

Facultad de Ciencias  
Departamento de Biología y Ciencias Ambientales  
Ingeniería Ambiental

---

**Evaluación de la Factibilidad Técnica del Aprovechamiento de  
Energía Potencial en Aguas Grises de Edificios Construidos en  
Altura**

---

Trabajo de Titulación

Para la obtención del Título de *Ingeniero Ambiental*

Realizado por:

Carla Antivilo Tenore  
Marissa Villada Bianchetti

Profesor Guía: Patricio Arellano Ricotti

Valparaíso, Chile

Septiembre 2009

## AGRADECIMIENTOS

*Un especial agradecimiento a nuestro querido profesor guía Patricio Arellano, por su paciencia, dedicación y apoyo constante a lo largo de todo este proceso...*

*A los profesores Ociel Cofré y Jaime Urra por la ayuda desinteresada y el material entregado para la elaboración de esta tesis...*

*A cada profesor que nos ha enseñado durante este largo proceso, por las herramientas para ser cada día mejor, formarnos como profesional y como personas íntegras.*

*A todas y cada una de las personas que nos acompañaron en nuestro paso por la universidad, las que hicieron de ese paso un momento muy grato, las que nos orientaron y ayudaron a comprender lo que creíamos imposible, agradecerles por el apoyo recibido en todo momento durante este proceso...*

*Sin la ayuda de todos ustedes este trabajo no hubiese sido posible...*

*Carla y Marissa.*

*Primero que todo me gustaría agradecer a mi madre, quien siempre ha estado presente y que con mucho amor y esfuerzo ha sido un pilar fundamental para poder llegar a este punto. Gracias por tu confianza y apoyo incondicional en cada cosa que se me ocurre y por ser la madre más abnegada. Te amo.*

*A mi nonna, mis tíos Mati y Oscar, y a mi padre por siempre creer en mi e incentivarme a seguir adelante.*

*A toda mi familia porque a pesar de las distancias siempre se siente la preocupación y el cariño.*

*A mi nonno, que aunque ya no esté yo lo sigo sintiendo acá junto a nosotros. Gracias porque siempre estuviste para mi y porque sé que me sigues cuidando.*

*A mis amigos que han estado desde el colegio, y los que han ido llegando durante la universidad. Gracias a los que me han acompañado en los momentos felices y los momentos tristes, sin ustedes no hubiera podido seguir adelante.*

*En estos momentos que termina una de las tantas etapas de la vida, agradezco a todos los que han pasado y los que siguen siendo parte de esta, los quiero y amo a todos, y espero que sigan compartiendo conmigo lo que está por venir...*

*Carla.*

*En primer lugar a mis padres, por ser el pilar fundamental en mi vida. Agradecerles por su amor y apoyo incondicional, por la dedicación y esfuerzo en cada día de mi vida, especialmente en la entrega de valores y herramientas que me permiten avanzar con seguridad y tranquilidad hacia el logro de mis metas y el cumplimiento de mis sueños.*

*Por caminar junto a mi en los momentos de felicidad y por alentarme en los difíciles...*

*De todo corazón darles las gracias por ser unos padres maravillosos. Los amo...*

*A Dios, por las bendiciones del día a día, por iluminar y guiar mi camino, por las innumerables alegrías y por la fortaleza necesaria cuando más lo he necesitado...*

*A mi familia, la que vela por mi desde el cielo y aquella que me cuida y acompaña acá en la tierra, por su cariño y preocupación, por las palabras de aliento y los gestos necesarios para vivir cada día...*

*A mis amigos de toda la vida, por las risas, el cariño, el apoyo, los consejos y por los momentos imprescindibles que hacen del diario vivir algo muy especial...*

*A cada persona que se ha cruzado en mi camino, aquellas que por alguna razón ya no lo están y a aquellas que siguen a mi lado, espero seguir compartiendo cada etapa de mi vida con ustedes...*

*Ahora que culmina un camino y comienza otro, miro hacia atrás y doy gracias por cada circunstancia que me ha tocado vivir y por cada persona que me ha tocado conocer, sin todo aquello no sería la persona en la que me he convertido hoy...*

*Los quiere mucho*

*Marissa.*

## I.- ÍNDICE GENERAL

I.- Índice General.....	4
II.- Índice de Tablas.....	6
III.- Índice de Figuras.....	7
IV.- Resumen.....	8
V.- Marco Teórico.....	9
1.- Recursos Energéticos en Chile.....	9
2.- Energías Primarias.....	12
3.- Energías Secundarias.....	12
4.- Energías Renovables No Convencionales (ERNC).....	13
5.- Generación de Energía.....	15
6.- Utilización de Bombas Hidráulicas como Turbinas.....	20
6.1.- Ventajas y Desventajas del Empleo de Motores de Inducción.....	22
6.2.- Operación de un Motor de Inducción.....	23
7.- Almacenamiento de Energía.....	25
7.1.- Baterías.....	26
8.- Aguas Grises.....	29
9.- Segregación de Aguas.....	31
10.- Sistemas de Tratamiento de Aguas.....	34
10.1.- Sistema de Tratamiento Tohá.....	35
11.- Reutilización de Aguas Grises.....	38
12.- Posibilidad de Aprovechamiento de Energía Generada por Aguas Grises en Viña del Mar – Valparaíso.....	39
13.- Factibilidad Técnica y Económica.....	40
VI.- Planteamiento del Problema.....	41
VII.- Objetivo General.....	42
VIII.- Objetivos Específicos.....	42
IX.- Metodología.....	43
1.- Objetivo Específico 1.....	43
2.- Objetivo Específico 2.....	44

3.- Objetivo Específico 3.....	46
4.- Objetivo Específico 4.....	47
X.- Resultados.....	49
1.- Características Necesarias para la Generación de Energía.....	49
2.- Datos de Caudales de Viña del Mar y Valparaíso.....	49
3.- Estimación de Energía Potencial.....	52
4.- Inversión Inicial y Esquema del Proyecto.....	55
5.- Factibilidad Económica.....	60
5.1.- Cálculo del VAN.....	60
5.2.- Cálculo de la TIR.....	61
6.- Resultados Teóricos.....	67
XI.- Discusiones.....	69
XII.- Conclusiones.....	72
XIII.- Bibliografía.....	73
XV.- Anexos.....	76

## II.- ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°1:</b> Tipos de Turbinas y su Utilización.....	18
<b>Tabla N°2:</b> Contenido Orgánico Aguas Grises y Aguas Negras.....	33
<b>Tabla N°3:</b> Potencia Generada por Distintos Caudales y Alturas.....	54
<b>Tabla N°4:</b> Costo Instalación del Proyecto.....	56
<b>Tabla N°5:</b> Estimaciones Consumo de Agua y Energía.....	62
<b>Tabla N°6:</b> Ahorro Equivalente del Proyecto.....	62
<b>Tabla N°7:</b> Labores de Mantenimiento.....	63
<b>Tabla N°8:</b> Labores de Operación.....	63
<b>Tabla N°9:</b> Balance de Equipos.....	64
<b>Tabla N°10:</b> Balance de Obras Físicas.....	64
<b>Tabla N°11:</b> Inversión Total.....	65
<b>Tabla N°12:</b> Flujo de Caja con Proyección a 10 años para proyecto de Generación de Energía.....	66
<b>Tabla N°13:</b> Informe de Telemetría: Estación Orompello, Sector Placeres Valparaíso.....	76
<b>Tabla N°14:</b> Informe de Telemetría: Estación Héroes Mar, Medidor 01, Viña del Mar.....	79
<b>Tabla N°15:</b> Informe de Telemetría: Estación Héroes Mar, Medidor 02, Viña del Mar.....	82
<b>Tabla N°16:</b> Informe de Telemetría: Estación Héroes Mar, Medidor 05, Viña del Mar.....	85

### III.- ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N°1:</b> Demanda Proyectada, Elaborada el Año 2008.....	10
<b>Figura N°2:</b> Distribución del Consumo de Energía Eléctrica por Sector de la Economía, 2007, %.....	11
<b>Figura N°3:</b> Matriz de Generación Eléctrica en Chile, 2006 (%).....	15
<b>Figura N°4:</b> Esquema de una Turbina Pelton.....	19
<b>Figura N°5:</b> Ejemplo de una Central Hidroeléctrica y los Elementos que la Constituyen.....	20
<b>Figura N°6:</b> Esquema de una Bomba.....	21
<b>Figura N°7:</b> Motor de Inducción.....	23
<b>Figura N°8:</b> Diferentes Aplicaciones de Baterías y Super Capacitares.....	27
<b>Figura N°9:</b> Esquema del Sistema de Tratamiento de Aguas residuales, “Tohá”.....	35
<b>Figura N°10:</b> Esquema de Corte Transversal del Sistema Tohá.....	36
<b>Figura N°11:</b> Consumo Estimado de Agua en litros por persona y día.....	38
<b>Figura N°12:</b> Esquema del Proyecto.....	45
<b>Figura N°13:</b> Diagrama de Bloques del Proyecto.....	48
<b>Figura N°14:</b> Caudal (L/s) v/s Tiempo (minutos) de la Estación Orompello, Sector Placeres, Valparaíso.....	50
<b>Figura N°15:</b> Caudal (L/s) v/s Tiempo (minutos) de la Estación Héroes Mar, Sector Forestal Alto, Viña del Mar.....	50
<b>Figura N°16:</b> Caudal (L/s) v/s Tiempo (minutos) de la Estación Héroes Mar, Sector Nueva Aurora, Viña del Mar.....	51
<b>Figura N°17:</b> Caudal (L/s) v/s Tiempo (minutos) de la Estación Héroes Mar, Sector Las Palmas, Viña del Mar.....	51
<b>Figura N°18:</b> Potencia (W) Generada por Distintos Caudales (L/s) y Alturas (m).....	55
<b>Figura N°19:</b> Esquema de Instalación de tuberías, Tratamiento de Aguas, Almacenamiento y Generación de Energía.....	59



## IV.- RESUMEN

Actualmente existe una grave crisis energética en el mundo, y a medida que la población y el desarrollo industrial aumentan, la crisis es mayor. Por estas razones se hace necesario disponer de una matriz energética más diversa, no sólo dependiente mayoritariamente de combustibles fósiles como se hace actualmente, sino que dándole mayor importancia a la generación de electricidad por medio de energías renovables.

En conjunto con lo anterior, el recurso agua se encuentra en una situación similar, ya que sus reservas se van agotando y su disponibilidad es cada vez menor. Además se puede agregar que el agua utilizada es devuelta al medio sin una depuración adecuada, alterando el medio ambiente, e incluso contaminando otras fuentes de agua.

En este proyecto de título se estudia la factibilidad de obtener una fuente de energía, técnica y económicamente viable, a partir de aguas grises, recuperándolas y reduciendo al mismo tiempo la contaminación ambiental. Para esto se reunirá y estudiará información bibliográfica, se realizará observaciones en terreno, se obtendrá datos de productos relacionados de parte de las empresas correspondientes y se determinará su factibilidad técnico - económica.

Se espera con ello obtener una propuesta virtual destinada a evaluar la factibilidad de aplicar un sistema así en el mundo real, con un diseño de edificios técnico y económicamente más eficientes, y comprobar la viabilidad de la realización de este proyecto y de su aplicación en conjuntos habitacionales.

## V.- MARCO TEÓRICO

### 1.- Recursos Energéticos en Chile

Chile cuenta con limitados recursos energéticos propios, de modo que tiene una alta dependencia externa en materia energética. Hoy el país importa casi dos tercios de su matriz energética primaria, proporción que llega a 98% del consumo en el caso del petróleo, 75% en gas natural y 96% en el caso del carbón. [1]

Debido a esto, el gobierno tomó la determinación de poner en marcha una decidida política de seguridad energética de corto y mediano plazo. Esta política se orienta a alcanzar la seguridad en el abastecimiento energético, mediante la diversificación de la matriz energética del país, en cuanto a insumos y proveedores; el logro de una mayor independencia y autonomía; y la promoción de un uso más eficiente y menos contaminante de la energía.

En Chile, la generación, distribución y transmisión de electricidad están en manos del sector privado, desde que en la década de los '80 el país privatizó el mercado eléctrico de manera pionera en el mundo, y de hecho se ubica como uno de los diez países con mayor inversión privada en este sector.

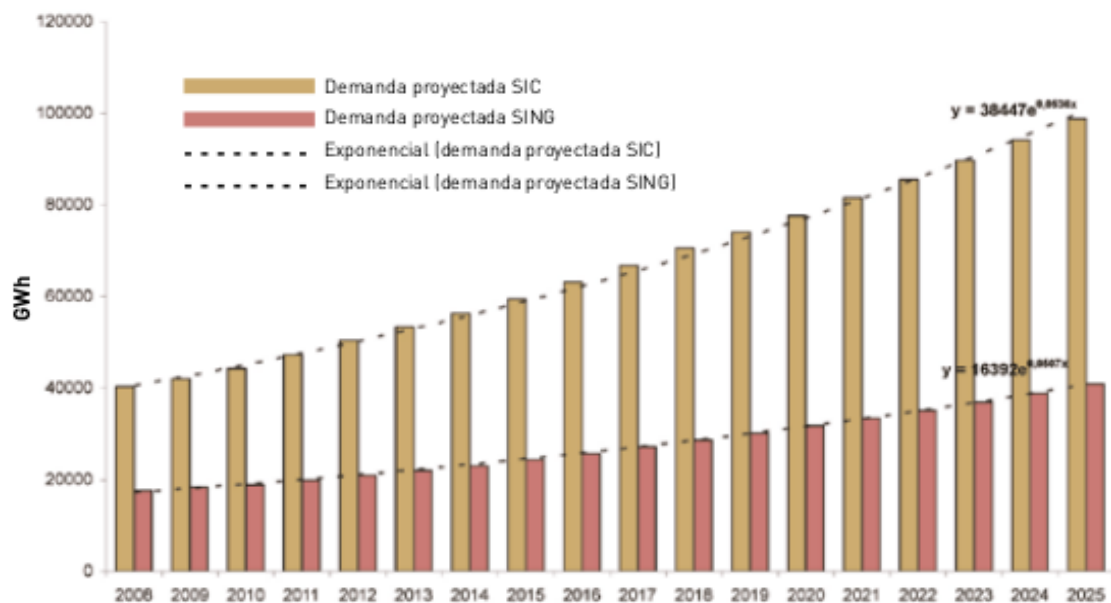
En cuanto a la capacidad instalada de generación eléctrica predominan las termoeléctricas por sobre las hidroeléctricas con un 64% y 36% del total, respectivamente. La capacidad instalada se encuentra distribuida en cuatro sistemas a lo largo del país, siendo el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), que abastece la zona norte, incluyendo las grandes instalaciones mineras del país y el Sistema Interconectado Central, que cubre la zona centro y la mayor parte del sur del país, los que representan el 99% y, los sistemas de Aysén y Magallanes, que cubren las dos regiones del extremo austral de Chile. [2]

Lo que el país busca es desarrollar una matriz energética diversificada, que combine fuentes propias, incluyendo las fuentes hidráulicas, eólicas y geotérmicas, con las fuentes basadas en combustibles importados, en particular

carbón y gas natural licuado, y que considere también otras fuentes de energía, como la solar o la originada en la biomasa, cuando ellas sean comercialmente competitivas.

En este sentido, las leyes promulgadas en 2004 y 2005 están orientadas principalmente a corregir el sistema de pago a los sistemas de transmisión y a fomentar las inversiones a través de la estabilización de precios de largo plazo, respectivamente.

En marzo de 2008 se promulgó la Ley N°20.257, que busca crear las condiciones para materializar proyectos de energías renovables no convencionales, exigiendo a las empresas generadoras del SING y el SIC acreditar que un 5% de la energía comercializada a sus clientes durante cada año fue inyectada a los sistemas eléctricos por nuevas ERNC, a partir del 2010 y hasta 2014.

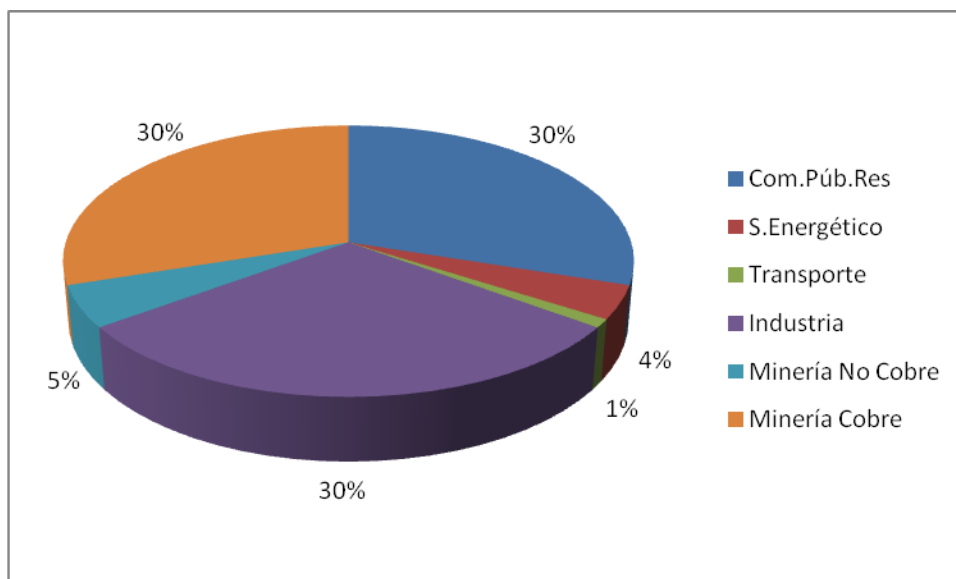


**Figura N°1:** Demanda Proyectada, Elaborado el Año 2008.

**Fuente:** [9]

Al mismo tiempo, el gobierno se ha propuesto desarrollar instrumentos e iniciativas para que un 15% de la nueva capacidad instalada de generación eléctrica se logre mediante energías renovables no convencionales (ERNC). [2]

En el siguiente gráfico se puede observar la distribución del consumo de energía eléctrica en Chile para el año 2007, expresado en porcentajes y dividido en los diversos sectores económicos.



**Figura N°2:** Distribución del Consumo de Energía Eléctrica por Sector de la Economía, 2007 [%].

**Fuente:** [9]

## 2.- Energías Primarias

Se denomina energías primarias a los recursos naturales disponibles en forma directa (como la energía hidráulica<sup>(1)</sup>, eólica y solar) o indirecta (después de atravesar por un proceso minero, como por ejemplo el petróleo, el gas natural, el carbón mineral, etc.) para su uso energético sin necesidad de someterlos a un proceso de transformación. [1]

Ejemplos de energías primarias son el petróleo crudo, el gas natural y el carbón. En el caso del recurso leña, por su carácter renovable, se espera que los niveles de consumo se mantengan, al menos en el mediano plazo.

En cuanto a recursos hídricos, el país cuenta con centrales hidroeléctricas (de pasada o de embalse) a lo largo de todo el territorio, excepto en las Regiones de Antofagasta y Magallanes. El total de recursos hídricos del país es de aproximadamente 24.000 MW, de los cuales se encuentran instalados alrededor de 4.130 MW. [2]

## 3.- Energías Secundarias

Se denomina energías secundarias a los productos resultantes de las transformaciones o elaboración de recursos energéticos naturales (primarios) o en determinados casos a partir de otra fuente energética ya elaborada (por ej. Alquitrán). El único origen posible de toda energía secundaria es un centro de transformación y, el único destino posible un centro de consumo. Este proceso de transformación puede ser físico, químico o bioquímico, modificándose así sus características iniciales. [1]

---

**(1) Energía Hidráulica (o Energía Hídrica):** es la que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinética y potencial de la corriente de ríos, saltos de agua o mareas. Es un tipo de energía verde cuando su impacto ambiental es mínimo y usa la fuerza hídrica sin represarla, en caso contrario es considerada sólo una forma de energía renovable.

En producción a partir de combustibles líquidos derivados del petróleo, Chile cuenta también con un total de 33 plantas termoeléctricas. Existe también producción de gas de alto horno, coque y alquitrán, que se localiza en la Región del Bío Bío a base de carbón, gas natural, diesel u otras.

En generación de electricidad, el principal recurso es el hidráulico, seguido por los combustibles de origen fósil, principalmente carbón, en centrales termoeléctricas. Las centrales hidroeléctricas generan aproximadamente el 70% del suministro eléctrico del país. Chile cuenta con 21 centrales hidroeléctricas ubicadas en la zona central y sur del país. [2]

#### **4.- Energías Renovables No Convencionales (ERNC)**

Las energías renovables se caracterizan porque en sus procesos de transformación y aprovechamiento en energía útil no se las consume ni agota en una escala humana. Entre estas fuentes de energía están: la hidráulica, la solar, la eólica y la de los océanos. Además, dependiendo de su forma de explotación, es posible catalogar como renovables la energía proveniente de la biomasa y la energía geotérmica.

