Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

UNIVERSIDAD DEL BIO-BIO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

"APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EXISTENTE EN LAS TUBERÍAS DE AGUA POTABLE DOMICILIARIAS"

Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

CRISTIAN MATAMALA ANDRADES

Profesor guía: Verónica Lazcano Castro.

Concepción, abril 2013.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

A mi familia, Rubén, Paulina, Felipe y Sebastián.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer, primero que todo, a mi familia por apoyarme incondicionalmente y brindarme todo el apoyo necesario para poder cumplir mi objetivo. A veces fue difícil pero unidos, como lo hemos sido siempre, las cosas pudieron salir adelante. Gracias a ellos soy la persona que soy.

A mi mamá, por esos consejos en momentos claves de mi vida que supieron sacarme adelante.

A mi papá, por apoyarme siempre en todas mis decisiones, por confiar en mí y por todos sus consejos.

A mis hermanos, Felipe y Sebastián, por compartir momentos inolvidables durante toda nuestra vida.

A los cuatro, les quiero agradecer de la forma más sincera por ser mi familia, por ser el pilar fundamental de mi vida y por inculcarme los valores que me hacen ser la persona que soy.

También quiero agradecer a mis amigos que pasaron a ser mi familia universitaria, Luis Muñoz, Oscar Venegas y Rodolfo Ríos, sin ustedes este sueño hubiera sido mucho más difícil. Por el apoyo absoluto que me brindaron en los momentos buenos y malos de mi etapa universitaria.

Finalmente, quiero agradecer a mi profesora guía, Verónica Lazcano, por creer en mí y aceptar el tema propuesto.

A todos, mis más sinceros agradecimientos.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Índice

Resumen: 1

1. CAPITULO I: INTRODUCCIÓN. 3

1.1. Objetivo General. 4

1.2. Objetivos Específicos. 4

2. CAPÍTULO II: APROVECHAMIENTOS ENERGÉTICOS. 5

2.1 Energía solar. 5

2.2 Energía eólica. 7

2.3 Energía hidráulica. 8

3. CAPITULO III: METODOLOGÍA. 11

3.1. Identificación de variables críticas. 11

3.2. Análisis de instalaciones domiciliarias. 11

3.3. Estudio de factibilidad técnica. 12

3.4. Estudio de factibilidad económica. 13

4. CAPITULO IV: DATOS DE DISEÑO. 15

4.1 Datos recolectados. 15

4.2 Análisis de la información. 17

5. CAPÍTULO V: RESULTADOS Y ANÁLISIS. 18

5.1. Estudio de factibilidad técnica. 18

5.2. Estudio de prefactibilidad económica. 20

5.3 Ahorro mensual en la cuenta de luz. 22

6. CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 25

REFERENCIAS ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

ANEXO A: LUGARES EXACTOS DE LA TOMA DE DATOS. 27

ANEXO B: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN. 31

ANEXO C: FORMULARIO DE TOMA DE DATOS..... 33

ANEXO D: NORMAS CHILENAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN HIDRÁULICA. 34

ANEXO E: TABLAS DE VARIABLES CRÍTICAS. 35

ANEXO F: CONSUMOS DE LOS ARTEFACTOS ELÉCTRICOS. 40

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EXISTENTE EN LAS TUBERÍAS DE AGUA POTABLE DOMICILIARIAS

Cristian Eduardo Matamala Andrades

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

crmatama@alumnos.ubiobio.cl

Verónica Lazcano Castro

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

vlazcano@ubiobio.cl

Resumen:

La energía limpia y renovable, básicamente se basa en el aprovechamiento energético de tres grandes fuentes naturales: energía solar, eólica e hidráulica. En el hogar se aprovechan sólo dos de ellas, la solar y la eólica. Es por esto que nace el objetivo de intentar generar energía eléctrica a través de la energía hidráulica existente en las tuberías de agua potable domiciliarias mediante un sistema hidráulico capaz de extraer dicha energía y transformarla en energía eléctrica. Para esto, primero se debió recolectar en terreno las variables necesarias para el diseño del dispositivo; dentro de las cuales, destacan la presión, el caudal, el consumo eléctrico y el valor de la cuenta de luz de los hogares. Se recolectaron datos en dos sectores de la ciudad de Concepción: Concepción centro y Lomas de San Sebastián, y en la localidad de Coihue, comuna de Negrete. En todas estas localidades es posible generar energía eléctrica pero económicamente no es viable ya que el VAN del proyecto es negativo.

Palabras claves: Energía, Hidráulica, Renovable.

4 392 Palabras Texto + 19 Palabras / Figuras * 250 + 1 Palabras / Figuras * 300 = 9 442.-

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

EXISTING ENERGY USE OF IN DOMICILIARY DRINKING WATER PIPES

Cristian Eduardo Matamala Andrades

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

c.matamala.andrades@gmail.com

Verónica Lazcano Castro

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

vlazcano@ubiobio.cl

Abstract:

The clean and renewable energy used worldwide, primarily based on the energy use of three major natural sources: solar, wind, and hydro. At home, they are taking only two of them, solar and wind power, which is why the goal born of trying to generate electricity through hydropower existing potable water lines home by a hydraulic system capable of extract and transform this energy into electrical energy. For this, first it had to collect field variables required for the design of the device, in which the most important and were used for design, stand the pressure, flow, power consumption and the value of the account household light, these were collected in two areas of the city of Concepción: Concepción and Lomas de San Sebastian, in the town of Coihue, Negrete commune. In all of these locations it is possible to generate electricity but is not economically viable since the project VAN is negative.

Keywords: Energy, Water, Renewable.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

1. CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.

Hoy en día, el uso de energías limpias y renovables es un tema que convoca a todos. Si se toma en cuenta la totalidad de los costos provocados por las energías convencionales, se demuestra que lo que el país paga no es barato. Según varios estudios de la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico), el costo externo de la producción de energía con combustibles fósiles varía entre USS$58-220/MWh. Sin embargo, las externalidades para las ERNC (Energías Renovables No Convencionales) se ubican entre US$$2-6/MWh.

En la actualidad, existen tres fuentes de energía renovable que se están utilizando para generar energía a gran escala, dentro de los cuales se puede encontrar los parques eólicos, las centrales hidroeléctricas y los parques de paneles solares. De estas tres fuertes energéticas, actualmente en los hogares sólo se utilizan mayoritariamente dos: la energía eólica por medio de los generadores eólicos de menor escala y la energía solar, a través de los paneles solares.

Es por esto, que se propone el estudio tanto de la factibilidad técnica como económica para diseñar un dispositivo hidráulico que sea capaz de extraer la energía hidráulica existente en las cañerías de agua potable domiciliarias y transformarla en energía eléctrica. Todo esto, mediante un sistema de turbinas, generadores, aspas y baterías que deberá ser instalado en las cañerías de agua potable domiciliarias. Entonces, ¿Es posible generar energía eléctrica a partir de la energía hidráulica existente en las cañerías de agua potable domiciliarias?, la energía existente en las cañerías de agua potable domiciliarias, ¿será suficiente para ahorrar en las cuentas de luz? Son unas de las tantas preguntas que se buscan responder en esta investigación.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

1.1. Objetivo General.

- Analizar la factibilidad técnica y prefactibilidad económica del diseño de un dispositivo hidráulico capaz de extraer la energía hidráulica existente en las cañerías de agua potable domiciliarias y transformarla en energía eléctrica.

1.2. Objetivos Específicos.

- Identificar las variables críticas que afectan el diseño del dispositivo hidráulico.
- Analizar las variables hidráulicas críticas que caracterizan las instalaciones domiciliarias.
- Analizar la factibilidad técnica de generar energía eléctrica a través de la energía hidráulica existente en las cañerías de agua potable domiciliarias.
- Analizar la prefactibilidad económica del diseño del dispositivo hidráulico.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

2. CAPÍTULO II: APROVECHAMIENTOS ENERGÉTICOS.

En la actualidad se está acostumbrado a poder utilizar grandes cantidades de energía, con el simple esfuerzo de apretar un pequeño interruptor. Para llegar hasta este punto, la técnica ha tenido que recorrer un largo camino de forma gradual y escalonada.

Se necesita encontrar nuevos focos de energía renovable para los hogares. Hasta el momento, se cuenta básicamente con dos tipos de energías renovables usadas en el hogar, el uso de la energía solar y el uso de la energía eólica.

En este capítulo se desarrollará el tema sobre las ERNC, dando datos relevantes sobre la utilización de la energía solar mediante paneles solares, y sobre la utilización de la energía eólica mediante generadores eólicos de menor escala. También se entregarán definiciones importantes que se deben tener en cuenta y datos importantes de diseño que se mencionan en las distintas Norma Chilenas.

2.1 Energía solar.

La energía solar constituye la principal fuente de vida en la Tierra, dirige los ciclos biofísicos, geofísicos y químicos que mantienen la vida en el planeta, los ciclos del oxígeno, del agua, del carbono y del clima. La energía del Sol es la que induce el movimiento del viento y del agua. Por ello la energía solar es el origen de la mayoría de las fuentes de energía renovables: eólica, hidroeléctrica, biomasa, de las olas y corrientes marinas, además de la propia solar.

