

# Facultad de Ciencias

Departamento de Estadística

Carrera Ingeniería Estadística

## PROYECTO DE TÍTULO II

Asignatura	:	<b>Proyecto de Título II (220068)</b>
Título	:	<i>“Determinación de la línea base de la demanda energética de viviendas en la Región de Magallanes”.</i>
Realizado por	:	Patricio Díaz Antinao. Juan Vargas Mena.
Profesor Guía	:	Dr. Francisco Novoa.
Profesor Co-Guía	:	Rodrigo Figueroa. Ingeniero CITEC-UBB.
Semestre	:	Primer Semestre 2017.
Fecha	:	Concepción, 3 de Agosto de 2017.



UNIVERSIDAD DEL BÍO BÍO  
www.ubiobio.cl

## Índice.

<b>1</b>	<b>Resumen.</b>	7
<b>2</b>	<b>Introducción.</b>	8
<b>3</b>	<b>Objetivos.</b>	9
3.1	Objetivos Generales.	9
3.2	Objetivos Específicos.	9
<b>4</b>	<b>Antecedentes generales.</b>	10
4.1	Origen del Proyecto	10
4.2	Línea Base.	10
4.3	Algunos conceptos necesarios para el muestreo.	12
4.3	Muestreo aleatorio estratificado (m.a.e.)	13
<b>5</b>	<b>Materiales y métodos.</b>	14
5.1	Población en estudio.	15
5.2	Diseño de muestreo para establecer la línea base.	16
5.3	Estimación tamaño de la muestra.	17
5.4	Afijación de la muestra	19
<b>6</b>	<b>Resultados</b>	20
6.1	Técnica de simulación dinámica	20
6.2	Características de las construcciones habitacionales que fueron simuladas	25
6.3	Análisis exploratorio de datos para la demanda energética entre tipologías similares. 27	
6.4	Comparación de Demanda energética entre construcciones elaboradas en hormigón, madera y metalcom.	30
6.5	Análisis de correspondencias múltiples.	31
6.6	Gráficos de interacción para estadística descriptiva.	35
6.7	Líneas bases de los factores que determinan la permeabilidad al aire en el sector edificios habitacionales de Chile.	37
6.8	Intervalos de confianza basado en bootstrap	37
<b>7</b>	<b>Recomendaciones</b>	42
<b>8</b>	<b>Conclusiones</b>	43
<b>9</b>	<b>Bibliografía</b>	44
<b>10</b>	<b>Anexos</b>	45

## Índice de Tablas.

Tabla 1: Total de edificaciones en la región de Magallanes.....	15
Tabla 2: Mediciones de Demanda energética realizados por CITEC.....	17
Tabla 3: Prueba de normalidad .....	30
Tabla 4: Estadístico de prueba Kruskal-Wallis .....	31
Tabla 5: Resumen del modelo.....	32
Tabla 6: Medidas de discriminación.....	33
Tabla 7: Intervalos de confianza para la línea base de material predominante en muros. ....	38
Tabla 8: Intervalos de confianza para la línea base de material predominante en muros, según su agrupamiento.....	39
Tabla 9: Promedio de la demanda energética, según número de pisos y materialidad predominante en muros. Fuente: Elaboración propia .....	40
Tabla 10: Materialidad predominante en muros en la región de Magallanes con información obtenida del INE.....	46

## Índice de Figuras

Figura 1: Total de edificaciones habitacionales en tres comunas de la región de Magallanes. .	16
Figura 2: Diagrama resumido del proceso de simulación energética mediante software de simulación Desing Builder. ....	21
Figura 3: Definición Modelo 3D .....	22
Figura 4: Visualización del Modelo 3D, análisis de sombra. ....	22
Figura 5: Ingreso de variables asociadas a la actividad y uso del edificio.....	23
Figura 6: Ingreso de variables asociadas a las características constructivas del edificio. ....	23
Figura 7: Visualización de resultados con interfaz de Desing Builder .....	24
Figura 8: Visualización de reporte de resultados generales de la simulación. ....	24
Figura 9: Casa del tipo aislada de materialidad predominante en muro madera con dos niveles (pisos) .....	25
Figura 10: Casa del tipo pareada de materialidad predominante en muros hormigón con dos niveles (pisos) .....	26
Figura 11: Casa continúa de materialidad predominante en muro hormigón con tres niveles (pisos) .....	26
Figura 12: Diagrama box-plot, según adosamiento y materialidad predominante en muros. ....	27
Figura 13: Diagrama box-plot, según rango y materialidad predominante en muros. ....	28
Figura 14: Diagrama box-plot, según nº de pisos y materialidad predominante en muros. ....	29
Figura 15: Medida de discriminación. ....	33
Figura 16: Diagrama cartesiano conjunto de puntos.....	34
Figura 17: Gráfico de interacción entre rango en m <sup>2</sup> y materialidad predominante en muros....	35
Figura 18: Gráfico de interacción entre agrupamiento y materialidad predominante en muros. .	36
Figura 19: Promedio de la demanda energética por materialidad predominante en muros.....	37
Figura 20: Promedio de la demanda energética, según agrupamiento y materialidad predominante en muros.....	39
Figura 21: Promedio de la demanda energética, según número de pisos y materialidad predominante en muros.....	40
Figura 22: Materialidad predominante en muros de las edificaciones habitacionales, en base a la información entregada por el INE. ....	45
Figura 23: Materialidad predominante en muros en Punta Arenas, en base a la información entregada por el INE. ....	45

## Agradecimientos

De parte de Juan Vargas Mena:

Primeramente, quiero agradecer a mi Padre Celestial JEHOVÁ de los ejércitos a su hijo JESUCRISTO y a su ESPÍRITU SANTO, por su inmenso amor para con mi vida por salvar mi alma primeramente y ofrecerme una vida mejor, entendiendo que lo que tengo, lo que soy y lo que pudiera llegar hacer se lo debo solo a Él.

Gracias a mi familia mi Esposa Alisson Ramos, mis padres Purísima Mena y Juan Vargas, mis hermanos: Felipe, Loreto y Mauricio, a José Arín mi otro padre y a mi familia en general. Gracias por estar siempre a mi lado y ayudarme en todo momento con alegría.

Gracias a mi Pastor Juan Aguayo quien también fue y es una gran ayuda para mí, siempre orando a Dios por su ayuda hacia mí y entregando los consejos adecuados en el momento, a mis hermanos en la fe y a mis amigos que estuvieron conmigo en esta etapa de estudios y en la actualidad, Pedro Pedrero y Cristian Contreras.

A mi hermano en la fe, amigo y compañero Patricio Díaz, muchas gracias por la ayuda otorgada en este periodo, por la amistad y muchas cosas más.

Agradecer a cada profesor, por su enseñanza en esta etapa académica, muy en especial a Don Sergio Contreras, de los mejores profesores que tiene la universidad, agradecer también a Patricia Toledo, secretaria de la carrera, por buena disposición siempre. Gracias.

De parte de Patricio Díaz Antinao:

Primeramente doy gracias a Dios por su infinito amor y bondad, por todo lo que me ha dado, gracias por la bendición que me da de cumplir uno de mis sueños.

Gracias a mi familia, mis padres Patricio y Eliet, mis hermanos Michel y Karin, primos y primas, tías y tíos, etc., gracias por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento en cada momento de este proceso, por siempre estar ahí cuando los necesite, por su preocupación en el avance y desarrollo de esta tesis, gracias a mis padres por creer en mí, por anhelar lo mejor para mi vida, porque me han enseñado a no rendirme y ser perseverante en esta vida, pese a las dificultades que se presentan.

A mi compañero de tesis y amigo Juan Vargas, sólo puedo tener palabras de gratitud, por su amistad en estos años de universidad, por su apoyo en los momentos, buenos y difíciles, muchas gracias por tu valiosa y verdadera amistad.

Muchas gracias a los profesores que han sido parte en el desarrollo de este trabajo, en especial al profesor Francisco Novoa y Sergio Contreras que me han apoyado en todo momento, al igual que la profesora y jefe de carrera Nelly Gómez. Al Ingeniero en Construcción Rodrigo Figueroa quien colaboro con los conocimientos y enfoque necesarios para desarrollar este proyecto y su apoyo en el transcurso de éste.

Agradecer en gran manera a Patricia Toledo, por su buena disposición, amabilidad y buena voluntad que me brinda cada vez que asisto a su oficina, muchas gracias. Además a todos mis compañeros y amigos de la universidad que me han apoyado en esta etapa.

Gracias a Dios por este nuevo triunfo, gracias a todas las personas que confiaron, creyeron y me apoyaron en la realización de esta tesis.

## **1 Resumen.**

El presente documento consiste en una investigación que tiene por objetivo dar cuenta de la línea base de la demanda energética, del parque construido de viviendas habitacionales en la región de Magallanes, trabajo que se enmarca dentro de un proyecto de investigación, donde los alumnos Patricio Díaz y Juan Vargas colaboran en la parte estadística. Cuya investigación deriva de los problemas de hermeticidad de las edificaciones en la región de Magallanes, de nuestro país. Con el objetivo de considerar, en la región de Magallanes, la variable hermeticidad de la construcción, se determinará la línea base de los principales factores que determinan la demanda energética para distintas tipologías de las viviendas construidas en la actualidad, en la Región de Magallanes.

## **2 Introducción.**

Desde los inicios de la creación, las construcciones de viviendas han estado marcadas por sus distintos tipos de materialidad, desde las rucas o chozas hechas por los primates hasta la actualidad, donde podemos ver grandes construcciones sólidas, por ejemplo, materiales de hormigón, distintos tipos de maderas aserradas y materiales del tipo metalcon, en donde siempre se ha buscado el bienestar, comodidad y la termicidad en las viviendas los cuales son requisitos básicos para las familias.

En esta perspectiva, desde hace más de tres décadas, los países denominados desarrollados han establecido estrictas regulaciones sobre la demanda de energía de las edificaciones, como también sobre el comportamiento de los componentes de la envolvente de la vivienda, la calidad del aire interior, la eficiencia de los equipos de calefacción, etc.

La investigación propuesta corresponde en una asesoría por el Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción (CITEC UBB), a la universidad de Magallanes, en el proyecto Corfo innova chile “Generación de estándares de construcción en la región de Magallanes y antártica chilena a través de eficiencia energética y uso de energías renovables”. Estudio que va a derivar para un bien público que permita mejorar la aplicación local de los estándares de construcción en términos de eficiencia y desempeño energético en los proyectos de viviendas, específicamente para ese territorio, con sus particularidades geográficas y climáticas.

El propósito del presente estudio consiste en establecer la línea base de la demanda energética de las nuevas construcciones de viviendas, en la Región de Magallanes.



### **3 Objetivos.**

#### **3.1 Objetivos Generales.**

Determinar la línea base de la demanda energética del parque de construcción habitacional de la Región de Magallanes, mediante técnicas de análisis estadístico para así dar respuesta a una de las interrogantes del proyecto “Generación de estándares de construcción en la región de Magallanes y antártica chilena a través de eficiencia energética y uso de energías renovables”.

#### **3.2 Objetivos Específicos.**

1. Revisión bibliográfica de las temáticas relacionadas con la demanda energética de viviendas para conocer y comprender la fenomenología.
2. Determinar una muestra representativa de viviendas de la región de Magallanes, en base a la recopilación de información proveniente de los anuarios de edificación desarrollados por el Instituto Nacional de Estadística, considerando como variables de la tipología de viviendas el adosamiento, materialidad y superficie construida, mediante un diseño de muestreo del tipo aleatorio estratificado.
3. Definir las técnicas para el análisis de los datos para determinar la línea de base de la demanda energética de viviendas en la región de Magallanes.
4. Determinar la línea de base de la demanda energética de las actuales viviendas de la región de Magallanes, y los factores que influyen en ella.

En el proyecto de título I, se desarrollarán los objetivos específicos 1 y 2 y en el proyecto de título II, los objetivos siguientes.

## 4 Antecedentes generales.

### 4.1 Origen del Proyecto

Actualmente la universidad de Magallanes, en cooperación con el Centro de Investigación en Tecnologías de la Construcción (CITEC), de la Universidad del Bío-Bío, desarrolla un proyecto, I+D. título del proyecto: “Generación de estándares de construcción en la región de Magallanes y antártica chilena a través de eficiencia energética y uso de energías renovables”, cuyo objetivo del proyecto, consiste en establecer la línea base de la demanda energética de las viviendas construidas en la actualidad, en la Región de Magallanes.