Las energías renovables suelen clasificarse en convencionales y no convencionales, según sea el grado de desarrollo de las tecnologías para su aprovechamiento y la penetración en los mercados energéticos que presenten.

Al ser autóctonas y - dependiendo de su forma de aprovechamiento - generar impactos ambientales significativamente inferiores a los de las fuentes convencionales de energía, las ERNC pueden contribuir a los objetivos de seguridad de suministro y sustentabilidad ambiental de las políticas energéticas. La magnitud de dicha contribución y la viabilidad económica de su implantación dependen de las particularidades en cada país de elementos tales como el potencial explotable de los recursos renovables, su localización geográfica y las características de los mercados energéticos en los cuales competirían. [7]

Históricamente la matriz energética de Chile ha contado con una participación importante de energías renovables, en particular de la energía

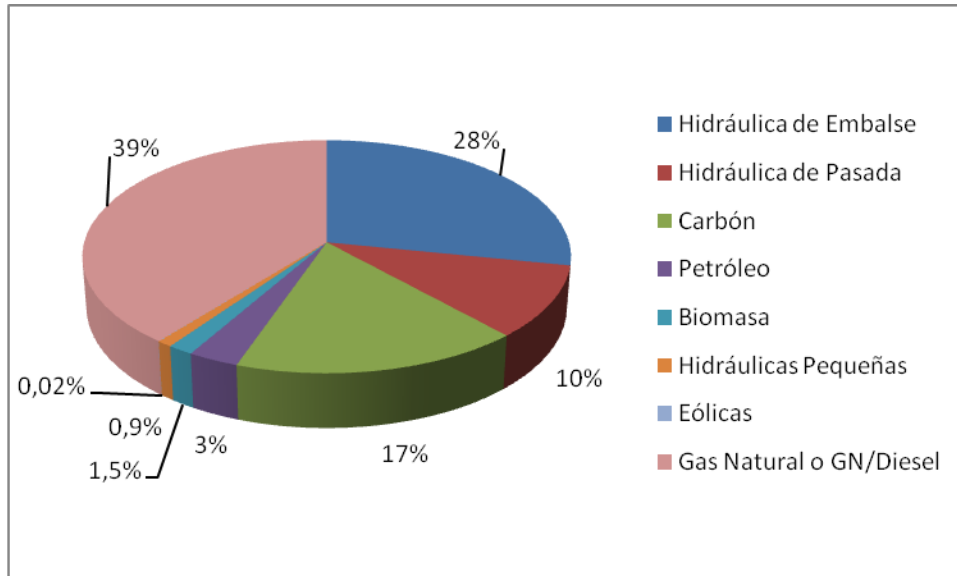
hidráulica convencional utilizada para generación eléctrica. Esta participación ha disminuido en los últimos años debido al crecimiento de sectores que tienen un consumo intensivo de derivados del petróleo, como el transporte, y del aumento de la capacidad de generación eléctrica térmica a partir de gas natural.

A nivel mundial, la capacidad instalada de generación eléctrica con ERNC representa un 4% de la capacidad instalada total (182 GW, en un total de 4.100 GW). Las fuentes renovables no convencionales (hidráulicas pequeñas, biomasa y energía eólica) representan sólo el 2,4% de la capacidad instalada de generación eléctrica (es decir, 294 MW de un total de 12.326 MW).

Hoy, las condiciones de precio de la energía en Chile hacen que proyectos competitivos de ERNC sean atractivos. Sin embargo, para favorecer que los inversionistas puedan asumir de igual forma los riesgos de comercialización final de la energía tanto en proyectos de ERNC como en proyectos de energías convencionales, el gobierno chileno decidió recientemente impulsar un proyecto de ley para potenciar el desarrollo de las ERNC, como las energías eólica y solar, la geotérmica, las minicentrales hidráulicas y el uso de la biomasa para la generación de energía. [2]

En el marco de la política de seguridad energética del país, esta iniciativa legal busca contribuir a aumentar la seguridad del suministro, haciendo posible la diversificación de actores y de fuentes de generación, y reduciendo la dependencia externa a través de tecnologías que tienen un menor impacto ambiental que las formas de generación eléctrica tradicionales.

A continuación se puede observar un gráfico de Matriz de generación eléctrica en Chile, correspondiente al año 2006, expresado en porcentajes del total.



**Figura Nº3:** Matriz de Generación Eléctrica en Chile, 2006 (%).

**Fuente:** [2]

## 5.- Generación de Energía

Todas las centrales hidroeléctricas aprovechan la energía de una corriente de agua que cae por un desnivel. Se utilizan desniveles naturales del terreno, o bien se hace que el agua caiga desde una presa o dique.

Las centrales hidroeléctricas se pueden clasificar atendiendo a varios criterios, según su fin, según el tipo de embalse, según la potencia instalada (P) y según la altura de salto (H); a continuación se detallará estas 2 últimas:

Según la potencia instalada:

- Picocentrales:  $P < 50 \text{ kW}$
- Microcentrales:  $P < 100 \text{ kW}$
- Centrales de pequeña potencia (Minicentrales):  $100 \leq P \leq 500 \text{ kW}$
- Centrales de media potencia:  $1 \leq P \leq 10 \text{ MW}$
- Centrales de gran potencia:  $P \geq 10 \text{ MW}$



Según la altura de salto:

- Pequeña altura:  $H < 15\text{m}$
- Mediana altura:  $15 \leq H < 50\text{m}$
- Gran altura:  $H \geq 50\text{m}$  [20]

La energía hidráulica se refiere al aprovechamiento de la energía potencial<sup>(2)</sup> que posee el agua (por diferencia de alturas), la que se obtiene buscando una caída de agua desde cierta altura a un nivel inferior, la que luego se transforma en energía mecánica<sup>(3)</sup> (rotación de un eje), con el uso de una rueda hidráulica o turbina.

Esta energía se puede utilizar directamente para mover un pequeño molino o maquinaria. También es posible conectar la turbina a un generador eléctrico y de esta manera transformar la energía mecánica en energía eléctrica, con la ventaja de poder trasladar con mayor facilidad la energía a los puntos de consumo y aplicarla a una gran variedad de equipos y usos productivos.

A partir de la definición de energía potencial, la cantidad de energía disponible está en función tanto de la masa de agua como del gradiente de elevación que puede provocarse almacenando el agua.

Si se ignora las pérdidas de energía por fricción, la energía cinética<sup>(4)</sup> del agua en circulación es igual a la diferencia de energía potencial entre su lugar de origen (a cierta altura) y el lugar en que la estamos aprovechando (donde se ubica la turbina).

---

**(2) Energía Potencial:** capacidad que tienen los cuerpos para realizar un trabajo dependiendo de la configuración que tengan en un sistema de cuerpos que ejercen fuerzas entre sí. Puede pensarse como la energía almacenada en un sistema, o como una medida de trabajo que un sistema puede entregar.

**(3) Energía Mecánica:** en mecánica, se denomina así a la suma de las energías cinética y potencial

**(4) Energía Cinética:** es la energía que surge en el fenómeno del movimiento de un cuerpo. Está definida como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa dada desde su posición de equilibrio hasta una velocidad dada.

La potencia disponible se puede calcular a partir de la tasa de tiempo a la que se realiza el trabajo<sup>(5)</sup> mediante el agua que circula.

La cantidad de potencia<sup>(6)</sup> disponible en el agua de un río, mar o una quebrada, está en relación directa a la altura o caída disponible, así como de la cantidad de agua que se trasiega por unidad de tiempo (caudal).

$$P = h * Q * g * \rho_{H_2O}$$

**donde:**      **P** = potencia (W)

**h** = altura (m)

**Q** = flujo (L/s)

**g** = aceleración de gravedad (9,8 m/s<sup>2</sup>)

**$\rho_{H_2O}$**  = densidad del agua (1kg/L)

Como estrategia inicial para escoger un posible aprovechamiento hidráulico se debe buscar la mayor caída o altura disponible y de esta manera usar la cantidad mínima de agua que se requiera para satisfacer las necesidades de energía.

Los elementos requeridos para la generación de electricidad a partir de energía hidráulica son turbina y su eje respectivo, alternador y transformador. Para la generación de corriente alterna; y sólo basta con una turbina y un generador para generar corriente continua.

---

**(5) Trabajo:** en mecánica clásica, es el producto de una fuerza por la distancia que recorre y por el coseno del ángulo que forman ambas magnitudes vectoriales entre sí.

**(6) Potencia:** relación del trabajo realizado con el tiempo.

Estos implementos se describen a continuación:

**Turbina:** elemento central, ya que se encarga de transformar la energía cinética del agua en energía mecánica, y transmitirla a través de su eje al alternador. Hay diferentes modelos y su elección dependerá de las características de la central (salto del agua, caudal, etc.).

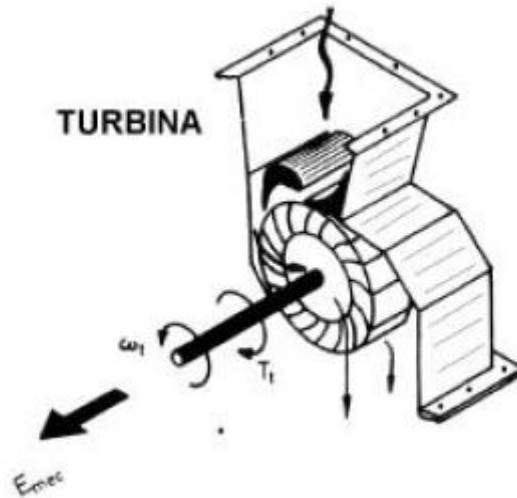
En cuanto a su modo de funcionamiento, se pueden clasificar en dos grupos:

- Turbinas de acción: la energía de presión del agua se transforma, en el inyector, en energía cinética del chorro. El chorro de agua que sale a gran velocidad impulsa las paletas del rodete de la turbina. Este es el caso de las turbinas Pelton.
- Turbinas de reacción: en el distribuidor se transforma sólo parte de la energía de presión del agua en energía cinética. El agua entra en el rodete a una presión superior a la atmosférica, mientras que a la salida lo hace con una presión menor a la atmosférica, alcanzando el agua la presión atmosférica a la salida de la turbina. Este es el caso de las turbinas Francis y Kaplan. A continuación se presenta los principales tipos de turbinas hidráulicas, donde la elección de uno u otro dependerá del salto de agua, el caudal utilizado y de la potencia requerida.

**Tabla N°1:** Tipos de Turbinas y su Utilización.

<b>Tipo</b>	<b>En términos Generales</b>
Rueda Pelton	Para saltos grandes y pequeños caudales
Turbina Francis	Para saltos medianos y bajos, y caudales grandes
De Hélice o Turbina Kaplán	Para saltos pequeños

**Fuente:** [4]



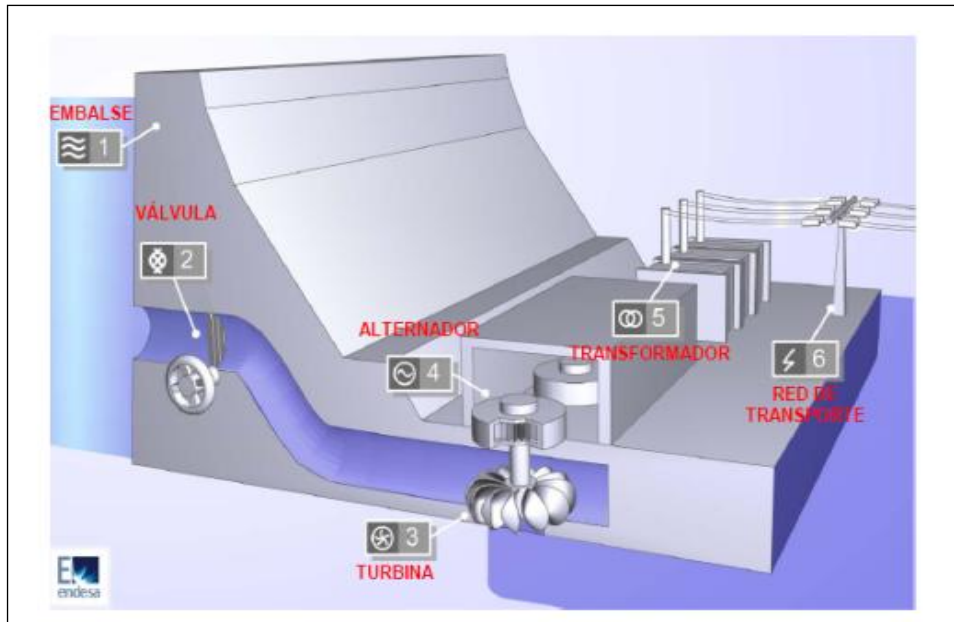
**Figura N°4:** Esquema de una Turbina.

**Fuente:** [19]

**Eje de la turbina:** transmite la energía mecánica al alternador.

**Alternador:** se encuentra acoplado al eje de la turbina y genera una tensión eléctrica alterna.

**Transformador:** la corriente generada mencionada pasa por éste, el que permite ajustar la tensión eléctrica generada en el alternador hasta la tensión requerida por la red de distribución.



**Figura N°5:** Ejemplo de Central Hidroeléctrica y los Elementos que la Constituyen.

**Fuente:** [10]

## 6.- Utilización de Bombas Hidráulicas como Turbinas

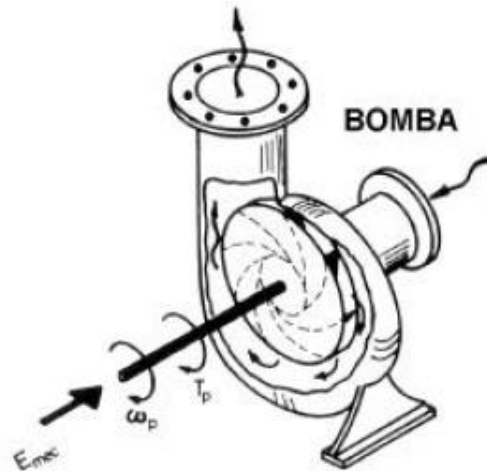
Ciertas máquinas rotatorias que manejan fluido son totalmente reversibles, por lo tanto una bomba puede efectivamente trabajar como tal o como turbina. [19]

Una motobomba consiste típicamente en un motor eléctrico asíncrono, o de inducción, que hace girar una bomba y produce energía mecánica hidráulica.

En este caso se propone utilizar una bomba (acoplada a un motor de inducción) como turbina, donde habrá un flujo de agua que aportará energía mecánica, la que hará girar a la bomba (actuando en este caso como una turbina), la que arrastrará al motor asíncrono, el cual como resultado generará energía eléctrica.

Si esto es implementado correctamente resulta en un sistema bastante más simple, barato y eficiente que el anteriormente descrito. La idea es utilizar una bomba de agua normal, aplicando ingeniería de manera inversa a la curva

característica de la bomba, para hacerla funcionar eficientemente “en reversa”, inyectándole un flujo de líquido a través de una válvula, y vaciando el líquido de descarga en un desagüe de descarga normal. En efecto, la bomba girará en sentido contrario al de su diseño normal, y funcionará como una turbina. La eficiencia lograda puede estar entre el 85 y 90%. [21]



**Figura N°6:** Esquema de una Bomba.

**Fuente:** [19]

Algunas aplicaciones comunes empleando bombas como turbinas son las siguientes:

- 1.- Instalaciones en aldeas, principalmente para iluminación doméstica.
- 2.- Electricidad para estancias aisladas.
- 3.- Carga de baterías y otras aplicaciones esporádicas.
- 4.- Bombeo de agua.

La principal diferencia entre una bomba utilizada como turbina y una turbina convencional radica en que las bombas carecen de un dispositivo de control

hidráulico. Esta carencia, que ayuda explicar el bajo costo de las bombas utilizadas como turbinas, significa que las mismas necesitan condiciones de operación constante. [23]

### **6-1.- Ventajas y Desventajas del Empleo de Motores de Inducción como generadores**

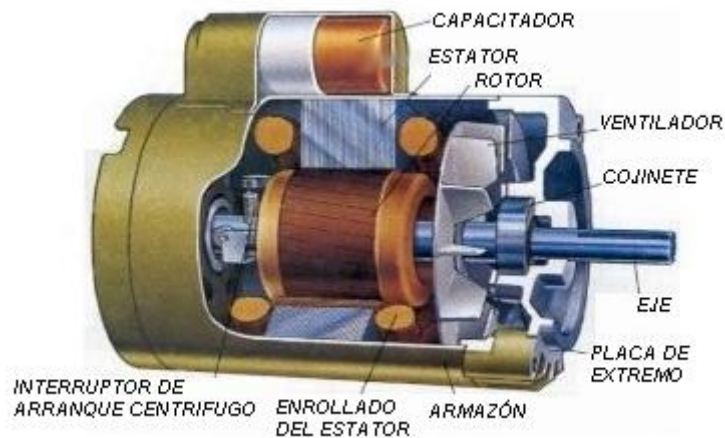
Ventajas:

- Disponibilidad: Hay mayor variedad y disponibilidad de motores de inducción que de generadores sincrónicos.
  
- Económica: debido a su disponibilidad son de menor costo que los generadores sincrónicos.
  
- Construcción: son más resistentes que los generadores sincrónicos y su construcción es más simple. Estos motores pueden ser totalmente cerrados, asegurando una mayor protección de la lluvia, lodo, polvo, etc.

Desventaja:

- Voltaje: los motores de inducción no siempre producen el voltaje deseado al ser usados como generadores, por lo que hay que introducirles algunas modificaciones, tales como la instalación de capacitores (condensadores) de un valor apropiado.

## 6.2.- Operación de un Motor de Inducción



**Figura N°7:** Motor de Inducción

**Fuente:** [19]

Para entender la operación en vacío del generador de inducción, es decir, sin conexión a la malla, es conveniente tomar la operación del motor como punto de partida.

- Operación del motor de inducción.

Cuando se conecta un motor de inducción a una fuente alterna, fluyen desde ella corrientes magnetizantes que crean un campo magnético rotatorio.

Al rotar, este campo magnético “corta” las barras cortocircuitadas del rotor, induciendo en ellas corrientes que, debido a que fluyen dentro de un campo magnético, reaccionan generando un torque. Este induce (arrastra) al rotor a girar en el campo, aunque a una velocidad algo menor que éste. Esta pequeña diferencia proviene del hecho que si no existiese, no se induciría corrientes en el rotor y, por tanto, no se produciría el torque necesario para hacerlo rotar.

Cuando se aplica una carga al motor la diferencia de velocidad aumenta, ya que se requiere un torque mayor.



La diferencia de velocidad de rotación entre el rotor y el campo rotatorio se llama “deslizamiento”, y es definido como

$$s = ( ns - nr ) / ns$$

donde:         $ns$  = velocidad sincrónica (vel. del campo rotatorio) en rpm  
                  $nr$  = velocidad del rotor en rpm

Sin carga, el deslizamiento es muy pequeño, menos de 0,01 (1%). Para un motor de 1 KW el deslizamiento a plena carga es de aproximadamente 0,05 (5%). Motores de mayor potencia presentan deslizamientos menores.

- Operación del generador de inducción con fuente.

Si la misma máquina es accionada, rotando por sobre la velocidad sincrónica, de forma que el deslizamiento se vuelva negativo ( $nr > ns$ ), el torque es suministrado al rotor (y no por el rotor), y la máquina funciona como un generador, entregando corriente a la red, si es que está conectada a ésta.

- Operación del generador de inducción.

La corriente magnetizante inicial del motor de inducción puede ser provista en parte mediante condensadores (capacitores). De hecho, se utiliza condensadores en motores de inducción grandes y en generadores de inducción, con el objeto de reducir las corrientes parásitas (reactivas) derivadas de la fuente.

En el caso de generadores de inducción desprovistos de una fuente de excitación, los condensadores son la única fuente para la corriente magnetizante. Por tanto, para obtener la tensión (voltaje) necesaria a la frecuencia deseada, la capacidad de los condensadores debe ser escogida cuidadosamente.

## 7.- Almacenamiento de Energía

La energía eléctrica es considerada una energía secundaria, es decir que es resultado de un proceso de transformación de una energía primaria. Su almacenamiento es posible, aunque poco eficiente en grandes cantidades.

Para su almacenamiento se utiliza baterías eléctricas, acumuladores eléctricos (o simplemente acumuladores), dispositivos que almacenan energía eléctrica mediante procedimientos electroquímicos, y que posteriormente pueden devolverla casi en su totalidad. Este ciclo puede repetirse por un determinado número de veces en una misma batería. Se lo puede considerar como un generador eléctrico secundario; es decir, un generador que no puede funcionar sin que se le haya suministrado energía eléctrica previamente, mediante lo que se denomina un proceso de carga.

Se le suele denominar “batería”, debido a que normalmente consiste en varios elementos conectados en serie, para aumentar el voltaje suministrado.

El funcionamiento de un acumulador está basado esencialmente en algún tipo de proceso reversible; es decir, un proceso cuyos componentes no resulten consumidos ni se pierdan, sino que simplemente se transformen en otros, que a su vez puedan retornar al estado primero en las circunstancias adecuadas. Estas circunstancias son, en el caso de los acumuladores, el cierre del circuito externo, durante el proceso de descarga, y la aplicación de una corriente, igualmente externa, durante el de carga.