La energía solar se puede utilizar pasivamente, sin ningún dispositivo intermedio, mediante la adecuada ubicación, diseño y orientación de los edificios, empleando correctamente las propiedades de los materiales.

También la energía solar se puede utilizar activamente mediante dos vías: la térmica, que transforma la energía procedente del Sol en energía calorífica, y la fotovoltaica, que convierte directamente la energía solar en energía eléctrica gracias al efecto fotovoltaico.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

En el hogar, se usan los sistemas de calefacción solar térmica de aprovechamiento energético pasivo mediante la vía térmica. Éstos generalmente son de baja temperatura, los cuales se emplean sobre todo para climatización de locales, producción de agua caliente sanitaria, etc.

Un calentador solar típico para un buen funcionamiento en el hogar, consta de los siguientes sistemas (figura 2.1).

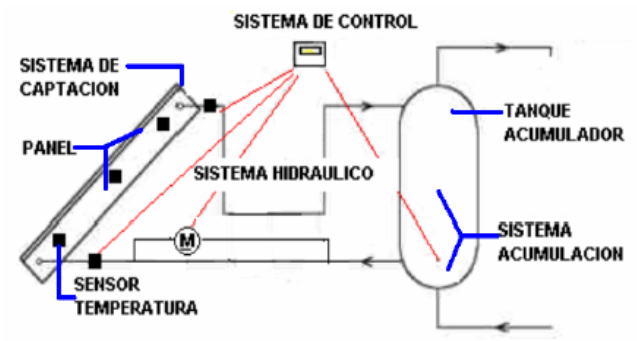


Figura 2.1: Sistema de calentamiento solar.

Fuente: Fernández, 2005.

- Sistema de captación: Consta de los paneles solares.
- Sistema de acumulación: Almacena agua caliente.
- Sistema hidráulico: Bombas y tuberías por donde circula el fluido.
- Sistema de intercambio: Es necesario en el caso de que el fluido que circula por los paneles solares no sea el mismo que el que emplea el usuario en su aprovechamiento.
- Sistema de medición: Monitorea las temperaturas de entrada y salida del flujo y de la superficie del panel.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Desde el punto de vista técnico, el sistema funciona con un rendimiento promedio de un 70% para una radiación solar promedio de 650 W/m^2. (Fernández, 2005).

2.2 Energía eólica.

En los últimos 10 años los pequeños aerogeneradores aumentaron poco a poco sus potencias, a la vez que mejoraban su fiabilidad y reducían sus costos. Se han podido construir aerogeneradores con potencias mayores, desarrollados por las grandes compañías de la industria aeronáutica, convergiendo a una nueva generación de aeroturbinas de 500 kW a 1,2 MW. En las máquinas eólicas de eje horizontal, para obtener en las palas una velocidad angular regular y uniforme, se requiere que tanto la dirección del viento como su velocidad, se mantengan constante con respecto a las palas. Por el contrario, las máquinas eólicas de eje vertical pueden estar sometidas a condiciones inestables de dirección y velocidad del viento.

En los hogares se utiliza el mismo sistema que se ve en los grandes parques eólicos. Son máquinas eólicas del tipo horizontal con hélices. Los aerogeneradores de eje horizontal tipo hélice, mostrado en la figura 2.2, constan de una aeroturbina, de una navecilla que contiene al generador eléctrico, dínamo, sistema multiplicador del número de revoluciones proporcionados por la hélice y al sistema de control y orientación; todo esto va montado sobre una torre.

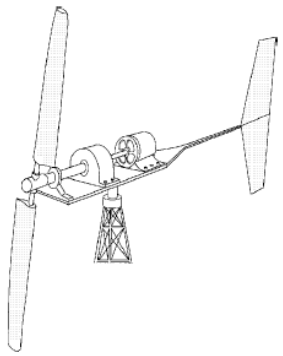


Figura 2.2: Generador eólico de eje horizontal.

Fuente: Fernández, 2006.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

El rendimiento de cualquier turbina o generador eléctrico aumenta con la velocidad de rotación y que, ningún sistema eólico podía superar el 60% de la energía contenida en el viento, dado que un aprovechamiento del 100% implicaría frenar totalmente el viento. Posteriormente, la potencia mecánica obtenida del viento debe ser convertida en energía eléctrica, con lo que, el límite de eficiencia de conversión de energía eólica en eléctrica suele situarse en torno al 40%. (Fernández, 2006).

2.3 Energía hidráulica.

En tiempos del Imperio Romano, fue cuando el hombre empezó a aprovechar gran parte de los recursos que el agua le podía proporcionar. Así la canalizó, la elevó, explotó cauces subterráneos y la transportó a lugares que carecían de ella. En esta época surge la rueda hidráulica, que se conocía como “rota aquaria” y consistía en una llanta donde se fijaban unos cangilones con una serie de radios que le otorgaban rigidez.

Este mecanismo supuso la primera liberación del hombre con respecto al trabajo bruto. Para evidenciar la importancia que supuso la rueda hidráulica se puede decir que dos personas podían moler 5 Kilos/hora, en cambio un molino movido por rueda hidráulica movía unos 180 Kilos/hora (Moris, 1995). En la figura 2.3 se muestra una rueda hidráulica típica de la época.

Figura 2.3: Rueda hidráulica.

Fuente: Moris, 1995.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Fuerza motriz primero y energía eléctrica después fueron los productos energéticos, con que el recurso hídrico contribuyó, y lo continúa haciendo en la actualidad, con el progreso económico y la mejora de la calidad de vida de la población.

El desarrollo de la tecnología ha permitido alcanzar altísimos niveles de eficiencia en la conversión de la energía hidráulica en energía eléctrica. Basta como ejemplo mencionar el caso de la central hidroeléctrica Itaipú cuya potencia instalada de 12.600 MW es mayor que la demanda máxima del Sistema Argentino de Interconexión en 1999 (Muguerza, 2003). En la figura 2.4 se muestra el potencial hídrico mundial total y separado por regiones mundiales.

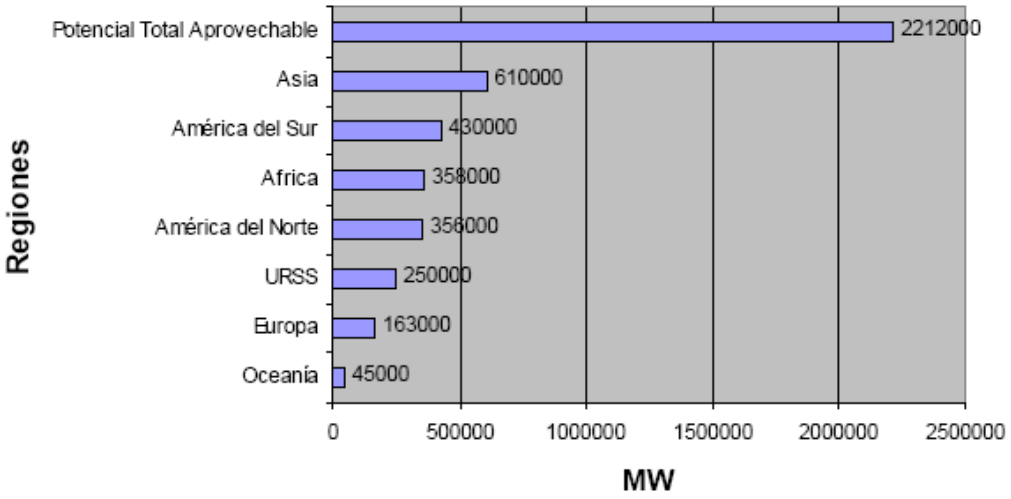


Figura 2.4: Potencial hídrico mundial.

Fuente: Muguerza, 2003.

No obstante, si la oferta hidráulica debe integrarse en sistemas eléctricos que operan grandes módulos de potencia, surge la pregunta ¿qué papel cabe a la generación hidráulica de pequeña escala?.

Quedan aún grandes áreas geográficas sin servicio eléctrico y la población rural que las habita se encuentra mayoritariamente en situación precaria, con niveles de actividad económica de subsistencia y altos índices de necesidades sociales básicas insatisfechas.

América Latina, Asia y África concentran esta población sin servicio eléctrico. De los 6.000 millones de habitantes que poblaban el planeta al finalizar el siglo XX, había 2.000 millones,

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

es decir un tercio, que no contaban con servicio eléctrico. Hoy en día las proporciones son semejantes, con una leve tendencia a agravarse (Muguerza, 2003).

