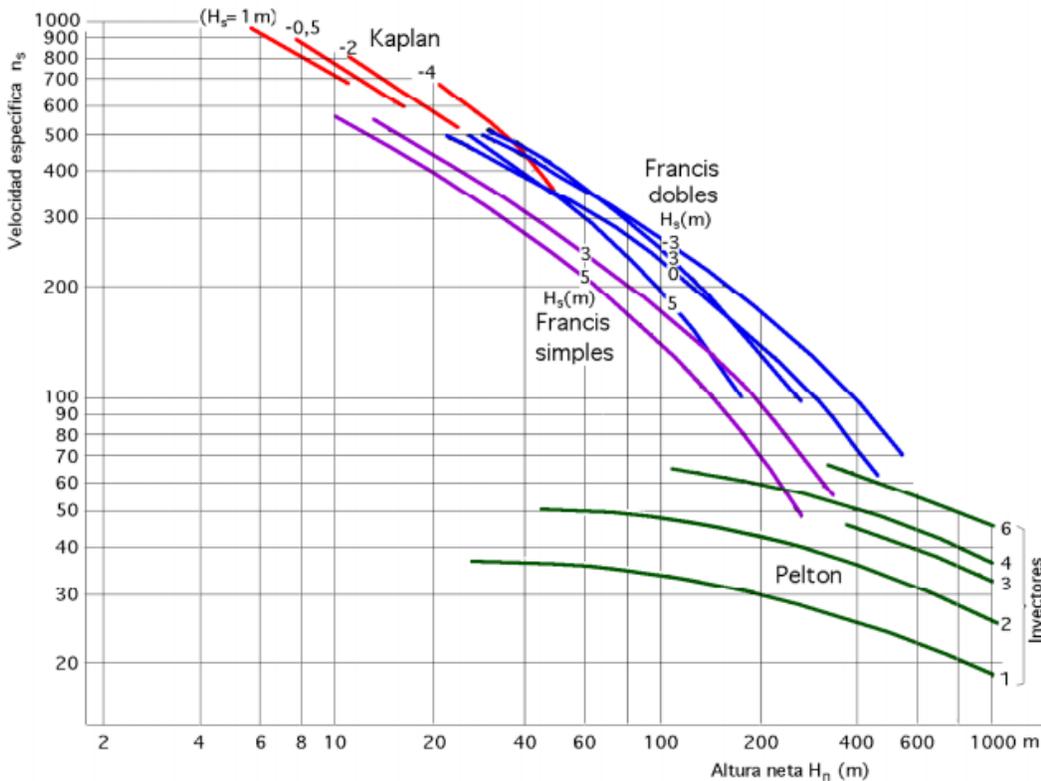
H= altura de carga, m

De la ecuación se desprende que al conocer la presión (dato a conocer en el lugar), se puede obtener la altura de carga de la red de agua potable domiciliaria. Y así poder identificar la turbina que se acomode a la altura de carga del domicilio.

3.3 Determinación de turbina con mejores condiciones.

Según la altura del salto, la potencia a desarrollar y la velocidad de la turbina, se obtiene una velocidad específica determinada, y el tipo de turbina más adecuado. Teniendo en cuenta este criterio, se expresa en la siguiente tabla, el tipo de turbina más adecuado en función de la velocidad específica.

Imagen 14 - Clasificación de turbinas en base a N_s (velocidad específica) y H (altura de carga)



(Banki, 2012)

De la imagen 11 se puede analizar cuál es la turbina que tiene mejores prestaciones, con respecto a los caudales y presiones disponibles.

3.4 Turbina

Una vez determinado el caudal y la presión, se puede analizar en la imagen 3.3, que la turbina pelton es la indicada para el sistema propuesto. Se procede a hacer un análisis de mercado para una turbina pelton de 1/2" de diámetro, donde se encuentra varias opciones de turbinas, que varían en su costo y materialidad.

Turbinas:

- a) turbina Micro-hydro Water Flow



Con un costo de \$11686 pesos IVA incluido (www.ebay.com, 2014)

- b) Turbina Micro Hydro Water Flow Pipeline



(www.ebay.com, 2014)

Con un costo de \$ 14271 pesos

- c) Turbina TRD



(verne, 2014)

Con un costo de \$313040 pesos

Por lo tanto la turbina a utilizar dentro este estudio, es la turbina con los costos mas bajos posibles dentro del mercado analizado. Se considera la turbina Micro-hydro Water Flow, con una durabilidad de 3000 horas de uso.

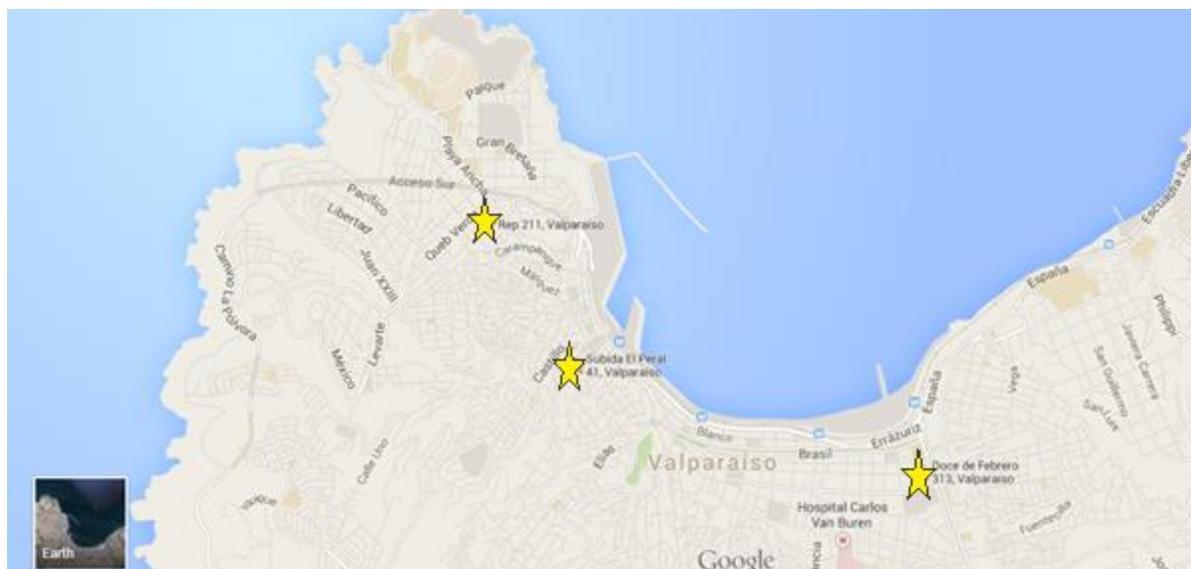
CAPITULO IV

desarrollo experimental

4.1 Determinación de Caudales in-situ.

La metodología utilizada se basa en abrir la llave de agua potable a su máxima abertura y llenar un depósito de 5 litros y con un cronometro se toma el tiempo que demora en su llenado, al dividir los 5 litros por el tiempo demorado se obtiene el caudal de la red de agua potable (litros/segundo).

Imagen 15 - Ubicación geográfica de la toma de datos



Fuente Google maps

Ubicación geográfica con las siguientes coordenadas y alturas.

- *El peral 60 (33°02'22.7"S) (71°37'47.6"W) y a una altura de 22 metros sobre el nivel del mar.
- *12 de febrero #363 (33°02'48.0"S) (71°36'17.3"W) y a una altura de 4 metros sobre el nivel del mar.
- *Republica #244 (33°01'52.2"S) (71°38'12.3"W) y a una altura de 107 metros sobre el nivel del mar.