Para la realización del proyecto, se ejecuta el presente estudio, con la colaboración en la metodología estadística por parte del profesor Francisco Novoa académico de la Universidad del Bío-Bío.

El indicador fijado en el Proyecto de Título I es la demanda energética, donde esta variable de interés se expresa en términos de demanda energética en kilo vatios hora metro cuadrado útil año (kwh/m<sup>2</sup>año).

### 4.2 Línea Base.

Definición.

Línea base, definida como la primera medición o línea basal, reflejo del estado inicial o punto de partida, de una población o realidad sujeto de estudio que se pretende modificar (BID, 1997). Técnica que se propone utilizar en este caso para conocer la calidad energética de la oferta actual de nuevas construcciones en la Región, como estado basal y referencia para apreciar el impacto de medidas de mejoramiento energético de futuras nuevas construcciones.

Los objetivos de realizar una línea base son:

Brindar información agregada, oportuna y confiable, que permita a las entidades de gobierno alcanzar óptimos de eficiencia en la gestión y en los procesos de toma de decisiones.

Contribuir con la consolidación de una cultura de uso y aprovechamiento de la información, mediante el manejo permanente de indicadores seleccionados y de análisis de eficiencia comparativa en el seguimiento y la evaluación de las políticas públicas.

Facilitar a múltiples usuarios (autoridades nacionales, departamentales, locales y ciudadanos) el acceso y el uso de la información, mediante alguna herramienta.

### **Línea base (investigación científica).**

La línea base, línea basal o estudio de base viene a ser la primera medición de todos los indicadores contemplados en el diseño de un proyecto de desarrollo social por ende permite conocer el valor de los indicadores al momento de iniciarse las acciones planificadas, es decir, establece el “punto de partida” del proyecto o intervención.

La línea base suele tener un carácter cuantitativo y puede recurrir tanto a fuentes primarias (producidas ad-doc) como a secundarias (por ejemplo censos, estudios previos), pero se prefiere las fuentes primarias dado que muchas veces los proyectos de desarrollo conciernen a un escenario específico no contemplado por otros investigadores.

Dentro del ciclo del proyecto, la línea base debe realizarse cuando éste se inicia; de lo contrario, no se contará con datos que permitan establecer comparaciones posteriores e indagar por los cambios ocurridos conforme el proyecto se vaya implementando. Asimismo, de no realizarse se hacen menos confiables las posteriores evaluaciones de resultados y/o de impacto de un proyecto de desarrollo.

El resultado de la línea base se expresa en un informe que describe la situación del problema identificando antes de la intervención del proyecto y la información elaborada se conoce como año base, punto de referencia o año cero.

### **Utilidad de la Línea Base.**

- ❖ Permite establecer la situación inicial del escenario en que se va a implementar un proyecto.
- ❖ Sirve como un punto de comparación para que en futuras evaluaciones se pueda determinar qué tanto se ha logrado alcanzar los objetivos.
- ❖ Corroborar los datos obtenidos en el diagnóstico y los estudios de factibilidad previos que dieron origen a la formulación del proyecto.

- ❖ Caracteriza en forma más precisa a la población objetivo del proyecto o intervención, y con ellos incluso se podría reformular los objetivos con miras a ganar mayor pertinencia, eficacia y sostenibilidad potencial.
- ❖ Realizar una planificación bien concebida para la ejecución del proyecto.

#### 4.3 Algunos conceptos necesarios para el muestreo.

Previo a definir un muestreo aleatorio estratificado, se presentarán algunos conceptos importantes para seleccionar una muestra, para Cochran, (1998) estos conceptos son:

- Población: una población o universo, es el conjunto de todos los elementos definidos antes de la selección de la muestra. Conjunto total de elementos, sujetos u objetos bajo estudio para los cuales se desea estudiar alguna característica.
- Elemento: es la unidad para la cual se desea obtener información estadística. Es la entidad que va a ser objeto específico de estudio en una medición. Las unidades de análisis más comunes son las personas, los hogares, los predios agrícolas y los establecimientos comerciales. También pueden ser productos que salgan de una máquina procesadora. Se llama frecuentemente a la unidad de análisis un elemento de la población. Puede ser que haya más de una unidad de análisis para la misma encuesta; por ejemplo, hogares y personas; o el número de predios agrícolas y las hectáreas de tierra cultivadas.
- Unidad de muestreo: es el elemento o los elementos disponibles para su selección en alguna etapa del proceso de muestreo. En el tipo de muestreo más simples, el de una sola etapa, las unidades y los elementos de muestreo son lo mismo, también está el proceso de dos etapas, que corresponde a un muestreo bietápico. Por cierto hay casos en que las unidades de muestreo y de análisis coinciden, y de cualquier modo debe haber una correspondencia entre ellas.

- Marco Muestral: es el listado de todas las unidades que se utilizan para elegir la muestra (es la lista de los elementos de la población muestreada). Este marco puede estar conformado, por ejemplo, por una lista de personas o de unidades de vivienda; puede ser también un mapa subdividido en áreas, o una lista de nombres y domicilios almacenados en algún medio electrónico, como por ejemplo un archivo en un disco duro o en una base de datos.
- Población objetivo: representa la población deseada, la que se desea alcanzar e investigar. Sin embargo, partes de la población objetivo pueden ser imposibles de alcanzar.
- Población muestreada: se refiere a la población a la que realmente podemos llegar. Desde luego debe buscarse la más estrecha correspondencia posible entre la población objetivo y la muestreada.

#### 4.3 Muestreo aleatorio estratificado (m.a.e.)

Para un muestreo estratificado la población se divide en estratos, heterogéneos entre sí, mientras que cada estrato tiene elementos homogéneos. Conviene usar este tipo de muestreo cuando hay estratos naturales (Regiones; Hombre / Mujer, etc.), en especial cuando se desea tener resultados representativos no sólo para la población total sino además para cada estrato individual.

Además es un tipo de diseño de muestreo que frecuentemente proporciona una cantidad específica de información a menor costo que el muestreo aleatorio simple, es el muestreo aleatorio estratificado (m.a.e.). Una muestra aleatoria estratificada es una muestra aleatorio que se obtiene separando los elementos de la población en grupos disjuntos, llamados estratos, y seleccionando una muestra aleatoria simple dentro de cada estrato.

Este muestreo tiene tres ventajas importantes sobre el muestreo aleatorio simple:

- Frecuentemente el costo de la recolección y el análisis de los datos se reduce al estratificar en grupos cuyos elementos tienen características similares, pero que difieren de un grupo a otro.

- La segunda ventaja está relacionada con la varianza del estimador de la media poblacional. Usualmente esta variabilidad se reduce usando m.a.e., debido a que la variabilidad dentro de los estratos es generalmente menor que la variabilidad de la población.
- Se obtienen estimadores separados para los parámetros de cada estrato, sin necesidad de seleccionar otra muestra e incurrir en mayores gastos. Es decir, los resultados de una investigación realizada por m.a.e. se pueden entregar a nivel poblacional y a nivel de estratos.

## **5 Materiales y métodos.**

La primera etapa del proyecto contempló la aplicación de métodos descriptivos a las bases de datos entregadas por el INE, para generar el diseño de muestreo que es proporcionado a CITEC para tomar ensayos de las muestras propuestas.

Una vez recibidos algunos de estos datos, se procedió a caracterizar las edificaciones habitacionales. En segunda etapa se utilizaron técnicas estadísticas, como gráficos de barra de error, métodos multivariados de análisis de correspondencias múltiples, comparación de medias paramétrica y no paramétrica, análisis de varianza con fines descriptivos, para luego desarrollar y determinar las líneas bases de los factores que determinan la demanda energética en las casas habitacionales en la región de Magallanes.

Los análisis se realizaron con los softwares: IBM SPSS Statistics Versión .22, STATGRAPHICS Plus Versión 3.1, ACCESS año 2013 y Microsoft Excel año 2013.

## 5.1 Población en estudio.

La tabla 1 presenta la población total de edificaciones a considerar en el estudio para la muestra, estos datos fueron proporcionados por el INE y SERVIU, y en base a ellos se realizaron análisis estadísticos para una mayor comprensión de los datos. Por cobertura de proyecto (sector productivo de interés para Corfo), se prioriza sector inmobiliario, y en específico oferta comercial en villas y edificios con más de 20 casas (se dejó fuera condominios y viviendas individuales o de grupos pequeños), y sólo para completar el universo, se consideran sectores del SERVIU, en específico Natales y Porvenir que no tiene oferta inmobiliaria grupal, y algo en la ciudad de Punta Arenas.

Otro criterio son la edificaciones construidas desde el año 2008 al 2014 (aplicación de reglamentación térmica), en las comunas de Punta Arenas, Natales y Porvenir. Puerto Williams se encuentra en otra categorización, ya que su demanda en calefacción se cubre con leña y gas licuado del petróleo, a diferencia de las otras ciudades que utilizan gas natural.

<b>Población objetivo</b>			
	<b>Inmobiliaria</b>	<b>SERVIU</b>	<b>Total</b>
<b>Metalcon</b>	1016	830	<b>1846</b>
<b>Madera</b>	487	0	<b>487</b>
<b>Hormigón</b>	80	100	<b>180</b>
<b>Total</b>	<b>1583</b>	<b>930</b>	<b>2513</b>

Tabla 1: Total de edificaciones en la región de Magallanes.

Fuente: Elaboración propia.

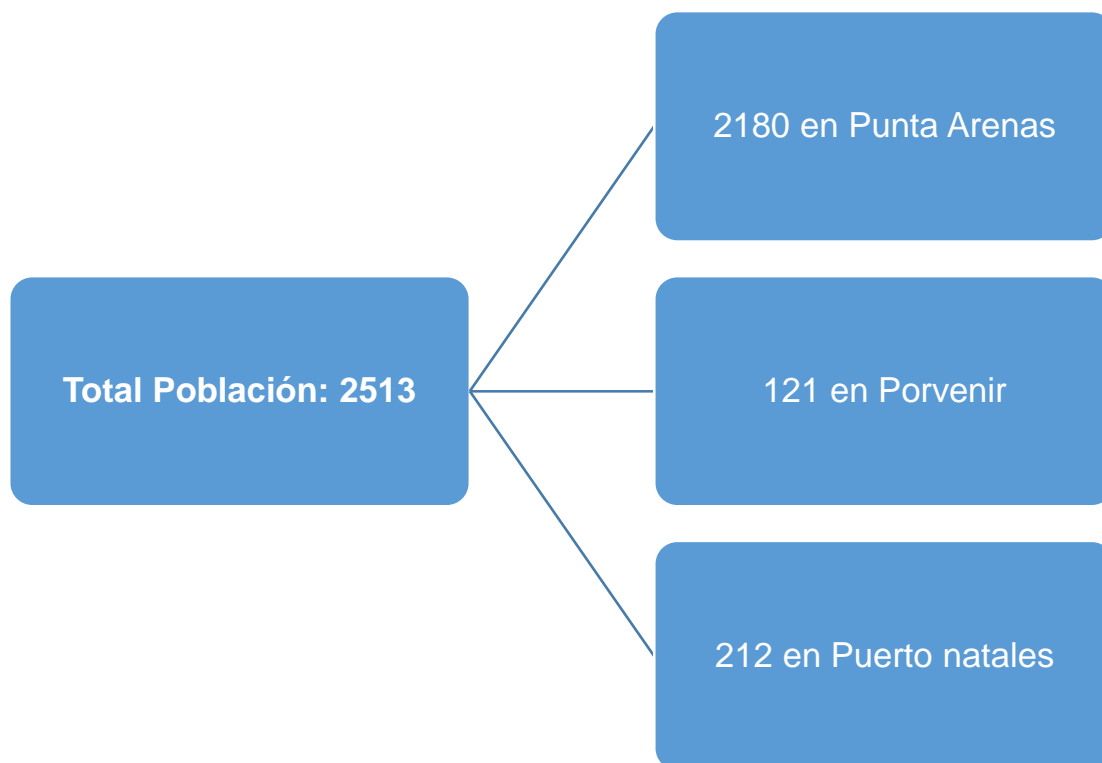


Figura 1: Total de edificaciones habitacionales en tres comunas de la región de Magallanes.

Fuente: Elaboración propia.

## 5.2 Diseño de muestreo para establecer la línea base.

Para establecer el diseño de muestreo, se contó principalmente con información proporcionada por el INE, específicamente datos que se encuentran en la página web, datos relacionados con el material predominante de edificios habitacionales en la región de Magallanes, a partir del año 2008 hasta el 2014, lo cual conforma la población objetivo.