Hoy en día, es poco común que en los hogares se utilice el aprovechamiento de la energía hidráulica. Esto puede deberse a que la energía existente en las cañerías de agua potable domiciliarias no sea la necesaria para generar energía eléctrica o simplemente la inversión que se debe realizar para generar energía eléctrica es muy grande en comparación con el ahorro que se podrá generar aprovechando dicha energía.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

3. CAPITULO III: METODOLOGÍA.

En el siguiente capítulo se mostrará el procedimiento que se llevó a cabo en las distintas etapas del estudio, dentro las cuales tenemos la identificación de variables críticas, la recolección en terreno de estas variables críticas, el estudio de factibilidad técnica y el estudio de prefactibilidad económica.

3.1. Identificación de variables críticas.

Las variables críticas que podrían afectar el diseño se discutieron en distintas conversaciones y reuniones con especialistas en el tema, llegando a la conclusión que las variables que se deben tener en cuenta para el estudio son el consumo mensual de agua, consumo mensual de luz, valor de la cuenta de agua, valor de la cuenta de luz, cantidad de habitantes que residen en el hogar, caudal, presión y diámetro de la tubería. Para poder evaluar las variables hidráulicas relevantes, se realizó un trabajo de campo que involucró la toma de datos de presión, caudal, cantidad de habitantes, consumo de energía eléctrica, consumo de agua, valor de la cuenta de luz y valor de la cuenta de agua.

3.2. Análisis de instalaciones domiciliarias.

La elección de los sectores en donde se realizó la toma de datos también se discutió mediante reuniones y conversaciones. Los sectores escogidos fueron: el centro de Concepción por el hecho de ser un sector con alto comercio y estar a nivel del mar, Lomas de San Sebastián por encontrarse emplazado sobre un cerro y por ser una zona residencial y Coihue por contar con un sistema rural de agua potable. A continuación se presenta una breve descripción de cada sector.

- <u>Concepción centro:</u> La geografía de Concepción, ciudad ubicada en Chile, está marcada por el Valle de la Mocha, ubicada entre los pies de la Cordillera de la Costa y el Río Biobío. La ciudad está ubicada en el hemisferio sur de América, a 36º 46` 22” S

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

de latitud y 73º 03` 47” O de longitud. La ciudad se encuentra entre las planicies litorales y la depresión intermedia chilenas, a los pies de la Cordillera de la Costa. Esto hace que la ciudad tenga una geomorfología irregular con muchos hitos geográficos como colinas y depresiones.

- Lomas de San Sebastián: Las Lomas de San Sebastián es una población ubicada dentro de la ciudad de Concepción, emplazada sobre un cerro, específicamente a 36°47'36.32"S de latitud y 73° 3'30.88"O de longitud.

- Coigue: Coihue, es una localidad chilena ubicada en la comuna de Negrete, en la Región del Bío-Bío, a 28 km al suroeste de Los Ángeles y a 11,8 km al sur de Renaico. Esta localidad se encuentra en el hemisferio sur, específicamente a 37º 33` 39.05” S de latitud y 72º 35` 63” O de longitud. Por la ribera sur del Río Biobío se encuentra la salida de la Ruta de la Madera, que pasa por el norte de este poblado. Por el oeste comienza el camino que una las localidades de Nacimiento, Coihue, Renaico y Angol, entre otras.

Por sector, se escogieron entre 15 a 20 hogares al azar. En el ANEXO A se muestran los sectores y direcciones de los lugares exactos de toma de datos.

Los datos recolectados en los hogares fueron las 8 variables críticas definidas previamente y se recolectaron entre el 15 de noviembre del 2012 y el 11 de diciembre del 2012.

Los sistemas de medición de los diferentes datos se muestran en el ANEXO B.

El formulario utilizado para la toma de datos en terreno se muestra en el ANEXO C.

3.3. Estudio de factibilidad técnica.

Para realizar el estudio de factibilidad técnica, previo al dimensionamiento mismo del dispositivo hidráulico, se realizó un estudio que comparó la posible potencia que se puede producir con el dispositivo hidráulico versus la potencia que utilizan los distintos artefactos eléctricos que se muestran en la tabla 3.2.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Para esto se utilizó la ecuación fundamental que rige a las mini centrales hidroeléctricas (ITDG, 2008):

$$P = \rho * 9,81 * nt * ng * nn * Q * H$$

Donde:

P : Potencia generada en W

ρ : Densidad del fluido en kg/m^3

Nt : Rendimiento de la turbina hidráulica

Ng : Rendimiento del generador eléctrico

Nn : Rendimiento del acoplamiento turbina alternador

Q : Caudal en m^3/s

H : Altura de la presión de agua m.

El factor Nt*Nn*Ng no varía más allá del 75%.(Sobrecasas. 2008)

El RIDAA exige que el mínimo de presión a la salida del medidor debe ser 14 m.c.a., lo que implica que el dispositivo hidráulico no puede extraer tal energía y dejar funcionando el sistema de agua potable con menos presión que la establecida. Por lo tanto la presión de diseño será:

$$Presión\ de\ diseño = Presión\ dinámica - 14\ m.c.a$$

3.4. Estudio de prefactibilidad económica.

El estudio de prefactibilidad económica, al igual que el estudio de factibilidad técnica, se basó en los datos y procedimientos de estudios económicos de las mini centrales hidroeléctricas. Así la tasa de descuento varía entre un 5% y un 12% y el proyecto se evaluará a 30 años de

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

plazo. Para calcular el máximo valor que podría llegar a costar el dispositivo se utilizó la tasa más baja encontrada del 5%. El estudio realizado para este proyecto se basó en el VAN esperado del proyecto, si este es negativo, el proyecto no es viable.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

4. CAPITULO IV: DATOS DE DISEÑO.

En la tabla 4.1 se mencionan los aspectos más relevantes que tengan relación con el estudio, de las distintas Normas Chilenas de diseño, construcción y evaluación de instalaciones domiciliarias de agua potable.

Tabla 4.1: Datos de diseños de las distintas normas y reglamentos.

Norma	Dato de diseño
NCh2485.Of2000	Presión mínima en el medidor: 14 m.c.a. (1,373 bar).
NCh691.Of98	Pérdida de carga máxima en el arranque: 5 m.c.a.
RIDAA	Presión mínima en el medidor: 14 m.c.a. (1,373 bar).

Fuente: Elaboración propia.

Todas estas normas se encuentran en el ANEXO D.

4.1 Datos recolectados.

A continuación se muestran tablas resúmenes de los datos recolectados en terreno en los distintos sectores y salidas de agua de los hogares. Como se puede observar, en ningún caso la presión es menor a la exigida por el RIDAA por lo que en cualquiera de las casas estudiadas es posible extraer energía.

El consumo de agua en Lomas de San Sebastián es mayor al observado en Concepción centro esto se puede deber a que las Lomas de San Sebastián es un sector residencial y el consumo de agua se basa en duchas, lavar la ropa, lavar loza, regar el pasto, etc., actividades que en un comercio no se realizan a menudo. En el ANEXO E se muestran las tablas con la totalidad de los datos.

La diferencia de caudales promedio, en un mismo hogar, entre el lavaplatos y la ducha es mínima, la mayor diferencia se encuentra en las Lomas de San Sebastián y es de 0,02 (Lt/s).

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tabla 4.2: Concepción, ducha.

Concepción, Ducha.	Presión estática (m.c.a.)	Caudal (Lt/s)	Presión dinámica (m.c.a.)	Consumo de luz (kWh/mes)	Valor cuenta de luz ($/mes)	Consumo de agua (m3/mes)	Valor cuenta de agua ($/mes)	Nº de habitantes por casa
Promedio	28,06	0,29	27,72	224,64	24 327	20	15 212	4
Máximo	61,14	0,67	59,73	577	64 715	48	39 470	7
Mínimo	19,36	0,09	19,05	60	7 039	9	4 040	1
Desv.Estd.	9,93	0,16	9,63	146,64	15 177	11	9 751	2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.3: Concepción, lavaplatos.

Concepción, Lava platos.	Presión estática (m.c.a.)	Caudal (Lt/s)	Presión dinámica (m.c.a.)	Consumo de luz (kWh/mes)	Valor cuenta de luz ($/mes)	Consumo de agua (m3/mes)	Valor cuenta de agua ($/mes)	Nº de habitantes por casa
Promedio	28,80	0,28	28,51	225	24 327	20	15 212	4
Máximo	61,14	0,50	61	577	64 715	48	39 470	7
Mínimo	21,40	0,10	21	60	7 039	9	4 040	1
Desv.Estd.	9,72	0,12	9,75	147	15 177	11	9 751	2

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.4: Coihue, medidor de agua.

Coihue, Medidor de agua.	Presión estática (m.c.a.)	Caudal (Lt/s)	Presión dinámica (m.c.a.)	Consumo de luz (kWh/mes)	Valor cuenta de luz ($/mes)	Consumo de agua (m3/mes)	Valor cuenta de agua ($/mes)	Nº de habitantes por casa
Promedio	18,23	0,32	17,91	202	34 455	9	4 839	3
Máximo	19,36	0,36	19,03	719	117 900	15	7 320	5
Mínimo	16,30	0,24	16,09	49	9 100	0	4 500	1
Desv.Estd.	1,10	0,03	1,05	210	33 773	3	814	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.5: Lomas de San Sebastián, ducha.