El primer dato a considerar en la investigación es la toma de caudales en distintos puntos, de los cuales en el mes de noviembre 2014 se tomaron los siguientes datos:

Tabla 4.1 Datos Valparaíso el peral #60 plaza de la justicia

el peral 60		
Dato	Hora	Caudal L/s (promedio 3 datos)
1	7:00	0,38
2	11:00	0,39
3	15:00	0,4
4	19:00	0,39
5	23:00	0,4
6	3:00	0,41

Tabla 4.2 Datos plan de Valparaíso 12 febrero #363

12 de febrero		
Dato	Hora	Caudal L/s (promedio 3 datos)
1	7:00	0,31
2	11:00	0,32
3	15:00	0,31
4	19:00	0,31
5	23:00	0,32
6	3:00	0,33

Tabla 4.3 Datos calle república #244 cerro playa ancha

republica 244		
Dato	Hora	Caudal L/s (promedio 3 datos)
1	7:00	0,39
2	11:00	0,4
3	15:00	0,4
4	19:00	0,41
5	23:00	0,41
6	3:00	0,42

De la toma de muestras se desprende la siguiente tabla con los promedios diarios de caudales en cada lugar estudiado.

Tabla 4.4 resumen promedios caudales

Tabla resumen promedio caudales	
Lugar	caudal (L/s)
El peral	0,4
12 de febrero	0,32
republica 244	0,41
Dato la calera*	0,24

* Se toma como dato adicional una muestra en la calera Quinta región Valparaíso

4.2 Determinación de presión

La presión del lugar se obtuvo mediante la utilización de un manómetro, donde en el mes de noviembre 2014 se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5.5 Datos Presión Valparaíso el peral #60 plaza de la justicia

El peral 60			
dato	Hora	Presión (kgf/cm2)	Presión (Kgf/m2)
1	7:00	7	70000
2	11:00	7,2	72000
3	15:00	8	80000
4	19:00	7,5	75000
5	23:00	8	80000
6	3:00	8,5	85000

Tabla 6.6 Datos Presión plan de Valparaíso 12 febrero #363

12 de febrero			
Dato	Hora	Presión (kgf/cm2)	Presión (kgf/m2)
1	7:00	3,2	32000
2	11:00	3,8	38000
3	15:00	3	30000
4	19:00	3,2	32000
5	23:00	3,8	38000
6	3:00	4,5	45000

Tabla 7.7 Datos Presión cerro calle república #244 cerro playa ancha

república 244			
Dato	Hora	Presión (kgf/cm2)	Presión (kgf/m2)
1	7:00	7,5	75000
2	11:00	8	80000
3	15:00	8,2	82000
4	19:00	8,5	85000
5	23:00	8,7	87000
6	3:00	8,8	88000

De la toma de muestras se desprende la siguiente tabla con los promedios diarios de presiones en cada lugar estudiado.

Tabla 8.8 resumen promedio presiones

Tabla resumen promedio presiones	
Lugar	Presión (Kgf/m ²)
el peral	7,7
12 de febrero	3,6
republica 244	8,2
Dato La calera*	2,2

* Se toma como dato adicional una muestra en La calera, Quinta región Valparaíso

4.3 Determinación de energía producida por una turbina.

Una vez determinado los caudales disponibles, se procede a instalar la turbina importada, la cual se acomoda al caudal y presión disponibles en la red.

La turbina genera energía eléctrica en corriente continua, con un voltaje máximo de 8 v a un caudal de 0,11(l/s). Cada dos turbinas” hydro wáter flow” existe una disminución del caudal de un 20 % por tema de transformación de energía.

Imagen 16 – turbina generando energía eléctrica en domicilio El Peral #60. Registrando un voltaje de 6,32V al tener un caudal de 0.07 litros por segundo.



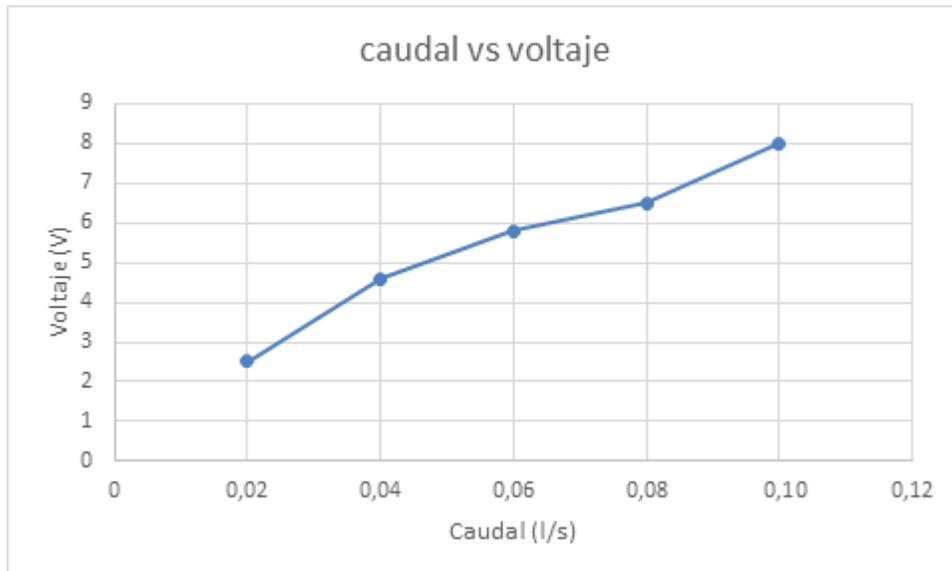
Fuente Propia

Al funcionar la turbina se pueden desprender los siguientes datos de voltaje producido medidos mediante el multímetro fluke 115 al variar el caudal mediante una llave de paso regulable.

Tabla 9.9 Voltaje producido por una turbina

Caudal (l/s)	Voltaje (v)
0,02	2,5
0,04	4,6
0,06	5,8
0,07	6,3
0,08	6,5
0,10	8,0

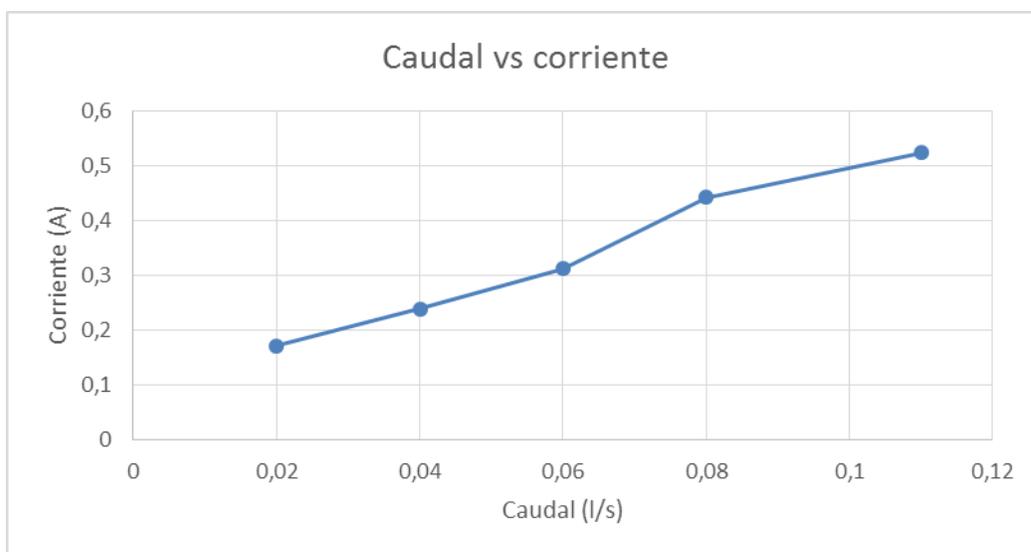
Estos datos se obtienen al modular el caudal que circula a través de la turbina y así obtener los voltajes de máximos de trabajo de la turbina. Para así poder estimar la cantidad de energía a producir.

Imagen 17-Gráfico de voltaje vs Caudal

Datos obtenidos al medir mediante la utilización del Multímetro Fluke 115 la corriente generada por una turbina al variar el caudal.