Se puede también almacenar energía eléctrica en un dispositivo muy común que se conoce como capacitor (o condensador). Un capacitor consta generalmente de dos láminas conductoras (placas metálicas) paralelas y separadas por una pequeña distancia por una lámina de material no conductor. Si se conecta cada una de las placas momentáneamente a los bornes de una fuente continua de energía eléctrica, en una de las placas se acumulará una carga eléctrica positiva (+q, correspondiente a un déficit de electrones) y en la otra una carga negativa (-q, un exceso de electrones). Las cargas de cada placa

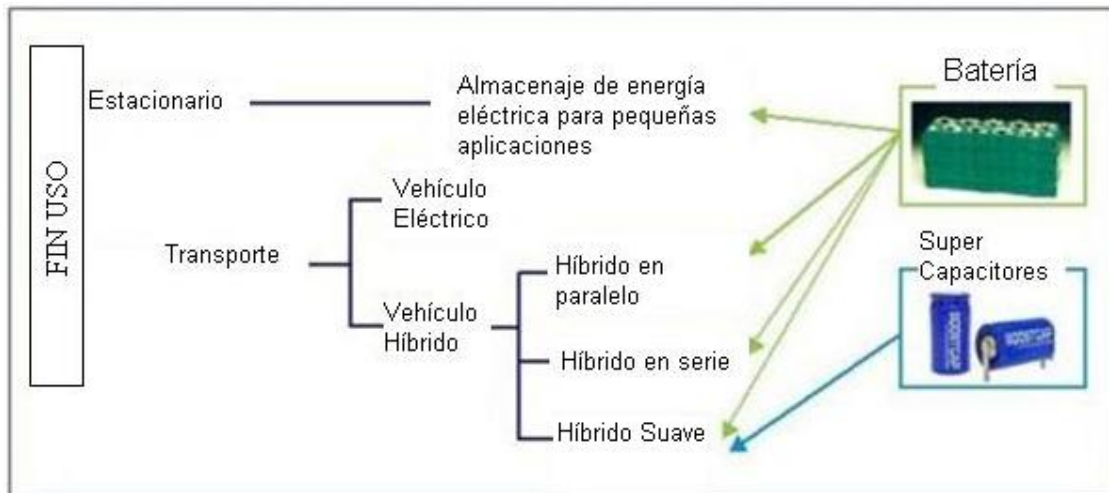
se atraen mutuamente, por lo que se distribuirán uniformemente en las superficies internas de las placas, generándose así un campo eléctrico entre ellas. [11]

No se utilizará este método en este caso ya que aunque permite almacenar mucha energía, es difícil controlar la entrega de ésta, por lo que no resulta tan efectiva. Existe una nueva técnica usando capacitores especiales que da un mejor resultado, estos son los llamados “súper-capacitores”.

Los súper-capacitores (condensadores de alta capacidad) son componentes electrónicos que pueden ser usados para almacenar energía durante largos períodos de tiempo, entregando la energía en un flujo constante y seguro para el correcto funcionamiento de la electrónica sensible. Tienen un gran rendimiento (el 98% de la carga se devuelve); son capaces de almacenar mucha energía en relación a su peso (del orden de 4 W h/kg), aunque no tanto como una batería; no presentan efecto “memoria”, y tienen una gran capacidad de carga y descarga rápida.

## **7.1.- Baterías**

Las baterías y súper-capacitores son tecnologías muy comunes y pueden ser usadas en diferentes aplicaciones más allá del uso diario en aparatos eléctricos portátiles, como se muestra en la Figura N°8, de acuerdo a los requerimientos de las aplicaciones.



**Figura N°8:** Diferentes Aplicaciones de Baterías y Súper-capacitores.

**Fuente:** [21]

Los almacenajes de energía electroquímica usan la energía contenida en compuestos químicos como depósitos intermedios, y por lo tanto son caracterizados por sus reacciones químicas. Distintamente en motores térmicos, los almacenajes de energía electroquímica transforman directamente la energía química en mecánica.

En el caso de baterías recargables (baterías secundarias) este proceso puede ser inverso; cuando se carga la batería con energía eléctrica se convierte en energía química y se almacena así. Tanto las baterías primarias (no recargables) y secundarias (recargables) representan un producto dentro de la industria que ha hecho grandes logros en los últimos treinta años. No hace mucho tiempo el término “batería” se relacionaba automáticamente con acumuladores de automóviles o baterías usadas en linternas. Actualmente, esto se aplica a la gran variedad de tipos de baterías fabricadas. Más allá de las áreas operacionales están las baterías para uso en submarinos y aviones, las que son de tipo plomo-ácido o alcalinas. Plomo - ácido, Níquel - Cadmio, Hidruro Metálico - Níquel y Zinc - Carbono forman los únicos pares electroquímicos en uso actual.

Las antiguas pilas y baterías recargables eran de Níquel - Cadmio. Funcionaban, pero presentaban unas molestas limitaciones. Hace unos pocos años se introdujo las baterías recargables de Níquel e Hidruro Metálico, lo que eliminaba de la pila el metal cadmio, que es pesado y contaminante. Hoy existe una gran variedad de baterías recargables. Muchas nuevas combinaciones de materiales para la producción de baterías para áreas especiales de aplicación son desarrolladas y usadas para el funcionamiento de vehículos eléctricos, mini baterías para unidades de protección de almacenaje en placas de computadores, baterías de marcapasos en cirugías. Entre los tipos más importantes están los de Hidruro Metálico - Níquel y de Litio - Ion y un polímero con litio, las que son mucho más eficientes que las de níquel - cadmio, y mucho menos contaminantes.

El interés en el transporte de baterías y súper-capacitores es debido a la falta de contaminantes o emisión de gases efecto invernadero durante su uso: vehículos eléctricos producen cero emisión. Sin embargo, el impacto ambiental global depende de los límites considerados para evaluación. Esto incluye impactos debido a los procesos de manufactura y los desechos de la tecnología. El impacto ambiental global depende también de la cantidad de energía requerida para recargar el sistema de energía almacenada, lo que es asociado a la eficiencia de las baterías o súper-capacitores. Es común hablar de una eficiencia de "ida y vuelta", la que toma en consideración tanto la eficiencia de carga como la de descarga.

Las baterías y súper-capacitores no tienen impacto en la calidad del aire y su impacto acústico es insignificante.

Para aplicaciones pequeñas de energía, las baterías de Li-ion y Ni-MH dominan la tecnología desde que son requeridas grandes funciones, y los altos costos no tienen un gran impacto en el precio al por menor.

## 8.- Aguas Grises

Las llamadas aguas grises<sup>(7)</sup> son las aguas desechadas del lavado, esto comprende las originadas en lavaplatos, lavamanos, duchas, tinas de baño y lavadoras, a diferencia de las aguas negras que son sólo procedentes del inodoro. Las aguas grises son normalmente descartadas como “agua sucia” sin ningún valor, sin embargo con su reutilización es posible prolongar su ciclo de vida añadiendo valor a su uso. La reutilización de estas aguas generadas en nuestros hogares corresponde a una nueva forma de pensar en el agua; en lugar de tener un agua residual pasamos a obtener una fuente de recursos hídricos, la cual se podría utilizar para múltiples funciones - regadío de espacios públicos, lavado, purificación adicional, entre otros.

Con la reutilización de estas aguas se puede reducir el daño al entorno y el consumo de agua potable, y obtener de estas aguas otros servicios, como fuente o sumidero de energía. Las aguas de toda la Tierra constituyen una sola unidad, base absoluta de todas las formas de vida del planeta, y si dañamos cualquier parte de ella estaremos a la larga dañándola en su totalidad.

Si reutilizamos las aguas grises, protegemos las reservas de aguas subterráneas, reducimos la carga de las aguas residuales y podemos conseguir una disminución importante en el consumo de agua potable.

Dependiendo del grado de depuración, estas aguas grises pueden ser reutilizadas para diferentes actividades (riego de jardín, funciones de limpieza, refrigeración, etc), teniendo en cuenta que para ciertas funciones se debe realizar una depuración más profunda, como es el caso de las usadas como bebestibles, riego de hortalizas, entre otras.

---

**(7) Aguas Grises:** aguas usadas; son las aguas generadas por los procesos de un hogar, tales como el lavado de utensilios y de ropa, así como el baño de las personas. Las aguas grises se distinguen de las aguas cloacales contaminadas con desechos con desechos del retrete porque no contienen bacterias *Escherichia Coli*. Las aguas grises son de vital importancia porque pueden ser de mucha utilidad en el campo del regadío ecológico.

El equipo de reutilización de aguas grises se puede instalar en sótanos o buhardillas, con los correspondientes depósitos que recolectarán y tratarán las aguas. Se deberá instalar las tuberías que se precise para recolectar separadamente el agua de duchas, lavabos y lavaderos, que conducirán el agua a tratar. Las aguas grises pueden utilizarse de manera beneficiosa por su contenido en nutrientes para el riego de las plantas. Hay varios sistemas para tratar las aguas grises destinadas al riego, dependiendo del uso final que se les vaya a dar.

La depuración debe jugar un papel fundamental en el ciclo del agua. El agua debe ser procesada antes de devolverla al medio natural del que procede, para evitar la contaminación del medio ambiente. Este aspecto implica una notable contribución a la preservación de éste y de otros recursos naturales.

Los beneficios de la reutilización de las aguas grises incluyen un menor uso de las aguas potables, un menor caudal a las fosas sépticas o plantas centrales de tratamiento, la posibilidad de una purificación altamente efectiva, una solución para aquellos lugares en donde no puede utilizarse otro tipo de tratamiento, un menor uso de energía y sustancias químicas por bombeo y tratamiento, la posibilidad de siembra de plantas donde no hay otro tipo de agua disponible, o la recuperación de nutrientes que actualmente se pierden o contaminan. [8]

Algunos de los inconvenientes de los sistemas de reutilización de aguas es que éstas no pueden ser utilizadas en cualquier lugar. Es necesario contar con un espacio suficiente que permita desarrollar el proceso del tratamiento del agua y que reúna las condiciones climáticas y ambientales adecuadas. Hay que tener en cuenta que aunque las aguas grises normalmente no son tan peligrosas para la salud o el medio ambiente como las aguas negras provenientes de los retretes, poseen sin embargo cantidades significativas de nutrientes, materiales orgánicos y bacterias, por lo que si no se realiza un tratamiento eficaz previo a su descarga o reutilización, pueden causar efectos nocivos a la salud, contaminación del medio y malos olores. [8]

## 9.- Segregación de Aguas

El concepto de separatividad se está debatiendo profusamente en nuestros días con el fin de evaluar sus ventajas e inconvenientes. Son bastantes las partes implicadas y el proceso puede ser lento, aunque no dudamos que a la larga será una necesaria realidad.

Actualmente, al haber circuitos únicos de desagüe, las aguas grises se mezclan con las aguas negras<sup>(8)</sup> procedentes de inodoros. Supongamos un edificio de viviendas en las que este tipo de aguas fuera recogido por un circuito independiente de desagüe y almacenadas en la parte más baja del edificio, para ser sometidas a un tratamiento adecuado y ser aprovechadas. Por ello esto está siendo recomendado por muchos municipios, y en algunos de ellos ha sido reglamentado en sus ordenanzas como de obligado cumplimiento en algunas nuevas edificaciones. Las primeras ordenanzas en este sentido implican la obligatoriedad en edificios a partir de un cierto número de viviendas u otros parámetros, no concediéndose los respectivos permisos de obra si en el proyecto no se incluye un sistema de reutilización de aguas. [13]

Se cree que en un futuro muy próximo, dada la escasez de disponibilidad de agua y la creciente demanda de la misma, esta práctica se extenderá rápidamente.

La separación en origen de las aguas grises de las negras, y el tratamiento también en origen de las mismas, constituye una contribución distribuida (en oposición a una centralizada) a la resolución de problemas ambientales causados por las aguas residuales.

---

(8) **Aguas Negras:** tipo de aguas que están contaminadas con sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales.



En otros tiempos no se establecía distinción entre las aguas grises y negras; por limitaciones técnicas y económicas se dejaba estas aguas sin tratar y acababan por comportarse, transcurridos unos días, como aguas negras, desarrollando malos olores (al producirse procesos anaeróbicos) y conteniendo grandes números de bacterias. Pero en la actualidad existen elementos con los que es posible organizar instalaciones para reutilizar las aguas grises. Por lo general, estas instalaciones están integradas por depósitos donde se recoge y depura estas aguas. A partir de esos depósitos parten las tuberías de alimentación de las cisternas de los inodoros, las conducciones de la red de riego de jardines, etc. Es decir, que técnica y económicamente es factible establecer una evidente distinción entre aguas grises y negras, y obrar en consecuencia.

Las aguas grises contienen sólo 1/10 del nitrógeno contenido en las aguas negras. El Nitrógeno (en la forma de nitritos y nitratos) es el agente de polución más serio y difícil de retirar, que afecta a nuestra agua potable. Las aguas grises al contener bastante menos nitrógeno que las negras, no es necesario que lleven el mismo proceso de tratamiento que éstas. [5]

Separando aguas grises de aguas negras se reduce dramáticamente el peligro expuesto por los patógenos de estas últimas. El contenido orgánico típico de las aguas grises se descompone mucho más rápidamente que el de las aguas negras.

Así pues, las aguas grises y negras son tan diferentes, que parece lógico separarlas - más específicamente, mantener la orina y las heces fuera de las aguas comunes - y tratarlas separadamente por el bien de la protección de la salud y el medio ambiente, y representando además ahorros significativos.

**Tabla N°2:** Contenido Orgánico Aguas Grises y Aguas Negras.

	<b>Contenido</b>
<b>Aguas Grises</b>	<p>jabón (ácidos grasos, hidróxido de sodio o potasio), detergente (sulfatos lineales de alquilos o alquilbencen sulfatos de cadena ramificada), shampoo (surfactantes no aniónicos y aniónicos, conservantes, colorantes, fragancias y agua), aceites, restos de comida y restos de suciedad muy diluida, y en menores cantidades pueden haber sólidos inorgánicos</p>
<b>Aguas Negras</b>	<p>99% de agua y un 1% de sólidos (orgánicos e inorgánicos) en suspensión y solución.</p> <p>Los sólidos inorgánicos están formados principalmente por nitrógeno, fósforo, cloruros, sulfatos, carbonatos, bicarbonatos y algunas sustancias tóxicas como arsénico, cianuro, cadmio, cromo, cobre, mercurio, plomo y zinc.</p> <p>Los sólidos orgánicos se pueden clasificar en nitrogenados (proteínas, ureas, aminos y aminoácidos) y no nitrogenados (celulosa, grasas y jabones).</p> <p>Agentes patógenos de origen humano como coliformes fecales totales, salmonellas, virus, entre otros.</p>

## 10.- Sistemas de Tratamiento de Aguas

Las aguas procedentes de viviendas tienen una alta carga de contaminación, como se detalló en la tabla anterior, y antes de ser devueltas a la naturaleza deben ser convenientemente depuradas. Las aguas residuales deben ser devueltas sin que tengan productos añadidos ni contaminación microbiológica; el rápido crecimiento de ciertos micro y macro organismos puede agotar el oxígeno del agua (preciso para el desarrollo de la flora y fauna autóctona), y/o favorecer el crecimiento de algunas especies distintas a las que en ese lugar crecen normalmente, alterando el ecosistema natural. Por todo ello es preciso asegurar una razonable calidad de aguas antes de éstas ser vertidas de vuelta a la naturaleza.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales in situ han evolucionado hasta llegar a constituir instalaciones capaces de producir efluentes desinfectados aptos para el consumo humano. La capacidad de sistemas in situ de remover sólidos precipitados, grasas suspendidas y espumas, nutrientes y patógenos de las descargas de aguas residuales, define la importancia asignada a proteger la salud humana y los recursos ambientales. Actualmente el ejemplo típico de este sistema consiste principalmente en un tanque séptico y en una infiltración de aguas residuales subterráneas.

Numerosas tecnologías están disponibles para un amplio rango de las necesidades de tratamiento de aguas residuales. Sin embargo, sin un apropiado manejo, estas tecnologías de tratamiento no tendrán un buen funcionamiento, con lo que se verá comprometida la salud humana y ambiental. [12]

En nuestro país existen variados tipos de tratamiento, entre los cuales destaca el llamado Sistema Tohá. Este método de tratamiento de aguas residuales es ecológicamente adecuado y eficiente, por lo que basaremos el tratamiento a utilizar en la metodología de su primera parte. Toda la metodología del sistema se describirá a continuación.

## 10.1.- Sistema de Tratamiento Tohá

El Sistema Tohá consta de 2 etapas. En la primera, el agua residual escurre por gravedad a través de un biofiltro constituido por capas de diversos materiales. Aquí se absorbe y procesa la materia orgánica. En la segunda etapa del tratamiento, el efluente es derivado a una cámara de irradiación ultravioleta, donde se logra la eliminación de las bacterias patógenas en menos de 1 minuto. En la Figura N°9 se puede observar un esquema simplificado del sistema de Tratamiento Tohá. [6]



**Figura N°9:** Esquema del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales, Tohá.

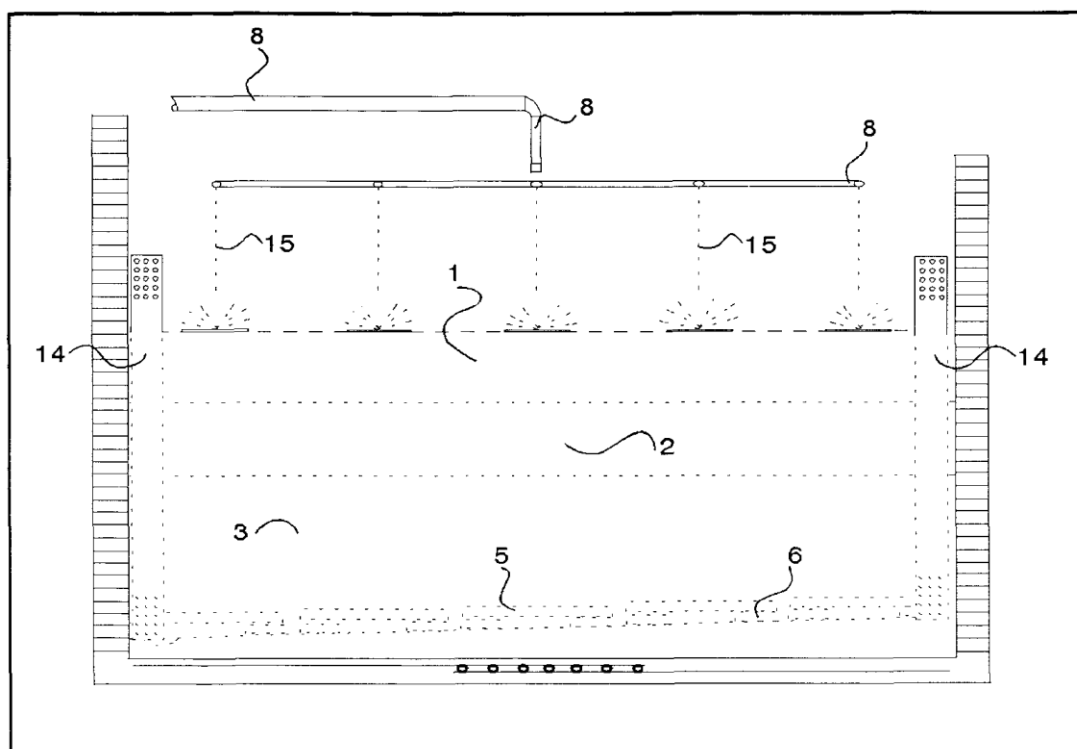
**Fuente:** [6]

Este sistema es un tratamiento global de aguas servidas, no habiendo separación en tratamientos primarios, secundarios ni terciarios ni formación de lodos, ya que la materia orgánica es consumida. El tratamiento se realiza en un soporte sólido, lo cual implica un menor requerimiento de espacio, y el biofiltro no se satura, debido a la acción de micro y macro organismos.

El Biofiltro o Sistema Tohá consiste en un filtro percolador el cual está compuesto por capas filtrantes, lombrices y micro organismos asociados, sistema de ventilación y doble fondo.

El sistema funciona de la siguiente manera: el afluente es dispersado en la superficie del filtro, luego el agua percola a través de las diferentes capas del filtro, de ello el 95% de la materia orgánica del efluente queda retenida en la superficie y en una capa de aserrín, para luego ser consumida por las lombrices, que la oxidan y transforman en anhídrido carbónico y agua, pasando una parte menor de ella a constituir masa corporal de las lombrices y otra mayor de deyecciones de las mismas; estas últimas constituyen el llamado humus de lombriz.