Los factores a considerar son:

*Número de pisos:*

- ❖ 1 piso
- ❖ 2 pisos
- ❖ 1- 5.(número de pisos de los departamentos)



Materialidad predominante, clasificada en 3 tipos:

- ❖ Hormigón.
- ❖ Madera.
- ❖ Estructura metálica.

Sistema de Agrupación (habitacional):

- ❖ Casa aislada.
- ❖ Casa pareada.
- ❖ Casas continuas y departamentos.

Superficie:

- ❖ 40 a 80 m<sup>2</sup>.
- ❖ 80 a 120 m<sup>2</sup>.
- ❖ Mayor a 120 m<sup>2</sup>.

### 5.3 Estimación tamaño de la muestra.

Para estimar la varianza, denotada por  $S^2$ , se contó con información de estudios anteriores de mediciones de demanda energética realizados por CITEC UBB entre los años 2016-2017. Los que se resumen en la tabla 2:

Material	Xi	Fi
Madera	490	20%=0,2
Metalcon	400	70%=0,7
Hormigon	360	10%=0,1

Tabla 2: Mediciones de Demanda energética realizados por CITEC.

Donde:

$x_i$ : Valor máximo posible de demanda energética (kwh/m<sup>2</sup>año).

$f_i$ : Frecuencia observada.

A partir de los datos presentados en la tabla 2, se obtiene una estimación de la demanda energética promedio y su varianza:

Demanda promedio estimada:  $\bar{x} = \sum x_i f_i = 414$  (kwh/m<sup>2</sup>año).

Varianza  $S^2 = \sum x_i^2 f_i - \bar{x}^2 = 172980 - (414)^2 = 1584$  de donde se desprende que la desviación estándar es 39,8

Para la estimación del tamaño de la muestra se considera un nivel de confianza del 95% ( $z = 1,96$ ) y un error de muestreo del 3,5%, el que se estima en 14,49.

$$\text{Luego: } n_0 = \frac{z^2 s^2}{d^2} \text{ y } 1 - \alpha/2 = 0.975 \Rightarrow z_{0,975} = 1.96$$

Por lo tanto,  $n_0 = \frac{z_0^2 \hat{\sigma}^2}{d^2} = \frac{1,96^2 * 1584}{(14,49)^2} = 28,98$  unidades de muestreo. Se considerarán 29 unidades de muestreo.

### **Corrección por Población finita:**

Por lo cual,  $n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} = 28,65$  unidades de muestreo. Se consideró 29 unidades de muestreo.

Para comprobar si el tamaño de muestra es el indicado, se aplicó la siguiente fórmula  $\frac{n_0}{N}$ , con  $N = 2513$ . Si este valor es inferior a 0,05, nos quedamos con el tamaño muestral  $n_0$ . En este caso la fracción da como resultado 0,01; es adecuado el tamaño de muestra.

### Al realizar el muestreo con un error del 3%

Para la estimación del tamaño de la muestra se considera un nivel de confianza del 95% ( $z = 1,96$ ) y un error de muestreo del 3%, el que se estima en 2,37.

$$\text{Luego: } n_0 = \frac{z^2 s^2}{d^2} \text{ y } 1 - \alpha/2 = 0.975 \Rightarrow z_{0,975} = 1.96$$

Entonces,  $n_0 = \frac{z_0^2 \hat{\sigma}^2}{d^2} = \frac{1,96^2 * 1584}{(2,37)^2} = 39,45$  unidades de muestreo. Se considerarán 40 unidades de muestreo.

Para comprobar si el tamaño de muestra es el indicado, se aplicó la siguiente fórmula  $\frac{n_0}{N}$ , con  $N = 2513$ . Si este valor es inferior a 0,05, nos quedamos con el tamaño muestral  $n_0$ . Vemos que  $\frac{n_0}{N} = 0,02$ ; por lo tanto, el tamaño de la muestra es 40.

Al realizar la filtración en Access en los campos requeridos; para la región número 12, el sector privado, tipo de permiso obra nueva, la clasificación; es decir, el material predominante ya sea hormigón, madera o metalcon. Y la glosa destino si la casa es del tipo aislada pareada o continua, se obtuvo el tamaño del parque de viviendas construidas en la región de Magallanes con estas características o estratos, con un número de 2513 viviendas.

#### 5.4 Afijación de la muestra

Se llama afijación de la muestra a la asignación, reparto, adjudicación, adscripción o distribución del tamaño muestral  $n$  entre los diferentes estratos. Esto es, a la determinación de los valores de  $n_i$ , que verifiquen  $n_1 + n_2 + \dots + n_L = n$ . Pueden establecerse muchas afijaciones o maneras de repartir la muestra entre los estratos, pero las más importantes son: afijación uniforme, afijación proporcional, afijación de varianza mínima y afijación óptima.

La afijación a utilizar en el proyecto es la afijación proporcional, el cual consiste en asignar a cada estrato un número de unidades muestrales proporcional a su tamaño. Las  $n$  unidades de la muestra se distribuyen proporcionalmente a los tamaños de los estratos expresados en números de unidades. Tenemos así que:

$$n_i = n \left( \frac{N_i}{N} \right); \text{ para cada } i = 1, 2, 3, \dots, L.$$

Por lo tanto, se desarrolló un muestreo estratificado mediante afijación proporcional tomando el cuenta la región, el sistema de agrupación, año y la materialidad. Para el caso de edificaciones destinadas a servicios, la distribución de la muestra se realizó de manera de cubrir factores de materialidad principalmente. El tamaño mínimo de la muestra es 60 para cada combinación: región/año/grupación/materialidad de la edificación habitacional. Este tamaño muestral puede ser distribuido proporcionalmente a la cantidad de edificaciones por tipologías, pero como todas éstas deben estar representadas en el estudio como mínimo, de los factores definidos anteriormente, con el fin de obtener una línea base por cada tipología.

La muestra total quedó constituida por 206 edificaciones, la que fue obtenida con un nivel de confianza de un 95%, una varianza 81 ( $kwh/m2año$ ) estimada a partir de estudios anteriores realizados por CITEC UBB entre los años 2016-2017 y un error de muestreo de un 3,5%, teniendo en cuenta el tiempo destinado a la recopilación de la información y los costos que involucran los ensayos, se tomó la decisión por parte de CITEC de utilizar el tamaño de muestra de 29 unidades por estrato.

## 6 Resultados

### 6.1 Técnica de simulación dinámica

Para determinar la demanda energética se utilizan técnicas de simulación del tipo dinámica a través del software Desing Builder. La metodología utilizada para la obtención de resultados de demanda energética expresada mediante el indicador kwh/m<sup>2</sup>año, es la que se describe de manera resumida a continuación:

1.- Modelación 3D: Mediante herramientas de dibujo se representa la geometría del edificio y sus recintos en relación a los planos de arquitectura, así también se representan otras geometrías, obstáculos remotos cercanos que pudiesen influir en el comportamiento del edificio.

2.- Definición del edificio: en esta parte del proceso de simulación se integran todas las características físico constructivo del edificio y sus características de ocupación, así también los sistemas y proyectos de especialidad del edificio, iluminación, ventilación entre otros.

3.- Simulación: en esta etapa el software realiza el proceso de simulación del comportamiento del edificio de acuerdo a su motor de cálculo, motor que integra ecuaciones y modelos estandarizados para la obtención de resultados.

4.-Análisis de resultados: Una vez concluido el proceso de simulación, se analizan los resultados de acuerdo a las variables de interés. La capacidad de respuesta del software dependerá de sus características y de la configuración que se le realiza para cada modelo a simular. La variable a utilizar en este trabajo corresponde a la demanda energética de calefacción.



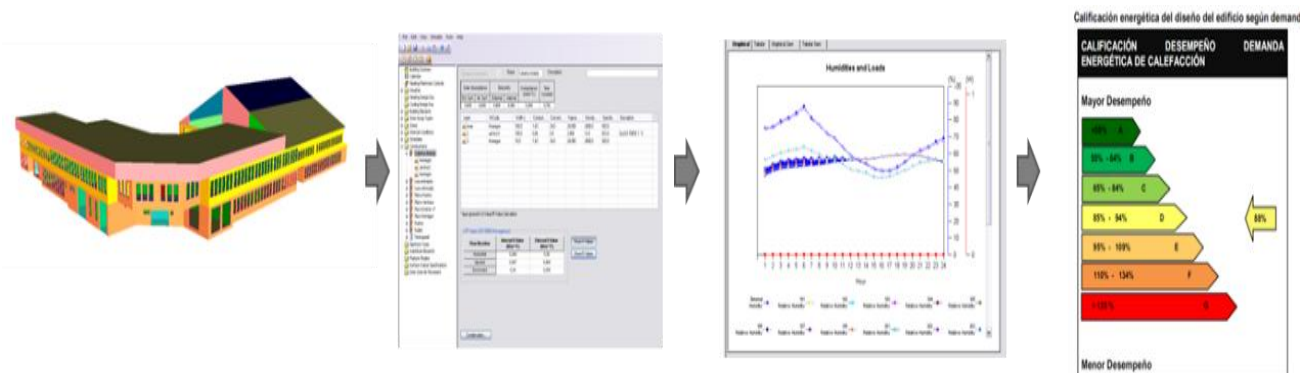


Figura 2: Diagrama resumido del proceso de simulación energética mediante software de simulación Desing Builder.

Fuente: CITEC UBB

#### Consideraciones generales para la simulación:

- Se utilizó el software de simulación Desing Builder Versión 5.01.016.
- Base de datos climática de la ciudad de Punta Arenas, fuente Desing Builder.
- Se emplean planos y especificaciones técnicas de arquitectura y especialidades.
- Se deduce de planos el emplazamiento del proyecto, dirección y orientación respecto al norte.
- La materialidad de los edificios se deduce de planos y especificaciones técnicas del proyecto. Las propiedades físicas de los materiales se obtienen de la norma chilena NCh853.2007.
- Los cuadros de carga de ocupación aportes de calor sensible y latente de acuerdo a una condición normal de ocupación de una familia para los periodos de lunes a viernes, y sábados y domingos. El número de ocupantes queda determinado por las camas proyectadas en la vivienda.
- Valores de hermeticidad de acuerdo a ensayos realizados in situ.
- Los rangos de temperatura de confort se define entre 20-24°C las 24 horas del día.

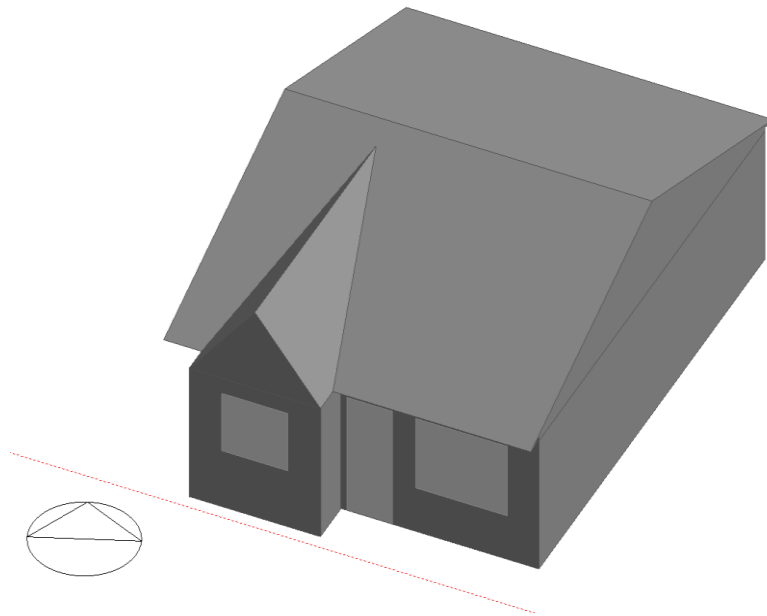


Figura 3: Definición Modelo 3D

Elaboración: Desing Builder.

La figura 3 muestra el plano sobre el cual se dibuja el perímetro de la construcción, una vez completado el perímetro, este se genera por proyección del volumen en 3D.

