



**UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA COMERCIAL**

**MODELO DE RELACION ENTRE LOS COSTOS DE USO DE ENERGIA ELECTRICA Y
EL NIVEL DE INVERSION EN INFRAESTRUCTURA ELECTRICA PARA CUATRO
TIPOS DE DEPARTAMENTOS EN SANTIAGO DE CHILE**

MEMORIA PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO COMERCIAL

**AUTOR
RODRIGO CABRERA FUENTES**

**PROFESOR GUIA
HUGO OSORIO ZELADA**

SANTIAGO, 21 DE NOVIEMBRE DE 2016

Tabla de contenido

1. RESUMEN Y CONCLUSIONES	4
2. INTRODUCCIÓN.....	11
3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	12
4. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	13
3.1. Objetivo General	13
3.2. Objetivos Específicos.....	13
5. ALCANCE	14
6. METODOLOGIA DEL ESTUDIO	15
7. ESTADO DEL ARTE	16
6.1. Antecedentes del Estado del Arte	16
6.1.1. Base Teórica	16
6.1.2. Situación actual	18
6.1.3. Ley de Equidad Tarifaria 20.928 (LET).....	20
6.1.4. Determinación de la cantidad de edificios	21
6.1.5. Demanda energética	22
6.1.6. Factores que inciden en el gasto de electricidad	24
6.1.7. Conclusiones de los antecedentes	25
6.2. Análisis de casos y marco teórico del Estado del Arte	27
6.2.1. Análisis de uso de energía en países extranjeros.....	27
6.2.2. Determinación de factores de análisis	29
6.2.3. Modelos anteriores asociados	30
6.2.4. Conclusiones del marco teórico	36
8. DESARROLLO DE LA PROPUESTA	38
7.1. Encuesta de consumo de electricidad y sus resultados	38
7.2. Planteamiento de la propuesta	43
7.2.1. Factor de escalamiento Williams	43
7.2.2. Estimación del costo de capital	46
7.2.3. Evaluación de la propuesta.....	47
9. CONCLUSIONES FINALES	51
10. REFERENCIAS	56
11. ANEXOS	59

RESUMEN EJECUTIVO

Chile se encuentra hoy en una problemática energética, por lo que se encuentra buscando alternativas, tanto de generación de energía eficientes y amigables al medio ambiente, como de mejoras en el rendimiento de tecnologías existentes. Es en este último caso donde se puso el foco de esta investigación.

La mayoría de los edificios de departamentos en Santiago posee infraestructura antigua, por lo que es de esperar que la eficiencia de los sistemas eléctricos de las viviendas en su interior sea de menor calidad que un sistema moderno. Es bajo esta premisa que se propuso renovar estos sistemas en el interior de cuatro versiones de departamentos, llevando a cabo para esto evaluaciones preliminares de los resultados en ahorro total para cada escenario.

Parte de la investigación permitió estimar que la demanda de energía de un departamento en promedio, la cual es de 2.400 kWh frente a los 2.371 kWh que en promedio se consumen en España, demostrando que hay todavía espacio para ser más eficiente y reafirmando la necesidad de esta propuesta.

Finalmente, y tras una evaluación económica, se determinó que de entre cuatro tipos de departamentos diferenciados por su cantidad de metros cuadrados habitables de 30m^2 , 70m^2 , 100m^2 y 120m^2 , solamente los últimos tres casos resultaron viables, entregando retornos en forma de dinero ahorrado en sus cuentas de electricidad de $1.310,75\text{ USD}$, $3.260,11\text{ USD}$ y $5.362,95\text{ USD}$ respectivamente.

1. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En todo el mundo, desde hace ya unas cuantas décadas, el crecimiento sostenido de la demanda de electricidad ha vuelto a este elemento cada vez más caro debido a la dificultad de generarlo. Para el caso de Chile, esto se traduce en que una parte importante de la generación de electricidad es a través de corrientes fluviales, sin embargo, la fuerte sequía que no parece más que crecer con los años es lo que la ha vuelto escasa. Por otro lado, esta realidad también está motivando investigaciones en la eficiencia energética como la llevada a cabo en este documento, el cual consiste en evaluar cuatro tipos de departamentos en la provincia de Santiago con $30m^2$, $70m^2$, $100m^2$ y $120m^2$ la posibilidad de renovar sus infraestructuras eléctricas con mejor cableado frente a una inversión inicial cuya magnitud es determinada por su misma área habitable.

Para lograr este objetivo, primero se recopiló información de memorias y casos similares en el extranjero para sentar un contexto de la investigación. Luego se llevó a cabo una encuesta a 210 personas en las que se encontraban preguntas sobre su gasto promedio en cuentas de luz durante los meses más cálidos y más fríos del año, comuna de residencia, habitantes del departamento y del edificio. Finalmente, se procedió a utilizar estos datos junto al modelo de Williams para generar niveles de inversión estimada en *USD\$* para distintas cantidades de metros cuadrados.

Se estimó el número de edificios de departamentos en Santiago para tener una noción de la cantidad de personas que sería posible beneficiar, número que llega a los 5.465.944. En los meses de verano, se estimó que el modelo beneficiaría a un 48,57% de la población, un número de habitantes no menor pues equivaldría a 2.654.887 personas a lo largo del año.

Para determinar los elementos que tendrán influencia en el modelo, se averiguó sobre elementos externos como la Ley de Equidad Tarifaria, regulación chilena que estará vigente

a partir del año 2017 y que se encargará de subvencionar las cuentas de electricidad de comunas del país que generen su propia electricidad mediante aportes estatales. Para contribuir con esta subvención, aquellas viviendas que superen un consumo de 180 *kWh*, o aproximadamente \$25.000, verán incrementado el cobro en sus cuentas de luz en alrededor de un 7%. Esta ley es importante para contribuir a la descentralización de Santiago, puesto que al año 2016 el promedio de pagos por cuentas de luz, siendo de \$21.111, es decir, un 17,04% por debajo del promedio nacional, y sumado a que devuelve cerca de un 0,3% del total nacional de electricidad al Sistema Interconectado Central, no es justo para las familias de comunas del país más vulnerables pagar en promedio más que este valor siendo que regiones como la del Biobío puede llegar a generar hasta un 30% de lo retornado al SIC.

Para nombrar algunos factores que inciden en las cuentas de electricidad mensuales, se tiene en primer lugar el concepto de calor transiente, fenómeno que explica que las personas son intrínsecamente generadores de calor debido al metabolismo característico de todo ser vivo. Basado en esto, se estima que cada 10 personas adultas en reposo se obtiene el mismo calor que genera un calefactor de 1000*Wh*, hecho que, si se lleva a departamentos de forma aislada, puede que no tenga mucha influencia, pero de llevarse a nivel de un edificio en su totalidad, es probable que tenga una incidencia al menos notable en el calor que se necesite para climatizarlo. Como paso siguiente, se examinó el uso de electricidad en el extranjero, actividad que dio como observación interesante que sucesos como la crisis Subprime del año 2009 pueden provocar caídas en ciertos mercados, como lo fue en el inmobiliario, y tener como consecuencia final una caída en el mercado de la electricidad por una menor demanda fruto de la pérdida de muchas casas al retornarse al banco.

Con respecto a los datos que se obtuvieron de la encuesta, se pudieron realizar ciertos gráficos que aclaran la realidad en características de los departamentos y cobros de luz de muchas familias santiaguinas, en la ilustración 15:

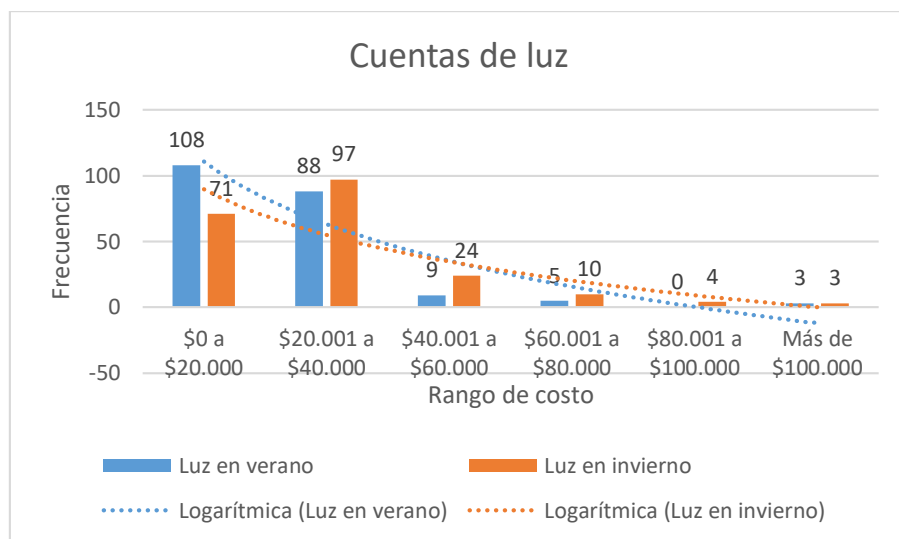


Ilustración 1: Revisión de la cantidad de cuentas de luz de ciertos rangos para los casos de meses de invierno y meses de verano, que se repiten en cada categoría. Fuente: Elaboración propia.

Como puede apreciarse, en los meses de verano las cuentas tienen una marcada tendencia a pertenecer al rango más bajo de la tabla, sin embargo, conforme aparece el invierno, las cantidades de departamentos tienden a migrar hacia el rango siguiente, posiblemente debido al drástico aumento en electrodomésticos de calefacción. En la ilustración 16, ocurre que la frecuencia resulta en una distribución normal, y gracias a esto se puede afirmar que los resultados tienen su concentración media en el rango de $60m^2$ a $75m^2$.

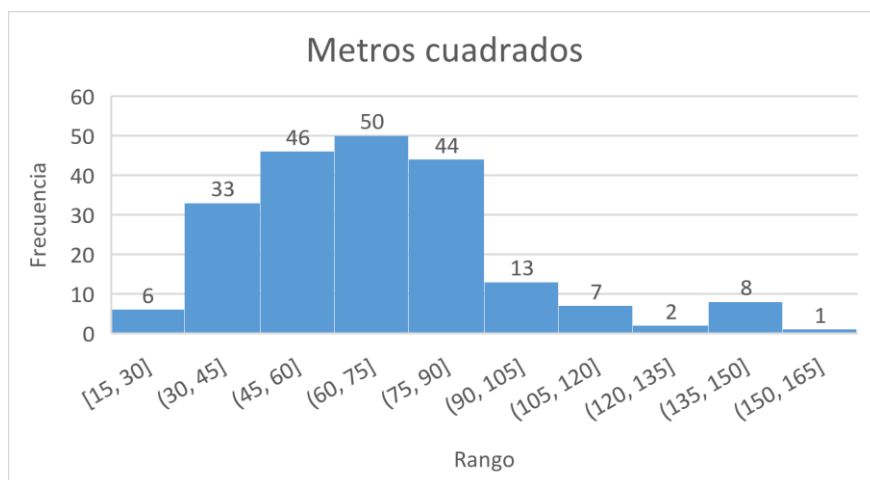


Ilustración 2: Revisión de la distribución de la frecuencia de encuestados en determinados rangos de metraje cuadrado. Fuente: Elaboración propia

Luego, en la ilustración 17 se muestra la tendencia más patente de los resultados obtenidos en la encuesta, y es que los montos más bajos de cuentas de luz corresponden a la gran mayoría de los habitantes en departamentos. Esto se condice con el promedio de Santiago de \$21.111, hecho que reafirma los resultados.

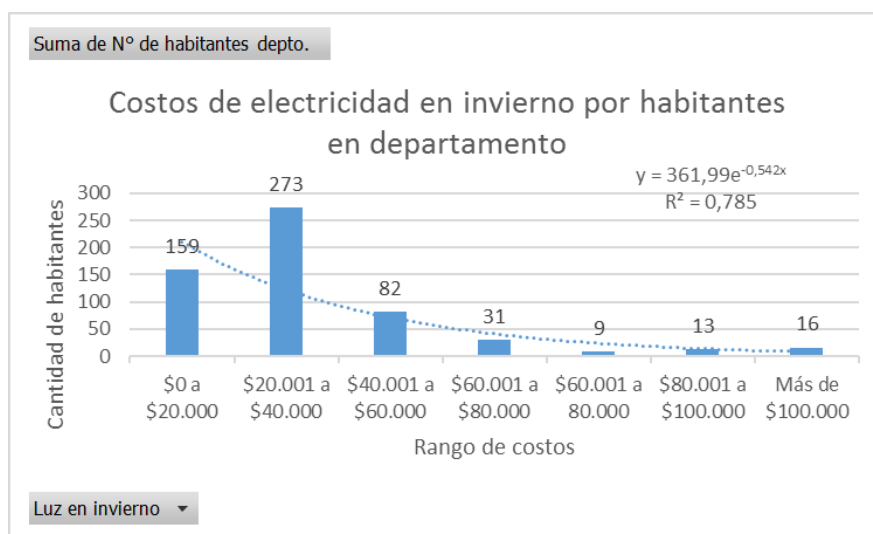


Ilustración 3: Revisión de costos de electricidad en los meses fríos del año. Hay una fuerte tendencia a cuentas de luz por sobre los \$20.000 y debajo de los \$40.000 por el incremento en uso por calefacción principalmente, lo que llevó a individuos de un grupo migrar hacia el siguiente. Fuente: Elaboración propia.

Una vez obtenida esta información, se procedió a obtener el valor aproximado de la inversión en infraestructura con respecto a España, a través del sistema de conversión por

escalamiento de Williams, el cual considera una economía de escala donde no es lo mismo invertir más en España, un país con tecnología más eficiente para infraestructura eléctrica, que en Chile. Con este procedimiento, se logró obtener un resumen de costos de inversión dependientes de la cantidad de metros cuadrados que posea el departamento para cuatro escenarios distintos, como se muestra en la tabla 11.

Metros cuadrados	Costo (USD\$)
30	\$ 1.354
70	\$ 1.993
100	\$ 2.474
120	\$ 2.794

Tabla 1: Resumen del escalamiento de Williams para cuatro escenarios posibles de inversión en infraestructura en departamentos en Santiago de Chile. Fuente: Elaboración propia.

El paso siguiente fue obtener la exigencia a través del costo de capital K_p de un residente de departamento que decida llevar a cabo el proyecto con la inversión inicial ya mostrada. Para esto se consultó una variedad de sitios financieros de confianza y se determinó que los valores que lo componen son: Tasa libre de riesgo $R_f = 4,2\%$, Premio por riesgo de mercado $PRM = 1,56\%$, Beta de riesgo inherente a la industria eléctrica $\beta = 1,15$ y el *Riesgo país* $= 2,5\%$ que coloca a Chile en buena posición para invertir frente al resto de América Latina. Finalmente, se obtuvo que el costo de capital $K_p = 4,91\%$ y debería utilizarse como la exigencia del inversionista, puesto que otras opciones como cuentas de ahorro a corto y largo plazo, fondos mutuos y bonos resultan menos atractivas en términos de retornos esperados.

Como último dato a agregar a la evaluación, se tuvo que autoridades de Chile esperan que las cuentas de electricidad suban aproximadamente un 6% al año, lo que, sumado al 7% de incremento para los clientes que superen los \$25.000 en sus cuentas por la Ley de Equidad Tarifaria, resultarán en las mismas un 13% más caras para las categorías de

70m², 100m² y 120m² ya que para el modelo se asume que las cuentas de luz de estos departamentos son de \$40.000, \$70.000 y \$100.000 respectivamente.

Para el último paso de la investigación, se procedió a evaluar la propuesta en los casos mencionados, llegando a que los VAN de cada escenario, siendo de -723.14 USD\$, 1.310,75 USD\$, 3.260,11 USD\$ y 5.362,95 USD\$, indican que solamente en el segundo, tercer y cuarto caso se logra recuperar la inversión en 6, 5 y 4 años, respectivamente, dejando el resto hasta completar los 10 años como ganancias a través del ahorro en la cuenta de luz que generará el modelo.

Finalmente, las conclusiones más relevantes a las que se llegó fueron las siguientes:

- Con el modelo propuesto queda claro que invertir en una mejora en tecnología para la infraestructura de una vivienda familiar del tipo departamento que tenga cuentas de luz por sobre los \$40.000 puede lograr un ahorro considerable en cuentas de electricidad tras unos 6 años de implementada dicha mejora. Desde este punto, de incrementarse el espacio en metros cuadrados y el monto de las cuentas, solo provocará que la inversión asociada crezca levemente, pero que se recupere más rápido en el tiempo, disminuyendo el período de Payback hasta los 4 años, debido a que se estima que anualmente se puede llegar a ahorrar un 30% de los costos en electricidad con la tecnología mejorada. Por otro lado, se logró estimar que este modelo, de ser seguido por los candidatos a generar ahorro, podría beneficiar a un 8% de la población de Santiago, o unas 70.000 familias durante todo el año.
- Con respecto a la encuesta, se recomienda a un posible futuro lector que, de desear llevarla a cabo, será conveniente reformular parte de su estructura para solicitar a los encuestados datos más específicos, como el monto exacto de la cuenta de luz y la discriminación por edificio además de la comuna. Si bien esto aumentaría los

costos de la investigación, como compensación permitiría llegar a conclusiones más precisas al analizar los resultados de la encuesta, las cuales podrían ayudar a determinar de mejor manera la real incidencia del calor transiente en la necesidad de utilizar electrodomésticos de calefacción.