El lombrifiltro, también llamado así, está compuesto por capas en forma descendente, una donde habita la lombriz y permanece el humus producido por ésta hasta ser extraído, luego viene el aserrín y viruta, otra capa de gravilla y una última de bolones.



**Figura N°10:** Esquema de corte transversal del Sistema Tohá

Fuente: [24]

Donde:

- (1) Es un medio filtrante, el cual consiste de una capa de humus de 25 cm de profundidad en el cual habitan en mancomunidad micro-organismos y lombrices de la especie Eisenia Foétida.
- (2) Capa de aserrín que constituye parte del soporte,
- (3) Segunda capa del soporte, constituida por piedras y gravilla
- (5) Pastelones de distintos tamaños.
- (6) Soportes donde están apoyados los pastelones, estos soportes pueden ser de cualquier material resistente e inerte como ladrillo, barras de acero, etc.
- (8) Red de cañerías perforadas de PVC para la distribución de agua contaminada.
- (14) Tubos de PVC de 110mm de diámetro, cada 2m, los cuales van en forma horizontal, y sobresalen 20 cm del lecho filtrante.
- (15) Agua contaminada.

Las principales ventajas del método son:

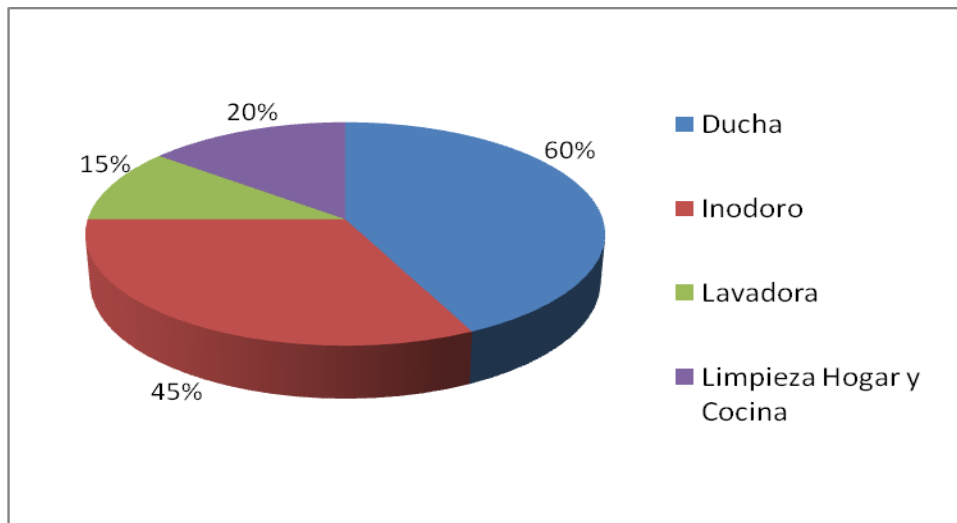
- Es ecológicamente apropiado, porque no emplea aditivos químicos ni produce residuos contaminantes; hay además un escaso consumo de energía.
- Es eficiente, porque alcanza un alto grado de purificación, con una remoción de hasta 96% de DBO y sólidos suspendidos.
- Se necesita poco espacio, el agua servida originada por 5 personas requiere sólo una superficie de 2 m<sup>2</sup> de biofiltro para su tratamiento.
- Es económico, porque sus costos de construcción y mantenimiento son menores que en los sistemas tradicionales (como lagunas de estabilización y lodos activados) y el agua puede ser inmediatamente re-utilizada para riego.

Los grados de aplicación potencial son muy amplios. Esto se debe a que el Sistema Tohá puede ser dimensionado a cualquier escala, mediante módulos.[6]

## 11.- Reutilización de Aguas Grises

El agua es un factor imprescindible en la sostenibilidad de nuestras sociedades. Un uso racional del agua implica la necesidad de ahorrar, haciendo extensa esta acepción de los conceptos de reducir, reciclar y reutilizar. Es decir, alargar el ciclo del agua. De esta manera, para cada actividad que requiere un consumo de agua hemos de destinar aquella cantidad y calidad que corresponda con el uso que deseemos darle. Es necesario entender esta diferenciación del agua en función de su idoneidad para el consumo humano, concepto imprescindible para una nueva cultura del agua. La que considera que podemos encontrar usos que no requieran el empleo de agua potable.

Con todo ello podremos contribuir a preservar el caudal ecológico de nuestras reservas de agua y el respeto a nuestro medio ambiente, y hacer un uso racional del agua. En la Figura N°11 se puede observar un gráfico del consumo aproximado de agua en litros, en Chile, por persona y día.



**Figura N°11:** Consumo Estimado de Agua en Litros por Persona y Día.

**Fuente:** [5]

## **12.- Posibilidad de Aprovechamiento de Energía de Aguas Grises en Viña del Mar y Valparaíso**

En la Región de Valparaíso, como en otras ciudades a lo largo del país, la costa toma altura y un aspecto acantilado, siendo cortada por numerosas quebradas y esteros. [13]

Existen numerosas poblaciones construidas en la altura de estas quebradas, con un cierto consumo de agua mensual, la cual es usada en duchas, lavados, limpieza, (desechada en forma de aguas grises) y en los inodoros, (desechadas como aguas negras). Actualmente, estas aguas van a través de un conducto común a una planta de pre-tratamiento, y luego son eliminadas al océano.

Como se mencionó anteriormente, por hallarse en altura, estas aguas poseen un cierto nivel de energía potencial gravitatoria, la que puede ser aprovechada al permitirle descender hasta el nivel del mar.

Por otra parte, existe un consumo de agua en regadío de jardines y limpieza de pisos y autos del complejo habitacional, los cuales se realizan normalmente con agua potable, aumentando el consumo de ésta innecesariamente, ya que estas actividades se podrían realizar con aguas tratadas, ahorrando así una cantidad importante de agua.

Estas dos alternativas se pueden llevar a cabo como acciones complementarias, si es que primero se trata el agua y luego se recupera su energía. Finalmente, luego de pasar por la turbina, el agua puede ser reutilizada en lugares adyacentes a ésta.

Si el agua no se reutilizara en estos lugares, se liberará al medio en forma tratada.



### **13.- Factibilidad Técnica y Económica**

Para determinar que este tipo de proyecto basado en una Minicentral Hidroeléctrica sea factible técnica y económicamente debe considerarse algunos factores importantes, los cuales son enumerados a continuación:

- Debe tener un costo menor que el de otras alternativas (considerando costos de instalación y mantenimiento, recuperación de agua y energía y menor daño ambiental)
- No debe requerir abastecimiento de combustibles.
- Debe poder compatibilizarse con el uso del agua para otros fines.
- Debe poseer una larga vida útil.
- Debe considerarse posibles limitaciones en cuanto a la disponibilidad de los recursos hidráulicos.
- Debe analizarse su dependencia de factores meteorológicos y estacionales.
- Debe considerarse la importancia de la inversión requerida, considerando las obras civiles e instalaciones de la picocentral.

En general, para que una central hidroeléctrica sea considerada "Pico", ésta debe generar una potencia menor a los 50 KW

## VI.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El crecimiento y el bienestar de la población dependen en gran parte de la disponibilidad de energía. Es un hecho conocido que hay una preocupación mundial y nacional por la creciente crisis energética, donde este recurso está escaseando y a la vez encareciéndose, ya que son varios factores los que influyen, como alzas y volatilidad de precios, desabastecimiento del recurso, entre otros. Por esto se hace necesario disponer de una matriz energética más diversa, no sólo dependiente mayoritariamente en combustibles fósiles como se hace actualmente.

Algo similar ocurre con el recurso agua, ya que las fuentes de agua dulce se van agotando aceleradamente y se hace necesario reutilizar esta agua antes de desecharla al medio, dándole un valor agregado. En este contexto se podría utilizar energías renovables y rescatar energía que se está perdiendo.

Sobre numerosos cerros de Valparaíso y Viña del Mar existen complejos habitacionales, los cuales tienen un importante consumo de agua mensual. Esta es desechada en forma de aguas grises y de aguas negras. Actualmente, estas aguas van a través de un conducto de desagüe común a una planta de pre-tratamiento, y luego son eliminadas al océano. Por hallarse en altura, estas aguas poseen una cierta energía potencial gravitatoria, la que puede ser aprovechada al permitirseles bajar hasta el nivel del mar.

El presente trabajo de titulación es un estudio de la factibilidad técnica del aprovechamiento de esta forma de energía, y a la vez el tratamiento de las aguas grises filtrándolas y purificándolas.

Se espera obtener resultados significativos para la utilización del sistema como una alternativa potencial para ser implementada en edificios con este tipo de características

## **VII.- OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la factibilidad de aprovechar una posible fuente de energía alternativa que implicaría ventajas adicionales en la recuperación de aguas servidas y la reducción de la contaminación ambiental.

## **VIII.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

### **Objetivo Específico 1**

Determinar la disponibilidad de energía potencial en aguas grises generadas en edificios construidos en las partes altas de quebradas y acantilados.

### **Objetivo Específico 2**

Evaluar posibilidades de purificación de aguas grises provenientes de edificios mediante plantas de tratamiento biológico.

### **Objetivo Específico 3**

Analizar alternativas para la conversión de energía potencial en energía eléctrica.

### **Objetivo Específico 4**

Elaborar un informe sobre los resultados alcanzados.

## **IX.- METODOLOGÍA**

### **1.- Objetivo Específico 1**

Determinar la disponibilidad de energía potencial en aguas grises generadas en edificios construidos en la parte alta de quebradas o acantilados.

#### **Metodología**

Se hizo una revisión de publicaciones y sitios en Internet referentes a la generación de energía hidráulica en grande y principalmente en pequeña escala. A la vez se investigó sobre experiencias en Chile y en el mundo sobre estos estudios y similares.

Mediante recorridos y consultas en poblaciones construidas en altura fue definido un sitio virtual con ciertas características aplicables para la realización de este proyecto.

Se investigó datos de consumo de agua e instalaciones de un edificio relacionadas con el sistema de alcantarillado.

Se consultó en la municipalidad de Viña del Mar por alturas de quebradas que cumplan con estas condiciones.

## **2.- Objetivo Específico 2**

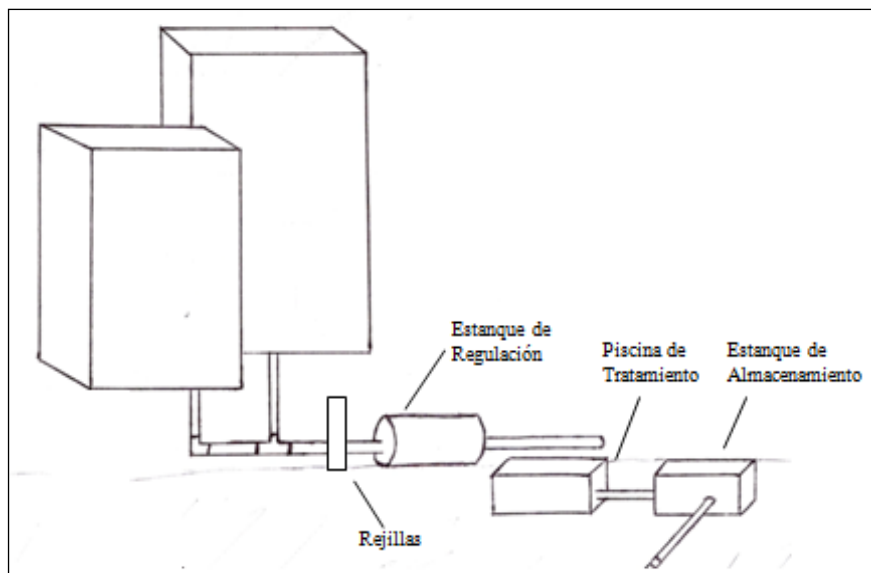
Evaluar posibilidades de purificación de aguas grises de viviendas mediante plantas de tratamiento biológico.

### **Metodología**

Con la base de que el edificio esté construido con la separatividad de aguas grises y negras, sólo nos preocuparemos de tratar las aguas grises para la generación de energía y su reutilización. Las aguas negras seguirán su curso actual hacia el alcantarillado.

Se realizó una revisión bibliográfica y de sitios web para obtener información sobre plantas de tratamiento de aguas grises, sistemas de filtrado y sistemas de purificación.

Se obtuvo información de las características de las aguas antes de ser tratadas, para así poder seleccionar un proceso de tratamiento de aguas adecuado, el cual dejará las aguas con las características apropiadas para su posible reutilización luego de generada la energía.



**Figura N°12:** Esquema del Proyecto

**Fuente:** Elaboración Propia.

Dependiendo del volumen de aguas a tratar, se estableció el tipo y tamaño del estanque de tratamiento requerido. También dependiendo de este volumen, se definió las características del tubo conductor.

Mediante observaciones de distintos terrenos y por las características que especificamos para este proyecto, se estableció la disposición del conducto que llevará el agua desde el sistema de purificación al estanque y luego hasta la bomba.

### **3.- Objetivo Específico 3**

Analizar alternativas para la recuperación de la energía potencial de las aguas grises y su conversión en energía eléctrica.

#### **Metodología**

Se realizó una revisión de publicaciones y sitios en Internet referentes a la conversión de energía potencial almacenada en las aguas, y cómo ésta puede ser transformada en energía eléctrica. A la vez se investigó experiencias en Chile y en el mundo sobre estos estudios y otros similares.

Se identificó los volúmenes de aguas servidas generados en los edificios, cuantificando los de aguas grises y los de aguas negras por separado; y se obtuvo información horaria, mediante salidas a terreno, sobre el consumo de agua, definiendo el flujo del agua en función del tiempo.

Se realizó cálculos relacionados con los parámetros involucrados; éstos son energía potencial, presión, medición de espacios, entre otros. Según los resultados obtenidos, se determinó el tipo de maquinaria disponible en el mercado que resulte más apropiado para el objetivo planteado. Los principales criterios de selección fueron el caudal, la pendiente de la quebrada y los factores económicos.

Se propuso finalmente un sistema de almacenamiento de energía (mediante baterías eléctricas), control y disposición de la energía eléctrica generada, para luego identificar posibles usos de la energía generada y del agua purificada.

#### **4.- Objetivo Específico 4**

Elaborar un informe sobre los resultados alcanzados.

#### **Metodología**

Para realizar el informe final se analizó los datos obtenidos, determinando la factibilidad técnica y económica del proyecto

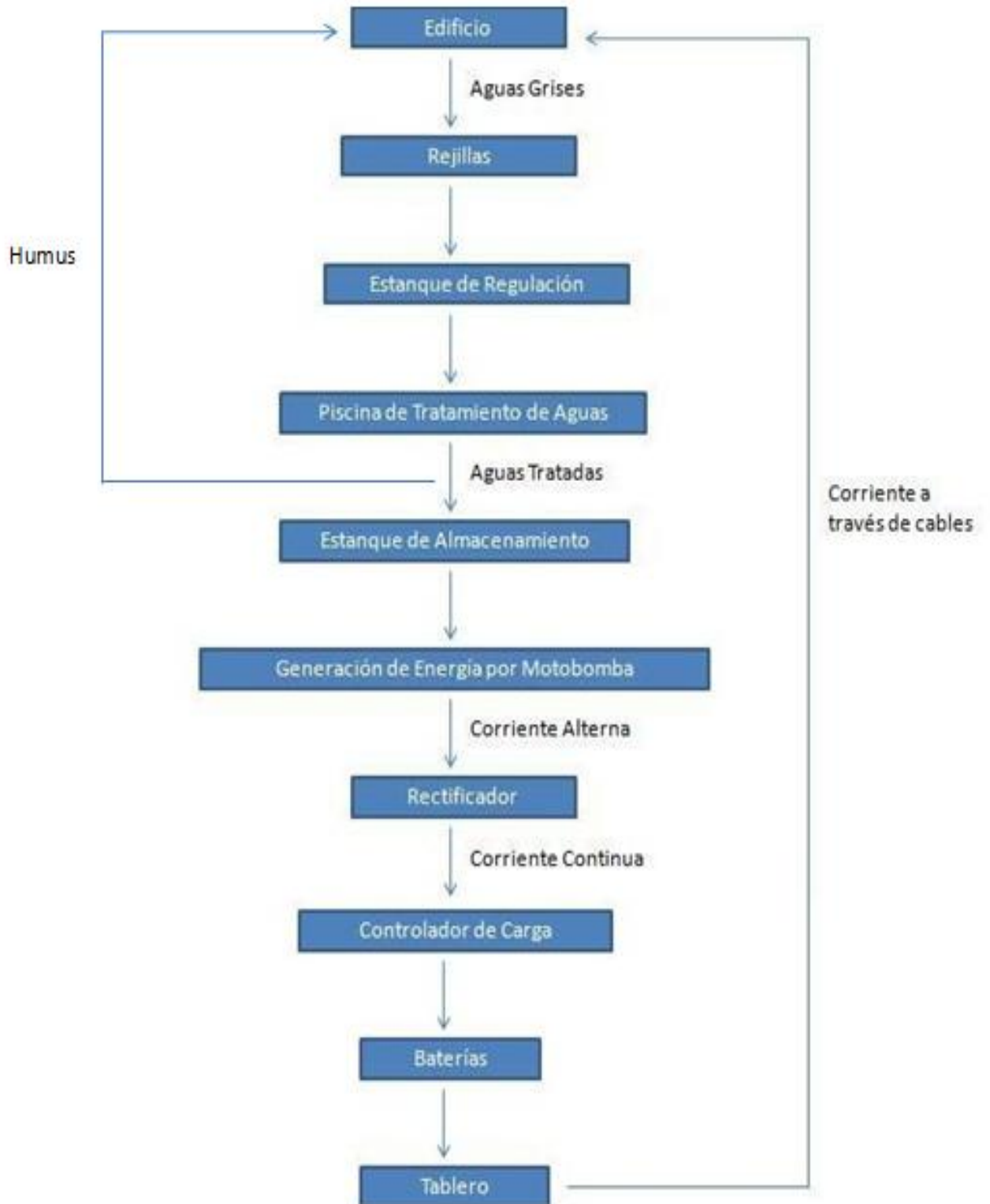
Para complementar los resultados se elaboró una tabla con datos de altura y la respectiva energía que se puede obtener, considerando un mismo caudal en todos los casos.

Se analizó las condiciones de viabilidad de aplicación del proyecto a sitios con características similares.

Finalmente se redactó el informe final.

A continuación se muestra un Diagrama de Bloques del proyecto:





**Figura N°13:** Diagrama de Bloques del Proyecto

**Fuente:** Elaboración Propia.

## **X.- RESULTADOS**

### **1.- Características Necesarias Para la Generación de Energía.**

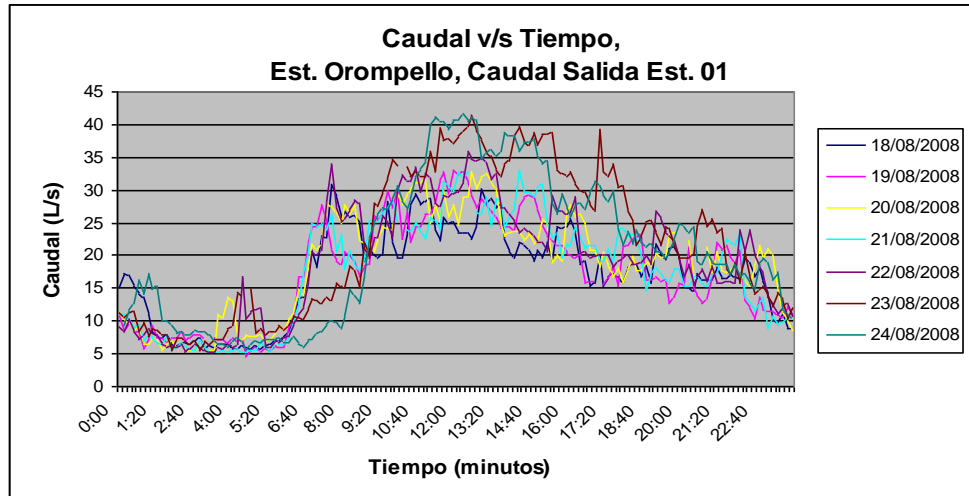
A continuación se enumera las características requeridas en función de obtener una cantidad de energía apropiada para ser almacenada y luego reutilizada. Estas son:

- Una altura entre 20 y 30 metros (desde la base hasta la cima de la quebrada).
- Un universo de departamentos, ubicados en la parte alta de una quebrada, los cuales pueden estar distribuidos en más de una torre, y con un consumo de agua mensual mínimo del orden de los 800 m<sup>3</sup>.
- Un espacio suficiente cercano a la base del edificio para situar la poza de tratamiento, y un espacio en la base de la quebrada para situar la caseta de máquinas, donde se encuentra ubicado el equipamiento de generación de energía.

### **2.- Datos de Caudales de Viña del Mar y Valparaíso**

Los gráficos que se muestra a continuación revelan diferentes caudales de consumo de agua potable en Valparaíso y Viña del Mar, los cuales muestran que se mantiene un consumo de agua relativamente constante durante la semana. A lo largo del día, desde las 6:30 hasta 23:00 horas, el consumo varía, pero no baja de ciertos niveles.