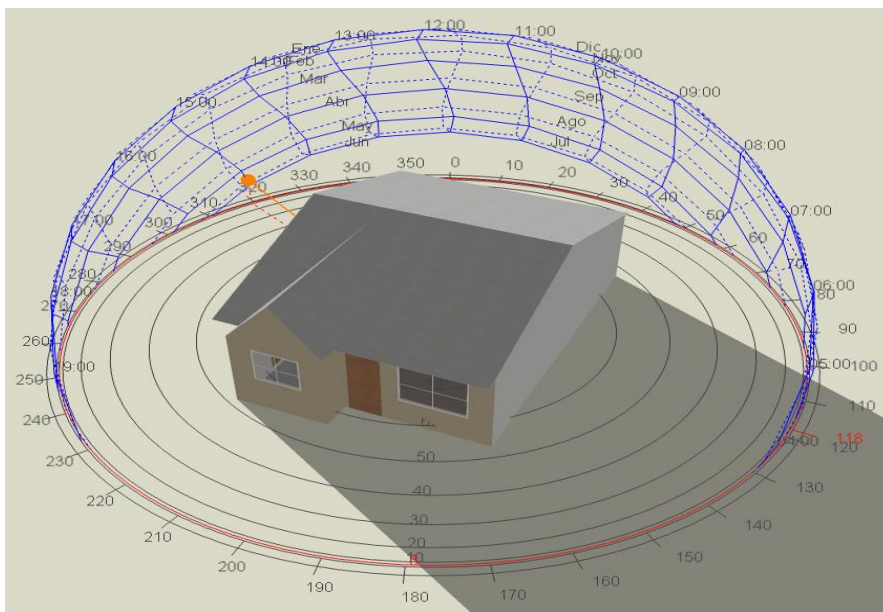


Figura 4: Visualización del Modelo 3D, análisis de sombra.

Elaboración: Desing Builder.

La figura 4 muestra una gráfica tridimensional de recorridos solares, la cual permite fácilmente ver la posición del sol para cualquier momento del año, la pantalla muestra el soleamiento y el sombreado.

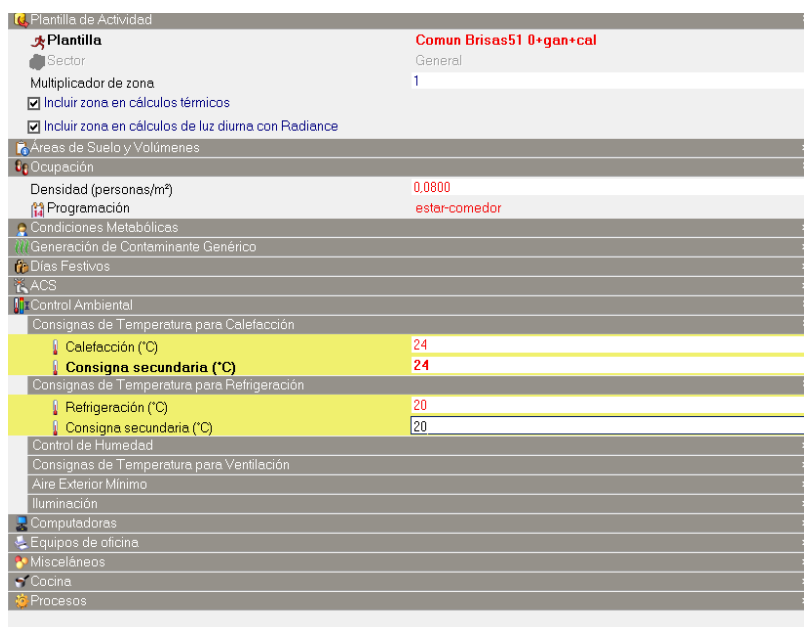


Figura 5: Ingreso de variables asociadas a la actividad y uso del edificio.

Elaboración: Desing Builder.

La figura 5 muestra como se definen los parámetros en el uso de las edificaciones, incluyendo aquellos que determinan las ganancias de calor internas y las condiciones ambientales requeridas, algunas de ellas son: tipo de zona, ocupación, procesos y entre otros.

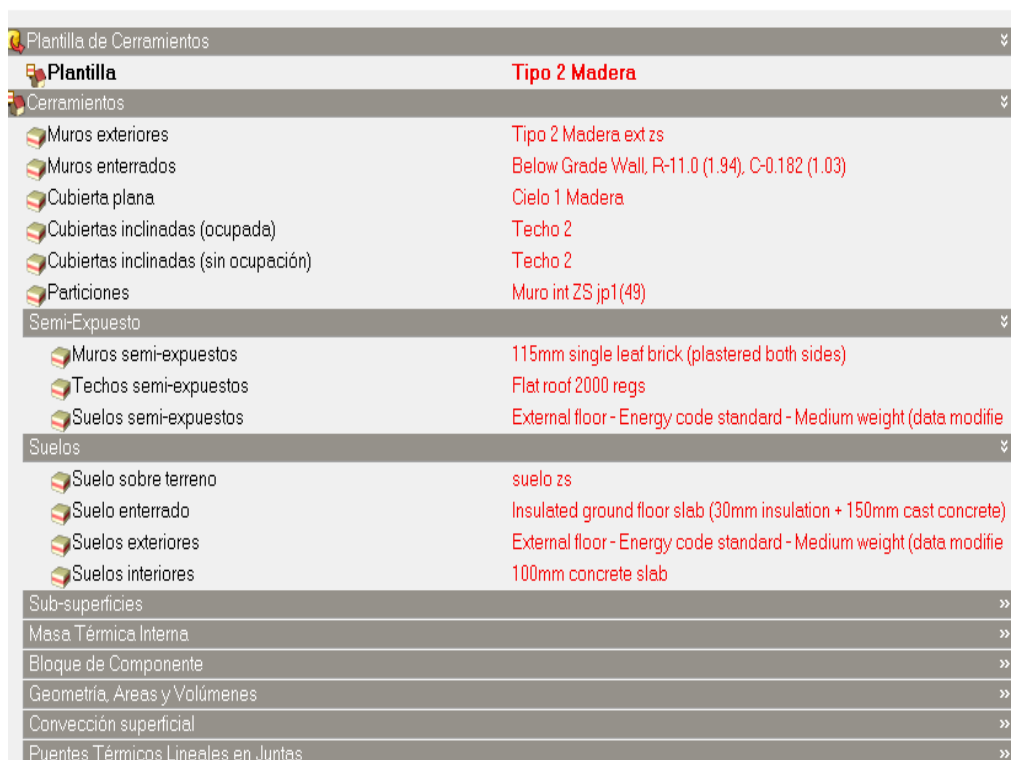


Figura 6: Ingreso de variables asociadas a las características constructivas del edificio.

Elaboración: Desing Builder.

La figura 6 muestra la asignación de materiales, en donde se asignan los distintos tipos de materiales que tendrá la construcción, tanto exteriormente como interiormente.

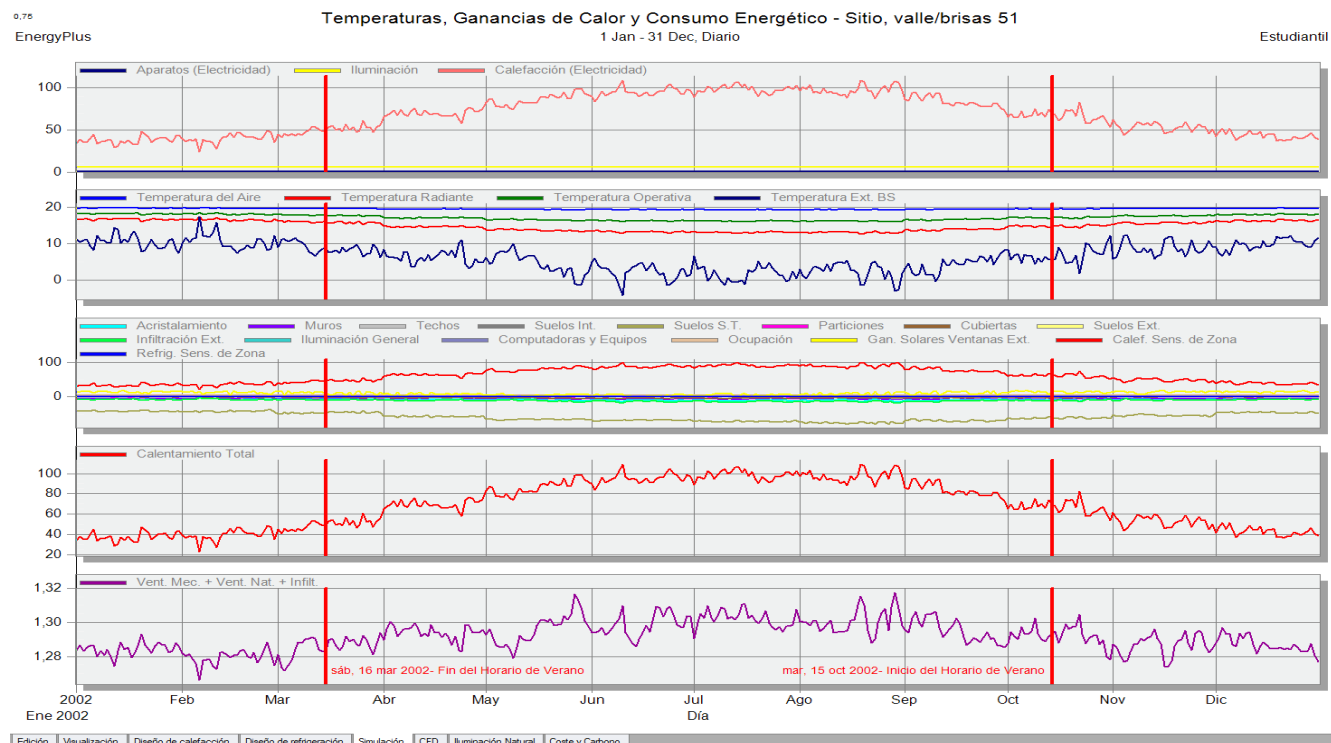


Figura 7: Visualización de resultados con interfaz de Desing Builder

Elaboración: Desing Builder.

La figura 7 muestra los resultados de los análisis para la demanda energética dependiendo de distintas características durante el periodo de un año.

**Site and Source Energy**

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	27320.15	561.35	568.97
Net Site Energy	27320.15	561.35	568.97
Total Source Energy	97708.98	2007.63	2034.90
Net Source Energy	97708.98	2007.63	2034.90

**Site to Source Energy Conversion Factors**

	Site=>Source Conversion Factor
Electricity	3.167
Natural Gas	1.084
District Cooling	1.056
District Heating	3.613
Steam	0.250
Gasoline	1.050
Diesel	1.050
Coal	1.050
Fuel Oil #1	1.050
Fuel Oil #2	1.050
Propane	1.050
Other Fuel 1	1.000
Other Fuel 2	1.000

Figura 8: Visualización de reporte de resultados generales de la simulación.

Elaboración: Desing Builder.



La figura 8 muestra una tabla con los datos más importantes para cada una de la zona para la edificación en las cuales encontramos la temperatura confort, pérdida de calor, la demanda energética total consumida por la edificación.

## 6.2 Características de las construcciones habitacionales que fueron simuladas

Como se mencionó anteriormente las características de las construcciones habitacionales de las cuales se realizaron las simulaciones eran casas del tipo aislada, pareada y continua, cada una con distintos tipos de niveles (pisos), materialidad predominante en los muros y superficie en rango de metros cuadrado.



Figura 9: Casa del tipo aislada de materialidad predominante en muro madera con dos niveles (pisos)

Fuente: MINVU



Figura 10: Casa del tipo pareada de materialidad predominante en muros hormigón con dos niveles (pisos)

Fuente: Pinteres.



Figura 11: Casa continúa de materialidad predominante en muro hormigón con tres niveles (pisos)

Fuente: De planos.

### 6.3 Análisis exploratorio de datos para la demanda energética entre tipologías similares.

Con el fin de observar covariables que podrían explicar la variabilidad de la demanda energética entre tipologías similares se realizaron gráficos box-plot en el software IBM SPSS versión 22.

Un diagrama de caja y bigotes o box-plot, es una representación gráfica de la distribución y dispersión de datos, señalando donde se ubican la mayoría de los valores, y sobre la existencia de valores atípicos.

Comprende la mediana (una medida de tendencia central), los cuartiles (una medida de dispersión), valores máximos y mínimos y los incorpora a todos en una sencilla representación visual.

Se realizaron diagramas de caja y bigote para detectar puntos atípicos en cada una de las materialidades predominantes en muros.