Tabla 10.10 Caudal vs Corriente

caudal (l/s)	corriente I (A)
0,02	0,171
0,04	0,239
0,06	0,312
0,08	0,442
0,11	0,523

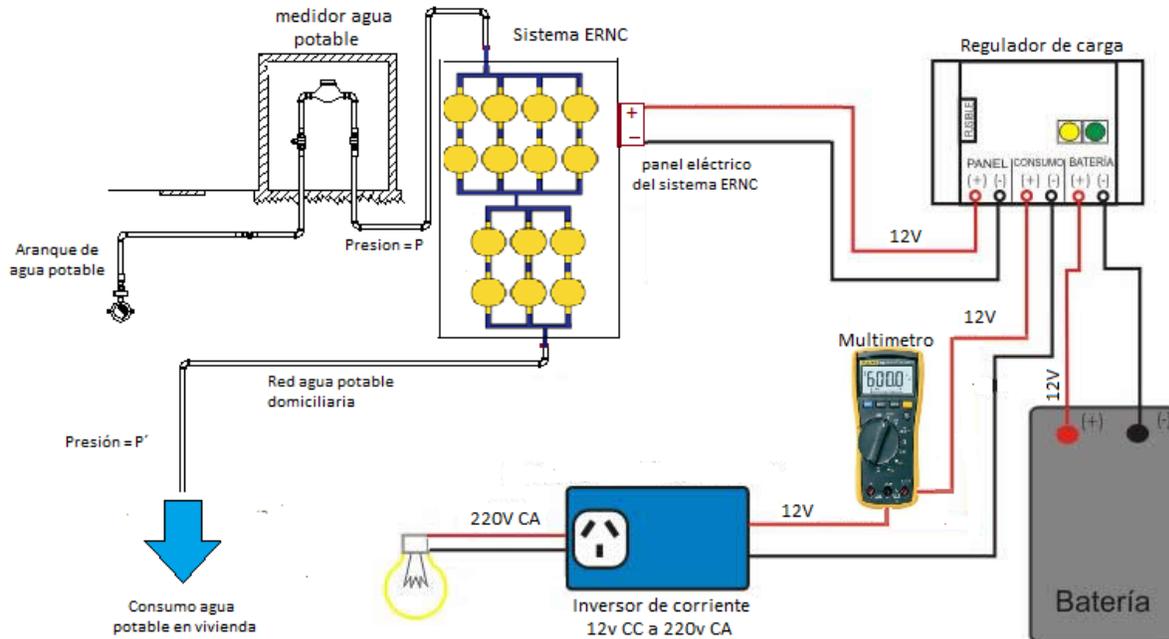
Imagen 18-Gráfico que se desprende de la toma de muestras de corriente generada por una turbina

Se puede generar energía, para utilizar esta energía de manera eficiente se propone almacenar la energía producida en una batería de ciclo profundo de 12v, ya que la energía producida no es necesario que se utilice en el mismo instante que se genera y en consecuencia se considera transformarla en energía química para que perdure un instante en el tiempo y utilizarla a necesidad del usuario. La cual se cargará por medio de un controlador de carga, logrando conseguir una tensión de 12v de corriente continua (CC) posteriormente transformar la energía de CC a corriente alterna (CA) a través de un inversor de corriente de 12vCC a 220vCA.

El sistema se plantea en base al consumo del inversor de corriente, mediante la siguiente metodología:

Se conecta el inversor (400watts 12v CC) a una batería de 12v y se procede a medir la corriente consumida al prender ampolletas (25w, 40w, 60w y 75w) a través del multímetro fluke. Y de esta manera determinar el consumo en corriente del inversor para encender las resistencias aplicadas. Y así, poder determinar la corriente consumida para distintas resistencias aplicadas.

Imagen 19-Esquema de medición de corriente consumida por el inversor



Fuente Propia

Imagen 20 Inversor de corriente utilizado



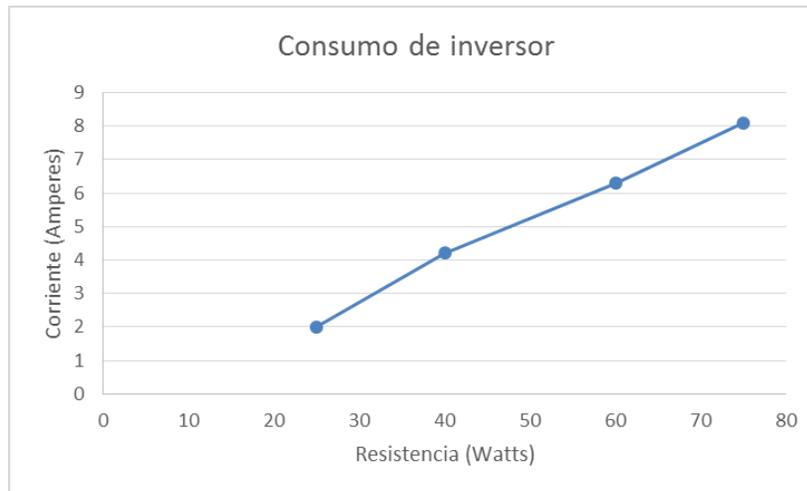
(Sodimac, 2014)

De lo cual se desprenden los siguientes datos.

Tabla 11.11 Consumo del inversor de corriente del sistema

Resistencia (watts)	corriente (A)	Equivalencia en ampolletas led 5 watts
25	2	5
40	4,2	8
60	6,3	12
75	8,1	15

Imagen 21-Gráfico de consumo de inversor de corriente



Estos datos son los indicados para emplazar la cantidad de energía producida y así determinar la cantidad de ampolletas a encender.

Imagen 22 – Toma de mediciones de consumo del inversor utilizando una ampolleta de 40 watts



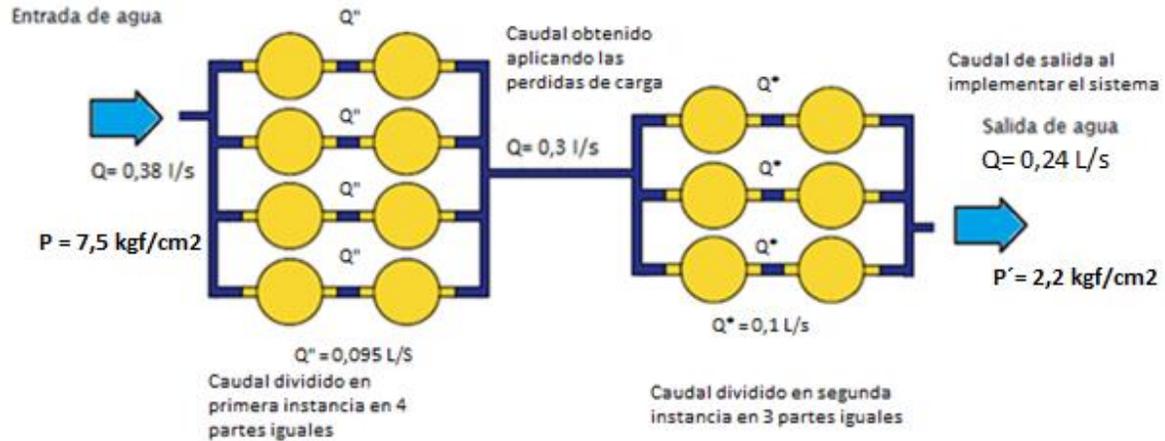
Fuente Propia

El caudal obtenido en las viviendas estudiadas (2 favorables una descartada), se debe dividir de manera eficiente en función del rendimiento de las turbinas. El caudal máximo de generación de energía eléctrica es de 0,11 l/s para las turbinas a utilizar.

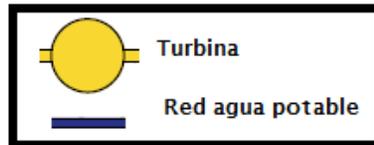
Se plantea dividir el caudal existente en primera instancia en cuatro partes iguales, para obtener el caudal de generación de energía eléctrica de la turbina a implementar, en segunda instancia se subdivide en tres partes adaptándose al caudal de generación, obteniendo como resultado energía eléctrica y a la vez disminuir la presión de la red de agua potable domiciliaria, que esta fuera de la norma chilena en dos de los domicilios estudiados. Se considera una pérdida de carga equivalente al 20 % cada dos turbinas colocadas en serie, con respecto a su caudal, datos obtenidos por medio de pruebas realizadas a las turbinas analizadas.