- Ante la necesidad de implementar esta inversión en un hogar, se estimó en esta investigación que entre el 50% y el 80% del valor final de la cuenta de luz pertenece a los electrodomésticos de calefacción, los cuales, si fueran más eficientes, podrían
- Para el valor del costo de capital $K_p = 4,91\%$, se considera un número confiable debido al origen de sus parámetros. Dado que no se encontró otro instrumento financiero que dé mejores rentabilidades que este costo de capital, se decidió tomar este valor como la tasa de exigencia del inversionista al proyecto.
- Con respecto a los resultados obtenidos por el VAN, en el primer caso se pierden 723 USD\$ al finalizar el plazo del proyecto debido a que la inversión es demasiado grande para un departamento de 30 m^2 , ya que la cuenta de la luz, con su valor de \$10.000, es tan baja que no sería un cambio suficientemente grande disminuirla con el modelo. Para el resto de los casos se obtuvo valores de 1.310 USD\$, 3.260 USD\$ y 5.363 USD\$ de retorno en los departamentos de 70m^2 , 100m^2 y 120m^2 respectivamente, lo que indica que el para estos parámetros el modelo es exitoso, y podría entonces aplicarse generalmente a departamentos de al menos tres dormitorios y dos baños, puesto que generalmente cumplen con el mínimo de metros cuadrados para el éxito del modelo.

2. INTRODUCCIÓN

Dentro de las últimas décadas, al crecer la población en ciudades de todo el mundo, se ha experimentado un consumo creciente en lo que respecta a recursos naturales no renovables como la electricidad, y, por consiguiente, su costo relativo al ser más demandados (D'Amico, 2000). Es por esto que diversas técnicas de ahorro y eficiencia han comenzado a emerger, algunas centrándose en nuevas tecnologías, y otras, en el estilo de la industrialización tradicional, minimizando costos. Es de notar que, en un mundo globalizado de rápido cambio, resulta más relevante para algunos estudiar este último enfoque debido a que su implementación resulta más cómoda y de efecto relativamente rápido, aunque el objetivo a largo plazo sea la eficiencia de la economía en su conjunto, entendida como la satisfacción de necesidades de las personas con el menor uso de energía posible, y para esto sí sea necesario llevar a cabo los saltos tecnológicos del primer enfoque, como se hará más adelante en esta misma investigación (Norgard, 1998).

3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La eficiencia energética a nivel mundial es probada, entre muchos otros ejemplos, por la disponibilidad de vehículos que requieren menos combustibles, electrodomésticos que consumen menos electricidad y lámparas más iluminadoras por menor cantidad de *Kilo – Watt/hora* o *kWh* (Proveda, 2007), lo que da lugar a pensar que siempre hay lugar para nuevas ideas en este ámbito que vuelva a las empresas competitivas frente a otras por medio del ahorro en costos de energía, y que esto indirectamente tendría un positivo efecto en el nivel de gastos de las personas. En el caso particular de un sector residencial, se tiene conocimiento de que el gasto energético, principalmente de electricidad, con objetivo de calefacción de la vivienda representa casi la mitad del total de los gastos de mantenimiento, mientras que en agua caliente corresponde a alrededor de una quinta parte de ellos (Francisco Javier Rey Martinez, 2006). Debido a las pocas exigencias de eficiencia energética de las ciudades hacia las construcciones de viviendas, es prácticamente imposible que las construcciones más antiguas de edificios de departamentos se vean obligadas a actualizar sus políticas de infraestructura de electricidad, manteniendo así por muchos años ahorros de energía bajos que inciden en los propios gastos comunes y cuentas de luz que pagan los residentes en cada proyecto (Francisco Javier Rey Martinez, 2006).

El problema a resolver en este trabajo es proveer de un modelo para determinar los niveles de inversión dentro de departamentos, desde la perspectiva de tecnología energética tal como enchufes eficientes, ampolletas de bajo consumo y conexiones con baja pérdida por calor, mediante la selección de ciertos parámetros que en cierto punto de la investigación resultarán clave. Esto podría permitir a futuras empresas constructoras tener más información a la hora de decidirse por el sistema más eficiente para las características particulares de un edificio, beneficiando finalmente al cliente y futuro residente de la vivienda.

4. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

3.1. Objetivo General

Desarrollar un modelo que permita determinar niveles de inversión y asocie el peso de los costos en energía eléctrica destinada para calefacción dentro de los gastos generales de cuatro tipos de departamentos con sus residentes, metros cuadrados de superficie habitable y tecnología usada para gestionarla.

3.2. Objetivos Específicos

Determinar actuales niveles de inversión, tecnología y consumo energético presentes en departamentos de distintas comunas de la ciudad de Santiago.

Estudiar y analizar alternativas tecnológicas disponibles para la generación de energía de distintos edificios de departamentos a nivel nacional e internacional.

Proponer un modelo que permita discriminar proyectos actuales y futuros de instalación de tecnología en departamentos con características determinadas.

5. ALCANCE

Como ya se ha mencionado, se espera que el alcance del modelo a desarrollar para este estudio sea dentro de la ciudad de Santiago de Chile, provincia de Santiago, dado que ya existe una amplia variedad de edificios de departamentos dentro de sus comunas más reconocidas que cumplen con las características que requiere el modelo propuesto, las cuales se limitan a su extensión en m^2 , área total que requiere calefacción y monto de la inversión inicial (y única) en el proyecto. Estos datos serán ingresados como parámetros para que el modelo pueda entregar un resultado final a través de un indicador de Valor Actual Neto.

6. METODOLOGIA DEL ESTUDIO

A continuación, se determinará el proceso a seguir para cumplir con los objetivos específicos del estudio.

En primer lugar, se procederá a consultar a una muestra de 210 personas por antecedentes de consumo de electricidad de algunos departamentos en comunas del sector centro y oriente de Santiago, de manera tal que existan datos base reales, heterogéneos y fidedignos para la investigación. Para esta etapa también se buscarán ciudades cuya necesidad de energía sea similar a la de Santiago, ya que aquello proporcionará un punto en común para asociarlas y conseguir la oportunidad de generar más información. Los datos prácticos de resultados serán mostrados más adelante, en el capítulo 7.

En segundo lugar, se buscará también implementaciones propuestas o realizadas de otras tecnologías presentes en la ciudad, por lo que también serán de utilidad datos sobre casos exitosos de aplicación de la tecnología Heat Guard ofrecida por Energy Tracking, por ejemplo. Se complementará esta etapa con bibliografía de otras memorias y trabajos publicados en la web que apliquen modelos de ahorro energéticos en países extranjeros.

Finalmente, se utilizarán herramientas estadísticas para relacionar datos de la encuesta como el consumo de electricidad para calefacción en Santiago y sus comunas, con el consumo eléctrico y gasto en tecnología en otros países para luego proponer un modelo que se encargue de, en base al nivel de inversión en mejora de un sistema eléctrico en el extranjero, junto a otras variables, entregar un gasto óptimo en infraestructura para generar a mediano-largo plazo electricidad más barata para los inversionistas de la instalación.

7. ESTADO DEL ARTE

6.1. Antecedentes del Estado del Arte

6.1.1. Base Teórica

Para comprender de mejor manera los términos a utilizar en esta memoria, se procederá a definir las palabras clave a utilizar.

Recurso Energético: Todo objeto que puede ser utilizado como fuente de energía eficiente con el objetivo de conseguir de manera correcta y satisfactoria energía para lograr el funcionamiento de un proceso (DefiniciónABC, 2016).

Recurso no renovable: Son aquellos cuyas reservas encontradas, inevitablemente, se acabarán en algún momento ya que no resulta posible producirlos, cultivarlos o regenerarlos para sostener su tasa de consumo. Esto quiere decir que el consumo de los recursos no renovables es superior a la capacidad de la naturaleza para recrearlos (Definicion.de, 2016).

Gastos comunes: Son los gastos que deben hacer todos los copropietarios en un condominio de manera obligatoria para mantener y/o mejorar los bienes comunes. Para calcular lo que le corresponde pagar por gastos comunes a cada copropietario, se toma en cuenta el avalúo fiscal de la propiedad o unidad. Si el avalúo fiscal de todas las unidades del edificio es el mismo, se cancelará una cuota similar. El valor exacto debe ser establecido por la Asamblea de Copropietarios, sin perjuicio de que en el Reglamento de Copropiedad que se apruebe, establezca otra modalidad para fijar el monto de los gastos, sean éstos ordinarios o extraordinarios (MINVU, 2016).

Copropiedad: También conocidas como “condominios”, son los terrenos o construcciones (por ejemplo, un conjunto de viviendas), donde coexisten bienes que son de todos y bienes que son de cada propietario. Por lo general corresponden a edificios de departamentos o

de casas que se han construido sobre un terreno común. También existen condominios donde coexisten terrenos de propiedad común y de propiedad exclusiva, éstos corresponden a condominios en extensión y están constituidos por casas (MINVU, 2016).

Parámetros de un modelo: Son medidas descriptivas de toda una población que se utilizan como las entradas para una función de distribución de probabilidad (PDF) con el fin de generar curvas de distribución. Los parámetros se representan generalmente con letras griegas para distinguirlos de los estadísticos de las muestras. Cada distribución es definida completamente por varios parámetros específicos, por lo general entre uno y tres (Minitab, 2016).

Sistema Interconectado Central (SIC): es una red de conexiones que abarcan desde la tercera región hasta la décima región de Chile. Este Sistema es el mayor de los cuatro sistemas eléctricos que suministran energía al territorio chileno, con 2.200 *km* De longitud, abasteciendo aproximadamente el 93% de la población (Chilectra, 2016).

Contabilidad Energética: Utilización de unidades de medida comunes a las distintas fuentes y a las distintas formas de utilización de la energía. En esta investigación se utilizará el formato *Watt (W)*, ya que se considera estándar al hablar de energía eléctrica utilizar *Kilowatt (kW)* para la potencia de generación de electricidad o la magnitud del consumo del aparato, y *Kilowatt – hora (kWh)* para determinar una cantidad en un espacio de tiempo determinado (Cebrian, 2015).

6.1.2. Situación actual

Existen registros de que en tres ciudades al sur de Chile se ha logrado aplicar un estándar de la industria Europea llamado Passivhaus (Feist, 2010) que ha demostrado ahorrar, en teoría, un 80% del consumo energético en calefacción en hogares de uno o dos pisos con 100 m^2 de área de construcción, al ofrecer alta aislación térmica mediante termo paneles de argón y sistemas de recuperación de calor, mientras que a su vez incrementa el confort de sus habitantes (T. Hatt, 2012), según la ilustración 1. De acuerdo al mismo caso de estudio, se puede extraer, de acuerdo a la ilustración 2, que Santiago es una ciudad de alta demanda de consumo energético para climatización, puesto que existen altas temperaturas en verano y bajas en invierno.

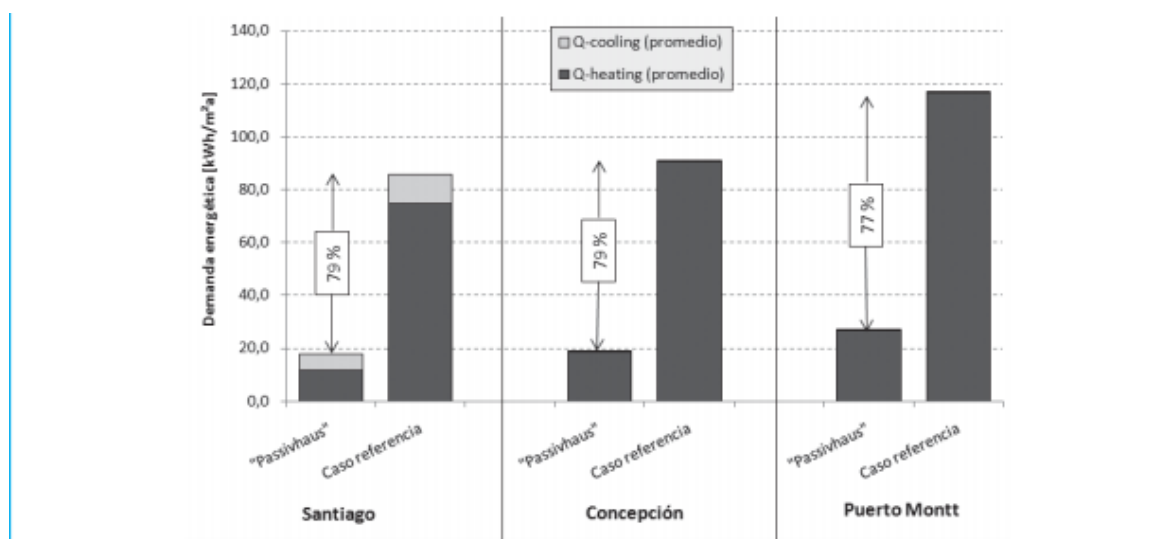


Ilustración 4: Diferencia en la demanda energética en calefacción y refrigeración para 20.736 casos de estudio que lograron el estándar de casa pasiva "Passivhaus" según reglamentación térmica RT en $[\text{kWh/m}^2\text{a}]$.
Fuente: T. Hatt, 2012

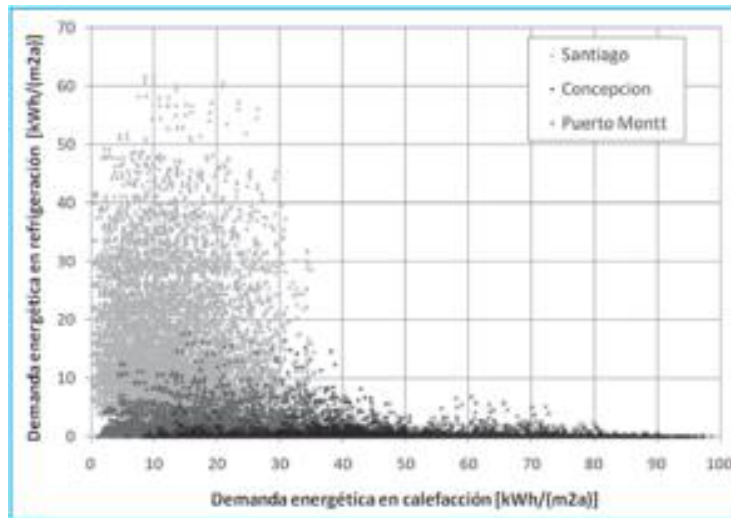


Ilustración 5: Demanda energética para los casos estudiados, separados por ciudad. Fuente: T. Hatt, 2012.

Por último, se puede mencionar que existe en Santiago tecnología conocida como Heat Guard (Energy Tracking, 2016) para automatizar calderas y ahorrar entre un 15% a 35% de la energía en consumo de agua caliente para fines de calefacción para losa radiante o radiación. Este proceso elimina la necesidad de utilizar boilers, cuya función es acumular agua y mantenerla a cierta temperatura independiente de la demanda por agua caliente, lo que supone un gasto ineficiente de energía, integrando al sistema entre 10 y 18 sensores que administran el funcionamiento de quemadores, bombas recirculadoras y válvulas mezcladoras que logran ahorrar en promedio cerca del 10% en m^3 de agua en total para un edificio, un 25% en gas para agua caliente y un 40% en gas para calefacción, además del espacio que ya no ocupa el (o los) boiler, entre 4 y 12 m^3 (Maldonado, 2016).

Ya mencionado esto, en Chile se necesita innovar tanto en métodos activos (tecnología más eficiente para calderas, sistemas de tuberías aislantes, etc.) como pasivos (sustentabilidad por infraestructura) en lo referente a edificios de departamentos, y es por esto que en el siguiente informe se investigará un modelo que permita determinar el nivel de eficiencia energética presente de un edificio y lo comparará con una base, permitiendo así establecer un porcentaje de mejora en ahorro energético al utilizar ciertas tecnologías

por sobre otras. Tras esto, se procederá a clarificar para futuros análisis el gasto numérico que un edificio de departamentos con características dentro de un rango determinado debería tener en gas con fines de calefaccionar en los meses más fríos de invierno, de manera que la decisión entre tecnologías como tipo de caldera o la inclusión (o no) de boiler en la infraestructura de un edificio, sea nuevo o no, se vea fuertemente facilitada.