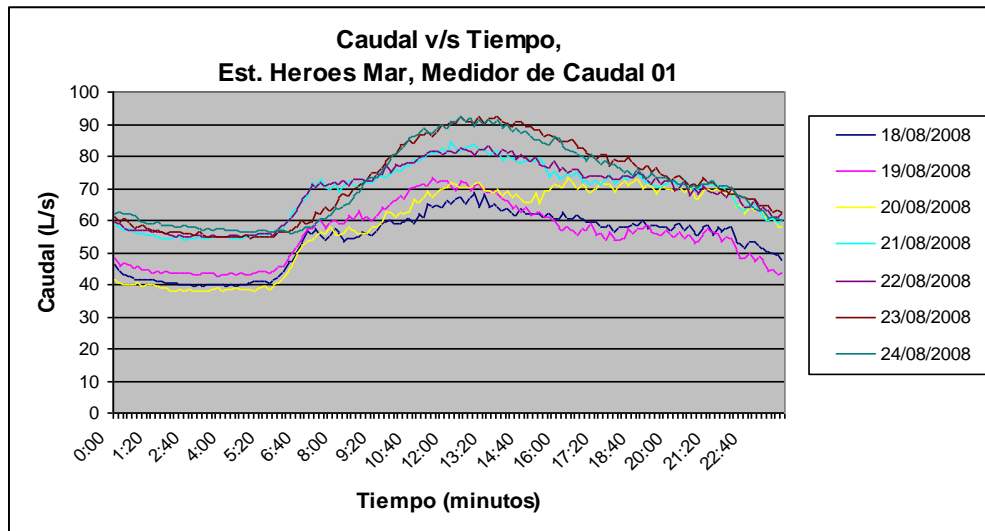
La Figura N°14 muestra el caudal de la Estación Orompello, que alimenta al sector de Placeres, en Valparaíso.



**Figura Nº14:** Caudal (L/s) v/s Tiempo (minutos) de la Estación Orompello, Sector Placeres, Valparaíso.

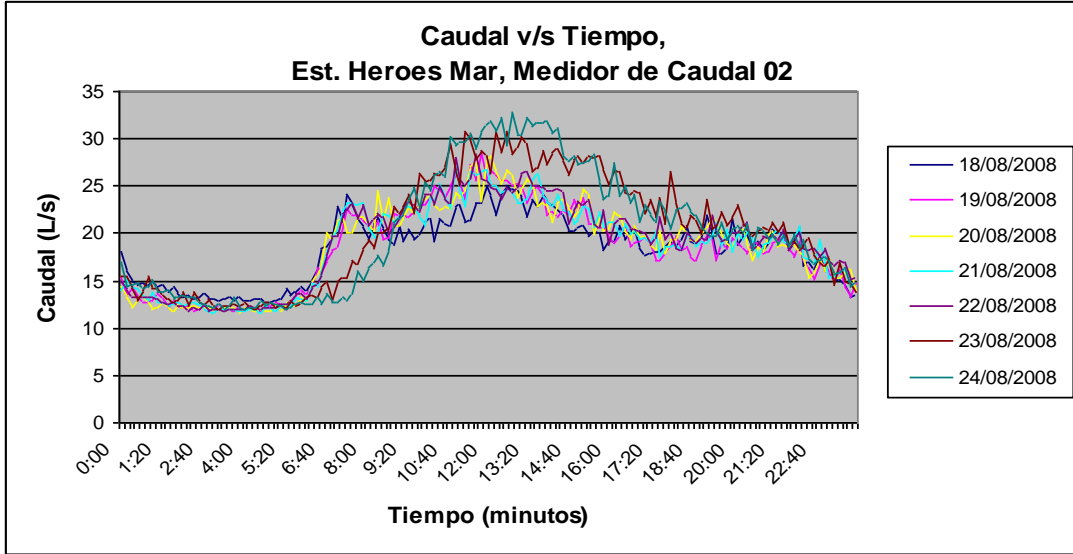
Fuente: [14]

Para Viña del Mar se obtuvo los datos de caudalímetros de 3 zonas, éstos están ubicados en el sector Agua Santa, donde está la fábrica RHONA, llegando a Rodelillo. Cada uno corresponde a un estanque; el 01 corresponde al sector de Forestal Alto, el 02 al de Nueva Aurora y el 05 a Las Palmas.



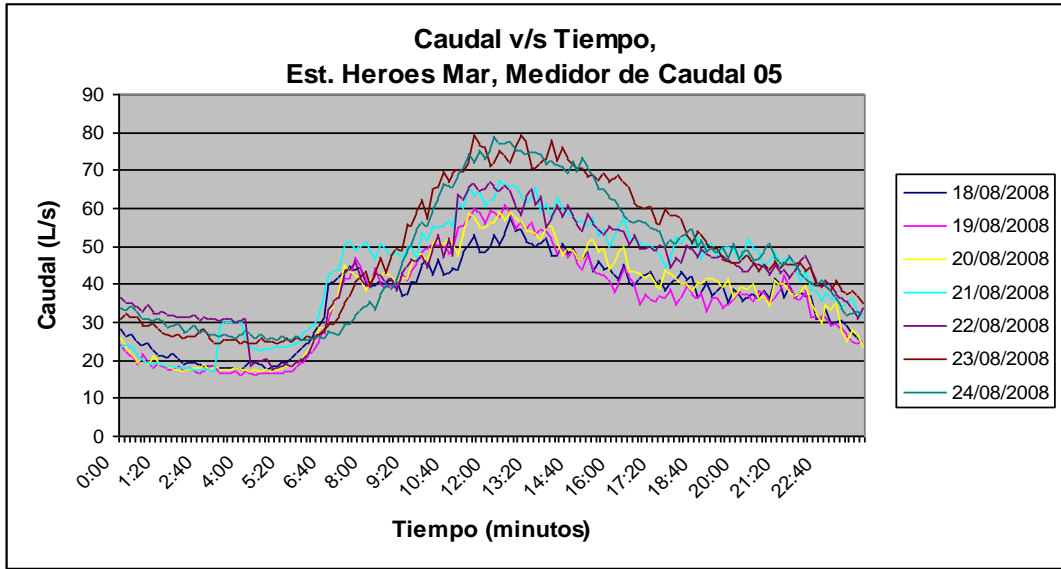
**Figura Nº15:** Caudal (L/s) v/s Tiempo (minutos) de la Estación Héroes Mar, Sector Forestal Alto, Viña del Mar.

Fuente: [14]



**Figura N°16:** Caudal (L/s) v/s Tiempo (minutos) de la Estación Héroes Mar, Sector Nueva Aurora, Viña del Mar.

Fuente: [14]



**Figura N°17:** Caudal (L/s) v/s Tiempo (minutos) de la Estación Héroes Mar, Sector Las Palmas, Viña del Mar.

Fuente: [14]

Cabe mencionar que todos los datos de estos gráficos, es decir cada muestra, fueron tomados con intervalos de diez minutos, a lo largo de todo el día, durante la semana del 18 al 24 de Agosto del año 2008.

Las Tablas de datos correspondientes a estos gráficos se pueden encontrar en los Anexos, Tabla N°12, N°13, N°14 y N°15 respectivamente para cada gráfico.

Con estos datos se puede concluir que el consumo de agua empieza a aumentar entre las 6:00 y 7:00 de la mañana y disminuye alrededor de las 21:00 horas. También, que hay un mayor consumo de agua durante el medio día y tarde, entre las 11:00 y 16:00 horas.

### **3.- Estimación de Energía Potencial**

Para obtener la potencia generada por la caída de una masa de agua desde una altura determinada, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$P = h * Q * g * \rho_{H_2O}$$

donde: **P** = potencia (W)

**h** = altura (m)

**Q** = flujo (L/s)

**g** = aceleración de gravedad (9,8 m/s<sup>2</sup>)

**$\rho_{H_2O}$**  = densidad del agua (1 kg/L)

El caudal generado en un número de 150 departamentos aproximadamente es de 1.200 m<sup>3</sup>/mes, lo que corresponde a un promedio de 40 m<sup>3</sup>/día de aguas grises y negras. Por la información recopilada sabemos que las aguas grises constituyen un 70% aproximadamente del total, por lo que el caudal utilizado de aguas grises es 28 m<sup>3</sup>/día aproximadamente.

Para la altura de la quebrada se utilizará una altura típica estandarizada, de 25m.

Este flujo de 28 m<sup>3</sup>/día corresponde a **0,32 (L/s)**

Reemplazando en la ecuación anterior:

$$P = 25 \text{ (m)} \times 0,32 \text{ (L/s)} \times 9,81 \text{ (m/s}^2\text{)} \times 1 \text{ (Kg/L)} = \mathbf{78,48 \text{ (W)}}$$

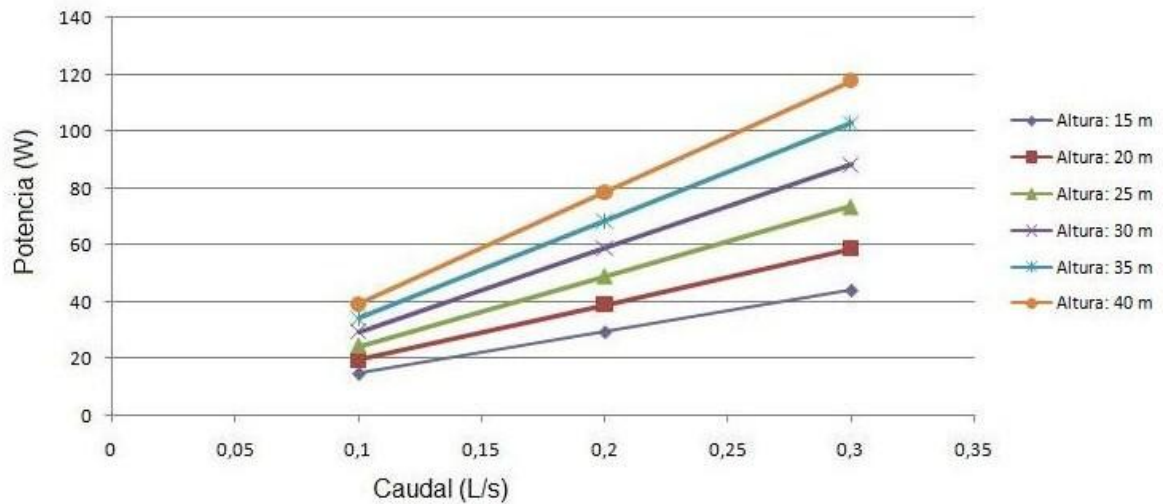
La tabla siguiente muestra distintas alturas y caudales para que se genere una cantidad de energía adecuada para ser almacenada y luego utilizada en actividades cotidianas, como son luces de pasillo, iluminaria de jardín, ente otras.

**Tabla N°3:** Potencial (W) Generada por Distintos Caudales (L/s) y Alturas (m).

<b>Altura (m)</b>	<b>Caudal (L/s)</b>	<b>Potencia (W)</b>
15	0,3	44,15
	0,4	58,86
	0,5	73,58
20	0,3	58,86
	0,4	78,48
	0,5	98,1
25	0,3	73,58
	0,4	98,1
	0,5	122,63
30	0,3	88,29
	0,4	117,72
	0,5	147,15
35	0,3	103,01
	0,4	137,34
	0,5	171,68
40	0,3	117,72
	0,4	156,96
	0,5	196,2

**Fuente:** Elaboración Propia

A continuación se graficará la Tabla N°3 “Potencia Generada por Distintos Caudales y Alturas”, mostrada anteriormente:



**Figura 18:** Potencial (W) Generada por Distintos Caudales (L/s) y Alturas (m).

**Fuente:** Elaboración Propia.

Con este gráfico se puede concluir que a mayor altura y mayor caudal se obtendría mayor generación de energía,

#### 4.- Inversión Inicial y Esquema del Proyecto

A continuación se detalla los implementos requeridos en la instalación, desde que se recibe las aguas grises y son llevadas a la piscina de tratamiento, hasta que finalmente llega a la turbina donde entrega su energía, la que es luego almacenada en las baterías.

Ya que las condiciones de instalación pueden ser variables, se incluyó algunos implementos en mayor cantidad, como por el ejemplo, codos, adhesivo, entre otros.

Las especificaciones básicas de cada implemento se encuentran indicadas más adelante.



**Tabla N°4:** Costo Instalación del Proyecto.

<b>Implementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unidad</b>	<b>Precio Total</b>
Tubo de PVC 1	5	\$ 1.000	\$ 5.000
Tubo de PVC 2	4	\$ 2.800	\$ 11.200
Tubo de PVC 3	6	\$ 5.500	\$ 33.000
Codo de PVC 1	2	\$ 450	\$ 900
Codo de PVC 2	2	\$ 630	\$ 1.260
Tee PVC presión	1	\$ 540	\$ 540
Piscina de Tratamiento	1	\$ 2.700.000	\$ 2.700.000
Rejas	2	\$ 400.000	\$ 800.000
Válvula	3	\$ 6.000	\$ 18.000
Estanque de Regulación	1	\$ 120.000	\$ 120.000
Estanque de Almacenamiento	1	\$ 50.000	\$ 50.000
Caseta	1	\$ 70.000	\$ 70.000
Controlador de Carga	1	\$ 150.000	\$ 150.000
Motobomba	1	\$ 120.000	\$ 120.000
Baterías	2	\$ 30.000	\$ 60.000
Tablero	1	\$ 3.000	\$ 3.000
Rectificador	1	\$ 1.800	\$ 1.800
Cable	1	\$ 10.500	\$ 10.500
Mano de Obra	---	---	\$ 300.000
Preparación del Terreno	---	----	\$ 250.000
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 4.705.200</b>

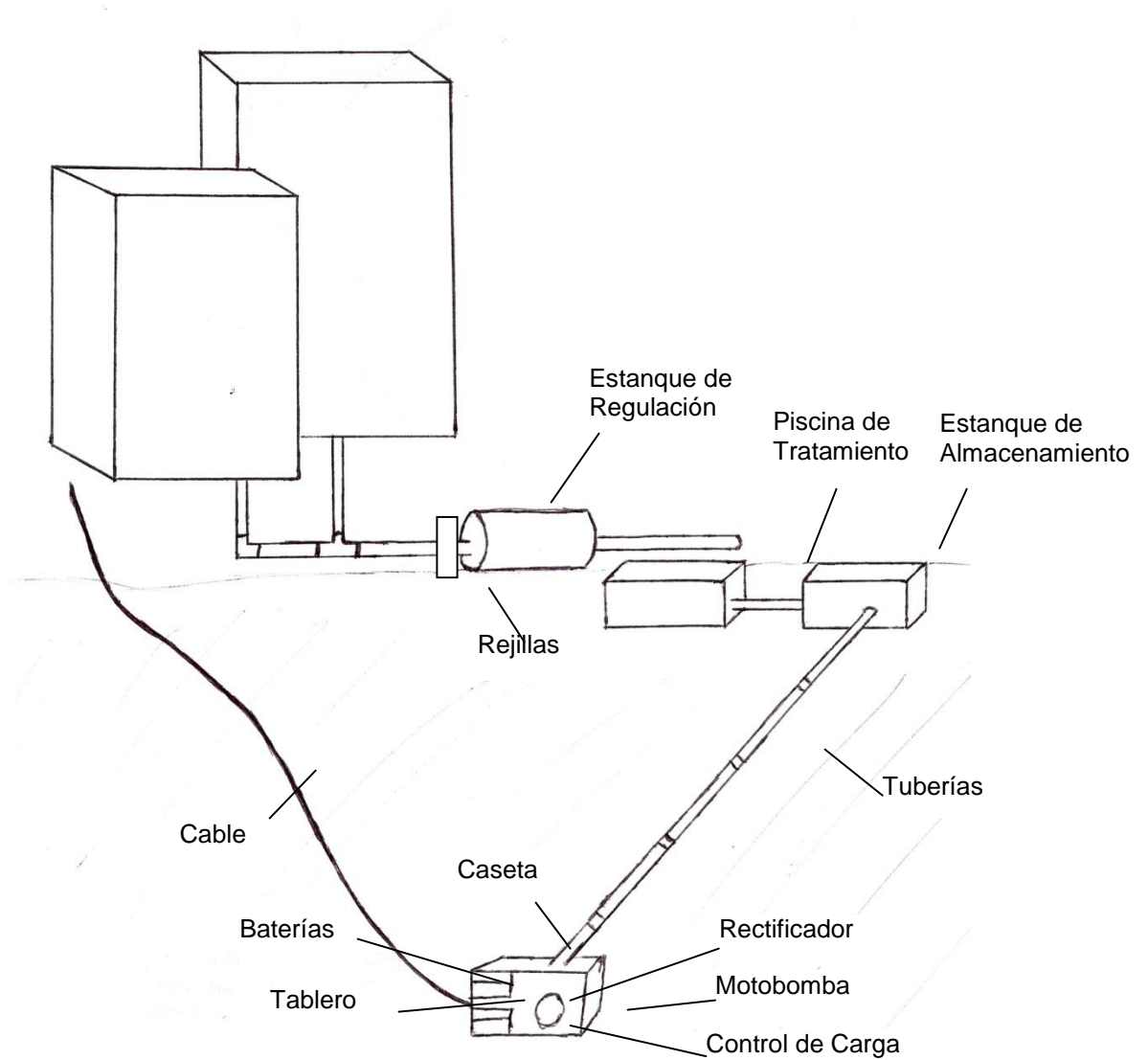
Fuente: [17]

Características de los implementos utilizados (información recopilada de los catálogos en línea de tiendas especializadas en implementos de construcción):

- En ambas instalaciones se menciona 3 tipos de tubos de PVC. Los 3 tienen un diámetro interior de 50 mm (0,050 m) pero diferentes longitudes, (el Tubo de PVC 1 será de 1 m, el Tubo de PVC 2 de 3 m y el Tubo de PVC 3 el de 6 m de longitud).  
Cada tubo tiene una resistencia a una fuerza interna de 10 Kg, son adecuadas para instalaciones domiciliarias de agua potable o riego, sólo se pueden utilizar para aguas frías, tienen una resistencia al aplastamiento de hasta un 40% de su diámetro, y son altamente resistentes a la corrosión, ácidos, soluciones salinas y residuos industriales.
- Cada codo de PVC también tiene un diámetro de 50 mm (0,050m), el Codo de PVC 1 tiene un ángulo de 90° y el de PVC 2 un ángulo de 45°. Cada copla y Tee presión son de PVC de un tipo especial para los tubos de diámetro 50mm.
- Las válvulas propuestas son de un tipo apropiado para estanques y con una unión de 50 mm.
- La piscina de tratamiento de aguas es rectangular, siendo sus medidas 2,5 m de ancho por 4 m de largo y 1 m de profundidad, y teniendo una capacidad de 10m<sup>3</sup>.
- El estanque de almacenamiento donde se almacenará el agua luego de ser tratada, para posteriormente bajar hasta la turbina, es cilíndrico y tiene una capacidad de 1000 litros, un diámetro de 106 cm y una altura de 128 cm.
- La caseta propuesta sería de unas dimensiones de 2 m de alto, 2 m de ancho y 2m de profundidad. Esta caseta es donde irán la motobomba y las baterías.

- La motobomba propuesta es de 2,0 HP de potencia. Resiste un caudal máximo de 600 L/min y una altura de caída máxima de 27 m. Tiene una capacidad de succión de 8 m.
- Las baterías utilizadas son de baja mantención y máximo rendimiento. Tienen una capacidad de 55 Amp y una capacidad de arranque en frío de 270 Amp.

En el siguiente esquema se puede apreciar la instalación:



**Figura N°19:** Esquema Instalación Tuberías, Tratamiento de Aguas, Almacenamiento y Generación de Energía

**Fuente:** Elaboración propia.

## 5.- Factibilidad Económica

Se determinó la factibilidad económica de la instalación de este proyecto determinando la rentabilidad de la inversión mediante indicadores como la TIR (Tasa Interna de Retorno) y el VAN (Valor Actual Neto).

### 5.1.- Cálculo del VAN

Este método de evaluación de la rentabilidad de un proyecto tiene un buen grado de exactitud, porque considera el valor del tiempo en el dinero, o sea, que 1 U\$ de hoy vale más que uno en varios años más, sin considerar la inflación, ya que, ese dinero puede devengar intereses en el futuro. Para actualizar a la fecha esas futuras rentabilidades del dinero, o flujos de caja, se aplica tasas de descuento.

Este criterio plantea que el proyecto resulta aceptable si su Valor Actual Neto es igual o superior a cero, donde el VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresado en moneda actual.

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

Donde  $Q_n$  representa el flujo de caja,  $I$  es el valor del desembolso inicial de la inversión,  $N$  es el número de períodos considerado. El tipo de interés es  $r$ . Si el proyecto no tiene riesgo, se tomará como referencia el tipo de la renta fija, de tal manera que con el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro, sin riesgo específico.