En base a estos datos obtenidos se propone el siguiente sistema:

Imagen 23- Esquema Representativo de sistema de micro turbinas



Donde:



$Q = 0,38 \text{ L/s}$ corresponde al valor más desfavorable obtenido en el domicilio El peral 60

Fuente Propia

El cual consta de 14 microturbinas distribuidas de manera de que sean eficientes en base al caudal disponible. Cada una generando 0,5 amperes (tabla 4.10) de corriente y un voltaje de 8 voltios (tabla 4.9).

Ley de kirchhoff

En cualquier nodo, la suma de las corrientes que entran en ese nodo es igual a la suma de las corrientes que salen. De forma equivalente, la suma de todas las corrientes que pasan por el nodo es igual a cero

Para este sistema se plantea tener una tensión de 12 V, para adaptarse a la tensión de trabajo del inversor como de la batería. Para ello se plantea conectar en serie dos turbinas para llegar a un voltaje de 16 V y conectadas en paralelo una cantidad de 13 en paralelo.

$I = 0,5 \text{ A}$ (corriente producida por una turbina)

Donde 13 turbinas están en paralelo aumentando su corriente. Se consideran 13 turbinas ya que se suma el amperaje de las turbinas conectadas en serie.

$$I_{\text{total de sistema}} = I * 13$$
$$I_{\text{total}} = 0,5\text{A} * 13 = 6,5\text{A}$$

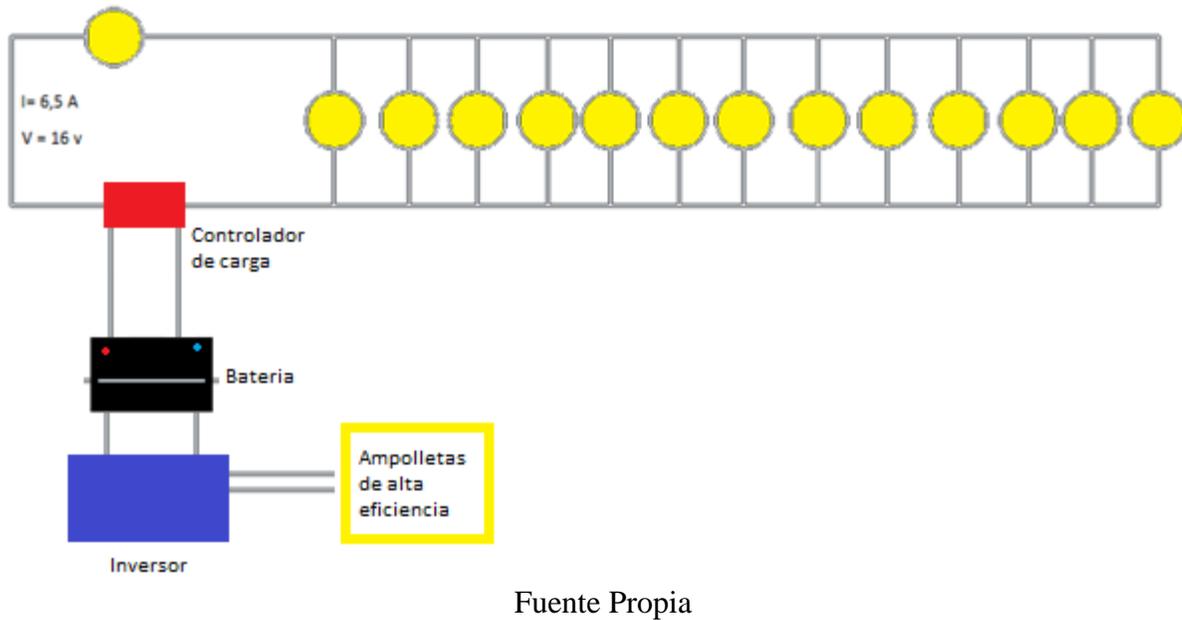
En un lazo cerrado, la suma de todas las caídas de tensión es igual a la tensión total suministrada. De forma equivalente, la suma algebraica de las diferencias de potencial eléctrico en un lazo es igual a cero.

$V = 8 \text{ voltios}$ (voltaje producido por una turbina)

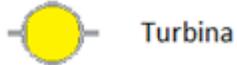
Donde 2 turbinas están en serie aumentando su voltaje

$$V_{\text{total del sistema}} = V * 2$$
$$V_{\text{total}} = 8 * 2$$
$$V_{\text{total}} = 16 \text{ volts}$$

Imagen 24- Diagrama eléctrico para sistema propuesto



Donde:

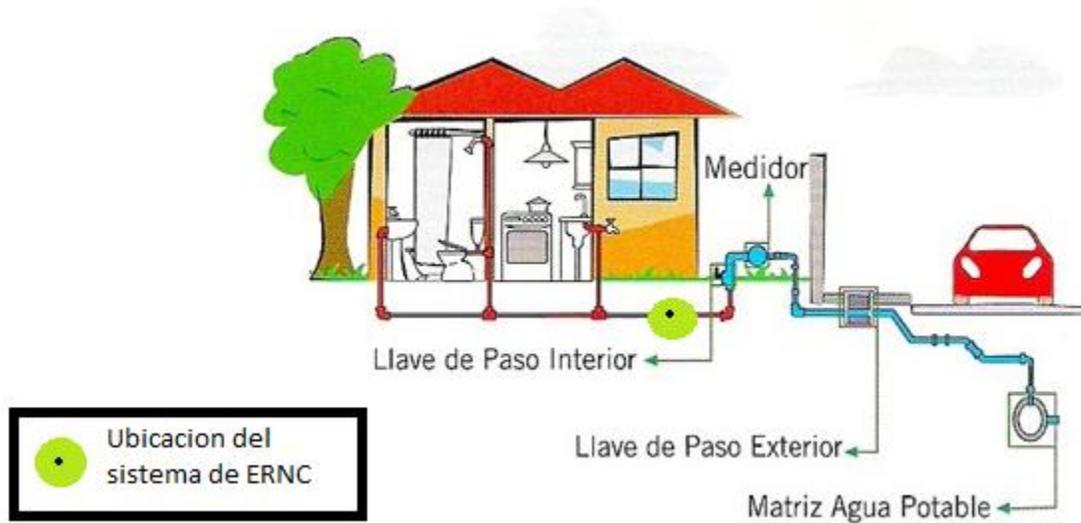


Con lo cual se puede concluir que el sistema aporta cada vez que funcione 6,5 Amperios a un tensión de 13.5 voltios. Se consideran 13.5 V para la carga de la batería, ya que un voltaje superior podría ser perjudicial para la vida útil de la batería.

4.4 Ubicación del sistema

El sistema estará instalado después del medidor de agua potable, para aprovechar la totalidad de agua consumida para la generación de energía eléctrica.

Imagen 25– Ubicación del sistema dentro del domicilio



Fuente Propia

La energía generada será utilizada para encender ampolletas eficientemente energéticas.

CAPITULO V

Análisis de resultados

5.1 Análisis FODA

El análisis FODA es una de las herramientas esenciales que provee de los insumos necesarios al proceso de planeación estratégica, proporcionando la información necesaria para la implantación de acciones y medidas correctivas y la generación de nuevos o mejores proyectos.

Fortaleza

Utilizar una energía existente dentro de la red de agua potable domiciliaria, la cual no es aprovechada.

Un domicilio eficientemente energético tienen un valor adicional puesto que las personas están dispuestas a pagar más por una vivienda con estas fuentes propia de generar energía.

Favorecen la seguridad de suministro al diversificar la matriz energética y aporta a la independencia energética. Generando energía a precios cada vez más competitivos de la mano de ERNC.