Lomas, Ducha.	Presión estática (m.c.a.)	Caudal (Lt/s)	Presión dinámica (m.c.a.)	Consumo de luz (kWh/mes)	Valor cuenta de luz ($/mes)	Consumo de agua (m3/mes)	Valor cuenta de agua ($/mes)	Nº de habitantes por casa
Promedio	21,47	0,29	21,19	241	27 336	22	17 651	4
Máximo	26,49	0,36	26,34	387	44 120	36	28 620	6
Mínimo	17,32	0,22	16,97	125	14 240	11	8 740	2
Desv.Estd.	3,07	0,04	3,13	93	10 481	8	6 384	1

Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tabla 4.6: Lomas de San Sebastián, lavaplatos.

Lomas, Lava platos.	Presión estática (m.c.a.)	Caudal (m3/s)	Presión dinámica (m.c.a.)	Consumo de luz (kWh/mes)	Valor cuenta de luz ($/mes)	Consumo de agua (m3/mes)	Valor cuenta de agua ($/mes)	Nº de habitantes por casa
Promedio	22,28	0,27	22,04	241	27 336	22	17 651	4
Máximo	27,51	0,34	27,39	387	44 120	36	28 620	6
Mínimo	17,32	0,20	16,97	125	14 240	11	8 740	2
Desv.Estd.	3,38	0,05	3,44	93	10 481	8	6 384	1

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Análisis de la información.

El diseño hidráulico se realizó con el mínimo factor Q*H encontrado en las distintas casas. Por lo tanto se tienen los caudales y presiones de diseño para los distintos sectores según muestra la tabla 4.7:

Tabla 4.7: Presiones y Caudales de diseño.

Localidad	Mínimo factor Q*H		**Valores de diseño**	
	Presión mínima (m.c.a.)	Caudal mínimo (m3/s)	**Presión de diseño (m.c.a.)**	**Caudal de diseño (m3/s)**
Concepción	22,32	0,00017	**8,32**	**0,00017**
Coihue	16,11	0,00024	**2,11**	**0,00024**
Lomas de San Sebastián	16,97	0,000333	**2,97**	**0,000333**

Fuente: Elaboración propia.

En ningún caso, el mínimo encontrado es menor al mínimo requerido por el diseño hidráulico en el RIDAA, por lo que se puede suponer que en todas las localidades, ya sea rural, centro urbano y viviendas emplazadas sobre un cerro, es posible extraer algo de energía hidráulica pero ¿Qué se puede hacer con esa energía?, ¿Es posible utilizarla sin incurrir en grandes costos de inversión? Son algunas de las preguntas que contestarán en este proyecto.

Las variables de más importancia para el estudio son la presión y el caudal para el estudio de factibilidad técnica y el valor de a cuenta de luz para el estudio de factibilidad económica.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

5. CAPÍTULO V: RESULTADOS Y ANÁLISIS.

5.1.Estudio de factibilidad técnica.

Para el estudio de factibilidad técnica, se realizó el procedimiento mostrado en la metodología del capítulo III. Usando la ecuación que rige a las minicentrales hidroeléctricas se obtiene lo mostrado en la tabla 5.1.

Tabla 5.1: Posible potencia entregada por el dispositivo.

Localidad	ρ (kg/m3)	Nt	Q (m3/s)	H (m)	Potencia (W)
Concepción	1000	0,75	0,00017	8,32	10,406
Coihue	1000	0,75	0,00024	2,12	3,743
Lomas de San Sebastián	1000	0,75	0,000333	2,97	7,277

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5.2 se muestra los valores de la combinación Q*H se necesitan para poder generar energía eléctrica y poder hacer funcionar los distintos artefactos eléctricos que se muestran en la ANEXO F.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tabla 5.2: Valores QH necesarios.

Factor QH rendimientos bajos	Potencia (WATT)	Electrodoméstico
0.0003	2,5	Ampolleta LED 2,5W
0.0010	7	Lámpara fluorescente compacta 7W
0.0015	11	Lámpara fluorescente compacta 11W
0.0027	20	Lámpara fluorescente compacta 20W
0.0031	23	Lámpara dicroica
0.0031	23	Lámpara fluorescente compacta 23W
0.0034	25	Extractor de aire
0.0041	30	Tubo fluorescente 30W
0.0054	40	Lámpara incandescente 40W
0.0054	40	Tubo fluorescente 40W
0.0082	60	Minicomponente
0.0082	60	Ventilador de techo
0.0095	70	Televisor color 20"
0.0122	90	Ventilador
0.0136	100	Lámpara incandescente 100W
0.0136	100	Turbo ventilador
0.0150	110	Purificador de aire
0.0204	150	Refrigerador
0.0245	180	Freezer
0.0265	195	Refrigerador con freezer
0.0272	200	Lavadora semi-automática
0.0326	240	secador de ropa centrífugo
0.0408	300	Licuadora
0.0680	500	Secador de cabello
0.0707	520	Lavadora automática
0.1019	750	Aspiradora
0.1087	800	Horno de microondas
0.1223	900	Cafetera
0.1359	1000	Plancha
0.1631	1200	Radiador eléctrico
0.1767	1300	Horno eléctrico
0.2718	2000	Freidora
0.3262	2400	Turbo calefactor
0.3425	2520	Lavadora automática con calentamiento de agua
0.4077	3000	Calefón eléctrico

Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

El mínimo consumo encontrado en la taba 3.4 es una ampolleta LED de 2.5W y según los datos mostrados en la tabla 5.1 se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- En Concepción centro, es posible encender cuatro ampolletas LED de 2,5W.
- En Coihue es posible encender sólo una ampolleta LED de 2,5W.
- En las Lomas de San Sebastián es posible generar energía para utilizar 2 ampolletas LED de 2,5W.

El segundo menor consumo encontrado es un tubo fluorescente compacto, el cual consume 7 W. Según los datos mostrados en la taba 5.1 sólo Concepción y las Lomas de San Sebastián son capaces de satisfacer este consumo.

5.2. Estudio de prefactibilidad económica.

Como se vio anteriormente, es factible técnicamente generar energía eléctrica a través de la energía hidráulica existente en las cañerías de agua potable domiciliarias mediante la tecnología LED, ahora se procederá a realizar el estudio económico para así analizar qué porcentaje de la cuenta mensual de luz es posible disminuir utilizando la citada tecnología.

Los datos recolectados para realizar este estudio se muestran en las tablas 5.3, 5.4 y 5.5.

Tabla 5.3: Resumen económico, Concepción centro.

Concepción centro	Consumo de luz (kWh/mes)	Valor cuenta de luz ($/mes)	Consumo de agua (m3/mes)	Valor cuenta de agua ($/mes)	Nº de habitantes
Promedio	225	24 327	20	15 212	4
Máximo	577	64 715	48	39 470	7
Mínimo	60	7 039	9	4 040	1
Desv.Estd.	147	15 177	11	9 751	2

Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Tabla 5.4: Resumen económico, Coihue.

Coihue	Consumo de luz (kWh/mes)	Valor cuenta de luz ($/mes)	Consumo de agua (m3/mes)	Valor cuenta de agua ($/mes)	Nº de habitantes
Promedio	202	34 455	9	4 839	3
Máximo	719	117 900	15	7 320	5
Mínimo	49	9 100	0	4 500	1
Desv.Estd.	210	33 773	3	814	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.5: Resumen económico, Lomas de San Sebastián.

Lomas de San Sebastián	Consumo de luz (kWh/mes)	Valor cuenta de luz ($/mes)	Consumo de agua (m3/mes)	Valor cuenta de agua ($/mes)	Nº de habitantes
Promedio	241	27 336	22	17 651	4
Máximo	387	44 120	36	28 620	6
Mínimo	125	14 240	11	8 740	2
Desv.Estd.	93	10 481	8	6 384	1

Fuente: Elaboración propia.

5.2.1 Consumo de una ampolleta LED.

Para calcular el consumo en kWh se utilizará la siguiente fórmula:

$$\frac{Cantidad\ de\ ampolletas * Consumo\ de\ cada\ ampolleta * Tiempo\ de\ uso}{1000} = kWh$$

Para el tiempo de uso se supondrá que la ampolleta se utiliza en promedio 2,5 horas diarias, lo que da un total de 75 horas mensuales. En la tabla 5.6 se muestra el ahorro generado en kW/h por localidad.

Tabla 5.6: Ahorro generado por localidad

Localidad	Nº de ampolletas LED	Consumo (WATT)	Horas utilizadas	Consumo (kW/h)
Concepción	4	2,5	75	0,75
Coihue	1			0,1875
Lomas de San Sebastián	2			0,375

Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

5.3 Ahorro mensual en la cuenta de luz.

El porcentaje de ahorro de las cuentas de luz, se realizará comparando el total de kW/h consumidos con la cantidad de kW/h consumidos por una ampolleta LED. En la tabla 5.7 se muestra el ahorro para las tres localidades.