Cuando el VAN toma un valor igual a 0,  $r$  pasa a llamarse TIR.

## 5.2.- Cálculo de la TIR

El criterio de la Tasa Interna de Retorno (TIR) evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por período, con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual. La TIR representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero. La Tasa Interna de Retorno, puede calcularse aplicando la siguiente ecuación:

$$\sum_{j=0}^n \frac{I_j - C_j}{(1 + TIR)^j} = 0$$

Una vez que se ha calculado la TIR, ésta debe ser comparada con la tasa de descuento aplicada al proyecto ( $r$ ), obteniéndose alguno de los siguientes casos:

TIR >  $r$ , entonces se obtendrá beneficios.

TIR <  $r$ , entonces se obtendrá pérdidas.

Es decir, la TIR es la máxima tasa de descuento aplicable para que el proyecto sea rentable.

A continuación se detalla las variables de la Tabla de Flujos de Caja del proyecto, que se muestra más adelante:

- Equipamiento: motobomba, baterías, control de carga, rectificador, tablero.
- Infraestructura no movilizada: tubos, coplas y codos de PVC, caseta, estanques de almacenamiento, piscina de tratamiento de aguas, válvulas.
- Egresos: operación, mantención.

En las siguientes páginas se muestra las tablas que se utilizó para analizar la Factibilidad del Proyecto.

En base a los datos de un edificio tipo para este proyecto se obtienen las siguientes estimaciones:

**Tabla N°5:** Estimaciones Consumo de Agua y Energía.

	Valor por unidad	Cantidad Mensual
Agua para riego jardín*	\$ 650 x m <sup>3</sup>	46,15 m <sup>3</sup>
Iluminación jardín y acceso al edificio	\$ 155 x Kw	516 Kw
Tratamiento ESVAL	\$ 187 x m <sup>3</sup>	840 m <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración Propia.

\*Para un jardín de 220 m<sup>2</sup>.

**Tabla N°6:** Ahorro Equivalente del Proyecto.

Ahorros Equivalentes	Mensual	Anual
Agua	\$ 30.000	\$ 360.000
Energía	\$ 80.000	\$ 960.000
Tratamiento	\$ 157.080	\$ 1.884.960

**Fuente:** Elaboración Propia.

Las medidas de mantención y operación se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla N°7:** Labores de Mantención\*.

Labores de Mantención	Criterio de Verificación	Gasto
Limpieza superficie de biofiltro y de la trampa de lombrices	Se debe limpiar la superficie del biofiltro, no dejando crecer malezas u otra planta en el lecho.	\$ 440.000 anualmente
Verificación de la Motobomba	Se debe verificar que la motobomba esté funcionando correctamente	
Verificación Tuberías	Se debe verificar la posición de las tuberías y codos.	
Reposición de aserrín para alimentos de las lombrices	Reponer aserrín cuando este se esté acabando.	

**Fuente:** Elaboración Propia

\* Las labores de mantención son un 8-10% del total de la inversión.

**Tabla N°8:** Labores de Operación.

Labores de Operación	Gasto
Operación de Motobomba	\$ 1.600.000 anualmente
Operación en parte superior	
Verificación de la DBO <sub>5</sub> de salida del tratamiento de aguas	

**Fuente:** Elaboración Propia.



## Inversión del Proyecto

**Tabla N°9:** Balance de Equipos.

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Vida Útil</b>
<b>Motobomba</b>	1	\$ 120.000	\$ 120.000	5 años
<b>Baterías</b>	2	\$ 30.000	\$ 60.000	5 años
<b>Control de Carga</b>	1	\$ 150.000	\$ 150.000	10 años
<b>Rectificador</b>	1	\$ 1.800	\$ 1.800	10 años
<b>Tablero</b>	1	\$ 3.000	\$ 3.000	10 años
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 334.800</b>	

Fuente: [25]

**Tabla N°10:** Balance de Obras Físicas

<b>Item Construcción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Especificaciones Técnicas</b>	<b>Costo Unitario</b>	<b>Costo Total</b>
<b>Preparación del Terreno</b>	1	Terreno de 180 m <sup>3</sup> app	\$ 1.000	\$ 250.000
<b>Instalación</b>	----	-----	----	\$ 300.000
<b>Cañerías</b>	-----	Tuberías, codos, uniones.	-----	\$ 51.900
<b>Válvulas</b>	3	Unión de 50 mm	\$ 6.000	\$ 18.000
<b>Piscina de Tratamiento</b>	1	Capacidad de 10 m <sup>3</sup>	\$ 2.700.000	\$ 2.700.000
<b>Rejas</b>	2	Dimensiones 20 x 30 cm <sup>2</sup>	\$ 400.000	\$ 800.000
<b>Estanque de Regulación</b>	1	Capacidad: 500 litros	\$ 120.000	\$ 120.000

<b>Estanque de Almacenamiento</b>	1	Capacidad: 1.000 litros	\$ 50.000	\$ 50.000
<b>Caseta</b>	1	Alto: 2 m Ancho: 2 m Profundidad: 2 m	\$ 70.000	\$ 70.000
<b>Cable</b>	1	Largo: 30 m	\$ 350	\$ 10.500
				\$ 4.370.400

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla N°11:** Inversión Total

<b>Inversión</b>	<b>\$</b>
<b>Costo Total Equipos</b>	334.800
<b>Costo Total Obras Físicas</b>	4.370.400
<b>Total Inversión</b>	<b>\$ 4.705.200</b>

**Fuente:** Elaboración Propia



## 6.- Resultados Teóricos

- Se determinó la disponibilidad de energía potencial del agua al caer desde la cima de la quebrada hasta su base, dando un resultado satisfactorio, una potencia igual a 78,48 (W), para la utilización de estas aguas en la generación de electricidad.
- Revisando información de la compañía eléctrica, se obtuvo que cada 1KW tiene un valor de \$ 155, dato que se utilizó luego de obtener la cantidad de energía generada y saber para lo que se utilizará esta energía.
- Se estudió varias publicaciones y realizaciones sobre utilización de aguas grises y la generación de energía a partir de ellas, pero ninguna que fuese utilizando un universo mayor de viviendas, y tampoco a una altura similar a la considerada en este trabajo.
- Se reunió información sobre distintos tipos de tratamiento de aguas, humedales artificiales, pozos sépticos, líquidos con mezcla de enzimas y bacterias, tratamiento aerobio, biofiltros, radiación ultravioleta, entre otros.

- La información recopilada sobre el contenido de las aguas grises dio que están compuestas por ácidos grasos, hidróxido de sodio o potasio, sulfatos lineales de alquilos o alquilbencen sulfatos de cadena ramificada, aceites, restos de comida y restos de suciedad muy diluida, entre otras substancias.

	<b>Contenido</b>
<b>Aguas Grises</b>	jabón (ácidos grasos, hidróxido de sodio o potasio), detergente (sulfatos lineales de alquilos o alquilbencen sulfatos de cadena ramificada), shampoo (surfactantes no aniónicos y aniónicos, conservantes, colorantes, fragancias y agua), aceites, restos de comida y restos de suciedad muy diluida, y en menores cantidades pueden haber sólidos inorgánicos

- Al observar y conocer la geografía de Viña del Mar y Valparaíso, y de acuerdo a las características encontradas para efectuar este trabajo, se puede decir que es muy factible ampliar la aplicación del proyecto.
- Revisando información de la compañía de agua, se obtuvo que cada 1 m<sup>3</sup> tiene un valor de \$ 650, dato que se utilizó luego de obtener la cantidad de energía generada y saber para lo que se utilizará esta energía.

## XI.- DISCUSIONES

- La innovación viene siempre asociada a pequeños hallazgos que con el tiempo van evolucionando y perfeccionando sus tecnologías, indudablemente es necesaria una inversión en investigación y desarrollo para potenciar el uso de energías renovables, como fuentes de energías más limpias.
- La recuperación de energía planteada en este proyecto no implica daños ambientales, por el contrario, reduce la liberación de contaminantes hacia el entorno (en este caso el mar).
- En la aplicación de la energía recuperada, ésta podría ser a través de almacenamiento (baterías o súper-capacitores).

Las distintas posibilidades que ofrece actualmente el mercado de baterías son:

- Baterías para trabajo pesado (utilizadas en palas mecánicas y similares)
- Baterías para automóviles y camiones
- Baterías estacionarias

Las baterías de automóvil tienen una duración típica de un año debido al movimiento constante del vehículo, por lo que al usarlas de forma estacionaria, como en este proyecto, serían más duraderas. Las baterías estacionarias son más económicas que las de vehículos, pero no tan resistentes mecánicamente.

Existe una tecnología de reciente desarrollo, la de los súper-capacitores, que abre una nueva posibilidad para el almacenamiento de energía, pero aun su uso no se encuentra tan extendido como el de las baterías.

- Las alternativas de generación de energía descentralizadas y de pequeñas potencias como es la mini, micro y pico hidroenergía aún no

son utilizadas en forma significativa para atender la demanda, a pesar de que en muchas zonas existen abundantes recursos hídricos, de fácil explotación y en condiciones favorables económica, social y ambientalmente

- En algunos países, principalmente de Europa, se está creando nuevas normas municipales referentes a las vías de evacuación de aguas de las viviendas plurifamiliares, donde se establece que las nuevas construcciones deben tener conductos separados para aguas grises y negras. Si bien esta adaptación resulta bastante costosa en edificaciones pre-existentes, su incorporación en nuevas construcciones debiera resultar significativamente más económica.
- El llevar este proyecto a la práctica requeriría de un mayor tiempo de trabajo, ya que se hace necesario un estudio de ingeniería económica y de diseño más acabado. Por ello con los resultados obtenidos, se plantea la idea básica y los estudios iniciales para su factibilidad con lo que se puede introducir al tema con la proyección de mejorar y agregar nueva información y finalmente poder llevarlo a cabo con todas las ventajas que significaría.
- A través de este trabajo se determinó la factibilidad de realizar proyectos de este tipo.
- Es necesaria una ampliación de la exploración y la innovación en el tema de la energía, para hacer propuestas de factibilidad a los actores involucrados y crear políticas públicas.
- Se propone aquí la construcción de edificios en sitios elevados (p. Ej., sobre quebradas) provistos de conductos separados de evacuación de aguas servidas, lo que permita un posterior tratamiento de las aguas grises y la generación de energía a partir de éstas.

- La dependencia de nuestro país hacia energías primarias como el petróleo y gas natural (los cuales deben ser actualmente importados), el incremento de los precios por estos insumos y la inestabilidad de su abastecimiento ante posibles crisis y conflictos, deben necesariamente potenciar la utilización de otras fuentes de energía como las renovables, promoviendo su estudio en función de las inversiones en desarrollo e investigación, como ha ocurrido en otros países en los cuales los avances en esta área han sido destacables.
- Una alternativa viable es la utilización de iluminaria LED (Lighting Emmitting Diodes; Diodos Emisores de Luz), ya que entre sus ventajas se encuentran:
  - Voltaje de trabajo amplio; el voltaje de entrada para el aparato es amplio, lo cual permite mayor tolerancia a fluctuaciones de voltaje
  - Alta eficiencia; su bajo consumo proporciona una de las características más relevantes donde puede llegar a un 50% y 80% de ahorro en comparación con las de sodio y mercurio.
  - Impactos ambientales; la luz es estrictamente dirigida, por lo que baja los niveles de contaminación lumínica, no genera radiación infrarroja ni ultravioleta, no se generan desechos de mercurio ni plomo, su bajo consumo permite reducir la demanda de energía eléctrica en iluminación, por lo que lo hace compatible para ser trabajados con energías alternativas.
- Como el indicador VAN dio un resultado positivo, \$1.877.084, la realización de este proyecto es posible.



## **XII.- CONCLUSIONES**

- Se determinó la disponibilidad de energía potencial en aguas servidas, llegándose a un resultado satisfactorio en cuanto a la factibilidad de la generación de electricidad a partir de éstas.
- Se propuso un tratamiento biológico con lombrifiltro ya que se ha comprobado la eficiencia y su bajo costo de inversión, no requiere de una gran superficie y además no genera olor por no acumularse el agua y no producirse lodos.
- Con el tratamiento propuesto se logra reducir los contaminantes de los efluentes de los edificios y así evitar que al devolver las aguas al medio ambiente, presenten riesgos de contaminación, significando un importante aporte a la descontaminación de los cauces.
- Se identificó dos tipos de dispositivos de conversión de energía potencial en energía eléctrica, eligiendo finalmente la alternativa de uso de una motobomba, principalmente por razones económicas.

### XIII.- BIBLIOGRAFÍA

1. Comisión Nacional de Energía, <http://www.cne.cl>  
Noviembre 2008.
2. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT); “El sector de la energía en Chile. Capacidades de investigación y áreas de desarrollo científico-tecnológico”; Santiago de Chile, Junio 2007.
3. Biomass Users Network (BUN-CA). Manuales sobre energía renovable: Hidráulica a pequeña escala. 1 ed. - San José, C.R 2002.
4. Centrales Hidroeléctricas,  
<http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/capitulo3.html>  
Noviembre 2008.
5. Instalaciones Urbanas,  
[http://editorial.cda.ulpgc.es/instalacion/7\\_OPTATIVAS/IHA/IHA1\\_saneamiento/IHA13\\_Novedades/IHA132.htm](http://editorial.cda.ulpgc.es/instalacion/7_OPTATIVAS/IHA/IHA1_saneamiento/IHA13_Novedades/IHA132.htm)  
Octubre 2008.
6. Tratamiento de Aguas Residuales, Sistema Tohá, <http://www.sistematoha.cl/>  
Marzo 2009.
7. Altamirano, N., 2007, “Estudio de Celdas Solares de TiO<sub>2</sub> nanoestructurado con tintura sensibilizadora, en el ámbito de potenciar el uso de Energías Renovables”, Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso, Tesis de Pregrado, págs. 34-37.

8. Agenda de la Construcción Sostenible,  
[http://www2.csostenible.net/es\\_es/tclave/agua/recuperacionagua/Pages/Reutilizacioaiguesgrises.aspx](http://www2.csostenible.net/es_es/tclave/agua/recuperacionagua/Pages/Reutilizacioaiguesgrises.aspx)  
Junio 2008.
9. Borregaaard, N., Katz, R.; “Opciones para la Matriz Energética Eléctrica, Insumos para la Discusión, Documento Resumen”, ANDROS Impresores, Enero 2009, Quito Ecuador.
10. Arroyo, José Manuel., Centrales Hidroeléctricas, Área de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Castilla – La Mancha.
11. Almacenamiento de Energía Eléctrica  
<http://www.angelfire.com/empire/seigfrid/Almacenamiento.html>  
Marzo 2009.
12. EPA, Onsite Wastewater Treatment Systems Manual, Febrero 2002.
13. SANCHEZ, Alfredo y MORALES, Roberto. Las Regiones de Chile. Chile, Editorial Universitaria, 1993, pag 88.
14. Consulta Personal en Empresas Sanitarias Valparaíso, ESVAL.
15. Serway y Beichner; Física para Ciencias e Ingeniería, Tomo I; Editorial McGraw-Hill, 2000.
16. Sorensen, B.; “Renewable Energy, Its physics, engineering, use, environmental impacts, economy and planning aspects”; Elsevier Science; Tercera Edición, 2004; pag 463.

17. Homecenter Sodimac, Consultas personal y Catálogo en Línea, [www.sodimac.com](http://www.sodimac.com)  
Mayo 2009.
18. Easy, Consulta personal y Catálogo en Línea, [www.easy.cl](http://www.easy.cl)  
Mayo 2009.
19. Audisio, Orlando; Bombas Utilizadas como Turbinas; Laboratorio de Máquinas Hidráulicas (LA.M.HI.); Departamento de Mecánica Aplicada; Facultad de Ingeniería Universidad Nacional del Comahue; Argentina, 2005.
20. Orille Fernández, Angel L. Centrales eléctricas .Ed. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, 1993.
21. Battery and Supercapacitors  
[http://www.ika.rwth-aachen.de/r2h/index.php/Battery\\_and\\_Supercapacitor](http://www.ika.rwth-aachen.de/r2h/index.php/Battery_and_Supercapacitor) -  
Junio 2009.
22. Morehead Valley Hydro Inc.  
[www.smallhydropower.com](http://www.smallhydropower.com) - Julio/Agosto 2009
23. Willians, Arthur; Pigott, Hugh; Pumps as Turbines for Pico Hidro Power; 2001.
24. Patente N° 40.754, Sistema Tohá.
25. Nueva Tabla de Vida Útil de los Bienes Físicos del Activo Inmovilizado  
[http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla\\_vida\\_enero.htm](http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm) -  
Agosto 2009.

## XIV.- ANEXOS

Las siguientes tablas de datos se usaron para confeccionar los gráficos que revelan diferentes caudales de consumo de agua potable en Valparaíso y Viña del Mar.

**Tabla N°13:** Informe de Telemetría: Estación Orompello, Sector Placeres, Valparaíso.

Tiempo (min)	Caudal L/s						
	18/08/2008	19/08/2008	20/08/2008	21/08/2008	22/08/2008	23/08/2008	24/08/2008
0:00	15,547	11,041	11,201	11,041	9,121	11,201	10,264
0:10	17,122	8,321	10,401	11,041	8,481	10,561	9,441
0:20	16,962	9,921	9,761	10,241	10,241	11,201	11,681
0:30	15,362	8,321	8,321	8,961	8,321	11,441	12,801
0:40	14,081	8,321	9,281	9,601	7,201	8,481	16,322
0:50	13,761	5,761	6,561	7,041	8,001	9,841	14,081
1:00	11,856	7,361	6,561	8,321	8,801	7,681	17,122
1:10	8,321	9,441	7,521	7,361	8,161	8,801	14,881
1:20	7,761	7,441	7,201	6,721	8,001	8,641	15,362
1:30	7,521	7,521	5,441	6,561	6,561	7,841	10,081
1:40	7,841	6,721	6,401	7,841	6,081	7,841	10,081
1:50	6,401	7,361	7,041	5,601	6,241	5,601	9,281
2:00	6,241	7,361	6,081	6,081	6,081	7,361	8,161
2:10	6,401	8,321	6,401	6,721	6,561	7,361	8,321
2:20	6,721	7,041	5,601	6,241	5,281	6,881	8,001
2:30	6,401	7,361	5,441	5,761	5,761	6,401	7,921
2:40	6,881	7,841	5,441	5,601	6,561	6,881	8,641
2:50	7,521	7,841	6,081	7,201	6,081	5,601	8,321
3:00	5,761	7,521	5,441	5,921	5,441	7,041	8,481
3:10	6,241	8,716	5,441	5,281	5,281	6,561	8,001
3:20	5,921	7,361	5,601	5,281	5,281	7,201	7,041
3:30	6,401	7,201	11,041	5,281	6,081	7,201	6,561
3:40	6,361	7,201	10,561	5,441	5,761	7,201	6,481
3:50	6,561	6,721	13,761	5,281	6,561	8,961	6,081
4:00	5,761	7,361	13,121	5,441	6,081	9,441	6,881
4:10	5,761	6,881	7,361	5,761	6,401	14,321	7,521
4:20	6,241	7,201	7,201	5,281	16,802	13,601	6,721
4:30	6,081	4,480	8,001	5,281	10,401	15,000	5,601
4:40	5,761	5,441	7,681	5,441	11,521	14,881	6,481
4:50	6,241	6,081	7,681	5,601	11,681	8,161	7,041
5:00	5,761	5,281	8,001	6,881	12,001	8,801	6,721
5:10	6,241	5,761	6,881	6,081	5,921	8,001	7,147