El recurso que utiliza este sistema para generar energía eléctrica es inagotable, ya que está en directa relación con el consumo agua potable de las personas.

Este sistema resulta ser altamente eficiente entre conversión de energía mecánica en energía hidroeléctrica del orden del 70% al 90%

El sistema ayuda a disminuir la sobre presión existente en la red de agua potable de los domicilios analizados a niveles de 22 mca aproximadamente, generando energía limpia de manera sustentable.

Debilidades

La inversión tiene un alto costo inicial.

La implementación del sistema en lugares donde la presión en la red de agua potable, puede afectar el sistema de distribución de agua potable.

Lo poco eficiente de los artefactos utilizados en las viviendas, ya que los resultados obtenidos son considerables ante artefactos de bajo consumo.

Oportunidades

La escasez de recursos no renovables como el gas natural y el petróleo y sus derivados que aportan más del 60% del consumo primario de nuestro país, lo que resulta una alternativa de producción de energía de autoconsumo (renovables, 2014).

Amenazas

Existen sustitutos que puedan resultar más eficientes, como sistemas fotovoltaicos y aerogeneradores.

5.2 Análisis de costo del sistema

Los costos involucrados en la generación de energía hidroeléctrica están asociados al sistema propuesto, el cual está detallado en la siguiente tabla:

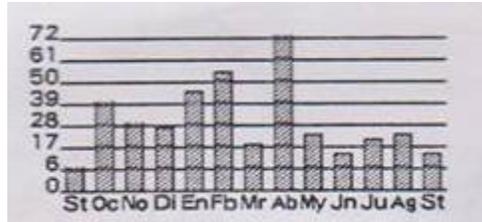
Tabla 5.12 Detalle de costo del sistema

elementos del sistema	unidad	cantidad	precio	total
turbina	un	14	11.686	\$163.604
Vinilit	un	1	990	\$990
cables de instalación 1,5 mm (100m)	ml	0,25	9.680	\$2.420
Teflón	un	3	300	\$900
tubo pvc ½	un	1	1.500	\$1.500
adaptadores hi	un	28	150	\$4.200
inversor de corriente	un	1	32.000	\$32.000
caja de protección	gl	1	5.890	\$5.890
panel de control	un	1	1.990	\$1.990
controlador de carga	un	1	7.890	\$7.890
batería ciclo profundo	un	1	19.980	\$19.980
instalación (gasfiter, eléctrico y supervisor)	gl	1	60.000	\$60.000
Costo total del sistema iva incluido				\$ 301.364

Análisis económico del sistema

Para analizar económicamente el sistema planteado se procede a acreditar el consumo de agua potable de cada vivienda analizada, en la boleta de agua potable se puede acceder al consumo anual de la vivienda.

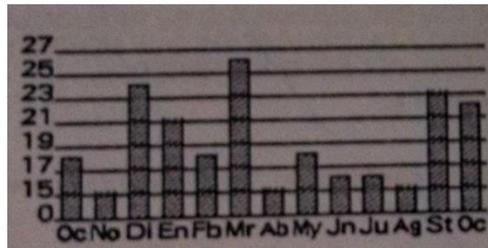
Imagen 26 - Gráfico de consumo de agua anual de vivienda el peral 60



Fuente (Boleta de consumo de agua potable) 2014

Donde se consumen un promedio 24 m³ por mes

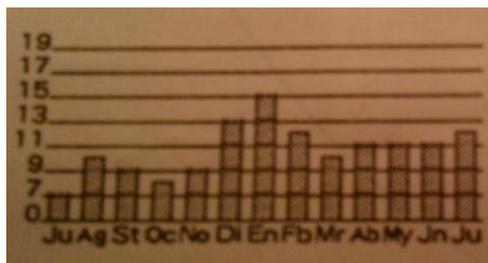
Imagen 27 - Gráfico de consumo de agua anual de vivienda 12 febrero 363



Fuente (Boleta de consumo de agua potable) 2014

Donde se promedia 18 m³ por mes

Imagen 283- Gráfico de consumo anual de vivienda ubicada en republica 244



Fuente (Boleta de consumo de agua potable) 2014

Donde se promedia 11 m³ por mes

Energía producida según promedio de consumo de agua potable al mes.

Con respecto a la cantidad de agua consumida al mes en el domicilio. Se determina cuánto tiempo al día funcionara el sistema. Lo cual se plantea en la siguiente tabla:

Tabla 513 Tiempo de funcionamiento del sistema

Tiempo de funcionamiento del sistema				
casa	consumo de agua potable al mes (m3)	litros (l) al mes	tiempo(s) al mes de funcionamiento	tiempo (s) de funcionamiento al día
el peral	24	24000	60000	2000
febrero	18	18000	45000	1500
quebrada verde	23	23000	57500	1917

Cada vez que el sistema funcione genera una corriente de 6,5A y un voltaje 16V. Con el cual se plantea cargar una batería de ciclo profundo de 12 V y 20 A, a través de un regulador de carga y de esta manera almacenar la energía producida. Con pérdidas asociadas al 10% por tema de transformación de energía (de energía eléctrica a energía química).

La energía almacenada será utilizada para aportar en el consumo eléctrico de la vivienda estudiada, bajo el concepto de eficiencia energética la energía va a ser utilizada en concepto de luminosidad, puesto que el mercado podemos encontrar ampollitas de alta eficiencia que incluso puede llegar a los 5 w equivalentes a una ampollita convencional de 25watt.

Al analizar la cantidad de energía aportada por el sistema:

El peral 60

$$- 6,5A * 2000s$$

$$- 6,5A * 0,55horas = 3,57 \text{ Amperes hora generados al día}$$

Republica 244

$$- 6,5A * 1917s$$

$$- 6,5A * 0,53horas = 3,46 \text{ Amperes hora generados al día}$$

Al aplicarle el 15% de pérdidas por transformación de energía al almacenar en batería.

Se puede concluir que se puede aportar una corriente 3,05 Ah. La cual según el consumo del inversor se puede prender 5 ampollitas de 5w en tecnología led por 1 hora 30 minutos al día de manera sustentable utilizando la energía aportada por la red de agua potable domiciliaria.

Evaluación en pesos de la energía generada. El kwh está a un valor de 122 pesos para este análisis, precio desprendido de la boleta de luz de la vivienda año marzo 2015

Tabla 14 Evaluación en pesos de la energía generada.

Domicilio	Consumo en kw en iluminación día	Costo día	Costo mes
el peral 60	2,4	\$ 293	\$ 8.784
Quebrada verde	2,4	\$ 293	\$ 8.784

Se consumen 2,4 (kw) en iluminación, al encender 5 unidades de 60(w) durante 8 horas diarias. Con el sistema planteado de mano de la eficacia energética, se ilumina con tecnología led la vivienda por una cantidad 1,5 horas, lo que corresponde al 18,75% de la iluminación diaria del domicilio

Tabla 15 ahorro por vivienda

Domicilio	ahorro dia	Ahorro mes	Ahorro año
el peral 60	\$ 55	\$ 1.647	\$ 19.764
Quebrada verde	\$ 52	\$ 1.560	\$ 18.720

Se procede a realizar un valor actual neto a cada vivienda estudiada, para verificar si el producto es viable económicamente.

Según fabricante las turbinas tienen una duración de 3000 horas, de lo cual se desprende la vida útil del sistema.

Si el sistema funciona 0,55 horas diarias

$3000(\text{horas})/0,55(\text{horas/días}) = 5.454$ días de funcionamiento por lo tanto se concluye que la vida útil del sistema es de 15 años. Y se considera un costo de mantención de \$20.000 pesos cada 5 años, para inspeccionar el funcionamiento del sistema.

Se efectúa un valor actual neto a las dos viviendas que presentan condiciones favorables para el sistema a implementar.

Van < 0

Esto implica que el sistema no es viable económicamente con las turbinas analizadas e importadas al país en noviembre de 2014.