Tabla 5.7: Porcentajes de ahorro en las cuentas de luz.

	Localidad	Consumo (kW/h)	consumo LED	% de ahorro de kW/h	Valor cuenta de luz	Ahorro en $	Ahorro por ampolleta
Promedio	Concepción	225	0,75	0,334	$ 24 327	$ 81	$ 20
Máximo		577		0,130	$ 64 715	$ 84	$ 21
Mínimo		60		1,250	$ 7 039	$ 88	$ 22
Promedio	Coihue	202	0,188	0,093	$ 34 455	$ 32	$ 32
Máximo		719		0,026	$ 117 900	$ 31	$ 31
Mínimo		49		0,384	$ 9 100	$ 35	$ 35
Promedio	Lomas de San Sebastián	241	0,38	0,158	$ 27 336	$ 43	$ 22
Máximo		387		0,098	$ 44 120	$ 43	$ 22
Mínimo		125		0,304	$ 14 240	$ 43	$ 22

Fuente: Elaboración propia.

En conclusión, el mínimo ahorro es de $20 por ampolleta. Ahora se procederá a calcular en cuanto tiempo se recuperará la inversión y el VAN para ver si el proyecto es factible económicamente.

Para el cálculo del VAN y del tiempo de pago de la inversión se utilizará una inversión inicial igual sólo al costo de la ampolleta LED ya que para calcular la inversión definitiva primero hay que desarrollar el diseño por completo para desprender el costo de mano de obra, materias primas y distintos aparatos necesarios, por lo tanto se tiene:

Inversión inicial = 3 870 ($)

Recuperación anual = 20 ($/mes) * 12 (meses/año) = 240 ($/año)

Tiempo de recuperación del capital = 3 870 ($) / 240 ($*año) = 16 años 1 mes y 15 días.

El proyecto se evaluará a 30 años, que es el período normal en que se evalúan las minicentrales hidroeléctricas. (ESHA, 2006).

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Inversión = 3 870 ($)

Ahorro al año 30 = 240 ($/año) * 30 (años) – 3870 ($) = 3 330 ($)

Según el ESHA (2006) la tasa de descuento varía entre 5% y 12%. En este caso se realizará con ambas tasas para evaluar los casos más extremos.

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^{n} \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

$$VAN(tasa = 5\%) = 3.86$$

$$VAN(tasa = 12\%) = -1704$$

Para una tasa de descuento del 12% el VAN es negativo por lo que el proyecto no es viable para dicha tasa, si la tasa de descuento es de un 5% el VAN es positivo pero solo considerando una inversión de $3 870 que es el valor de la ampolleta, si la inversión sube $4 o sea la inversión fuese de $3 874, que es lo que seguro pasará por conceptos de diversos materiales, mano de obra y costos asociados, el VAN es -0,14 para la tasa de 5%. Por lo tanto el margen de $4 es demasiado pequeño para poder concluir que con una tasa de 5% el proyecto es viable.

Para que el proyecto sea viable, el VAN debe ser mayor o igual a cero, por lo tanto el ahorro anual necesario para que el proyecto sea viable, a una tasa promedio del 8,5% y manteniendo la inversión de $3 870, es de $1 316.- la combinación QH necesaria para cada localidad se muestra en la tabla 5.8:

Tabla 5.8: Combinación QH necesaria para VAN=0 en cada localidad.

Localidad	**Ahorro anual necesario ($)**	**Ahorro mensual ($)**	**Valor Cuenta de luz ($)**	**% de ahorro mensual**	**Consumo promedio (WATT)**	**Energía ahorrada necesaria para VAN=0 (WATT)**	**Valor QH necesario para VAN=0**
Concepción	1 316	109,67	24 327	0,451	225	1,014	0,138
Coihue	1 316	109,67	34 455	0,318	202	0,643	0,087
Lomas de San Sebastián	1 316	109,67	27 336	0,401	241	0,967	0,131

Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Como esta combinación QH no se encontró en ningún lugar de los estudiados y por lo tanto no es viable económicamente por un tema de falta de energía en las tuberías, no es posible comparar este dispositivo con los distintos generadores eléctricos utilizados en el hogar ya que este dispositivo no es viable. Pero suponiendo que esta energía fuese encontrada, se tiene lo mostrado en la tabla 5.9:

Tabla 5.9: Comparación entre los distintos generadores eléctricos en el hogar.

Artefacto	Consumo ahorrado (kWh)	Inversión ($)	Ahorro por cada $1000.- invertidos (kWh)
Lámpara con panel solar	0,06	17 990	0,0033
Wagan Tech Carro solar	7,5	499 990	0,0150
Generador eólico	12,5	1 880 000	0,0066
Dispositivo hidráulico Concepción	**1,01**	**3 870**	**0,2610**
Dispositivo hidráulico Coihue	**0,64**	**3 870**	**0,1654**
Dispositivo hidráulico Lomas de San Sebastián.	**0,97**	**3 870**	**0,2506**

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, si se llegara a encontrar dicha energía en las tuberías de agua potable domiciliarias, el dispositivo hidráulico provocaría un ahorro mayor que los dispositivos utilizados actualmente para generar energía eléctrica en forma limpia y renovable, ya que por cada peso invertido se ahorra más energía. Siempre teniendo en cuenta que la inversión utilizada es solo el valor inicial de la ampolleta LED de 2,5W.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

6. CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Dentro de las variables críticas, las más importantes para el estudio de factibilidad técnica fueron el caudal, el diámetro y la presión. Mientras que para el estudio económico fue importante el consumo mensual de luz y el valor de la cuenta de agua. Como recomendación para un próximo estudio, se debe quitar de las variables el consumo mensual de agua y el valor de la cuenta de agua ya que nos fueron necesarias para el estudio.

Según el estudio técnico realizado se concluye que sí es posible generar energía eléctrica mediante la energía hidráulica existente en las cañerías de agua potable domiciliarias, y además generar la energía suficiente para encender cuatro ampolletas en Concepción, dos en las Lomas de San Sebastián y una en Coihue, todas ellas ampolletas LED de 2,5W.

El diseño de este dispositivo se ve fuertemente afectado por el lado económico debido a que la inversión que se deberá realizar es demasiado alta en comparación al posible ahorro que puede generar el uso diario del mismo lo que genera un VAN negativo, para obtener un VAN mayor a cero se debe encontrar combinaciones QH mayores.

Según el estudio de factibilidad económica, se concluye que la inversión necesaria para la confección del dispositivo y previa puesta en venta, es demasiado alta para el posible ahorro que puede producir el uso de una ampolleta LED y que la energía existente en las cañerías de agua potable domiciliarias no es la suficiente. Por lo tanto, económicamente no es viable el diseño del dispositivo.

Un posible uso del dispositivo sería para localidades extremadamente pobres o donde no se puede conectar al sistema central de distribución de electricidad, en donde las autoridades estén interesadas en realizar la inversión inicial para luego facilitar el dispositivo a las familias de escasos recursos.

Para estudios futuros sobre el tema, se recomienda estudiar las presiones y caudales existentes en las tuberías matrices, en las salidas de los estanques de agua o en las zonas de alta presión que deterioran las cañerías.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

BIBLIOGRAFÍA

- ENRE, 2004. Ente Nacional Regulador de Energía, Consumo indicativo de algunos artefactos eléctricos.
- ESHA, 2006. European Small Hydropower Association, Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica.
- Fernández, Duarte, Cardozo, 2005. Diseño y Construcción de un Calentador Solar Didáctico, Revista Colombiana de Física, Vol. 37, Nº2.
- Fernández, P, 2006. Energía Eólica, Departamento de Ingeniería eléctrica y Energética, Universidad de Cantabria.
- ITDG, 2008. Intermediate Technology Development Group, Ficha Técnica Turbinas Pelton.
- Moris G y Valdés, 1995. Ingenios Hidráulicos Históricos Molinos, Batanes y Perrerías, Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación E.T.S, Universidad de Oviedo.
- Muguerza, D, 2003. Micro Centrales Hidroeléctricas.
- NCh691, 1998. Agua potable – Conducción, regulación y distribución.
- NCh2485, 2000. Instalaciones domiciliarias de agua potable – Diseño, cálculo y requisitos de las redes interiores.
- RIDAA, 2004. Reglamento de Instalaciones de Agua Potable y Alcantarillado.
- Sobrecasas, E y Carrizo J, 2008. Generalidades Sobre Turbinas Hidráulicas y Fenómeno de Cavitación, Universidad Tecnológica Nacional-Regional Tucumán.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

ANEXO A: LUGARES EXACTOS DE LA TOMA DE DATOS.

Concepción centro.

En la figura A.1 se muestran los lugares en donde hicieron los ensayos hidráulicos en Concepción centro.

Figura A.1: Lugares de ensayos hidráulicos, Concepción centro.

Fuente: Elaboración propia.