6.1.3. Ley de Equidad Tarifaria 20.928 (LET)

En un ámbito de políticas actuales relevantes para Chile, para fines del año 2016 se contará con la aplicación de la LET, la cual consiste en rebajar significativamente las cuentas de electricidad de comunas que sean capaces de generar electricidad de vuelta al Sistema Interconectado Central, rebajando gastos en electricidad de familias a lo largo de todo el país para así atenuar las diferencias presentes en cobros a sitios alejados de la Región Metropolitana, ya que, si bien esto significará una reducción en costos de electricidad de las comunas de Pirque (4,38%), San José de Maipo (8.75%), Renca (4,38%) y Tiltil (4,38%), lo que se puede traducir bajo un consumo promedio de 180 *kWh* en ahorros de entre \$587 y \$1.250, el ahorro más fuerte se verá en comunas descentralizadas que se encuentren generando activamente retornos al SIC y que posean menor densidad poblacional, como aquellas en la Región del Biobío, en las que los ahorros serán de hasta 50%, es decir, hasta \$7.125, ssuponiendo el mismo consumo promedio de 180 *kWh* (Ministerio de Energía, 2016).

El detalle del efecto esperado de esta ley se resume en la Tabla 1, a continuación:

Efectos de la Equidad Tarifaria Residencial		
Región	Número de clientes beneficiados	Rebaja regional en promedio
Arica y Parinacota	71.108	-9,8%
Tarapacá	89.215	-2,8%
Antofagasta	15.499	-20,9%
Atacama	55.471	-7,2%
Coquimbo	255.658	-3,5%
Valparaíso	613.834	-4,1%
Metropolitana	112.608	-5,1%
Lib. B. O'Higgins	131.959	-3,2%
Maule	293.631	-13,4%
Biobío	419.815	-21,1%
Araucanía	301.115	-20,5%
Los Ríos	94.973	-17,5%
Los Lagos	206.447	-14,6%
Aysén	34.993	-15,9%
Magallanes	53.763	-2,6%
Total	2.750.290	

Tabla 2: Rebajas esperadas por el Ministerio de Energía para la Ley de Equidad Tarifaria, a tener efecto desde enero 2017. Fuente: Ministerio de Energía.

Con respecto al sobreconsumo, la LET considera que a partir de aquellas residencias que consuman más de 200 *kWh* y por tramos de 20 *kWh* se irá incrementando de a 20% el cobro incrementado, con el fin de aportar a la subvención en las cuentas de los beneficiados por esta ley.

6.1.4. Determinación de la cantidad de edificios

Determinar la cantidad de edificios de departamentos en la provincia de Santiago resulta una tarea sencilla si se busca la publicación adecuada. Se ha determinado que entre todas las 32 comunas que componen el Gran Santiago (INE, 2012), lograban al año 2012 una oferta inmobiliaria de 36.191 unidades (Zoom Inmobiliario, 2012) entre casas y departamentos y que aproximadamente 47,3% corresponde a estos últimos (INE, 2002). A través de procedimientos matemáticos se puede entonces afirmar que existen al menos 17.119 departamentos en esta provincia. Se considera para la investigación esta zona geográfica de Chile en particular ya que solamente la Región Metropolitana reúne al 40,33%

de los chilenos con 7.007.620 habitantes, y dentro de ella, la provincia de Santiago representa el 78% de la población regional, traduciéndose a un volumen de habitantes de aproximadamente 5.465.944, con una densidad poblacional de 454,9 *habitantes/km²* (INE, 2012). Para profundizar esta información, se pueden usar los datos recopilados en una encuesta de elaboración propia a través de un portal de internet dedicado a este tipo de investigación (Qualtrics, 2016) para determinar que el promedio de pisos en edificios de departamentos es 14,44 y el promedio de habitantes por departamento es de 2,85 (Cabrera, 2016).

6.1.5. Demanda energética

Bajo el mismo supuesto de consumo promedio de 180 *kWh* propuesto por el Ministerio de Energía, se obtuvo del mismo un mapa de consumo residencial promedio de electricidad en las principales comunas del país, siendo en Santiago de \$21.111 pesos, de acuerdo a la Ilustración 3.

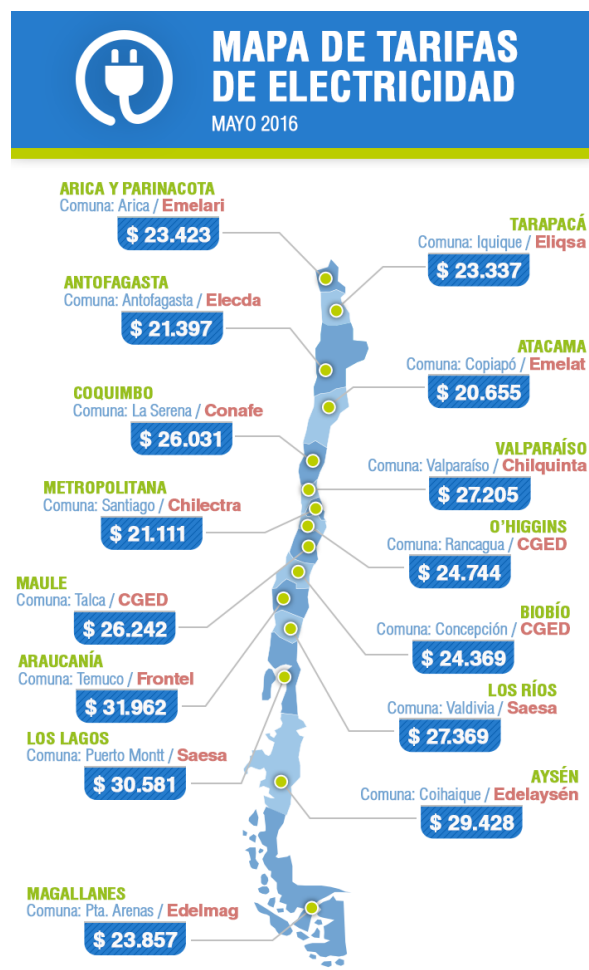


Ilustración 6: Consumos promedios de electricidad en Chile al mes de mayo 2016. Adaptación Ministerio de Energía (2016).

Frente al resto del país, el promedio de cobros de electricidad en la Región Metropolitana se encuentra 17,04% por debajo del promedio nacional, lo que a su vez justifica la implementación de la LET para atenuar estas diferencias.

Para tener una idea actualizada de niveles de cobro actuales en departamentos, junto con información adicional para generar una base de estudio del modelo a proponer, puede extraerse de la encuesta propuesta en el punto anterior realizada a 210 personas que, en promedio, aquellas que viven en departamentos tienden a recibir cuentas por consumo de luz de \$20.001 a \$40.000 en los meses de verano y de \$40.001 a \$60.000 en los meses de invierno (Cabrera, 2016).

6.1.6. Factores que inciden en el gasto de electricidad

En un edificio de departamentos, existen varios factores que afectan indirectamente el uso de electricidad del mismo, tanto provenientes de la estructura como aquellos intrínsecos a las mismas personas que lo habitan.

Frente al primer tipo, se encuentra la arquitectura del edificio, la cual es capaz de aislar más o menos dependiendo de la forma ya que la eficiencia con que recibe el calor solar puede variar de esta manera, la ubicación porque el clima en Santiago varía de más a menos húmedo dependiendo de la comuna de residencia, los materiales utilizados cambian la absorción y retención del calor, la superficie de las paredes exteriores en contacto con el aire y el sol genera un intercambio positivo o negativo de calor en distintas épocas del año, el tamaño del edificio le puede dar más área de contacto con el exterior aumentando así la magnitud del intercambio mencionado, y la ventilación interior puede alterar la retención del calor cuando hay ventanas y ventanales abiertos.

Con respecto a los factores concernientes a los habitantes, la sola presencia de personas dentro de una misma habitación ya genera cierta cantidad de calor debido al metabolismo natural de las mismas. En base a cálculos aproximativos (Nergiza, 2016), un cuerpo humano promedio en reposo (calor transciente) y sentado genera $58\text{ W}/\text{m}^2$. Tomando como base que el área de su cuerpo corresponde a $1,8\text{ m}^2$, un cuerpo entonces genera $104,4\text{ W}$ de energía en forma de calor. Con este cálculo se puede comparar un radiador de una habitación pequeña que consume alrededor de 1000 W , con 10 personas sentadas en reposo.

Finalmente, la conjunción de estos factores altera el nivel de consumo de electricidad para calefacción dependiendo de las necesidades de calentar o enfriar ambientes dentro de la vivienda. Existen medios para reemplazar el uso de electricidad, que usualmente son menos caros y más contaminantes, como el uso de estufas a gas conectadas al edificio,

con balones de gas licuado o bien a parafina, el piso flotante con calefacción centralizada que utiliza agua caliente de la caldera y estufas a leña en algunos casos particulares. Los artefactos que, por otro lado, incrementan el consumo de electricidad y son más simples de poner en funcionamiento (y por ende son más populares), vendrían a ser ventiladores y aires acondicionados en meses más cálidos, o bien calefactores, calentacamas y calentatoallas en meses más fríos. Es importante notar que el consumo de electricidad asociado a calefacción con respecto al total de un hogar promedio es cercano al 15% (Unión de Consumidores, 2016), y que actualmente el precio del kWh es de \$112,36 pesos para un cliente con tarifa BT1, es decir, residencias con instalaciones de baja tensión que consumen menos de $10kW$ al mes (Chilectra, 2016). A continuación se presenta la Tabla 2, que resume consumos típicos de algunos aparatos para climatización más usados.

Cuánto gasta / Cuanto consume		
Aparato	Tipo o marca	Consumo (kW/h)
Aire acondicionado	Genérico	1,381
Calefactor	Agni	1,132
Estufa eléctrica	Genérico	2,000
Manta eléctrica	Beurer	0,140
Ventilador	Genérico, pequeño	0,036
Ventilador de pie	Genérico, mediano	0,288

Tabla 3: Resumen ponderado de algunos electrodomésticos de uso común en departamentos (dependiendo de la estación del año) y sus consumos correspondientes en kW/h . Fuente: Elab. Propia.

6.1.7. Conclusiones de los antecedentes

Para llegar a una conclusión dentro de este punto de la investigación, se puede mencionar que existe aún a este año 2016 la posibilidad en muchos países de seguir innovando e investigando el área de la eficiencia energética, debido a que siempre que aparece una tecnología más eficiente que utilice menos recursos eléctricos para climatizar

departamentos, como son nuevas calderas para calefacción centralizada, o electrodomésticos que consuman menos *kWh*, deberían realizarse estudios para determinar si es rentable y en cuánto tiempo a futuro podría recuperarse la inversión para modificar la tecnología actual. Como tanto dichos estudios como la acción misma requieren de partida una inversión alta de parte de las administraciones de los edificios, muchas veces se deja de lado y se desecha la posibilidad de un cambio favorable que, a gran escala, puede beneficiar directamente a Chile y su presente déficit de energía eléctrica.

Con respecto a la situación nacional de falta de energía eléctrica, el Estado ya se ha visto presionado para legislar la Equidad Tarifaria para subsidiar a personas cuyas cuentas de luz llegan a elevados valores y ven afectada su economía, sin embargo, si además de esto incrementara el gasto fiscal en pos de una reestructuración de las tecnologías de climatización que usen de electricidad en forma de bonificaciones a las empresas constructoras que las construyan y/o instalen en edificios de departamentos, el país a largo plazo podría aliviar un poco más la carga de utilizar energía eléctrica de alto costo al utilizar energías renovables como la solar o eólica.

Finalmente, en lo concerniente a la encuesta elaborada, resulta útil conocer los resultados para lograr interiorizarse más en una realidad actual de consumos de electricidad, los cuales, en algunos casos, se vislumbró que se disparan en ciertos meses más fríos y húmedos del año, como lo son aquellos entre abril y septiembre, debido a la mayor demanda de electrodomésticos para calefaccionar el espacio y secar la ropa para evitar la aparición de hongos que puedan poner en riesgo la salud de los habitantes del departamento. Esto vuelve a llevar la atención hacia quizás realizar mayores inversiones en eficiencia energética para, a largo plazo, beneficiar a quienes deben pagar una cuenta de luz y no tienen posibilidad de reducir el consumo de ésta debido a que los reemplazos

como el gas natural o los pellet de madera serían igual o más costosos y generadores de huella de carbono.

6.2. Análisis de casos y marco teórico del Estado del Arte

6.2.1. Análisis de uso de energía en países extranjeros

Las bases de la problemática de esta investigación se obtienen del creciente y ya elevado gasto de recursos en calefacción, sobre todo en edificios antiguos que no poseen infraestructura pensada para esto, pues antaño no era éste el enfoque de la industria inmobiliaria. España importaba en el año 2001 un 75% de la energía que consume, cifra que podría evolucionar hacia el 90%, mientras que Europa importaba un 50%, cifra considerada elevada, pudiendo evolucionar hacia el 70% en 2030 (Comisión Europea, 2001). Con respecto al turismo en este país, se caracteriza en general por su alta intensidad energética. El sector hotelero trata de ofrecer al cliente el máximo confort, lo que lleva al uso de sistemas altamente consumidores. Tras los gastos de personal y de alimentación, los gastos energéticos son la partida presupuestaria más elevada, representando entre un 3% y un 15% de los costes totales, especialmente en establecimientos costeros (ASHOTEL, s.f.). Al año 2007, en Europa, de acuerdo a estimaciones conservadoras realizadas por OLADE, “la región en el período 2003 – 2018, podría acumular un ahorro de 156 mil millones de dólares en combustibles si emprendiera programas nacionales sólidos y de largo plazo en eficiencia energética.

Las inversiones requeridas para los programas de eficiencia han demostrado ser rentables, como en el ejemplo de México, donde la inversión que realiza el Estado en el presupuesto de la institución responsable de la eficiencia fue de US \$ 5.5 millones de dólares anuales, para lograr ahorros por US \$ 398 millones en el año 2005.” (Proveda, 2007), lo que indica que proyectos de este ámbito pueden ser muy exitosos a cambio de una inversión que, si bien no es menor para los gastos de Chile (que rondan los \$ 146

millones de USD en gastos del Ministerio de Energía (Presupuestos, 2016)), si son bien planeados, ejecutados y controlados pueden generar un beneficio cuantioso al país en términos de mejora de la eficiencia en el gasto energético.

En Argentina al año 2006 prácticamente un tercio de la demanda primaria de energía era consumida por la urbanización, y de esta cantidad más de un 80% era utilizado en la climatización de edificios. Se contaba con normativa no obligatoria para el ahorro de energía en calefacción desde hace veinte años y en refrigeración desde hace un año. Estas permitirían el uso racional de la energía y el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes si fueran de cumplimiento obligatorio (Czajkowski, 2006).

En Estados Unidos, el consumo de energía eléctrica se ha visto reducido en los últimos años, y si bien parte de este fenómeno se puede deber al lento crecimiento de las ventas en el sector industrial o al casi nulo crecimiento del sector de la construcción residencial y comercial, se busca la principal razón en la mayor incorporación de medidas de eficiencia energética (Energy News, 2016). En 2015, las ventas totales de electricidad cayeron un 1,1% respecto al año anterior, hecho que hace reflejo a la saturación del mercado y una mayor eficiencia de los equipos que consumen electricidad, además de una caída de la tasa de crecimiento económico y la estructura cambiante de la economía, muy probablemente debido a efectos colaterales restantes de la Crisis Subprime vivida en el año 2007. En la ilustración 4 se puede apreciar con algo más de detalle la evolución de las ventas del sector eléctrico, que han tenido como consecuencia la reducción de la generación intensiva de electricidad.