5:20	6,401	5,601	7,201	5,281	6,081	8,321	7,201
5:30	7,041	6,241	8,321	7,521	7,201	8,321	7,201
5:40	6,881	6,081	9,281	6,401	6,721	9,361	7,521
5:50	7,681	6,081	8,641	6,401	7,361	8,641	6,721
6:00	8,481	9,121	10,401	7,681	7,601	9,281	6,721
6:10	10,561	9,601	11,521	10,001	9,601	10,721	7,761
6:20	13,441	16,642	14,881	12,641	11,041	10,481	6,401
6:30	13,601	16,642	13,921	17,442	12,321	10,401	5,921
6:40	17,282	22,082	18,402	20,482	16,002	12,001	7,201
6:50	20,802	24,322	21,762	24,963	20,482	13,441	7,121
7:00	18,082	24,482	20,802	24,482	20,162	13,121	8,161
7:10	23,042	27,683	21,762	24,802	20,802	12,641	8,321
7:20	22,802	25,243	28,003	24,002	28,323	13,761	9,601
7:30	30,803	20,802	27,523	26,243	34,083	13,281	10,001
7:40	28,963	19,202	26,563	20,642	27,363	15,842	9,921
7:50	25,923	18,722	24,963	23,202	25,123	15,202	8,961
8:00	26,883	20,482	27,683	17,922	25,603	15,042	10,721
8:10	25,923	20,162	26,403	20,802	27,043	18,402	14,721
8:20	26,812	19,042	27,843	18,562	28,483	17,602	13,921
8:30	24,963	16,802	22,242	17,602	28,003	15,042	12,801
8:40	19,042	18,402	21,762	19,682	21,122	22,082	16,962
8:50	21,122	18,562	22,562	25,283	19,682	19,842	22,722
9:00	20,002	26,083	20,482	25,443	22,722	28,003	25,123
9:10	19,682	25,283	22,562	25,123	22,722	27,523	26,243
9:20	20,002	26,563	24,322	26,563	26,083	29,603	27,203
9:30	28,163	29,923	24,162	27,203	24,802	31,843	27,043
9:40	21,922	27,203	24,002	28,803	22,722	34,723	28,803
9:50	19,682	30,083	29,443	24,802	29,923	33,603	30,723
10:00	19,522	22,402	27,843	25,135	32,323	34,795	28,323
10:10	23,522	26,883	29,443	24,002	31,363	33,603	27,043
10:20	27,683	22,082	30,083	23,682	31,363	32,163	28,803
10:30	29,523	24,322	31,203	25,123	33,443	32,803	32,003
10:40	27,843	24,402	31,203	23,602	29,603	32,163	33,203
10:50	28,163	26,403	31,523	22,562	32,643	32,003	34,403
11:00	28,803	26,403	24,802	25,923	31,843	36,004	40,004
11:10	23,842	28,003	27,683	25,443	28,003	32,803	41,124
11:20	22,322	31,683	25,123	24,002	27,603	39,524	40,484
11:30	25,763	32,803	29,923	31,363	29,283	37,497	40,484
11:40	24,963	29,443	25,923	30,563	28,963	37,924	39,364
11:50	25,123	33,123	27,843	29,603	29,443	37,124	40,804
12:00	23,522	32,323	24,562	32,803	29,763	38,324	40,804
12:10	23,522	32,803	28,963	31,843	31,363	38,964	41,604
12:20	23,362	31,043	28,963	33,123	36,004	39,844	40,484
12:30	22,562	29,123	32,803	30,000	34,643	41,444	41,284
12:40	24,642	27,203	30,243	26,563	34,563	39,044	40,804
12:50	30,083	28,803	32,003	26,403	34,883	37,604	34,723
13:00	28,003	27,683	32,643	28,963	34,243	35,684	35,684
13:10	28,803	26,723	31,203	24,482	31,523	35,204	36,164
13:20	27,363	25,763	30,163	28,803	32,483	33,123	35,204

13:30	28,003	24,162	24,642	28,483	27,203	32,163	36,004
13:40	22,562	24,322	23,042	24,162	27,203	33,923	38,884
13:50	20,482	24,322	23,522	26,083	26,403	34,563	38,244
14:00	19,682	23,842	23,682	27,203	25,123	38,404	38,404
14:10	21,922	27,523	23,682	32,963	23,522	39,844	36,004
14:20	21,602	28,963	22,242	29,763	24,162	37,284	37,444
14:30	20,802	29,123	23,522	29,763	23,682	36,804	37,284
14:40	19,042	28,963	21,762	28,963	22,882	38,724	37,764
14:50	20,802	27,043	21,922	30,403	22,082	36,804	35,204
15:00	19,682	24,642	25,603	30,883	22,082	38,564	34,083
15:10	22,082	23,042	24,963	24,963	20,642	38,564	34,403
15:20	19,202	22,242	18,882	22,722	29,123	38,724	28,003
15:30	24,482	21,442	20,082	23,362	26,723	32,963	26,403
15:40	24,162	21,442	19,202	19,682	26,883	32,643	29,443
15:50	24,322	20,375	26,723	21,762	26,403	32,003	27,363
16:00	25,603	20,002	27,843	21,602	26,563	32,803	25,923
16:10	23,362	19,682	25,923	24,322	28,963	30,883	27,683
16:20	18,562	20,162	26,403	22,722	20,322	29,923	28,003
16:30	19,202	15,682	24,642	20,962	20,482	29,603	27,043
16:40	15,202	15,922	20,802	21,522	19,682	27,843	29,603
16:50	15,842	16,002	20,802	21,602	19,789	26,723	31,363
17:00	20,162	16,001	18,082	19,202	20,162	39,364	30,563
17:10	15,362	15,522	20,482	19,202	20,002	32,803	29,283
17:20	16,802	16,482	18,402	21,122	20,162	32,003	28,323
17:30	17,122	18,402	16,802	18,882	18,082	33,923	29,923
17:40	16,642	15,362	18,082	23,682	19,042	30,403	24,162
17:50	15,842	21,282	15,682	24,162	19,522	30,563	21,442
18:00	18,242	21,602	18,002	23,042	20,002	26,723	23,682
18:10	18,722	22,402	19,762	23,202	18,562	25,123	21,762
18:20	18,722	22,722	17,602	22,562	18,722	21,602	23,842
18:30	16,722	23,202	17,762	20,162	18,882	23,042	21,922
18:40	18,402	16,322	19,042	14,561	20,002	25,123	21,282
18:50	15,842	16,162	18,402	17,282	18,722	25,443	21,762
19:00	21,709	16,802	20,322	18,082	26,723	23,522	20,642
19:10	20,162	16,002	19,522	17,282	25,603	21,442	20,482
19:20	19,362	16,322	19,842	16,162	23,522	24,322	19,522
19:30	21,122	12,801	23,202	15,842	22,882	24,162	20,482
19:40	21,282	13,601	23,362	17,922	22,402	21,442	22,562
19:50	19,842	15,682	23,682	17,922	19,522	19,682	24,963
20:00	15,362	15,522	23,000	15,202	16,802	19,682	24,322
20:10	15,042	21,282	22,242	15,202	18,722	19,682	23,522
20:20	14,561	14,962	16,642	16,802	15,522	20,162	24,322
20:30	17,122	13,921	16,482	16,802	16,642	24,482	19,202
20:40	16,162	12,641	18,000	15,842	17,922	27,043	18,722
20:50	16,162	13,521	21,282	15,202	16,002	24,482	20,642
21:00	16,322	16,802	17,122	17,122	18,402	25,603	18,882
21:10	18,082	22,082	20,642	17,282	15,842	23,362	18,562
21:20	16,442	20,802	17,602	20,002	15,842	24,216	18,722
21:30	16,562	21,602	17,442	22,562	16,002	17,922	18,722

21:40	17,282	19,842	17,762	21,922	16,002	16,962	16,962
21:50	16,802	18,882	18,242	21,442	15,842	18,882	18,562
22:00	16,482	20,802	17,122	23,762	24,002	15,682	16,802
22:10	19,522	13,121	16,162	13,601	20,482	20,482	17,282
22:20	18,882	12,001	15,202	12,961	24,002	16,642	15,842
22:30	16,802	10,401	18,482	11,521	20,002	14,241	14,881
22:40	18,242	13,601	21,602	12,961	18,082	14,881	18,882
22:50	16,002	11,681	19,682	13,601	17,122	15,202	19,682
23:00	14,081	11,521	21,122	8,801	13,761	14,001	18,882
23:10	10,401	11,521	20,002	10,721	12,401	12,321	16,322
23:20	9,761	11,041	14,881	9,441	11,041	14,401	17,442
23:30	11,361	10,561	11,201	9,921	12,321	13,121	11,841
23:40	8,801	12,161	10,081	10,321	12,801	10,401	10,961
23:50	8,801	10,721	8,481	10,241	10,561	12,321	10,641

Fuente: [14]

**Tabla N°14:** Informe de Telemetría: Estación Héroes Mar, Medidor 01, Viña del Mar.

Tiempo (min)	Caudal L/s						
	18/08/2008	19/08/2008	20/08/2008	21/08/2008	22/08/2008	23/08/2008	24/08/2008
0:00	46,000	48,035	41,344	58,596	59,316	61,166	62,166
0:10	43,984	45,545	40,654	57,756	58,986	59,616	62,616
0:20	43,144	46,655	39,934	57,126	57,591	60,456	62,286
0:30	42,514	46,325	39,784	57,216	56,856	58,761	61,836
0:40	41,554	45,185	40,054	56,406	57,036	57,576	61,656
0:50	41,344	45,695	40,594	55,986	57,156	58,101	59,916
1:00	41,584	44,734	39,394	55,656	57,096	58,206	59,706
1:10	41,704	44,464	40,054	55,536	56,856	57,636	59,016
1:20	41,284	43,834	39,814	55,356	56,436	56,706	58,896
1:30	40,864	43,894	39,574	55,056	57,066	56,196	59,526
1:40	41,044	43,654	38,764	54,245	56,271	56,616	58,356
1:50	40,714	43,894	38,824	54,245	55,806	56,046	58,416
2:00	40,594	43,684	38,074	54,575	55,551	56,526	58,266
2:10	40,534	43,504	38,074	54,996	55,086	56,346	57,876
2:20	39,874	43,534	38,224	54,815	55,566	56,166	58,176
2:30	39,874	43,384	37,984	54,065	55,086	55,896	58,506
2:40	40,144	43,834	38,404	54,545	55,056	55,866	58,176
2:50	39,634	43,084	37,834	54,605	55,236	55,236	58,056
3:00	39,889	43,294	38,194	54,635	55,206	56,346	57,516
3:10	39,634	43,474	38,134	54,515	54,875	55,266	57,036
3:20	40,084	43,624	38,164	54,515	55,116	54,755	57,216
3:30	40,024	43,474	38,344	54,815	55,566	54,845	56,866
3:40	39,754	42,634	38,734	54,890	54,966	54,875	57,426
3:50	39,934	43,024	38,134	54,845	54,725	54,875	57,366



4:00	39,574	42,904	38,434	54,735	55,086	54,935	57,126
4:10	40,174	43,414	38,494	54,395	55,236	54,966	57,036
4:20	39,634	43,204	38,764	54,560	55,416	54,725	56,856
4:30	39,844	43,384	38,494	54,515	55,056	54,635	56,496
4:40	40,084	43,234	38,464	55,071	55,416	55,386	56,526
4:50	40,294	43,294	38,404	55,176	55,626	54,605	56,376
5:00	40,774	43,474	38,194	54,996	55,416	54,905	56,466
5:10	40,789	43,864	39,004	55,176	55,776	54,905	56,706
5:20	41,104	44,254	39,304	55,086	55,716	55,026	56,826
5:30	40,684	43,834	38,704	56,646	56,106	54,725	56,346
5:40	41,704	44,299	39,814	56,376	55,626	55,056	56,286
5:50	42,424	45,725	40,414	56,166	57,276	56,376	56,976
6:00	44,224	45,575	42,124	57,696	58,656	56,586	56,826
6:10	47,000	48,845	44,434	60,036	59,916	56,436	56,616
6:20	47,405	49,985	46,205	62,586	60,816	56,976	56,136
6:30	50,375	51,755	49,625	64,146	63,636	57,906	56,286
6:40	53,435	55,056	52,205	65,557	66,457	59,916	56,796
6:50	56,766	57,276	53,225	67,417	68,047	58,746	57,696
7:00	55,866	57,456	53,600	71,767	71,197	59,316	57,996
7:10	57,336	58,836	55,086	70,207	70,177	62,586	58,836
7:20	55,596	59,886	56,316	72,787	71,677	61,896	60,501
7:30	53,825	57,486	55,866	70,147	70,597	63,966	60,396
7:40	55,146	59,586	57,936	69,907	71,527	62,946	61,476
7:50	57,396	59,916	55,266	71,197	71,617	64,626	63,936
8:00	55,716	59,226	55,536	68,737	71,497	67,177	63,546
8:10	53,585	58,866	55,851	70,897	72,397	67,957	64,776
8:20	54,455	61,566	57,846	72,097	70,687	67,777	65,347
8:30	54,335	60,666	57,066	71,017	72,727	69,997	67,837
8:40	55,026	63,036	55,926	70,567	72,727	70,957	68,827
8:50	56,286	60,246	55,986	72,247	73,027	71,437	70,597
9:00	56,076	61,206	56,016	71,587	72,127	72,817	72,817
9:10	55,596	60,186	58,056	71,857	72,427	74,647	73,117
9:20	57,141	61,356	57,726	73,237	74,377	74,647	73,537
9:30	58,746	63,906	59,736	73,942	74,587	76,598	75,818
9:40	59,601	63,516	62,616	73,147	77,288	78,458	76,658
9:50	60,066	64,957	62,646	74,437	75,008	80,018	79,448
10:00	58,956	66,257	61,146	76,133	77,468	80,378	80,708
10:10	59,046	67,477	62,586	75,398	76,778	83,708	82,178
10:20	59,286	66,907	62,256	77,168	77,528	83,648	83,108
10:30	60,336	69,967	62,376	76,808	77,798	85,089	85,719
10:40	58,986	70,027	66,727	78,908	77,798	84,068	86,019
10:50	61,986	70,927	65,767	78,248	79,688	86,919	87,279
11:00	61,251	71,497	67,057	79,718	79,808	86,889	88,509
11:10	64,942	71,002	69,427	80,258	80,888	87,939	86,979
11:20	63,996	73,267	67,297	81,188	81,578	86,259	87,399
11:30	64,536	72,007	68,887	80,918	81,488	87,729	88,869
11:40	63,846	72,457	69,697	82,418	80,318	89,979	89,769
11:50	66,367	72,307	70,267	81,758	81,428	89,589	88,869
12:00	65,137	70,777	71,827	84,818	81,368	90,609	90,819

12:10	66,607	69,367	71,347	82,568	80,858	90,219	90,789
12:20	67,117	72,487	70,147	81,428	82,748	92,364	92,289
12:30	65,287	71,857	70,117	82,418	81,818	90,969	90,729
12:40	67,417	69,397	70,267	82,928	81,488	90,879	91,629
12:50	68,467	70,987	71,497	83,648	80,198	90,129	89,079
13:00	64,026	71,077	71,977	82,118	81,848	92,349	91,209
13:10	68,257	69,427	69,187	82,268	82,268	89,829	90,489
13:20	64,266	68,887	69,457	80,528	82,898	91,779	91,419
13:30	64,896	68,977	68,557	81,398	81,278	91,929	90,489
13:40	63,996	68,437	69,757	81,308	80,213	92,109	91,029
13:50	63,186	66,637	67,867	78,698	82,298	90,759	88,839
14:00	63,696	66,127	69,487	79,988	81,188	90,429	89,589
14:10	62,136	63,516	67,207	79,388	81,548	89,229	87,909
14:20	61,746	64,446	68,257	78,308	78,938	90,639	88,869
14:30	63,396	62,736	66,802	77,768	80,468	90,789	86,949
14:40	62,286	63,846	65,887	78,608	79,568	89,049	87,789
14:50	62,076	61,776	65,527	79,058	78,428	89,229	86,094
15:00	62,226	62,106	68,497	78,548	79,268	88,344	85,119
15:10	62,256	62,556	65,167	79,508	77,558	88,269	85,314
15:20	60,906	60,846	69,067	76,988	76,838	86,079	83,918
15:30	62,286	60,786	69,367	73,507	76,328	86,919	83,708
15:40	60,396	60,186	71,107	75,218	78,458	86,409	86,139
15:50	60,276	57,606	70,537	72,817	75,248	84,758	85,419
16:00	62,376	57,126	70,087	73,462	76,388	84,608	83,258
16:10	60,756	58,086	73,177	75,038	74,617	84,863	81,938
16:20	60,366	56,796	71,947	73,627	76,118	84,999	81,728
16:30	61,476	55,536	69,727	74,677	75,848	82,808	80,708
16:40	60,576	57,666	71,467	71,827	73,087	82,523	79,748
16:50	59,466	56,916	69,937	72,247	73,507	81,038	78,248
17:00	59,436	58,806	68,677	71,197	73,837	80,678	80,588
17:10	59,556	55,296	69,817	72,337	73,717	78,848	79,058
17:20	57,996	55,716	72,037	71,497	73,957	80,378	77,438
17:30	57,906	54,095	71,377	72,997	73,297	80,648	78,458
17:40	58,401	56,436	71,107	74,227	73,927	76,793	77,588
17:50	56,616	53,615	68,947	71,497	72,757	78,728	77,438
18:00	57,876	53,705	71,017	72,907	72,847	78,308	76,538
18:10	57,966	54,515	72,097	73,432	73,987	78,458	74,947
18:20	58,056	57,456	70,867	72,937	74,077	80,168	75,638
18:30	58,776	55,986	71,707	73,687	73,177	77,948	73,837
18:40	58,266	57,456	72,727	74,197	74,617	76,478	76,148
18:50	59,886	57,306	69,967	72,817	74,287	75,818	73,297
19:00	57,336	58,356	71,347	71,917	72,067	76,868	73,477
19:10	58,656	56,526	70,657	71,437	71,047	75,008	74,647
19:20	58,266	55,836	68,437	70,537	73,327	76,343	73,087
19:30	58,026	55,506	70,897	70,297	71,287	74,317	73,477
19:40	57,726	57,036	69,517	71,377	72,337	73,987	73,207
19:50	56,796	55,356	69,697	72,067	72,127	72,457	72,427
20:00	58,446	54,815	69,487	71,617	69,427	73,387	72,157
20:10	59,226	56,316	70,357	70,057	70,207	73,597	71,197

20:20	56,946	54,575	68,812	72,577	72,337	72,487	71,167
20:30	58,416	55,626	70,507	70,777	67,837	70,777	70,447
20:40	55,656	53,045	67,297	69,442	69,937	71,167	70,807
20:50	55,386	53,465	66,847	69,847	68,287	70,807	70,357
21:00	58,146	56,136	69,262	71,107	70,957	73,387	71,227
21:10	58,356	57,216	69,997	71,347	69,217	71,557	71,347
21:20	55,566	56,526	69,367	71,527	68,917	71,767	72,457
21:30	58,146	56,136	69,547	70,627	68,167	70,147	70,087
21:40	56,196	53,405	69,487	70,777	68,617	69,367	70,837
21:50	57,366	54,905	68,197	69,427	67,357	69,307	70,837
22:00	58,056	54,245	69,097	67,957	70,387	68,407	70,327
22:10	53,225	50,945	64,131	64,596	67,837	68,227	67,897
22:20	52,715	48,305	64,446	64,056	66,367	67,447	67,837
22:30	51,335	48,425	62,091	63,276	63,936	67,417	67,267
22:40	53,225	49,715	64,791	65,167	64,116	66,607	64,746
22:50	53,195	47,315	63,066	65,167	66,187	66,757	63,426
23:00	52,025	48,485	63,346	63,276	63,306	64,746	62,946
23:10	51,425	47,075	61,656	60,816	64,056	64,596	62,946
23:20	50,075	43,954	60,306	60,006	63,186	64,866	60,696
23:30	49,565	44,464	60,396	60,636	61,176	62,586	60,846
23:40	49,355	42,994	58,176	59,016	60,816	63,036	60,396
23:50	47,405	43,384	57,996	60,126	61,986	62,541	59,796

Fuente: [14]

**Tabla N°15:** Informe de Telemetría: Estación Héroes Mar, Medidor 02, Viña del Mar.

Tiempo (min)	Caudal L/s						
	18/08/2008	19/08/2008	20/08/2008	21/08/2008	22/08/2008	23/08/2008	24/08/2008
0:00	18,000	15,282	14,421	14,041	14,982	15,522	17,002
0:10	16,042	13,421	13,341	15,182	13,961	15,422	14,321
0:20	14,941	14,441	12,201	14,281	13,241	14,241	14,621
0:30	14,461	13,201	13,061	14,241	13,181	12,861	14,701
0:40	14,721	12,701	13,461	13,381	13,171	14,081	14,141
0:50	14,481	12,741	12,641	12,881	13,181	15,422	14,361
1:00	15,002	12,901	11,981	13,781	13,221	14,221	15,082
1:10	14,401	13,681	12,181	12,721	13,021	14,221	13,841
1:20	14,601	13,041	12,641	12,621	12,781	13,501	13,781
1:30	13,881	12,201	12,141	12,341	12,441	13,001	13,961
1:40	14,321	12,861	11,801	12,461	12,741	12,641	13,135
1:50	13,721	12,321	12,481	12,621	12,321	12,921	13,241
2:00	13,201	12,241	12,221	12,391	12,341	13,861	13,361
2:10	13,481	12,421	12,241	12,581	11,861	12,381	13,241
2:20	13,041	11,861	12,321	12,701	12,161	13,781	13,241
2:30	13,201	11,961	12,141	12,601	11,981	12,761	12,641