- Casa Nº1 : Bulnes 421.
- Casa Nº2 : Ejército 690, Departamento 51.
- Casa Nº3 : Avenida Los Carrera 1247, Departamento 406.
- Casa Nº4 : Ongolmo 668, Departamento 503.
- Casa Nº5 : Diagonal P. Aguirre Cerda 1025, Departamento 33.
- Casa Nº6 : Alcázar 4.
- Casa Nº7 : Avenida Los Carrera 1727, Departamento A22.
- Casa Nº8 : Maipú 1623 B.
- Casa Nº9 : Maipú 1623 A.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

- Casa Nº10 : Antonio Varas 210.
- Casa Nº11 : Los Conquistadores, las Violetas 3232 Dpto. 303.
- Casa Nº12 : Caupolicán 87.
- Casa Nº13 : Inés de Suarez 166, Bloque 3, Departamento 410.
- Casa Nº14 : Arenas del Bío-Bío Pje. 1 Nº450.
- Casa Nº15 : Angol 281, Concepción.

Coihue.

La figura A.2 muestra los lugares donde se realizaron los ensayos hidráulicos en la localidad de Coigue.

Figura A.2: Lugares de ensayos hidráulicos Coihue.

Fuente: Elaboración propia.

- Casa Nº1 : Joaquín Díaz Garcés 236.
- Casa Nº2 : Joaquín Díaz Garcés 301.
- Casa Nº3 : Joaquín Díaz Garcés 226.
- Casa Nº4 : Joaquín Díaz Garcés 312.
- Casa Nº5 : Joaquín Díaz Garcés 227.
- Casa Nº6 : Joaquín Díaz Garcés Lote 6.
- Casa Nº7 : Joaquín Díaz Garcés 254.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

- Casa Nº8 : Calle Condell S/N.
- Casa Nº9 : Calle Condell S/N.
- Casa Nº10 : Calle Condell S/N.
- Casa Nº11 : Calle Condell S/N.
- Casa Nº12 : Villa Colonial, casa 10.
- Casa Nº13 : Villa Colonial, casa 26.
- Casa Nº14 : Villa Colonial, casa 17.
- Casa Nº15 : Villa Colonial, casa 27.
- Casa Nº16 : Villa Colonial, casa 30.
- Casa Nº17 : Villa Colonial, casa 15.
- Casa Nº18 : Villa Colonial, casa 12.

Lomas de San Sebastián.

La figura A.3 muestra los lugares en donde se realizaron los ensayos hidráulicos en el sector de las Lomas de San Sebastián.

Figura A.3: Lugares de ensayos hidráulicos Lomas de San Sebastián.

Fuente: Elaboración propia.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

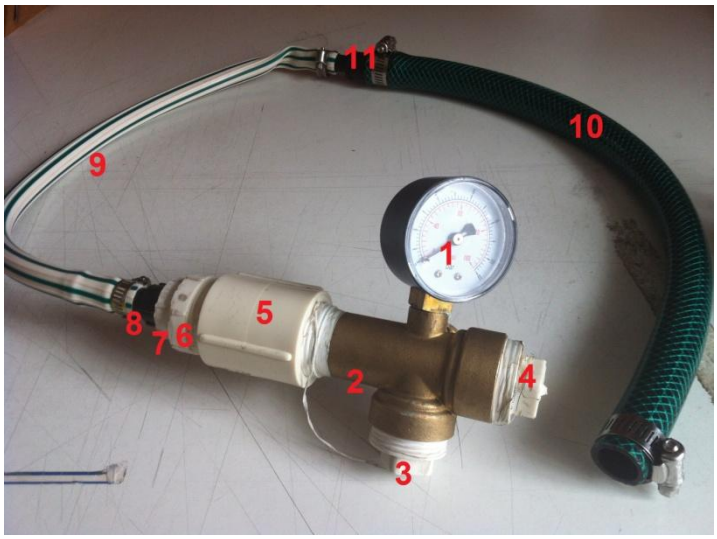
- Casa Nº1 : Avenida San Andrés 243.
- Casa Nº2 : Calle Pedro Osorio 175.
- Casa Nº3 : Calle Pedro Osorio 195.
- Casa Nº4 : Calle Francisco de Villagra 198.
- Casa Nº5 : Calle Alonso de Ovalle 212.
- Casa Nº6 : Calle Alonso de Ovalle 242.
- Casa Nº7 : Calle Sur 281.
- Casa Nº8 : Pasaje Griego 190.
- Casa Nº9 : José de Carro 379.
- Casa Nº10 : José de Carro 248.
- Casa Nº11 : Alonso Soto Mayor 230.
- Casa Nº12 : Ambrosio de Benavides 454.
- Casa Nº13 : Bernal de Mercado 162.
- Casa Nº14 : Calle 1 Nº353.
- Casa Nº15 : Alonso de Ovalle 2921.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

ANEXO B: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN.

Para la toma de datos se utilizó básicamente dos sistemas, en la figura B.1 se muestra el manómetro utilizado, el sistema de reducción de diámetros y mangueras utilizado para la medición de la presión estática.

Figura B.1: Sistema utilizado para la toma de presión estática.



Fuente: Elaboración propia.

- 1 : Manómetro de 0-11 Bar.
- 2 : Pieza de cobre para conectar el manómetro.
- 3 : Tapón de cierre.
- 4 : Tapón de cierre.
- 5 : Conector de PVC entre 1” y 1”.
- 6 : Reductor de PVC de 1” a 3/4”.
- 7 : Reductor de PVC de 3/4” a 1/2”.
- 8 : Conector de manguera de 1/2”.
- 9 : Manguera de 1/2”.
- 10 : Manguera de 1”.
- 11 : Reductor de PVC de 1/2” a 1”.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

En la figura B.2 se muestra el recipiente de un litro utilizado para medir el caudal existente en los distintos puntos.

Figura B.2: Recipiente de 1 Litro para medir caudal.

Fuente: Elaboración propia.

El caudal se obtuvo mediante una medición simple de caudal, tomando el tiempo que se demora en llenar un litro.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

ANEXO C: FORMULARIO DE TOMA DE DATOS.

APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA EXISTENTE EN LAS CAÑERÍAS DE AGUA POTABLE

En el siguiente formulario, se deberá llenar cada una de las preguntas aquí hechas con letra clara y lápiz pasta. El realizador de la ficha no podrá inventar datos y se compromete, al firmarla que los datos son verídicos. SE DEBE TOMAR UNA FOTOGRAFÍA AL MANÓMETRO EN EL MOMENTO DE LA TOMA DE PRESIONES.

1.- Datos del realizador del ensayo.

Nombre del realizador de la ficha: _____

Fecha: _____ Firma: _____

2.- Datos del ensayo.

Dirección: _____ Número de habitantes: _____

Consumo mensual de luz: _____ Consumo mensual de agua: _____

Valor de la cuenta de luz: _____ Valor de la cuenta de agua: _____

Lugar	Hora	Diámetro	Presión	Caudal	Tiempo de uso
Ducha					
Lava platos					
Salida del medidor					

3.- Fotografías del ensayo.

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

ANEXO D: NORMAS CHILENAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN HIDRÁULICA.

NCh2485.Of2000 "Instalaciones domiciliarias de agua potable – Diseño, cálculo y requisitos de las redes interiores".

Punto 4.1.1: *"El prestador debe asegurar la presión mínima dinámica aguas abajo del arranque domiciliario en la llave de paso después del medidor de 14 m.c.a. (1,373 bar) para el consumo máximo diario, tomando como referencia la cota del terreno sobre la tubería de distribución de la red pública. En el caso que dicha presión sea inferior, el prestador debe justificarla técnicamente".*

Punto 5.3: *"Las velocidades del agua en las tuberías no deben exceder de 2,5 m/s en las tuberías exteriores y de distribución principal y 2,0 m/s en las tuberías de la red interior".*

Punto 5.6.1: *"Para el caso de alimentación desde la red pública, la presión de salida en el artefacto más desfavorable debe ser al menos de 4 m.c.a. (0,392 bar).*

NCh691.Of98 "Agua potable – Conducción, regulación y distribución".

Punto 7.2.1: *"A nivel de terreno sobre la tubería, la presión mínima de servicio en las tuberías de distribución, excluyendo el arranque, debe ser 147 kPa (1,5 kgf/cm^2 = 15 m.c.a.), para el consumo máximo horario, con una pérdida de carga máxima de 49 kPa (5 m.c.a.) en el arranque".*

Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado (RIDDA).

Artículo 52º: *"La presión mínima para el diseño de la instalación domiciliaria de agua potable será establecida en la Norma Chilena NCh2485. En los casos de excepción que permite esta norma, respecto a que no se alcance la presión mínima 14 m.c.a. después de la llave de paso aguas abajo del medidor, el prestador deberá justificar técnicamente esta situación teniendo presente que la res pública debe cumplir siempre con las presiones mínimas especificadas en la NCh691."*

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

ANEXO E: TABLAS DE VARIABLES CRÍTICAS.

Concepción, ducha.