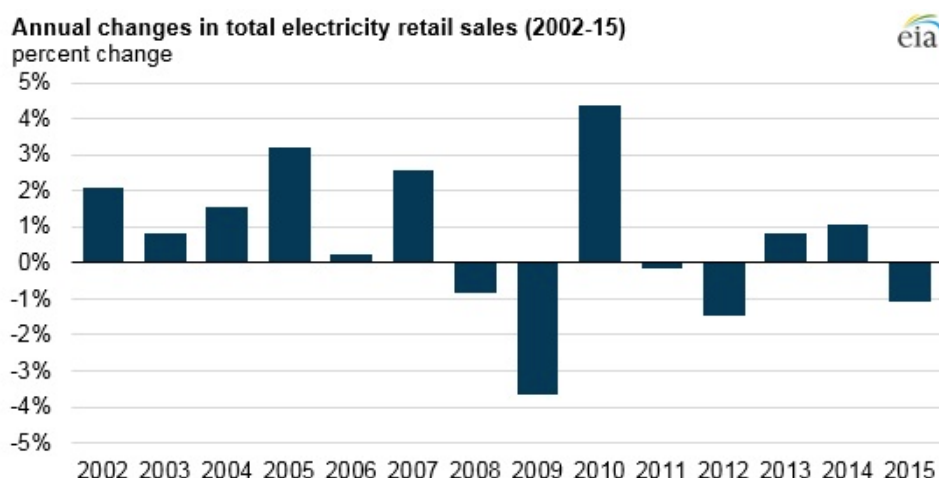


Ilustración 7: Cambios a lo largo de los años para las ventas de electricidad totales nacionales de Estados Unidos, entre los años 2002 y 2015. Fuente: www.energynews.es

Con respecto a las mencionadas medidas de eficiencia, en algunos estados se han implementado programas que se dedican, por ejemplo, a proporcionar a los hogares y empresas auditorías energéticas y rebajas significativas para la compra de equipos más eficientes dependiendo de sus niveles de uso particulares. Otro caso ha consistido en impulsar gradualmente la utilización de ampolletas LED de bajo consumo en el alumbrado público para compensar por el aumento del uso de aire acondicionado por parte de los estados con climas más cálidos debido a la mayor migración hacia estos sectores, medida que también ha reducido las ventas de electricidad al sur-oeste del país (Energy Tracking, 2016).

6.2.2. Determinación de factores de análisis

Otro punto importante de la encuesta realizada es que a través de ella es posible determinar los puntos más relevantes a investigar para enfocar de mejor manera el modelo, pues al verse en la primera etapa de desarrollo, solamente será capaz de soportar un número bajo de variables y parámetros. Por otro lado, se podrá obtener un buen indicio para encontrar estos factores al analizar modelos ya creados aplicables a otros países, pues si bien sus realidades climáticas son distintas a las de Chile, el comportamiento de las fuentes de calor

en relación a las temperaturas exteriores puede ser incluido en cálculos matemáticos para así permitir comparar investigaciones entre sí.

6.2.3. Modelos anteriores asociados

Existe en Argentina un modelo formalizado al año 2006 (Czajkowski, 2006) en el que se propone un ahorro de energía para tres tipos tamaños en edificios de habitación humana, junto a indicadores de eficiencia y sus valores admisibles propuestos al IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación) aplicables a tres tipos de edificios de vivienda, entre los cuales se incluyen residencias multifamiliares en edificios de departamentos. Se proponen tres indicadores de eficiencia energética edilicia en refrigeración, complementarios entre sí: la Carga Térmica Total de verano Q_R de la cual se derivan el Coeficiente Superficial de Refrigeración S_R y el Coeficiente Volumétrico de refrigeración G_R .

En primer lugar, la carga térmica de verano se representa por la siguiente ecuación:

$$Q_R = Q_c + Q_a + Q_s + Q_o$$

Donde Q_R es la carga térmica total en W , Q_c es la carga térmica por conducción, Q_a es la carga térmica por ventilación en, Q_s es la carga térmica solar y Q_o es la carga térmica por fuentes internas (personas, iluminación y equipamiento). Esta ecuación puede representarse de manera más simple a través de la ilustración 4:

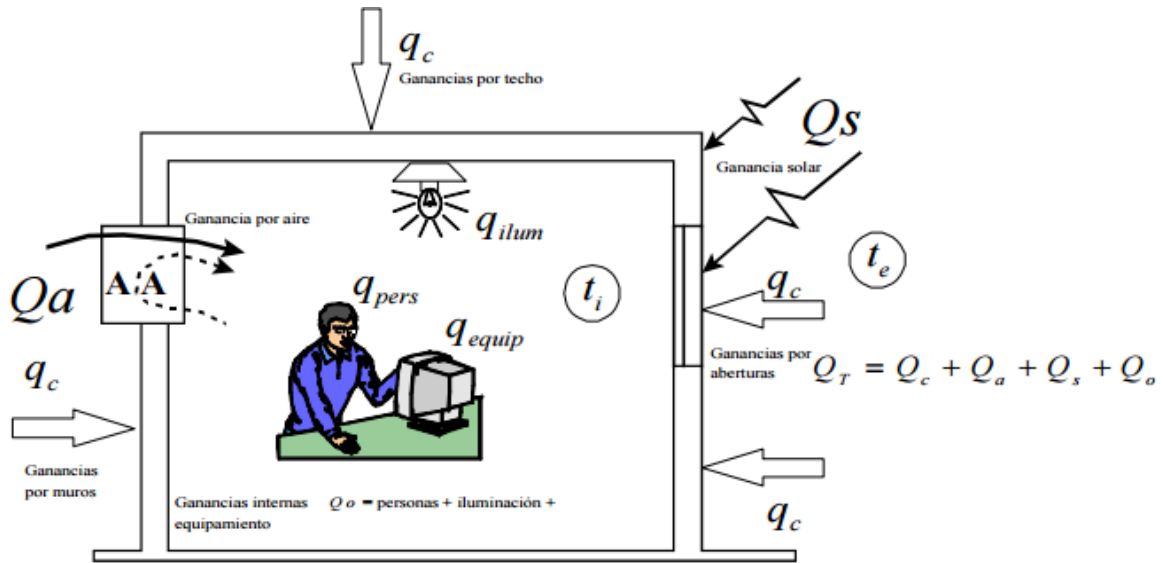


Ilustración 8: Representación de los factores que influyen en la conformación de la carga térmica total dentro de una vivienda convencional. Fuente: (Czajkowski, 2006).

Luego, se obtuvo un coeficiente volumétrico de refrigeración del edificio, cuya ecuación es:

$$G_R = Q_R / V$$

Donde V es el volumen a refrigerar en m^3 .

Finalmente, se obtuvo distintos valores de Q_R admisible dependiendo del volumen de la vivienda, representados en la siguiente figura:

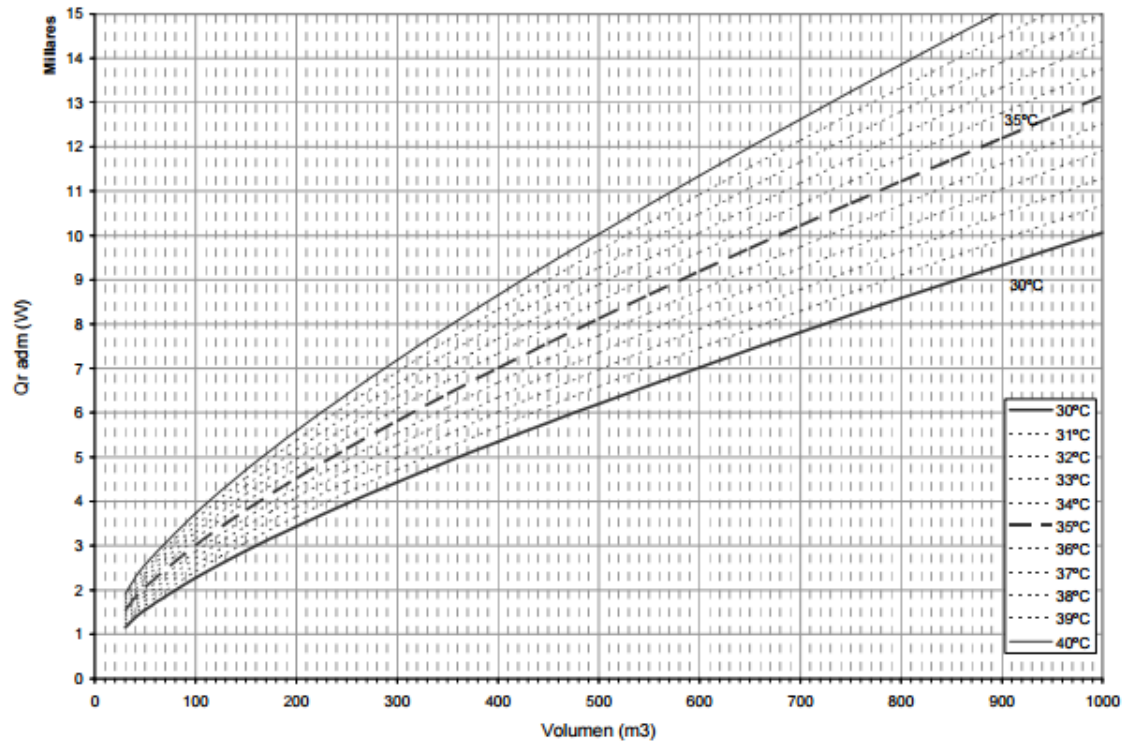


Ilustración 9: Valores de Q_R admisibles o máximos eficientes dentro de volúmenes determinados para una vivienda, teniendo en consideración todas las variables expuestas anteriormente. Fuente: (Czajkowski, 2006).

Para el estudio de otro caso llevado a cabo en la ciudad de Granada, España, se tiene una propuesta de modelo para calcular la demanda energética en edificios residenciales, pero esta vez con base en la altura y la integración de sistemas de energía solar fotovoltaica (Torres, 2014). Esta investigación tiene como argumento que el sector residencial en aquel país representa el 25% de la demanda de energía eléctrica, y dentro de este porcentaje, gran parte proviene de climatización e iluminación interior. Como una fuente importante de esta energía proviene de fuentes no renovables como el petróleo, se genera además un daño ecológico al planeta al incrementar los gases de efecto invernadero totales, y de esto es responsable en un 33% a nivel mundial el sector de edificios residenciales.

Una vez encontrada la muestra y las propiedades de los edificios a aplicar el modelo, se procede a utilizar un software de cálculo dinámico de emisiones de energía en edificios,

llamado EnergyPlus, de difusión gratuita. Finalmente se basa en un modelo matemático previo para calcular la energía generada en un sistema aislado:

$$E_p = G_{dm}(\alpha, \beta) \times P_{mp} \times \frac{PR}{G_{CEM}}$$

Donde E_p es la energía generada por el sistema en $kWh/día$; $G_{dm}(\alpha, \beta)$ es el valor medio de irradiación sobre el generador solar expresado en $kWh/m^2día$; P_{mp} es la potencia máxima del generador en condiciones estándar expresada en kWh ; PR es la ratio de rendimiento; G_{CEM} es $1 kWh/m^2$ ya que es un coeficiente de transformación de las variables.

Tras esto, muestra en sus resultados 10 casos en los que se aplica su modelo y en los que pueden notarse disminución del consumo tanto en invierno como en verano para viviendas aisladas, según EnergyPlus en la ilustración 7:

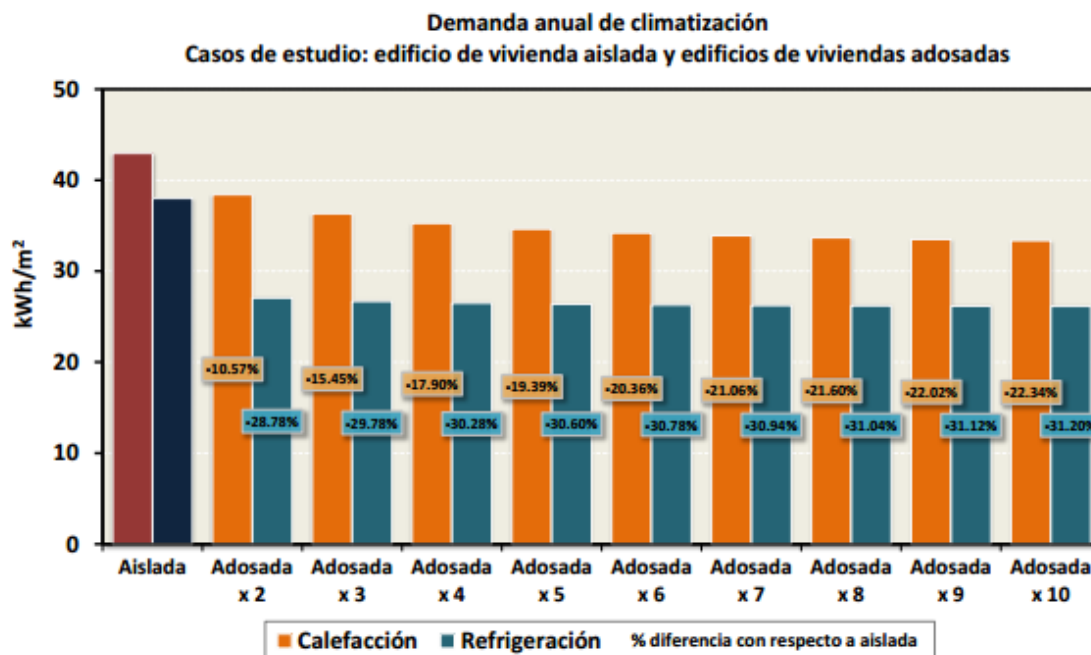


Ilustración 10: Resultados del modelo aplicado a 10 casos de estudio particulares. Fuente: (Torres, 2014).

Por otro lado, también se obtuvo resultados para viviendas plurifamiliares o edificios de departamentos, dentro de los cuales se centra principalmente en el factor altura de los mismos, de acuerdo a la ilustración 8:

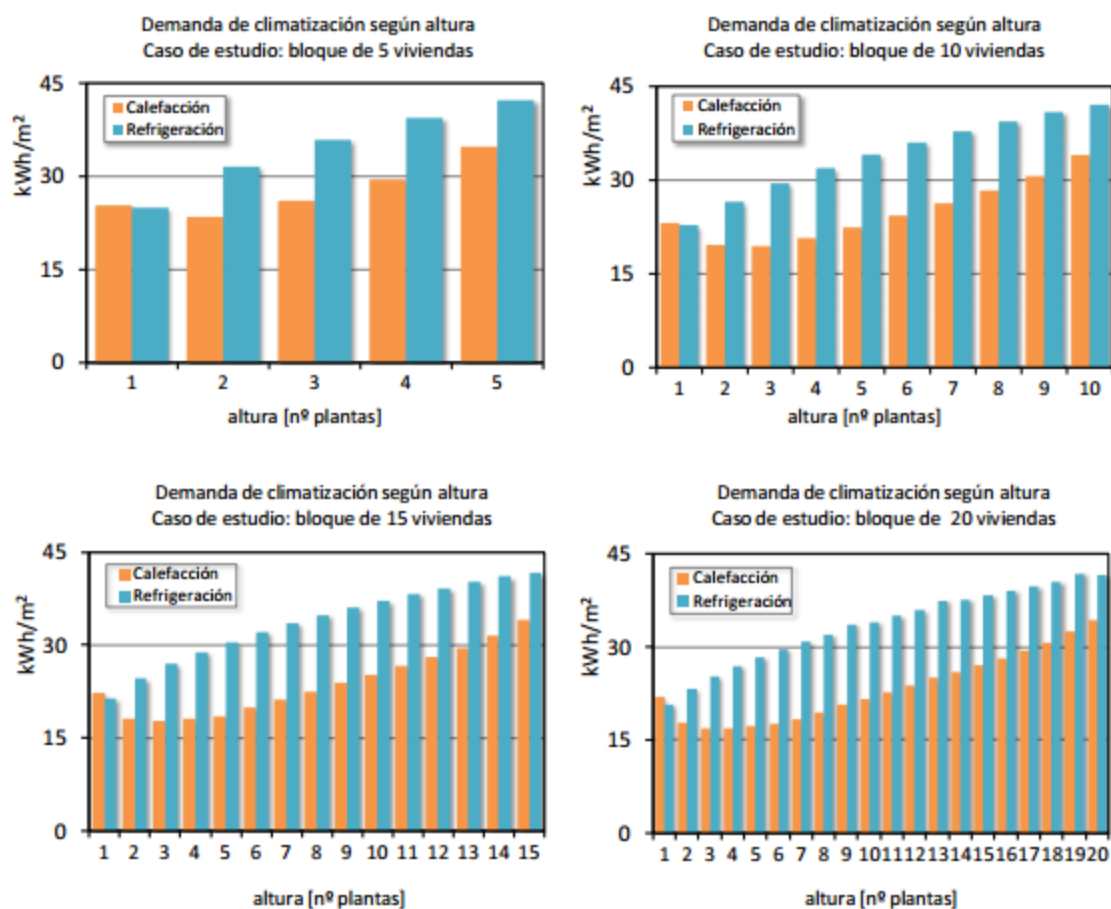


Ilustración 11: Resultados del modelo para edificios de distintas alturas, en los que se puede observar que esta es directamente proporcional a los requerimientos de climatización. Fuente: (Torres, 2014).