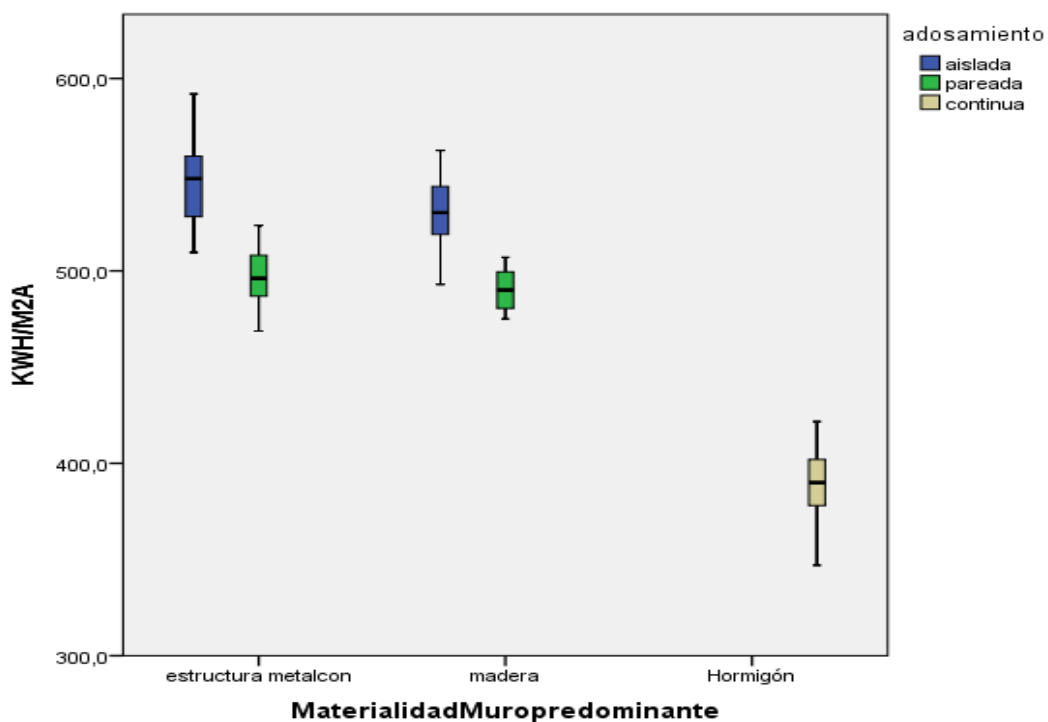


Figura 12: Diagrama box-plot, según adosamiento y materialidad predominante en muros.

Elaboración: IBM SPSS versión 22.

De la figura 12 se destaca que en la materialidad predominante en muros metalcon y madera, para viviendas del tipo aislada presentan una mayor variabilidad de demanda energética, y para viviendas pareadas también presentan una variabilidad más pequeña.

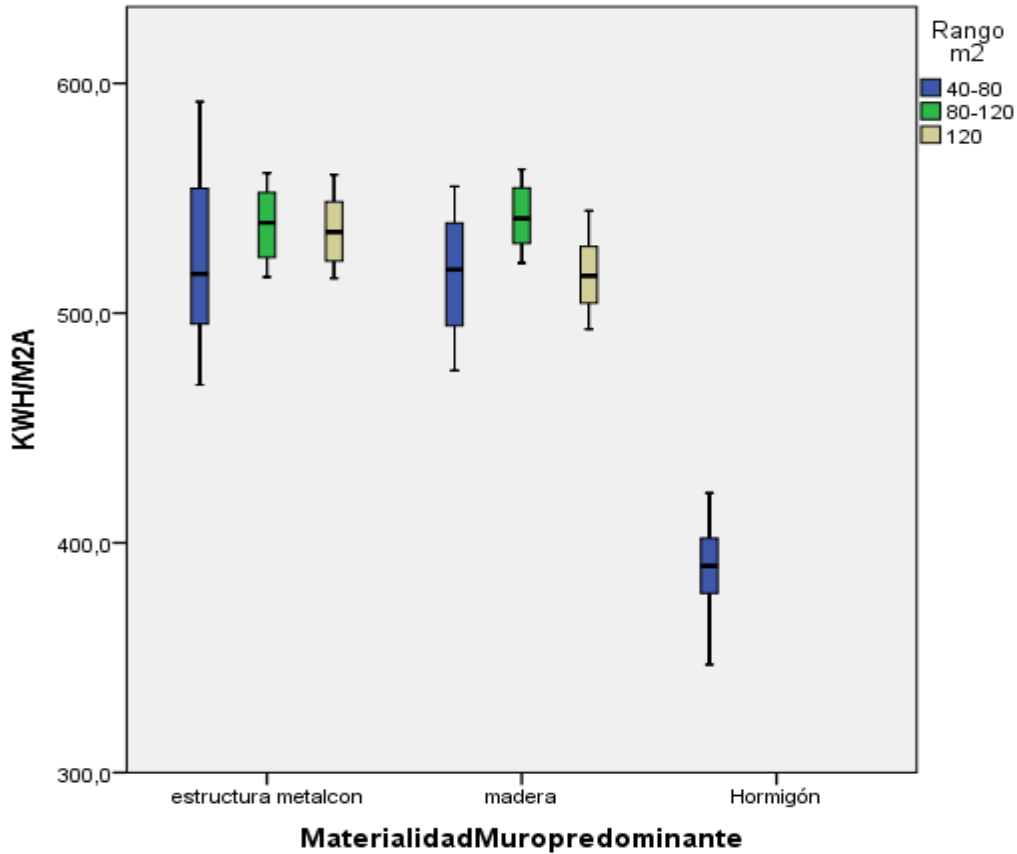


Figura 13: Diagrama box-plot, según rango y materialidad predominante en muros.

Elaboración: IBM SPSS versión 22.

En la figura 13 se aprecia que en la materialidad predominante en muros metalcon para el rango de 40-80 m² presentan la mayor variabilidad de demanda energética, por el contrario la menor variabilidad de kwh/m²año la obtiene madera y hormigón, más específicamente para el rango de 80-120 m² y 120 m² y más..

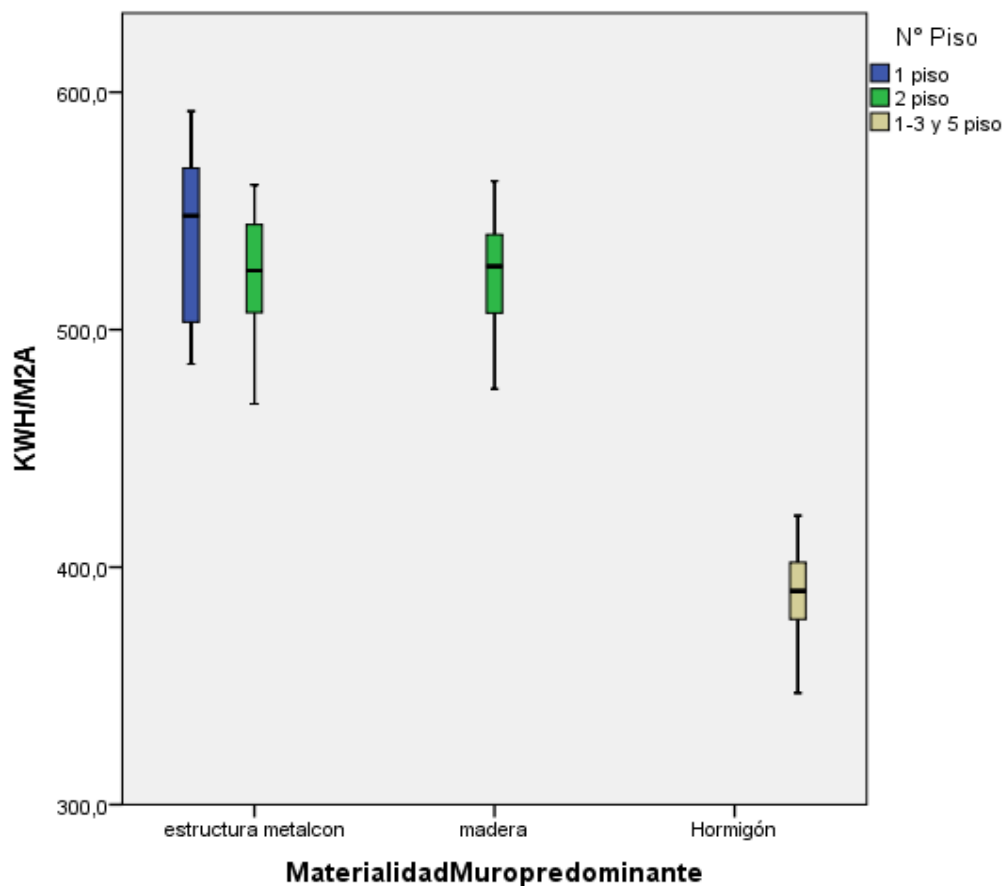


Figura 14: Diagrama box-plot, según n° de pisos y materialidad predominante en muros.

Elaboracion: IBM SPSS versión 22.

En la figura 14 se aprecia que en la materialidad predominante en muros metalcon para las construcciones de 1 piso presentan la mayor variabilidad de demanda energética, por el contrario la menor variabilidad de kwh/m<sup>2</sup>año la obtiene hormigón, más específicamente para las construcciones de 1-3 y 5 pisos.

#### 6.4 Comparación de Demanda energética entre construcciones elaboradas en hormigón, madera y metalcom.

Antes de realizar este análisis, se realizó una prueba de distribución normal, más precisamente, Kolmogorov-Smirnov, esta test arrojó que los datos no siguen una distribución normal como muestra la tabla

La hipótesis a contrastar es:

$H_0$ : La variable demanda energética sigue una distribución normal

versus

$H_1$ : La variable demanda energética no siguen una distribución normal

		KWH/M2A
N		206
Parámetros normales	Media	509,100
	Desviación estándar	56,2619
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,148
	Positivo	,086
	Negativo	-,148
Estadístico de prueba		,148
p-valor		,000*

Tabla 3: Prueba de normalidad

(\*) Estadísticamente significativo al 5%.

Elaboración: Elaboración: IBM SPSS versión 22.

La prueba de Kolmogorov-Smirnov resulto tener una p-valor 0,000, esto quiere decir que existe evidencia altamente significativa para rechazar la hipótesis nula, esto indica que los datos no siguen una distribución normal. Por lo tanto, se utilizó una alternativa no paramétrica para comparar 3 muestras independientes, esta prueba se conoce como de Kruskal-Wallis.

La hipótesis a contrastar es:

$H_0$ : Las medianas de la demanda energética para la materialidades predominante en muros son iguales

versus

$H_1$ : Las medianas de la demanda energética para la materialidades predominante en muro difieren

Estadísticos de prueba	
	KWH/M2A
Chi-cuadrado	74,933
gl	2
p-valor	,000*

Tabla 4: Estadístico de prueba Kruskal-Wallis

(\*) Estadísticamente significativo al 5%.

Elaboración: IBM SPSS versión 22.

La prueba de Kruskal-Wallis resultó tener un p-valor de 0,000, esto quiere decir que existe evidencia altamente significativa para rechazar la hipótesis nula a un nivel de significación, esto indica que las medianas de las tres poblaciones son distintas.

### 6.5 Análisis de correspondencias múltiples.

El análisis de correspondencias múltiples (ACM), es una técnica descriptiva o exploratoria, cuyo objetivo es analizar la relación entre categorías de variables cualitativas. Es una técnica de “reducción de dimensiones en el contexto de tablas de contingencia. El propósito es representar gráficamente la estructura de relaciones de dos o más variables cualitativas mediante mapas de posicionamiento” (Vivanco, 1999).

Variables utilizadas con sus respectivas categorías

**Numero pisos**, cuyas categorías son:

- 1,00= “1 piso”
- 2,00=“2 piso”
- 3,00=“1-3 y 5 piso”

**Adosamiento**, cuyas categorías son:

- 1,00=“Aislada”
- 2,00=“Pareada”
- 3,00=“Continua”

**Rango m2**, cuyas categorías son:

- 1,00=“40 a 80 m<sup>2</sup>”
- 2,00=“80 a 120 m<sup>2</sup>”
- 3,00=“mayor a 120 m<sup>2</sup>”

**Materialidad muro predominante**, cuyas categorías son:

- 1=“Estructura metalcon”
- 2,00=“Madera”
- 3,00=“Hórmigon”

**Promedio Kwh/m2año**, cuyas categorías son:

- 1,00=“bajo 509,1 ”
- 2,00=“sobre 509,1”

La tabla 5 presenta el análisis de correspondencias múltiples realizado a las variables: año de construcción, agrupamiento, materialidad predominante en muros y demanda energética (kwh/m<sup>2</sup>año).