A la fecha de diciembre del 2015 existen opciones más eficientes energéticamente. (ebay.com, 2015), las cuales tienen una capacidad de 20V de corriente alterna con un máximo de 0.15 Amperios. Con lo cual se pueden evitar costos de transformación de energía ya que la turbina genera corriente alterna. Y al ser más eficientes en consecuencia generarían más energía. (Ver anexo página 77)

Se plantea tener una tensión de 220 V de Corriente Alterna, para adaptarse a la tensión de utilizada en los domicilios. Para ello se plantea conectar en serie doce turbinas para llegar a un voltaje de 240V de Corriente Alterna y conectadas en paralelo una cantidad de tres en paralelo.

Suma de voltaje:

$$20VCA * 12 \text{ turbinas conectadas en serie (solo suma voltaje)} = 240VCA$$

Suma de amperaje:

$$0,15 \text{ Amperes} * 3 \text{ turbinas conectadas en paralelo (solo suma amperaje)} = 0,45 \text{ Amperes}$$

Se consideran 240 V considerando tener controlado el voltaje mediante un estabilizador de tensión 220V CA (factory, 2015)(ver anexo página 78), y así tener un voltaje de trabajo del sistema de 220 V de CA, con un amperaje de 0,45 amperes.

Aplicando la fórmula de potencia eléctrica

$$W=V*A$$

$$W= 220*0,45$$

$$W=99$$

Donde

W= potencia eléctrica

V= voltaje

A= amperaje

Con lo que se puede estimar que las turbinas que existen en el mercado a la fecha de diciembre 2015 pueden generar 99 watts de potencia eléctrica. Y que están asociadas a costo unitario de \$5681 pesos chilenos (costo + envío).

Se procede a realizar un valor actual neto el cual estará vinculado a aumentar el porcentaje de producción de energía y en consecuencia la cantidad de dinero aportado por el sistema. En búsqueda de lograr que el VAN tenga valores positivos, y sea viable económicamente.

Datos a considerados para el VAN.

Precio turbina: \$5681

Tabla 186 calculo del nuevo costo del sistema

elementos del sistema	unidad	cantidad	precio	total
turbina	un	14	5681	\$ 79.534
vinilit	un	1	990	\$ 990
cables de instalación 1,5 mm (100m)	ml	0,25	9.680	\$ 2.420
teflón	un	3	300	\$ 900
tubo pvc 1/2	un	1	1.500	\$ 1.500
adaptadores hi	un	28	150	\$ 4.200
caja de protección	gl	1	5.890	\$ 5.890
panel de control	un	1	1.990	\$ 1.990
estabilizador de tension 220v ac	un	1	53.990	\$ 53.990
instalación (gasfiter, eléctrico y supervisor)	gl	1	60.000	\$ 60.000
Costo total del sistema iva incluido				\$ 211.414

Se procede a realizar los valores actuales netos aumentando el porcentaje de Producción en un 30% y 50%

Tabla 197 Valor actual neto el peral #60 incrementando los ingresos en un 30%

Valor actual neto del sistema a implementar a 15 años								Domicilio el peral #60								
periodo de evaluacion (años)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ingresos por ahorro de energias \$	0	25693,2	25493	25493	25493	25493	25493	25493	25493	25493	25493	25493	25493	25493	25493	25493
operación y mantencion \$	0					-20000					-20000					
valor residual \$	0															
inversión \$	-211414															
flujo de caja \$	-211414	25693,2	25493	25493	25493	5493	25493	25493	25493	25493	5493	25493	25493	25493	25493	25493
tasa (%)	6,50%															
flujo actualizado(\$)	-211414	24125	22476	21104	19816	4009	17471	16405	15404	14464	2926	12752	11974	11243	10557	9912
van(\$)	3224															

Tabla 208 Valor actual neto el peral #60 incrementando los ingresos en un 50%

Valor actual neto del sistema a implementar a 15 años								Domicilio el peral #60								
periodo de evaluacion (años)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ingresos por ahorro de energias \$	0	29646	29646	29646	29646	29646	29646	29646	29646	29646	29646	29646	29646	29646	29646	29646
operación y mantencion \$	0					-20000					-20000					
valor residual \$	0															
inversión \$	-211414															
flujo de caja \$	-211414	29646	29646	29646	29646	9646	29646	29646	29646	29646	9646	29646	29646	29646	29646	29646
tasa (%)	6,50%															
flujo actualizado(\$)	-211414	27837	26138	24542	23045	7040	20317	19077	17913	16820	5139	14829	13924	13074	12276	11527
van(\$)	42085															

Donde el VAN con un 30% y 50% de incremento es viable económicamente, donde se obtiene un VAN > 0, esto implica que el sistema es viable económicamente en la actualidad.

Tabla 219 Valor actual neto republica #244 incrementando los ingresos en un 30%

Valor actual neto del sistema a implementar a 15 años													Domicilio republica #244			
periodo de evaluacion (años)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ingresos por ahorro de energias \$	0	24336	24336	24336	24336	24336	24336	24336	24336	24336	24336	24336	24336	24336	24336	24336
operación y mantencion \$	0					-20000					-20000					
valor residual \$	0					0					0					0
inversión \$	-211414															
flujo de caja \$	-211414	24336	24336	24336	24336	4336	24336	24336	24336	24336	4336	24336	24336	24336	24336	24336
tasa (%)	6,50%															
flujo actualizado(\$)	-211414	22851	21456	20147	18917	3165	16678	15660	14705	13807	2310	12173	11430	10733	10078	9462
van(\$)	-7843															

Tabla 2210 Valor actual neto republica #244 incrementando los ingresos en un 50%

Valor actual neto del sistema a implementar a 15 años													Domicilio republica #244			
periodo de evaluacion (años)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ingresos por ahorro de energias \$	0	28080	28080	28080	28080	28080	28080	28080	28080	28080	28080	28080	28080	28080	28080	28080
operación y mantencion \$	0					-20000					-20000					
valor residual \$	0					0					0					0
inversión \$	-211414															
flujo de caja \$	-211414	28080	28080	28080	28080	8080	28080	28080	28080	28080	8080	28080	28080	28080	28080	28080
tasa (%)	6,50%															
flujo actualizado(\$)	-211414	26366	24757	23246	21827	5897	19244	18070	16967	15931	4304	14046	13189	12384	11628	10918
van(\$)	27361															

Donde el VAN con un 30% de incremento no es viable económicamente, en cambio al aplicarle un 50% de incremento en los ingresos se obtiene un VAN > 0, esto implica que el sistema es viable económicamente en la actualidad.

Al ver que el sistema es viable técnicamente y económicamente al analizarlo desde el punto de vista de la factibilidad. Se procede a extrapolar los datos al implementar el sistema en la ciudad de Valparaíso, suponiendo que la mitad de las viviendas en Valparaíso cumplen con las condiciones de trabajo del sistema.

Como son 300.000 habitantes en la ciudad, se estima la mitad de la población presente las condiciones para que el sistema funcione, equivalente a 150.000 habitantes y con un promedio por vivienda de 4 habitantes, se estima que 37.500 viviendas se implementa el sistema de energía renovable no convencional.

Con el sistema a implementar se producen 0,1 kw al día, al obtener la cantidad por mes se obtiene 3kw por mes y 36 kw por año por una vivienda.

Tabla 2311 Datos extrapolados al estimar implementar en 37.500 viviendas

viviendas	Generación por vivienda kw/año	Total generado kw/año	Total de kw generado a 15 años
37.500	36	1350000	20250000

Con lo cual se puede analizar que al implementar el sistema se podría llegar a generar 20 millones de kw de manera sustentable, evitando la generación de energía eléctrica, la cual su producción genera gases contaminantes al provenir de centrales termoeléctricas. Existe relación directa entre los kw generados en termoeléctrica y su cantidad de co2 generado, los cuales varían dependiendo del combustible a utilizar para la generación de energía:

- Carbón: entre 0,95 y 1,4 kg de CO2 por kWh
- Diesel: entre 0,5 y 1,3 kg de CO2 por kWh
- Gas Natural: entre 0,3 y 0,6 kg de CO2 por kWh

Esto implica que al implementar el sistema durante 15 años en la ciudad de Valparaíso se evitaría que se generen entre 6075 y 28350 toneladas de co2 y generando bonos de carbono equivalentes en dinero entre los 21.262.500 y 99.225.000 millones de pesos.