Para respaldar estos hallazgos, también comenta sobre las ecuaciones resultantes que determinan la demanda energética en cada caso, las cuales se resumen en la tabla 3:

Caso de estudio	Ecuación polinómica ajustada de demanda de calefacción (y) [kWh/m ²]	Valor R ²
Bloque 5 viviendas	$y = 35.446x^2 - 59.688x + 48.768$	0.9976
Bloque 10 viviendas	$y = 31.454x^2 - 46.155x + 36.884$	0.9918
Bloque 15 viviendas	$y = 29.318x^2 - 39.495x + 31.738$	0.9876
Bloque 20 viviendas	$y = 28.606x^2 - 36.478x + 29.188$	0.9883
Bloque 25 viviendas	$y = 27.889x^2 - 33.875x + 27.203$	0.9881

Tabla 4: Resumen de las ecuaciones resultantes que definen el consumo de energía en forma de calefacción para 5 tipos de edificios presentes en la investigación. Fuente: (Torres, 2014).

Finalmente, para el caso de la refrigeración se presentan resultados de requerimientos de la misma con respecto a una ratio de fachada/suelo, que representa la superficie en contacto con el exterior para cada tipo de edificación según la tabla 4 e ilustración 9:

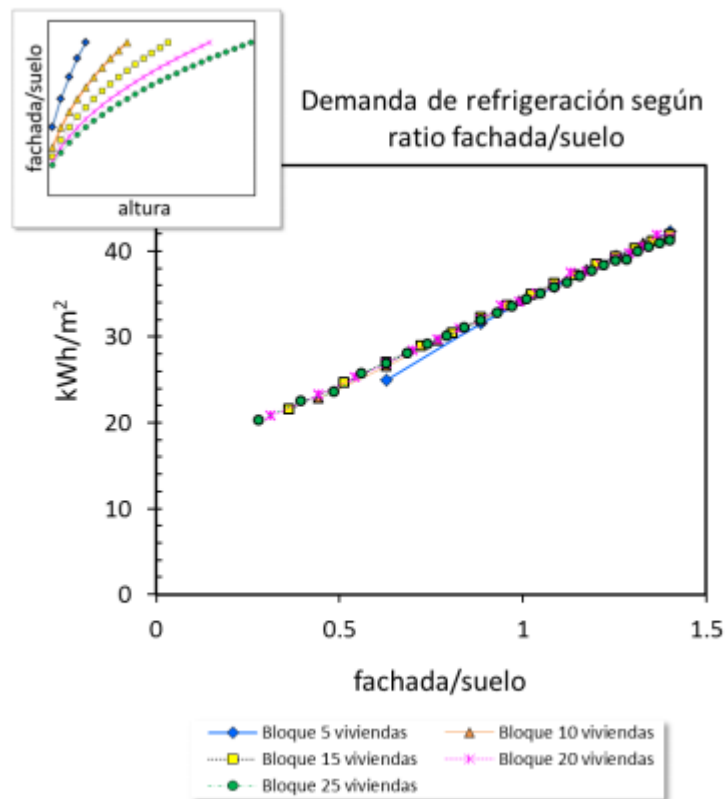


Ilustración 12: Necesidades de refrigeración con respecto a la cantidad de viviendas dentro de un edificio de departamentos. Fuente: (Torres, 2014).

Caso de estudio	Ecuación lineal ajustada de demanda de refrigeración (y) [kWh/m ²]	Valor R ²
Bloque 5 viviendas	$y = 22.286x + 11.379$	0.9969
Bloque 10 viviendas	$y = 20.306x + 13.901$	0.9997
Bloque 15 viviendas	$y = 19.622x + 14.689$	0.9992
Bloque 20 viviendas	$y = 19.51x + 14.727$	0.9981
Bloque 25 viviendas	$y = 18.965x + 15.008$	0.999

Tabla 5: Ecuaciones resultantes del modelo EnergyPlus que permiten calcular requerimientos de refrigeración para distintos tipos de edificios de departamentos. Fuente: (Torres, 2014).

6.2.4. Conclusiones del marco teórico

Para el primer modelo expuesto, la conclusión del trabajo resultó en que los niveles sugeridos fueron razonables tras compararlos con casos auditados, es decir, tras aplicar el modelo en casos reales. Por otro lado, se estima que, dado que el modelo representa un estado estacionario, hacen falta factores de corrección que sean capaces de representar el movimiento de las masas térmicas dentro del establecimiento, ya que en teoría esto influiría en el nivel de Q_R necesario en distintos sectores dentro de la vivienda.

En el estudio llevado a cabo en España, se concluye que el edificio de vivienda aislada, o casa, es el tipo de vivienda unifamiliar que más consume energía por motivos de climatización, pues la demanda energética es sensible e inversamente proporcional al número de viviendas, pudiendo llegar a un consumo energético de 5 kWh/m^2 si se asume que la edificación es aislada. Como la realidad implica que las edificaciones tienden a ser más bien semi-aisladas, se debe tomar en cuenta para una eficiencia energética que las pérdidas de calor serán directamente proporcionales a la superficie de contacto con el exterior, por lo que casas y departamentos más grandes demandarán más calefacción en los meses fríos del año, dejando relativamente estable el consumo afectado por esta variable en los meses más calurosos. Por otro lado, se concluye que la altura de las edificaciones también influye sobre la demanda energética final, y existe por lo tanto para

cada valor de superficie total útil, una altura óptima que minimiza el consumo de energía, considerando la posibilidad de auto-generación de energía por medio de paneles fotovoltaicos.

A partir de esta información, puede ya comenzarse a preparar el terreno para presentar un modelo que sea capaz de calcular el nivel de inversión óptimo con respecto a infraestructura eléctrica. La proposición de la propuesta se dividirá en tres partes: la primera será realizar una encuesta para recibir importantes datos a utilizar en el punto siguiente. La segunda será presentar la ecuación que será usada y los procedimientos asociados. La última parte consistirá en presentar los resultados y usarlos para calcular nueva información que podría poner fin a las interrogantes clave de esta investigación.

8. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Para este capítulo final de esta investigación, se utilizarán los antecedentes recopilados, las metodologías descritas y los resultados de la encuesta realizada a 210 personas para conocer sus niveles de gasto en cuentas de luz y otros factores relevantes, para lograr proponer a cabalidad un modelo que sea capaz de describir los gastos óptimos en dichas cuentas, con base en el nivel de inversión en infraestructura para un departamento de la región metropolitana.

A continuación, se presentarán los análisis más relevantes para la descripción de lo que son actualmente los factores más relevantes a la hora de determinar el monto a cancelar a fin de cada mes por motivo de consumo de electricidad de un departamento, fuera del consumo normal derivado del uso de espacios comunes del edificio donde éste se ubica.

7.1. Encuesta de consumo de electricidad y sus resultados

Ya en varias ocasiones se han mencionado ciertos resultados derivados de esta encuesta para otros análisis de esta investigación, y será en este apartado que se describirá al detalle la misma para establecer las bases de cálculo de los resultados y las relaciones que también se expondrán más adelante.

Como primer punto importante de esta sección, se destaca que la razón principal para la existencia de esta encuesta es el hecho de que a través de ella se obtuvieron datos que, si bien ya existen con exactitud en los registros de las empresas de electricidad de Santiago como lo es Chilectra, intentos por acceder a éstos fueron denegados por ser de naturaleza confidencial, llevando así la investigación por esta vía un poco menos directa. La encuesta se realizó a 210 personas, con la característica particular de que éstas debían tener residencia en alguna comuna de la provincia de Santiago y que dicha residencia sea en departamento. Para esto, se formularon preguntas relevantes al análisis propuesto (Ver

Anexo 2 y 3) y se creó una encuesta en el sitio web Qualtrics, dedicado a facilitar la creación y distribución de la misma. Ante este número de personas encuestadas, se decidió trabajar con un margen de error de 6,77%, una heterogeneidad de datos del 50% para una dispersión aceptable y un margen de confiabilidad de 95% para estar lo más cerca posible de los estándares estadísticos relacionados a un universo de 5.465.944 personas, es decir, los habitantes de la provincia de Santiago (Netquest, 2015). Otra fuente de recopilación de datos fue la asignación manual de encuestas a personas en sitios que incluyen las afueras de algunos edificios en la comuna de Santiago y Ñuñoa, y una visita al Mall Plaza Egaña.

Para mostrar los resultados de esta encuesta de manera simplificada, se crearon varios gráficos que correlacionan las variables más relevantes de analizar para describir la realidad de una familia capitalina promedio. En la ilustración 10, se muestra la distribución de las personas encuestadas entre distintas comunas.



Ilustración 13: Número de encuestas pertenecientes a determinadas comunas. Aquellas comunas que no aparecen no se presentaron al momento de tomar la muestra. Fuente: Elaboración Propia.

Luego, se presenta en la ilustración 11 la migración en valores de cuentas de luz de niveles más bajos hacia los más altos conforme el tiempo pasa y las estaciones provocan un clima más frío, es decir, el paso del verano de principios del año 2016 hacia los meses más fríos

del invierno del mismo año. Se puede notar que las cuentas que se encontraban dentro del rango de \$0 a \$20.000 se reducen en un 34,3%, mientras que el resto de las cuentas sufre un marcado aumento hacia el rango siguiente. Como ya fue explicado en el capítulo 6, el incremento en el uso de electrodomésticos para calefacción tiende a elevar las cuentas de luz, puesto que la generación de calor a través de resistencias eléctricas es un método que actualmente consume grandes cantidades de *kWh*.

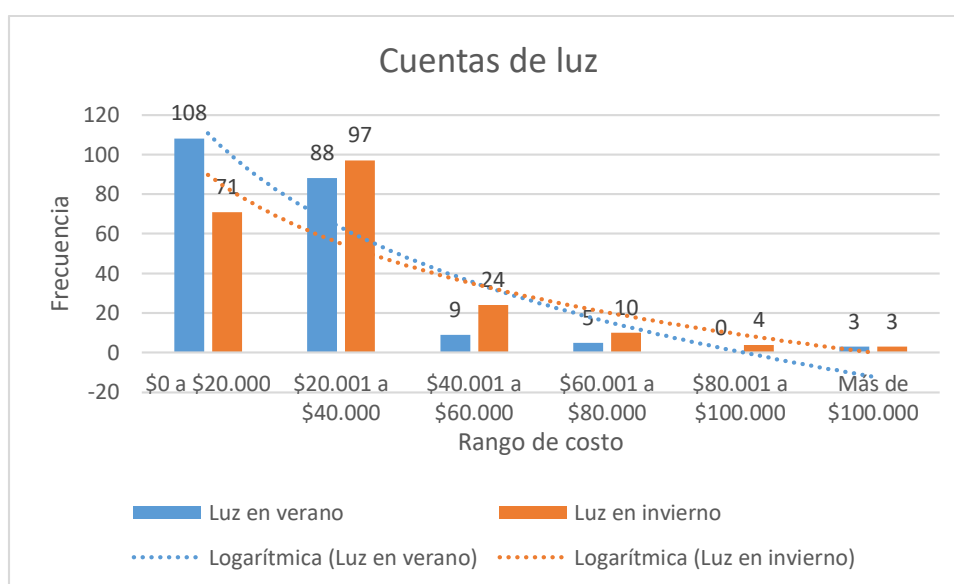


Ilustración 14: Frecuencia de aparición de las cuentas de luz promedio para los rangos monetarios mostrados. Se nota un marcado movimiento de los niveles inferiores hacia los niveles superiores debido al aumento en el consumo eléctrico inherente a los meses de invierno. Fuente: Elaboración Propia.

Las líneas de tendencia para este comportamiento permitirían modelar la frecuencia aparición de una cuenta de luz en un rango determinado de acuerdo a una variable independiente x , según las siguientes ecuaciones:

$$y = -68,49\ln(x) + 110,6, R^2 = 0,861 \text{ para el verano,}$$

$$y = -50,06\ln(x) + 89,723, R^2 = 0,6989 \text{ para el invierno.}$$

Para la siguiente observación, se puede observar en la ilustración 12 una distribución normal de la variable “Metros cuadrados”. Esto indicaría que la mayor parte de la muestra se encuentra residiendo en departamentos de entre $60 m^2$ y $75 m^2$. Se puede apreciar también que para los meses de invierno existen unos cuantos datos alejados de la distribución, lo que puede deberse a casos excepcionales como el error no sistemático de encontrar más encuestados del segundo rango, o bien, errores de los mismos al momento de responder sobre su propia extensión de vivienda en m^2 .

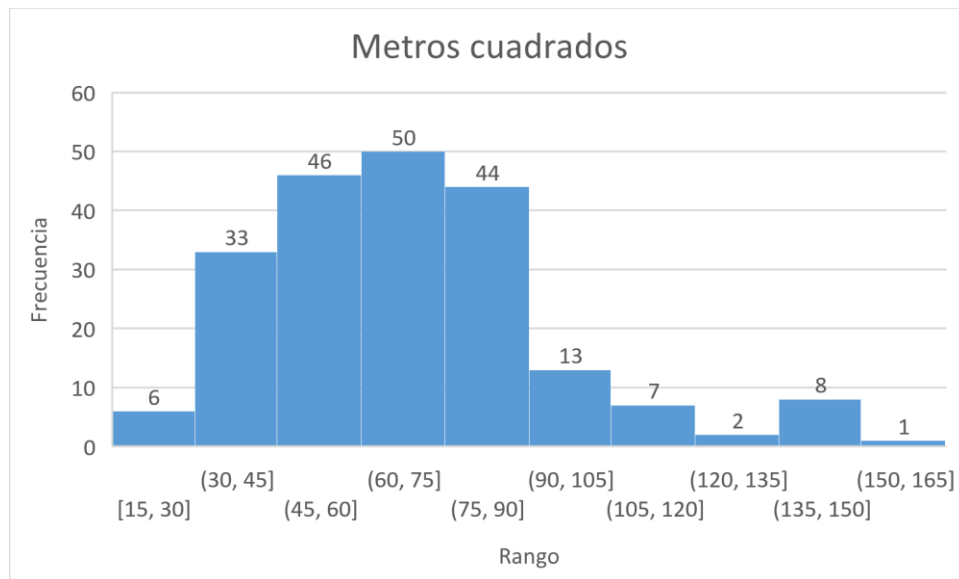


Ilustración 15: Distribución normal de la cantidad de residentes que habitan departamentos de distintas extensiones. Fuente: Elaboración propia.

A un nivel más particular, pero similar al análisis por edificio, la ilustración 13 muestra una fuerte tendencia a usar menos electricidad. Una posible explicación de esto es que puede deberse al incremento de calor transiente al tener más habitantes en el mismo espacio. Con respecto al pequeño escape de la tendencia en el rango de \$20.000 a \$40.000, quizás

puede explicarse debido a que muchas de las respuestas de la encuesta provienen de la comuna de Santiago, donde es común que las cuentas de electricidad se encuentren dentro de estos valores.

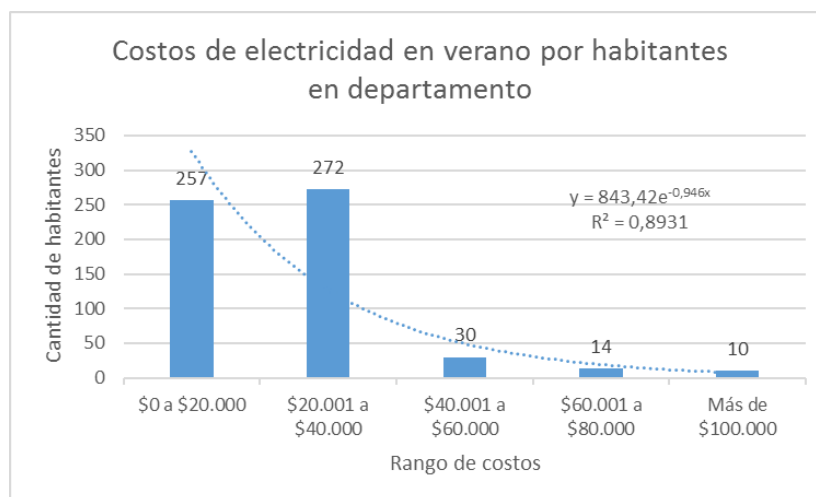


Ilustración 16: Relación exponencial inversa entre la cantidad de habitantes de un departamento y costos asociados al uso de electricidad en los meses de verano, con una confiabilidad del 89,31%. La tendencia no es perfecta debido a un posible sesgo de localización, ya que muchas de las encuestas provienen de una misma comuna. Fuente: Elaboración Propia.

Nuevamente, y de manera similar, la estructura de la ilustración 14 que muestra el consumo en los meses de invierno en relación a la cantidad de habitantes por departamento es similar al caso anterior, con la salvedad de que como se conoce que los costos aumentan fuera de tendencia en estas fechas, la misma se vio afectada negativamente en su confiabilidad.