Resumen del modelo				
Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza contabilizada para		
		Total (autovalor)	Inercia	% de varianza
1	,971	10,141	,724	72,436
2	,900	6,099	,436	43,565
Total		16,240	1,160	
Media	,944 <sup>a</sup>	8,120	,580	58,000

Tabla 5: Resumen del modelo.

Fuente: IBM SPSS versión 22.

En tabla 5, se muestra valores altos de alfa de cronbach, lo cual significa que existe homogeneidad de los factores en cada una de sus dimensiones. Además el porcentaje de la varianza es más alto en la dimensión 1.



**Medidas discriminantes**

	Ponderación de variable	Dimensión		Media
		1	2	
N° Piso	3	,936	,596	,766
Adosamiento	3	,975	,561	,768
Rango m2	3	,242	,441	,341
Materialidad Muro predominante	3	,922	,395	,659
promedio kwhm2a	2	,458	,060	,259
Total activo <sup>a</sup>		10,141	6,099	8,120
% de varianza		72,436	43,565	58,000

Tabla 6: Medidas de discriminación.

Fuente: IBM SPSS versión 22.

La tabla 6 de medidas de discriminación, muestra el peso de cada uno de los factores en las dos dimensiones, donde se puede apreciar que el factor materialidad predominante marca la diferencia teniendo más peso en la dimensión 1 (0,922), en cambio el resto de los factores tienen pesos parecidos. Por lo tanto, las interpretaciones se basarán en la dimensión 1, como se muestra en la siguiente figura 15:

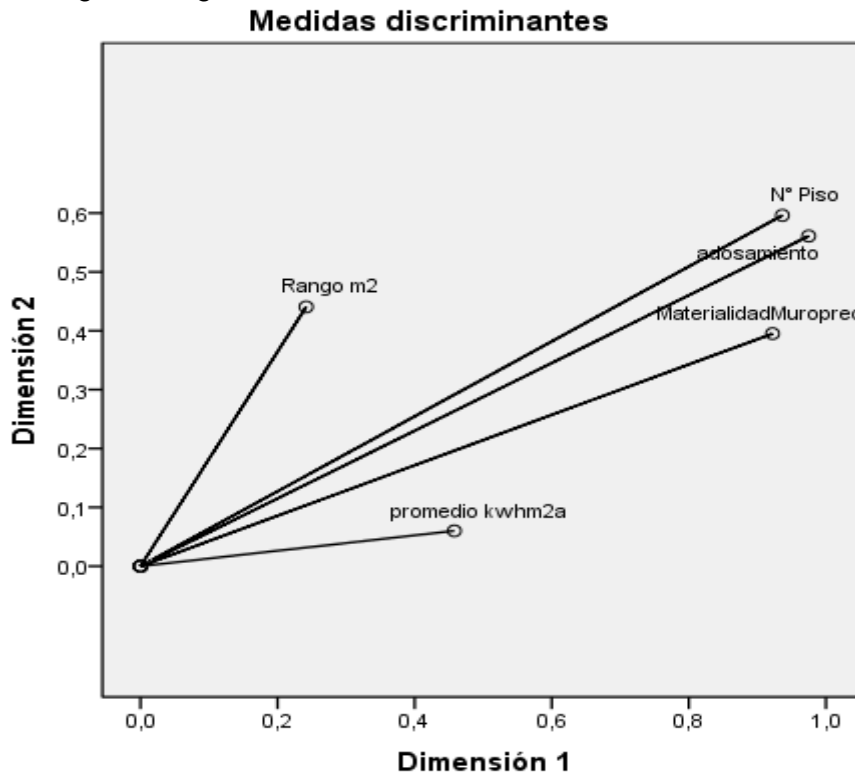


Figura 15: Medida de discriminación.

Elaboración: IBM SPSS versión 22.

La figura 15 de medidas de discriminación confirma lo antes señalado, esto porque la línea de materialidad predominante en muros está más cercana a la dimensión 1, no obstante los otros factores, rango de superficie, número de pisos y adosamiento, están más centrados y no reflejan con claridad a qué dimensión pertenecen.

Este análisis se efectuó con el fin de relacionar la variable respuesta, demanda energética categorizada como bajo 509,1 ( $kwh/m^2año$ ) y sobre 509,1 ( $kwh/m^2año$ ), con los demás factores; rango, número de pisos, adosamiento y materialidad predominante en muros, donde el promedio general es 509,1 ( $kwh/m^2año$ ); como se observa en la figura 16:

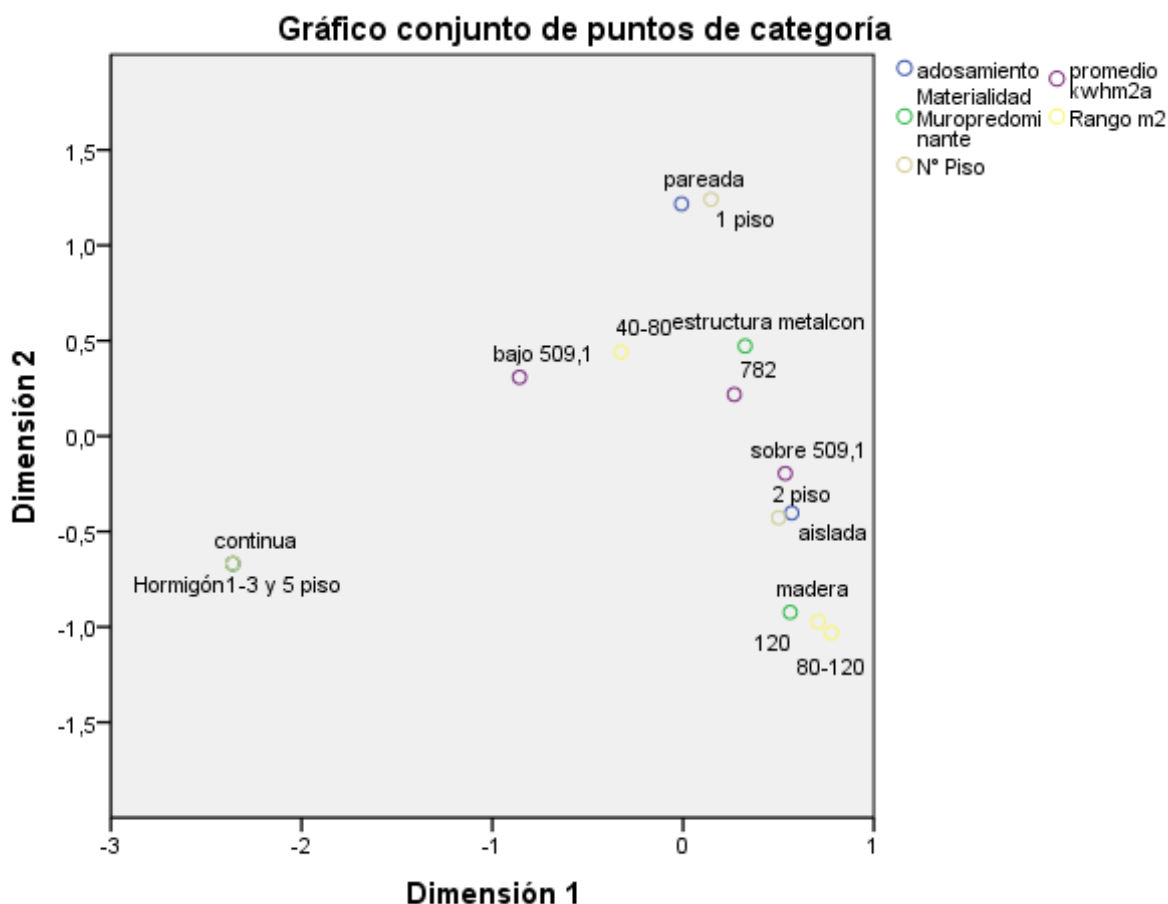


Figura 16: Diagrama cartesiano conjunto de puntos.

Elaboración: IBM SPSS versión 22.

En la figura 16, se aprecian tres grupos: el primer grupo está compuesto por viviendas de adosamiento continua, de 1-3 y 5 pisos (departamentos) y de materialidad predominante en muros de hormigón. El segundo grupo está formado por viviendas de adosamiento aislada, de 2 pisos, de materialidad predominante en muros de madera, con un rango de superficie entre

80-120 m<sup>2</sup> y mayores a 120 m<sup>2</sup>, todas estas se asociadas a valores sobre la media. Y el tercer grupo está formado por viviendas de adosamiento pareada, de 1 piso de materialidad predominante en muros de estructura metalcon, con un rango de superficie entre 40-80 m<sup>2</sup>, todas estan asociadas a valores bajo la media.

### 6.6 Gráficos de interacción para estadística descriptiva.

En el estudio se propuso efectuar un análisis de varianza (ANOVA), el cual no se pudo desarrollar puesto que el supuesto de homocedasticidad y normalidad no se cumplieron en los datos analizados, es por ello que se utilizaron los gráficos de interacción de manera descriptiva.

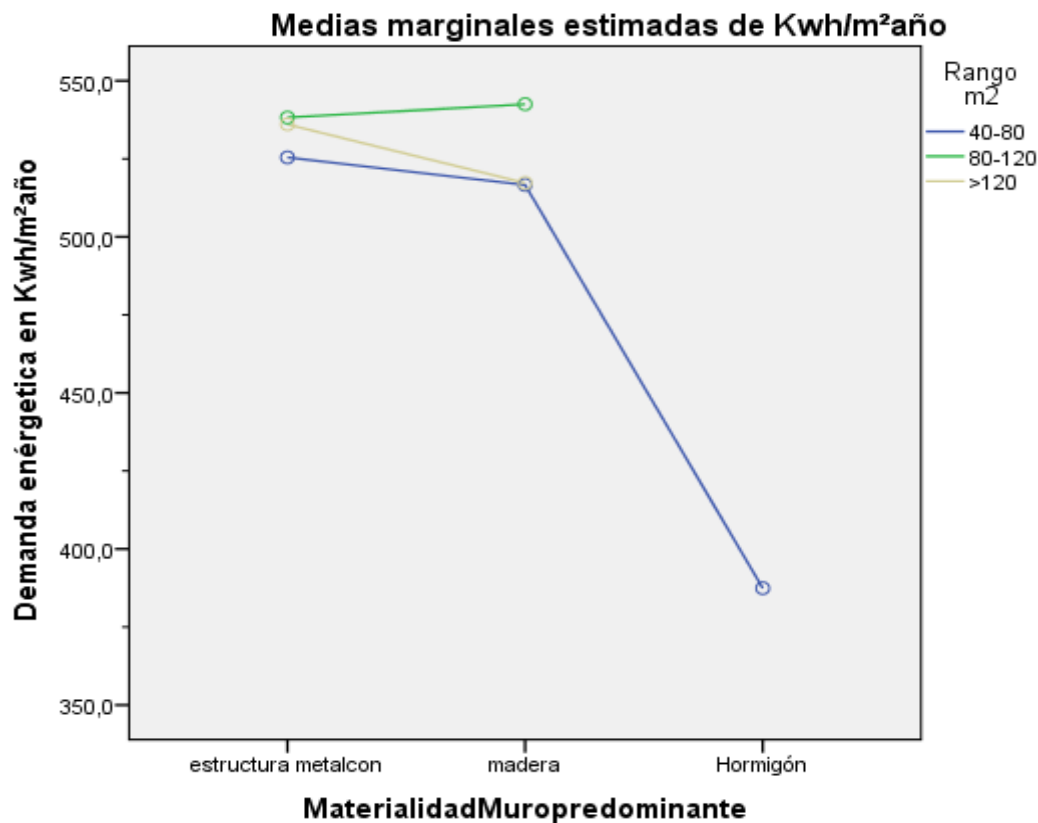
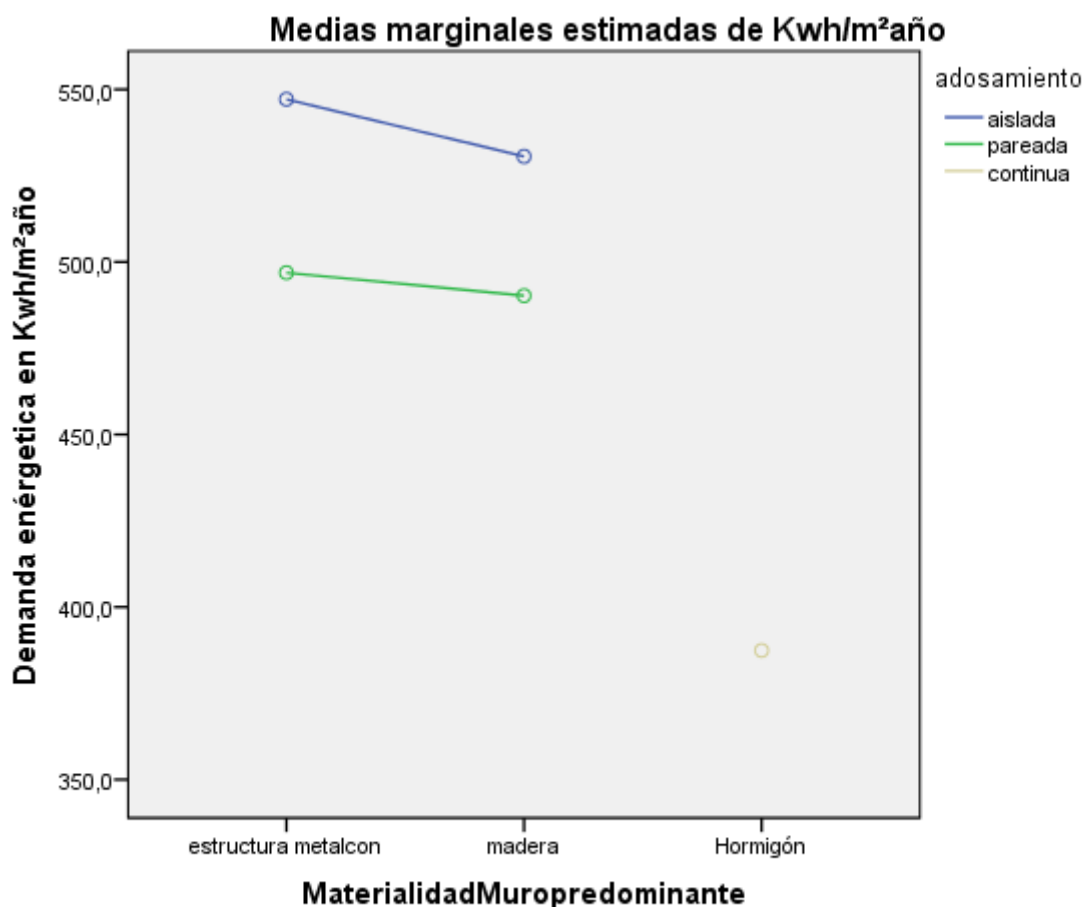