CAPITULO VI

Conclusiones

Conclusiones

Los resultados de esta investigación arrojan que técnicamente es factible generar electricidad mediante el aprovechamiento de la red de agua potable domiciliaria, la cual se plantea utilizar para abastecer un porcentaje de la iluminación de la vivienda.

El sistema implementado genera 6,5 A de corriente a 12V durante una hora en la vivienda con mejores condiciones, los cuales dentro del marco energético actual no son significativos, ya que el consumo energético en las viviendas es mucho mayor totalmente dependiente de la fuente de energía primaria. Lo cual se enfrenta utilizando la eficiencia energética del sistema al complementarse de tecnología led

El sistema implementado es viable técnicamente ya que genera voltaje y corriente, pero económicamente el sistema no es viable con las turbinas estudiadas, motivo por el cual se estudia el mercado antes del empaste de la tesis. Con lo cual se verifica que existen turbinas más eficientes en su cantidad de energía producida, como en la corriente en la que aporta la electricidad, ya que la corriente alterna también es utilizada en los domicilios.

En concreto, este sistema de transformación de energía se plantea en base a reducir la presión existente en la red domiciliaria de agua potable convirtiéndola en electricidad. Sin embargo, descubrimos al medir insitu que la red de agua potable está fuera de normativa legal al exceder la presión máxima permitida por la NCh 691 que es de 70 mca, lo que al implementar el sistema se lograría reducir la presión existente en el domicilio a parámetros permitidos en la norma chilena y a la vez generando energía eléctrica no contaminante.

A partir del estudio, se encontró que el proyecto a pesar de incurrir en costos mayores que los tradicionales es recomendable su estudio y profundización debido al impacto socioambiental que puede tener la creación de un sistema alternativo de generación de corriente eléctrica.

Consideramos que, al implementar este sistema a grandes escalas de la mano de una eficiencia y eficacia energética por parte del estado se contribuirá a un mejoramiento de la sociedad tanto de manera económica como social y cultural. Ya que al considerar que la energía ocupada en los domicilios provengan de una central termoeléctrica, esto implica que al implementar el sistema durante 15 años en la ciudad de Valparaíso se evitaría que se generen entre 6075 y 28350 toneladas de CO_2 y generando bonos de carbono equivalentes en dinero entre los 21.262.500 y 99.225.000 millones de pesos.

Se plantea la idea de la aplicación de microturbinas para la reducción de presión de la red de agua potable de Valparaíso, ya que en la actualidad se utilizan reductores de presión que no aprovechan el potencial hidroeléctrico de la red.

Futuras investigación

Utilizar las turbinas como reductores de presión en las matrices de la red de agua potables.

Estudiar la factibilidad de aprovechar el caudal de las quebradas de Valparaíso para la generación de energía eléctrica.

Aprovechar la energía del agua de los alcantarillados en la ciudad de Valparaíso para la generación de electricidad

Bibliografía

- (2015). Obtenido de <http://www.agua.org.mx/>
- Aceituno, P. (4 de 11 de 2014). *energía mecánica y trabajo*. Obtenido de http://www.profesorenlinea.cl/fisica/Energia_mecanica_trabajo.html
- Agroterra. (2015). Obtenido de <http://www.agroterra.com/>
- Alarcón, S. (2006). *diseño estructural de central hidroeléctrica*. instituto politécnico nacional.
- Badii, M. H. (Marzo 2008). El recurso de agua y sustentabilidad .
- Banki, M. (2012). *Micro turbinas para pequeños aprovechamientos hidroeléctricos* .
- conversacion de conservacion. (2015). <http://www.conversaciondeconservacion.com/>.
- ebay.com. (2015). *ebay*. Obtenido de ebay: <http://www.ebay.com/itm/AC-20V-Water-Charge-Turbine-Generator-Micro-hydro-for-Led-Shower-Head-Phone-/131681373584?hash=item1ea8d24d90:g:dWcAAOSwNyFWd2E2>
- ecovive. (4 de 4 de 2010). *Energía hidráulica*. Obtenido de <http://www.ecovive.com/energia-hidraulica>
- factory, p. (diciembre de 2015). *pc factory*. Obtenido de factory: <https://www.pcfactory.cl/producto/13949-Regulador.de.Voltaje.LR604.600W.220V.UR202TRP01>
- Herrera, R. L. (2009). *Factibilidad de Autoabastecimiento Energético Domiciliario por Medio de Energía Fotovoltaica*. universidad austral.
- Holm, D. (4 de 11 de 2006). *recursos naturales*. Obtenido de <http://whitepaper.ises.org/ISES-WP-600-Spanish-Developing.pdf>
- <http://www.unet.edu.ve/>. (2015). Obtenido de <http://www.unet.edu.ve/~maqflu/doc/LAB-1-118.htm>
- Leopold, E. (4 de 11 de 2006). *crecimiento infinito de un planeta*. Obtenido de <http://www.20minutos.es/noticia/7942/0/onu/poblacion>
- Leyton, S. (4 de 11 de 2014). *central energía*. Obtenido de <http://www.centralenergia.cl/2012/04/26/net-metering-en-chile-ley-20-571/>
- mataix. (12 de 8 de 2009). *mecánica de fluidos*. Obtenido de <http://www.intercambiosvirtuales.org/libros-manuales/mecanica-de-fluidos-y-maquinas>
- ProChile, O. C. (2012). *Estudio de Mercado*.
- renovables, C. n. (1 de 11 de 2014). *ERNC mercaodchileno*. Obtenido de http://antiguo.minenergia.cl/minwww/export/sites/default/05_Public_Estudios/descargas/ERNC_mercado_electrico_chileno_baja_resolucion.pdf
- Rios, G. (2015). *Centro virtual de información del agua*. Obtenido de <http://www.agua.org.mx/>
- Sodimac. (2014). Obtenido de <http://www.sodimac.cl/>
- TERÁN, J. M. (2009). MANUAL PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO.
- termoelectricas, l. e. (2015). *central energía*. Obtenido de central energía: <http://www.centralenergia.cl/>
- Valdes, N. (2008). *Factibilidad técnica y económica de aprovechar como energía potencial el agua residual en edificios para generar energía eléctrica* .
- verne, G. (2014). Obtenido de <http://grupoverne.com/>
- www.ebay.com. (noviembre de 2014).

Anexo

Determination de altura de carga (m), velocidad especifica (m/s) y potencia (CV) de la red

Energía mecánica = energía cinética + energía potencial

$$E = \frac{1}{2} * m * v^2 + m * g * H$$

Al medir presión en la red no existe energía cinética por lo que la expresión se reduce a la siguiente:

$$E = m * g * H$$

$$P = m * g * H$$

Como estamos hablando de un líquido, $m = \rho$

$$P = 8 \text{ kgf/cm}^2 = 80000 \text{ kgf/m}^2$$

$$P = \rho * g * H$$

$$80000 = 999,97 * 9,8 * H$$

$$H = 8,1 \text{ m}$$

Donde :

P = presión de red domiciliaria existente, Kg/m^2

ρ = Densidad del agua potable, Kg/m^3

H = altura de carga, M

Q = caudal promedio obtenido en vivienda

$$P_{\text{hid}} = 9,8 * Q * H$$

$$P_{\text{hid}} = 9,8 * 0,0004 * 8,1$$

$$P_{\text{hid}} = 0,032 \text{ kw}$$

Donde :

P_{hid} = potencia hidraulica , KW

Q = Caudal disponible, m^3/s

H = altura de carga, m

Mientras que la potencia hidroeléctrica se determina a partir de la siguiente ecuación.