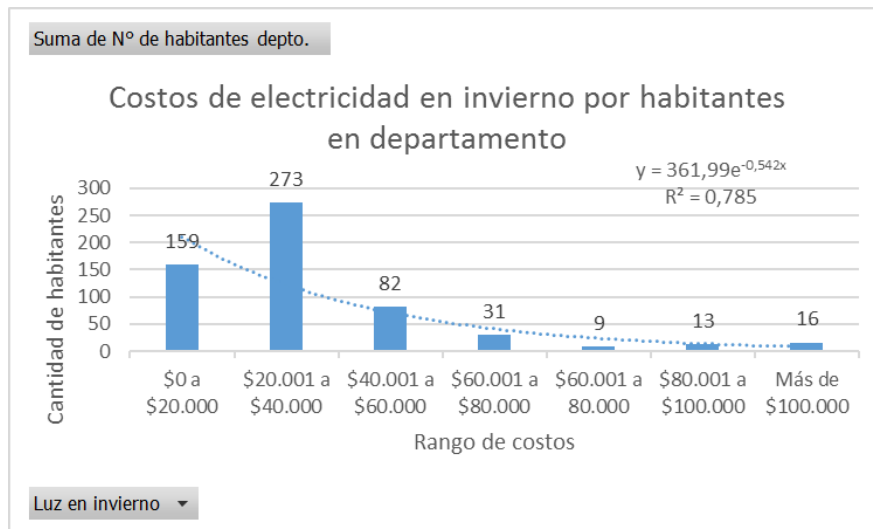


Ilustración 17: Relación exponencial inversa entre la cantidad de habitantes de un departamento y costos asociados al uso de electricidad en los meses de invierno, con una confiabilidad del 78,5%. La tendencia se ve afectada nuevamente por el fuerte incremento de los costos debido a las características de la estación.
Fuente: Elaboración Propia.

7.2. Planteamiento de la propuesta

Antes de proceder a calcular los beneficios de un modelo que permita optimizar los costos en energía eléctrica frente una renovación en infraestructura, se deben estimar ciertos parámetros a incluir, como lo es, en primera instancia, la vida útil del nuevo cableado, que según el sitio de instalaciones de infraestructura para empresas Siemon (Siemon, 2005), y el Servicio de Impuestos Internos bajo el subgrupo de instalaciones eléctricas (SII, 2016) corresponde a 10 años, tras lo cual es recomendable realizar nuevamente el proyecto con valores actualizados, lo que implicará que este será el ciclo de vida del mismo.

Ya mencionado este primer parámetro, se procederá a estimar los costos aproximados de la inversión con respecto a la cantidad de metros cuadrados del departamento.

7.2.1. Factor de escalamiento Williams

En muchos casos se conoce el valor de un equipo o la inversión en una tecnología particular y se desea conocer el valor de otra de similares características, pero con distinta capacidad en *kWh* y con distintas proporciones de crecimiento. En estos casos se utiliza el

procedimiento de Williams, que utiliza el concepto de economías de escala de que un incremento en la inversión no necesariamente incrementa de manera proporcional la capacidad del equipo. Esta relación se describe en la siguiente ecuación:

$$\frac{C_A}{C_B} = \left(\frac{X_A}{X_B} \right)^n$$

Donde C es el costo de las unidades A y B respectivamente, X es la capacidad de las unidades A y B respectivamente, y n corresponde al Factor de Williams, dato exógeno que dependerá de la industria donde se esté realizando el estudio (Arata, 2009). Para el caso estudiado, el factor de Williams más adecuado sería $n = 0,6$, valor usualmente aceptado cuando no se dispone de la información exacta (Vilches, 2016).

De acuerdo a datos recopilados en la web, la reestructuración de una vivienda de 90 m^2 con aproximadamente 33 puntos eléctricos entre las luces del techo, enchufes e interruptores, implicaría un costo de $USD\$1.430$, a lo que se sumaría el costo de mano de obra, arreglo de paredes y pintura por $USD\$867$, llegando a un total de $USD\$2.297$ (Hazmeprecio, 2016). Para departamentos de distinta extensión, se asumirá como costos fijos las terminaciones y se extrapolará la primera sección del costo, obteniéndose así el factor C_A para costos externos en $USD\$$ para cada caso, según la tabla 5:

Metros cuadrados	Costo (USD\$)
30	\$ 1.344
40	\$ 1.503
50	\$ 1.661
60	\$ 1.820
70	\$ 1.979
80	\$ 2.138
90	\$ 2.297
100	\$ 2.456
110	\$ 2.615
120	\$ 2.774

Tabla 6: Estimación de costos de una reestructuración del sistema eléctrico en un departamento, según su cantidad de metros cuadrados. Fuente: Elaboración propia.

Para estimar el consumo eléctrico regular en el extranjero, o X_A , se considera que una vivienda normal en España consume alrededor de $2.371 kWh$ al año por concepto de calefacción y climatización (IDAE, 2016), entendiendo que la calefacción representa alrededor del 68% del consumo eléctrico total y que se considera como vivienda normal un departamento que posee 2 dormitorios y 1 baño y alrededor de $70 m^2$ de espacio habitable, sin contar el balcón.

Por último, se estimará la potencia requerida en general para departamentos en Santiago, asumiendo un consumo de $2400 kWh$ al año por concepto de calefacción y climatización.

Teniendo ya esta información clarificada, se procede a calcular el costo de una reestructuración del sistema eléctrico de un departamento de $70 m^2$, con el objetivo de obtener una reducción futura de cuentas de la luz, estimable en un 30% debido a los nuevos y más eficientes componentes del cableado (Hazmeprecio, 2016):

$$C_B = 1.979 \text{ USD\$} * \left(\frac{2.371 \text{ kWh}}{2.400 \text{ kWh}} \right)^{-0.6}$$

$$C_B = 1.993 \text{ USD\$}$$

Finalmente, se muestran los resultados de este mismo procedimiento manteniendo los supuestos en el consumo promedio, para departamentos de 30, 70, 100 y 120 m², en la siguiente tabla 6, a continuación:

Metros cuadrados	Costo (USD\$)
30	\$ 1.354
70	\$ 1.993
100	\$ 2.474
120	\$ 2.794

Tabla 7: Resumen de costos para mejorar la infraestructura eléctrica de un departamento, dependiendo de sus metros cuadrados. Fuente: Elaboración propia.

En el punto siguiente, se obtendrá otro factor importante a la hora de calcular un posible retorno tras lograr llegar al horizonte de vida del proyecto, pues le acompañará año tras año y le servirá para estimar las ganancias que esperarían aquellos residentes que decidan implementar la mejora en eficiencia en sus viviendas.

7.2.2. Estimación del costo de capital

Para hacer frente a una evaluación aterrizada a la realidad de Chile con respecto a la conveniencia de invertir en esta propuesta frente a otras opciones como lo sería, por ejemplo, llevar la inversión una cuenta bancaria de ahorro a corto plazo, a continuación, se procederá a describir los pasos necesarios para calcular un costo de capital K_p mediante el modelo Capital Asset Pricing Model, o CAPM, según se describe a continuación:

$$K_p = R_f + \beta * PRM + Riesgo\ país$$

Donde R_f es el costo de oportunidad de invertir en bonos del tesoro sin riesgo (o tasa libre de riesgo), β es el riesgo inherente de las acciones de la industria chilena de electricidad, PRM es la prima por riesgo de mercado obtenida al restar el factor R_m o riesgo de mercado correspondiente al retorno esperado del valor de un activo bursátil debido a volatilidad en el mercado, con la tasa libre de riesgo, de manera que el resultado refleje un retorno

considerando costos de oportunidad. Por último, el factor *Riesgo País* corresponde a un diferencial entre los retornos esperados de los bonos del tesoro de Chile y los de Estados Unidos a un mismo plazo y condiciones debido a la especulación de los inversionistas de cada país.

Para obtener R_f , se ha consultado a archivos de Revista Capital Online (Capital, 2016), obteniendo un valor de 4,2%, correspondiente al promedio anual de tasas de bonos BCP-5 según Bloomberg. Luego, se procede a buscar el factor β consultando al portal online Damodaran por el sector “Electrical equipment”, logrando encontrar el valor de 1,15 (Damodaran, 2016). Como siguiente paso, se obtiene R_m al promediar los retornos de las principales empresas de energía eléctrica del país que se encuentran en el IPSA, es decir, de Colbún, AESGener, Endesa Chile y ENEL a noviembre de 2016, obteniendo así el valor de 2,64%, dando como resultado una *PRM* de 1,5575%. Como último punto, se obtiene el *Riesgo País* al consultar la revista web Pulso, lo que da como resultado un alto 2,5% para julio de 2016, debido caídas en el valor del cobre.

Ahora que se tienen los componentes necesarios, se procede a calcular el costo de capital, logrando así el valor de $K_p = 4,91\%$. Para el análisis de la propuesta se tomará este valor como tasa de retorno, ya que otras opciones como depósitos a plazo, cuentas de ahorro y bonos del tesoro generan menores intereses, lo que lleva a asumir que no llamarán la atención del inversionista.

En el siguiente punto se evaluará el retorno de la inversión, para cuatro casos de departamentos con distintas áreas en m^2 .

7.2.3. Evaluación de la propuesta

Una vez obtenido el valor de la inversión requerida para cada caso, se procede a evaluar cada uno de ellos utilizando todos los antecedentes mencionados en este capítulo mediante

un flujo de caja a 10 años, seguido de la aplicación de la herramienta del Valor Actualizado Neto. Cabe destacar que los costos operacionales que usualmente acompañan a una inversión sostenida en el tiempo pueden considerarse despreciables, puesto que fuera de la mantención recomendada cada 10 años, no es usual que se necesite hacer arreglos extraordinarios en la infraestructura, salvo casos extraordinarios que no se consideran. Por otro lado, se asume un crecimiento de las cuentas de electricidad de un 6% cada año para todas las viviendas de Santiago (DiarioPyme, 2016) y un 7% adicional a partir del año 2017 a aquellas viviendas que superen los 240 *kWh*, o de forma equivalente aproximadamente \$25.000 de consumo en sus cuentas de luz, debido al sistema bajo el que operará la Ley de Equidad Tarifaria, donde, como ya se ha mencionado en la sección 6.1.3, aquellas personas que superen un umbral de consumo en *kWh* deberán cancelar una cuota diferenciada superior para ayudar al gobierno a subsidiar las cuentas de aquellas comunas de Chile que al año 2016 se encuentran pagando cantidades muy altas (DiarioPyme, 2016). Como último dato relevante, las tablas que se presentarán a continuación muestran el ahorro que generan las nuevas instalaciones a modo de ganancia, de manera que se facilite el uso de la herramienta del VAN.

En el caso mostrado en la tabla 7 se tiene que en un periodo de 10 años el inversionista no alcanza a recuperar su inversión inicial de 1.354 *USD*\$, lo que se ve representado con un VAN negativo de -723.14 *USD*\$, y por el hecho de que su Payback no muestra un valor positivo. Esto se explica principalmente porque al nivel de gastos en electricidad que posee, no se justifica la inversión mencionada, pues es comparativamente demasiado alta. Finalmente, para este caso se recomendaría no realizar la inversión propuesta.

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro (USD\$)	\$ 54	\$ 57	\$ 61	\$ 64	\$ 68	\$ 72	\$ 76	\$ 81	\$ 86	\$ 91	\$ 97
Inversión (USD\$)	\$ -1.354										

Gasto electricidad (CLP\$)	\$ 10.000
Aumento anual	106%
Ahorro estimado	30%
Tasa descuento	4,91%
Dólar observado 15-11-2016	668
Metros cuadrados	30
VAN (USD\$)	\$-723,14

Recuperación de la inversión	N.A.
Monto de Payback	\$ -547

Tabla 8: Evaluación de retornos esperados para un departamento de 30m² donde se gaste, en promedio, \$10.000 en la cuenta de electricidad. Se puede observar que devuelve retornos positivos en forma de ahorro para un horizonte del proyecto de 10 años a partir del año 4. Fuente: Elaboración propia

A diferencia del primer caso, en el escenario que muestra la tabla 8 se logra conseguir los primeros retornos positivos en forma de ahorro, con un VAN de 1.310,75 USD\$, a los 6 años de haber realizado la inversión inicial a pesar de ser esta mayor que antes. Parte importante del ahorro logrado se debe a que este tipo de departamento pagará un 7% extra en su cuenta de luz debido a la superación del umbral de \$25.000 que establece la Ley de Equidad Tarifaria, por lo que 30% del valor de su cuenta se sumará al ahorro.

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro (USD\$)	\$ 216	\$ 244	\$ 275	\$ 311	\$ 351	\$ 397	\$ 449	\$ 507	\$ 573	\$ 648	\$ 732
Inversión (USD\$)	\$ -1.993										

Gasto electricidad (CLP\$)	\$ 40.000
Aumento anual	113%
Ahorro estimado	30%
Tasa descuento	4,91%
Dólar observado 15-11-2016	668
Metros cuadrados	70
VAN (USD\$)	\$1.310,75

Recuperación de la inversión	6 Años
Monto de Payback	\$ 250

Tabla 9: Evaluación de retornos esperados para un departamento de 70m² donde se gaste, en promedio, \$40.000 en la cuenta de electricidad. Se puede observar que devuelve retornos positivos en forma de ahorro para un horizonte del proyecto de 10 años a partir del año 4. Fuente: Elaboración propia

Como podría esperarse, la tabla 9 muestra el caso en que la inversión inicial, si bien es superior debido a la mayor cantidad de metros cuadrados, es ampliamente superada por el ahorro que generaría el proyecto con un VAN de 3.260,11 USD\$, puesto que luego de tan sólo 5 años sería capaz de recuperar la inversión inicial. Al igual que en el caso anterior, también se le cobra un 7% extra por superar el umbral de la Ley de Equidad Tarifaria.

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro (USD\$)	\$ 377	\$ 426	\$ 482	\$ 544	\$ 615	\$ 695	\$ 785	\$ 888	\$ 1.003	\$ 1.133	\$ 1.281
Inversión (USD\$)	\$ -2.474										

Gasto electricidad (CLP\$)	\$ 70.000
Aumento anual	113%
Ahorro estimado	30%
Tasa descuento	4,91%
Dólar observado 15-11-2016	668
Metros cuadrados	90
VAN (USD\$)	\$3.260,11

Recuperación de la inversión	5 Años
Monto de Payback	\$ 666

Tabla 10: Evaluación de retornos esperados para un departamento de 90m² donde se gaste, en promedio, \$70.000 en la cuenta de electricidad. Se puede observar que devuelve retornos positivos en forma de ahorro para un horizonte del proyecto de 10 años a partir del año 4. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, el último caso mostrado por la tabla 10 muestra que un departamento de 120 m² obtendría tras 10 años un VAN de 5.362,95 USD\$, además de recuperar la inversión en infraestructura tras apenas 4 años. Esto nuevamente puede explicarse por el alto monto de la cuenta de electricidad y cobro extra de un 7% por sobre el crecimiento esperado en costos de un 6% que, al igual que los anteriores escenarios, incrementa los costos de la electricidad, aumentando por consiguiente el ahorro generado por la inversión.

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ahorro (USD\$)	\$ 539	\$ 609	\$ 688	\$ 778	\$ 879	\$ 993	\$ 1.122	\$ 1.268	\$ 1.433	\$ 1.619	\$ 1.829
Inversión (USD\$)	\$ -2.794										

Gasto electricidad (CLP\$)	\$ 100.000
Aumento anual	113%
Ahorro estimado	30%
Tasa descuento	4,91%
Dólar observado 15-11-2016	668
Metros cuadrados	120
VAN (USD\$)	\$5.362,95

Recuperación de la inversión	4 Años
Monto de Payback	\$ 698

Tabla 11: Evaluación de retornos esperados para un departamento de 120m² donde se gaste, en promedio, \$100.000 en la cuenta de electricidad. Se puede observar que devuelve retornos positivos en forma de ahorro para un horizonte del proyecto de 10 años a partir del año 4. Fuente: Elaboración propia.

9. CONCLUSIONES FINALES

En este capítulo se procederá a concluir varios de los temas expuestos a lo largo de la investigación, cerrando así efectivamente la misma.