Figura 17: Gráfico de interacción entre rango en m<sup>2</sup> y materialidad predominante en muros.

Elaboración: IBM SPSS versión 22.

De la figura 17 se desprende que las edificaciones habitacionales de materialidad madera, ya sea casa aislada o pareada, posee valores de demanda energética promedio más elevados para rango de superficie de 80-120 m<sup>2</sup>, por el contrario una vivienda con un rango de superficie mayor a 120 m<sup>2</sup> de materialidad hormigón obtiene valores más pequeños de demanda

energética promedio, se desprende también que las medias estimadas para materialidad predominante madera y metalcon no se trazaron debido a que no hay observaciones para estas materialidades en el rango mayor a 120 m<sup>2</sup>.



Las medias no estimables no se trazan.

Figura 18: Gráfico de interacción entre agrupamiento y materialidad predominante en muros.

Elaboración: IBM SPSS versión 22.

De la figura 18 se desprende que las edificaciones habitacionales de materialidad metalcon aisladas y madera pareada son las que tienen valores de demanda energética promedio más altos, por el contrario una vivienda continua de materialidad hormigón obtiene valores más pequeños de demanda energética promedio.

## 6.7 Líneas bases de los factores que determinan la permeabilidad al aire en el sector edificios habitacionales de Chile.

En la figura 19 se muestran los promedios de demanda energética en ( $kwh/m^2$ año), para cada una de las materialidades predominantes en muro para los 206 mediciones simuladas.

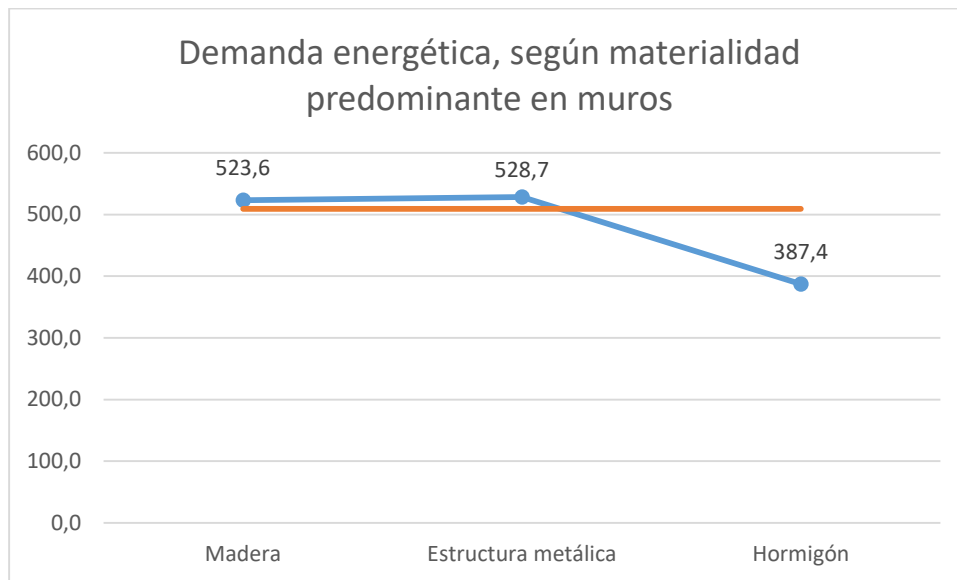


Figura 19: Promedio de la demanda energética por materialidad predominante en muros.

Fuente: Elaboración propia.

## 6.8 Intervalos de confianza basado en bootstrap

La aplicación del enfoque bootstrap permite obtener estimaciones de medidas de precisión así como la realización de contrastes de hipótesis en aquellas situaciones en las que no se dispone de información acerca de las distribución muestral de un estadístico o en casos en los que la distribución muestral es dependiente de parámetros desconocidos. Este es el caso del coeficiente de determinación, el índice de evaluación más generalizado en el contexto empírico, utilizado para evaluar el ajuste del modelo lineal de regresión.

La metodología bootstrap debe su nombre y su formulación original a Bradley Efron (1979). Constituye la línea más desarrollada, tanto desde el punto de vista teórico como aplicado, de

una variedad de técnicas para la inferencia estadística denominadas genéricamente “métodos de remuestreo” (Simon, 1969) entre las que se encuentran la permutación estocástica, el jackknife (Quenouille, 1956; Tukey, 1958) y la validación cruzada (Mosier, 1951). Son básicamente técnicas de simulación que reutilizan los datos observados para constituir un universo del cual extraer repetidas muestras. El requerimiento de gran potencia computacional común a todas ellas ha llevado a denominarlas técnicas de “computación intensiva” (Noreen, 1989). La idea subyacente al bootstrap es simple: Los datos muestrales son tratados como si constituyesen los datos de toda la población, es decir se utilizan como el universo del que se extraerán muestras con reemplazamiento. Para cada remuestreo se calculará el valor del estimador bootstrap que se utilizará para estimar la variabilidad muestral. Tal y como los estudios teóricos han demostrado, este enfoque proporciona una buena aproximación de la distribución de los estimadores (Diaconis y Efron, 1983; Efron, 1981; Lunneborg, 1987) lo cual permitirá describir algunas de sus propiedades muestrales, así como el cálculo de intervalos de confianza y la realización de contrastes de hipótesis.

El objetivo en este proyecto es utilizar el método bootstrap no paramétrico para obtener intervalos de confianza para la media.

Un intervalo de confianza bootstrap del  $100(1-\alpha)\%$  para  $\theta$  está dado por:

$$C_n = ICB_{100(1-\alpha)\%}(\theta).$$

Se crearon intervalos de confianza del 95% para la línea base, según materialidad predominante en muros, como se muestra en la tabla 7:

Materialidad predominante en muros	Intervalos de confianza ( $kwh/m^2año$ )
<b>Madera</b>	[515,6; 529,1]
<b>Estructura metálica</b>	[523,7; 534,2]
<b>Hormigón</b>	[380,1; 394,4]

Tabla 7: Intervalos de confianza para la línea base de material predominante en muros.

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, la línea base para una vivienda de materialidad madera es 523,6 kilo vatios hora por  $m^2$  al año y se esperan valores entre 515,6( $Kwh/m^2$ año) y 534,2( $Kwh/m^2$ año). Si la vivienda es de estructura metálica la línea base es 528,72 ( $Kwh/m^2$ año). Y se espera valores entre 523,7( $kwh/m^2$ año) y 534,2( $kwh/m^2$ año).La misma interpretación para la materialidad hormigón.

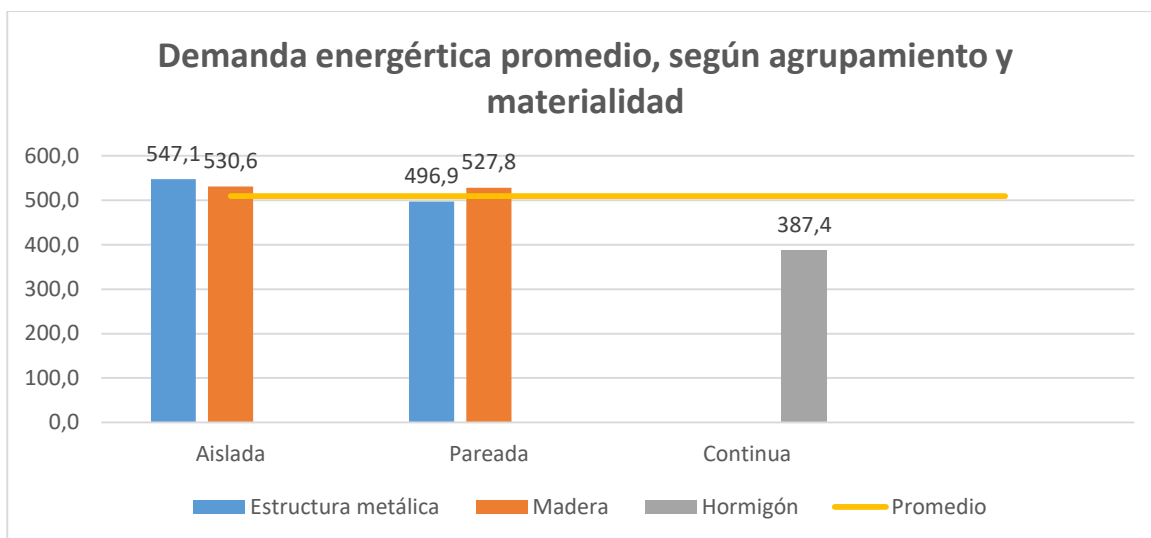


Figura 20: Promedio de la demanda energética, según agrupamiento y materialidad predominante en muros.

Fuente: Elaboración propia.

Se crearon intervalos de confianza del 95% para la línea base, según materialidad predominante en muros y su agrupamiento, como se muestra en la siguiente tabla

Materialidad predominante en muros	Agrupación	Intervalos ( $kwh/m^2$ año)
Madera	Aislada	[515,7 ; 528,8]
	Pareada	[483,0 ; 497,9]
	Continua	---
Estructura metálica	Aislada	[542,1 ; 551,5]
	Pareada	[493,0 ; 500,7]
	Continua	---
Hormigón	Aislada	---
	Pareada	---
	Continua	[379,4 ; 394,7]

Tabla 8: Intervalos de confianza para la línea base de material predominante en muros, según su agrupamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, la línea base para una vivienda aislada de materialidad madera es 522,7 kilovatios hora por  $m^2$  al año y se esperan valores entre 515,7 ( $kwh/m^2$  año) y 528,8 ( $kwh/m^2$  año). Si la vivienda es pareada de estructura metálica la línea base es 496,9 ( $kwh/m^2$  año) y se espera valores entre 493,0 ( $kwh/m^2$  año) y 500,7 ( $kwh/m^2$  año). La misma interpretación para la materialidad hormigón.