2:40	13,681	12,361	12,181	11,921	12,421	12,441	12,541
2:50	13,021	12,001	12,181	11,881	11,721	13,101	12,301
3:00	13,141	12,021	12,001	11,621	12,021	12,341	12,241
3:10	12,841	12,461	12,021	12,021	11,981	12,021	12,481
3:20	13,141	11,911	12,121	12,021	11,861	12,361	12,001
3:30	13,281	11,921	12,021	11,981	12,061	12,341	12,601
3:40	12,861	11,841	12,081	12,041	11,981	12,441	13,241
3:50	13,301	12,081	11,661	11,881	12,061	12,281	12,201
4:00	12,861	11,921	12,081	11,801	12,021	12,641	11,961
4:10	12,861	12,101	11,941	11,901	12,271	12,141	12,181
4:20	13,121	12,141	11,881	12,021	12,141	12,061	12,161
4:30	13,161	11,821	11,961	11,581	11,981	12,381	12,881
4:40	12,801	12,401	11,781	12,401	12,101	12,801	12,381
4:50	12,761	12,391	11,821	12,121	12,201	12,701	12,641
5:00	12,981	12,761	12,601	11,741	12,161	12,181	12,601
5:10	13,101	12,521	11,781	12,261	12,541	12,281	12,401
5:20	14,201	11,961	12,721	12,501	12,561	12,121	11,981
5:30	13,501	12,661	12,281	12,301	12,741	12,961	12,181
5:40	13,881	13,441	12,301	13,221	13,561	12,281	12,461
5:50	14,301	14,081	13,341	13,161	13,601	12,721	12,661
6:00	14,001	13,721	12,961	12,861	13,061	13,201	12,501
6:10	15,102	14,561	14,941	14,681	14,381	13,501	12,581
6:20	16,342	16,482	15,662	14,441	14,741	13,201	13,221
6:30	18,382	15,882	16,642	16,102	15,682	14,401	12,461
6:40	18,602	17,122	20,022	18,022	17,602	14,901	13,681
6:50	19,382	18,322	19,322	19,602	19,762	12,981	12,621
7:00	22,902	18,522	21,422	20,622	19,782	14,962	12,701
7:10	21,242	20,842	21,602	22,442	22,062	15,202	13,221
7:20	24,062	22,582	20,142	23,202	22,392	15,302	12,921
7:30	22,942	21,942	20,142	23,242	23,182	17,062	13,581
7:40	21,642	22,002	21,762	23,082	21,502	16,682	15,952
7:50	20,642	21,322	21,762	23,282	23,002	18,442	14,881
8:00	19,422	20,862	21,002	20,542	20,822	19,402	16,352
8:10	21,042	20,382	20,242	19,522	21,562	18,502	16,962
8:20	21,722	21,362	24,442	20,122	22,062	20,162	17,742
8:30	20,402	19,282	21,382	22,022	21,742	20,102	16,562
8:40	19,402	19,442	23,762	21,922	19,842	20,482	18,322
8:50	18,822	22,082	20,742	21,022	20,722	22,842	21,182
9:00	20,802	21,982	20,862	22,022	21,722	22,162	21,562
9:10	19,222	22,042	21,782	22,842	22,622	22,842	22,042
9:20	20,362	21,822	22,822	22,802	23,362	24,062	23,642
9:30	19,322	22,362	22,042	22,702	23,062	22,142	24,882
9:40	19,962	22,962	23,302	21,742	22,282	26,403	22,722
9:50	21,182	23,082	23,662	20,742	24,162	25,343	25,383
10:00	21,622	23,762	24,222	23,882	24,222	25,643	24,542
10:10	19,142	25,063	22,942	23,282	23,042	26,369	26,123
10:20	21,462	24,722	22,562	25,163	25,023	26,243	26,483
10:30	21,042	23,822	22,922	23,742	23,622	27,063	26,023
10:40	20,902	25,023	22,742	22,702	23,122	29,563	30,123

10:50	22,782	26,403	24,282	27,383	28,003	26,583	29,323
11:00	23,082	25,403	23,682	24,742	25,863	25,063	29,703
11:10	21,122	23,562	24,462	22,782	25,023	30,823	29,623
11:20	21,302	27,213	27,163	26,503	25,863	29,763	30,583
11:30	23,262	25,583	27,543	26,103	28,343	27,843	28,923
11:40	23,122	28,523	23,482	26,483	25,703	28,743	30,703
11:50	25,063	25,783	27,543	26,643	25,523	28,103	31,463
12:00	24,022	26,623	28,103	25,003	24,942	26,263	31,923
12:10	21,962	26,223	26,483	25,023	24,622	30,723	30,803
12:20	24,102	25,683	25,203	24,242	23,602	28,503	32,183
12:30	25,083	25,603	26,723	24,702	24,802	30,843	29,343
12:40	24,762	25,083	26,163	24,302	24,402	28,383	32,863
12:50	24,522	25,263	23,842	23,122	24,902	29,143	30,363
13:00	23,842	24,963	24,762	23,282	26,343	30,163	30,423
13:10	21,682	23,182	25,843	23,562	26,563	29,563	32,203
13:20	23,502	24,442	25,363	25,543	25,023	26,603	31,403
13:30	22,782	24,942	22,842	26,303	25,023	26,903	31,663
13:40	24,202	24,062	23,202	23,862	24,862	28,703	31,663
13:50	23,382	21,962	23,002	23,362	24,562	27,243	31,823
14:00	22,942	22,342	21,232	22,842	24,482	28,623	30,543
14:10	22,502	21,762	23,202	24,162	24,722	29,003	31,063
14:20	21,942	22,522	23,582	22,522	24,242	27,703	28,093
14:30	20,242	22,142	22,642	22,262	21,022	26,123	27,643
14:40	20,322	23,542	21,662	21,062	22,542	27,843	28,263
14:50	20,702	22,522	22,522	21,482	23,322	28,183	27,223
15:00	20,822	23,762	24,722	22,962	22,982	27,403	27,383
15:10	19,802	21,082	24,162	22,722	23,582	28,143	27,583
15:20	20,262	20,942	19,862	20,542	21,082	27,963	28,343
15:30	20,062	20,682	22,002	22,242	20,642	28,243	25,503
15:40	18,242	20,602	20,302	20,542	22,522	26,743	23,602
15:50	19,342	19,702	20,482	21,162	18,722	24,963	23,982
16:00	19,082	19,002	22,282	21,102	20,922	26,663	27,383
16:10	20,762	19,882	21,882	19,742	21,522	26,463	23,902
16:20	19,342	20,822	20,302	20,942	21,522	24,302	25,123
16:30	20,082	18,562	19,402	19,962	20,522	24,122	23,162
16:40	20,562	18,882	20,902	20,342	20,442	24,482	24,182
16:50	18,442	19,162	19,482	19,282	20,262	24,322	21,102
17:00	17,682	19,442	19,722	19,462	20,142	22,162	22,982
17:10	17,942	18,882	18,722	19,022	18,722	23,542	21,982
17:20	18,142	17,122	18,182	20,182	19,502	21,742	21,202
17:30	18,062	17,222	20,262	17,442	21,822	23,842	23,482
17:40	18,642	18,142	17,822	18,582	19,422	21,082	22,242
17:50	19,242	18,522	19,422	18,542	20,062	26,503	20,442
18:00	18,522	19,642	19,302	18,842	18,342	23,202	22,462
18:10	19,382	18,322	20,902	18,182	18,182	21,002	22,662
18:20	20,782	18,602	20,062	19,822	20,142	20,682	23,202
18:30	19,142	17,582	19,282	19,622	19,462	21,902	22,282
18:40	19,022	17,182	19,195	18,562	19,022	21,382	21,842
18:50	19,502	18,782	19,822	19,162	19,442	19,962	20,662

19:00	21,902	19,862	20,602	18,942	19,402	23,642	20,002
19:10	19,922	19,282	21,722	19,622	21,842	20,462	19,722
19:20	17,842	17,062	21,002	21,142	20,342	20,702	19,762
19:30	17,922	19,182	19,862	18,542	19,122	22,222	21,242
19:40	18,462	18,422	18,992	20,442	19,382	20,902	19,402
19:50	21,522	19,542	18,422	18,122	20,062	21,762	20,502
20:00	18,802	18,962	20,082	20,082	20,122	22,942	20,822
20:10	19,842	18,382	20,422	19,422	20,802	20,982	20,062
20:20	19,822	17,942	18,942	20,262	21,122	20,362	20,942
20:30	18,482	19,162	17,142	19,402	18,262	19,802	18,302
20:40	19,162	19,022	18,582	17,502	18,702	20,262	20,722
20:50	18,202	17,922	18,042	18,722	19,702	20,562	20,342
21:00	19,222	17,962	19,862	19,042	19,482	20,322	19,362
21:10	20,382	18,882	20,262	19,842	19,842	21,162	19,842
21:20	20,082	19,242	18,642	20,302	19,282	20,062	18,822
21:30	20,102	19,482	18,802	19,082	20,402	21,102	19,872
21:40	18,262	18,502	18,662	19,002	18,302	18,802	18,642
21:50	19,082	17,422	18,702	19,462	19,342	19,242	19,982
22:00	20,642	19,202	17,982	20,882	20,102	18,282	18,442
22:10	16,622	17,122	17,462	17,502	18,382	18,762	19,362
22:20	16,922	16,422	15,342	17,302	18,322	19,482	17,262
22:30	16,222	15,062	15,782	16,842	18,342	17,622	16,762
22:40	17,702	16,802	17,342	19,282	17,562	17,022	17,142
22:50	16,022	16,802	16,002	16,962	18,482	16,602	17,562
23:00	17,542	15,842	17,542	15,262	17,162	17,262	17,122
23:10	14,941	15,042	15,422	15,562	16,602	14,641	15,622
23:20	15,102	16,182	15,342	15,802	17,042	16,862	15,862
23:30	14,541	14,281	15,922	16,202	16,922	14,921	16,342
23:40	13,321	13,321	16,162	14,601	15,142	14,781	14,321
23:50	13,421	14,962	13,781	14,681	15,362	13,621	14,841

Fuente: [14]

**Tabla N°16:** Informe de Telemetría: Estación Héroes Mar, Medidor 05, Viña del Mar.

Tiempo (min)	Caudal L/s						
	18/08/2008	19/08/2008	20/08/2008	21/08/2008	22/08/2008	23/08/2008	24/08/2008
0:00	28,000	24,032	25,843	23,732	36,284	30,973	33,803
0:10	26,323	22,022	23,012	23,912	35,194	32,113	33,193
0:20	26,613	21,452	21,892	23,492	34,954	31,423	34,253
0:30	24,983	18,892	19,612	21,452	34,383	31,413	32,853
0:40	24,102	21,712	20,382	20,322	32,833	29,113	31,003
0:50	24,612	19,682	18,842	19,232	34,713	28,893	31,103
1:00	22,602	18,022	21,282	19,012	32,503	29,533	30,613
1:10	21,212	19,022	18,802	19,362	32,163	28,003	30,933

1:20	21,322	18,292	18,722	19,032	32,583	27,403	30,503
1:30	20,682	17,612	18,262	18,242	31,933	26,603	28,653
1:40	21,652	17,702	17,752	18,642	31,903	26,233	28,863
1:50	20,162	18,282	17,642	18,162	31,323	26,873	29,343
2:00	19,142	17,292	16,972	18,052	31,323	25,923	27,213
2:10	19,172	18,102	17,552	17,962	31,243	26,533	28,063
2:20	19,232	17,232	17,892	17,602	31,623	26,443	28,883
2:30	18,772	16,752	17,952	17,672	30,563	27,883	27,063
2:40	18,332	17,012	18,832	17,652	31,393	28,273	27,613
2:50	18,472	18,342	17,402	17,352	31,083	25,763	26,963
3:00	18,562	18,322	18,492	16,942	30,953	24,472	26,853
3:10	18,172	16,452	17,732	29,113	30,303	24,442	26,273
3:20	18,182	16,602	17,622	30,023	30,973	25,393	26,923
3:30	18,162	16,422	17,572	30,023	31,053	25,543	26,153
3:40	17,862	16,912	17,892	30,623	30,093	25,563	25,703
3:50	17,442	16,382	17,472	29,973	30,613	24,612	26,903
4:00	18,272	17,442	17,652	24,752	30,893	24,942	27,543
4:10	19,692	16,562	16,982	23,742	18,422	24,652	26,723
4:20	19,402	16,142	17,592	23,302	19,372	24,362	25,733
4:30	18,722	16,672	17,032	22,742	19,962	25,763	26,913
4:40	17,732	16,582	17,482	23,132	20,402	25,023	25,533
4:50	18,462	16,652	17,232	23,252	17,522	24,842	25,633
5:00	18,382	16,632	17,702	23,432	17,772	24,392	25,403
5:10	19,432	16,832	17,862	23,552	18,322	24,942	26,223
5:20	19,372	17,292	18,502	23,352	18,892	25,733	25,513
5:30	20,642	17,252	18,592	23,922	18,372	25,133	25,513
5:40	22,142	18,692	19,472	24,272	19,162	25,953	26,153
5:50	23,652	19,492	20,612	27,143	20,172	25,443	25,423
6:00	24,352	21,582	22,682	27,943	21,482	26,413	25,453
6:10	27,113	22,692	24,732	29,203	25,223	25,883	25,883
6:20	28,953	25,353	28,653	32,153	26,723	26,933	26,213
6:30	32,013	29,163	28,673	38,074	27,013	27,963	25,963
6:40	39,674	30,383	32,163	42,264	33,203	29,603	27,563
6:50	40,494	35,254	34,673	43,184	35,414	29,743	27,083
7:00	42,034	37,434	38,434	44,064	36,574	31,993	26,953
7:10	43,574	41,654	45,215	50,525	42,954	35,154	29,373
7:20	44,965	41,494	43,534	51,125	43,624	36,834	29,453
7:30	43,994	47,125	42,534	48,935	46,025	40,664	31,643
7:40	44,164	44,304	40,944	49,695	41,574	41,914	33,283
7:50	40,204	40,874	38,154	51,165	39,594	43,204	34,053
8:00	39,134	39,404	40,604	49,075	39,734	39,864	35,404
8:10	39,614	44,364	42,604	46,455	43,044	42,784	33,353
8:20	40,814	40,114	42,514	50,815	42,344	47,245	37,474
8:30	40,164	39,014	42,784	49,435	40,814	42,914	39,944
8:40	41,024	39,664	42,134	47,315	41,324	47,455	38,764
8:50	40,954	39,314	40,794	48,545	38,134	49,565	41,064
9:00	37,074	42,924	42,134	47,245	42,744	48,995	45,845
9:10	37,414	41,284	41,434	49,705	44,604	55,656	49,115
9:20	40,784	43,514	45,365	49,735	46,845	55,216	50,535

9:30	40,414	45,895	47,965	46,445	45,995	59,176	54,665
9:40	45,185	48,365	47,805	53,395	47,425	62,236	56,246
9:50	46,145	49,445	46,245	51,655	44,184	57,296	55,526
10:00	42,584	50,205	50,775	55,276	49,475	64,967	59,636
10:10	46,535	50,395	51,495	54,795	53,265	65,527	62,576
10:20	42,324	50,415	50,285	55,396	47,135	69,597	66,497
10:30	43,054	48,105	52,225	56,736	52,295	66,887	66,047
10:40	44,264	48,975	50,545	55,046	47,455	69,367	65,357
10:50	43,754	54,845	47,665	61,876	63,626	70,377	68,867
11:00	48,685	55,156	53,715	59,946	62,326	69,477	70,687
11:10	50,535	57,006	58,476	65,727	65,567	72,387	74,457
11:20	53,225	59,781	57,806	63,236	66,277	79,598	72,087
11:30	48,585	59,206	54,900	64,546	64,826	76,788	75,038
11:40	48,275	55,806	54,865	60,596	65,157	76,008	72,857
11:50	49,875	59,316	56,166	62,376	66,917	71,307	75,558
12:00	52,935	59,016	56,156	62,296	65,397	72,207	78,818
12:10	50,425	57,696	59,046	67,377	64,526	75,308	77,128
12:20	53,735	60,936	56,746	66,277	65,997	73,777	77,208
12:30	57,576	58,746	59,106	66,157	64,636	72,027	77,688
12:40	54,165	54,245	57,586	65,927	60,256	76,028	75,128
12:50	54,575	56,276	56,566	63,356	58,326	79,408	75,328
13:00	51,275	54,605	53,855	61,526	63,196	77,288	74,097
13:10	50,855	56,276	53,915	62,956	64,866	70,627	74,737
13:20	49,855	53,195	53,555	65,447	60,876	70,667	74,727
13:30	50,555	54,605	51,845	59,236	63,376	72,077	74,327
13:40	52,105	54,085	55,426	61,366	54,976	73,007	71,527
13:50	47,565	51,585	55,226	57,196	57,891	77,828	72,427
14:00	47,615	47,865	51,215	62,696	61,136	72,337	71,707
14:10	50,765	49,295	47,645	59,826	57,766	76,038	71,177
14:20	47,995	46,955	49,515	59,246	60,846	73,137	69,017
14:30	49,195	48,815	49,015	57,476	57,676	71,497	72,617
14:40	46,895	45,915	47,065	56,486	55,966	70,217	69,637
14:50	46,785	43,794	46,835	56,756	54,055	70,767	73,467
15:00	48,415	48,135	50,635	55,176	58,556	68,332	70,387
15:10	43,254	43,954	51,505	57,836	55,916	68,557	68,647
15:20	46,165	42,964	48,555	52,765	54,475	67,567	65,007
15:30	43,624	42,404	49,295	54,505	53,185	69,337	64,957
15:40	44,154	40,864	43,874	49,775	55,196	66,697	62,996
15:50	42,594	37,654	45,775	53,225	54,475	67,617	62,096
16:00	40,914	39,984	48,275	54,805	54,305	68,777	60,506
16:10	45,015	44,364	49,835	57,576	53,845	66,877	58,276
16:20	40,574	42,084	43,544	52,795	50,415	65,427	56,976
16:30	39,844	39,504	43,614	51,555	52,855	61,266	56,296
16:40	41,764	34,533	42,774	51,385	49,555	60,636	56,816
16:50	42,624	37,224	41,654	50,385	49,495	60,086	56,366
17:00	43,184	36,114	42,354	50,125	49,635	60,326	54,775
17:10	40,214	35,694	39,474	49,405	48,965	56,176	54,255
17:20	41,094	36,814	38,954	47,945	50,385	55,796	53,855
17:30	38,334	36,464	43,624	44,474	50,065	59,896	49,925



17:40	40,164	38,874	42,784	46,635	44,354	58,146	51,555
17:50	40,924	34,753	41,424	52,555	47,075	58,336	50,785
18:00	43,614	36,554	40,074	50,935	45,625	57,096	52,685
18:10	40,884	39,474	39,974	52,455	50,265	53,195	53,515
18:20	42,034	37,174	38,204	50,195	49,435	50,575	54,515
18:30	36,654	36,484	40,404	52,755	47,275	54,155	49,875
18:40	38,014	37,774	40,174	46,545	49,345	53,135	51,625
18:50	40,554	32,563	41,664	50,195	47,995	50,905	48,375
19:00	37,034	36,384	41,434	50,955	47,025	49,835	49,385
19:10	38,344	36,244	41,024	47,225	46,935	49,205	48,415
19:20	39,664	33,913	39,094	49,345	47,605	46,605	49,635
19:30	35,274	34,713	41,734	49,775	46,435	46,185	46,795
19:40	38,704	35,884	36,454	49,335	45,665	45,895	50,885
19:50	37,334	38,414	38,754	46,335	44,874	45,645	46,485
20:00	35,654	37,334	39,344	47,035	43,284	46,805	48,665
20:10	36,404	37,574	38,824	52,275	43,224	47,435	48,865
20:20	37,504	35,334	39,934	49,605	45,645	45,895	46,015
20:30	36,434	38,154	35,894	48,725	45,125	43,234	46,415
20:40	38,424	38,004	36,914	44,484	44,734	45,455	48,995
20:50	36,034	35,204	34,093	46,065	42,294	44,004	50,755
21:00	41,344	36,484	41,204	48,655	45,425	46,225	47,015
21:10	40,114	38,294	39,974	45,005	42,704	44,254	45,835
21:20	36,244	42,624	39,924	46,555	43,714	45,865	45,335
21:30	39,754	39,114	37,814	46,415	41,744	45,145	47,625
21:40	36,544	36,564	36,954	44,864	43,384	45,155	45,775
21:50	37,784	36,124	37,774	40,724	46,145	45,665	42,984
22:00	36,704	38,364	39,844	43,884	47,575	43,434	41,504
22:10	36,844	31,193	34,873	38,654	44,444	44,144	40,514
22:20	30,903	31,213	32,163	38,264	40,514	39,794	39,624
22:30	30,743	31,163	29,573	35,764	39,204	39,874	41,064
22:40	33,653	31,573	34,823	37,884	41,234	39,624	39,694
22:50	29,403	29,273	33,183	36,304	39,624	38,284	38,454
23:00	29,773	29,673	34,903	36,224	37,544	41,094	36,524
23:10	30,303	28,763	27,623	33,753	36,674	38,234	33,783
23:20	29,253	26,483	25,063	35,004	35,384	37,564	31,903
23:30	27,183	25,033	28,123	36,434	33,503	38,534	32,273
23:40	25,803	24,562	26,653	32,263	31,033	36,734	32,723
23:50	24,953	25,033	23,192	31,033	34,303	34,673	32,523

Fuente:

[14]