- En primer lugar, y frente al problema principal de la investigación, se puede decir que el modelo propuesto cumple a cabalidad con otorgar una respuesta coherente y correcta al mismo, puesto que, en efecto, trae los costos de un trabajo similar realizado en España, un país más eficiente energéticamente que Chile basado en su promedio de gasto en electricidad residencial de $2.371 kWh$ frente a los $2400 kWh$ de este último, mediante la relación que propuso Williams, utilizando un factor de corrección estándar $n = 0,6$, los costos actuales ya mencionados y una inversión para un caso similar, que, siendo una renovación del sistema eléctrico de una vivienda de $90m^2$ por la cantidad de $1.979 USD$, dio por resultado una serie de costos de inversión tentativos basados en departamentos de $30m^2$, $70m^2$, $100m^2$ y $120m^2$. Esto finalmente permitió analizar realísticamente la inversión a través de un flujo de caja, seguido de un análisis por Valor Actual Neto para cada caso propuesto.
- Ha quedado claro que un salto tecnológico en la infraestructura de una vivienda familiar, con costos de luz sobre los \$40.000 pesos, puede traer consigo un ahorro considerable en las cuentas de electricidad tras 6 años, lo cuales frente a los 10 que duraría el proyecto resultan pocos años desde su implementación. Gracias a la encuesta realizada, se pudo conocer que, si bien este nivel de gastos no se encuentra en la media de la provincia de Santiago, resulta en una cantidad importante de candidatos a lograr el tan anhelado ahorro a fin de mes, pues se estaría representando al 8% de la población de la misma en verano, lo que, llevándose a la cantidad de habitantes en departamento, equivaldría a alrededor de

70.000 familias. Para el caso de los meses más fríos, es de suponer que como más viviendas suben de rango de gastos el modelo podría considerarlas, sin embargo, como en los meses de verano ya no es rentable, solo se consideran para este informe las familias que disfrutarían del ahorro durante todo el año para clasificarlas como viables.

- El análisis del calor transiente del capítulo 6 podría quizás parecer por relevante al nivel de ser capaz de modificar los costos de la calefacción, sin embargo, ya quedó demostrado más adelante en el capítulo 7 que a mayor cantidad de personas viviendo en un sistema cerrado o semi cerrado como lo es un departamento, tiene una incidencia negativa notoria en la necesidad de utilizar la calefacción en noches de frío, hecho que podría ser influenciado por este fenómeno físico.
- En lo concerniente a la encuesta, si bien resultó extremadamente útil para sustentar muchas de las ideas principales de esta investigación, es necesario mencionar que para una siguiente iteración de ésta sería conveniente reformular su estructura para solicitar a los encuestados datos más específicos, donde además de la comuna de residencia se obtuviera información sobre el piso donde reside, el monto exacto de la cuenta de la luz y la posibilidad de segmentar por edificio. Esto claramente tendría incidencia en los costos de reunir dicha información por ser más difícil de realizar a través de la web, sin embargo, al mismo tiempo sería posible llegar a conclusiones más precisas sobre temas presentados, como la verdadera incidencia del calor transiente sobre la necesidad de usar la calefacción, o bien la misma necesidad con respecto al piso donde se reside.
- Con respecto al gasto por electrodomésticos, fue un patrón presente en toda la toma y análisis de datos provenientes de la encuesta, que parte importante del aumento de las cuentas de luz durante el invierno se debe al muchas veces desmedido uso de calefactores, frazadas eléctricas, estufas eléctricas, lavadoras y secadoras de

ropa, artículos que pueden llegar a representar fácilmente del 50% al 80% del valor final a pagar en el mes. Esto implica que es sumamente importante preocuparse por invertir quizás un poco más al comprar artículos que manejen el consumo más eficientemente antes que permitir que la energía se disipe de otras maneras no eficientes, pues el resultado de estas decisiones no suele verse de inmediato, sino que después de varios períodos de facturación la pérdida por ineficiencia se hace de a poco más grande.

- Otra razón para preocuparse de ahorrar en energía eléctrica, es que Chile llevar varios años en crisis por baja cantidad de agua que se ha recuperado de las lluvias, por lo que mientras más escasa sea ésta, más cara se volverá, perjudicando finalmente a los clientes en todo el país. Actualmente, ya se está dando que durante los últimos cinco años las cuentas hayan aumentado un 30% y esta tendencia no parece estar desacelerando. Además, se deberá tener mucho cuidado con los acontecimientos económicos que estén por venir debido al cambio en la presidencia estadounidense, pues se espera que en el futuro cercano el dólar siga subiendo afectado por el aumento del costo por barril de petróleo, lo que tendrá directa incidencia en la obtención de indicadores de VAN para la propuesta de esta investigación de menor magnitud.
- Frente al análisis realizado a modelos anteriores en otras publicaciones, éstos resultaron ser clave para guiar la búsqueda de información hacia mejores resultados, pues ofrecían importantes explicaciones sobre fenómenos físicos que afectan a la conservación del calor dentro de la vivienda, y que fueron, de hecho, considerados en algunos razonamientos de los capítulos siguientes.
- Con respecto a la Ley de Equidad Tarifaria, tras un análisis a sus características y rango de acción, se podría estimar que, los residentes en departamentos cuyas cuentas de luz sean bajas no se verán afectados, y la razón es que es parte de su

génesis como ley se debe a que el gobierno considera necesario ajustar los elevados costos de electricidad en regiones del sur del país subvencionando sus cuentas de luz con cargo tanto al presupuesto nacional como a viviendas que superen los 180 kWh de uso a través del SIC, cantidad que solo tienden a superar residencias que paguen desde los \$25.000 en electricidad.

- Frente al valor obtenido de costo de capital $K_p = 4,91\%$, se puede señalar que es un valor aceptable, puesto que los elementos que lo componen fueron obtenidos de fuentes confiables y tienen relación con el escenario nacional actual. Para el caso de $R_m = 1,55\%$, se entiende que sea un valor relativamente bajo por la sequía que ha estado afectando al país, lo que dificulta la obtención de ganancias de las empresas de generación de electricidad presentes en el IPSA. El factor $Riesgo País = 2,5\%$ es de hecho más bajo que el promedio de América Latina, cuyo riesgo bordea el 5%, lo que deja a Chile en una buena posición para nuevos proyectos de inversión por no ofrecer poco riesgo de default, corrupción, guerras, y otros elementos similares. La tasa libre de riesgo $R_f = 4,2\%$ se obtuvo mediante análisis de la revista capital a la plataforma Bloomberg, por lo que se asume es un dato fidedigno y confiable. Finalmente, el valor de $\beta = 1,15$ se puede interpretar como de un riesgo más elevado de la industria eléctrica que el mercado en general, lo que se condice con la sequía ya mencionada. Dado que no se encontró otro instrumento que de mejores rentabilidades que este costo de capital (fuera de la transacción de acciones por los altos riesgos implicados), se decidió tomar este valor como la tasa de exigencia del inversionista al proyecto.
- Con respecto a los resultados obtenidos por el VAN, en el primer caso se pierden 723 $USD\$$ al implementar el proyecto debido a que la inversión es simplemente demasiado grande para un departamento de 30 m^2 y sería mucho más conveniente

ahorrar mediante ampolletas de bajo consumo, ya que la cuenta es de por sí tan baja mensualmente que no sería relevante disminuirla en el porcentaje que se propone con el modelo. Para el resto de los casos se obtuvo valores de 1.310 *USD*\$, 3.260 *USD*\$ y 5.363 *USD*\$ de retorno en los departamentos de 70m², 100m² y 120m² respectivamente, lo que indica que el indiscutible target de esta investigación recaería principalmente en departamentos grandes de dos habitaciones y dos baños por la extensión de terreno que muchas veces poseen, junto a departamentos más grandes.

- La conclusión anterior lleva a notar una debilidad importante del modelo, que consiste en no es de utilidad para familias con cuentas de luz de bajo monto, porque bajo este nivel de gastos no es posible recuperar la inversión en forma de ahorro en menos de 10 años, tiempo tras lo cual es ya recomendado pensar nuevamente en modernizar las instalaciones eléctricas de la vivienda por concepto de mantención de seguridad del cableado.
- Como último punto, se debe destacar que, como toda tecnología, este informe podría verse obsoleto tras poco tiempo de su publicación, por lo que, de usarse para fines personales, es recomendable actualizar datos de riesgo de mercado para la industria de generación eléctrica y riesgo país para el costo de capital, consumo medio de *kWh* y rangos de costos en cuentas de luz en la zona donde se esté llevando a cabo la evaluación, tasas estimadas de aumento de cuentas de luz para años venideros, valor dólar observado reciente y estimaciones de consumo promedio de electricidad anual tanto en Chile como en algún país extranjero a elección para obtener la inversión aproximada desde el modelo de Williams.

10. REFERENCIAS

- Arata, A. (2009). Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales. En A. Arata, *Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales* (págs. 72-78). Santiago: RiL Editores.
- ASHOTEL. (s.f.). *Guía práctica para mejorar la gestión medioambiental hotelera*. Obtenido de www.ashotel.es
- Cabrera, R. (12 de 11 de 2016). Encuesta consumo de luz. Santiago, Santiago, Región Metropolitana.
- Capital. (26 de Mayo de 2016). Obtenido de <http://www.capital.cl/negocios/2016/05/26/120555-eva-la-hora-de-la-verdad>
- Cebrian, S. (17 de 6 de 2015). *prezi.com*. Obtenido de <https://prezi.com/jxojcfqyetov/estudio-comparativo-entre-los-modelos-energeticos-de-usa-y-el/>
- Chilectra. (14 de 10 de 2016). *Chilectra*. Obtenido de <https://www.chilectra.cl/preguntas-frecuentes/valor-kwh>
- Comisión Europea. (2001). *Libro Verde Hacia una Estrategia Europea de Seguridad del Abastecimiento Energético*. Luxemburgo: ISBN.
- Czajkowski, J. (2006). *Ahorro de energía en refrigeración de edificios para vivienda y propuesta de indicadores de eficiencia y valores admisibles*. Argentina: Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional La Plata.
- D'Amico, F. C. (2000). *Arquitectura bioclimática, conceptos básicos y panorama actual*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.
- Damodaran. (15 de Noviembre de 2016). Obtenido de http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html
- Definicion.de. (16 de Agosto de 2016). *Definición.de*. Obtenido de <http://definicion.de/recursos-no-renovables/>
- DefiniciónABC. (16 de Agosto de 2016). *DefiniciónABC.com*. Obtenido de <http://www.definicionabc.com/medio-ambiente/recursos-energeticos.php>
- DiarioPyme. (15 de Noviembre de 2016). Obtenido de http://www.diariopyme.com/las-cuentas-de-la-luz-han-subido-un-30-en-chile-en-los-ultimos-cinco/prontus_diariopyme/2016-03-11/154611.html
- DiarioPyme. (15 de Noviembre de 2016). Obtenido de http://www.diariopyme.com/ley-de-equidad-tarifaria-cuentas-de-la-luz-sufriran-alza-de-7-en/prontus_diariopyme/2016-06-01/165100.html
- Energy News. (16 de 3 de 2016). *Energy News*. Obtenido de <http://www.energynews.es/estados-unidos-sigue-cayendo-consumo-electricidad-quinta-vez-los-ultimos-8-anos/>

- Energy Tracking. (Septiembre de 2016). *Energy Tracking*. Obtenido de www.energy-tracking.com
- Feist, W. (2010). *Geschichte Passivhaus*.
- Francisco Javier Rey Martinez, E. V. (2006). *Eficiencia energética en edificios. Certificación y auditorías energéticas*. Madrid: ClimaPress.
- Hazmeprecio. (13 de Noviembre de 2016). *hazmeprecio.com*. Obtenido de <http://www.hazmeprecio.com/presupuesto/cambiar-instalacion-electrica>
- IDAE. (13 de Noviembre de 2016). *idae.es*. Obtenido de http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_documentacion_basica_residencial_unido_c93da537.pdf
- INE. (2002). *ine.cl*. Obtenido de <http://www.ine.cl/cd2002/index.php>
- INE. (2012). *Instituto Nacional de Estadísticas*. Obtenido de http://www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/compendio_estadistico/pdf/2012/estadisticas_demograficas_2012.pdf
- Maldonado, D. (Septiembre de 2016). *Energy Tracking*. Obtenido de [www-energy-tracking.com](http://www.energy-tracking.com)
- Ministerio de Energía. (9 de Octubre de 2016). *Equidad Tarifaria*. Obtenido de www.equidadtarifaria.cl
- Minitab. (16 de Agosto de 2016). *support.minitab.com*. Obtenido de <http://support.minitab.com/es-mx/minitab/17/topic-library/basic-statistics-and-graphs/introductory-concepts/basic-concepts/parameter-estimates/>
- MINVU. (16 de Agosto de 2016). *minvu.cl*. Obtenido de http://www.minvu.cl/opensite_20070223152131.aspx
- Morales, E. L. (9 de 10 de 2014). *Ciper Chile*. Obtenido de <http://ciperchile.cl/2014/10/09/gentrificacion-y-%E2%80%9Cburbuja%E2%80%99D-inmobiliaria-en-el-centro-de-santiago/>
- Nergiza. (14 de 10 de 2016). *Nergiza*. Obtenido de <http://nergiza.com/cuanta-energia-se-escapa-de-tu-cuerpo-en-forma-de-calor/>
- Netquest. (1 de Enero de 2015). *netquest.com*. Obtenido de <http://www.netquest.com/es/panel/calculadora-muestras.html>
- Norgard, J. S. (1998). *Tecnología eficiente en una economía ineficiente*. Madrid: Los libros de la Catarata.
- Presupuestos, D. d. (30 de Agosto de 2016). *Dipres.gob.cl*. Obtenido de http://www.dipres.gob.cl/595/articles-140841_doc_pdf.pdf
- Proveda, M. (2007). *Eficiencia energética: Recurso no aprovechado*. Quito: Latin American Energy Organization.

- Qualtrics. (24 de Octubre de 2016). *Qualtrics*. Obtenido de https://qtrial2015az1.az1.qualtrics.com/jfe/form/SV_5j4e0YxDnbeWlwl
- Siemon. (Septiembre de 2005). Obtenido de https://www.siemon.com/la/company/press_releases/05-09-01_Costo.asp
- SII. (Noviembre de 2016). Obtenido de http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/bienes_f.htm
- T. Hatt, G. S. (19 de Julio de 2012). *Scielo*. Obtenido de <http://www.scielo.cl/pdf/rconst/v11n2/art11.pdf>
- Torres, R. P. (2014). *Evaluación y propuesta de modelo para el cálculo de la demanda energética en edificios residenciales a partir del estudio de la altura y la integración de sistemas de energía solar fotovoltaica*. Granada: Universidad de Granada.
- Unión de Consumidores. (14 de 10 de 2016). Obtenido de http://www.uniondeconsumidores.info/hogar/secciones/energia_electrica.html
- Valencia, M. (14 de Febrero de 2016). *Plataforma Urbana*. Obtenido de <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2016/02/14/edificios-alcanzan-promedio-historico-de-altura-por-auge-de-torres-de-20-pisos/>
- Vilches, J. P. (2016). *Preparación y evaluación de proyectos de inversión área idustrial*. Santiago: UTFSM.
- Zoom Inmobiliario. (12 de 7 de 2012). *Zoom Inmobiliario*. Obtenido de <http://www.zoominmobiliario.com/prensa.php?i=5890&titulo=Oferta+inmobiliaria+e+n+Gran+Santiago+lleg%F3+a+36.191+unidades+en+2%BA+trimestre>

11. ANEXOS

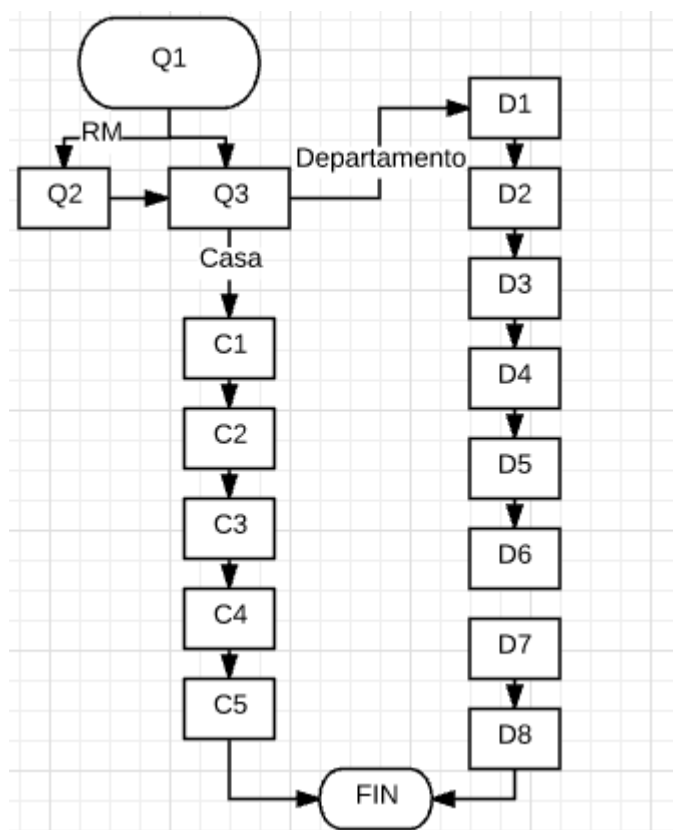
Cuánto gasta / Cuanto consume		
Aparato	Tipo o marca	Consumo por hora
Aire acondicionado	Genérico, 2200 frigorías, 8800 BTU	1350Wh
Aire acondicionado	Genérico, 2500 frigorías, 10000 BTU	1800Wh
Aire acondicionado	Genérico, 3000 frigorías. 12000 BTU	935Wh
Aire acondicionado	Genérico, antiguo	2950Wh
Aire acondicionado	Panasonic	558,6Wh
Aire condicionado	Genérico	690Wh
Calefactor (aire caliente)	Agni	963,1Wh
Calefactor (resistencias)	Genérico	1300Wh
Calienta toallas	Palmi, pequeño 45 W (2011)	45Wh
Calienta toallas	Palmi, pequeño 60 W (2011)	65Wh
Calienta toallas	Siemens, grande 400 W (2011)	400Wh
Calienta toallas	Siemens, mediano 175 W (2011)	175Wh
Estufa cuarzo	Genérico	1000Wh
Estufa de cuarzo	Genérico, 1200 W	1200Wh
Estufa eléctrica	Genérico	2000Wh
Estufa-radiador de aceite	Cata RAT9 1900W-2000W (2008)	755,4Wh