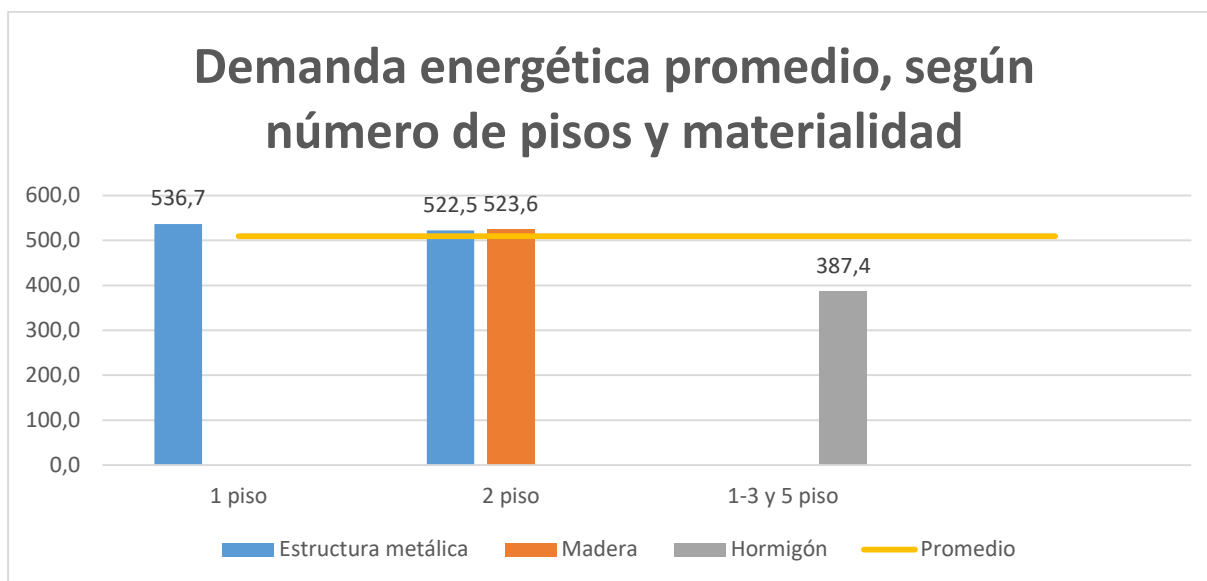


Figura 21: Promedio de la demanda energética, según número de pisos y materialidad predominante en muros.

Fuente: Elaboración propia.

Se crearon intervalos de confianza del 95% para la línea base, según materialidad predominante en muros y número de pisos, como se muestra en la siguiente tabla

Materialidad predominante en muros	Nº pisos	Intervalos ( $kwh/m^2$ año)
Madera	1 piso	---
	2 pisos	[515,0 ; 529,1]
	1-3 y 5 pisos	---
Estructura metálica	1 piso	[527,2 ; 546,1]
	2 pisos	[516,7 ; 528,3]
	1-3 y pisos	---
Hormigón	1 piso	---
	2 pisos	---
	1-3 y pisos	[379,4 ; 394,7]

Tabla 9: Promedio de la demanda energética, según número de pisos y materialidad predominante en muros. Fuente: Elaboración propia



Por lo tanto, la línea base para una vivienda de dos pisos, de materialidad madera es 523,57 kilo vatios hora por  $m^2$  al año y se esperan valores entre 516,7( $kwh/m^2$  año) y 528,3( $kwh/m^2$  año). Si la vivienda es de un piso de estructura metálica la línea base es 536,7( $kwh/m^2$  año), y se espera valores entre 527,2( $kwh/m^2$  año) y 546,1( $kwh/m^2$  año).interpretaciones similares para las demás.

## 7 Recomendaciones

- Se recomienda continuar con el muestreo, para dar mayor robustez a la estimación de las líneas bases de las combinaciones de factores.
- Sería de mucho valor para estudios seguir con las simulaciones de construcciones habitacionales con distintas características a las estudiadas; para así poder realizar comparaciones de la demanda energética de estas.
- Al instante de realizar las simulaciones, lo ideal sería integrar información referente a la edificación para ir registrando variables que podrían estar influyendo en la demanda energética de las construcciones estudiadas. Por ejemplo, el costo de la vivienda, el tipo de aislante térmico presente en cada edificación, entre otros.
- Se recomienda simular casas aisladas y pareadas de la materialidad hormigón para comparar con las viviendas continuas de hormigón.

## 8 Conclusiones

Este Proyecto de Título II tuvo por finalidad determinar la línea base de los factores que determinan la Demanda Energética en la región de Magallanes, Chile. A continuación se revisará en qué medida se han cumplido los objetivos que se propusieron al inicio del Proyecto:

- Se propuso una muestra de 206 edificaciones habitacionales para la región de Magallanes, considerando número de pisos, materialidad predominante en muros, rango de construcción y agrupamiento, éste se efectuó con un error de muestreo del 3% ( $2,37 \text{ (kwh/m}^2\text{año)}$ ) y un nivel de confianza del 95%. Realizándose así las simulaciones para la muestra requerida de 206 edificaciones habitacionales con las cuales se logró realizar los análisis correspondientes.
- La Demanda energética estimada es de  $509,1 \text{ (kwh/m}^2\text{año)}$  con una desviación estándar de  $56,26 \text{ (kwh/m}^2\text{año)}$ .
- Las edificaciones de adosamiento continua, de 1-3 y 5 pisos y de materialidad predominante en muros de hormigón. El segundo grupo está formado por viviendas de adosamiento aislada, de 2 pisos de materialidad predominante en muros de madera, con un rango entre  $80\text{-}120 \text{ m}^2$  y mayores a  $120 \text{ m}^2$ , todas estas asociadas a valores sobre la media. Y el tercer grupo está formado por viviendas de adosamiento pareada, de 1 piso de materialidad predominante en muros de estructura metalcon, con un rango entre  $40\text{-}80 \text{ m}^2$ , todas estas asociadas a valores bajo la media.
- El estudio permite establecer líneas bases por piso, materialidad predominante en muros, adosamiento y rango en  $\text{m}^2$ .
- Los resultados e información obtenida en este estudio sirve para elaborar juicios de calidad sobre la demanda energética requerida por las edificaciones consideradas, conocer cómo se comportan los distintos tipos de construcciones que se utilizan en la región de Magallanes, establecer los factores que determinan la demanda energética.

## 9 Bibliografía

- Cochran, William G. Técnicas de muestreo. México: CECSA, 1998 impr.
- Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción, Manual Técnico: Reacondicionamiento Térmico de Viviendas en Uso, 2010.
- Davison, A.C. and Hinkley, D.V. (1997) Bootstrap Methods and Their Application. Cambridge University Press.
- Energía 2050, política energética de Chile. Ministerio de Energía, 2016.
- FERREIRA Becerra, Alicia y AGUILERA Puentes, Cynthia. Proyecto de Título II, Análisis estadístico de los factores que influyen en el consumo de energía de viviendas del tipo “Passivhaus”. Concepción, Chile. Universidad del Bío-Bío, Depto. de Estadística, 2012.
- López Sánchez, Bernarda y Claudia Céspedes, Claudia. Proyecto de Título II, “Elaboración de la línea base de los factores que determinan las infiltraciones al aire en el sector de edificios en Chile”. Concepción, Chile. Universidad del Bío-Bío, Depto. de Estadística, 2012.
- Ordóñez García, Arturo. Manual de ayuda DesingBuilder en español, 2014.
- Peña, Daniel. Análisis de datos multivariantes. Mac Grawhill, 2002.
- Richard L. Scheaffer, William, Elementos de muestreo. Editorial Thomson, sexta edición 2007.

## 10 Anexos

Distribución en la Región de Magallanes, material predominante en muros para edificaciones habitacionales y de servicio.

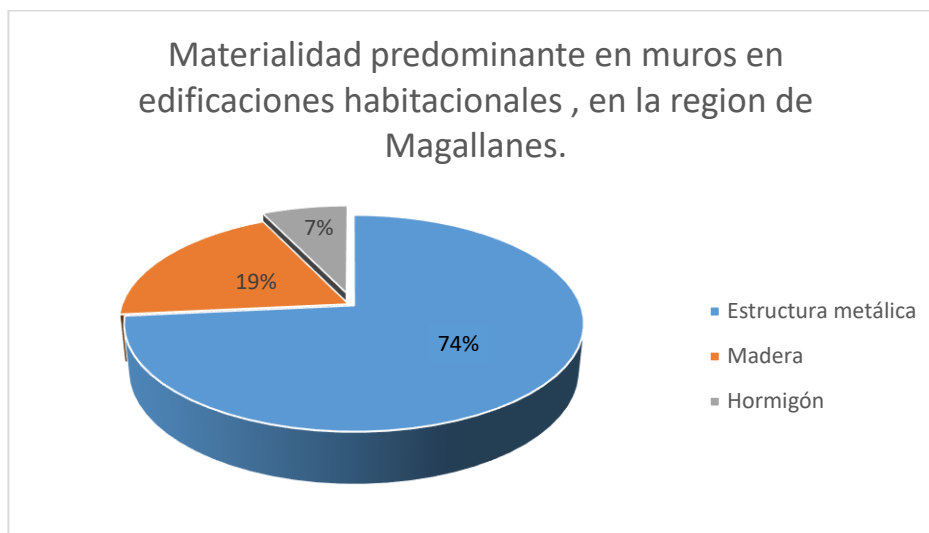


Figura 22: Materialidad predominante en muros de las edificaciones habitacionales, en base a la información entregada por el INE.

Fuente: Elaboración propia.

Se desprende de la figura 22, que el material más utilizado en muros es estructura metálica (74%), en segundo lugar se encuentra madera (19%) y luego hormigón (7%).

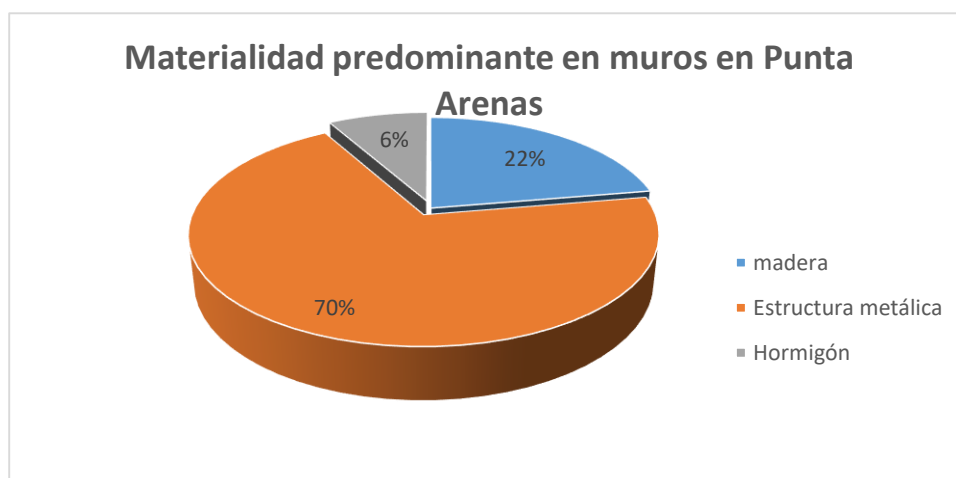


Figura 23: Materialidad predominante en muros en Punta Arenas, en base a la información entregada por el INE.

Fuente: Elaboración propia.

De la figura 23 se puede concluir que el material predominante en muro de las edificaciones habitacionales utilizado son: estructura metálica (70%), madera (22%) y hormigón (6%). Para Porvenir y Puerto Natales el material predominante es estructura metálica.

Región de Magallanes								
Material predominante en muros	Aislada	%	Pareada	%	Continua	%	Total N	%
Madera	409	26%	78	10,3%	0	0%	487	19,4%
Estructura metálica	1166	74%	680	89,7%	0	0%	1846	73,5%
Hormigón	0	0%	0	0%	180	100%	180	7,2%
<b>Totales</b>	<b>1575</b>	<b>100%</b>	<b>758</b>	<b>100%</b>	<b>180</b>	<b>100%</b>	<b>2513</b>	<b>100%</b>

Tabla 10: Materialidad predominante en muros en la región de Magallanes con información obtenida del INE.

Fuente: Elaboración propia.

N: totalidad de edificaciones habitacionales en la región de Magallanes.

De lo anterior, se desprende que en Magallanes la agrupación aislada el material predominante en muros es estructura metálica (74,4%), luego madera (26%) y no hay material predominante de hormigón. Para la agrupación pareada se tiene estructura metálica (89,7%), madera (10,3%). Para la agrupación del tipo continua el material que predomina es hormigón (100%). Para la totalidad de la región de Magallanes: estructura metálica (73,5%), madera (19,4%) y hormigón (17,9%).