Nº	Dirección	Presión estática (bar)	Presión estática (m.c.a.)	Tiempo en llenar 1 Lt	Caudal (m3/s)	Diámetro (m)	Velocidad (m/s)	Presión dinámica (m.c.a.)	Consumo de luz (kWh/mes)	Valor cuenta de luz ($/mes)	Consumo de agua (m3/mes)	Valor cuenta de agua ($/mes)	Nº de habitantes
1	Maipú 1623 B, Concepción.	2.8	28.53	6.3	0.00016	0.0127	1.253	28.452	577	64715	33	27720	5
2	Bulnes 421, Concepción.	2.5	25.48	4.8	0.00021	0.0127	1.645	25.337	421	42700	48	39470	4
3	Calle las violetas 3232, dpto. 303	2.2	22.42	3.9	0.00026	0.0127	2.024	22.209	184	24100	9.13	7940	3
4	Caupolicán 87, Concepción.	3.2	32.61	4	0.00025	0.0127	1.974	32.409	346	32326	31	26560	5
5	Carrera 1727, Dpto. A22.	2.4	24.46	2.6	0.00038	0.0127	3.036	23.986	60	7039	10	8660	2
6	Inés de Suarez 166 BL 3 DP 410.	3.2	32.61	1.7	0.00059	0.0127	4.644	31.508	107	11400	14.91	12900	2
7	Ongolmo 668, Concepción.	1.9	19.36	3.2	0.00031	0.0127	2.467	19.051			12.08	10490	2
8	Antonio Varas 210.	6	61.14	1.5	0.00067	0.0127	5.263	59.727	287	29859	29	18600	6
9	Alcázar 4, Concepción.	2.2	22.42	5.8	0.00017	0.0127	1.361	22.323	118	12400	21	9350	4
10	Av. Los Carrera 1247 Dpto. 406	2.2	22.42	4.5	0.00022	0.0127	1.754	22.261	131	23100	11	9580	3
11	Maipú 1623 A, Concepción.	2.4	24.46	4.2	0.00024	0.0127	1.880	24.276	134	12900	10	8700	1
12	Arenas del Bio-Bio Pje 1 Nº450	3	30.57	10.6	0.00009	0.0127	0.745	30.542	234	20800	20	4040	7
13	Ejercito 690 Dpto. 51.	2.5	25.48	5	0.00020	0.0127	1.579	25.348	129	22800	12	10230	3
14	Diag. P. A. Cerda 1025. Dpto. 33	2.3	23.44	4.4	0.00023	0.0127	1.794	23.273	302	25340	25	22360	4
15	Angol 281, Concepción.	2.5	25.48	3	0.00033	0.0127	2.631	25.122	115	11100	10	11580	2

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Concepción, lava platos.

Nº	Dirección	Presión estática (bar)	Presión estática (m.c.a.)	Tiempo en llenar 1 Lt	Caudal (m3/s)	Diámetro (m)	Velocidad (m/s)	Presión dinámica (m.c.a.)	Consumo de luz (kWh/mes)	Valor cuenta de luz ($/mes)	Consumo de agua (m3/mes)	Valor cuenta de agua ($/mes)	Nº de habitantes
1	Maipú 1623 B, Concepción.	2.9	29.55	6.9	0.000145	0.0127	1.144	29.484	577	64715	33	27720	5
2	Bulnes 421, Concepción.	2.5	25.48	3.2	0.000313	0.0127	2.467	25.165	421	42700	48	39470	4
3	Calle las violetas 3232, dpto. 303	2.1	21.40	4	0.000250	0.0127	1.974	21.200	184	24100	9.13	7940	3
4	Caupolicán 87, Concepción.	3.3	33.63	2.3	0.000435	0.0127	3.432	33.026	346	32326	31	26560	5
5	Carrera 1727, Dpto. A22.	2.4	24.46	2.5	0.000400	0.0127	3.158	23.947	60	7039	10	8660	2
6	Inés de Suarez 166 BL 3 DP 410.	3.2	32.61	2	0.000500	0.0127	3.947	31.813	107	11400	14.91	12900	2
7	Ongolmo 668, Concepción.	2.6	26.49	4.4	0.000227	0.0127	1.794	26.330			12.08	10490	2
8	Antonio Varas 210.	6	61.14	4.7	0.000213	0.0127	1.680	60.996	287	29859	29	18600	6
9	Alcázar 4, Concepción.	2.4	24.46	3.5	0.000286	0.0127	2.255	24.196	118	12400	21	9350	4
10	Av. Los Carrera 1247 Dpto. 406	2.1	21.40	2.8	0.000357	0.0127	2.819	20.993	131	23100	11	9580	3
11	Maipú 1623 A, Concepción.	2.7	27.51	7	0.000143	0.0127	1.128	27.448	134	12900	10	8700	1
12	Arenas del Bio-Bio Pje 1 Nº450	3.1	31.59	10.1	0.000099	0.0127	0.782	31.558	234	20800	20	4040	7
13	Ejercito 690 Dpto. 51.	2.4	24.46	4.5	0.000222	0.0127	1.754	24.299	129	22800	12	10230	3
14	Diag. P. A. Cerda 1025. Dpto. 33	2.4	24.46	4.3	0.000233	0.0127	1.836	24.284	302	25340	25	22360	4
15	Angol 281, Concepción.	2.3	23.44	2.5	0.000400	0.0127	3.158	22.928	115	11100	10	11580	2

Promedio	2.827	28.804	4.313	0.000281	0.0127	2.222	28.511	224.643	24327.07	19.741	15212	3.533
Máximo	6	61.14	10.1	0.0005	0.0127	3.947	60.996	577	64715	48	39470	7
Mínimo	2.1	21.399	2	9.9E-05	0.0127	0.782	20.993	60	7039	9.13	4040	1
Desv.Estd.	0.954	9.724	2.202	0.000117	0	0.924	9.747	146.635	15177.07	11.439	9750.522	1.685

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Coihue, medidor de agua.

Nº	Dirección	Presión estática (bar)	Presión estática (m.c.a.)	Tiempo en llenar 1 Lt	Caudal (m3/s)	Diámetro (m)	Velocidad (m/s)	Presión dinámica (m.c.a.)	Consumo de luz (kWh/mes)	Valor cuenta de luz ($/mes)	Consumo de agua (m3/mes)	Valor cuenta de agua ($/mes)	Nº de habitantes
1	Calle Condell SN, Coigue.	1.8	18.342	3.1	0.000323	0.0127	2.546	18.011	60	15500	13	6180	5
2	Joaquín Díaz Garcés 301.	1.6	16.304	3.9	0.000256	0.0127	2.024	16.095	49	9100	10	4500	4
3	Joaquín Díaz Garcés 226.	1.9	19.361	2.9	0.000345	0.0127	2.722	18.983	291	48300	10	4500	3
4	Joaquín Días Garcés 312.	1.8	18.342	3	0.000333	0.0127	2.631	17.989	201	33297	9	4500	3
5	Joaquín Díaz Garcés 236.	1.9	19.361	2.8	0.000357	0.0127	2.819	18.955	203	34700	10	4500	3
6	Joaquín Díaz Garcés 227.	1.9	19.361	2.9	0.000345	0.0127	2.722	18.983	719	117900	8	4500	3
7	Joaquín Días Garcés Lote 6.	1.9	19.361	2.9	0.000345	0.0127	2.722	18.983	85	14800	9	4500	4
8	Joaquín Díaz Garcés 254.	1.8	18.342	3.1	0.000323	0.0127	2.546	18.011	73	13000	15	7320	4
9	Calle Condell SN, Coigue.	1.8	18.342	3.2	0.000313	0.0127	2.467	18.032	137	23500	8	4500	3
10	Villa colonial, casa Nº12.	1.9	19.361	3.1	0.000323	0.0127	2.546	19.030			0	4500	1
11	Villa colonial, casa Nº15.	1.8	18.342	3.3	0.000303	0.0127	2.392	18.050			13	6100	5
12	Villa colonial, casa Nº30.	1.7	17.323	3.1	0.000323	0.0127	2.546	16.992			9	4500	4
13	Villa colonial, casa Nº27.	1.9	19.361	3.1	0.000323	0.0127	2.546	19.030			7	4500	3
14	Villa colonial, casa Nº17.	1.7	17.323	3.1	0.000323	0.0127	2.546	16.992			10	4500	3
15	Villa colonial, casa Nº26.	1.8	18.342	3.1	0.000323	0.0127	2.546	18.011			4	4500	2
16	Villa colonial, casa Nº10.	1.8	18.342	3.1	0.000323	0.0127	2.546	18.011			8	4500	4
17	Calle Condell SN, Coigue.	1.6	16.304	3.9	0.000256	0.0127	2.024	16.095			9	4500	3
18	Calle Condell SN, Coigue.	1.6	16.304	4.1	0.000244	0.0127	1.925	16.115			10	4500	4

Promedio	1.789	18.229	3.206	0.000315	0.0127	2.490	17.909	202	34455.22	9	4838.889	3.389
Máximo	1.9	19.361	4.1	0.000357	0.0127	2.819	19.030	719	117900	15	7320	5
Mínimo	1.6	16.304	2.8	0.000244	0.0127	1.925	16.095	49	9100	0	4500	1
Desv.Estd.	0.108	1.099	0.372	3.19E-05	3.570E-18	0.252	1.047	210.161	33773.08	3.308	814.124	0.979

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Lomas de San Sebastián, ducha.