Estufa-radiador de aceite	EV Confort, REA-TD 1000 w (2011)	1000Wh
Estufa-radiador de aceite	EV Confort, REA-TD 350 w (2011)	350Wh
Estufa-radiador de aceite	EV Confort, REA-TD 750 w (2011)	750Wh
Estufa-radiador de aceite	Cata Rat 9, 2000 W (2008)	755,4Wh
Manta eléctrica	Beurer HD90, 180 x 130 (2011)	100Wh
Manta eléctrica	HDM, 180 x 140 cm (2011)	180Wh
Ventilador	Cata	35,1Wh
Ventilador	Taurus	36,4Wh
Ventilador de pie/pedestal	Genérico	288Wh
Ventilador de techo	Airtecnicos M2WP 90/32	75Wh
Ventilador de techo	Airtecnicos MP3N 120	70Wh
Ventilador de techo	Genérico	60Wh

Anexo 1: Resumen consumo de electricidad de artefactos comunes para uso en viviendas. Fuente: www.electrocalculator.com

Cód.	Pregunta	Condición
Q1	Actualmente, ¿En qué región resides?	-
Q2	¿En qué comuna resides?	Si vive en RM
Q3	¿En qué tipo de vivienda resides?	-
C1	Durante los meses recientes más CÁLIDOS (octubre 2015 - marzo 2016), ¿Cuánto dirías que gastaste en promedio mensualmente en tu cuenta de luz? Si tienes la posibilidad de revisar las cuentas de ese período, hazlo.	Residencia en casa
C2	Durante los meses recientes más FRÍOS (abril 2016 - septiembre 2016), ¿Cuánto dirías que gastaste en promedio mensualmente en tu cuenta de luz? Si tienes la posibilidad de revisar las cuentas de ese período, hazlo.	Residencia en casa
C3	¿Cuántos metros cuadrados tiene aproximadamente tu casa (sin contar patio y jardín)? Si no lo sabes, puedes saltar la pregunta.	Residencia en casa
C4	¿Tienes conocimiento de cuántos kWh consumiste mensualmente en promedio durante los meses recientes más CÁLIDOS (octubre 2015 - marzo 2016)? Estos pueden encontrarse al frente de tu boleta de luz. Si no lo conoces, puedes saltar la pregunta.	Residencia en casa
C5	¿Tienes conocimiento de cuántos kWh consumiste mensualmente en promedio durante los meses recientes más FRÍOS (abril 2016 - septiembre 2016)? Estos pueden encontrarse al frente de tu boleta de luz. Si no lo conoces, puedes saltar la pregunta.	Residencia en casa
D1	Durante los meses recientes más CÁLIDOS (octubre 2015 - marzo 2016), ¿Cuánto dirías que gastaste en promedio mensualmente en tu cuenta de luz? Si tienes la posibilidad de revisar las cuentas de ese período, hazlo.	Residencia en departamento
D2	Durante los meses recientes más FRÍOS (abril 2016 - septiembre 2016), ¿Cuánto dirías que gastaste en promedio mensualmente en tu cuenta de luz? Si tienes la posibilidad de revisar las cuentas de ese período, hazlo.	Residencia en departamento
D3	¿Cuántos pisos tiene el edificio donde se ubica tu departamento?	Residencia en departamento
D4	¿Cuántos metros cuadrados tiene tu departamento? Si no lo sabes, puedes saltar la pregunta.	Residencia en departamento
D5	¿Tienes conocimiento de cuántos kWh consumiste mensualmente en promedio durante los meses recientes más CÁLIDOS (octubre 2015 - marzo 2016)? Estos pueden encontrarse al frente de tu boleta de luz. Si no lo conoces, puedes saltar la pregunta.	Residencia en departamento
D6	¿Tienes conocimiento de cuántos kWh consumiste mensualmente en promedio durante los meses recientes más FRÍOS (abril 2016 - septiembre 2016)? Estos pueden encontrarse al frente de tu boleta de luz. Si no lo conoces, puedes saltar la pregunta.	Residencia en departamento
D7	¿Cuántos habitantes residen en tu departamento de manera usual?	Residencia en departamento
D8	¿Cuántos habitantes tiene aproximadamente el edificio donde se ubica tu departamento? Si no lo sabes, puedes saltar la pregunta.	Residencia en departamento

Anexo 2: Set de preguntas de la encuesta realizada para recopilar información. Fuente: (Qualtrics, 2016).



Anexo 3: Diagrama de flujo de encuesta sobre consumo de electricidad en casa o departamento. Se establece una separación para así evitar la fuente de error proveniente de datos de habitantes de casa en un estudio de habitantes de departamento. Fuente: Elaboración propia.

CALCULA EL TAMAÑO DE TU MUESTRA

Calcula tu muestra estadística y conoce el número de entrevistas que tienes que realizar

5465944

TAMAÑO DEL UNIVERSO

Número de personas que componen la población a estudiar.

6,77

MARGEN DE ERROR

Menor margen de error requiere mayores muestras.

50

HETEROGENEIDAD %

Es la diversidad del universo. Lo habitual suele ser 50%.

95

NIVEL DE CONFIANZA

Cuanto mayor sea el nivel de confianza, mayor tendrá que ser la muestra. Lo habitual suele ser entre el 95% y el 99%.

CALCULAR

EL TAMAÑO MUESTRAS RECOMENDADO ES

210

Anexo 4: Determinación de parámetros para reflejar las características de confiabilidad y margen de error ante un universo situado en la Región Metropolitana, con un nivel de confiabilidad del 95% y un 6,72% de margen de error en los datos presentados para una muestra de 213 personas. Fuente: (Netquest, 2015).

N°	Comuna	Luz en verano	Luz en invierno	N° pisos	Metros cuadrados	N° de habitantes depto.	N° habitantes edificio
1	Santiago	Más de \$100.000	\$20.001 a \$40.000	13	50	2	125
2	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	6	95	2	20
3	Macul	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	3	80	4	50
4	San Joaquín	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	4	85	5	55
5	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	25	72	3	700
6	La Florida	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	4	125	5	60
7	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	21	50	2	500
8	Las Condes	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	18	150	4	300
9	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	30	40	2	800
10	Las Condes	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	21	75	2	40
11	Las Condes	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	3	72	3	30
12	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	27	72	3	650
13	Nuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	6	45	2	120
14	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	3	90	4	40
15	Macul	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	20	95	5	160
16	Las Condes	\$60.001 a \$80.000	\$60.001 a \$80.000	11	72	3	200
17	Santiago	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	17	25	1	340
18	Las Condes	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	14	70	5	260
19	Providencia	\$60.001 a \$80.000	\$80.001 a \$100.000	9	80	1	60
20	Santiago	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	23	50	2	380
21	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	21	50	2	500
22	Cerrillos	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	4	15	3	120
23	Las Condes	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	15	120	3	400
24	Santiago	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	22	45	2	260
25	Santiago	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	17	65	3	380

26	Providencia	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	23	62	3	500
27	Las Condes	\$60.001 a \$80.000	\$80.001 a \$100.000	14	80	4	100
28	Ñuñoa	Más de \$100.000	Más de \$100.000	22	95	4	520
29	La Cisterna	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	4	80	2	20
30	Las Condes	\$40.001 a \$60.000	\$40.001 a \$60.000	27	60	3	750
31	Macul	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	26	45	2	600
32	Providencia	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	10	42	2	180
33	Ñuñoa	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	4	60	3	80
34	San Miguel	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	19	120	4	320
35	Las Condes	\$40.001 a \$60.000	Más de \$100.000	8	90	4	100
36	Ñuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	26	35	2	380
37	Independencia	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	25	40	3	700
38	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$60.001 a \$80.000	13	90	4	300
39	San Joaquín	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	23	100	4	500
40	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	15	75	3	420
41	San Miguel	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	14	38	1	280
42	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	7	42	2	100
43	Las Condes	\$20.001 a \$40.000	\$60.001 a \$80.000	16	64	2	290
44	Ñuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$60.001 a \$80.000	23	70	3	430
45	Santiago	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	20	55	2	500
46	Las Condes	\$20.001 a \$40.000	\$60.001 a \$80.000	19	78	3	500
47	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	8	35	2	200
48	San Miguel	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	16	60	2	400
49	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	19	68	3	440
50	Las Condes	\$40.001 a \$60.000	\$60.001 a \$80.000	25	75	2	640
51	Huechuraba	\$40.001 a \$60.000	\$60.001 a \$80.000	12	150	5	200

52	Providencia	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	8	54	2	120
53	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	20	42	2	300
54	San Miguel	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	15	40	2	270
55	Las Condes	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	12	50	3	180
56	Las Condes	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	24	78	4	350
57	San Bernardo	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	4	42	1	60
58	Vitacura	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	8	140	2	240
59	Providencia	\$20.001 a \$40.000	\$60.001 a \$80.000	5	110	4	60
60	Las Condes	\$20.001 a \$40.000	\$0 a \$20.000	8	40	2	200
61	Las Condes	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	19	75	2	380
62	Providencia	\$40.001 a \$60.000	\$60.001 a \$80.000	12	135	2	60
63	Recoleta	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	21	90	1	440
64	Las Condes	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	12	140	3	120
65	Estación Central	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	9	55	3	220
66	Providencia	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	12	145	2	80
67	Nuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	12	110	5	220
68	Las Condes	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	18	100	4	440
69	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	8	145	4	120
70	Las Condes	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	12	110	4	180
71	Nuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	7	100	5	65
72	Las Condes	\$60.001 a \$80.000	\$80.001 a \$100.000	28	80	4	600
73	Nuñoa	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	4	80	2	20
74	Nuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	10	66	2	150
75	Providencia	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	15	63	3	220
76	Providencia	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	5	80	2	40
77	Providencia	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	7	65	2	40
78	La Florida	\$40.001 a \$60.000	\$40.001 a \$60.000	19	70	3	140

79	Nuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	13	80	1	300
80	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	17	45	2	360
81	Nuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	5	70	2	140
82	Santiago	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	8	55	2	160
83	Nuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	14	45	2	140
84	San Miguel	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	21	77	3	500
85	Santiago	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	18	110	2	450
86	Santiago	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	4	52	2	30
87	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	18	107	2	450
88	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	17	48	1	425
89	Santiago	\$40.001 a \$60.000	\$40.001 a \$60.000	18	66	5	450
90	Santiago	\$40.001 a \$60.000	\$60.001 a \$80.000	18	89	3	450
91	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	18	53	2	450
92	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	18	69	1	450
93	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	18	70	4	450
94	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	18	72	3	450
95	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	18	76	3	450
96	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	17	54	2	425
97	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	18	48	4	450
98	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	18	50	1	450
99	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	17	60	4	425
100	Santiago	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	18	75	3	450
101	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	18	78	2	450
102	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	18	74	3	450
103	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	17	52	2	425
104	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	18	52	4	450
105	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	18	64	3	450
106	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	18	70	4	450

107	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	18	40	2	450
108	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	18	65	4	450
109	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	25	50	3	600
110	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	18	45	3	450
111	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$0 a \$20.000	18	53	2	450
112	Santiago	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	17	64	4	425
113	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	26	28	1	610
114	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	18	70	2	450
115	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	4	30	2	30
116	Santiago	\$20.001 a \$40.000	Más de \$100.000	17	86	4	425
117	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	17	95	4	425
118	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	18	42	2	450
119	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	18	42	2	450
120	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	17	42	4	425
121	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	18	70	4	450
122	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	18	76	3	450
123	Santiago	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	18	64	2	450
124	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	17	62	1	425
125	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	18	85	2	450
126	Santiago	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	4	65	4	240
127	Recoleta	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	5	80	3	60
128	Nuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	8	80	4	160
129	Providencia	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	8	72	4	85
130	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	26	75	4	1200
131	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	11	40	2	300
132	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	3	45	4	40
133	Nuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	13	160	3	250
134	Nuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	12	80	1	220

135	Ñuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	7	60	2	220
136	Ñuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	13	80	4	260
137	Ñuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	4	59	4	115
138	Ñuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	15	60	5	230
139	Ñuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	9	80	3	250
140	Ñuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	22	70	3	1200
141	Ñuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	22	96	4	500
142	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	27	30	1	700
143	Macul	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	3	50	2	20
144	Ñuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	5	50	5	80
145	Ñuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	18	70	4	300
146	Peñalolén	\$0 a \$20.000	\$80.001 a \$100.000	2	140	4	80
147	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	17	42	2	510
148	San Miguel	\$0 a \$20.000	\$40.001 a \$60.000	18	70	2	400
149	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	10	48	3	160
150	Ñuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	17	58	2	510
151	Ñuñoa	\$40.001 a \$60.000	\$60.001 a \$80.000	25	65	3	200
152	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	28	50	5	1200
153	Estación Central	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	25	40	2	800
154	Providencia	Más de \$100.000	Más de \$100.000	5	90	4	50
155	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	24	54	2	400
156	Ñuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	6	90	3	25
157	Providencia	\$20.001 a \$40.000	\$60.001 a \$80.000	15	94	2	80
158	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	33	62	2	1200
159	Ñuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	22	90	5	300
160	Ñuñoa	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	4	80	4	100
161	Ñuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	14	90	4	380
162	Ñuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	10	70	2	150

163	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	23	60	2	600
164	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	26	46	1	900
165	Peñalolén	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	4	57	3	70
166	Nuñoa	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	10	90	2	300
167	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	25	60	2	525
168	Macul	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	17	40	2	540
169	Macul	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	3	85	4	25
170	Peñalolén	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	2	150	4	10
171	La Reina	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	4	90	3	32
172	Nuñoa	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	17	64	3	200
173	San Miguel	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	25	50	3	3000
174	Nuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	4	78	2	64
175	Nuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	4	75	1	20
176	Nuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$60.001 a 80.000	16	100	4	180
177	Estación Central	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	25	90	4	525
178	Peñalolén	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	3	40	4	100
179	Santiago	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	20	60	2	240
180	Santiago	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	23	70	3	2000
181	Nuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	4	99	2	40
182	Nuñoa	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	25	38	1	1500
183	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	23	45	2	500
184	Nuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	24	30	1	600
185	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	28	45	2	500
186	Peñalolén	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	3	70	3	40
187	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	8	46	2	200
188	Macul	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	2	72	2	36
189	Providencia	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	11	45	1	150
190	Nuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	14	90	4	336

191	Independencia	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	25	50	4	800
192	Macul	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	18	67	2	200
193	Providencia	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	7	90	2	90
194	Las Condes	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	14	90	2	126
195	Lo Prado	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	4	70	4	60
196	Nuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	6	77	2	30
197	Peñalolén	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	2	50	4	40
198	Santiago	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	20	40	1	600
199	Puente Alto	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	5	60	4	90
200	Nuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	19	92	1	320
201	Nuñoa	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	22	44	1	270
202	Nuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$40.001 a \$60.000	14	90	3	240
203	Santiago	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	4	85	3	40
204	Puente Alto	\$60.001 a \$80.000	\$20.001 a \$40.000	12	85	2	220
205	Puente Alto	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	5	60	2	60
206	San Ramón	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	5	60	4	500
207	Santiago	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	11	75	2	600
208	Macul	\$0 a \$20.000	\$20.001 a \$40.000	3	60	4	60
209	Providencia	\$0 a \$20.000	\$0 a \$20.000	24	50	2	500
210	Nuñoa	\$20.001 a \$40.000	\$20.001 a \$40.000	4	95	3	40

Anexo 5: Resultados de la encuesta realizada a 210 personas. De acuerdo al tamaño del universo de la provincia de Santiago, ésta posee un margen de error de 6,77% y confiabilidad del 95%.