$$P = 9,8 * Q * H * R_t * R_g$$

$$P = 9,8 * 0,0004 * 8,1 * 0,85 * 0,96$$

$$P = 0,0259 \text{ kw} = 0,035 \text{ Caballo de vapor [CV]}$$

Donde:

P= potencia, KW

Q = Caudal disponible, m²/s

H= altura de carga, m

Rt= rendimiento de la turbina, adimensional (0,75 y 0,90) (Valdes, 2008)

Rg = rendimiento del generador, eléctrico, adimensional (entre 0,92 y 0,97) (Valdes, 2008)

Calculo de velocidad específica.

$$N_s = (n * P^{1/2}) / H^{5/8}$$

$$N_s = (400 * 0,035^{1/2}) / 8,1^{5/8}$$

$$N_s = 20,24 \text{ m/s}$$

Donde:

Ns= velocidad específica, m/s

n = velocidad angular, rpm

P= potencia del eje, CV

H= altura de carga, m

Datos obtenidos para así poder clasificar en base a la velocidad específica y altura de carga el tipo de turbina a Utilizar (**Imagen 3.3**)

Multímetro utilizado fluke 115
Fuente <http://www.fluke.com>



Especificaciones	
Tensión máxima entre cualquier terminal y toma de tierra	600 V
Protección frente a subidas	Tensión de pico de 6 kV conforme a la norma IEC 61010-1 600 V CAT III, Grado 2 de contaminación
Pantalla	Digital: 6.000 cuentas, se actualiza con una frecuencia de 4 veces por segundo
Barra gráfica analógica	33 segmentos, se actualiza con una frecuencia de 32 veces por segundo
Temperatura de trabajo	De -10 °C a +50 °C
Temperatura de almacenamiento	De -40 °C a +60 °C
Tipo de batería	9 voltios alcalina, NEDA 1604A/IEC 6LR61
Duración de la batería	400 horas, sin usar retroiluminación
Especificaciones de precisión	
Milivoltios de CC	Rango: 600,0 mV Resolución: 0,1 mV Precisión: ± ([% de lectura] + [cuentas]): 2,0% + 3
Voltios de CC	Rango/Resolución: 6,000 V/0,001 V Rango/Resolución: 60,00 V/0,01 V Rango/Resolución: 600,00 V/0,1 V Precisión: ± ([% de lectura] + [cuentas]): 0,5% + 2
Milivoltios de CA ¹ verdadero valor eficaz	Rango: 600,0 mV Resolución: 0,1 mV Precisión: 1,0 % + 3 (cc, de 45 Hz a 500 Hz) 2,0 % + 3 (de 500 Hz a 1 kHz)
Voltios de CA ¹ verdadero valor eficaz	Rango/Resolución: 6,000 V/0,001 V Rango/Resolución: 60,00 V/0,01 V Rango/Resolución: 600,0 V/0,1 V Precisión: 1,0 % + 3 (cc, de 45 Hz a 500 Hz) 2,0 % + 3 (de 500 Hz a 1 kHz)

Continuidad	Rango: 600 Ω Resolución: 1 Ω Precisión: El zumbador se activa si $< 20 \Omega$ y se desactiva si $> 250 \Omega$; detecta circuitos abiertos o cortocircuitos de 500 μ s de duración o más.
Ohmios	Rango/Resolución: 600,0 Ω /0,1 Ω Rango/Resolución: 6,000 k Ω /0,001 k Ω Rango/Resolución: 60,00 k Ω /0,01 k Ω Rango/Resolución: 600,0 k Ω /0,1 k Ω Rango/Resolución: 6,000 M Ω /0,001 M Ω Precisión: 0,9 % + 1 Rango/Resolución: 40,00 M Ω /0,01 M Ω Precisión: 1,5 % + 2
Comprobación de diodos	Rango/Resolución: 2,00 V/0,001 V Precisión: 0,9% + 2
Capacitancia	Rango/Resolución: 1000 nF/1 nF Rango/Resolución: 10,00 μ F/0,01 μ F Rango/Resolución: 100,0 μ F/0,1 μ F Rango/Resolución: 9999 μ F/1 μ F Rango/Resolución: De 100 μ F a 1000 μ F Precisión: 1,9% + 2 Rango/Resolución: $> 1000 \mu$ F Precisión: 5% + 20%
Capacidad de baja impedancia	Rango: De 1 nF a 500 μ F Precisión: 10% + 2 normal
CA amperios, verdadero valor eficaz (de 45 Hz a 500 Hz)	Rango/Resolución: 6,000 A/0,001 A Rango/Resolución: 10,00 A/0,01 A Precisión: 1,5% + 3 Sobrecarga continua de 20 A durante 30 segundos máximo
CC amperios	Rango/Resolución: 6,000 A/0,001 A Rango/Resolución: 10,00 A/0,01 A Precisión: 1,0% + 3 Sobrecarga continua de 20 A durante 30 segundos máximo
Hz (entrada V o A)²	Rango/Resolución: 99,99 Hz/0,01 Hz Rango/Resolución: 999,99 Hz/0,1 Hz Rango/Resolución: 9,999 kHz/0,001 kHz Rango/Resolución: 50 kHz / 0,01 kHz Precisión: 0,1% + 2

Turbinas encontradas en el mercado a la fecha de diciembre 2015 fuente (ebay.com, 2015)



Turbine 20V CA

Especificación:

Salida de alta tensión : 0-20V AC (1,2 MPa)

La salida máxima : $\geq 150\text{mA}$

Resistencia de línea : $10,5 + 0,5\Omega$

Resistencia de aislamiento : 10M (DC100)

La salida cerró la tensión máxima : 0.6Mpa

La salida de agua abre la tensión máxima : $\geq 1.2\text{Mpa}$

Comience la presión del agua : 0.05Mpa

Flujo rango de frecuencia : Aprox. 2.5-25L / min

Tamaño (L * W * H): Aprox . 84 * 49 * 30mm / 3.3 * 1.93 * 1.26inch

características:

Apariencia: limpieza de la superficie generador, ausencia de corrosión, la estructura es fuerte.

Brecha axial: 0,2 - 1,0 mm

El ruido mecánico : $\leq 55\text{dB}$

Generador de volumen en particular : 90g

La vida del generador : 3000h \geq

Regulador de Voltaje 220 V CA



Regulador de Voltaje LR604 600W 220V

Sistema de regulación automática de voltaje (AVR) de 600 vatios/Protege equipos electrónicos sensibles, accesorios de computadora y equipos de home theater de daños y problemas de funcionamiento producidos por la tensión/Expande la vida útil de los equipos conectados suministrando condiciones de tensión óptimas para mejorar la eficiencia y enfriar la temperatura de funcionamiento interno/Los confiables circuitos de corrección de tensión basados en el transformador mantienen salida nominal de 230V durante fluctuaciones de tensión de entre 189 y 247V/Los dos niveles de estabilización de tensión suministran la respuesta deseada para sobretensiones y caídas de tensión/Evita el daño al equipo y los problemas de funcionamiento relacionados con la tensión .

Características:

SALIDA

VA de Salida: 600

- **Watts de salida:** 600
- **Voltaje nominal de salida:** 230V, 50 / 60Hz
- **Cantidad / tipo de tomacorrientes:** 3 IEC-320 C13
- **ENTRADA**
- **Longitud del cable de entrada (pies):** 6,00
- **Longitud del cable de entrada (m):** 1,83
- **LEDs del panel frontal:** 3 LEDs indican el estado de elevación, reglaje y normal del AVR.

- **SUPRESIÓN DE SOBRECARGA / RUIDO**
- **Valor nominal de joules de supresión CA del UPS:** 340 joules
- **Supresión de ruido CA EMI / RFI:** 20 dB
- **Dimensiones de la unidad:** 13,3 x 14 x 12,2 cm
- **Material de construcción:** ABS
- **Color del receptáculo:** NEGRO
- **Factores de forma soportados:** Torre pequeña.
- **Certificaciones:** Certificado CE