Nº	Dirección	Presión estática (bar)	Presión estática (m.c.a.)	Tiempo en llenar 1 Lt	Caudal (m3/s)	Diámetro (m)	Velocidad (m/s)	Presión dinámica (m.c.a.)	Consumo de luz (kWh/mes)	Valor cuenta de luz ($/mes)	Consumo de agua (m3/mes)	Valor cuenta de agua ($/mes)	Nº de habitantes
1	Avenida San Andrés 243	1.9	19.36	3	0.000333	0.0127	2.631	19.008	126	14310	11	8740	2
2	Calle Pedro Osorio 175	2.1	21.40	3.3	0.000303	0.0127	2.392	21.107	305	34670	29.4	23400	5
3	Calle Pedro Osorio 195	2.3	23.44	3.5	0.000286	0.0127	2.255	23.177	180	20160	18.9	14990	3
4	Calle Francisco de Villagra 198	1.8	18.34	2.8	0.000357	0.0127	2.819	17.936	256	29160	23	18250	4
5	Calle Alonso de Ovalle 212	2.2	22.42	3.2	0.000313	0.0127	2.467	22.108	387	44120	32	25410	6
6	Calle Alonso de Ovalle 242	2.4	24.46	4	0.000250	0.0127	1.974	24.257	193	21920	17.7	14080	3
7	Calle Sur 281	2.4	24.46	3.9	0.000256	0.0127	2.024	24.247	125	14240	11	8740	2
8	Pasaje Griego 190	1.7	17.32	3	0.000333	0.0127	2.631	16.970	174	19700	18.6	14780	3
9	José de Carro 379	1.8	18.34	4	0.000250	0.0127	1.974	18.143	236	26590	23	18250	4
10	José de Carro 248	1.7	17.32	3	0.000333	0.0127	2.631	16.970	318	36470	29	22990	5
11	Alonso Soto Mayor 230	1.9	19.36	3.2	0.000313	0.0127	2.467	19.051	249	28635	22.4	17780	4
12	Ambrosio de Benavides 454	2.5	25.48	4.2	0.000238	0.0127	1.880	25.295	372	41290	32	25410	6
13	Bernal de Mercado 162	2.3	23.44	3.7	0.000270	0.0127	2.134	23.205	377	42770	36	28620	6
14	Calle 1 Nº 353	2	20.38	3.2	0.000313	0.0127	2.467	20.070	190	21620	17.3	13770	3
15	Alonso Ovalle 2921	2.6	26.49	4.5	0.000222	0.0127	1.754	26.337	128	14390	12	9550	2

Promedio	2.107	21.467	3.500	0.000291	0.0127	2.300	21.192	241.067	27336.33	22.22	17650.67	3.867
Máximo	2.6	26.494	4.5	0.000357	0.0127	2.819	26.337	387	44120	36	28620	6
Mínimo	1.7	17.323	2.8	0.000222	0.0127	1.754	16.970	125	14240	11	8740	2
Desv.Estd.	0.301	3.068	0.517	4.13E-05	3.59E-18	0.326	3.129	92.535	10481.29	8.040	6384.071	1.457

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

Lomas de San Sebastián, lava platos.

Nº	Dirección	Presión estática (bar)	Presión estática (m.c.a.)	Tiempo en llenar 1 Lt	Caudal (m3/s)	Diámetro (m)	Velocidad (m/s)	Presión dinámica (m.c.a.)	Consumo de luz (kWh/mes)	Valor cuenta de luz ($/mes)	Consumo de agua (m3/mes)	Valor cuenta de agua ($/mes)	Nº de habitantes
1	Avenida San Andrés 243	1.8	18.34	2.9	0.000345	0.0127	2.722	17.964	126	14310	11	8740	2
2	Calle Pedro Osorio 175	2.1	21.40	3.3	0.000303	0.0127	2.392	21.107	305	34670	29.4	23400	5
3	Calle Pedro Osorio 195	2.4	24.46	4	0.000250	0.0127	1.974	24.257	180	20160	18.9	14990	3
4	Calle Francisco de Villagra 198	2.5	25.48	4.2	0.000238	0.0127	1.880	25.295	256	29160	23	18250	4
5	Calle Alonso de Ovalle 212	2.1	21.40	3	0.000333	0.0127	2.631	21.046	387	44120	32	25410	6
6	Calle Alonso de Ovalle 242	2.6	26.49	4.5	0.000222	0.0127	1.754	26.337	193	21920	17.7	14080	3
7	Calle Sur 281	2.4	24.46	4	0.000250	0.0127	1.974	24.257	125	14240	11	8740	2
8	Pasaje Griego 190	1.8	18.34	4	0.000250	0.0127	1.974	18.143	174	19700	18.6	14780	3
9	José de Carro 379	1.8	18.34	4	0.000250	0.0127	1.974	18.143	236	26590	23	18250	4
10	José de Carro 248	1.7	17.32	3	0.000333	0.0127	2.631	16.970	318	36470	29	22990	5
11	Alonso Soto Mayor 230	2.1	21.40	3.1	0.000323	0.0127	2.546	21.068	249	28635	22.4	17780	4
12	Ambrosio de Benavides 454	2.6	26.49	4.4	0.000227	0.0127	1.794	26.330	372	41290	32	25410	6
13	Bernal de Mercado 162	2.2	22.42	3.5	0.000286	0.0127	2.255	22.158	377	42770	36	28620	6
14	Calle 1 Nº 353	2	20.38	3.2	0.000313	0.0127	2.467	20.070	190	21620	17.3	13770	3
15	Alonso Ovalle 2921	2.7	27.51	5	0.000200	0.0127	1.579	27.386	128	14390	12	9550	2
	Promedio	2.187	22.282	3.740	0.000275	0.0127	2.170	22.035	241.067	27336.33	22.22	17650.67	3.867
	Máximo	2.7	27.513	5	0.000345	0.0127	2.722	27.386	387	44120	36	28620	6
	Mínimo	1.7	17.323	2.9	0.000200	0.0127	1.579	16.970	125	14240	11	8740	2
	Desv.Estd.	0.331	3.377	0.646	0.000047	3.59E-18	0.370	3.436	92.535	10481.29	8.040	6384.071	1.457

Universidad del Bío-Bío. Sistema de Bibliotecas - Chile

ANEXO F: CONSUMOS DE LOS ARTEFACTOS ELÉCTRICOS.

En la figura F.1 se muestran los distintos consumos por artefactos eléctricos, publicado por el Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) de Argentina.

Consumo indicativo de algunos artefactos eléctricos
(Kilovatios en 1 hora)

ELECTRODOMÉSTICO	POTENCIA (en WATT)	CONSUMO EN KWh
Computadora	300	0,300
Heladera con freezer	195	0,098
Horno de microondas	800	0,640
Lavarropas automático	520	0,182
Minicomponente	60	0,060
Plancha	1000	0,600
Secador de cabello	500	0,400
Secarropas centrífugo	240	0,192
Televisor color 14"	50	0,050
Acondicionador 2200 frigorías/h	1350	1,013
Aspiradora	750	0,675
Cafetera	900	0,720
Estufa de cuarzo (2 velas)	1200	1,200
Extractor de aire	25	0,025
Freezer	180	0,090
Freidora	2000	1
Heladera	150	0,063
Horno eléctrico	1300	1,040
Lámpara dicroica	23	0,023
Lámpara fluorescente compacta 7W	7	0,007
Lámpara fluorescente compacta 11W	11	0,011
Lámpara fluorescente compacta 15 W	15	0,015
Lámpara fluorescente compacta 20 W	20	0,020
Lámpara fluorescente compacta 23 W	23	0,023
Lámpara incandescente 40W	40	0,040
Lámpara incandescente de 60W	60	0,060
Lámpara incandescente de 100W	100	0,100
Lavarropas automático con calentamiento de agua	2520	0,882
Lavarropas semi-automático	200	0,080
Licuadora	300	0,300
Lustraspiradora	750	0,675
Multiprocesadora	500	0,400
Purificador de aire	110	0,110
Radiador eléctrico	1200	0,960
Reproductor de video	100	0,100
Televisor color 20"	70	0,070
Termotanque	3000	0,900
Tubo fluorescente	30	0,040
Tubo fluorescente	40	0,050
Turbo calefactor (2000 calorías)	2400	2,400
Turbo ventilador	100	0,100
Ventilador	90	0,090
Ventilador de techo	60	0,060
Videograbadora	100	0,100

Fuente: ENRE, Argentina.